

تصنيف مناطق بلازما التفريغ التوهجي للتيار المستمر باستخدام تقنية المنطق المضيب

د. نبهان عبد الكريم حمدون

قسم الفيزياء / كلية التربية

جامعة الموصل

القبول

2011 / 09 / 15

الاستلام

2011 / 04 / 17

ABSTRACT

A fuzzy logic model was constructed to classify the d.c glow discharge regions (Townsend dark region, glow discharge region, arc discharge) which including the design of computerized fuzzy inference system that depends on one of the intelligent techniques (Fuzzy logic). Their input consists of linguistic variables describing the fundamental parameters (current, voltage) of standard (I-V) curve of electrical discharge, and their output consists of three linguistic variables (dark, glow, arc) that describe the d.c. electrical discharge regions. It is suggested in this study that three different types of Gaussian membership functions in different forms for each variable. The results seem to be a good compatible with other published researches, making use of the MATLAB scientific software version 7.6.0.324 (R2008a).

keywords: Fuzzy logic, If-then rules, I-V curve, d.c. Electrical discharge.

الخلاصة

استهدف البحث إنشاء نموذج منطقي مضيب لتصنيف مناطق التفريغ التوهجي للتيار المستمر (منطقة تفريغ تاوسند، منطقة التفريغ التوهجي، منطقة تفريغ القوس الكهربائي)، متضمنا تصميم نظاما حاسوبيا خبيرا تألفت مدخلاته من المتغيرات اللغوية التي تصف المعلمات الأساسية (Current, Voltage) لمنحنى خواص التفريغ الكهربائي القياسي للتيار المستمر، اما الإخراج فانه يتكون من ثلاثة متغيرات لغوية تصف مناطق التفريغ الكهربائي التوهجي للتيار

المستمر (dark, glow, arc)، وفيه تم اقتراح ثلاثة دوال عضوية ذات الشكل الكاوسي لكل متغير من متغيرات الإدخال والإخراج، وقد أظهرت النتائج توافقاً جيداً بين نتائج هذا النموذج المضرب وبين النتائج التجريبية لمجموعة من الباحثين مستفيدين من بيئة البرنامج العلمي MATLAB Version 7.6.0.324 (R2008a) في تنفيذ العمليات الحاسوبية.

الكلمات الدالة: المنطق المضرب، قواعد الـ (If-Then)، منحنى (التيار-الفولتية)، التفريغ الكهربائي للتيار المستمر.

المقدمة

تتمتع تقنية المنطق المضرب بقدرة عالية في إيجاد الحلول للمشاكل المعقدة جداً أو الغامضة (Ambiguous) التي لا يمكن حلها باستخدام الطرائق التقليدية، كما يوفر طريقة سهلة وبسيطة جداً في الحصول على استنتاجات وحلول من بيانات غير دقيقة (Imprecision) أو لا محددة (Uncertainty)، فضلاً عن كونه نموذجاً بديلاً عن المنطق الكلاسيكي (Conventional logic) (الطرائق الرياضية الصرفة) في صياغة نماذج لحل تلك المسائل. [Fretea, C., 1994]

لاحظ الباحثون [Abdoul-Fatah, et. al, 2007] إن آلية المنطق المضرب حققت أفضل النتائج في عملية الطلاء (Coating) لمنظومة البلازما الرذاذية الـ (Atmospheric Plasma Spray APS) من خلال موازنة العلاقة بين متغيرات القدرة (التيار، الفولتية) لها ومتغيرات المادة المراد تغليفها: كثافة تيار القوس الكهربائي، معدل الجريان لغاز البلازما، تركيز الهيدروجين. كما استنتج [Rubens, 2006] إن الموديل المستند إلى المنطق المضرب كان بسيطاً و متميزاً في الأداء في تركيب الدالة التصنيفية (Ranking Function) التي تعد العامل المهم في تحديد نوعية نظام الإرجاع المعلوماتي (Information Retrieval System)، أما الباحث [حمدون، 2009]، عمد إلى تقييم ماكسويلية (Maxwellian) دالة التوزيع الطاقوي للإلكترونات في بلازما التفريغ التوهجي للهواء، من خلال تصميم نظام حاسوبي يستند إلى أسلوب المنطق المضرب وقد تألفت مدخلاته من المتغيرات اللغوية التي تصف المعلومات الأساسية لعملية التفريغ الكهربائي في مناطق التفريغ التوهجي المختلفة، فضلاً عن ان [sahat Simbolon, 2007] استخدم أسلوب المنطق المضرب في دراسة العلاقة بين متغيرات عملية النترتة (Nitridation Proess) وهي درجة حرارة النترتة ($150-300\text{ C}^0$) وزمن العملية (-15 min) ذاتها على معدل تيار التآكل (Corrosion Current) لمعدن الزنك وكانت النتائج التي حصل عليها أدق من الطرق التقليدية [أما في مجال بحثنا فقد تم توظيف تقنية المنطق

المضبيب في تصنيف مناطق منحني خواص (التيار-الفولتية) التفريغ الكهربائي للتيار المستمر من خلال إنشاء نظام حاسوبي منطقي عمل بمثابة خبير.

نظرية البحث

المنطق المضبيب يعتمد الأسلوب اللغوي في معالجة حالات الغموض وفقدان الدقة في مسائل الرياضيات المختلفة، حيث يعتمد في أساسه الرياضي على نظرية المجموعة المضببية. [Zadeh, 1995]

لنفترض نظاما متعدد المدخلات ومتعدد المخرجات

$$\vec{X}=(x_1, x_2, \dots, x_n)^T \quad \dots\dots\dots(1)$$

حيث (X) هو متجه المدخلات وأن (x_n) هو عبارة عن المتغير اللغوي والمعرف على المجموعة الشاملة (U) والذي يوصف بدرجة العضوية (تكون قيمة هذه الدرجة محصورة بين الصفر والواحد [0,1]): [Ress,1999] [Touabi, et. al,2001]

$$W(x) = \{w_x^1, w_x^2, \dots, w_x^k\} \quad \dots\dots\dots(2)$$

ودالة العضوية:

$$\mu(x) = \{\mu_x^1, \mu_x^2, \dots, \mu_x^k\} \quad \dots\dots\dots(3)$$

وأن (k=2) وتمثل عدد المتغيرات المدخلة). والدالة العضوية المستخدمة هي توزيع كاوس (Gaussian) حيث يقترب فيها المعدل الحسابي من الوسيط. [Spagnolo,F.,2003] [Jamshidi,1997]

أما متجه المخرجات (Y) فيتمثل بالمتغير اللغوي (y_m) والمعرف على المجموعة الشاملة (V) وهو:

$$\vec{Y}=(y_1, y_2, \dots, y_m)^T \quad \dots\dots\dots(4)$$

والذي يوصف بدرجة العضوية:

$$W(y) = \{w_y^1, w_y^2, \dots, w_y^n\} \quad \dots\dots\dots(5)$$

ودالة العضوية:

$$\mu(y) = \{\mu_y^1, \mu_y^2, \dots, \mu_y^k\} \quad \dots\dots\dots(6)$$

وأن (k=3) في مجال بحثنا كونها تمثل عدد متغيرات الاخراج).

