مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية_ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (3) العدد (٦) 2019
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies- Engineering Sciences Series Vol. (3) No. (6) 2019

أتمتة التطبيقات العلمية باستخدام المنطق الضبابي

* عمار عبد الكريم حسن

(تاريخ الإيداع ١٨ / ٨ / ٢٠١٩ . قُبل للنشر ٨ / ١٠ / ٢٠١٩)

ملخّص

يتناول هذا البحث تصميم وبرمجة برنامج حاسوبي يهدف لمحاكاة تطبيقات المنطق الضبابي بواجهات رسومية عربية (GUI: Graphical User Interface)، حيث يسمح للباحثين والطلاب الجامعيين بمحاكاة نظم وتطبيقات المنطق الضبابي دون الحاجة إلى برمجيات مدفوعة باهظة الثمن، تتميز الأداة المصممة في هذا البحث بالكفاءة وسهولة الاستخدام.

قُمنا ببناء هذه الأداة باستخدام لغة البرمجة Python، وصممنا الواجهات الرسومية GUI باستخدام مكتبة PyQT5، وأنشأنا المخططات البيانية باستخدام مكتبة Matplotlib، واستخدمنا في البرنامج المصمم طريقة مامداني للاستدلال الضبابي (mamdani fuzzy inference system) وطريقة Weighted Average في فك التضبيب (Defazzification)، يعطي البرنامج نتائج جيدة بالمقارنة مع برمجيات مدفوعة مثل مكتبة المنطق الضبابي في برنامج Matlab.

الكلمات المفتاحية: المنطق الضبابي، برنامج حاسوبي، لغة البرمجة بايثون، مامداني، الاستدلال الضبابي، مكتبة Matplotlib، واجهات رسومية، مكتبة PyQT5.

* قائم بالأعمال في قسم هندسة تكنولوجيا المعلومات، كلية هندسة تكنولوجيا المعلومات والاتصالات، جامعة طرطوس.

مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية_ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (3) العدد (٦) 2019
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies- Engineering Sciences Series Vol. (3) No. (6) 2019

Automate scientific applications using fuzzy logic

* Ammar A Hasan

(Received 18 / 8 / 2019 . Accepted 8 / 10 / 2019)

Abstract

This paper describes the design and programming of computer program aims to simulate fuzzy logic applications using Arabic graphical user interface, allowing researchers and universities students to simulate fuzzy logic systems and applications without the need for expensive software, This tool is efficient and easy to use.

We built this tool using the Python programming language. We designed the GUI using the PyQT5 library, We created the charts using the Matplotlib library, We used the Mamdani fuzzy inference system and the Weighted Average method in Defuzzification, The program gives good results compared to paid software such as the Matlab Fuzzy Logic Toolbox.

Key Words: Fuzzy Logic, Computer Program, Python Programming Language, Mamadani, Fuzzy Inference, Matplotlib Library, Graphical Interfaces, PyQT5 Library.

*Technical member in information technology Department in faculty of information and communication technology engineering in Tartous university

مقدمة:

المنطق الضبابي فرعٌ أساسيّ من فروع الذكاء الصنعي ظهر عام ١٩٦٥ على يد العالم الأذربيجاني لطفي زاده Lotfi Zadeh في جامعة كاليفورنيا California University في بركليBerkeley [١٠، ١١]، فهو أداة رياضية للتعامل مع عدم اليقين وعدم الدقة والحوسبة المعتمدة على الكلمات اللغوية، حيث يوفر آلية مناسبة لتمثيل التعابير اللغوية مثل: "كثير"، "منخفض"، "متوسط"، "حار"، "سريع" و"قليل" ونقلها إلى الحواسيب لاستخدامها في عمليات التحكم بالمنظومات الصناعية الحقيقية [١١]. لاقت تطبيقات المنطق الضبابي انتشاراً واسعاً بعد دخوله مجال التحكم في عام ١٩٧٤ على يد الدكتور إبراهيم مامداني Ebrahim Mamdani وذلك في تصميم مولد بخاري في إعدادات المخبر، ومنذ ذلك الوقت وإلى الآن ومجالات تطبيقات المنطق الضبابي في اتساع متزايد لكفاءته في معالجة المشكلات اللغوية المعقدة التي يصعب إيجاد النموذج الرياضي الدقيق الواصف لها [١٠]، ويدخل المنطق الضبابي في تصميم الكثير من التطبيقات الحديثة المهمة مثل: نظام مراقبة ارتفاع الطائرة واستقرارها الطولي، والتحكم في سرعة محركات الديزل البحرية، والسيارات ذاتية القيادة [٨، ١١].

إنَّ المنطق الضبابي منظومة منطقية تقوم على تعميم أوسع للمنطق التقليدي الكلاسيكي الرقمي ثنائي القيم الذي يعتمد على القيم ٠ أو ١ فقط، فالمنطق الضبابي يعمل على الاستدلال في ظروف غير مؤكدة (غامضة) عن طريق استخدام مدخلات بين (٠ و١)، حيث لُوحظ أن الصح والخطأ لا تكفي لتمثيل كافة الأشكال المنطقية، فالمنطق الكلاسيكي يعتمد على القيمتين ٠ أو ١ فقط، وهذا ما تعتمد عليه مجموعة من العلاقات في حين توجد علاقات أخرى يمكن اعتبارها صحيحة جزئياً و خاطئة جزئياً في الوقت نفسه، على سبيل المثال، كثير، طويل القامة، شاب، يافع، ساخن، بارد، إلخ. هي صحيحة فقط إلى حد ما وهي خاطئة إلى حد ما كذلك هذه المفاهيم (الحقائق) يمكن أن تسمى مفاهيم غامضة أو رمادية (ضبابية) –يعمل الدماغ البشري معها، في حين أنَّ أجهزة الحاسب لا تفعل ذلك– لذلك فإن الحواسيب الضبابية تكون أقرب إلى بنية العقل البشري من الحواسيب التقليدية [٨].

هدف البحث:

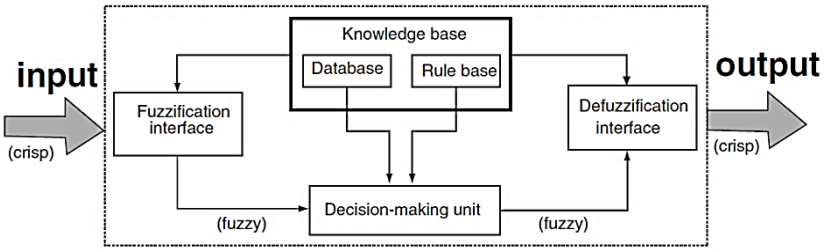
يهدف البحث إلى تصميم وبرمجة برنامج حاسوبي لمحاكاة تطبيقات المنطق الضبابي حاسوبياً بواجهات رسومية عربية، حيث يسمح للباحثين والطلاب الجامعيين بمحاكاة نظم وتطبيقات المنطق الضبابي دون الحاجة إلى برمجيات مدفوعة باهظة الثمن، تتميز هذه الأداة المصممة بالكفاءة وسهولة الاستخدام.

١– أتمتة التصميم:

١–١– البرنامج:

قُمنا بتصميم هذا البرنامج بلغة البرمجة بايثون Python وهي لغة برمجة عالية المستوى تستخدم على نطاق واسع في مجال البحث العلمي وتعليم الآلة، صُمِّمت عام ١٩٩١ بواسطة Guido van Rossum، وطُوِّرت بشكل

أساسي لتكون لغة برمجة سهلة القراءة والاستخدام، تسمح للمبرمجين ببناء البرمجيات بأقل جهد ممكن وأقل عدد من السطور البرمجية، كما تسمح بدمج الأنظمة المختلفة بكفاءة [٢، ٤]،وبنينا الواجهات الرسومية باستخدام مكتبة PyQT5 وهي واحدة من أفضل أدوات بناء الواجهات البرمجية (GUI) المتوفرة حالياً، حيث تتميز بالاستقرار وجودة الأداء، وتوفر عدداً كبيراً من عناصر واجهة المستخدم المطلوبة لبناء واجهات برمجية أنيقة سهلة الاستخدام، فهي تدخل في تصميم برنامج خرائط Google وتطبيقات Android وIOs وتعمل على أنظمة Windows, MasOS, Linux, Unix [٦، ١٢]. يعمل البرنامج المصمم على محاكاة المنطق الضبابي من النمط الأول بطريقة مامداني للاستدلال الضبابي، حيث يسير العمل وفق المخطط الظاهر بالشكل (١) [١١]، والذي يوضح المراحل التي يمر بها الاستدلال الضبابي حيث يبدأ بإدخال القيم العددية الواضحة ليتم تحويلها إلى قيم ضبابية (Fuzzification) ثم تطبق القواعد الضبابية التي تمت إضافتها إلى النظام لصنع القرار (Make Decision) بالاعتماد عليها، وبعد الانتهاء من مرحلة صنع القرار يتم فك التضبيب (Defuzzification) للحصول على القيم العددية النهائية من القيم الضبابية [٨، ١١].



