Hierarchical Fuzzy System Design to Predict the Performance of Electrical Networks

Dr. Tarek Kherbek[*]
Dr. Ahmad Solaiman Ahmad[**]
Rahaf Solaiman[***]

(Received 15 / 5 / 2019. Accepted 3 / 7 / 2019)

□ ABSTRACT □

The operating and development of electrical networks is a vital process in any electrical system, for its effect to the efficiency of service especially with the increased reliability and quality requirements. Where the network is monitored from the central control room to monitor any disturbances, and take the convenient procedures that keep working within the operating conditions. The more rapid and accurate the decision process, the higher the level of service and the network avoided more emergencies.

Recently the concept prognosis is introduced to provide a previous evaluation of the risks to the network , and thus affect its reliability and quality of operation.

In this research, we used fuzzy logic to build a hierarchical fuzzy performance prognosis algorithm that allows for the inclusion of additional factors that reflect the technical state of the element during its working period ,and processes it through a set of fuzzy controls that finally gives a prediction risk probability of the network based on income data.

A graphical interface within Matlab environment representing the algorithm is achieved ,so it can be used on computers in the control centers to periodically predict contingencies in each update of data. A message is sent to the operator with the expected situation and the proposed action to correct them.

Keywords: Electrical networks, Reliability, Decision-making, Prognosis, Fuzzy logic.

[*] Professor in Electrical Power Department- Faculty of mechanical and Electrical Engineering - Tishreen university, Syria.

[**]Associate professor in electrical power department- Faculty of mechanical and electrical engineering - Tishreen university, Syria.

[***]Ph.D. Student in electrical power department- Faculty of mechanical and electrical engineering - Tishreen university, Syria.

تصميم نظام ضبابي هرمي للتنبؤ بأداء الشبكات الكهربائية

د. طارق خير بك*
د. أحمد سليمان أحمد**
رهف سليمان***

(تاريخ الإيداع 15 / 5 / 2019. قُبِل للنشر في 3/ 7 / 2019)

□ ملخّص □

يعد تشغيل واستثمار الشبكات الكهربائية عملية هامة جداً في أي منظومة كهربائية، لما له من أثر على كفاءة الخدمة خاصة مع زيادة متطلبات الموثوقية والجودة المرتبطة بتطور هذه الشبكات. تتم مراقبة الشبكة من غرفة التحكم المركزية لرصد أية تغيرات قد تؤثر على عملها، واتخاذ الإجراءات اللازمة التي تحافظ على العمل ضمن محددات التشغيل. فكلما كانت عملية اتخاذ القرار سريعة ودقيقة كلما رفعت سوية الخدمة وجنبت الشبكة المزيد من حالات الطوارئ.

أدخل مؤخراً مفهوم التنبؤ بالأداء على عمليات التشغيل ليقدم تقييماً استباقياً لحالات المخاطر التي قد تهدد الشبكة وتؤثر بالتالي على موثوقيتها وجودة عملها.

قمنا في هذا البحث باستخدام المنطق الضبابي لبناء خوارزمية للتنبؤ بالأداء تقوم على نظام ضبابي هرمي يسمح بتضمين بعض العوامل الإضافية التي تعكس الحالة الفنية للعنصر خلال فترة عمله، ويقوم بمعالجتها عبر مجموعة من المتحكمات الضبابية التي تعطي في النهاية توقعاً لاحتمال الخطر الذي قد يحدث على الشبكة بناء على معطيات الدخل. كما تم برمجة واجهة رسومية ضمن بيئة ماتلاب تمثل الخوارزمية المذكورة بحيث يمكن استخدامها على الحواسيب في مراكز التحكم، للقيام بتقييم دوري لحالة الشبكة والتنبؤ بما قد يحدث من حالات طوارئ عند كل تحديث للبيانات وتظهر رسالة للمشغل بالحالة المتوقعة والإجراء المقترح لتداركها.

الكلمات المفتاحية: الشبكات الكهربائية، الموثوقية ، اتخاذ القرار، التنبؤ ، المنطق الضبابي.

* **أستاذ – قسم هندسة الطاقة الكهربائية – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية –جامعة تشرين، سورية.**
** **أستاذ مساعد – قسم هندسة الطاقة الكهربائية – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية –جامعة تشرين، سورية.**
*** **طالبة دكتوراه – قسم هندسة الطاقة الكهربائية – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية –جامعة تشرين، سورية.**

مقدمة:

يسبب العدد الهائل للعناصر وتعقيد توصيلها في الشبكات الكهربائية صعوبة كبيرة على مراقبتها من قبل المشغلين; في الوقت الذي ارتفعت فيه معايير جودة الطاقة الكهربائية وزادت الحاجة لضمان تشغيلها بشكل موثوق. عند حدوث عطل ما على الشبكة فإن 20% فقط من زمن الفصل يذهب لإصلاح العطل بينما يذهب الزمن المتبقي 80% على تحديد مكان العطل والعنصر المعطل وهذا يعكس سبب الاهتمام المتزايد بتطوير تقنيات تشخيص أعطال الشبكات من أجل استعادة العمل الطبيعي بأسرع وقت ممكن [1] [2].

