نظام المنطق الملتبس وتطبيقه في المتحكمات الآلية

الدكتور هادي العرفي
قسم الهندسة الإلكترونية
كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية
جامعة دمشق

الملخص

الهدف من المقالة هو إظهار فوائد وميزات استخدام نظم المنطق الملتبس Fuzzy Logic Systems (F.L) بالمقارنة مع الطرق التقليدية الأخرى في مجالات عملية مختلفة وخاصة في هندسة التحكم الآلي والمعلوماتية، وتبيان إمكانية فتح المجال لاستبدال قواعد المعطيات Data Base (D.B) بقواعد المعرفة Knowledge Base (K.B) كما نعدد الإمكانيات المستقبلية لتطبيق المنطق الملتبس (F.L) في الأجهزة الفطنة وأجهزة الحلقة المفتوحة وفي الذكاء الصنعي (A.I) بشكل عام.

في هذه المقالة نشرح طريقة استخدام المعلومات الناتجة عن الخبرة وذات التحديد اللغوي بدلاً من المعادلات الرياضية الدقيقة وغير المرنة عند التطبيق.

كما نجري مقارنة بين المتحكم التقليدي (P.I.D) ومتحكم آخر يعتمد على نظام المنطق الملتبس باستخدام برنامج محاكاة .

مقدمة :

لقد كان أول تطبيق موثق للتحكم باستخدام التغذية الخلفية (Feedback) في عام ١٧٦٩م من قبل J.Watt وذلك عن طريق استخدام الكرة النابذة (flyball) للسيطرة على كمية البخار المشغلة لمحرك بخاري.

ومنذ عام ١٩٦٠م طورت نظرية التحكم الحديث لمسايرة التعقيدات المتزايدة في المعامل الحديثة نسبياً، مثل زيادة عدد حلقات التحكم بشكل كبير جداً قد تصل أعدادها إلى المئات، وزيادة الاحتياجات المتجددة لمتطلبات الدقة والوزن والكلفة والأمان والتأثير في البيئة، وذلك في مختلف المجالات المدنية والعسكرية, كالفضاء والطاقة والصناعات الإلكترونية والكيميائية والاتصالات والأجهزة الطبية.

هذا وقد ساهمت الحاسبات الرقمية في حل العديد من المشاكل التطبيقية المعتمدة على معادلات خطية آنية وحيدة المعاملات أو المتعددة منها باعتماد النظم الخطية المستمرة أو المنقطعة وبوجود معادلات تفاضلية أو فرقية أوعلائقية.

أما عندما تكون النظم معقدة جداً وغير خطية وذات طبيعة متغيرة مثلما هو موجود في المعامل الكيميائية ومصافي النفط والمحطات النووية لتوليد الكهرباء، فإن وصفها بمعادلات رياضية ثابتة المعاملات وذات وثوقية عالية يعد ضرباً من المستحيل بسبب التعقيدات المتزايدة والخواص اللاخطية والتشويش الموجود فيها وفي بيئتها المحيطة.

يمكن في هذه الحالات الواقعية إجراء عمليات التحكم استناداً على معرفة وخبرة المشغلين لاستخراج قواعد معرفة وتحكم عبر لغة طبيعية سهلة الفهم، وكمثال على ذلك قد نجد قاعدة معرفة بسيطة تقول بما يلي« إذا أصبح ضغط البخار عالياً في المفاعل، فإنه يجب تقليل الوقود المغذى بشكل كبير جداً كما يجب فتح صمام البخار قليلاً» وهي قاعدة سهلة الفهم والتنفيذ.

يمكن شرح المعرفة (الخبرة) الممثلة بلغة طبيعية بشكل سهل، لأنها تدرك بالحس العام دون تعقيدات كبيرة, لذلك فهي سهلة التذكر، كما أن استخدام اللغة الطبيعية يؤدي إلى التقليل من حجم قاعدة المعطيات أو قاعدة المعرفة بشكل كبير جداً.

تستعمل اللغة الطبيعية لتحديد معنى ما بشكل يسمح باستعمال أوصاف ملتبسة المعنى مثل: (حار – بارد – لطيف – سريع – بطيء – طويل – قصير – بعيد – قريب - قريب جداً....الخ) في حين نجد في التحكم التقليدي قيماً رقمية أو ألفاظاً محددة بشكل واضح وجلي لا تحتمل أكثر من معنى واحد ونجدها حتى في الذكاء الصنعي التقليدي.

يسمى النظام الذي يوصف عمله اعتماداً على لغة طبيعية وبديهية بالنظام المنطقي الملتبس (F.L.S) Fuzzy Logic System حيث يوصف هذا النظام عبر توابع انتماء Membership Function (M.F) . ويعدُّ العالم لطفي زاده أول من أطلق فكرة المجموعات الملتبسة عام ١٩٦٠م [18] وقام بإرساء أسسها النظرية.

يعرف محرك الاستدلال Inference Engine بأنَّه كل نظام مادي أو برمجي يعطي نتيجته اعتماداً على الحقائق والمعارف المسبقة. وفي حال اشتمال المعارف المستعملة على مصطلحات ملتبسة فإنه يسمى محرك الاستدلال هذا بالالتباسي كما في حالة المتحكم المنطقي الملتبس.

ولقد أدى النجاح التجاري للمنتجات المبنية على المنطق الملتبس إلى اهتمام متزايد بتطبيقات صناعية جديدة لهذا المنطق، ولقد قامت إحدى الشركات الأوروبية عام ١٩٨٠ باستخدام المنطق الملتبس للتحكم

بفرن معمل أسمنت، وفي عام ١٩٨٨م قامت شركة هيتاشي اليابانية بتطبيق طريقة المنطق الالتباسي لتنفيذ نظام تحكم بقطار ميترو، ومنذ ذلك الحين ظهرت في اليابان ودول شرق آسيا مئات المنتجات الذكية المستخدمة للنظم الالتباسية وهذه المنتجات تتراوح ما بين الكاميرات العادية وكاميرات الفيديو وآلات الغسيل والمكيفات وأفران المايكرويف وأجهزة التلفزيون والهواتف النقالة ولواقط القنوات الفضائية وناقل حركة السيارة ونظام الكوابح الآلية ومشغلات أقراص الحاسب وحتى لا قطات الروبوت.

في هذا البحث سنشرح باختصار بعض تطبيقات الاستدلال الملتبس والمنطق الملتبس ونزع الالتباس defuzzification في النظم غير الخطية.

المتحكم المنطقي الملتبس:

لتصميم متحكم ما يجب تحديد ووصف خوارزمية التحكم المناسبة بوسيلة ما للسيطرة على النظام المطلوب التحكم به.

تعطي نظرية التحكم التقليدية معادلات تفاضلية أو توابع تحويل أما نظرية التحكم الحديثة فتعطي معادلات مصفوفية شعاعية ذات درجة أولى بالاعتماد على طريقة فضاء الحالة. ولاستخدام هذه الوسائل يجب على مصمم التحكم أن يمتلك المعارف اللازمة حول الرياضيات والنظام المطلوب للتحكم به.

ولكن يمكن للخبراء البشر ذوي الخبرة الجيدة والناضجة التحكم بنجاح بالمعامل والآلات والآليات الخ.. حتى لو كانت هذه النظم المتحكم بها شديدة التعقيد (متغيرة مع الزمن وغير خطية)، حيث يستعمل هؤلاء الخبراء أكثر ما يستعملون المعرفة العلمية والعملية المستخلصة من خبرة طويلة بما فيها النجاحات والأغلاط، وحيث تمثل بواسطة قواعد IF THEN بما فيها الحدود اللغوية الملتبسة، وفي أكثر الأحيان ينجح التحكم في النظم نجاحاً جيداً باستخدام المعلومات غير الدقيقة ودون استخدام أي حسابات رياضية مثل حسابات..الخ..