تبدأ المرحلة الأولى من نظام الاستدلال المضبيب (Fuzzy Inference System FIS)، بعملية التضبيب (Fuzzification) لقيم المدخلات الحدية إلى النظام وتحولها إلى مجموعات مضببية من خلال افتراض الدوال العضوية وتحديد درجات الانتماء للمتغيرات أو العناصر اللغوية لها، إن عملية التضبيب تنجز التمثيل أو الصياغة (Mapping) من فضاء الإدخال إلى المجاميع المضببية في مجموعة شاملة معينة وهكذا نجد أن القيمة الحدية (x₁)

تتطابق مع المجموعة المضببة ($w_{x_i}^1$) وبدرجة العضوية ($\mu_{x_i}^1$) وهكذا بالنسبة إلى المجموعة المضببة ($w_{x_i}^2$) بدرجة العضوية ($\mu_{x_i}^2$)... الخ. وبالإمكان إنجاز هذه العملية لعدة أشكال من دوال العضوية. يتألف مرتكز القاعدة المضببة من مجموعة القواعد المضببة (R) فإذا كان هناك نظاما متعدد المدخلات والمخرجات (كما في البحث الحالي) فإن:

$$R = (R_1, R_2, R_3, \dots, R_i) \dots \dots \dots (7)$$

وعندما ($x \in U, y \in V$) فإن هناك عدد (i^{th}) من قواعد الشرط (If-Then) المضببة والمتمثلة بصيغتها العامة:

$$R_i = \text{If } (x_1 \text{ is } w_{x_1}, \text{ and } x_2 \text{ is } w_{x_2}, \dots, x_{p_1}, w_{x_{p_1}}) \text{ Then } (y_1 \text{ is } w_{y_1}, \text{ and } y_2 \text{ is } w_{y_2}, \dots, y_i \text{ is } w_{y_i}) \dots \dots \dots (8)$$

يتم في هذه المرحلة ربط كل من المجموعات ($w_{x_1}, w_{x_2}, \dots, w_{x_p}$) التي تمثل المقدمة المنطقية لقاعدة الشرط (If-Then) وهي جزء الشرط (If) لتكوين مجموعات إخراج مضببة هي (y_i) والتي تمثل النتيجة المنطقية والتي تعقب جزء الـ(Then) ويمكن تمثيل الصيغة الرياضية هذه بالقيمة:

$$\lambda_i = \min(\mu_{x_1}^i(x_1), \mu_{x_2}^i(x_2)) \dots \dots \dots (9)$$

or

$$\lambda_i = \mu_{x_1}^i(x_1) \mu_{x_2}^i(x_2) \dots \dots \dots (10)$$

حيث (λ_i) هي قيمة الدالة العضوية للمقدمة المنطقية.

أما المرحلة التالية فهي مرحلة التضمين (Implication) ومعالجة المتغيرات اللغوية المفردة في الجزء اذا (If) (المقدمة المنطقية) لغرض تحديد الشكل النهائي لمجموعة النتيجة المنطقية (مجموعة الإخراج المضببة)، إن الإدخال لعملية التضمين هو قيمة مفردة تمثل بواسطة المقدمة المنطقية للقاعدة أما إخراجها (جزء الـ(Then) فهو مجموعة مضببة وهذه العملية تخص كل قاعدة. ومن أكثر الطرق شيوعا (والمستخدمة في هذا البحث) هي طريقة تضمين الأصغر - الأعظم (Min-Max Implication Method) حيث يتم تحديد منطقة الإخراج المضببة بأقل درجة عضوية للمقدمة المنطقية، بينما تتغير منطقة الإخراج المضببة بأخذ أعظم قيمة من تلك القيم المصغرة والمعادلتان توضحان الطريقة أعلاه:

$$\mu_y^i(w) \leftarrow \min(\lambda_i, \mu_y^i(w)) \dots \dots \dots (11)$$

حيث (μ_y^i) هي قيمة دالة العضوية للمجموعة المضببة لجملة النتيجة المنطقية وأن (w) هي القيمة الوزنية لدالة العضوية.

$$\mu_y(w) \leftarrow \max(\mu_y^1(w) \mu_y^2(w) \mu_y^3(w)) \dots \dots \dots (12)$$

حيث أن (μ_y) هي قيمة دالة العضوية لمجموعات الإخراج المضببة، وينتج عن تطبيق هاتين المعادلتين تقليص ارتفاع مجموعات الإخراج المضببة إلى ما يساوي أعلى قيمة من قيم المقدمات المنطقية. [Cotta, 1996] [Kandel, 1986]

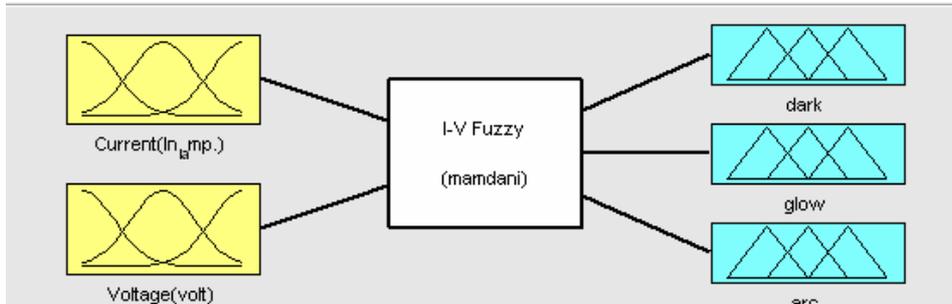
أما المرحلة الرابعة فهي عملية تجميع ودمج المجاميع المضببة الخارجة عن كل قاعدة إلى مجموعة مضببة واحدة لكل مخرج وتسمى هذه المرحلة بمرحلة التجميع (Aggregation) وتنتج رياضيا وفقا للمعادلة (12).