هناك العديد من الطرق والنظريات الحديثة المستخدمة في تشخيص أعطال الشبكات الكهربائية مثل الشبكات العصبونية [3] [4]، الخوارزمية الجينية [6] [5]، المنطق الضبابي [9] [8] [7] وغيرها. تختلف هذه الطرق في آلية معالجتها للبيانات ولكنها تشترك في اعتمادها على استجابة أجهزة الفصل (حمايات، قواطع..) للأعطال من أجل التقييم، فهي لا تعكس حالة الشبكة قبل العطل ولا تتضمن بقية العناصر العاملة فيها وتأثيرها على التشغيل. كما أن هذه المهمة تصبح أكثر تعقيداً وأقل دقة وتحتاج لزمن طويل عند حدوث حالات أعطال متعددة معاً ، أو عند تعطل أجهزة الحماية، أو عند وجود نقص، أو خطأ في رسائل الإنذار. وبالتالي أدخل مفهوم التنبؤ بحالات الخلل التي قد تحدث في الشبكات الكهربائية كعملية مستندة إلى عملية التشخيص ولكن تختلف عنها بالزمن; فالتشخيص هو عملية آنية لتحديد العناصر المعطلة في الشبكة أما التنبؤ فهو عملية استباقية لتوقع حالات الخلل الممكن حدوثها وتداركها بالإجراءات المناسبة (فصل/وصل عناصر، صيانة استباقية، الحاجة إلى التوسع في الشبكة) لتجنب آثارها السلبية والحفاظ على الأداء الموثوق للشبكة. إحدى النظريات المستخدمة في التنبؤ هي النظرية الاحتمالية حيث استخدمت لإعطاء تابع توزيع احتمالي لمشاكل الجهد في شبكة كهربائية [10]، كما استخدم نظرية الإحصاء والاحتمالات لتوقع العمر الفني لتجهيزات شبكة توزيع كهربائية مع أخذ عوامل الإجهاد الميكانيكي بالاعتبار [11]، والمنطق الضبابي الذي استخدم للتنبؤ بالأعطال في الشبكات الشعاعية بناء على تيار العطل [12]، والتنبؤ باستخدام شبكات بتري اعتماداً على قدرتها على التعامل مع الأنظمة الديناميكية وإمكانية استخدام صيغتها المصفوفية التي تسهل الحساب [13] [14].

إن للمنطق الضبابي تطبيقات كثيرة في مجالات واسعة ويأخذ حيزاً واسعاً في الشبكات الكهربائية بسبب قدرته على التعامل مع مختلف أنواع البيانات اللغوية والرقمية حتى عند وجود نقص أو غموض فيها ، وهذا ما قد يحصل بكثرة بسبب تعقيد هذه الشبكات وتعدد عناصرها ولكن ذلك لا يمنع البحث عن إضافات تعكس صورة أكثر قرباً من الشبكة وتضيف مزيداً من الدقة على التقييم.

قمنا في هذا البحث بإضافة بعض العوامل الفنية المتعلقة بالعناصر والتي تعكس حالتها بعد العمل في الشبكة لمدة زمنية معينة وانعكاس ذلك على استجابتها للتغيرات في شروط التشغيل.

أهمية البحث وأهدافه:

- تأتي أهمية هذا البحث من أن التنبؤ بأداء الشبكات الكهربائية يجنب الشبكة الأعطال غير المرغوبة بالتالي يعمل على تخفيف ساعات قطع التغذية ، كما يقلل الأعباء المادية المترتبة على حدوث الأعطال.
- يهدف هذا البحث إلى:

1. تقديم خوارزمية مطورة للتنبؤ بأداء الشبكات الكهربائية تتوقع احتمال الخطر الذي قد يقع على الشبكة بشكل يسمح بتدارك الأخطار قبل أن يصبح لها تأثيرات حقيقية على التشغيل.
2. تضمين عوامل إضافية في التقييم تزيد دقته وبالتالي تحافظ على الأداء الموثوق للشبكة.
3. برمجة واجهة رسومية GUI تصلح للاستخدام في مراكز التنسيق للاستفادة من خوارزمية التنبؤ بشكل عملي.

طرائق البحث ومواده:

تقوم طريقة البحث على تحليل الشبكة المعطاة لتحديد العناصر الهامة من وجهة نظر الموثوقية والتي يشكل تعرضها لأية مخاطر تهديداً لتشغيل الشبكة، ومن ثم استخدام مجموعة من المتحكمات الضبابية المرتبطة بشكل متسلسل يمثل هرمية النظام الكهربائي بدءاً من العناصر الأساسية ثم القطاعات والأقسام فالشبكة ككل. يكون دخل المتحكم الابتدائي بيانات العناصر والشبكة لحساب عامل ضبابي أساسي يمثل بارامترات التشغيل الأساسية في أي شبكة كهربائية (الجهد، التيار، التردد) وعامل ضبابي إضافي يمثل العوامل الإضافية التي نهدف إلى إدخالها في التقييم والتي يمكن أن تزداد أو تنقص حسب وضع الشبكة ومتطلبات الاستثمار لكل عنصر (العمر الفني، عدد مرات الانقطاعات، مدة الانقطاع). تدخل هذه العوامل على متحكم جديد يعطي تقييماً لحالة العنصر، يرتبط خرج متحكمات العناصر بمتحكمات وسطية تعطي تقييماً للقطاعات ثم الأقسام لنحصل في النهاية على خرج يمثل توقعاً لحالة الشبكة ككل، وتبعاً لذلك يتم تحديد الإجراء المناسب لتدارك الخطر.

تقوم منهجية العمل على:

1. إجراء دراسة تحليلية لموثوقية الشبكة الكهربائية لتحديد العناصر ذات الأثر على استمرارية تشغيل الشبكة وطريقة ارتباطها ببعض.
2. تصميم المتحكمات الضبابية للنظام الضبابي الهرمي حسب عدد العناصر والأقسام في الشبكة المعطاة (قد يتطلب الأمر إضافة أو حذف عدد من المتحكمات في كل مستوى).
3. برمجة واجهة رسومية في بيئة ماتلاب تمثل النظام المذكور.
4. الحصول على بيانات العناصر المطلوبة.
5. توجيه الخرج إلى فريق العمل المناسب.
6. إدخال أي تحديث للبيانات إلى الواجهة الرسومية.

المنطق الضبابي [15]:

هو فرع من فروع الذكاء الصنعي يهدف إلى تقليد عملية اتخاذ القرار عند الإنسان بشكل يسمح باستخدام المتغيرات اللغوية غير الدقيقة التي يستخدمها الإنسان مثل (كبير ، صغير ، كبير جداً ، صغير نسبياً.....) مما يوسع مفهوم المنطق الكلاسيكي المستخدم في أجهزة الكمبيوتر والذي يعتمد الدقة في التوصيف.

