المنطق الضبابي

Fuzzy Logic

2-1 مقدمة عن المنطق الضبابي :

يقدم المنطق الضبابي fuzzy-logic الإطار العام لحل مشكلة تمثيل المعلومات التقريبية أو غير المحددة تماماً ويوفر الآلية اللازمة لاستخدام هذه المعلومات والمعارف.

في عام 1965 كان العالم الإيراني لطفي زاده Lotfi Zadeh أول من طرح فكرة المنطق الضبابي (أو المنطق الترجيحي أو المنطق العائم أو المنطق المشوش). ويركز المنطق العائم على الاستنتاج من خلال التعابير والألفاظ اللغوية غير المحددة مثل: طويل، قصير، شاب. تدعى مثل هذه التعابير بالمتغيرات اللغوية أو المتغيرات الضبابية. فمثلاً عندما يقال: الشاب طويل فإنه قد أعطي المتغير «الشاب» القيمة «طويل»، وهي قيمة غير محددة تماماً في المنطق الكلاسيكي في حين يمكن إعطاؤها معنى في المنطق الضبابي وبالإمكان في المنطق الضبابي استنتاج معلومات عن متغير لغوي من متغير لغوي آخر مثل قول: «إذا كانت الأرض زلقة خفِّف السرعة».

المعروف في المنطق الكلاسيكي أن المتغير يأخذ إحدى القيمتين {0، 1} أي {F, T} أي {False خطأ، True صح}، فإذا أُخِذت على سبيل المثال المجموعة الشاملة X وكانت A هي مجموعة جزئية من المجموعة X فإن أي عنصر من عناصر المجموعة الشاملة إما أن ينتمي إلى المجموعة الجزئية A أو لا ينتمي إلى هذه المجموعة. فإذا أخذت مجموعة أشخاص كمجموعة شاملة وأخذت مجموعة الأطفال الذين عمرهم $\geq$ 10 سنوات كمجموعة جزئية A من مجموعة الأشخاص، فإن الشخص إما أن ينتمي إلى مجموعة الأطفال A أو لا ينتمي، وبذلك يكون الشخص الذي عمره عشر سنوات ويوم واحد قد فقد طفولته فجأة.

يقدم المنطق الضبابي حلاً مناسباً لمثل هذه الحالات حيث يتم إسناد درجة للمتغير (عنصر المجموعة الشاملة) أي درجة انتماء من المجال الحقيقي [0,1] بدلاً من المجموعة {0، 1} يساعد على تحديد انتماء العنصر إلى المجموعة الجزئية، كأن يسند مثلاً للشخص الذي عمره 3 سنوات درجة انتماء لمجموعة الأطفال «0.8» والشخص في سن 10 سنوات درجة انتماء«0.4» وأما في سن 13 سنة درجة انتماء «0.1».

حقَّق المنطق الضبابي تطورات كبيرة في شتى مجالات التطبيقات ، وقد استخدمت مفاهيمه في بناء أول فرن لصناعة الإسمنت في الدانمارك عام 1975. وما لبث أن تبعتها منتجات عدة تراوح بين آلات الغسيل وآلات التصوير فمكيفات الهواء الصناعية، والمضخات وكان لها تطبيقات مثلى في بناء الأنظمة الخبيرة خاصة الطبية.

من اللافت أن هذا العلم ومنذ البداية استحوذ على اهتمام كبير من قبل الصينيين واليابانيين، وتم تجاهله من قبل الولايات المتحدة الأمريكية والدول الأوربية إلا أنه في أواخر الثمانينات من القرن العشرين حدثت تطورات كبيرة وظهرت أفكار عديدة في هذا الاختصاص، ما دعا الجميع للاهتمام به. وتتلاحق في الآونة الأخيرة المنتجات والابتكارات والأفكار الصناعية التي تعتمد على أفكار المنطق العائم أساساً لها.

2-2 الصفات الرئيسية المنطق الضبابي :

1- في المنطق الضبابي كل شيء يحظى بدرجة انتماء.

2- كل نظام منطقي يمكن أن يُنمذَج في المنطق الضبابي.

3- تُتَرجم المعرفة في المنطق الضبابي كمجموعة من المتغيرات.

4- يتم عرض الاستنتاج على أنه معالجة منطقية لمجموعة موسَّعة من الشروط المرنة.

5- سهولة الفهم والمرونة و السماحية.

6- نمذجة النظم اللاخطية.

7- التصميم بالاعتماد على الخبرة البشرية.