الشكل (١): نظام الاستدلال الضبابي [١١]

الشكل (٢): الواجهة الأساسية للبرنامج

١-٢- الواجهات:

١-٢-١- **واجهة البرنامج الأساسية:** عند تشغيل البرنامج تظهر واجهة إضافة (دخل/خرج) جديد إلى البرنامج بشكل افتراضي وهي موضحة بالشكل (٢).

١-٢-٢- أزرار التحكم الأساسية في البرنامج:

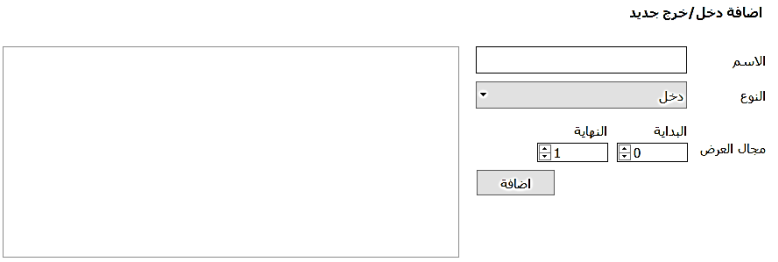
يظهر الشكل (٣) أزرار التحكم الأساسية للبرنامج وتضم:

- إضافة وتعديل وحذف دخل أو خرج.
- إضافة وتعديل وحذف توابع العضوية (MF Membership Function).
- إضافة قواعد النظام الضبابي.
- اختبار النظام.

الشكل (٣): أزرار التحكم الأساسية في البرنامج

١-٢-٣- إضافة دخل/خرج:

يظهر الشكل (٤) نافذة إضافة دخل أو خرج جديد للبرنامج، حيث يقبل البارامترات الآتية: اسم الدخل أو الخرج ونوعه ويأخذ قيمتين هما دخل أو خرج، والمجال الضبابي من نقطة البداية إلى نقطة النهاية وزر الإضافة.

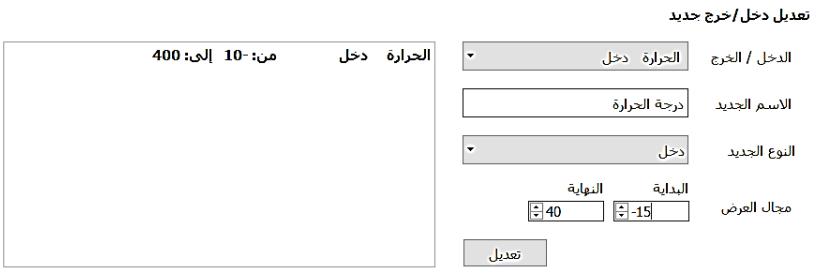


الشكل (٤): واجهة إضافة دخل أو خرج جديد للبرنامج

١-٢-٤- تعديل دخل/خرج:

يُظهر الشكل (٥) نافذة تعديل دخل/خرج، حيث يتم اختيار الدخل/الخرج المراد تعديله من قائمة الاختيارات التي تضم جميع المداخل والمخارج التي تمت إضافتها سابقاً إلى البرنامج، ويتم وضع الاسم الجديد في الحقل المعنون بـ (الاسم الجديد) وتحديد النوع الجديد من قائمة الاختيارات التي تحوي قيمتين هما دخل و خرج، وتحديد القيم الجديدة

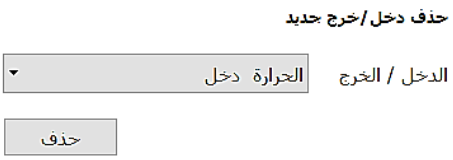
للمجال الضبابي من الحقول العددية المخصصة لذلك، وعند الضغط على زر التعديل يتم حفظ هذه التعديلات وتظهر القيم المحدثة في منطقة العرض الواقعة بجوار منطقة التعديل.



الشكل (٥): واجهة تعديل دخل/ خرج

١-٢-٥- حذف دخل/خرج:

يُظهر الشكل (٦) واجهة حذف دخل/خرج، حيث يتم اختيار الدخل/الخرج من قائمة الاختيارات التي تضم جميع المداخل والمخارج التي تمت إضافتها للبرنامج، وعند الضغط على زر حذف يتم حذف المدخل/المخرج المحدد بشكل نهائي.



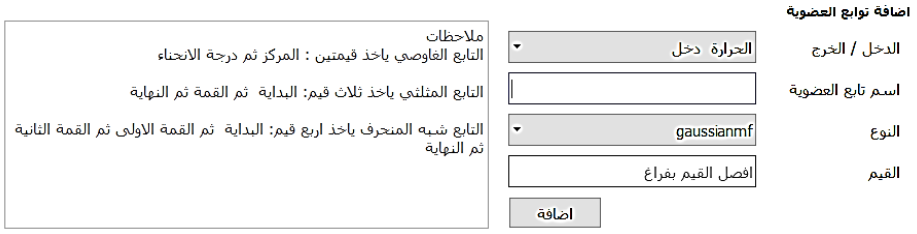
الشكل (٦): واجهة حذف دخل/خرج

١-٢-٦- إضافة توابع عضوية:

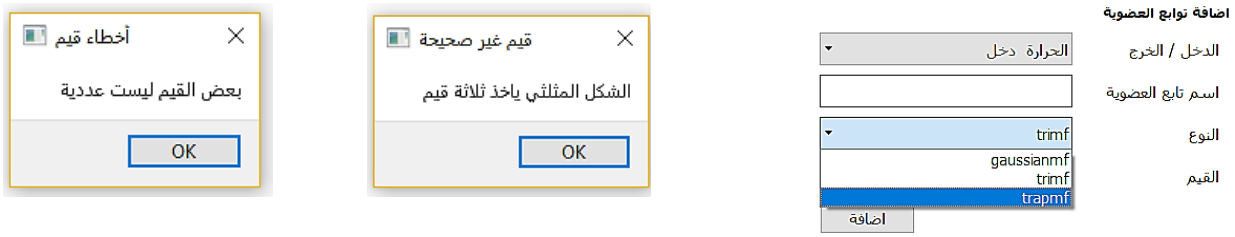
يُظهر الشكل (٧) نافذة إضافة تابع عضوية جديد للنظام الضبابي، حيث يتم أولاً اختيار الدخل/الخرج المطلوب إضافة تابع العضوية إليه، يوضع اسم تابع العضوية في الحقل المعنون بـ (اسم تابع العضوية)، ويحدد نوع تابع العضوية من قائمة الاختيارات المعنونة بكلمة (النوع) الظاهرة في الشكل (٨)، حيث يوفر البرنامج ثلاثة أنواع من توابع العضوية، هي:

- التابع الغاوسي Gaussian mf: والذي يرسم ويحسب في البرنامج بالاعتماد على المعادلة (1)[٣، ١٣، ١٤]
- الشكل المثلثي tri mf: والذي يرسم ويحسب في البرنامج بالاعتماد على المعادلة (2) [٣، ١٣، ١٤]
- الشكل الرباعي trap mf: والذي يرسم ويحسب في البرنامج بالاعتماد على المعادلة (3) [٣، ١٣، ١٤].

تحدد القيم الخاصة بكل تابع عضوية في حقل القيم، حيث يقبل التابع الغاوسي قيمتين هما: المركز ودرجة الانحراف المعياري، ويقبل التابع المثلثي ثلاث قيم x1,x2,x3 تحقق ما يلي: نقطة البداية (x1,0) والقمة (x2,1) ونقطة النهاية (x3,0)، ويقبل الشكل الرباعي أربع قيم x1,x2,x3,x4: هي نقطة البداية (x1,0) والقمة الأولى (x2,1) والقمة الثانية (x3,1) ونقطة النهاية (x4,0). يُعطي البرنامج رسائل خطأ في حال ادخال عدد من القيم غير مناسبة لتابع العضوية المختار كما في الشكل (٩)، ويعطي رسائل خطأ في حال استخدام قيم غير عددية في حقل القيم الخاصة بتابع العضوية كما في الشكل (١٠).



