مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية - سلسلة العلوم الهندسية المجلد (20) العدد (6+7) 1998
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research –Engineering Science Series Vol. (20) No (6+7) 1998

تطوير نظام خبير لاختيار نموذج المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحي في سورية

د.هناء سلمان*

د. جمال عمران **

(قبل للنشر في1998/4/3)

❐ ملخص ❐

تشكّل المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحي واحدة من أهم المسائل البيئية في المجتمعات المعاصرة.وأكثر عمليات المعالجة شيوعا هي (1) الحمأة المنشطة، (2) البحيرات المهواة، (3) المرشحات الحجرية، (4) الأقراص البيولوجية الدوارة، (5) أحواض الأكسدة و (6) النظم المحلية من أجل التجمعات السكنية الصغيرة.

هناك عوامل عديدة يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار عند اختيار نموذج المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحي وقد اعتمدنا نظام EXSYS المطور في جامعة فرجينيا(1996) وهو نظام خبير عام ينطوي تحت مجموعة نظم الذكاء الصنعي ، يهدف إلى محاكاة الخبرة البشرية في عملية اتخاذ القرار لحل المشاكل الهندسية . نقوم في هذا البحث باستعراض مراحل تصميم النظام الخبير لاختيار نموذج المعالجة البيولوجية المثالي ،وذلك تحت بيئة ويندوز 95 ضمن منظومة EXSYS.ثم اختيار نموذج المعالجة الملائم لمياه الصرف الصحي لبعض المدن والمناطق والقرى في سورية بتطبيق هذا النظام .

*مدرسة في قسم الهندسة البيئية – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين– اللاذقية– سوريا.

**مدرس في قسم الإدارة الهندسية والإنشاء –كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية– سوريا.

مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية - سلسلة العلوم الهندسية المجلد (20) العدد (6+7) 1998
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research –Engineering Science Series Vol. (20) No (6+7) 1998

EXPERT SYSTEM FOR CHOOSING BIOLOGICAL WASTEWATER TREATMENT TYPE IN SYRIA

***Dr.-Eng. Hana Salman**

****Dr. –Eng. Jamal Omran**

❐ ABSTRACT ❐

With Proper analysis and environmental control, almost all wastewater's can be treated biologically.The most commonly used biological processes are (1) the activated-sludge process, (2)aerated lagoons, (3) trickling filters, (4) rotating biological contactors, (5) stabilization ponds, and (6) onsite system for small community.

Many of the important factors that need to be considered in choosing process . Expert System is an very effective way to dealing such problem . we used EXSYS Professional in our proposal .EXSYS Professional is a generalized expert system development package . an expert system is a type of artificial intelligence program that emulates the interaction a user might have with a human expert to solve a problem . the user answers by selecting one or more answers from a list or by entering data .we used expert system for choosing optimal type of biological wastewater treatment plant for some cities and towns in Syria.

**Assistant Professor, Environmental Engineering Department* Faculty of Civil Engineering, Tishreen University,

**Assistant Professor, Management Engineering and Construction Department, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University

مقدمه :

أكدت الخبرات العملية و العلمية المتجمعة خلال ربع قرن أن نظام المعالجة البيولوجية أو ما يعرف بالمعالجة الثانوية رخيص الكلفة نسبيا بالمقارنة مع النظم الأخرى، لأنه يعتمد على الكائنات الحية الدقيقة التي تستوطن مياه الصرف الصحي المنزلية كعامل فعال في عمليات المعالجة البيولوجية، اضافة الى توفر الخبرات الطويلة المكتسبة و الناجحة عنها، و من هنا نجد الانتشار الكبير لوحدات المعالجة البيولوجية في المدن و الريف .

إن أكثر عمليات المعالجة البيولوجية شيوعا [6]هي:

1. عملية الحمأة المنشطة Activated Sludge
2. البحيرات المهواة Aerated Lagoons
3. المرشحات الحجرية Trickling filters
4. الأقراص البيولوجية الدوارة Rotating Biological Contactors
5. أحواض الأكسدة Stabilization Pond
6. النظم المحلية Onsite system وتستخدم من أجل التجمعات السكنية الصغيرة.