3-2 مفهوم المجموعة الضبابية :

يعد مفهوم المجموعة العائمة من الأسس الداعمة في دراسة المنطق الضبابي. لتكن X مجموعة شاملة، و A مجموعة جزئية منها نعرّف فيها ما يلي :

1-3-2 درجة العضوية :

يُرفق بكل عنصر $x \in X$ قيمة عددية تكون عادة بين الصفر والواحد تمثل درجة انتماء هذا العنصر للمجموعة A، وكلما كانت درجة العضوية أعلى (أكبر) كان العنصر أكثر انتماءً للمجموعة A.

يُقال عن عنصر $x \in X$ إنه يتمتع بعضوية كاملة في المجموعة A إذا كانت درجة انتمائه للمجموعة A تساوي الواحد.

يُقال عن عنصر $x \in X$ إنه ليس عنصراً في المجموعة A إذا كانت درجة انتمائه للمجموعة A تساوي الصفر.

إن المجموعة X المزوَّدة عناصرها بهذه القيم العددية تدعى مجموعة ضبابية.

2-3-2 تابع (دالة) العضوية :

يمكن أن تتعين درجة انتماء عنصر لمجموعة بوساطة دالة (تابع). يسمى التابع المعبِّر عن درجة انتماء عنصر $x \in X$ للمجموعة A:

$$\mu_A : x \rightarrow [0, 1] \text{ تابع العضوية}$$

- إن المجموعات المزودة بتابع العضوية السابق هي مجموعات ضبابية.

- تكتب المجموعة الضبابية (الترجيحية) بشكل مجموعة ثنائيات مسقطها الأول عنصر من المجموعة ومسقطها الثاني درجة انتماء هذا العنصر للمجموعة.

مثال: بفرض المجموعة الشاملة $X = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$ فإن المجموعة التالية A مجموعة ضبابية :

$$A = \{(1,0),(2,0.25),(3,0.5),(4,0.7),(5,0.8),(6,0.7),(7,1)\}$$

والعنصر 7 يتمتع بعضوية كاملة في A، والعنصر 1 ليس عضواً من A.

4-2 العمليات المعيارية على المجموعات الضبابية :

1-4-2 الاجتماع :

إن تابع العضوية لاجتماع مجموعتين A, B تابعا انتمائهما μ_A, μ_B على الترتيب يعرف على أنه هو أعظم maximum قيمتي التابعين μ_A وμ_B أي:

$$\mu_{A \cup B} = \max (\mu_A.\mu_B)$$

2-4-2 التقاطع :

يُعرّف تابع العضوية لتقاطع مجموعتين A, B تابعا الانتماء لهما μA, mμB على الترتيب بأنه أصغر minimum قيمتي التابعين أي:

$$\mu_{A\cap B} = \min(\mu_A, \mu_B)$$

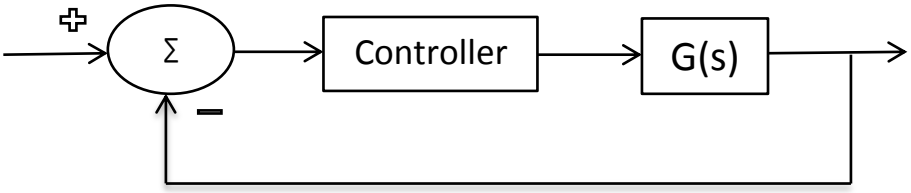
3-4-2 المتمم :

يُعرّف تابع العضوية لمتمم مجموعة ترجيحية A لها تابع العضوية μ_A بأنه نفي تابع العضوية المحدد ويدعى معيار النفي:

$$\mu_{\bar{A}} = 1 - \mu_A$$

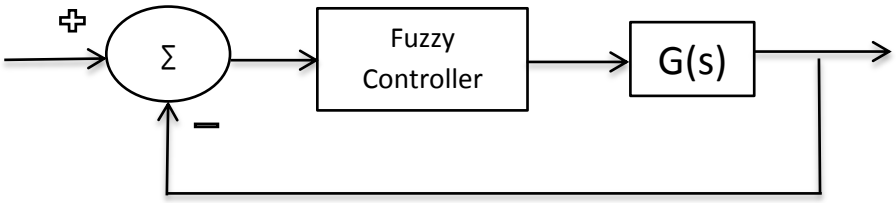
5-2 المخططات الصندوقية لأنظمة التحكم التقليدية والضبابية :

التحكم التقليدي: كما في الشكل (2-1) :