مما يوحي بوجود خوارزمية أخرى تسهل التحكم بالنظم المعقدة عن طريق قاعدة معلومات بسيطة وغير دقيقة، وإحدى الطرق المرشحة للاستخدام هي الاستدلال الملتبس اعتماداً على قاعدة معلومات (مجموعة من القواعد الملتبسة والنتائج الحقيقية).

الاستدلال الملتبس (التفكير التقريبي):

فيما يلي نجد مثالاً توضيحياً للاستدلال الملتبس في حالة محددة. فإذا اعتبرنا التحكم بمكيفٍ هواءٍ بسيطٍ دون تغذية راجعة للهواء، حيث يدفع الهواء الذي يمكن تغيير حرارته وحجمه بواسطة التحكم بقرص مدرّج (غير تناسبي) كما في الشكل 1 (أ)، فعندما نجعل مؤشر القرص موجباً فإن المكيف يعطي هواءً ساخناً أو دافئاً، أما عندما نجعل مؤشر القرص سالباً فإن المكيف يعطي هواءً بارداً أو لطيف البرودة. أما عندما نجعل مؤشر القرص صفراً فهذا يعني عدم تقديم هواء من المكيف.

تقاس درجة حرارة الغرفة $T\ ^oC$ عن طريق ميزان حرارة كقيمة دقيقة، حيث يقوم المشغل بمشاهدة قيمة درجة الحرارة على الميزان ويلاحظ الفرق $\Delta T\ ^oC$ بين درجة حرارة الغرفة ودرجة الحرارة المرغوب بإبقاء الغرفة عليها $T_0\ ^oC$ والمطلوب أن يكون لدى هذا المشغل تدبير مناسب (استراتيجية) للإبقاء على درجة حرارة ثابتة للغرفة مع تغير عدد الأشخاص الموجودين فيها أو تغيير درجة الحرارة الخارجية أو تغيير توزيع الأثاث... الخ. أي أنه يجب على المشغل القيام بتغيير معقول لقرص التحكم في

لوحة المكيف لتغذية الهواء الدافئ أو البارد لتعويض التغيير بدرجة الحرارة، ويبين الشكل ٤ (ب) جواباً نموذجياً عابراً لدرجة حرارة الغرفة، حيث يمثل المحور العمودي فرق درجة الحرارة $\Delta T\ ^{o}C$ ، وحيث تعني قيمة الصفر نقطة التحديد set point أو درجة حرارة الغرفة المرغوب بها.

يمكن كتابة استراتيجية (تدبير) التحكم عن طريق جمل الحدود اللغوية الملتبسة كما يلي:

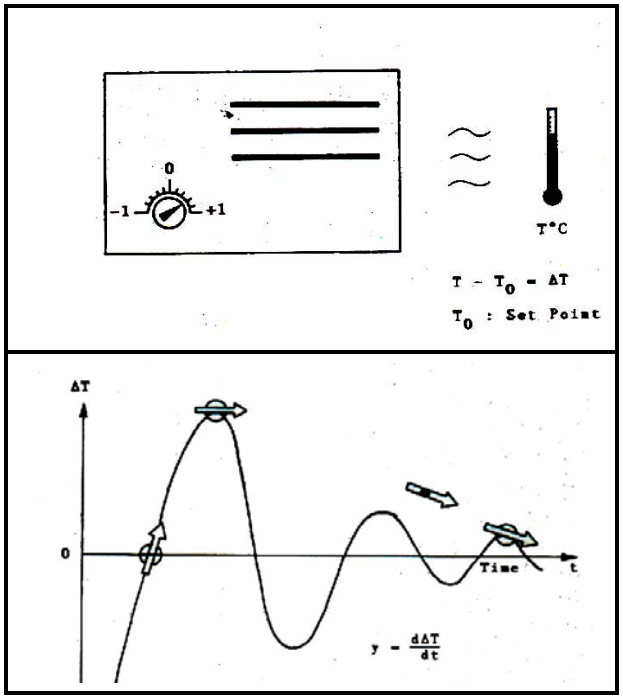
١- عندما تكون درجة حرارة الغرفة مساوية تقريباً لنقطة العمل وتتغير بسرعة نحو الأعلى، أي عندما ΔT تساوي تقريباً صفراً وتغير درجة الحرارة $y = \frac{d\Delta T}{dt}$ موجباً وكبيراً (كما هو مبين بالدائرة اليسرى والسهم بالشكل 1 (ب) فإنه يجب دفع الهواء البارد إلى الغرفة بسرعة لكبت درجة الحرارة المتزايدة، وإلا تغيرت إيجابياً من نقطة التحديد، لذلك فإنه يجب تدوير مؤشر القرص إلى سالب كبير أو تقريباً (-١).

٢- عندما تكون درجة حرارة الغرفة عالية ودرجة الحرارة لا تتغير أي عندما تكون ΔT موجبة كبيرة وتغير الحرارة $y = \frac{d\Delta T}{dt}$ يساوي تقريباً الصفر (كما هو مبين بالدائرة الثانية والسهم بالشكل ١ (ب) فيجب دفع الهواء البارد بشكل متقطع لإنقاص درجة الحرارة، أي أنه يجب تدوير مؤشر القرص إلى سالب متوسط (أو تقريباً ٠,٣-).

٣- عندما تكون درجة الحرارة أكثر بقليل من نقطة التحديد مع تناقص تدريجي لدرجة الحرارة، أي أنه عندمايكون فرق الحرارة ΔT موجباً قليلاً وتغير درجة الحرارة $y = \frac{d\Delta T}{dt}$ سالباً قليلاً كما هو مبين بالدائرة والسهم اليميني بالشكل١ (ب) فإنه ليس هنالك تقديم للهواء البارد أو الحار لأن درجة الحرارة قريبة من نقطة التحديد بشكل مقارب لهذا يجب تدوير مؤشر القرص تقريباً إلى الصفر، وبالطبع فإن استراتيجية التحكم تتطلب أكثر من الثلاث معلومات المذكورة أعلاه واختصرت باقي المعلومات الأخرى للتبسيط.

يمكن إعادة كتابة استراتيجية التحكم هذه بدرجة الحرارة بواسطة القواعد الملتبسة والحقائق (القيم المقاسة لفرق الحرارة $\Delta T = +2.5\ ^{o}C$ وتغيرها $y = -1\ ^{o}C/\min$ كما في الشكل ١ (ب) وبجدول القواعد اللاحق حيث $y, \Delta T$ متحولات في المقدمة الشرط إذا كان لدينا IF، أما مؤشر قرص التحكم فإنه متحول بالنتيجة Then في قاعدة ملتبسة وحيث الرموز NL, NM, NS, ZR, RS, PL ثوابت ملتبسة أو قيم ملتبسة مأخوذة باختصار من حدود لغوية ملتبسة والحدود على التوالي هي:

(Negatively large, negatively medium, negatively small, approximately zeros, positively small and positively large).



الشكل ١ : (أ) مكيف هواء مبسط. (ب) : استجابة نموذجية عابرة

إذا اعتبرنا تطبيقاً على ذلك عندما تكون درجة حرارة الغرفة أعلى $2.5\ ^{o}C$ من نقطة التحديد عن طريق ميزان حرارة وكانت الحرارة تتناقص بمقدار $1\ ^{o}C/\min$ فما هو الأمر الذي سنغير فيه قرص التحكم لتصبح حرارة الغرفة قريبة من نقطة التحديد.

يبين الشكل (٢) خوارزمية الاستدلال الملتبس لتعيير قرص التحكم اعتماداً على هذه الاستراتيجية، حيث يميز الحد اللغوي الملتبس ببطاقة أو علامة مميزة وموصوفة بتابع العضوية المبين على شكل توابع خطية لتبسيط تصميم الدارات أو البرامج اللازمة.