ولغرض الحصول على القيم الحدية النهائية للنموذج المضبب والمتمثلة بقيمة الإخراج الحدية (y) فإننا نحتاج إلى مرحلة جديدة هي مرحلة انقشاع أو إزالة الضبابية (Defuzzification) وهي المرحلة النهائية لنظام الاستدلال المضبب حيث يكون مدخل هذه العملية هي المجموعة المضببة الخارجة عن كل قاعدة مضببة ضمن مرحلة التجميع أما إخراجها فهي القيمة الحدية المنفردة حيث يتم تحليل المدخلات لهذه المرحلة باستخدام إحدى طرق التحليل. ومن طرق التحليل وإزالة الضبابية الشائعة (والمعتمدة في هذا البحث) هي طريقة المركز المتوسط (Centroid) التي تمتاز بالدقة والاداء الامثل عن غيرها حيث يتم إيجاد نقطة التوازن عن طريق حساب المعدل الموزون (Weighted means) لمناطق الإخراج المضببة ويعبر عنها رياضيا [Ruan,1997]:

$$y = \frac{\int y_1 \mu_B(y) dy}{\int \mu_B(y) dy} \dots\dots\dots(13)$$

الموديل المقترح

تم وصف المعلمات الأساسية: التيار (Current) والفولتية (Voltage) لبلازما التفريغ التوهجي للتيار المستمر (d.c glow discharge) كمدخلات لنموذج بحثنا، أما المخرجات فهي عبارة عن المتغيرات اللغوية: (dark, glow, arc) التي تمثل منطقة تفريغ تاوسند المظلمة (تفريغ تاوسند)، منطقة التفريغ التوهجي، منطقة تفريغ القوس الكهربائي للبلازما على التوالي، والشكل (1) يوضح التركيب الأساسي لنموذج البحث المقترح:



الشكل (1): هيكلية النموذج المعلوماتي المقترح

ولتنفيذ هذا النموذج المضبب، تم استخدام الـ (MATLAB) كأداة برمجية كونه يحتوي على مجموعات من الحلول الخاصة ضمن صندوق أدوات المنطق المضبب (Fuzzy Logic)

Tool Box) فضلا عن استخدام المكتبة الخاصة بالمنطق المضرب، وتم اعتماد نموذج مامداني (Mamdani) المضرب كونه يعمل بشكل رئيس لإعطاء القيمة اللغوية الأكثر وصفا للعملية قيد البحث فضلا عن ان الدوال العضوية الخارجة هي من النوع المتغير وليس الخطي او الثابت كما ذكر سابقا. [Mathworks, 2008a]

يوضح الجدول (1) القيم اللغوية التي تمثل مستويات الدوال العضوية لمعلمات النموذج المقترح (المدخلات و المخرجات). تم انتقاء هذه البيانات بالاستناد إلى مستوياتها وقيمها الحقيقية المعتمدة في دراسات أخرى [Danijela, et. al, 2002] [Naoto, et. Al, 2003] [Abdel-AleamH,et.al,2002] [R. Castell, et. al, 2004] [Venugopalan, 1971] وعليه تم تقسيم مدى القيم لتيار التفريغ الى ثلاث مستويات على شكل منحنيات، الأول يصف مدى القيم اللغوية والمتمثلة بالقليلة (little)، أما المنحنى الثاني فهو لمدى القيم اللغوية الوسطية (medium)، والمنحنى الثالث هو لمدى القيم اللغوية الكبيرة (High) وبنفس الأسلوب تم وصف بقية المعلمات.

الجدول (1): مستويات دالة العضوية لمدخلات ومخرجات النموذج المقترحة

مستويات دالة العضوية			الفئة	المتغير
large كبير	medium وسط	little قليل	مدخل	التيار (Current)
high عالية	middle متوسطة	low قليلة	مدخل	الفولتية (Voltage)
high عالية	middle متوسطة	low قليلة	مخرج	منطقة التفريغ المظلمة (dark)
high عالية	middle متوسطة	low قليلة	مخرج	منطقة التفريغ المتوهجة (glow)
high كبيرة	middle متوسط	low قليلة	مخرج	منطقة التفريغ القوسي (arc)

أما الجدول (2) يبين مدى القيم الحقيقية لمستويات الدوال العضوية المستخدمة في نموذج البحث وهي مشتقة ومأخوذة من القيم المتغيرات التجريبية المعتمدة لدى الباحثين.

الجدول (2): مدىات القيم الحقيقية لمعلمات النموذج المصمم

مدىات القيم المقترحة			الفئة	المتغير
1e-1.8—1.5e+4	1e-5.8--1e+1	1e-9--1e-2	مدخل	التيار (Current)
600-1200	200-800	0-450	مدخل	الفولتية (Voltage)
0.5-0.96	0.2-0.71	0-0.41	مخرج	منطقة التفريغ المظلمة (dark)
0.55-0.98	0.21-0.70	0-0.4	مخرج	منطقة التفريغ المتوهجة (glow)
0.57-1.0	0.2-0.78	0-0.5	مخرج	منطقة التفريغ القوسي (arc)

تضمنت المرحلة الأولى عملية تضبيب القيم الحدية وتحولها إلى المتغيرات اللغوية والمبينة في الجدول (1) وإدخالها على الواجهات الموضحة في الأشكال (2,3,4,5,6) فقد تم