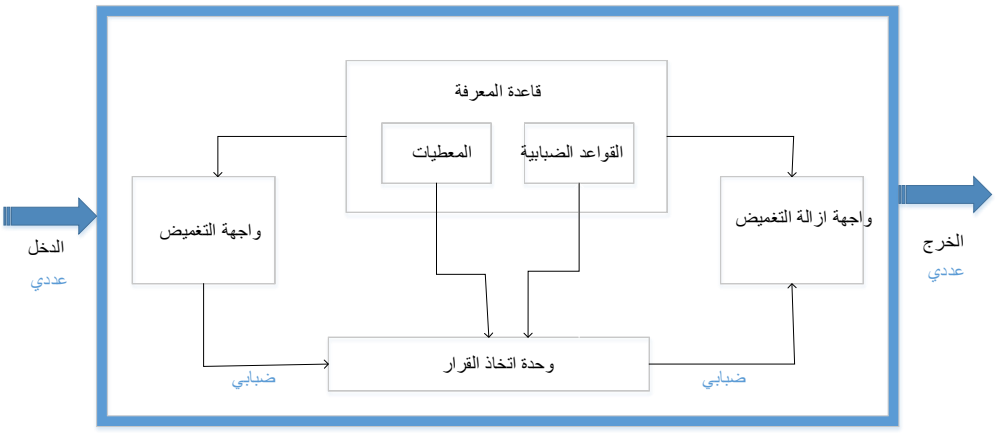
في المجموعات الكلاسيكية يتم التعبير عن انتماء عنصر ما إلى مجموعةA بشكل واضح ودقيق ، فالعنصر x إما ينتمي إلى المجموعة أو لا ينتمي، بالتالي لدينا أحد احتمالين (ينتمي ، لا ينتمي) (صح، خطأ) (0,1) ولا يسمح بوجود حلول وسطى ، وهذا ما استدعى إيجاد مفهوم المجموعات الغامضة أو الضبابية التي تسمح لعنصر ما بالانتماء

الجزئي إليها بشكل يغطي طيفاً واسعاً من الاحتمالات التي يتم التعامل معها في كثير من التطبيقات العملية (مكيفات الهواء، الكاميرات ، آلات التصوير ..الخ) ويؤدي إهمالها إلى أخطاء غير مقبولة في العمل وهدر في الموارد.
يمكن أن نعرف رياضياً مجموعة ضبابية كما يلي :

$$A=\{(x,\mu_A(x))/x\in X\}$$
$$\mu_A(x)\in[0,1]$$

ويطلق على X المجموعة الشاملة التي تمثل كافة القيم المحتملة للمتغير x
$\mu_A(x)$ هي درجة انتماء العنصر إلى المجموعة الغامضة
يعتمد المنطق الضبابي على إدخال قيم حقيقية ومعالجتها ضبابياً للحصول على قيم خرج حقيقية أيضا تستخدم في عمليات التحكم واتخاذ القرار بشكل يعطي دقة أكبر للعوامل؛ نظراً لتمثيل مجال احتمالي واسع عند التغميض.
آلية الاستنتاج الضبابية يمثلها الشكل (1) وفق الخطوات التالية :

1. التغميض fuzzification: وهي عملية تحويل الدخل العددي إلى أعداد ضبابية.
2. قاعدة المعرفة knowledge base: هي مجموعة القواعد الضبابية التي يضعها الخبير بما يناسب النظام المدروس والمطلوب منه.
3. اتخاذ القرار decision making : تعتبر هذه الخطوة تقليداً للطريقة البشرية في اتخاذ القرارات حيث يؤخذ الاحتمال الأكبر لتوفر الشرط بناء على قاعدة البيانات.
4. إزالة التغميض defuzzification : هي بوابة الخروج من المنطق الضبابي حيث يتم تحويل القيم الضبابية إلى خرج عددي يسهل التعامل معه من قبل الكمبيوتر والآلات المختلفة.



الشكل (1) آلية الاستنتاج الضبابية.

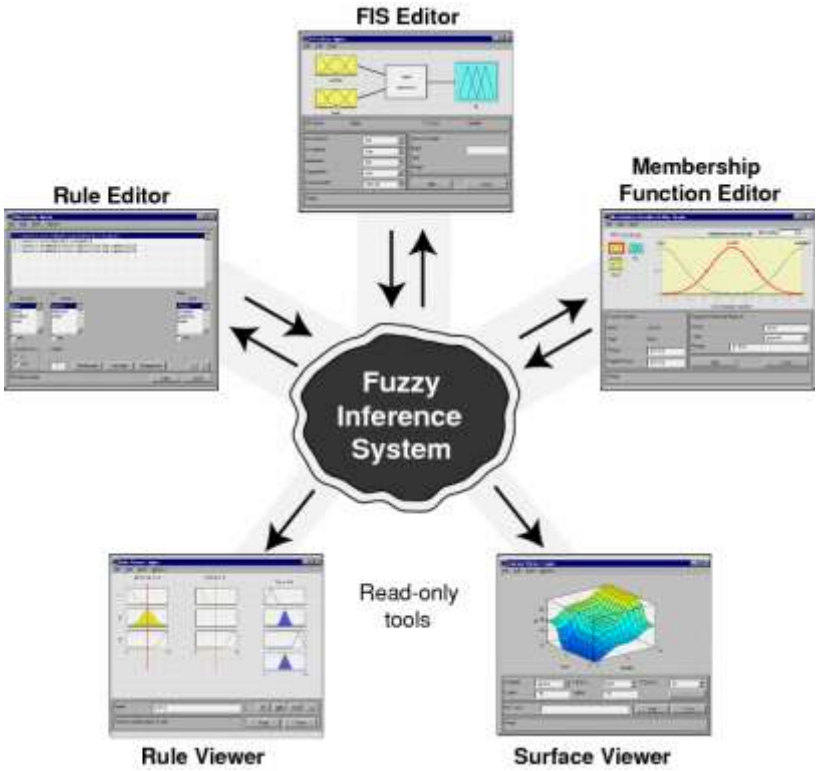
بناء متحكم ضبابي لنظام معين باستخدام المتحكم الضبابي في ماتلاب FIS [16] والتي يوضحها الشكل (2) وتعبر عنها الخطوات التالية:

1- تحديد متغيرات الدخل/الخرج والعلاقات بينها.