و يعتمد اختيار نموذج المعالجة على عوامل عديدة منها:

- عدد السكان وكميات المياه المصرّفة
- نوعية المياه الداخلة إلى المحطة والخارجة منها
- توفر المساحة والموقع الملائم
- الظروف المناخية السائدة
- الآثار البيئية لنظام المعالجة بالعلاقة مع تصريف المياه المعالجة
- الخبرات الفنية اللازمة للإنشاء والتشغيل
- كلفة الإنشاء والتشغيل والصيانة

تتصف محطات المعالجة المتكاملة بالكلفة العالية ، وقد أنفقت في السابق مبالغ ضخمة على إنشاء محطات معالجة مياه الصرف الصحي ولكن مما يؤسف له أن معظم المحطات قد فشل عملها أو لم يكن بالكفاءة المطلوبة ويعود ذلك إلى أسباب كثيرة منها عدم توفر المعلومات الكافية عن الحلول المستخدمة أو عدم مراعاة جميع العوامل المؤثرة على عملية الاختيار المثالي لنوع المعالجة.

تستخدم الحمأة المنشطة من أجل محطات المعالجة الكبيرة . وتستخدم المرشحات الحجرية لمحطات المعالجة الصغيرة والمتوسطة عندما يكون تركيز الملوثات العضوية كبيرا وتحتاج الى مساحات كبيرة تبلغ عدة أضعاف المساحات اللازمة للحمأة المنشطة ، وفي الطقس الدافئ تسبب المرشحات الحجرية روائح و ذباب وبعوض وتنخفض فعاليتها بشكل كبير في الطقس البارد . وتستخدم الأقراص البيولوجية الدوارة لمحطات المعالجة الصغيرة و تتصف باستهلاك قليل للطاقة وتنخفض ازالة المواد مع انخفاض الحرارة من مشاكل التشغيل انهيار الجذع أو انهيار سطح الارتكاز أو مشاكل الرائحة . وتستخدم أحواض الأكسدة لمحطات المعالجة الصغيرة ، وتتصف بكلفة تشغيل وانشاء منخفضة ، وتحتاج الى مساحات كبيرة وتنشر الروائح والبعوض وتتأثر بشكل كبير بانخفاض درجات الحرارة وحجب الاشعاع الشمسي وتستخدم في المدن الريفية الصغيرة وفي المناطق الحارة .

يهدف البحث الحالي إلى اقتراح طريقة لاختيار نموذج المعالجة البيولوجية المثالي وذلك عن طريق استخدام النظم الخبيرة بمعونة الحاسوب.

النظام الخبير :

تزايد استخدام النظم الخبيرة في المجالات الهندسية خلال السنوات الأخيرة بشكل واضح.وكان للهندسة المدنية نصيب في هذا المجال[4] و[9] و خاصة في تصميم وتخطيط وتشغيل وصيانة النظم البيئية [2] يعتبر النظام الخبير شكلاً من أشكال الذكاء الصنعي Artificial Intelligence يعمل على محاكاة عمليات صنع القرار بواسطة الخبرة البشرية في حقل معين[7] وذلك بتصميم قاعدة معرفية.Knowledge Base تحتوي على هذه الخبرة البشرية يتم جمعها من خلال الاكتساب المعرفي Knowledge Acquisition [3]و[5].

يعد برنامج EXSYS الذي طور في جامعة فرجينيا 1996من النظم الخبيرة الحديثة [1] والتي تعتمد نظام WIN 95. يتميز هذا النظام بالسهولة والمرونة ويحوي على كافة المزايا الغرافيكية المصممة بتقنية (GUI) يتألف النظام من عدة أجزاء (Modules) استخدمنا منها:

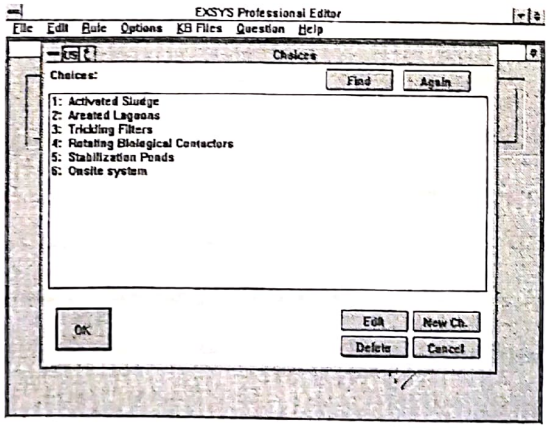
A. EXSYS Professional Editor : يتم في هذا الجزء تسمية الملف وإدخال كافة البيانات من مجموعة الخيارات (Choice List) ثم مجموعة المتغيرات من خلال (Qualifier List) ، أما إدخال القواعد فيتم من خلال الأمر (Add Rule) وبعد الانتهاء من إدخال كافة المعطيات يمكن تشغيل النظام بواسطة التعليمة (RUN).