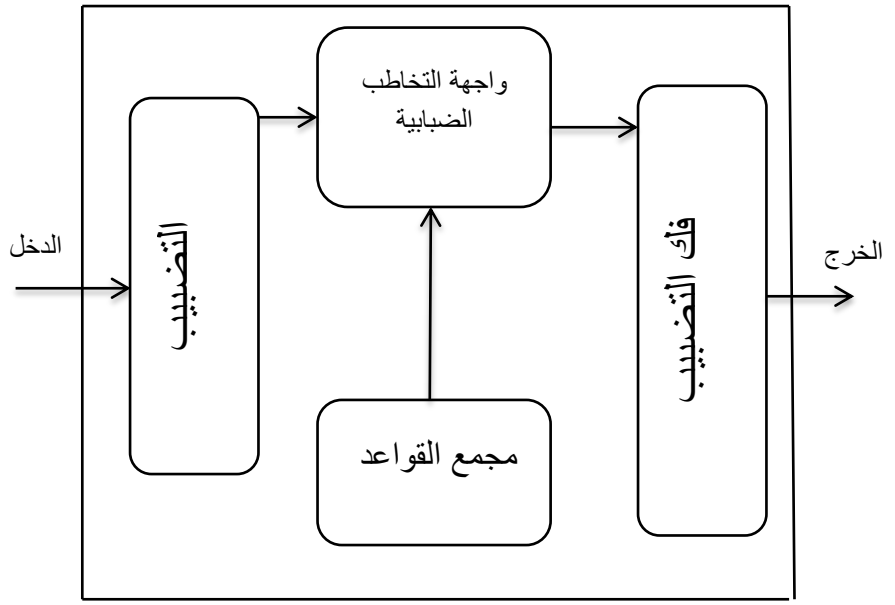
الشكل (2-1)

التحكم الضبابي : كما في الشكل (2-2)



الشكل (2-2)

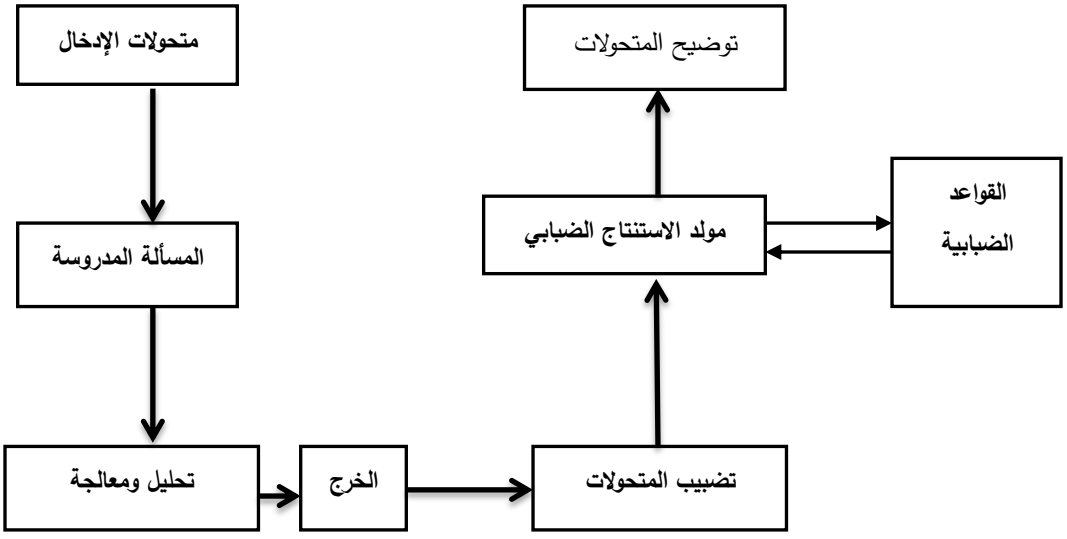
Fuzzy Controller كما في الشكل (2-3):



الشكل (2-3)

6-2 أنظمة التحكم الضبابي :

تقسم بشكل أساسي لأنظمة تحكم ضبابية مفتوحة ومغلقة .



الشكل (2-4) نظام تحكم ضبابي مفتوح

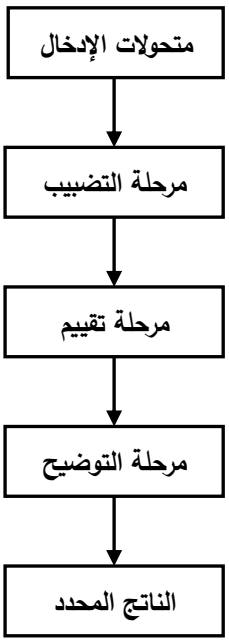
حيث يعمل هذا النظام وفق الخطوات الآتية:

أولاً: يتم تحديد متحولات الإدخال (العوامل المدروسة) للمسألة المدروسة، مثلا (مدة تنفيذ المشروع)، ويتم تحليل هذه العوامل ومعالجتها باستخدام الطرق الإحصائية، أو الرياضية المعروفة، للحصول على صيغة مناسبة لهذه المتحولات، حيث تعتبر هذه الصيغة ناتج أو خرج المسألة المدروسة.