الشكل (٧): واجهة إضافة تابع عضوية جديد



الشكل (٨): أنواع توابع العضوية المتوفرة في البرنامج

الشكل (٩): رسالة خطأ – قيمة غير مناسبة لتابع العضوية

الشكل (١٠): رسالة خطأ – استخدام قيم غير عددية

بعد إضافة توابع العضوية إلى المداخل والمخارج يتم عرضها في الجدول الموضح بالشكل (١١)، حيث يعرض الجدول اسم الدخل/ الخرج ونوعه واسم تابع العضوية ونوعه وقيمهُ المدخلة.

مركز الشكل الغاوسي و m حيث تمثل [٣,13,14] (1)

$$\mu(x) = e^{-0.5\frac{(x-m)^2}{\sigma^2}}$$

الانحراف المعياري σ

$$\mu(x) = \begin{cases} \dfrac{x-a}{m-a} & a < x < m \\ \dfrac{b-x}{b-m} & m < x < b \\ 0 & others \end{cases}$$

(3) [٣,13,14]

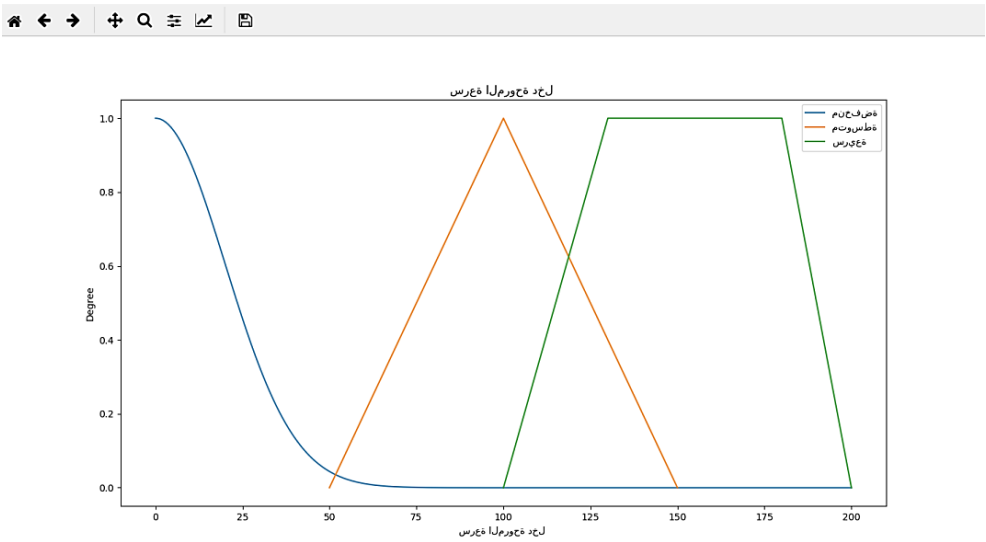
$$\mu(x) = \begin{cases} \dfrac{x-a}{b-a} & a < x < b \\ \dfrac{d-x}{d-c} & c < x < d \\ 1 & b < x < c \\ 0 & others \end{cases}$$

(4) [٣,13,14]

	الاسم	النوع دخل / خرج	اسم تابع العضوية	النوع	القيمة 1	القيمة 2	القيمة 3	القيمة 4	9
1	الحرارة	Input	منخفضة	gaussianmf	0.0	9.0			
2	الحرارة	Input	متوسطة	trimf	20.0	40.0	60.0		
3									
4									

الشكل (١١): جدول عرض توابع العضوية المضافة إلى البرنامج

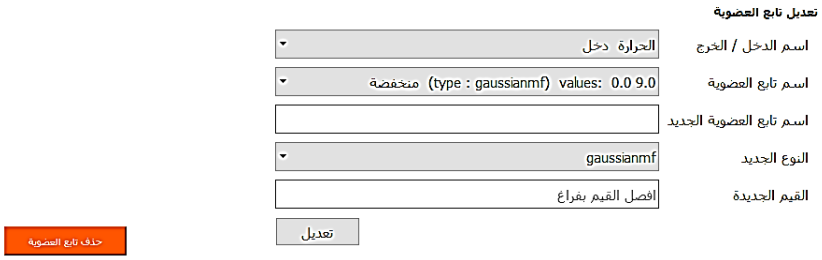
لرسم توابع العضوية نستخدم مكتبة Matplotlib وهي مكتبة رسم المخططات والرسوم البيانية ثنائية الأبعاد في بايثون، مستخدمة بشكل واسع في رسم نتائج تحليل البيانات [٥]، يظهر الشكل (١٢) دمج عدة أشكال من توابع العضوية معاً في دخل ضبابي واحد مرسوم باستخدام مكتبة matplotlib.



الشكل (١٢): دمج عدة أشكال من توابع العضوية معاً في دخل ضبابي واحد مرسوم باستخدام مكتبة matplotlib

١-٢-٧- تعديل تابع عضوية وحذفه:

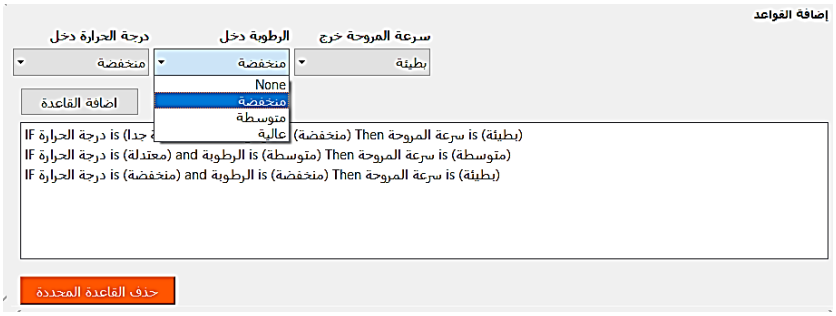
يظهر الشكل (١٣) نافذة تعديل تابع عضوية وحذفه، حيث يتم أولاً اختيار المدخل/المخرج من قائمة الاختيارات التي تضم جميع المداخل والمخارج المضافة إلى البرنامج، وبناءً على ذلك الاختيار يتم تحديث قائمة الاختيارات الخاصة بتابع العضوية ليُعرض ضمنها توابع العضوية الخاصة بالمدخل أو المخرج المختار، يوضع اسم تابع العضوية الجديد في الحقل المعنون (باسم تابع العضوية الجديد) ويحدد نوعه الجديد من قائمة اختيار النوع الجديد وتوضع القيم المناسبة الجديدة لتابع العضوية في الحقل المعنون بـ (القيم الجديدة)، وعند الضغط على زر تعديل يتم تعديل القيم القديمة بالقيم الجديدة. ولحذف تابع العضوية يتم تحديد الدخل/الخرج من قائمة الاختيارات المعنونة بـ (اسم الدخل/الخرج) ويحدد تابع العضوية المطلوب حذفه من قائمة الاختيارات الخاصة بتابع العضوية، ثم يتم الضغط على زر حذف تابع العضوية الظاهر باللون الأحمر في الشكل (١٣).



الشكل (١٣): واجهة تعديل تابع عضوية وحذفه

١-٢-٨- إضافة القواعد:

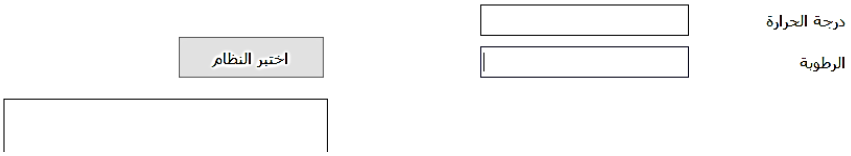
بعد إضافة مداخل ومخارج النظام وتوابع العضوية الخاصة بكل منها، يتم إضافة القواعد من خلال النافذة الظاهرة بالشكل (١٤) والتي تعطي اسم الدخل/ الخرج مع قائمة خيارات تضم أسماء توابع العضوية الخاصة بهذا الدخل أو الخرج، وبعد اختيار القيم المناسبة من كل قائمة، نضغط على زر إضافة ليتم إضافة القاعدة للجدول الموجود أسفل منها، ولحذف قاعدة يتم اختيار سطرها بالضغط عليه في الجدول ثم ضغط زر (حذف القاعدة المحددة) الظاهر باللون الأحمر.