إدخال المدخلات المضببة للقيم الحديدية (التيار = $1e-6.5$ ، الفولتية=350) الى الواجهات في الاشكال (2,3) ومن ثم تحديد انتمائها إلى المجاميع المضببة المناسبة عن طريق الدوال العضوية (little, middle) على التوالي، يعقبها مرحلة تكوين قواعد الشرط (If-Then) المضببة وهي المرحلة التي تحدد النتيجة النهائية من خلال تفاعلات القواعد المضببة جميعا والمستندة إلى السلوكية الفيزيائية لمناطق التفريغ بوصفها دالة لمقدار التغير في معلمات الإدخال والمأخوذة من الظروف التجريبية لمجموعة باحثي موضوع بحثنا والشكل (7) يوضح شريحة من هذه القواعد التي عددها (9) تسع قاعدات مضببة داخل النظام وأن لكل قاعدة قوة تأثير وزنية (قيمها تتباين 0-1) على المجموعة المضببة الناتجة يعقبها مرحلة تطبيق معامل التضبيب (Apply fuzzy operator) وهو المعامل (And) وكما يوضحها مع الخطوات اللاحقة الشكل (7) ويتم خلال هذه الخطوة تحديد قيمة درجة العضوية (Membership degree value) لجزء المقدمة المنطقية (Antecedent) ولكل دالة وهي القيمتين (0.8,0.25)، وتعتمد طريقة تطبيق معامل التضبيب (And) على استخدام طريقة التضمين الدنيا (Min- Implication Method) والتي سوف يكون ناتجها (0.25) المتمثلة بالدالة العضوية (middle)، اما الإخراج سيكون على شكل مجموعة مضببة، تنتج من خلال الخطوة المتضمنة اعادة تشكيل او صياغة (reshaping) جزء النتيجة المنطقية (Consequent) للدوال العضوية الخارجة لكل قاعدة اخذين بالاعتبار القيمة الوزنية المؤثرة لتلك القاعدة حيث سيكون الإدخال لهذه المرحلة القيمة اللغوية المكافئة الى القيمة العددية (0.25) والمتمثلة بواسطة المقدمة المنطقية لكل قاعدة ومن خلال استخدام طريقة التضمين العظمى (Max-Implication Method) فاننا سنحصل على مجموعة مضببة واحدة خارجة ذات شكل وهيئة مختلفة مكافئة للقيمة الحديدية (0.72) لكل قاعدة من بين ثلاثة مجاميع عضوية المكافئة للقيم الحديدية (0.72,0.326,0.261) للدوال العضوية (dark,glow,arc). وكون القرار حول تصنيف مناطق التفريغ يستند إلى جميع القواعد في نظام الاستدلال المضبب (FIS) لذا يجب توحيد (unified) وجمع (Aggregation) المجاميع المضببة الخارجة عن كل قاعدة إلى مجموعة مضببة واحدة تمثل الناتج المنطقي النهائي مستخدمين طريقة التجميع العظمى (Max-Aggregation Method) إحدى طرائق التجميع في تلك الخطوة. وستكون هناك عدد من القواعد المفعلة والنافذة (Fired) والتي تحدد المجموعة المضببة الناتجة حسب أوزانها (قوة تأثيرها) ففي هذا البحث: كانت القاعدتين (2 & 1) هي أكثر القواعد المفعلة والنافذة والموضحة في الشكل (8)، وبهذا يتم توحيد المجاميع المضببة الناتجة عن هاتين القاعدتين الى مجموعة مضببة واحدة تكافئ (0.72,0.326,0.261) ولغرض تحويل مخرج المرحلة السابقة (المجموعة المضببة الواحدة) إلى القيمة الحديدية (Crisp numerical value) فإننا سوف نستخدم طريقة إيجاد المركز المتوسط (Centroid method) ضمن المرحلة الأخيرة من مراحل الاستدلال المضبب (FIS) وهي مرحلة إزالة او انقشاع الضبابية (Defuzzfication) وفيها يتم إيجاد نقطة التوازن (مركز الثقل عند تشبيهه بجسم)

لمنطقة الإخراج المضببة عن طريق حساب المعدل الموزون (Weighted mean) لمنطقة الإخراج المضببة ويعبر عن هذه العملية رياضياً: [Kandel,1986]

$$Center\ of\ Gravity = \frac{\sum_{i=0}^{26} di \cdot \mu_A(di)}{\sum_{i=0}^{26} \mu_A(di)} \dots\dots\dots(14)$$

من خلال المقارنة بين القيم الحدية الناتجة للمناطق الثلاثة (0.72,0.326,0.261) وجدنا بالإمكان إصدار القرار على ان ظروف العمل من قيم التيار والفولتية سيكون ضمن منطقة التفريغ المظلم كون النسبة الـ (72%) اكبر النسب جميعاً. أما آلية عمل القاعدتين المفعلتين (1 & 2) وفقاً لقيم المدخلات المعتمدة في هذا البحث هي كآلاتي وكما موضحة في الشكل (7):

Rule #1:

If (Current is little) and (Voltage is low) Then (dark is high) (glow is low) (arc is low) (0.5)

Rule #2:

If (Current is little) and (Voltage is middle) Then (dark is high) (glow is mid.) (arc is low) (0.75)

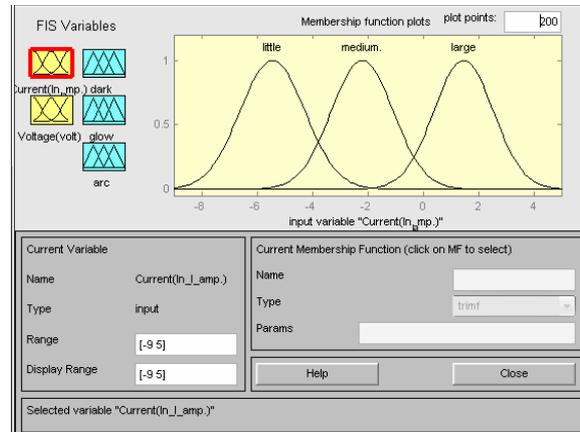
Rule #1= min(little, middle)=min(0.8,0.25)=0.25(15)

Rule #2= min(little, low)=min(0.8,0.38)=0.38(16)

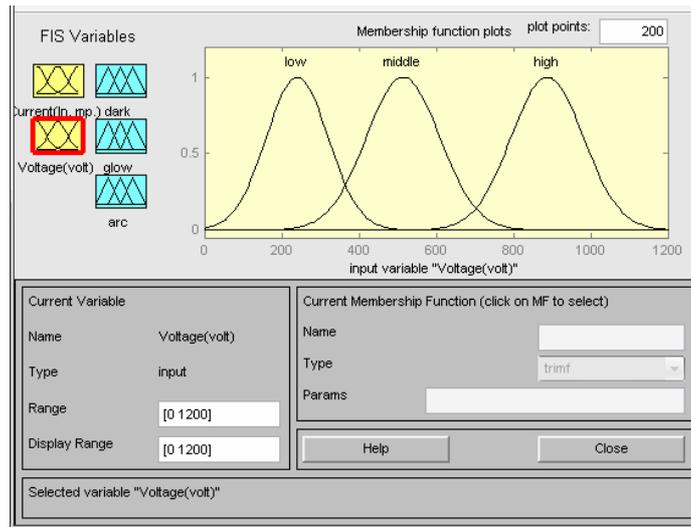
وان ناتج تطبيق طريقة التضمين لهذه القواعد ووفقاً للمعادلة (12):

max (Rule 1, Rule 2) = max (0.25, 0.38) = 0.38(17)