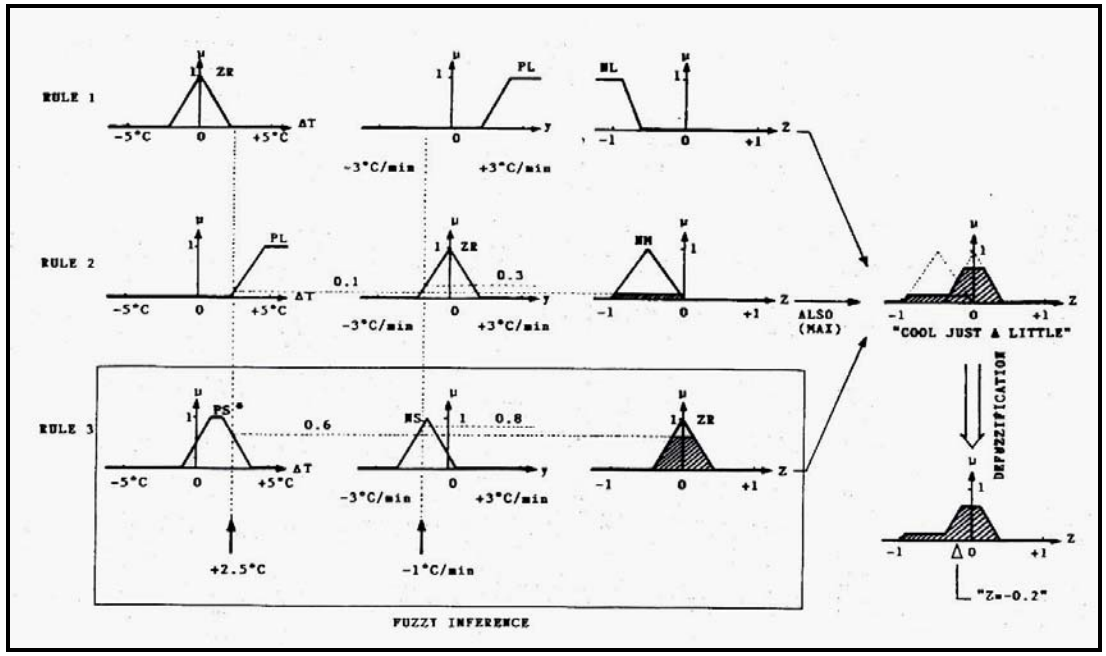
وتحدد أشكال توابع العضوية (الميول) ونقطة القمة والأساس بالحدس عن طريق خبير بعد استخلاص خبرته وتوظيفها من قبل مصمم التحكم الملتبس بوجود معرفة تقانية كافية لديه بمكيفات الهواء وانتقال الحرارة.. الخ.

يرجع للقيم الحدية المقاسة $y = -1\ ^{o}C/\min,\ \Delta T = 2.5\ ^{o}C$ إلى المقدمة (ΔT هي PS^{*} و Y هي NS) بالقاعدة 3 بالحصول على توافق بين الحقيقة والمقدمة، وحيث

الرمز * المبين بالشكل ٢ يمثل بتابع عضوية شبه منحرف وقد نجد توابع انتماء عضوية أخرى مثل شكل S أو شكل Z أو مثلث.. الخ.

إن الملائمة هي قياس للتشابه، لهذا فإن ملائمة القيمة $2.5\ ^{o}C$ في منحني PS^{*} هي 0.6 وقيمة $-1\ ^{o}C/\min$ في منحني NS هي 0.8.

وعند جمع متحولات المقدمات بواسطة»and« تكون تحديديات المقدمات أكثر صرامة من المتحولات الإفرادية، لذلك نجد أن تقييم الملائمة الأكثر صرامة للحقيقة المعطاة $y = -1\ ^{o}C/\min,\ \Delta T = +2.5\ ^{o}C$ » للمقدمة». حيث ΔT في PS^{*} و y في NS لذلك نأخذ تابع العضوية ذا العلامة الأصغر 0.6 وهي درجة الملائمة اللينة بين القيمة المقاسة وشرط القاعدة، أما عند استخدام عملية»or« فإنه يمكن تبني قاعدة الملائمة الأكبر لإيجاد درجة التوافق اللينة. عندما تكون درجة الموائمة اللينة مساوية للواحد (1) يكون الشرط محققاً بشكل كامل: أي أن يؤخذ جواب then بالكامل، أما عندما تكون درجة الموائمة اللينة مساوية للصفر (٠) فإنه يجب رفض النتيجة في جواب then بالكامل تتراوح درجة الموائمة في الاستدلال الملتبس بين صفر (0) وواحد (1) في حين نجدها إما صفراً (0) أو واحداً (1) في تقنية الذكاء الصنعي (AI) التقليدي.



الشكل ٢ جانب من الاستدلال الفردي الملتبس مع عمليتي تراكم ونزع التباس

ولمَّا كانت درجة الموائمة اللينة بالحالة المدروسة هي 0.6 فتكون النتيجة مطبقة جزئياً في Then أي أن الثابت الملتبس ZR يوزن بمقدار 0.6 في النتيجة بالقاعدة 3.

هنالك طرق للتوزين مثل الضرب والتصغير، حيث استعمل التصغير في هذا المثال. وكما هو مبين بالشكل 5 فإن تابع العضوية المؤشر هو ZR يجذع (يصغر) بمقدار 0.6 بحيث نجد أن النتيجة الفردية هي الجزء المظلل من القاعدة3. تسمى عملية الحصول على النتيجة الفردية من كل قاعدة التباسية، ومن الحقيقة أيضاً بالاستدلال الالتباسي وتسمى الأداة المستعملة للحصول على الاستدلال الالتباسي بمحرك الاستدلال الالتباسي، كما قد يسمى الاستدلال الالتباسي بالتفكير التقريبي أيضاً لأنه يولد استنتاجاً تقريباً ممثلاً بتابع عضوية معدل بالحقائق المعطاة.

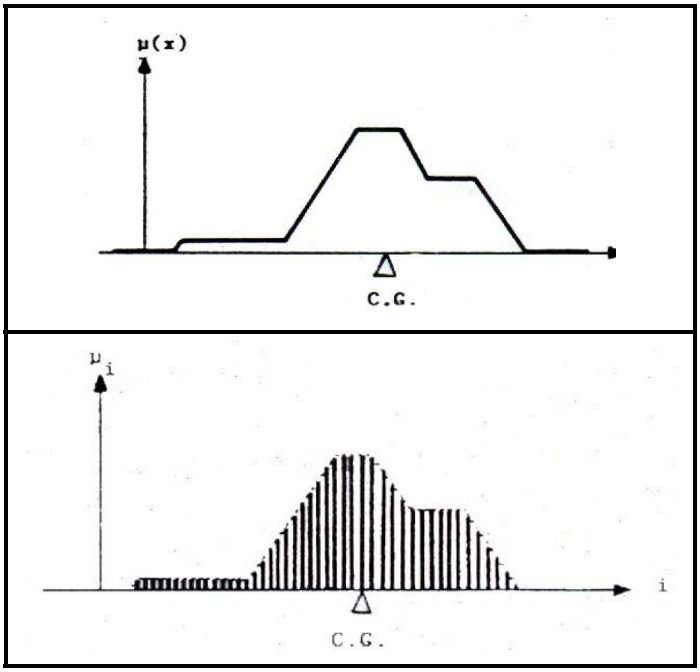
تجد قاعدة أخرى تساهم بإيجاد الاستنتاج النهائي بالاستناد إلى القيم المقاسة في مقدمة القاعدة 2 حيث نجد استنتاجاً فردياً آخر (الجزء المظلل) بعد تجزيع (تصغير) القرص المدرج (NM) بمقدار 0.1، أما فيما يخص القاعدة 1 فإن القيمة المقاسة $y = 1\,^{o}C/\min$ تظهر ملائمة مقادرها O مع «عندما تكون PL y – وباعتبار أن درجة التوافق اللين بين القيم المقاسة وشرط القاعدة 1 يساوي الصفر، فإننا لا نستطيع الحصول على أي مساهمة للقاعدة 1 في الاستنتاج النهائي.»