الشكل (١٤): واجهة إضافة القواعد الضبابية

١-٢-٩- اختبار النظام:

بعد الانتهاء من ادخال القواعد ننتقل لاختبار النظام وذلك بإعطاء قيم للمداخل ودراسة استجابة النظام في الخرج، ويتم تحديد قيم المداخل من خلال الواجهة البرمجية الظاهرة بالشكل (١٥).



الشكل (١٥) واجهة ادخال قيم المداخل لاختبار النظام وعرض النتائج

١-٢-١٠- فك التضبيب:

يتم فك التضبيب في النظام باستخدام طريقة Weighted average والتي تعطى بالعلاقة الرياضية الآتية:

$$z^* = \frac{\sum \mu_{\tilde{c}}(\bar{z})\bar{z}}{\sum \mu_{\tilde{c}}(\bar{z})} \qquad (4)\ [١٠، ١١]$$

النتائج والمناقشة:

١-٣- التطبيق العملي الأول:

نقدم مثالاً عملياً لاختبار أداء البرنامج المصمم، حيث نجري محاكاة للنظام الضبابي الآتي على هذا البرنامج [١، ٩]: لدينا غرفة مغلقة يتم التحكم بتهويتها من خلال مروحة، تُحدد سرعة دورانها اعتماداً على درجة الحرارة والرطوبة في الغرفة، بالتالي تكون بارامترات النظام موصوفة بالجدول (١)، و يتضمن النظام المقترح ٢٥ قاعدة ضبابية موضحة في الجدول (٢):

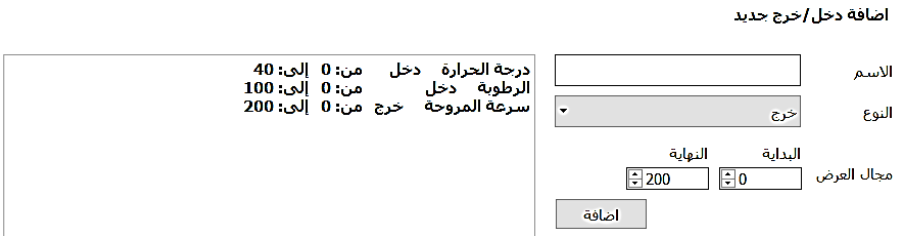
الجدول (١): جدول بارامترات النظام الضبابي للتحكم بتهوية غرفة

درجة الحرارة (دخل): من ٠ إلى ٤٠ درجة مئوية	**تابع العضوية**	منخفضة جداً	منخفضة	معتدلة	حارة	حارة جداً
	المركز، الانحراف المعياري	٠ ، ٥	١٠، ٥	٢٠، ٥	٣٠، ٥	٤٠، ٥
الرطوبة (دخل): من ٠% إلى ١٠٠%	**تابع العضوية**	منخفضة جداً	منخفضة	متوسطة	عالية	عالية جداً
	المركز، الانحراف المعياري	٠، ١٠	٢٥، ١٠	٥٠، ١٠	٧٥، ١٠	١٠٠، ١٠
سرعة المروحة (خرج): من ٠ إلى ٢٠٠ دورة في الدقيقة	**تابع العضوية**	بطيئة جداً	بطيئة	متوسطة	سريعة	سريعة جداً
	المركز، الانحراف المعياري	٠، ١٥	٥٠، ١٥	١٠٠، ١٥	١٥٠، ١٥	٢٠٠، ١٥

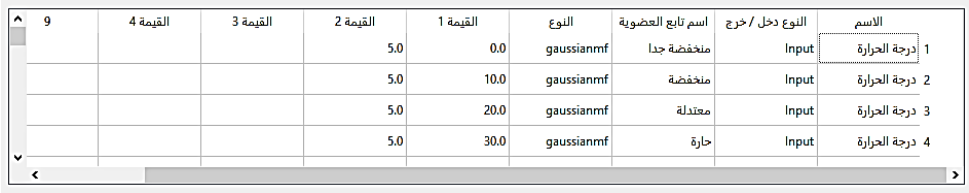
الجدول (٢): القواعد الضبابية لنظام التحكم بتهوية غرفة

		الرطوبة				
		منخفضة جداً	منخفضة	متوسطة	عالية	عالية جداً
درجة الحرارة	منخفضة جداً	بطيئة جدا	بطيئة جدا	بطيئة جدا	بطيئة جدا	بطيئة
	منخفضة	بطيئة جدا	بطيئة جدا	بطيئة جدا	بطيئة جدا	بطيئة
	معتدلة	بطيئة	بطيئة	متوسطة	متوسطة	سريعة
	حارة	متوسطة	متوسطة	متوسطة	سريعة	سريعة جداً
	حارة جداً	متوسطة	سريعة	سريعة	سريعة جداً	سريعة جداً

يظهر الشكل (١٦) إضافة المداخل والمخارج إلى البرنامج، والشكل (١٧) إضافة توابع العضوية لكل مدخل ومخرج، والشكل (١٨) يبين إضافة القواعد الضبابية.

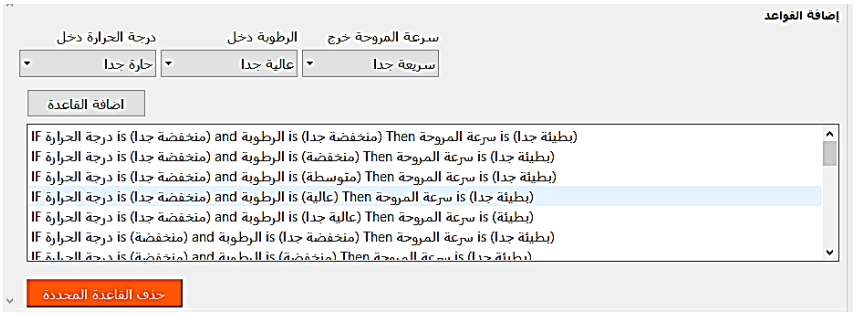


الشكل (١٦): إضافة المداخل والمخارج



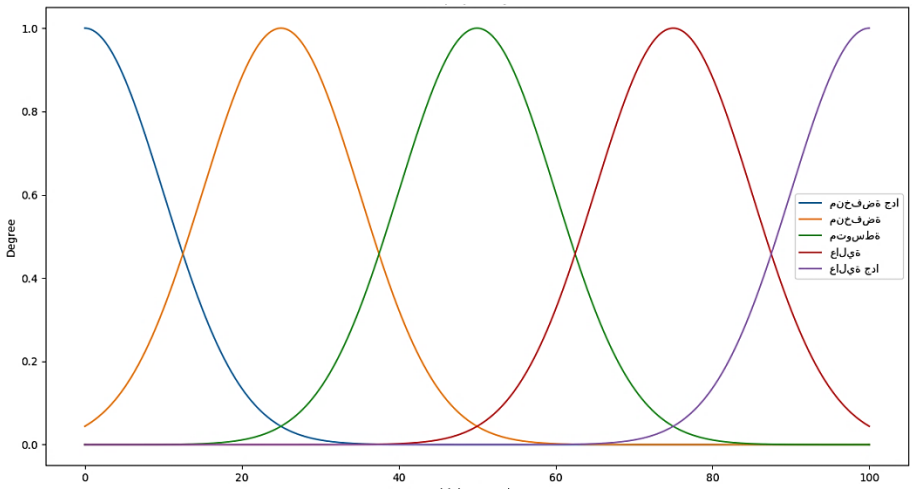
	الاسم	النوع دخل / خرج	اسم تابع العضوية	النوع	القيمة 1	القيمة 2	القيمة 3	القيمة 4	9
1	درجة الحرارة	Input	منخفضة جدا	gaussianmf	0.0	5.0			
2	درجة الحرارة	Input	منخفضة	gaussianmf	10.0	5.0			
3	درجة الحرارة	Input	معتدلة	gaussianmf	20.0	5.0			
4	درجة الحرارة	Input	حارة	gaussianmf	30.0	5.0			