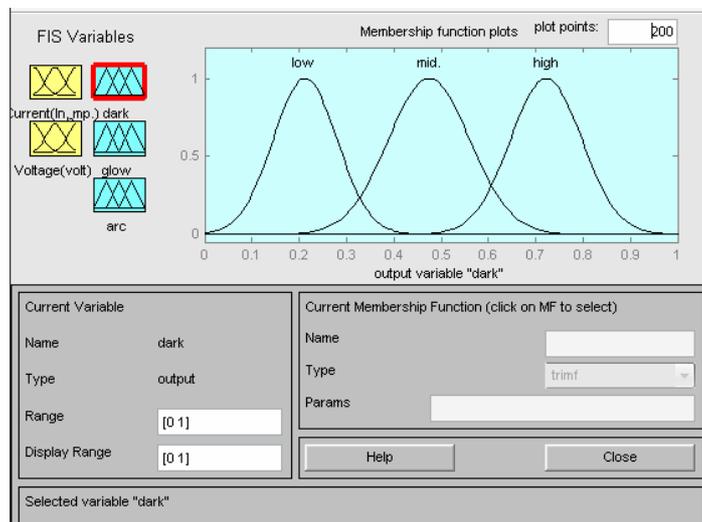
ثم تليها مرحلة التجميع (Aggregation) التي يتم فيها توحيد النواتج للمجموعات المضببة للقواعد في عملية تطبيق التضمين ولكل مخرج إلى مجموعة مضببة واحدة ومن ثم إزالة الضبابية عن ناتج المرحلة السابقة (المجموعة المضببة الواحدة لكل مخرج) وتحويلها إلى قيمة حدية واحدة أيضاً ولكل مخرج أيضاً مساوية كل منها إلى إحدى القيم (0.72,0.326,0.261) للمناطق المصنفة المعتمدة وبالاستناد إلى هذه القيم الحدية الناتجة عن مرحلة إزالة الضبابية وجدنا انها منطقة التفريغ المظلم ضمن مرحلة إزالة الضبابية (Defuzzfication) كون النسبة لـ (dark=72%) اكبر النسب.



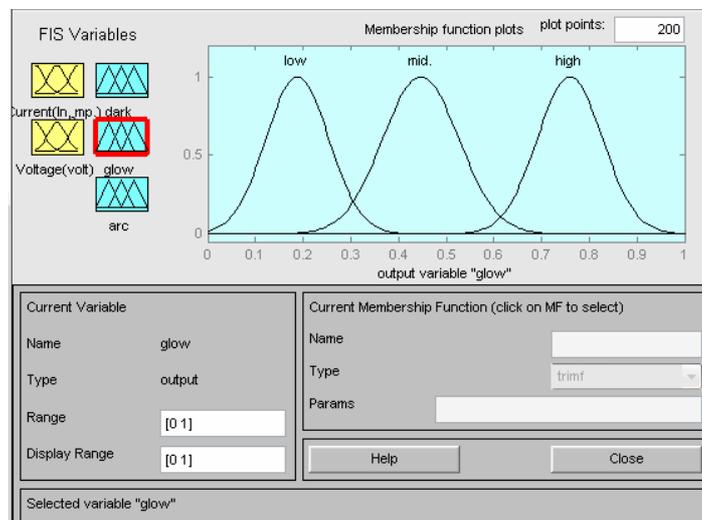
الشكل (2): دالة العضوية لمتغير التيار



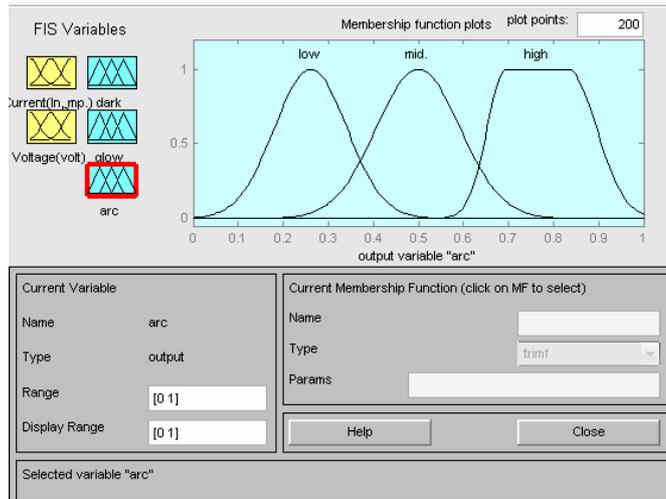
الشكل (3): دالة العضوية لمتغير الفولتية



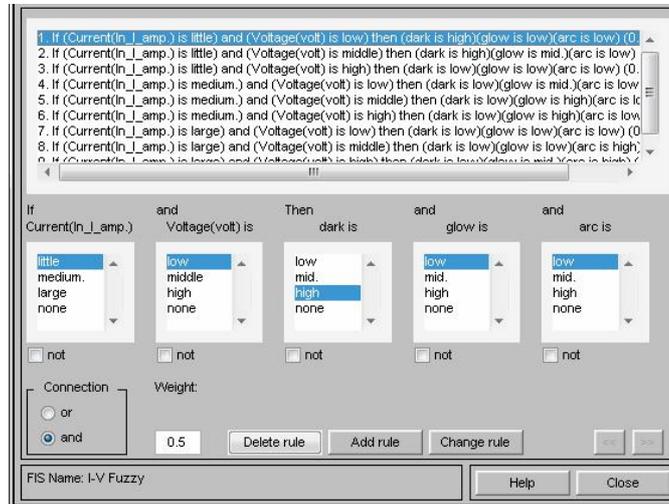
الشكل (4): دالة العضوية لمتغير منطقة التفريغ المظلم