B. ExDesing : يتم في هذا الجزء تصميم وبرمجة الواجهات الخاصة بالنظام ، حيث يعطى المبرمج الحرية الكاملة في تحديد شكل النوافذ.

تطوير نظام الخبير

يتضمن تطوير نظام الخبير المراحل التالية :

1-تحديد المشكلة Problem Domain: وهي عبارة عن عملية اختيار النموذج الأمثل للمعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحي للتجمعات السكنية وفق الشروط المحلية. يبين الشكل (1) مجموعة الخيارات التي تم اعتمادها في النظام وذلك في نافذة الخيارات Choices حيث يتم تثبيت الخيارات الممكنة في هذه النافذة ويكون لدينا إمكانية إضافة خيارات جديدة New Ch. أو تعديل الخيارات Edit أو حتى إلغاء خيار قائم عن طريق Delete كما توفر هذه النافذة إمكانية البحث عن خيار محدد Find في حال وجود عدد كبير من الخيارات.



الشكل (1)

2- مجموعة المتغيرات Variables: صممت القاعدة المعرفية على مجموعة المتغيرات التالية:

-عدد السكان : وقد أعتمد أربع مجالات بما يتناسب مع التوزع السكاني للجمهورية العربية السورية:

>100000 ويمثل عدد السكان في مراكز المحافظات الرئيسية مثل دمشق وحلب وحمص وحماه وغيرها.

10000 -100000 ويمثل عدد السكان في المناطق مثل الدبك ومحردة والسلمية وجبلة وغيرها.

2000-10000 ويمثل عدد السكان في المناطق الصغيرة والنواحي والقرى الكبيرة مثل الحفة والقرداحة وبرج اسلام وعين شقاق وغيرها.

<2000 ويمثل عدد السكان في القرى والمزارع.

-طبيعة المناخ السائدة: يسود في سورية من وجهة نظر عامة المناخ الخاص بمنطقة البحر الأبيض المتوسط و هو يتصف بشتاء ممطر وصيف جاف يتخللهما فصلان انتقاليان قصيران و تقسم سورية من ناحية مناخها الى أربعة مناطق تتطابق مع التقسيم الجغرافي الطبيعي و هي:

- المنطقة الساحلية المحصورة بين الجبال والبحر.
- المنطقة الجبلية التي تضم الجبال و المرتفعات الممتدة من شمال البلاد الى جنوبها موازية لشاطئ البحر الأبيض المتوسط.
- المنطقة الداخلية أو منطقة السهول وتضم سهول دمشق وحمص وحماه وحلب والحسكة ودرعا وتقع شرقي منطقة الجبال.
- منطقة البادية وهي السهول الصحراوية الواقعة في الجنوب الشرقي من البلاد وعلى الحدود الأردنية العراقية.

تتصف المنطقة الساحلية بأمطار غزيرة خلال فصل الشتاء ودرجة حرارة متوسطة ورطوبة عالية خلال فصل الصيف. أما المنطقة الداخلية فتتصف بهطول الأمطار في فصل الشتاء وبصيف حار وجاف بالاضافة الى تغيرات يومية كبيرة في درجة الحرارة. أما المنطقة الجبلية فتهطل الأمطار فيها بغزارة خلال الشتاء ويكون الطقس فيها معتدلا. أما منطقة البادية فتتصف بأمطار قليلة خلال فصل الشتاء وبصيف حار وجاف.يبين الجدول (1) متوسط درجات الحرارة السنوية لبعض المدن التي تمثل المناطق المناخية المشار إليها سابقا ، يبين الجدول أن الفرق بين درجات الحرارة في المناطق المناخية المختلفة قليل وبالتالي لا يؤثر كثيراً على المعالجة البيولوجية وخصوصاً على الطرق الصناعية مثل طريقة الحمأة المنشطة وبالتالي يمكن اعتماد هذا التوزيع المناخي الصادر عن المديرية العامة للأرصاد الجوية [8].