الشكل (١٧): إضافة توابع العضوية

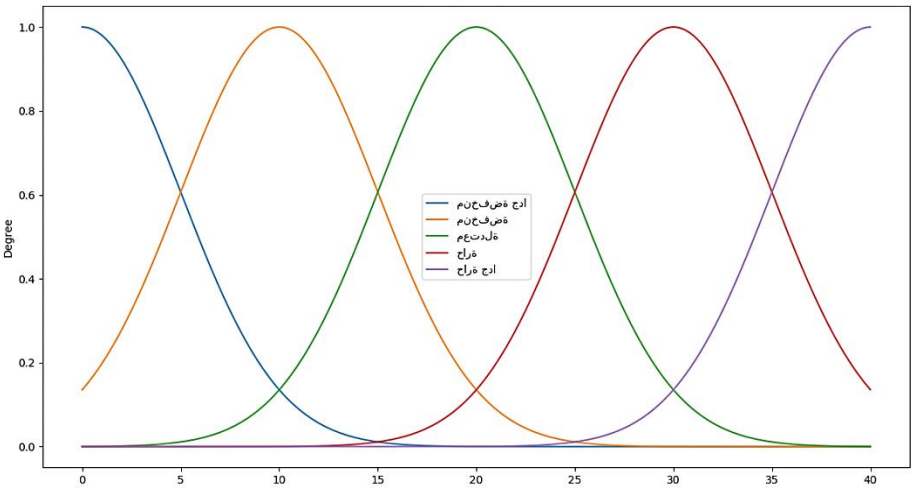


الشكل (١٨): إضافة القواعد الضبابية لنظام تهوية الغرفة إلى البرنامج

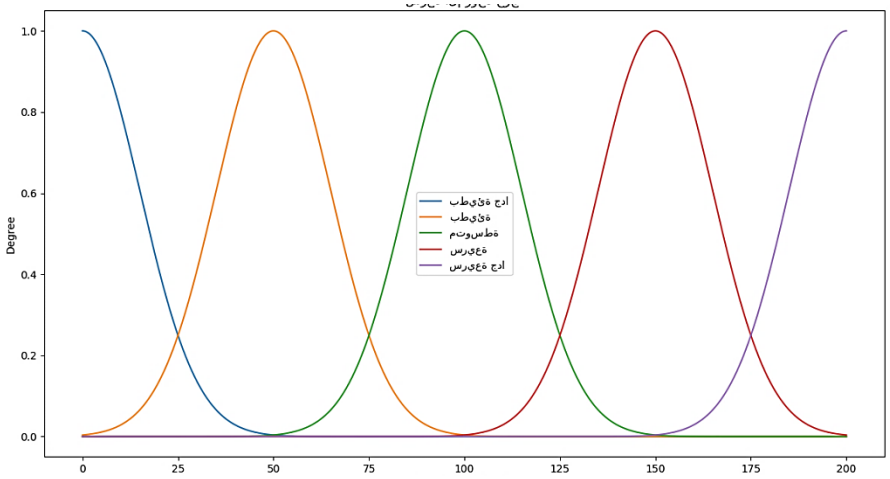
تُظهر الأشكال (١٩ و ٢٠ و ٢١) الشكل الضبابي لدرجة الحرارة والرطوبة وسرعة المروحة على الترتيب.



الشكل (١٩): الشكل الضبابي للدخل الأول (درجة الحرارة)

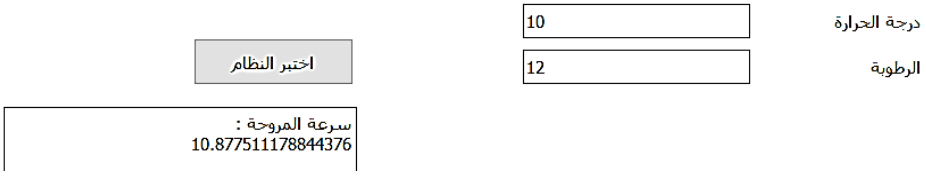


الشكل (٢٠): الشكل الضبابي للدخل الثاني (الرطوبة)

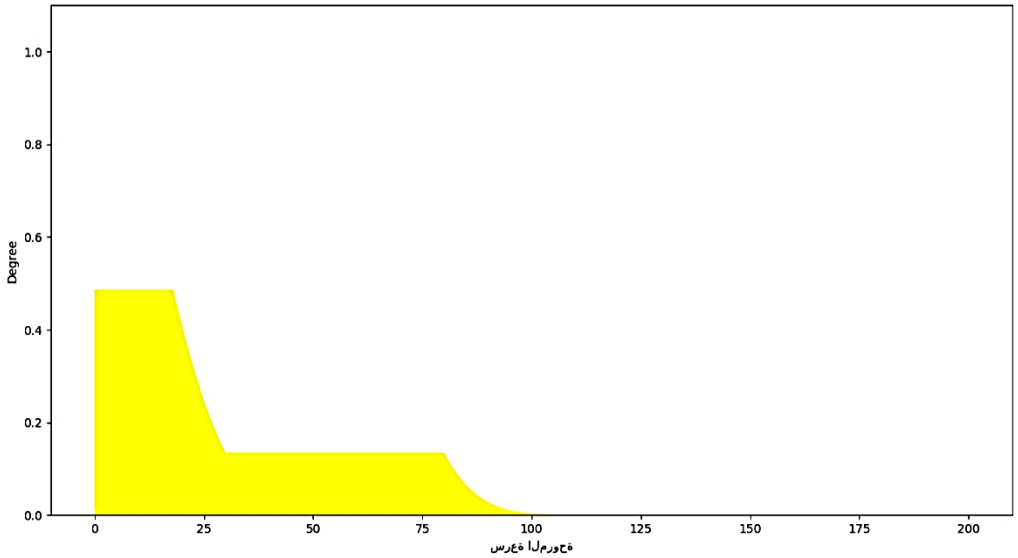


الشكل (٢١): الشكل الضبابي للخرج (سرعة المروحة)

يُظهر الشكل (٢٢) اختبار النظام عند القيم ١٠ درجة مئوية لدرجة الحرارة و ١٢% للرطوبة وهي قيم منخفضة، وتكون سرعة المروحة في هذه الحالة 10.8775 دورة في الدقيقة وهي سرعة بطيئة، ويظهر الشكل الضبابي للخرج النهائي في الشكل (٢٣)، ويُوضح الشكل (٢٤) اختبار النظام عند القيم ٣٤ درجة مئوية لدرجة الحرارة و ٥٧% للرطوبة وتكون سرعة المروحة في هذه الحالة ١٣١,٢٧٨٣ دورة في الدقيقة، ويظهر الشكل الضبابي للخرج النهائي في الشكل (٢٥)، يوضح الشكل (٢٦) اختبار النظام عند القيم ٣٦ درجة مئوية لدرجة الحرارة و ٩٣% للرطوبة وهي قيم مرتفعة وتكون سرعة المروحة في هذه الحالة ١٨٩,٢٩١٧ دورة في الدقيقة وهي سرعة سريعة، ويظهر الشكل الضبابي للخرج النهائي في الشكل (٢٧). من خلال النتائج نلاحظ أن النظام يعطي نتائج صحيحة وجيدة في كل حالة من حالات الدخل المقدمة للبرنامج، وهي النتائج المتوقعة من النظام الضبابي، بالتالي يعمل البرنامج بشكل صحيح وبكفاءة جيدة، ولتأكيد العمل نقدم مثالاً اختبارياً آخر.