تجمع القواعد بالعملية المنطقية كذلك also، حيث تجري عملية تراكم استنتاجات للحصول على الاستنتاج النهائي، ويمكن تفسير عملية كذلك also بأنها إيجاد القيمة الأعظمية لكل عمليات الاستنتاج الفردية للحصول على الاستنتاج النهائي، وفي المثال نجد أن تابع العضوية النهائي المستنتج هو عبارة عن شبه منحرف مع جزء صغير، كما هو مبين بالشكل (٢).

نزع الالتباس: Defuzzification

يسمى المتحكم الذي يستعمل الاستدلال الالتباسي بالمتحكم المنطقي الملتبس أو «بمتحكم ملتبس» ينتج المتحكم المنطقي الملتبس إشارة محدودة وليس إشارة ملتبسة للسيطرة على النظام المتحكم به.. ففي مثال مكيف الهواء يجب أن نعين الوضع اللازم لقرص المؤشر وتسمى عملية الحصول على قيمة محددة في عالم المحادثة من قيمة ملتبسة (تابع عضوية) بنزع الالتباس وتسمى أداتها بنازع الالتباس.

إن أكثر الطرق استخداماً لنزع الالتباس هي طريقة مركز الثقل centroid يمثل تابع العضوية عادة بمعطيات عينية (مجموعة عناصر) في عالم المحادثة أو بمعطيات مستمرة كما في الشكل (٣)، ويمكن حساب مركز الثقل من المعادلتين التاليتين اعتماداً على كون النظام مستمراً أو منقطعاً.



(أ)

(ب)

$$C.G = \frac{\int x\ \mu(x)dx}{\int \mu(x)\,dx}$$ **لتابع عضوية مستمر**

$$C.G = \frac{\sum_{i=1}^{n} i\ \mu_i}{\sum_{i=0}^{n} i\ \mu_i}$$ **لتابع عضوية متقطع**

الشكل (٣) نزع الالتباس (طريقة مركز الثقل)
(أ) تابع عضوية مستمر، (ب) تابع عضوية متقطع

حيث تمثل n عدد عناصر تابع العضوية فهي العيني (المتقطع) وحيث μ_i درجة العنصر وفي الشكل 5 وجد أن مركز الثقل للاستنتاج النهائي هو ٠,٢ - بحالة $y = -1\ ^{o}C/\min,\ \Delta T = +2.5\ ^{o}C$ وفي هذه الحالة وجد أن الاستنتاج النهائي يتميز بتابع عضوية معقد نسبياً حيث يمكن تمثيل المعنى الفيزيائي بجملة ملتبسة هي« برد بلطف قليل» لأن مركز الثقل مزاح إلى اليسار قليلاً بواسطة السطح الجانبي الصغير.

يمكن الحصول على سطح تحكم مستمر (غير خطي في بعض الأحيان) عند تغير مدخلين بشكل مستقل في فراغ ذي ثلاثة أبعاد ($\Delta T, y, Z$ (من عدد قليل من القواعد الملتبسة بسبب الاستنتاج الاستكمالي. كما في الشكل (٣) بالمثال.

لتنفيذ متحكم منطقي ملتبس يجب تطوير نوعين من النظم الإلكترونية الصلبة أو اللينة، أولهما آلة استدلال ملتبسة، وثانيهما نازع التباس يقوم بتراكم كل الاستنتاجات الفردية ومنه يقوم بإيجاد مركز ثقل تابع العضوية للاستنتاج النهائي .

مقارنة تصميم متحكم ملتبس مع متحكم PID تقليدي:

من الضروري للمصمم معرفة الفروق بين متحكم PID تقليدي ومتحكم منطقي ملتبس ويبين الشكل (٤) نظام تحكم نموذجياً (دخل واحد وخرج واحد) باستخدام متحكم PID، وحيث تقاس حالة خرج النظام المتحكم به بواسطة حساس يقارن خرجه مع إشارة الدخل (دخل مرجع) للحصول على إشارة خطأ $e(t)$ وحيث تعطى إشارة الدخل خارجياً وتمثل الحالة المطلوبة للنظام. وتقدم إشارة الخطأ إلى متحكم لإنتاج إشارة معالجة مناسبة $m(t)$ تقوم بتغيير حالة النظام المتحكم به.

هنالك هدفان لنظام التحكم، أولهما جعل حالة النظام (أو الخرج) قريبة أو مساوية، لنقطة التحديد (أو دخل مرجع)، أي أن خطأ حالة دائمة صغير $e(t)$ أو دقة حالة دائمة عالية مرغوب بها في النظم المتحكم بها، أما الهدف الثاني فهو المحافظة على أداء عابر للنظام ضمن حدود معقولة.

لتصميم متحكم ذي دقة حالة دائمة عالية وسرعة توطيد عالية أيضاً فإننا نحتاج إلى جمع خطي لثلاث عمليات تحكم وهي فعل تحكم تناسبي (Proportional) وفعل تحكم تكاملي Integral وفعل تحكم تفاضلي Deferential واختصاراً عمل تحكم (PID)، وتوصف بالمعادلة المستمرة التالية:

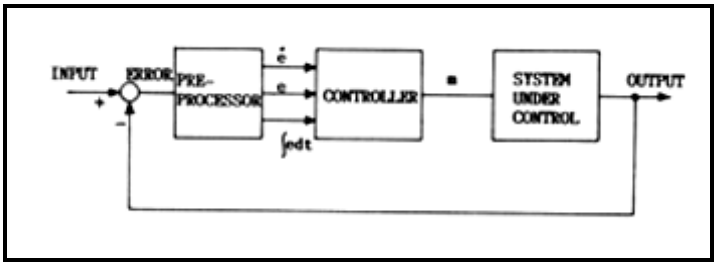
$$m(t) = K_P\ e(t) + K_I \int e(t)\,dt + K_D \frac{de(t)}{dt} \qquad (1)$$

ولهذا المتحكم ثلاثة مداخل وخرج وحيد، ولكي نستطيع تصور العلاقة بين الدخل والخرج نأخذ دخلين وخرجاً واحداً عن طريق اشتقاق الحد الأول والثاني بالمعادلة فنجد:

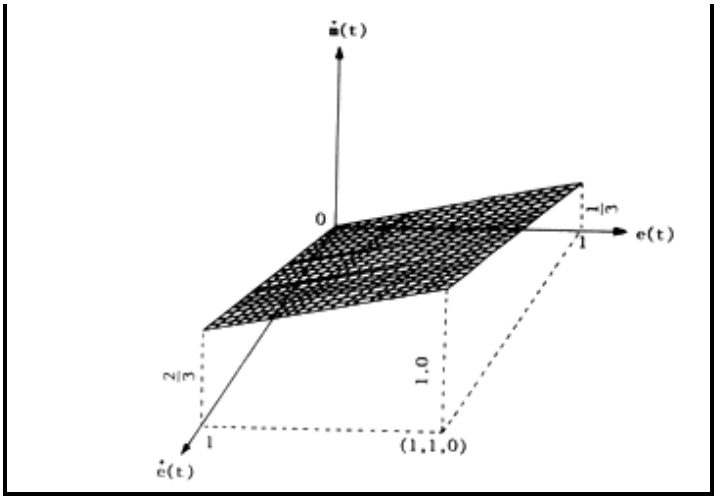
$$m^{\bullet}(t) = K_P\, i(t) + K_I\, e(t) \qquad (2)$$

وهي عملية خطية لمتحكم PI تقليدي.