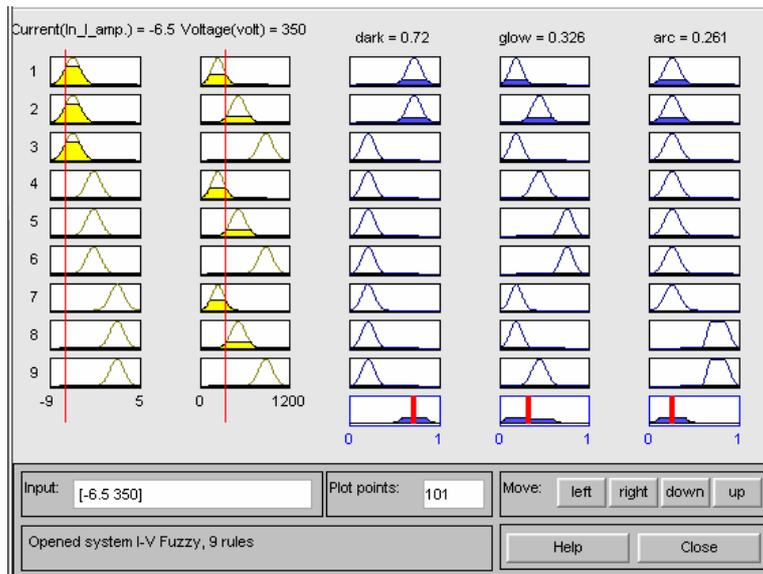
الشكل (5): دالة العضوية لمتغير منطقة التفريغ التوهجي



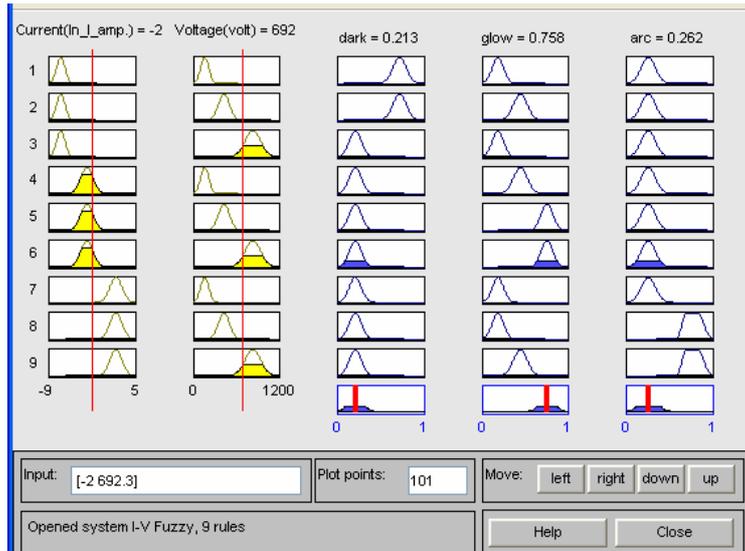
الشكل (6): دالة العضوية لمتغير منطقة التفريغ القوسي



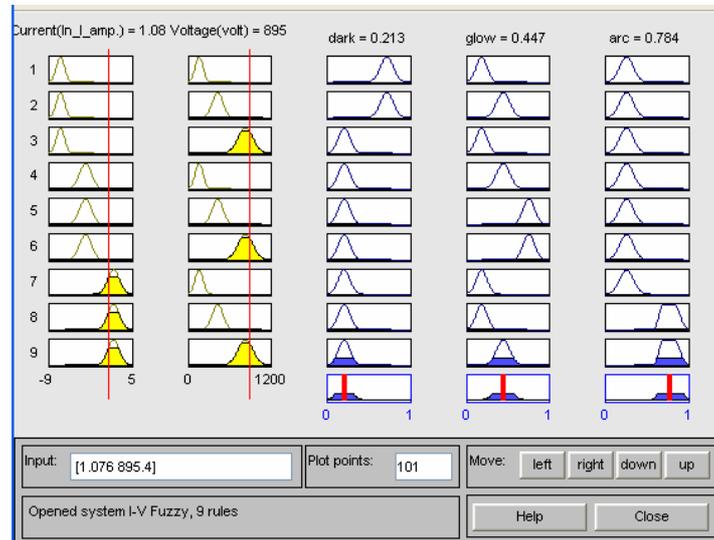
شكل (7): قواعد الـ (If-Then) المستخدمة في النموذج المقترح



الشكل (8a)

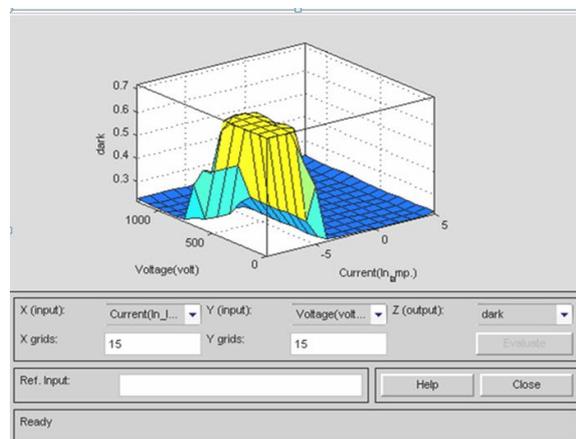


الشكل (8b)

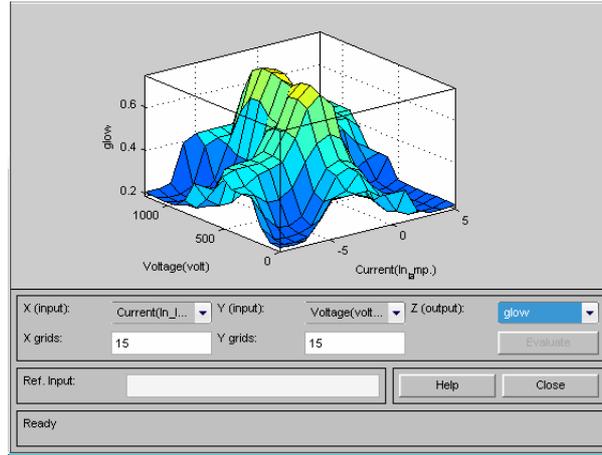


الشكل (8c)

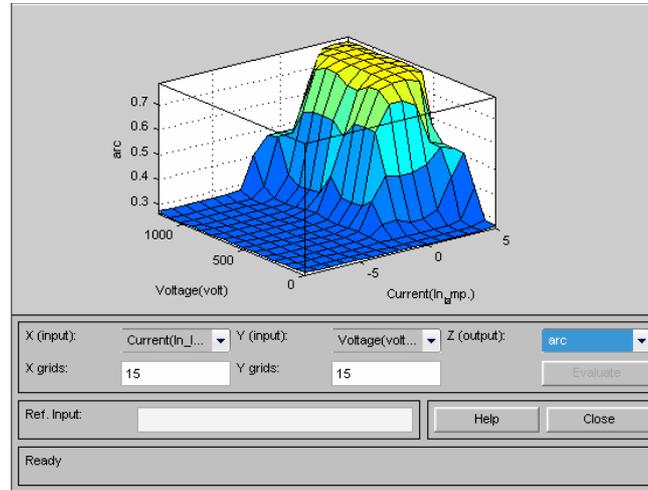
الأشكال (8:a,b,c): لوحة حوسبة القواعد المنطقية المستخدمة في تقييم الحالات المطروحة