الجدول (1) متوسط درجات الحرارة السنوية °C

المدينة	متوسط درجة الحرارة	متوسط درجة الحرارة العظمى	متوسط درجة الحرارة الصغرى
دمشق	16.5	26.1	7.8
تدمر	18.9	26.3	12.4
اللاذقية	19.5	22.9	15.9
حلب	17.4	24.0	11.1
القامشلي	18.7	25.3	12.6
دير الزور	20.1	27.0	13.0
حماه	18.1	29.9	12.0

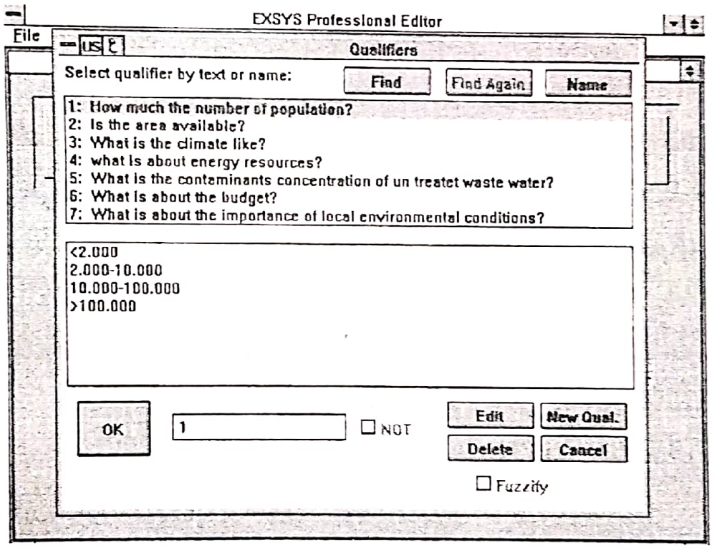
- **المساحات المتوفرة:** يتبع توفر المساحات الطبيعة الجغرافية للمناطق الأربعة. فالأرض مستثمرة بشكل جيد في المنطقتين الساحلية والجبلية، وتتوفر المساحة بشكل محدود في المنطقة الداخلية، بينما تتصف منطقة البادية بمساحات شاسعة غير مستثمرة.

-توفر مصادر الطاقة : وقد تم التفريق بين حالتين إما متوفرة أو غير متوفرة.

-تراكيز المواد الملوثة في مياه الصرف الصحي غير المعالجة: يختلف تركيز المواد الملوثة في مياه الصرف غير المعالجة حسب استهلاك المياه فتكون شديدة التركيز في المناطق الفقيرة اللإمداد بالمياه ومتوسطة في المناطق التي تتوفر فيها المياه.

-حجم الميزانية المرصودة : تضم كلفة محطات المعالجة الانشاء والتشغيل والصيانة ، وتلعب الكلفة دورا هاما في تحديد طريقة المعالجة ،فتكون الكلفة عالية أو منخفضة .

الأهمية البيئية للموقع : يتعلق نظام المعالجة بشروط المصب المائي وإعادة استخدام المياه المعالجة ،فتزيد الأهمية البيئية للموقع كلما كانت شروط المصب عالية.وعند توفر إمكانية الاستفادة من المياه المعالجة في الري كما في دمشق وحلب . هذه المتغيرات يجب أن يحافظ عليه وفق الترتيب المذكور بما سينسجم لاحقاً مع البنية الهرمية لشجرة القرار، ويمكن من حيث المبدأ اعتماد متغيرات أكثر. يبين الشكل(2) النافذة التي ندون فيها المتغيرات .