(أ)



(ب)



الشكل (٤) العلاقة بين تغير خرج المشغل والخطأ ومشتق الخطأ حيث يعطي سطحاً بسيطاً فقط

أما بالنسبة لخصائص متحكم ملتبس فيمكن وصفه عن طريق مجموعة من القواعد الملتبسة من المقدمات والنتائج الممثلة بمداخل ومخارج المتحكم على التوالي.

تطبق إشارات الدخل على المتحكم أما قواعد الالتباس المصممة من قبل مصمم النظام فتنتج المخارج عبر استدلال التباسي ونزع التباس كما هو مشروح سابقاً.

وهنا لدينا متحكم منطقي التباسي بدخلين وخرج وحيد، والدخلان هما الخطأ $e(t)$ وتغيره $e^{\bullet}(t)$ أما الخرج الوحيد فهو تغير إشارة التشغيل (خرج التحكم) $m^{\bullet}(t)$ وذلك للمقارنة مع المتحكم PI التقليدي.

وتبين خريطة القواعد في الجدول (١) كما يبين الشكل ١٠ (أ) توابع العضوية، أما الشكل ١٠ (ب) فيبين سطح التحكم ذا الأبعاد الثلاثة لتحكم PI التباسي تعطي قواعده بالجدول (١).

الجدول (١) وهو جدول الحقيقة الملتبسة لمتحكم PI لمصفوفة الدخل $e(t)$ ومشتق الخطأ $e^{\bullet}(t)$ مع مشتق أمر التشغيل $m^{\bullet}(t)$ (الخرج) والمبينة بالمنطقة المظللة .

جدول (١)

e (t) e*(t)	ZR	S	M	L
ZR	L	M	S	S
S	M	M	ZR	M
M	ZR	S	[S]	M

L	S	ZR	M	L

حيث: ZR صفر تقريباً (approximately Zero). S صغير (Small)
M متوسط (Medium) . L كبير (Large)

هذا الجدول ناتج عن اختصار القواعد الالتباسية التالية:

القاعدة (1): إذا كان $e^{\bullet}(t)$ كبيراً (L) وكان $e(t)$ صغيراً (S) فإن $m^{\bullet}(t)$ يجب أن يكون صفراً تقريباً (ZR).

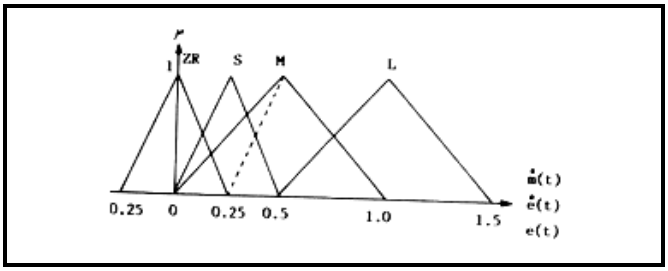
القاعدة (2): إذا كان $e^{\bullet}(t)$ كبيراً (L) وكان $e(t)$ متوسطاً (M) فإن $m^{\bullet}(t)$ يجب أن يكون متوسطاً (M).

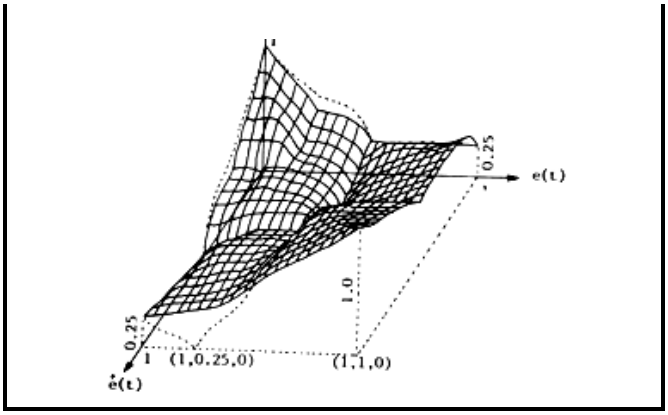
القاعدة (3): إذا كان $e^{\bullet}(t)$ كبيراً (L) وكان $e(t)$ كبيراً (L) فإن $m^{\bullet}(t)$ يجب أن يكون كبيراً (L).

. . . . . .
. . . . . .
. . . . . .

بحالة كون القواعد محققة تكون الحقائق المطلوبة واجبة التحقيق .

(أ)





(ب)

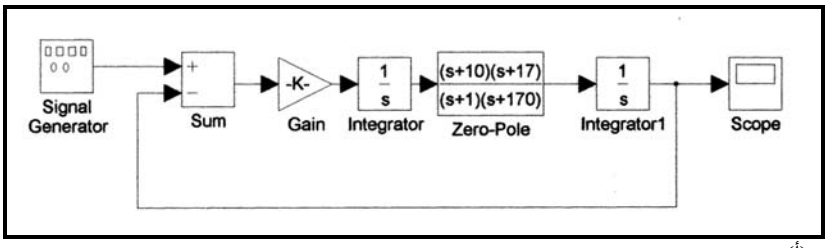
الشكل ٥ : (آ) توابع العضوية المستخدمة لإيجاد سطح التحكم (ب) سطح المتحكم الالتباسي

إن الشبك ذا الخطوط المستمرة هو نتيجة الاستدلال من القواعد الملتبسة باستعمال تابع العضوية بالخطوط المستمرة للتابع المتوسط (M) المبين بالشكل، أما عندما يراد إعادة توظيف الميل السالب لتابع العضوية كما هو مبين بالشكل ٥ (أ) فإن ذلك يؤدي إلى تغيير في سطوح الشبكة كما هو مبين بالخطوط المنقطة بالشكل ٥ (ب) فإذا اعتبرنا حالة $e(t)=0.25, e^{\bullet}(t)=1$ وحيث إنَّ تابع العضوية المتوسط M بالخط المنقط فإننا نجد أن $e^{\bullet}(t), e(t)=(1,0.25)$ والتي تقدح فقط قاعدة واحدة من الست عشرة قاعدة المعطاة بالجدول وهي قاعدة إذا كان $e^{\bullet}(t)$ كبيراً (L) وكان $e(t)$ صغيراً (S) فإن النتيجة $m^{\bullet}(t)$ تكون قريبة من الصفر (ZR)، بحيث نجد بعد الاستدلال الذي يتبعه نزع التباس أن $m^{\bullet}(e^{\bullet}, e)=m^{\bullet}(1,0.25)=0$ قاعدة واحدة فقط أي (1, 0.25, 0) بالشكل ٥(ب). ومن جهة أخرى عند تعريف تابع العضوية متوسط (M) المعطى بالخط المستمر بالشكل ٥ (أ) نجد أن $(e^{\bullet}, e=1,0.25)$ تقدح قاعدتين، القاعدة الأولى: إذا كان $e^{\bullet}(t)$ كبيراً (L) وكان $e(t)$ صغيراً (S) فإن $m^{\bullet}(t)$ يجب أن تكون قريبة من الصفر (ZR)، والقاعدة الثانية إذا كان $e^{\bullet}(t)$ كبيراً (L) وكان e(t) متوسطاً فإن $m^{\bullet}(t)$ يجب أن يكون متوسطاً (M) وهنا نجد أن درجة التقارن بين (٠,٢٥ ، ١) ومقدمتي القاعدة الأولى والثانية هما ١ و٠,٥ على التوالي، لذلك فإن الاستنتاج $m^{\bullet}(1,0.25)$ لا يحصل عليه مقتصراً من القاعدة الأولى ولكنه يتأثر أيضاً بالقاعدة الثانية لإنتاج قيمة غير صفرية؛ وهذا يعني أنه عند نقطة نموذجية (مثلاً عند $e(t)=0.25$ في صغيرة (S) فإنه يجب أن تكون درجات العضوية للحدود اللغوية الملتبسة الأخرى صفراً للحصول على استنتاج نموذجي).