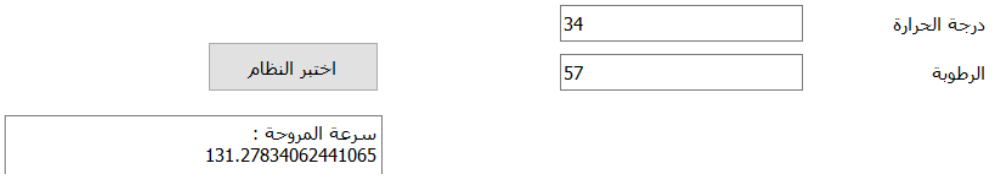


الشكل (٢٢): اختبار النظام عند القيم ١٠ درجة مئوية للحرارة و١٢% للرطوبة

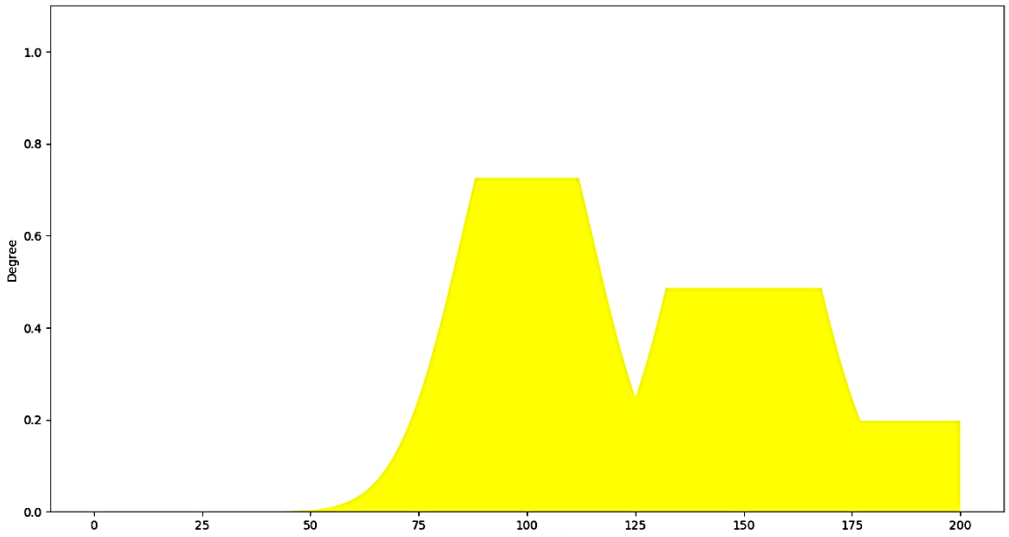


الشكل (٢٣): نتائج اختبار النظام عند القيم ١٠ درجة مئوية للحرارة و ١٢% للرطوبة

يُظهر الشكل (٢٣) نتائج اختبار البرنامج عند القيم ١٠ لدرجة الحرارة و ١٢% للرطوبة وهي قيم منخفضة، ونلاحظ أنّ القيم الضبابية لسرعة المروحة تتمركز في القسم الأيسر من الشكل الضبابي الناتج وهي قيم بطيئة لسرعة المروحة وتتراوح بين ٠ و ١٠٠ دورة ومركزها عند ١٠,٨٧٧٥ وهي النتائج المتوقعة من النظام.

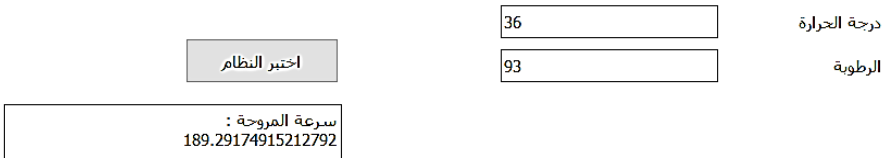


الشكل (٢٤):اختبار النظام عند القيم ٣٤ درجة مئوية للحرارة ٥٧% للرطوبة

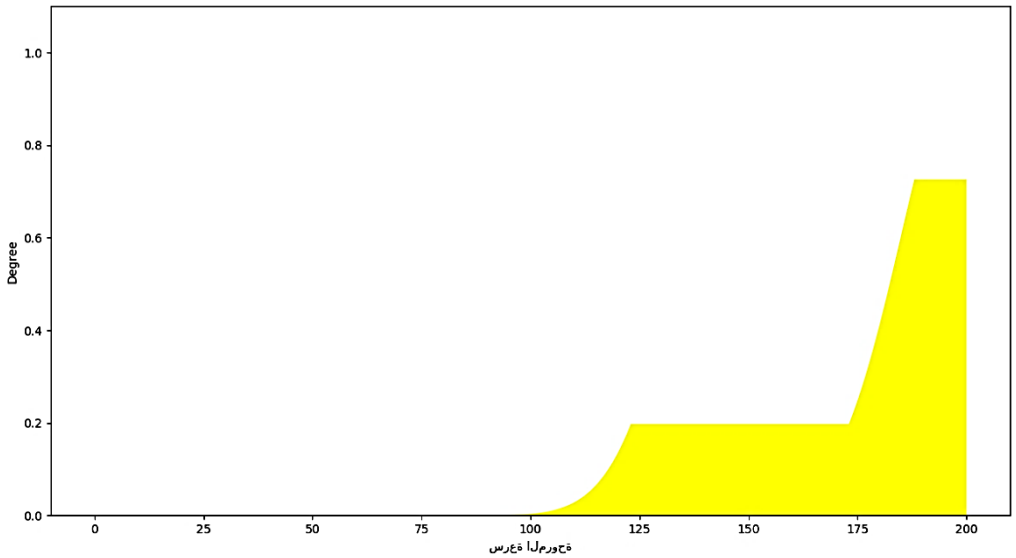


الشكل (٢٥): نتائج اختبار النظام عند القيم ٣٤ درجة مئوية للحرارة و ٥٧% للرطوبة

يُظهر الشكل (٢٥) نتائج اختبار البرنامج عند القيم ٣٤ لدرجة الحرارة و ٥٧% للرطوبة وهي قيم متوسطة، ونلاحظ أنّ القيم الضبابية لسرعة المروحة تتمركز في القسم الأوسط من الشكل الضبابي الناتج وهي قيم متوسطة لسرعة المروحة وتتراوح بين ٥٠ و ٢٠٠ دورة ومركزها عند ١٣١,٢٧٨٣ وهي النتائج المتوقعة من النظام.



الشكل (٢٦): اختبار النظام عند القيم ٣٦ درجة مئوية للحرارة ٩٣% للرطوبة



الشكل (٢٧): نتائج اختبار النظام عند القيم ٣٦ درجة مئوية للحرارة و ٩٣% للرطوبة

يُظهر الشكل (٢٧) نتائج اختبار البرنامج عند القيم ٣٦ لدرجة الحرارة و ٩٣% للرطوبة وهي قيم عالية، ونلاحظ أنّ القيم الضبابية لسرعة المروحة تتمركز في القسم الأيمن من الشكل الضبابي الناتج وهي قيم سريعة لسرعة المروحة وتتراوح بين ١٠٠ و ٢٠٠ دورة ومركزها عند ١٨٩,٢٩١٧ وهي النتائج المتوقعة من النظام.

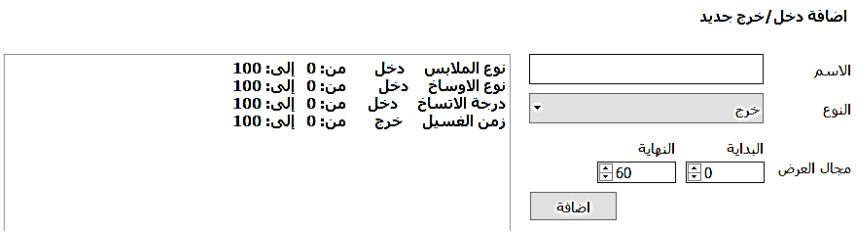
١-٤- التطبيق العملي الثاني:

نقوم بتطبيق المثال الوارد في المرجع [٧] والذي تمت دراسته على برنامج ماتلاب Matlab على البرنامج الذي قمنا بتصميمه: يقدم المثال نظام ضبابي لغسالة عاملة بالمنطق الضبابي بثلاثة مداخل هي (نوع الملابس، نوع الأوساخ، درجة اتساخ الملابس) وخرج وحيد هو (زمن الغسيل) وتعطى بارامترات النظام المقدمة في المرجع [٧] في الجدول (٣) (جميع توابع العضوية بالشكل المثلثي):

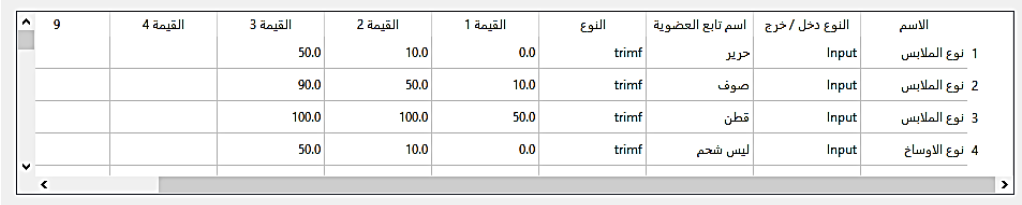
الجدول (٣): جدول بارامترات النظام الضبابي للتحكم بغسالة ضبابية