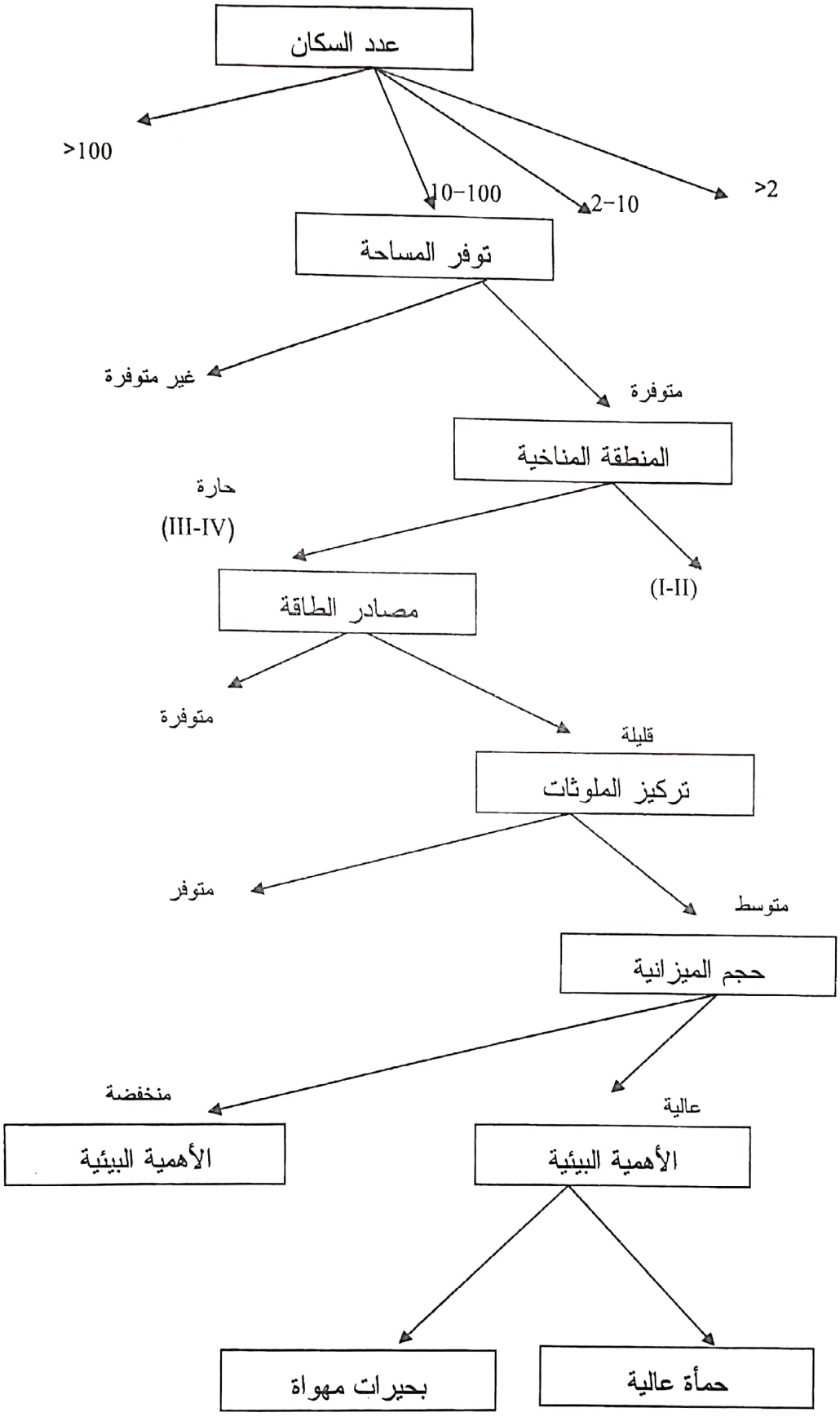
الشكل(2)

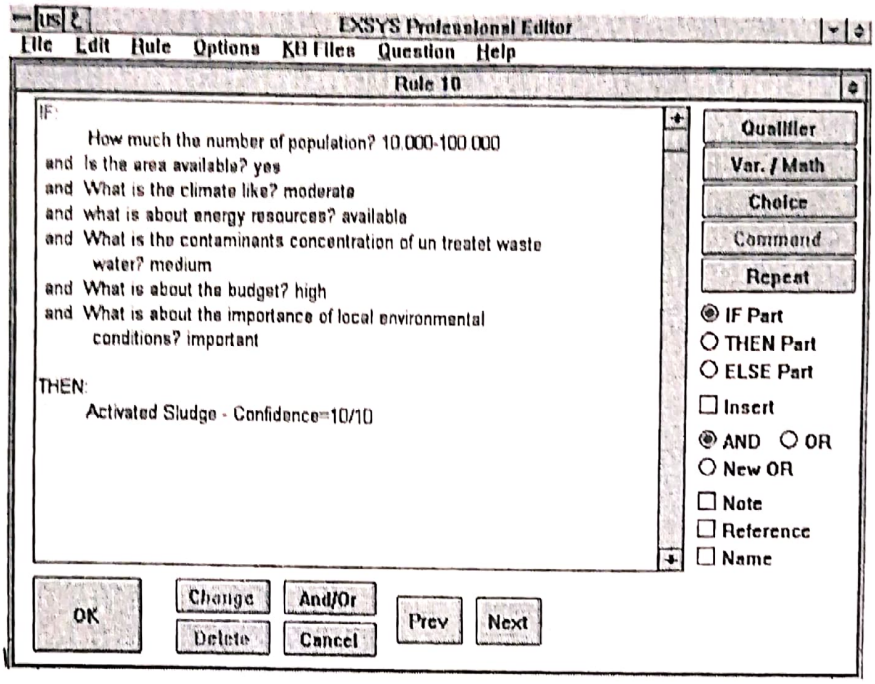
3-الخبير المعتمد Domain Expert: يجب أن يكون الخبير شخص ذو تجارب وخبرة ممتدة على سنوات طويلة ،وان يكون متمرساً بالتعامل مع النظم الخبيرة ، بالإضافة لانفتاحه على الآراء الأخرى وأن يملك قدرة كبيرة على التحليل والتركيب في حقل الخبرة المعنية.