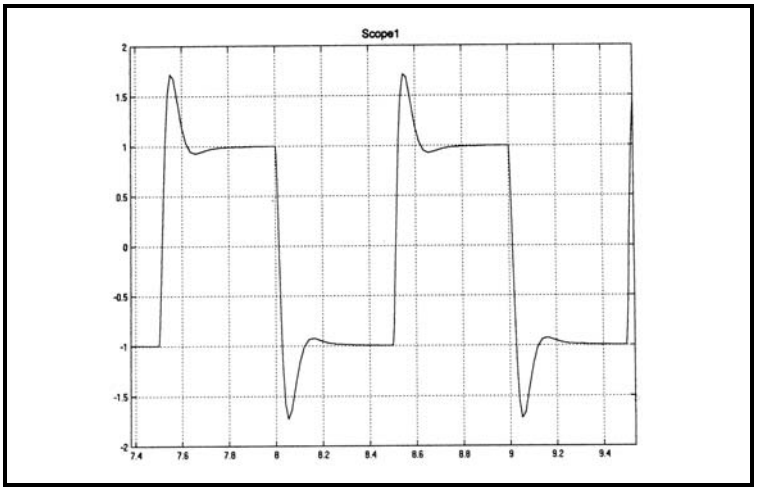
وعلى أية حال يظهر الشكل سطحاً منحنياً ومعقداً لا يمكن وصفه عبر مجموع توافقيات خطية لمتحولات

الدخل مثل المعادلتين (١) و(٢)، كذلك فإنه من السهل جداً تغيير سطح التحكم (خواص الدخل + الخرج) للمتحكم المنطقي الالتباسي بشكل ينسجم مع تغيرات النظام المطلوب التحكم فيه، أو ما قد يستجد من متطلبات جديدة عليه في المستقبل، فإذا أريد مثلاً رفع مركز سطح التحكم، فإن ذلك يستدعي استبدال العلاقة المميزة للاستنتاج في القاعدة الموافقة فقط فيمكن مثلاً استبدال العلاقة المميزة صغير (S) الموجودة بين قوسين في الجدول إلى متوسط (M) وإذا أريد إجراء تغيير انتقائي لجزء صغير في سطح التحكم فإنه يجب تضييق قاعدة تابع العضوية الموافق، كما يمكن زيادة عدد العلاقات المميزة (أي الجمل الالتباسية) للحصول على توظيف أكثر فعالية للقواعد، فكلما زيد في عدد القواعد فإنَّ سطح التحكم يصبح أكثر تعقيداً وتفصيلاً، وذلك يعني إمكانية تحديد ووصف النقاط الاستثنائية وغير النظامية عبر متحكم منطقي التباسي. أي أن قواعد المنطق الالتباسي مناسبة جداً في وصف الأنظمة المعقدة جداً دون الحاجة إلى إعادة كتابة برنامج التحكم بكامله، كما أن تعديل الاستدلال الالتباسي سهل نسبياً عن طريق الشبكات العصبونية والتنظيم الذاتي والتكييف.

محاكاة نظام تحكم لتوجيه مرآة شعاع ليزري اعتماداً على لغة Matlab and Simulinc باستخدام متحكم (P.I.D)



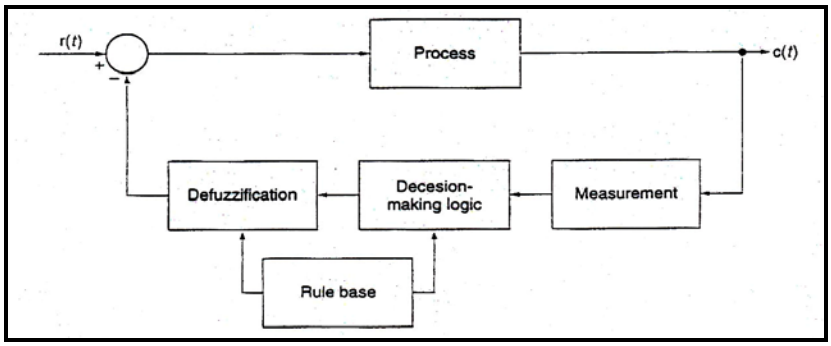
(أ)



(ب)

الشكل ٦: (أ) محاكاة نظام تحكم لتوجيه مرآة شعاع ليزري اعتماداً على لغة Matlab and Simulink باستخدام متحكم (P.I.D) خطي

(ب) استجابة نظام تحطم لتوجيه مرآة شعاع ليزري بدخل مرجع مربع ومتحكم (P.I.D) تقليدي



الشكل ٧ : متحكم التباسي عام

النتائج:

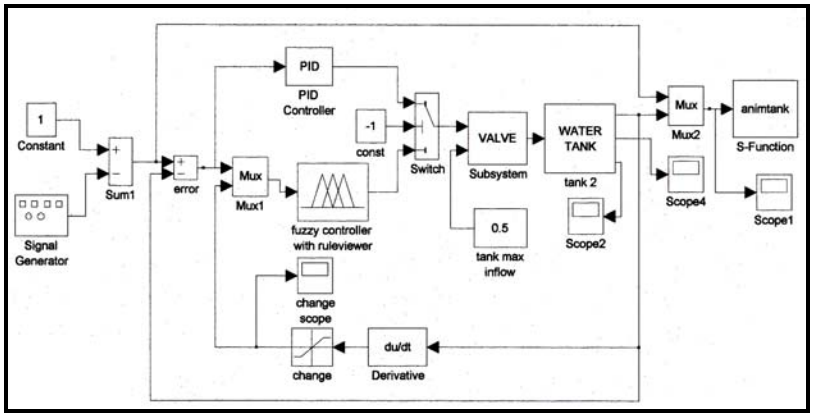
لقد ساهمت المقالة مدعمة بالأمثلة المحسوسة، بشرح واضح للمجموعة الالتباسية وللمنطق الالتباسي، وقدمت مثالاً على عمل مكيف هواء يعمل بالتحكم الالتباسي، وكذلك تطبيقاً على متحكم PI التباسي ومقارنته بمتحكم PI تقليدي. يمكن تلخيص ما وصلت إليه المقالة من خواص مميزة وفوائد باستخدام المتحكم الملتبس كما يلي:

١ـ استخدام لغة طبيعية وهيكلية معرفة واضحة وسهلة، تمكن من تمثيل وفهم الأعطال البرمجية في التحكم بشكل سهل، ومن ثَمَّ تيسر كشف هذه الأعطال وتصحيحها اعتماداً على استراتيجية التحكم والخبرة العملية المناسبة والمعرفة المتوافرة دون الحاجة إلى معادلات رياضية معقدة جداً.

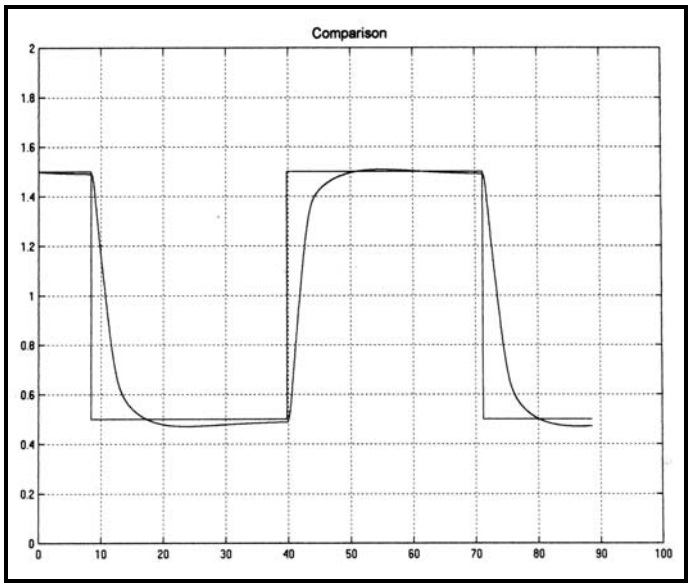
٢ـ سهولة تحديث وتجديد قواعد التشغيل لملاءمة التغيرات الحادثة أو المتوقعة لاحقاً دون الحاجة إلى استبدال كامل البرنامج بسبب استقلالية القواعد عن بعضها بعضاً. كما أن النظام الالتباسي مناسب كنظام تعلم وترتيب ذاتي وتلاؤمي.