الشكل (9): وصف ثلاثي الأبعاد (مسطح) لمنطقة التفريغ المظلم



الشكل (10): وصف ثلاثي الأبعاد (مسطح) لمنطقة التفريغ التوهجي



الشكل (11): وصف ثلاثي الأبعاد (مسطح) لمنطقة التفريغ القوسي

المناقشة

من البديهي وعندما تكون الفولتية على الاقطاب صغيرة جدا فان عملية التاين تكون قليلة جدا وبالتالي فان تيار التفريغ يكون واطى جدا ناتجا عن الاشعة الكونية والمعادن المشعة ومصادر اخرى، وعند زيادة القدرة المسلطة (مدى الفولتية) كونها (not self-sustaining discharge) فانها تؤدي الى توليد الكترونات ثانوية بتأثير تاين ذرات متعادلة اخرى تؤدي الى انتاج الايونات والالكترونات عن طريق التصادمات بين الالكترونات وجزيئات الهواء وبهذا يزداد التيار زيادة اسية طفيفة جدا مولدا تفريغا مظلما (dark) غير مرئيا يعرف بتفريغ تاوسند يظهر كمنطقة للتفريغ المظلم في منحنى الخواص (التيار-الفولتية) وتتصف بانها ضعيفة التاين وعالية الفولتية [Grill,1994].

1. ظهور قمة في الشكل (9) عند القيم الافتراضية المعتمدة في هذا البحث ($1e-10_1e-2$ amp) والفولتية (0-400 volt). والتي تعبر عن علاقة التيار والفولتية ضمن تلك المديات

- والتي تعني احتمالية حدوث التفريغ المظلم تكون كبيرة جدا عند استخدام اي قيمة ضمن المديات المذكورة ووفقا لقيم التيار والفولتية المعتمدة في مجال بحثنا وجدنا (التيار= $1e=$ 6.5، الفولتية= 350) والموضحة في الشكل (8a) وجدنا نسبة الـ(72%dark) وهي اكبر النسب الاخرى مما يعني ان الظروف التشغيلية تكون ضمن منطقة التفريغ المظلم وهذا يتوافق مع الظروف التشغيلية المعتمدة من قبل الباحث [Venugopalan,1971]
2. ان الاستمرار بزيادة الفولتية المسلطة يؤدي الى حدوث الانهيار في الجهد (Breakdown voltage) والذي يعتمد على طبيعة الغاز والضغط والمسافة بين الاقطاب وحالما يحدث هذا الانهيار فان التفريغ يصبح (Self-sustaining) ويبدأ التوهج للهواء او الغاز نتيجة الطاقة والكثافة العالية للالكترونات مسببة تصادمات الاثارة (Excitation collision) وهكذا ظهرت القمة في الشكل (10) والتي تعني احتمالية حدوث التفريغ التوهجي (glow) كبيرة جدا عند استخدام اي قيمة ضمن مدى قيم التيار ($1e-5$ — $1e+1$ amp) والفولتية (200-500 volt) ووفقا لقيم التيار والفولتية المعتمدة في مجال بحثنا وجدنا (التيار= $1e=$ 2، الفولتية= 692) والموضحة في الشكل (8b) ووجدنا نسبة الـ(75%glow) وهي اكبر النسب الاخرى مما يعني ان الظروف التشغيلية تكون ضمن منطقة التفريغ التوهجي وهذه تتفق مع قيم الظروف التشغيلية المعتمدة لدى الباحث [R.Castell ,et.al,2004] عند اجراءه مجموعة تجارب تفريغ توهجي ذات ضغط منخفض على بعض الغازات (CO, O_2, CO_2) ذات الصلة البيئية وكذلك الباحث [Abdel-Aleam H,et. Al,2002] الذي استخدم الكاثود المجوف المايكروبي للحصول على التفريغ التوهجي المستقر في الهواء، فضلا عن الباحث [Danijela,et. al ,2002] في دراسته عن الخواص دون الحرجة وفوق الحرجة والمختلطة لحالة الانتقال من منطقة التفريغ المظلم الى التفريغ التوهجي.
3. ظهور القمة في الشكل (11) عند مديات قيم التيار ($1e-1$ — $1e+4$) ومدى قيم الفولتية (700-1200) والتي تعبر عن احتمالية العمل ضمن منطقة التفريغ الكهربائي القوسي عند اعتماد أي قيمة من قيم تلك المديات ووفقا لقيم التيار والفولتية المعتمدة في مجال بحثنا وجدنا (التيار= 1.08 ، الفولتية= 895) والموضحة في الشكل (8c) ووجدنا نسبة الـ(78.4%arc) وهي اكبر النسب الأخرى مما يعني ان الظروف التشغيلية تكون ضمن منطقة التفريغ القوسي (arc) وهذا أيضاً يتوافق مع الظروف التشغيلية المعتمدة من قبل الباحثين [Naoto, et. Al,2003] وتعد القوس الكهربائية الشكل النهائي الذي يصل اليه التفريغ الكهربائي (تيار عالي برتبة امبير تقريبا فأكثر). اذا كان الضغط عاليا ومقاومة الدائرة الكهربائية قليلة فان الانهيار يؤدي الى تفريغ الـ(arc) وتفسيره ان استمرار زيادة

- الفولتية المسلطة ينتج عنها تجهيز الالكترونات من خلال الانبعاث الحراري (Thermionic emission) وعندها تقل الفولتية وان التفريغ الكهربائي التوهجي يتحول الى التفريغ القوسي.
4. ظهور قمم أخرى صغيرة محيطة بالقمم الرئيسية الموضحة في الأشكال (9,10,11) نتيجة للتداخلات التي تحدث بين المناطق (dark, glow, arc) وهذه القمم تعبر عن المناطق المضبية بين جميع المناطق اما صغرها فهو نتيجة تدرج الزيادة بالاحتمالية باتجاه منطقة اللاحقة.
5. ان الإلكترونات المنبعثة من الكاثود تكون بطاقة واحدة وكلما تحركت باتجاه الانود مرورا بمناطق التفريغ التوهجي فإنه يحصل فقدان واكتساب لطاقة الإلكترونات بفعل التصادمات المرنة وغير المرنة التي يتعرض لها وهذا بطبيعة الحال يؤدي إلى زيادة التشتت ويفسر زيادة عرض القمم في الأشكال (9,10,11).