	نوع الملابس (دخل): من ٠ إلى ١٠٠			**نوع الاوساخ (دخل):** من ٠ إلى ١٠٠			**درجة اتساخ الملابس (دخل):** ٠ إلى ١٠٠		
تابع العضوية	حرير	صوف	قطن	ليس شحم	متوسط	شحم	قليلة	متوسطة	عالية
التابع المثلثي	٠، ١٠، ٥٠	١٠ ، ٥٠ ، ٩٠	٥٠، ١٠٠، ١٠٠	٠ ،١٠، ٥٠	١٠ ، ٥٠ ، ٩٠	٥٠، ٩٠ ، ١٠٠	٠ ،١٠، ٥٠	١٠ ، ٥٠ ، ٩٠	٥٠، ٩٠، ١٠٠
	زمن الغسيل (خرج): من ٠ إلى ٦٠ دقيقة								
تابع العضوية	قصير جدا	قصير	متوسط	طويل	طويل جدا				
التابع المثلثي	٠، ٠، ١٠	٠، ١٤، ٢٠	١٠، ٢٨، ٤٠	٢٠، ٣٧، ٦٠	٤٠، ٥٧، ٦٠				

نعتمد على جدول القواعد المقدم في [٧] والذي يتضمن ٢٧ قاعدة ضبابية (جدول القواعد في المرجع). يظهر الشكل (٢٨) إضافة المداخل والمخارج إلى البرنامج، ويُظهر الشكل (٢٩) إضافة توابع العضوية للبرنامج، ويعرض الشكل (٣٠) إضافة القواعد الضبابية لنظام الغسالة الضبابية، تُظهر الأشكال (٣١، ٣٢، ٣٣، ٣٤) الشكل الضبابي لنوع الملابس ونوع الأوساخ ودرجة الاتساخ وزمن الغسيل بالترتيب:

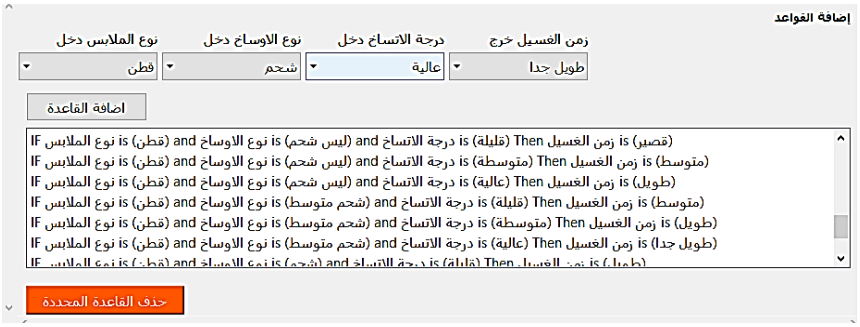


الشكل (٢٨): إضافة المداخل والمخارج إلى نظام الغسالة الضبابية

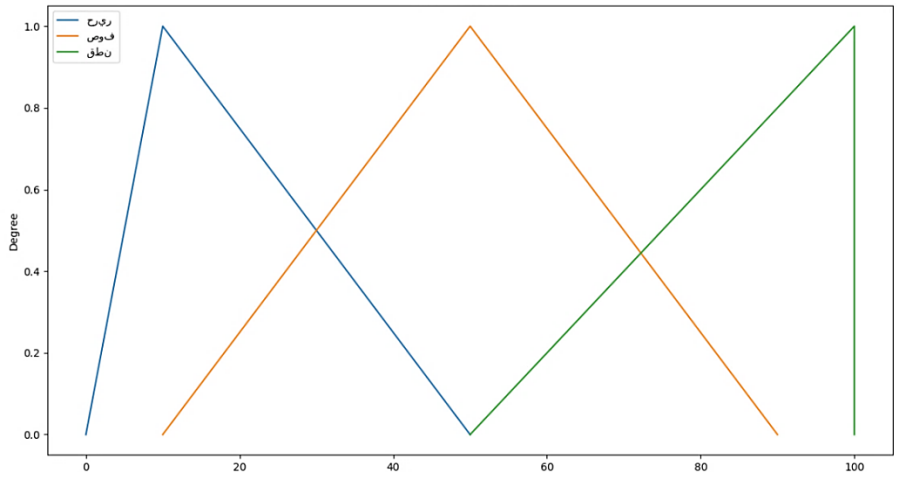


	الاسم	النوع دخل / خرج	اسم تابع العضوية	النوع	القيمة 1	القيمة 2	القيمة 3	القيمة 4	9
1	نوع الملابس	Input	حرير	trimf	0.0	10.0	50.0		
2	نوع الملابس	Input	صوف	trimf	10.0	50.0	90.0		
3	نوع الملابس	Input	قطن	trimf	50.0	100.0	100.0		
4	نوع الاوساخ	Input	ليس شحم	trimf	0.0	10.0	50.0		

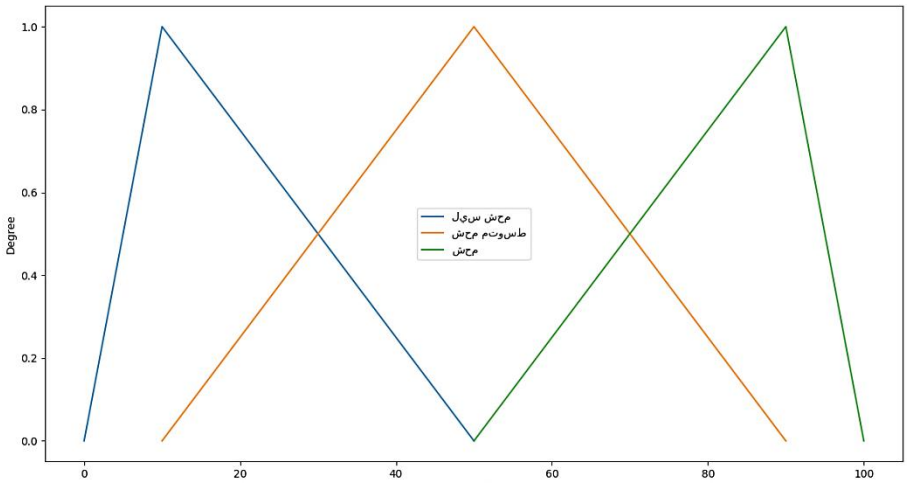
الشكل (٢٩): إضافة توابع العضوية لنظام الغسالة الضبابية



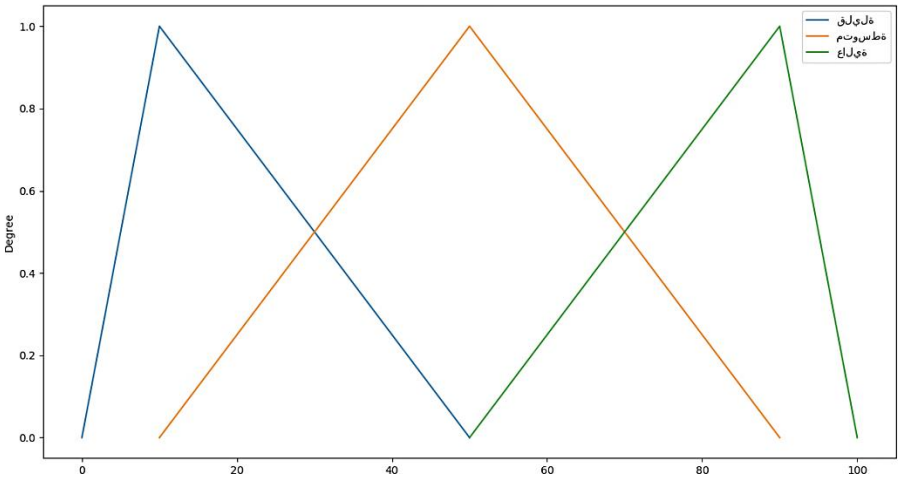
الشكل (٣٠): إضافة القواعد الضبابية لنظام الغسالة الضبابية