4-الاكتساب المعرفي Knowledge Acquisition: الذي يتضمن استخراج Eliciting و تحليل Analyzing و تفسير Interpreting للمعلومات التي يستخدمها الخبير البشري عند حل مشكلة محددة [4].

5-الهيئة التي تتمثل بها المعرفة Knowledge Representation: يتم في هذه المرحلة صياغة جميع القواعد الشرطية (IF-THEN) بما ينسجم مع شجرة القرار التي قمنا بصياغتها من خلال تحديد المتغيرات وطبيعة علاقة هذه المتغيرات مع بعضها البعض وبتحديد مجموعة الخيارات الممكنة تحت الشروط السائدة، إن مجموعة القواعد التي يمكن لنا أن نصممها وفق أشكال كثيرة ومتعددة هي بالمحصلة الإطار الحقيقي الذي يصب فيه الخبير جميع معارفه وقدراته. يجب على الخبير أن يتبع طريقة تسمح له بتمثيل القواعد ضمن علاقاتها المنطقية الصارمة ، لأن أي خطأ في ربط

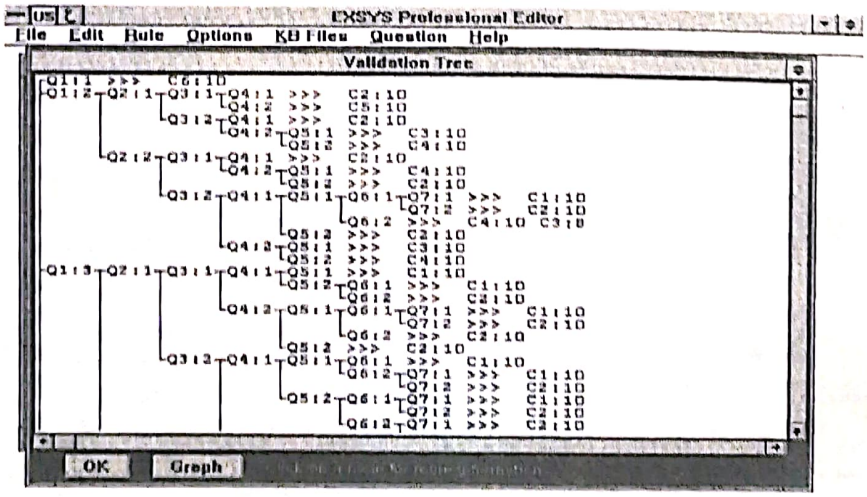
المتغيرات سوف يؤدي إلى حرف المسألة بشكل كبير عن المسار الصحيح ، إن إجراء عمليات التحقق بشكل متكرر هي بالتأكيد واحدة من الطرق الناجعة ولكن يجب الانتباه إلى عنصر الزمن لأن مثل هذه العمليات قد يستغرق أحياناً وقتاً كبيراً في المسائل المحدودة يكون للتمثيل البياني لشجرة القرار تأثير إيجابي في اختصار الزمن اللازم لصياغة القواعد، وقد تم أتباع هذا الأسلوب في المثال المطروح. يبين الشكل(3) أحد فروع شجرة القرار وتتألف من عقد وفروع ،تمثل العقد المتغيرات بينما تصف الفروع قيم هذه المتغيرات وتصف العقدة الأخيرة الحل الناتج . ويبين الشكل (4) واحدة من القواعد المتبعة في النظم الخبيرة .