2- تمثيل النظام كمجموعة قواعد IF-THEN.

3- إنشاء توابع العضوية لمتغيرات الدخل والخرج.

4- اختبار النظام وتقييمه وضبطه واختباره مرة أخرى.



الشكل (2) واجهة المتحكم الضبابي في ماتلاب.

النتائج والمناقشة:

نهدف في هذا البحث إلى تقديم منهجية للتنبؤ بأداء الشبكات الكهربائية تعطي توقعاً لاحتمال الخطر الذي قد تتعرض له الشبكة بشكل يسمح باتخاذ إجراءات احترازية تمنع حدوث الأعطال أو تحد من تأثيراتها، مستخدمين المنطق الضبابي الذي يمثل متغيرات الدخل بشكل متدرج يغطي مجالاً واسعاً من التوصيف ويقوم بمحاكاتها بآلية مشابهة للتفكير البشري تعطي الاحتمال المقابل لتوفر الشرط حسب القواعد الضبابية المدخلة.

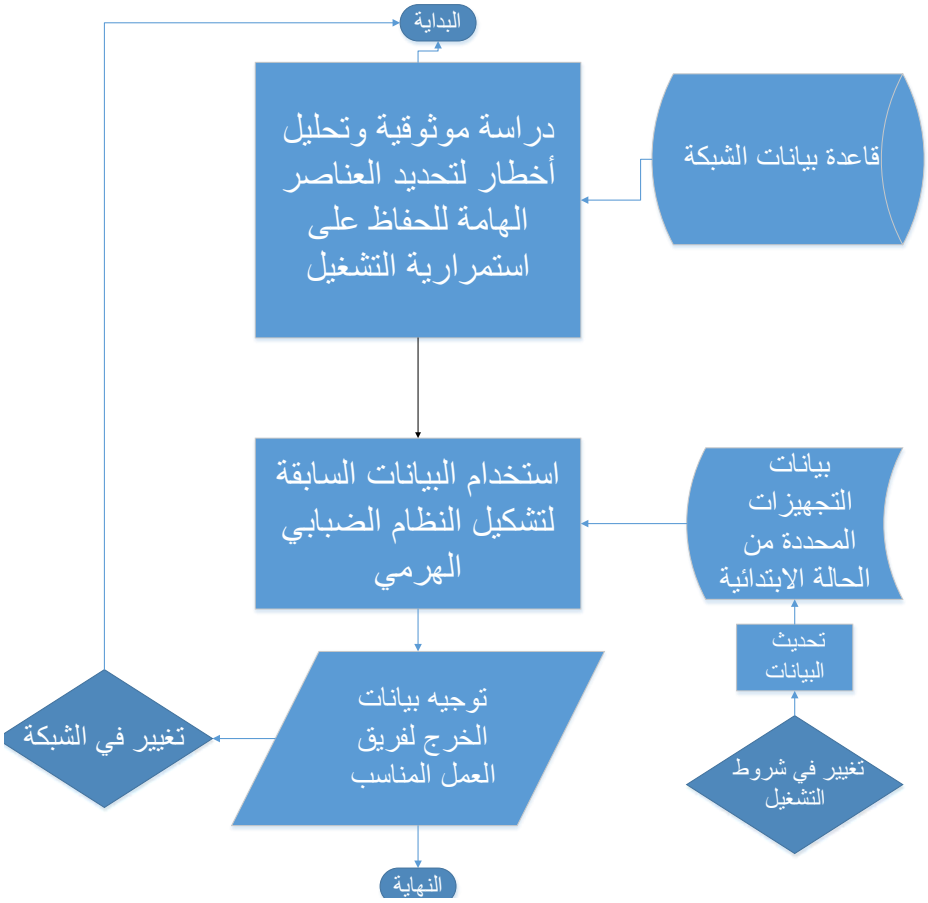
خوارزمية العمل:

يمثل الشكل (3) المخطط الصندوقي لخوارزمية العمل حيث يتضمن تسلسل خطوات المنهجية:

أولاً: الحصول على بيانات الشبكة وإجراء الدراسة النظرية لتحديد العناصر ذات الثقل من وجهة نظر الموثوقية والتي تعتبر أساسية للحفاظ على استمرارية التشغيل.

ثانياً: بناء النظام الضبابي الممثل للشبكة استناداً إلى الخطوة السابقة مع ملاحظة تحديث البيانات عند تغير شروط التشغيل،

ثالثاً: إرسال بيانات الخرج إلى فريق التشغيل أو الصيانة المسؤول عن اتخاذ الإجراءات المناسبة لها وعند حدوث تغيير في بنية الشبكة نعود إلى البداية.



الشكل (3) المخطط الصندوقي لمنهجية العمل.

نظام ضبابي هرمي للتنبؤ بأداء الشبكات الكهربائية:

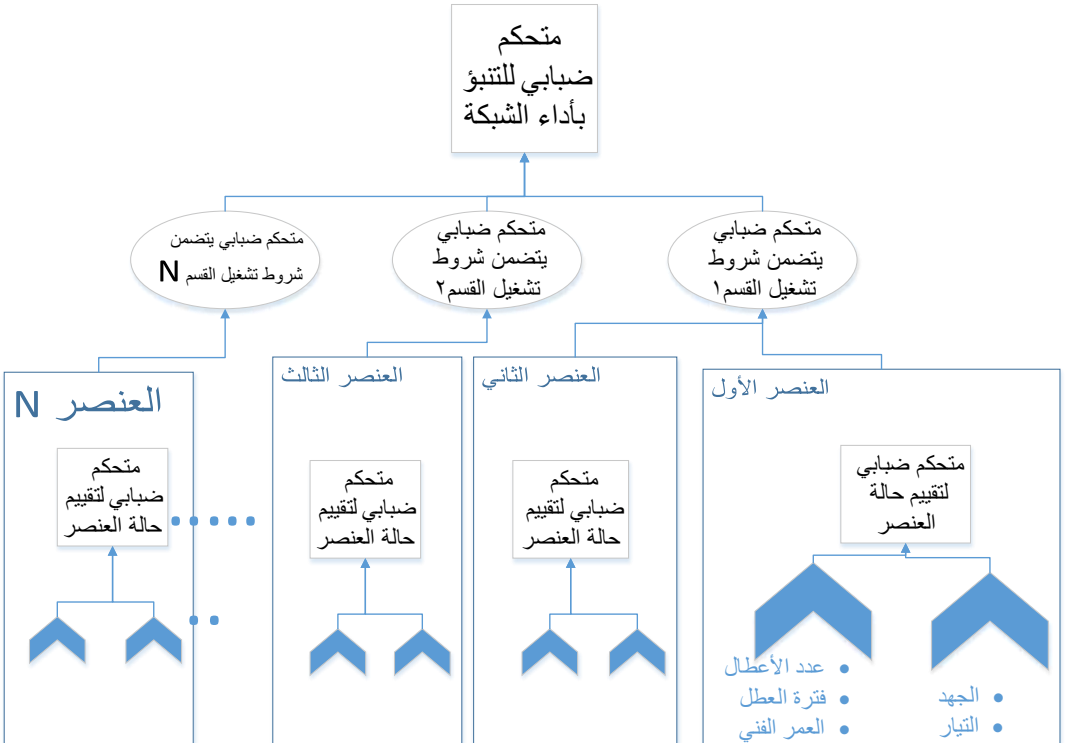
يبين الشكل(4) تمثيلاً لنظام ضبابي هرمي يتكون من ثلاثة مستويات:

المستوى الأول: هو مستوى عناصر الشبكة الأساسية التي يتم تقييمها باستخدام متحكم ضبابي يعتمد على إيجاد عاملين ضبابيين هما عامل ضبابي أساسي يمثل تأثير (الجهد ، التيار، التردد)، وعامل ضبابي إضافي يمثل تأثير العوامل الفنية التي أضفناها إلى عملية التقييم (عمر الخدمة، عدد الانقطاعات، مدة الانقطاع) مع إمكانية تغيير هذه العوامل حسب حاجة الشبكة.

المستوى الثاني: هو مستوى الأقسام، حيث يتم استخدام خرج متحكمات تقييم العناصر كدخل لمتحكمات ضبابية جديدة تربط عناصر القسم الواحد لإيجاد العامل الضبابي الموافق لها.

المستوى الثالث: هو مستوى تقييم أداء الشبكة ككل والذي يستخدم خرج متحكمات تقييم الأقسام كدخل لمتحكم ضبابي يعطي على الخرج تقييماً لأدائها يمكن من توقع احتمال الأخطار التي قد تصيبها.

تحدد الدراسة التحليلية لواقع الشبكة عدد المتحكمات الضبابية في كل مستوى بشكل يعكس العناصر ذات الثقل من وجهة نظر الموثوقية التي ستدخل في النظام الضبابي الهرمي.

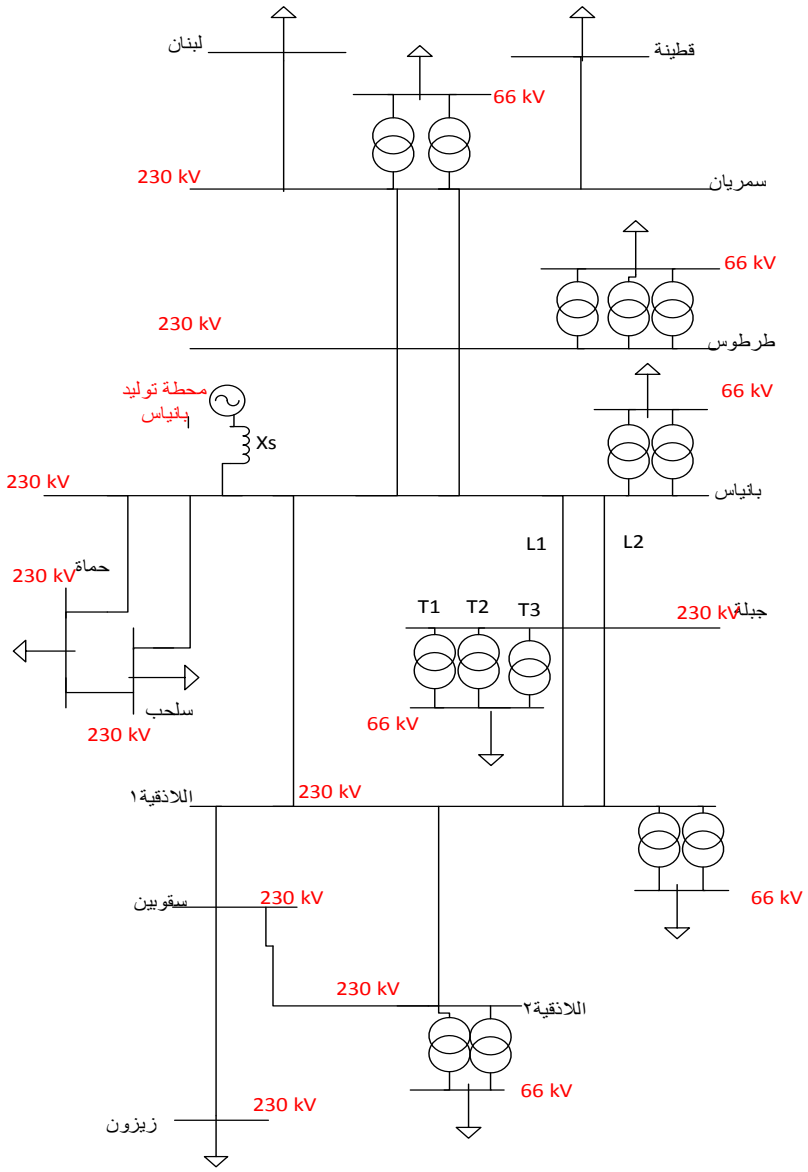


الشكل (4) الشكل الأساسي لنظام الضبابي الهرمي.

التطبيق العملي:

لقد قمنا بتطبيق هذه المنهجية على جزء من الشبكة الكهربائية السورية وهي شبكة النقل 230/66 kV التي تغذي مدينة جبلة من محطة بانياس.