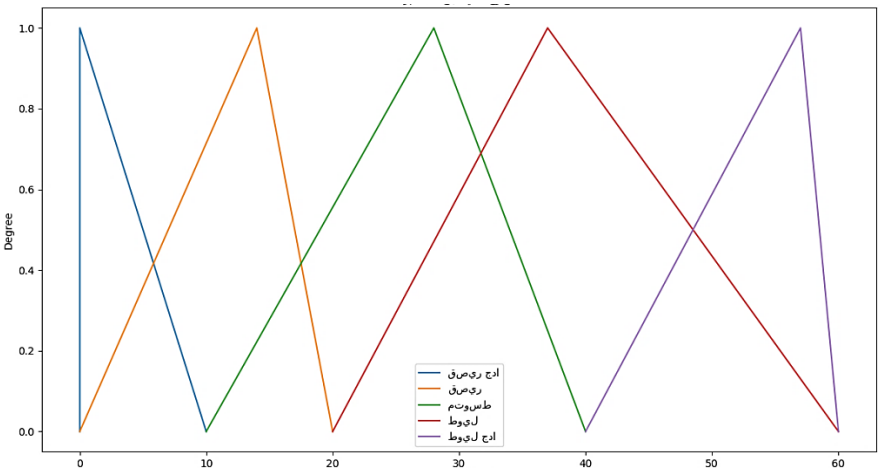
الشكل (٣١) الشكل الضبابي لنوع الملابس



الشكل (٣٢): الشكل الضبابي لنوع الأوساخ



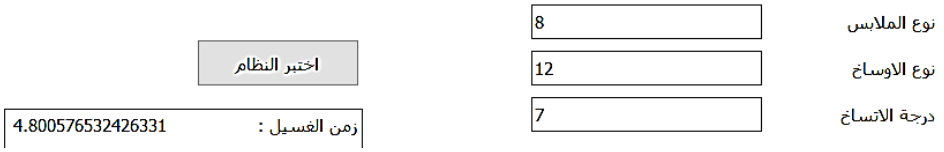
الشكل (٣٣): الشكل الضبابي لدرجة اتساخ الملابس



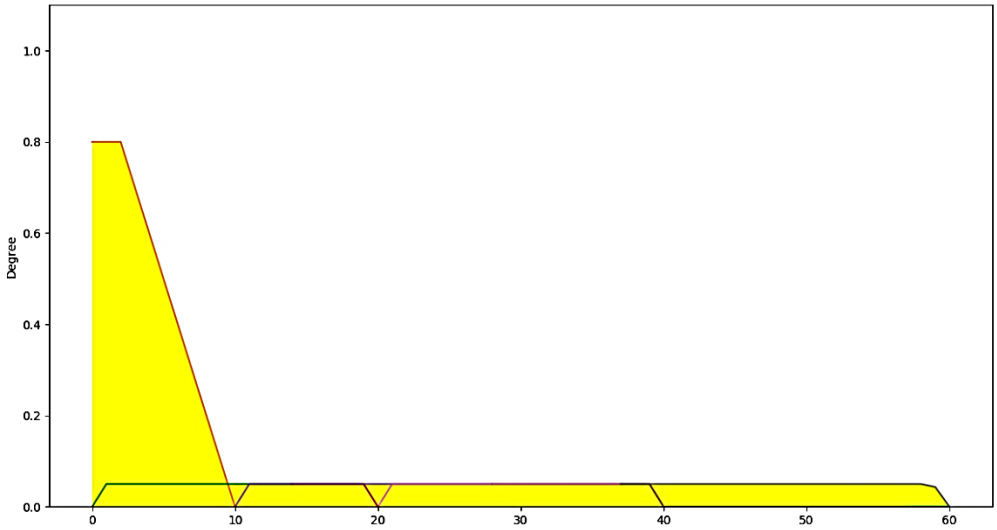
الشكل (٣٤): الشكل الضبابي لزمن الغسيل

اختبار النظام:

نقوم باختبار النظام عند القيم الآتية: نوع الملابس تساوي ٨ وهي في منطقة (الملابس الحريرية)، و ١٢ لدرجة الاتساخ وتمثل هذه القيمة حالة (ليس شحم)، و ٧ لكمية الأوساخ وهي كمية أوساخ (قليلة) وتكون نتيجة المحاكاة ٤,٨٠٠ لزمن الغسيل كما تظهر في الشكل (٣٥)، وتمثل زمناً قصيراً، وهي النتيجة المتوقعة من المحاكاة، يعرض الشكل (٣٦) الشكل الضبابي للنتائج النهائية.



الشكل (٣٥): ادخال القيم لاختبار النظام



الشكل (٣٦): الشكل الضبابي للنتائج النهائية

يُظهر الشكل (٣٦) الشكل الضبابي للنتائج النهائية لاختبار النظام الموجود في المثال الثاني عند القيم الآتية: نوع الملابس تساوي ٨ وهي في منطقة (الملابس الحريرية)، و ١٢ لدرجة الاتساخ وتمثل هذه القيمة حالة (ليس شحم)، و ٧ لكمية الأوساخ وهي كمية أوساخ (قليلة) وتكون نتيجة المحاكاة ٤,٨٠٠ لزمن الغسيل ونلاحظ أن الشكل الضبابي للخرج الناتج يتمركز في القسم الأيسر من المخطط الضبابي الظاهر في الشكل (٣٦) والتي تمثل قيماً منخفضة لزمن الغسيل، والناتج النهائي هو ٤,٨٠٠ دقيقة وهي قيمة منخفضة (قصيرة) لزمن الغسيل؛ وهي النتائج المتوقعة من النظام المصمم.

الاستنتاجات والتوصيات:

نستنتج من خلال اختبار النظام بالمثالين السابقين أنّ النظام يقدم نتائج جيدة ومرضية مقارنة ببرامج أخرى مدفوعة مثل برنامج الماتلاب، في حين أنّ هذا البرنامج مجاني سهل الاستخدام بواجهات عربية تسهل على الطلاب والباحثين العرب التعامل مع تطبيقات المنطق الضبابي بسهولة وكفاءة عالية.

نأمل بتعميم هذا البرنامج إلى المؤسسات التعليمية لتحقيق الاستفادة القصوى منه في مقررات الذكاء الصناعي.

المراجع:

[1] BONATO, J.; MRAK, Z.; BADURINA, M.; 2015, *Speed regulation in fan rotation using fuzzy inference system*.1st, Scientific Journal of Maritime Research, Croatia, 6.

[2] BRIGGS, J, R.; 2013, *Python for kids: A playful introduction to programming*. 1st, no starch press;. San Francisco, 348

[3] CELIKYILMAZ, A,; TURKSEN, I, B.; 2009, *Modeling uncertainty with fuzzy logic. Studies in fuzziness and soft computing*. 1st , springer, Berlin, 443

[4] DAWSON, M. 2010, *Python Programming for the Absolute Beginner* 1st . Nelson Education; US, 480

[5] Devert, A. 2014, *Matplotlib Plotting Cookbook*. 1st, Packt Publishing; BIRMINGHAM MUMBAI, UK, 222.

[6] HARWANI B, M. 2018, *Qt5 Python GUI Programming Cookbook: Building responsive and powerful cross-platform applications with PyQt*. 1st , ,Packt Publishing; UK, 450.

[7] HATAGAR, S; HALASE, S, V. 2015, *Three input–one output fuzzy logic control of washing machine*. 1st , Intern. J. of Scientific Research Engineering & Technology (IJSRET), India, 6.

[8] MENDEL, J; HAGRAS, H; TAN W, W. MELEK W, W. YING, 2014, H. *Introduction to type-2 fuzzy logic control: theory and applications*. 1st , John Wiley & Sons;.UK, 377.

[9] NANDESHWAR, V, J; PHADKE G,S; DAS, S. 2015, *Design of Room Cooler using Fuzzy Logic Control System*. 1st , International Journal of Computer Applications, India, 4.

[1 ROSS, T, J; 2010, *Fuzzy logic with engineering applications*: Wiley & Sons; New York, 607.

[1 SIVANANDAM, S,N; SUMATHI, S; DEEPA, S, N; 2007, *Introduction to fuzzy logic using MATLAB*.1st , Springer; Berlin, 445

[1 STEELE, A. 2016, *PyQt5 Tutorial Documentation*, 1st , US, 165.

[13 http://www.dma.fi.upm.es/recursos/aplicaciones/logica_borrosa/web/fuzzy_inferencia/funpert_en.htm

[1 http://researchhubs.com/post/engineering/fuzzy-system/fuzzy-membership-function.html