عدد السكان
>100
10-100
2-10
>2
توفر المساحة
غير متوفرة
متوفرة
المنطقة المناخية
حارة
(III-IV)
(I-II)
مصادر الطاقة
متوفرة
قليلة
تركيز الملوثات
متوفر
متوسط
حجم الميزانية
منخفضة
عالية
الأهمية البيئية
الأهمية البيئية
بحيرات مهواة
حمأة عالية

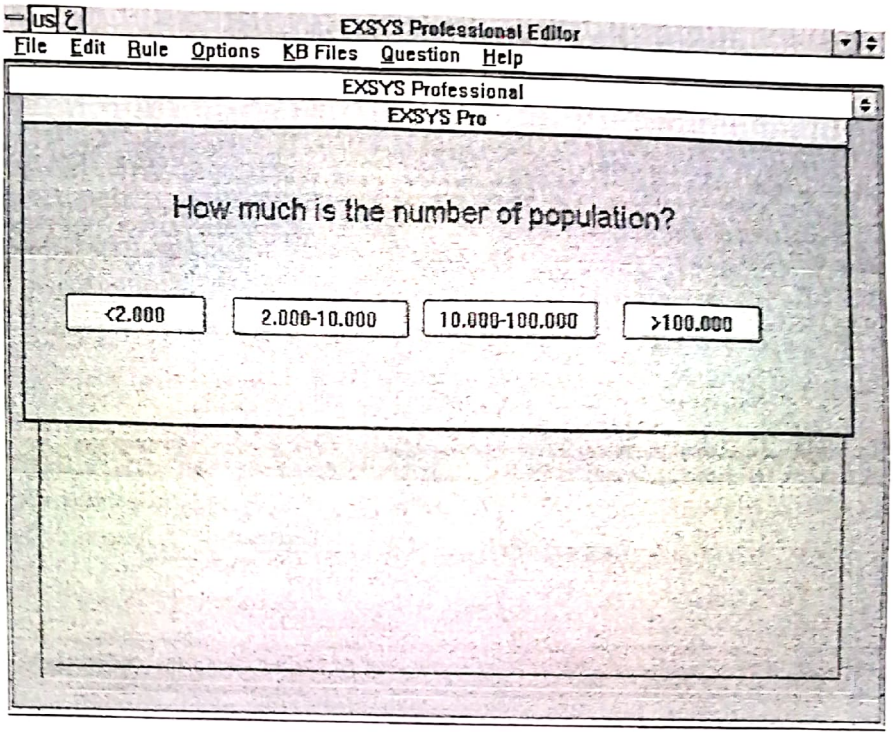


الشكل(4)

6-التحقق من مصداقية النظـــام **Validation and Verification** : في مرحلة إثبات النظام . يبرهن أن النظام الخبير يكشف فيما إذا كانت المعلومات الأصلية المحولة أو الداخلة صحيحة يمكن بطريقة أخرى أن نعمد إلى ارتكاب خطأ من أجل المطابقة و التصحيح في مرحلة التصديق نقارن النتائج التي تم الحصول عليها من النظام مع تلك التـــي تقترحهـــا الخبرة البشرية .و هكذا حتى يتم اختبار النظام بشكل كامل. يبين الشكل (5) نموذجاً من عمليات التحقق التـــي يمكـــن للنظام أن يقوم بها.



الشكل (5)



الشكل (6)

النتائج:

إن عملية اختيار نموذج المعالجة البيولوجية المثالي حسب الظروف المحلية لكل تجمع سكني غير متاحة بشكل مباشر في المراجع المختلفة ، ويتطلب اختيار النموذج الأفضل دراسة كافية وخبرة طويلة .وهذا يقود إلى ملائمة تطبيق النظم الخبيرة في هذا المجال ويساعد في الوصول إلى قرار بسرعة .

يعتبر استخدام شجرة القرار طريقة مفيدة إلى حد بعيد من أجل تعزيز سرعة تطوير النظام الخبير والإستراتيجية التي قُدمت بإتباع السلسلة الأمامية حصيلة هامة لهذا البحث ، وتسمح هذه التقنية بطرح عدد أصغري من الأسئلة من قبل المهندس للوصول إلى القرار .

نلاحظ من هذا التطبيق أن عملية استخدام النظام الخبير في المسائل الهندسية تعطي المزايا التالية:

- الدقة والمرونة في اتخاذ القرار الهندسي.
- إمكانية تنظيم و ترتيب و اكتساب كم كبير من المعرفة الهندسية.
- إمكانية خلق إطار لتوثيق الخبرة الحسية للمهندسين والتي تتولد عبر سنين طويلة من العمل .
- السرعة في مناقشة وتصميم الحلول الهندسية المختلفة مما يوسع دائرة الاختيار ويقرب المهندس من الحالة المثالية.