يظهر في الشكل (5) شبكة نقل الجهد المتوسط 230 kV التي تربط محطة توليد بانياس الحرارية بمحطات تحويل 66 kVالمجاورة لها ويظهر فيها الجزء الذي تناولناه في هذه الدراسة .



الشكل(5) شبكة نقل 230 kV المغذاة من محطة بانياس الحرارية

توصيف عناصر الشبكة:

تتألف الشبكة المدروسة من ثلاث محولات 230/66 kV هي T1 , T2 ,T3 ترتبط مع الباسبار الرئيسي لمحطة بانياس الحرارية بواسطة خطي نقل L1 , L2 .

من الواضح أنه لضمان عمل موثوق للمحطة يجب أن تعمل هذه العناصر (المحولات والخطوط) ضمن محددات الكفاءة المقبولة وانخفاض كفاءة أي منها سيؤثر بشكل أو بآخر على عمل المحطة حسب درجة الانخفاض وجاهزية بقية العناصر.

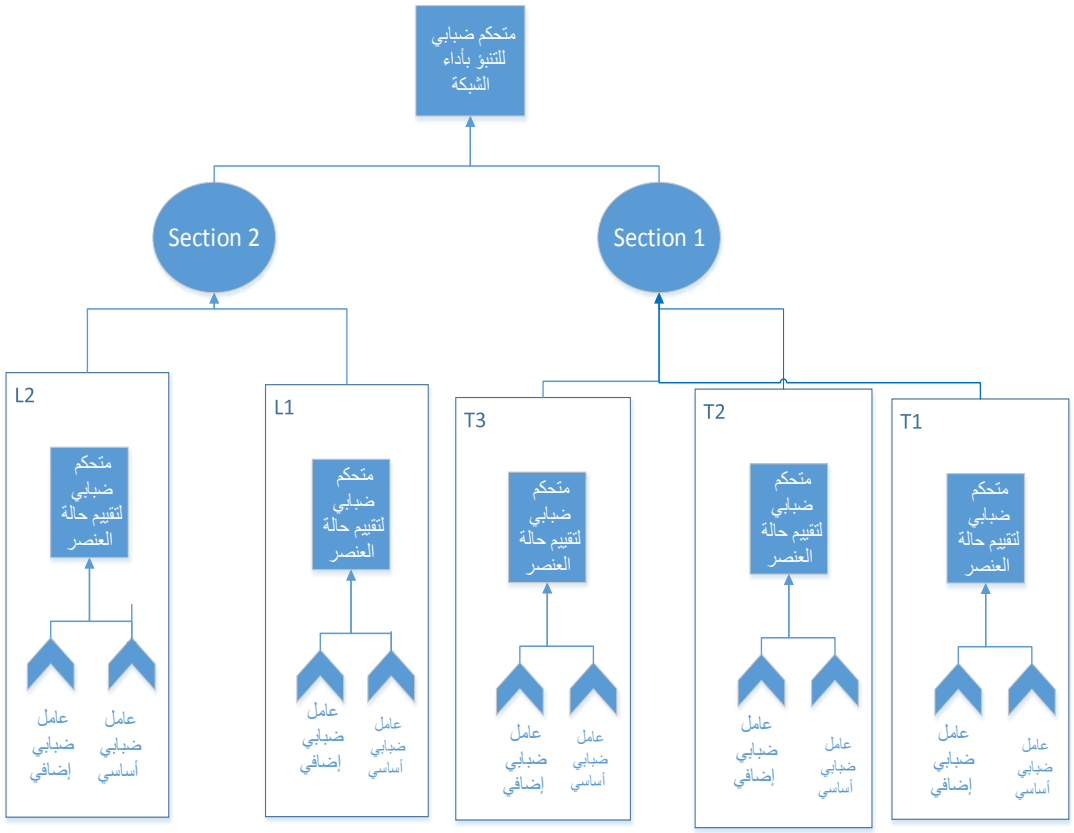
انطلاقاً من ذلك قمنا ببناء نظام ضبابي هرمي يقيم أداء الشبكة المذكورة ويعطي تنبؤاً بقرب تعرضها إلى حالات الخطر ويتألف من المستويات الثلاثة التالية:

المستوى الأول: مستوى العناصر الاساسية ممثلة بالمحولات T3 , T2 , T1 و خطي النقل L2 , L1.

المستوى الثاني: مستوى الأقسام حيث يشكل عامل ضبابي للقسم الأول الذي يحوي المحولات وعامل ضبابي للقسم الثاني الذي يحوي الخطوط.

المستوى الثالث: مستوى الشبكة الذي يقيم أداء الأقسام ويقدم بناء عليها الخرج النهائي.

يوضح الشكل (6) النظام الضبابي الهرمي الممثل للشبكة المدروسة.



الشكل(6) النظام الضبابي الهرمي لشبكة محطة نقل جبلة 230 kV

التطبيق على ماتلاب:

استخدمنا المتحكم الضبابي الموجود في ماتلاب FIS لتصميم المتحكمات الضبابية التالية بناء على الفقرة السابقة:

1. Fuzzy factor1: متحكم ضبابي يقيم العوامل الأساسية المؤثرة على عمل كل عنصر (الجهد ، التيار، التردد).

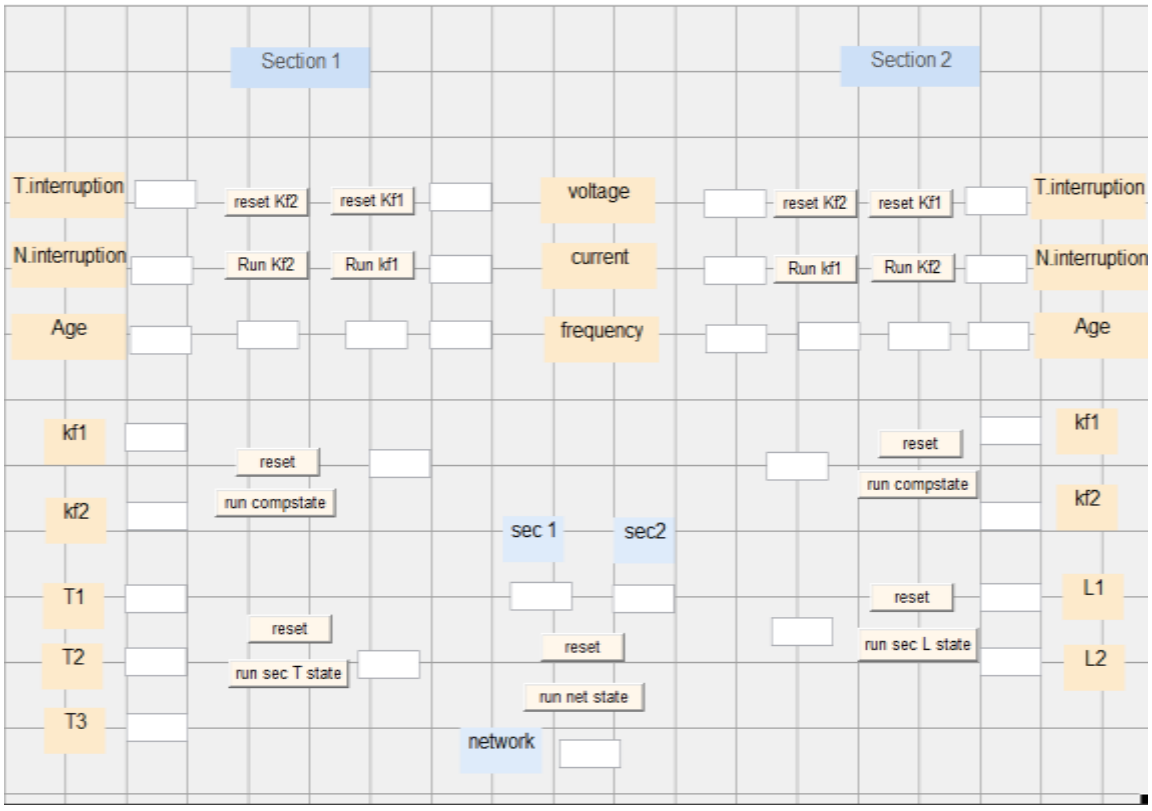
2. Fuzzy factor2: متحكم ضبابي يقيم العوامل المضافة التي تمثل الحالة الفنية للعنصر خلال فترة عمله في الشبكة (عمر الخدمة ، (عدد الانقطاعات ، مدة الانقطاع، ضمن المجال الزمني المحدد لتحديث البيانات)).
3. Comp state: متحكم ضبابي لتقييم حالة العنصر باستخدام 1 و 2 كدخل.
4. Sec state: متحكم ضبابي لتقييم حالة كل قسم بناء على العوامل الضبابية الممثلة لعناصره (هناك متحكمان للأقسام Sec L state للخطوط و Sec T state للمحولات).
5. Net state: متحكم ضبابي لتقييم حالة الشبكة عبر تقييم الأقسام الممثلة لعملها.

حصلنا على بيانات شبكة 230 kV من صالة التحكم في محطة بانياس الحرارية وصممنا تبعاً لها متحكمات العوامل الضبابية الأساسية والإضافية وعليه فهي صالحة للاستخدام على بقية أجزاء الشبكة المذكورة بشرط مراعاة اختلاف بعض العناصر في العدد والتشكيل بين المناطق بالتالي يجب إضافة أو حذف بعض المتحكمات من المستوى الأول والثاني لتلائم المنطقة الجديدة.

استخدمنا المتحكمات السابقة لبناء واجهة رسومية GUI في بيئة ماتلاب لتسهيل التعامل مع النظام الضبابي بشكل يسمح باستخدامه من قبل المشغلين في صالة المراقبة والتحكم، حيث يمكنهم من توقع احتمال حدوث أخطار على الشبكة والسعي لتداركها عند كل تحديث لبيانات الدخل.

يبين الشكل (7) واجهة النظام الضبابي حيث يظهر فيها:

1. مفاتيح متغيرات الدخل لكل من قسمي الشبكة.
2. مفاتيح التشغيل لكل من المتحكمات بشكل متسلسل ينتهي بتقييم الشبكة.
3. مفاتيح إعادة التعيين التي تسمح بإعادة حساب كل من العوامل حسب التحديثات الحاصلة.



الشكل (7) واجهة النظام الضبابي في ماتلاب.

قمنا بإجراء المحاكاة لعدد من القيم المأخوذة من مقاييس مراقبة الشبكة ومن بيانات أعطالها وقد ضمنا في الجدول (1) عدداً منها بشكل يوضح كيفية استخدام بيانات الدخل للحصول على تقييم للعناصر والشبكة.

إن النتائج المدرجة في الجدول هي حالات التحميل التي تتوفر بيانات الأعطال المقابلة لها في سجلات دائرة نقل الطاقة.

الجدول (1) نتائج المحاكاة عند قيم مختلفة لمتغيرات الدخل.

الإجراء	التوصيف	تقييم الشبكة	تقييم العنصر	T time hour	N	A age year		I A	f Hz	V v
لا شيء	عمل طبيعي	0.9	0.86	0.5	1	18	L1	850	49.8	220
			0.86	2	4	18	L2			
			0.86	1	2	18	T1	287		215
			0.84	1	1	18	T2			
			0.84	1	3	18	T3			
إرسال عمال الصيانة للتحقق من جاهزية الخط L2	تنبيه	0.56	0.86	2	5	18	L1	950	49.4	213
			0.55	7	22	18	L2			
			0.86	1.5	4	18	T1	335		200
			0.86	2	2	18	T2			
			0.86	3	4	18	T3			
إرسال عمال الصيانة للتحقق من جاهزية T3	تنبيه	0.54	0.86	5	9	18	L1	550	50.6	240
			0.86	4	10	18	L2			
			0.86	4	6	18	T1	189		232
			0.86	5	8	18	T2			
			0.44	25	33	18	T3			
فصل بعض الأحمال	خطر	0.24	0.32	10	15	18	L1	1100	48	208
			0.48	2	6	18	L2			
			0.36	9	17	18	T1	400		190
			0.48	2	4	18	T2			
			0.49	3	5	18	T3			