الاستنتاجات Conclusion

- أعطت نتائج عملية التضييب لتصنيف مناطق التفريغ الكهربائي التوهجي نتائج تفصيلية جيدة وخاصة مقدار تأثيرها بمتغيرات الإدخال.
- إن التطبيقات الحاسوبية الحديثة مثل ال(Matlab) تمكننا من استغلال الحاسوب على الوجه الأكمل لمعالجة العديد من المسائل المعقدة في الحياة الواقعية.
- إن النظام الحاسوبي الذي تم إعداده يمكن الإستفادة منه كخبير في تصنيف المناطق وبالتالي تسهيل عمل الباحثين ضمن المديات المحددة والمعتمدة في هذا النظام.
- إن اختيار أسلوب المنطق المضرب يبدو موضوعيا لمعالجة النظم المعقدة ومنها التنبؤ والاستقراء والاحتمالية وأنظمة السيطرة والتحكم وإعطاء القرار وغيرها.

المصادر

- 1) حمدون، نبهان عبدالكريم (2009)، "استخدام آلية المنطق المضبيب في تقييم دالة التوزيع الطاقى للإلكترونات" مجلة الرافدين لعلوم الحاسبات والرياضيات، المجلد السادس، العدد الثالث.
- 2) Abdel-Aleam ,H. Mohamed, Rolf black & Karel H. Schoenbach, (2002), "Direct Current glow discharge in Atomospheric Air", IEEE Transactions on plasma science, vol.30, no.1.
- 3) Abdoul-Fatah kanta, Ghislain Montavor, Marie-Pierre Planche, Christian Coddel.(2007), "Fuzzy logic analysis of Alumina-Titania deposition yield during Atomspheric Plasma Spray(ABS) Process", Journal of Thermal Spray Technology, Vol. 16,No. 5-6,pp:913-918.
- 4) Chakravarti, P. K. Grpta, S. M. (1997), "Determinates of Electron Energy Distribution in a phases", J. Rev. Sci Instrum, 48(10).
- 5) Chen, Francis, F. (2003), "Lecture Notes on Langmuir Probe Diagnostics", Mini-course on Plasma Diagnostic, IEEE-ICO PS Meetingm Jeju, Korea.
- 6) Cotta, A. (1996), "Evolutionary of Fuzzy Logic Controllers", <http://citeseerist.psn.edu/cotta96evolutiionary.html>
- 7) Cox, Earl (1998), "Fuzzy System Handbook", Academic Press, USA.
- 8) Danijela D. & Ute Ebert, (2002), "Transition from Townsend to glow discharge: subcritical, mixed, nor supercritical characteristics", Physical Review, E 66 066410.
- 9) Dilecce G, Capitelli M., Debendiatis S., (1991), "Electron Energy Distribute Function Measurements in Capacitindy Compiled rf-dischage", J. Applys, 69(1).
- 10) Grill A., (1994), "Cold Plasma in Material Fabrication from Fundamental to Application", IEEE, New York, USA.
- 11) Hassouba M. A., (2001), "Effect of Magnetic Field on Plasma Parameters in Cathode Fall Region of the DC-Glow discharge", Eur. Phys. J. Appl., 14,pp:131-135.
- 12) Jamshidi, Mohammed (1997), "Application of Fuzzy Logic Toward High Machine, "Intelligent Quotient System", Prentice Hall PRT,423p.
- 13) Kandel, Abraham; (1986), "Fuzzy Mathematical Techniques with Applications", Addison Wesley Publishing Company.
- 14) Mathworks, (2008), "Fuzzy Logic Toolbox", Users Guide, Version (R2008a).
- 15) Naoto Nagaoka & Akihiro Anetani, (2003), "Numerical model of discharge characteristic between contacts including glow discharge", 17th

- 16) Ostapchenko E. P., Odessa O. N. Stepanov V. A., (1968), "The Effect of Striations on the Electron Energy Distribution in a Mercuing-Kryptor Mixture, Soviet Phs-Tech. Phy 14(4).
- 17) Palop J. I. F., Ballesteros J., Colomer V., Hernadez M. A., (1995), "A new Smoothing method for obtaining the electron energy distribution function in plasma by Numeric differentiation of I-vprobe characteristic", Rev. Sci. Instrum., 66(5).
- 18) R. Castel, e. j. Iglesias, & J. Ruiz-Camacho, (2004), "Glow discharge plasma properties of gas of environmental Interest", Brazillian Jornal of Physics, vol. 34,no. 4B.
- 19) Rress (1999); "Fuzzy Set Theory", <http://www.tms.org/pubs/jom/gg08/Rress/Rress-990m.html>
- 20) Ruan Da., (1997), "Intelligent Hybrid Systems: Fuzzy Logic, Neural Network and Genetic Algorithms", Kluwer Academic Publishers, Nowell, MA, U.S.A.
- 21) Rubens, N. O., (2006), "The application of fuzzy logic to the construction of the ranking function of information retrieval systems", Computer Modeling and New Technologies, Vol.10, No. 1, pp:20-27.
- 22) Sahat Simbolon, (2007), "Comparison between classic and fuzzy logic method on corrosion rate of zinc metal in diluted sulphuric acid after Nitridation process", <http://digilib.batan.go.id/utamu/wp-content/uppto...>
- 23) Seo, Kim, S. S., Hong Chang C. S., Chang H. Y., (2000), "Evaluation of the Electron Energy Distribution Function in Application Inductive Argon discharge", Appl. Phys. Let., 76(2).
- 24) Touabi, Abdelleador, Mehenna (2001), "Fuzzy Couture and using Genetic Algorithms", M. Sc. Thesis Submitted to National Computer Center, Iraq.
- 25) Venugopalan, mM., (1971), "EDU Reactions under plasma conditions", Vol. 1, Wiley Interscience, New York.
- 26) Zadeh Lotfi A, (1995), "Fuzzy Logic Toolbox", Berkerly, p-382.