التوصيات

1. يمكن أن نتعمق في تطبيق النظام الخبير بعد القيام باختيار النموذج المثالي في مرحلة التصميم التفصيلية حيث تكون الخيارات أوسع وأشمل.
2. –في مرحلة استثمار محطة المعالجة يمكن للنظام الخبير أيضاً أن يلعب دوراً هاماً في التغلب على مجموعة مشاكل التشغيل المتعددة .
3. استخدام النظام المطور في البلديات وشركات الصرف الصحي كوسيلة تصميمية.

المدينة	عدد السكان بالآف	المساحة المتوفرة	المنطقة المناخية	مصادر الطاقة	تركيز الملوثات	حجم الميزانية	الأهمية البيئية	الطريقة المقترحة حسب نظام الخبير
دمشق	100<	غير متوفرة	الداخلية	متوفرة	متوسط	عالية	مرتفعة	الحمأة المنشطة
حلب	100<	غير متوفرة	الداخلية	متوفرة	متوسط	عالية	مرتفعة	الحمأة المنشطة
حماه	100<	غير متوفرة	الداخلية	متوفرة	متوسط	عالية	مرتفعة	الحمأة المنشطة
اللاذقية	100<	غير متوفرة	الساحلية	متوفرة	متوسط	عالية	متوسطة	الحمأة المنشطة
دير الزور	100<	متوفرة	البادية	متوفرة	متوسط	عالية	مرتفعة	الحمأة المنشطة
جبلة	100-10	غير متوفرة	الساحلية	متوفرة	متوسط	منخفضة	متوسطة	الحمأة المنشطة
الحفة	10-2	غير متوفرة	الجبلية	قليلة	متوسط	منخفضة	مرتفعة	البحيرات المهواة أو بحيرات الأكسدة
القرداحة	10-2	غير متوفرة	الجبلية	قليلة	متوسط	منخفضة	مرتفعة	البحيرات المهواة
السلمية	100-10	متوفرة	الداخلية	قليلة	متوسط	منخفضة	متوسطة	البحيرات المهواة أو بحيرات الأكسدة
تدمر	10-2	متوفرة	البادية	قليلة	متوسط	عالية	متوسطة	بحيرات الأكسدة
كفرية	2>	غير متوفرة	الجبلية	قليلة	متوسط	عالية	مرتفعة	نظام معالجة محلي

الجدول (2): اختيار الطريقة المثلى لمعالجة مياه الصرف الصحي لبعض المدن والمناطق في سوريا بإعتماد النظام الخبير.

المراجع

1- AWAD E . ,1996 -*EXSYS user's guide with applications* , First Edition , West publishing co. . U. S. A..

2- COLLINS, A. G. and Nix, S.J. TSAY,T.K. GERA, A., and HOPKINS,M.A.1990- *The potential for expert system in water utility operation and management*. J.*AWWA* 82(9) 44-57.

3- IRENE M.-C. LO, and ALOK A. POTA, 1997- *Expert System for Technology Screening for SOC and VOC Contaminanted Water*. j. Environmental Engineering , Vol.123,No. 9,pp. 911-918.

4- KOSTEM C.N., and MAHER M.L.eds. 1986- *Expert system in civil engineering* .ASCE, New York, N.Y.

5- LAI W., and BERTHOUEX P. M., 1990- *Testing an Expert System for Activated Sludge Process Control.* J. Environmental Engineering , Vol. 116, No. 5, pp.890-909.

6- METCAL and EDDY , 1991- *Wastewater Engineering Treatment, Disposal, and Reuse*, Third Edition . Mcgraw - Hill International Editions . U .S . A

7- XIN X . , and SIMPSON A . , 1996 - *Expert system for Water Treatment plant operation.*
J . Environmental Engineering, VOL. 122 ,No.. 9, pp. 822 - 829 .

8-المجموعة الاحصائية لعام 1996 – السنة التاسعة والأربعون ، المكتب المركزي للاحصاء ، دمشق.

9-عوض، عادل، و أبو العلا، محمد،و ابراهيم، تيسير، 1997-نظام ارشادي خبير لتطبيق أنظمة التخطيط الحضري ومتطلبات تصاريح البناء .مجلة باسل الأسد للعلوم الهندسية، العدد السادس، 85-97