النتائج والمناقشة:

1. تقدم النتائج السابقة صورة عن كيفية التعامل مع خرج النظام الضبابي الهرمي حيث يتمكن المشغلون من مراقبة للوضع العام للعناصر عند توفر بيانات الأعطال المرتبطة بكل عنصر عند كل تغير في شروط التشغيل.
2. نلاحظ أن النظام مصمم ليعكس تأثير تغير شروط الدخل على حالة الشبكة والعناصر حسب محددات التشغيل الموثوق فمثلا المجال المسموح لتغير التردد أصغر بكثير منه بالنسبة للتيار والجهد.
3. الهدف هنا هو تحسس الخطر الممكن عند الاقتراب من القيم الحدية وليس عند تجاوزها وحدوث الفصل غير المنظم.
4. يساهم العامل الضبابي الإضافي بعكس الحالة الفنية للعناصر وبالتالي رفع مستوى التقييم.

الاستنتاجات والتوصيات:

1. تقديم منهجية للتنبؤ بالأداء تندرج ضمن تقنيات مراقبة الشبكات الكهربائية لتدارك أخطار الأعطال المتكررة.
2. الاستفادة من مقدرة المنطق الضبابي على تمثيل طيف واسع من الاحتمالات لإضافة بعض العوامل التي تعكس الوضع الفني للتجهيزات خلال فترة تشغيلها مما يزيد من قرب التمثيل من واقع الشبكة
3. يمكن تطبيق هذه المنهجية على أية شبكة كهربائية مع مراعاة عدد العناصر الضبابية في كل مستوى للنظام الضبابي حسب حجم الشبكة ومع إمكانية التغيير في القواعد الضبابية بما يتناسب مع آلية وشروط عمل الشبكة .
4. من المفيد إضافة عوامل أخرى بنفس الأسلوب حسب رأي الخبير بأكثر العوامل تأثيراً على الشبكة. المدروسة فكلما زاد عدد العوامل الممثلة لعمل الشبكة حصلنا على تقدير أفضل لواقعها.
5. سنقوم بالتواصل مع دائرة نقل الطاقة في المنطقة الساحلية لتزويدهم بنتيجة عملنا وبحث إمكانية مراقبة الشبكة المذكورة ورصد النتائج على المدى الطويل.

المراجع:

[1] S. Meliopoulos ; D. Taylor; C. Singh; F. Yang, S. W. Kang ;G. Stefopoulos(2005). Comprehensive Power System Reliability Assessment .Power Systems Engineering Research Center .Fin. Proj. Rep.

[2] Rabah Medjoudj, Hassiba Bediaf and Djamil Aissani."Power System Reliability: Mathematical Models and Applications". December 2017.

[3] G.Cardoso; Rolim JG ; Zurn HH (2004). *Application of neural network modules to electric power system fault section estimation*. IEEE Trans Power Del;19 (3):1034–41.

[4]Akshya Kumar Sahoo; Sudipta Rudra; Ashima Sindhu Mohanty "Artificial intelligence based electric grid operation enabled with data encryption" International Conference on Electrical, Electronics, and Optimization Techniques (ICEEOT) pp: 275 – 280 , 2016

[5] Leao FB; Pereira RAF ; Mantovani JRS(2014). *Fast fault section estimation in distribution control centers using adaptive genetic algorithm*. Int J Elect Power Energy Syst ;63:787–805.

[6] Huizhong Song , Ming Dong. "Stochastic Programming-Based Fault Diagnosis in Power Systems Under Imperfect and Incomplete Information". Energies 2018.

[7] Babayomi, O., Oluseyi, P., Keku, G., Ofodile, N.: Neuro-fuzzy based fault detection identification and location in a distribution network. In: Proceedings of 2017 IEEE PES-IAS PowerAfrica Conference: Harnessing Energy, Information and Communications Technology (ICT) for Affordable Electrification of Africa, PowerAfrica, pp. 164–168 (2017)

[8] Sang-Won M., Jin-Man S., Jong-Keun P., Kwang-Ho K.,Adaptive(2004). *Fault Section Estimation Using Matrix Representation with Fuzzy Relations*, IEEE Transactions Power Systems, Vol. 19, No. 2, 842-848.

[9] Ferreira V H, Zanghi R, Fortes M Z, Sotelo G G, Silva R B M, Souza J C S, Guimarães C H C, Gomes S. A survey on intelligent system application to fault diagnosis in electric power system transmission lines. Electric Power Systems Research 2016; 136: 135–153, https://doi. org/10.1016/j.epsr.2016.02.002.

[10]Y.S.Lim ; G. strbac (2002). *Analytical approach to probabilistic prediction of voltage sags on transmission networks*. I€€ Pnx.-Gmmr. Trmm Dislrib. Vu/. i4Y. No. 1. Jonion.

[11] X.Zhang ; E.Gockenbach ;H.Borsi (2007) .*Estimation of the Lifetime of the Electrica Components in Distribution Networks*. IEEE TRANSACTIONS ON POWER DELIVERY, VOL. 22, NO. 1, JANUARY.

[12] O.O.James1;O.G.Chiagozie (2012) .*Fault detection on radial power distribution systems using fuzzy logic* .ISSN:2186-8468,Vol. 1 .No.2.

[13] R. Ammour ; E. Leclercq ; E. Sanlaville; D. Lefebvre (May 30 - June 1, 2016).Faults Prognosis using Partially Observed Stochastic Petri Nets. Proceedings of the 13th International Workshop on Discrete Event Systems. China: Xi'an.

[14]Yin, L., Li, Z., Wu, N., Wang, S., & Qu, T. (2018). Fault Diagnosis in Partially Observed Petri Nets Using Redundancies. IEEE Access, 6, 7541–7556. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2796640.

[15] T. Wang; G. Zhang, M.J. Perez-Jimenez;(2015). *Fuzzy Membrane Computing: Theory and Applications*. ISSN 1841-9836, 10(6):904-935.

[16] User's Guide . Fuzzy Logic Toolbox For Use with MATLAB. Version 2.