٣ـ تقبل معطيات استثنائية أو متناقضة في بعض الحالات الشاذة. بسبب انسجام نظم التحكم الالتباسية مع النظم غير الخطية والمتغيرة مع الزمن والمشوشة.

٤ـ يمكن للمتحكمات الالتباسية تقبل الإشارات الحسية المركبة كمخارج الحساسات الكيميائية وحساسات الرائحة وغيرها من الحساسات العادية.



(أ)



(ب)

الشكل ٨ :(آ) محاكاة نظام تحكم التباسي بالتوازي مع متحكم تقليدي (P.I.D)
(ب) نتائج المحاكاة بإشارة دخل دورية مربعة ولغة (Matlab & Simulink)

٥- يمكن إنقاص كلفة نظم التحكم بشكل كبير باستخدام المنطق الملتبس حيث إنَّ

نظم التحكم التقليدية تتطلب بالضرورة وجود حساسات فائقة الدقة وغالية جداً وليس من السهل الحصول عليها، وقد تصل نسبة كلفة الحساسات الدقيقة في التحكم التقليدي إلى نسبة عالية من كلفة نظام التحكم الكلي، بسبب تقبل نظم التحكم الالتباسي لوجود حساسات عادية ورخيصة وذات مجال مقبول من الخطأ، مما يؤدي إلى إنقاص الكلفة الكلية لنظام التحكم بشكل ملموس.

٦- باعتبار أن الذكاء الصنعي (AI) التقليدي يعتمد اعتماداً أساسياً على نتائج فحص عمليات الصح أو الخطأ (1 أو 0) وليس على نوعية ومقدار الخطأ والصواب، لذلك فهو غير مرن في بعض الحالات الواقعية، وقد لا يكون مناسباً عند تغير الظروف والمعطيات، لذلك فإن تطوير الذكاء الصنعي باستخدام المنطق الالتباسي سيساعد في جعل نظم الذكاء الصنعي التطبيقية أكثر واقعية ومرونة وفطنة.

٧- يمكن التقليل بشكل كبير جداً من حجم نظم المعطيات والبرامج والدارات الحاسبية باستخدام الاستدلال الالتباسي، باعتبار أن هذا الاستدلال هو نوع من الاستكمال الذي يعتمد على عدد محدود جداً من المعطيات.

٨- إن الاتجاهات المستقبلية المتوقعة في نظم التحكم الواقعية هي بالتحام عدة مفاهيم حديثة معاً مع المنطق الالتباسي كالشبكات العصبونية والفوضى chaos والتي هي عملية حركية غير خطية تولد عبر شبكات عصبونية مجمعة وهائلة للعقل البشري.

كما يمكن مستقبلياً تهيئة نظم تعتمد على المنطق الملتبس لكتابة برامج تسمح للأجهزة الذكية والحاسبات بالعمل بشكل أسهل ضمن نظام مفتوح، كما يمكن في المستقبل استخدام نظم المنطق الملتبس في كتابة برامج خاصة تعمل كلغة تواصل بين برامج ذات لغات مختلفة ونظم عمل مستقلة عن بعضها بعضاً، كما يمكن استخدام نظم المنطق الملتبس في ترجمة النصوص بين اللغات المختلفة اعتماداً على المعاني والتدريب بشكل رئيسي إضافة إلى الترجمة الحرفية لكلمات وجمل النص.

الملحـــق

المجموعات الملتبسة والمنطق الملتبس:

م.١ - المجموعات الملتبسة:

يمكن تصنيف المصطلحات اللغوية والرقمية في ثلاثة أنواع، وذلك اعتماداً على توابعها الواصفة، فقد نجد في النوع الأول حالة الكلمات المحددة أو الحاسمة مثل (ذكر أو أنثى – ميت أو حي أو أسماء للأعلام مثل أحمد أو سمير) أو وصفاً قاطعاً لحالة ما مثل حقيقي أو إما كاذب أو واحد أو صفر..) الخ..

كما قد نجد قيماً رقمية مثل درجة حرارة ٢٦°C والتركيز ٠,٥ مول / ليتر والوزن 25غ. وهو تصنيف حاد يفتقد للمرونة، فهي إما كلمات حاسمة أو قيماً رقمية محددة، ويبين الشكل 1 (أ) تابعاً مميزاً لهذا النوع من التصنيف، فجملة درجة حرارة ٢٦C تعني تماماً حدوث نقطة وحيدة عند هذه الدرجة، ويسمى هذا النوع من النظم« بوحيد القيمة» singleton في النوع الثاني من المصطلحات اللغوية والرقمية نستعمل المجال الرقمي وخاصة في حالات التحليل العلمي، فنجد مثلاً عبارة« إن درجة حرارة الغرفة المريحة للإنسان هي ٣٠C – ٢٠C لذلك فإن درجتي الحرارة بحالتي ١٤,٩C و٣٠,٠٠٠C ليست واقعة في هذا التعريف ويبين الشكل م.١(ب) المجال الرقميC« ٣٠ – ٢٠C» حيث تكون القيم الحقيقية لأي درجة معطاة إما« بنعم أو لا» كما في حالة القيمة الوحيدة م.١(أ). ويمكن اعتبار المجال هنا كمجموعة من القيم الوحيدة، لذلك يسمى هذا النوع في المجالات الحدية بالمجموعات المقصومة وتستعمل هذه المجموعات لتمثيل المصطلحات اللغوية للمعارف في الذكاء الصنعي التقليدي.

نستخدم في حياتنا اليومية اللغات الطبيعية البديهية لسهولة الاتصال الفعال وهو النوع الثالث من المصطلحات المسماة بالملتبسة ، ومع أن هذه المصطلحات تكون عادة بديهية وتحتوي على بعض الريبة فإنها سهلة الاستعمال للاستخدام العملي.

فمثلاً نجد الفقرات« احرص عندما تحمل وثائق هامة أو أن الدقة العالية مقياس للتقنية، أو قم بتبريد المحلول قليلاً فتترسب المواد الصلبة» ويبين الشكل م.١ (ج) تحديد التابع الواصف للمصطلح اللغوي الملتبس، ويسمى هذا التابع بتابع العضوية (الانتماء) لأنه يبين علامة أو درجة العضوية لكل عنصر (القيمة الفيزيائية على المحور الأفقي) لمصطلح لغوي ملتبس يهم الدارس . فمثلاً الالفاظ اللغوية الملتبسة «بارد أو بارد قليلاً - لطيف البرودة قليلاً - لطيف البرودة - دافئ - ساخن - ساخن جداً».

اعتماداً على الحس المنطقي فإن علامة العضوية لدرجة ٢٠C في تابع« لطيف البرودة قليلاً» هي من دون لبس واحد (١,٠) وبمعنى آخر يمكن الجواب بنعم للسؤال« هل درجة حرارة ٢٠C متضمنة في لطيف البرودة قليلاً».