ثانيا: يتم تحويل هذا الناتج أو الخرج إلى مجموعة أو مجموعات ضبابية، وذلك للتعبير عن عدم التأكد من قيم هذه النواتج، وتدعى هذه المرحلة بمرحلة التضبيب (fuzzification) .

ثالثاً: يتم عن طريق مولد الاستنتاج الذي هو عبارة عن تقنية رياضية، وبالاستفادة من القواعد المعرفة لتأثير مختلف العوامل على المسألة المدروسة، استنتاج فعل ضبابي، أو ناتج ضبابي معين ممثلاً بمجموعة ضبابية أو أكثر.

رابعاً: يتم توضيح هذا الناتج، وتحويله إلى قيمة وحيدة مفردة، وتدعى هذه المرحلة بمرحلة التوضيح أو فك التضبيب (defuzzification) وهذه القيمة الوحيدة هي التأثير المجمع للعوامل المدروسة.
والشكل (2-5) يوضّح هذه الخطوات.

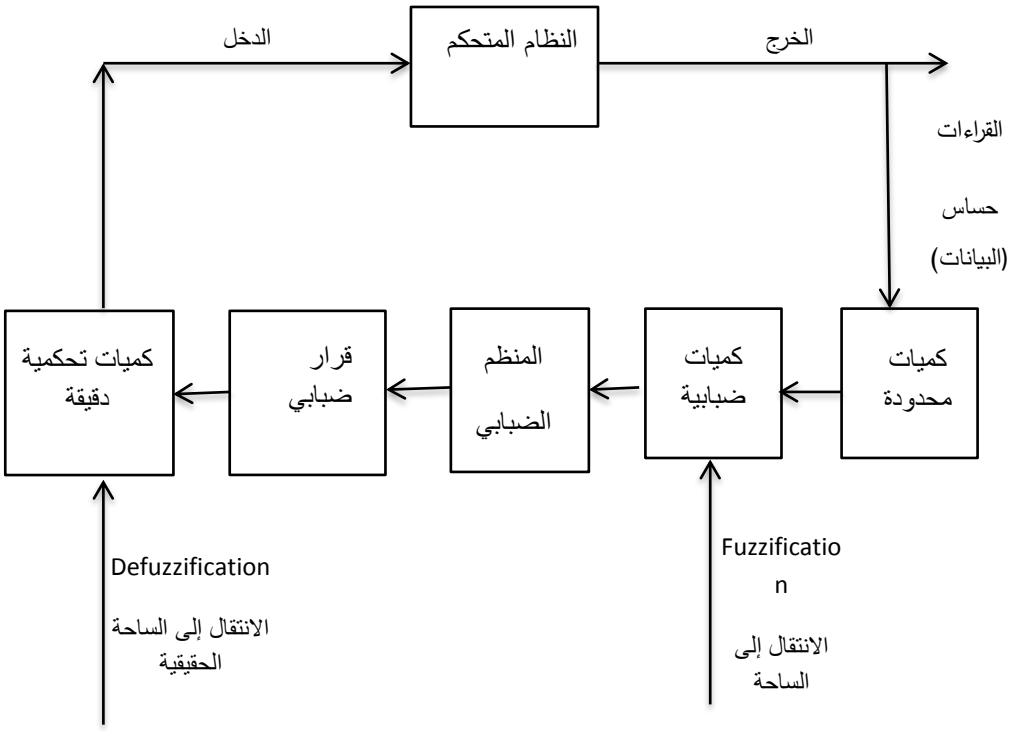


الشكل (2-5) خطوات عمل نظام التحكم الضبابي

تعريف عملية الاستدلال الضبابي
: (Fuzzy Reasoning)

هو الإجراء الذي يتم فيه الحصول على النتائج من مجموعة القواعد الضبابية عند تحقق دخل معين .

الخطوات المتعددة لمنظومة التحكم المغلقة وفقا لمنطق التحكم الضبابي



(6-2) المراحل الأساسية في تصميم نظام تحكم ضبابي مغلق