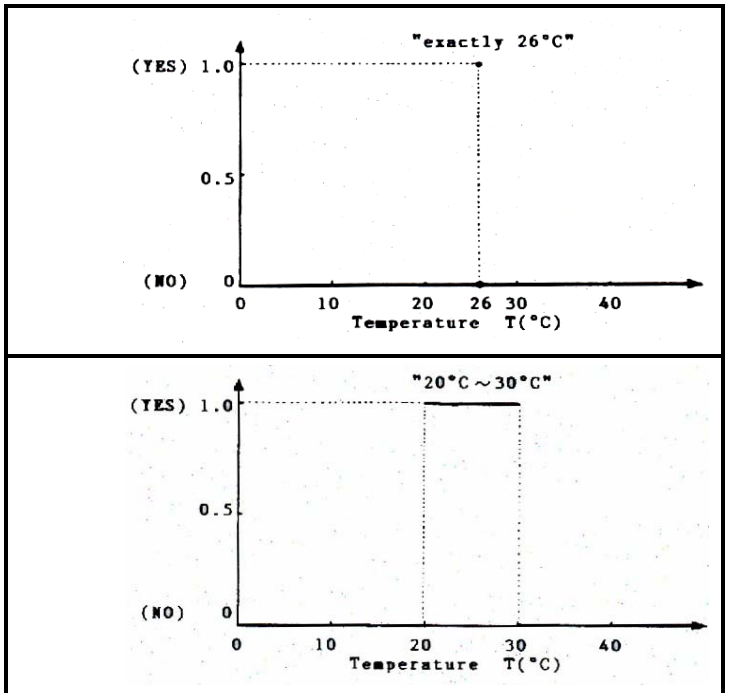
ومن جهة أخرى ماذا عن ٠C - ٥C – ٤٠C ...الخ؟ حيث يمكن الإجابة« لا» لهذه الأسئلة لأن علامات الانتماء لدرجات الحرارة ٠C – ٥C–٤٠C...الخ؟ من أجل درجة ١٤C ودرجة ٢٣C على التوالي، بالطبع فإن هذه العلامات تعطى بالبديهة أو بالحس العام لذلك فإن شكل تابع العضوية يختلف قليلاً من شخص إلى آخر. وعلى أية حال فإنه يمكن استعمال تابع العضوية لتعريف المصطلح اللغوي الملتبس، حيث يظهر تابع العضوية منحنياً مستمراً يتغير من 0 حتى 1 وبالعكس، وتمثل منطقة العبور هذه حدوداً ملتبسة للمصطلح وبحالة إحتواء المصطلح اللغوي الملتبس على قيم رقمية، مثلاً« حول ٢٠C» أو أعلى

بكثير من 30% ويسمى بالترقيم الملتبس.

يمكن اعتبار المصطلح اللغوي الملتبس كمجموعة من القيم التي علاماتها ليست فقط صفراً وواحداً ولكن تتراوح أيضاً من 0 إلى 1 لذلك تسمى هذه المصطلحات اللغوية الملتبسة بالمجموعات الملتبسة، حيث إنَّ كل قيمة وحيدة هي عنصر من مجموعات ملتبسة وتكون مرتبة في مجموعة المحادثة الشاملة، وتسمى الفترة الواقعة على المحور الأفقي حيث لا تكون علامات العضوية مساوية للصفر بالمرتكز.

تعرف المجموعات الملتبسة بواسطة علامات مميزة»labels« مثل (ضغط عالٍ، نحو درجة ٢٠C قليل، عادة، ...الخ). مع توابع العضوية، في حين نجد أنَّ الذكاء الصنعي التقليدي يقوم فقط على معالجة رمزية بالعلامات المميزة ويتوقع أن يكون الذكاء الصنعي في المستقبل مستعملاً لكلتيهما معاً، أي يستخدم المعالجة الرمزية بالعلامات المميزة وكذلك معالجة المعنى اعتماداً على توابع العضوية.

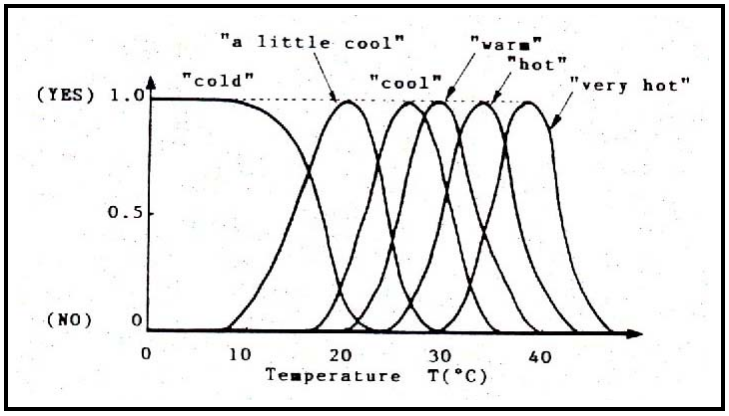
يمكن تمثيل تابع العضوية بتابع خطي لأن المهم هو الاستمرارية بين 0 و ١ وليس انحناء تابع العضوية، هذا ويمكن الحصول على خصائص المعاملات والعلامات المميزة بواسطة التعلم عند الحاجة.



(أ)

(ب)

(جـ)



الشكل (١): (أ) قيمة وحيدة، (ب) مجال مقصوم، (ج) مجموعات ملتبسة

م.٢- المنطق الملتبس:

إن أكثر توابع المنطق الملتبس استخداماً في مجال الهندسة هي (NOT) النفي (مكملة المنطق الملتبس) وMIN الأصغري (تقاطع المنطق الملتبس). وMAX الأعظمي (اتحاد المنطق الملتبس). يعرف مكمل المنطق الملتبس لوصف لغوي ملتبس»A« بواسطة 1-μA ويعني نفي»A« حيث μA تابع عضوية »A«، ففي حالة ساخن يكون المكمل هو غير ساخن ويفهم بشكل سهل من الشكل ١ (ج) حيث إنَّ غير ساخن لا يعني بالضرورة« بارداً». كما هو وارد في منطق جبربول.

إن أكثر التوابع المنطقية الملتبسة استخداماً والتي ينفذ فيها [MAX-MIN-OR-AND] على التوالي وتعرف بما يلي:

$$\text{Min}\ \{\mu_A,\mu_B,\mu_C,...,\mu_Z\}=\mu_A\wedge\mu_B\wedge\mu_C\wedge...\wedge\mu_Z$$
$$=\mu_K\ (\mu_K\le\mu_A,\mu_B,\mu_C,....,\mu_Z) \qquad (1)$$

$$\text{Max}\ \{\mu_A,\mu_B,\mu_C,...,\mu_Z\}=\mu_A\vee\mu_B\vee\mu_C\vee...\vee\mu_Z$$
$$=\mu_L\ (\mu_L\le\mu_A,\mu_B,\mu_C,...,\mu_Z) \qquad (2)$$

حيث $\mu_A,\mu_B,\mu_C,...,\mu_Z$ علامات توابع العضوية المتدرجة من 0 صفر إلى 1 واحد.

م.٣ - نمذجة النظـام:

لكي نستطيع التحكم بنظام ما فإنه يجب وصف التصرف الدقيق لهذا النظام، وذلك لتصميم المتحكم اللازم. ولاستخدام المعرفة في التصميم فإنه يجب وصف المعرفة بفعالية، ويمكن تصنيف وصف النظام أو المعرفة في ثلاثة أصناف: وهي المعادلات الرياضية والقواعد اللغوية والشبكات العصبونية الصنعية.

المعادلات الرياضية:

اعتمدت العلوم التقليدية ولا تزال على المعادلات الرياضية، لنمذجة الظواهر العلمية والطبيعية وكذلك التصرف الفيزيائي للنظم الصنعية، وهذه المعادلات تكون إما علائقية أو تفاضلية أو فرقية.

وتصف هذه المعادلات حركية النظم أو المعرفة عنها بشكل مبسط جداً، فإذا كانت العلاقة بين الدخل x والخرج f(x) ناتجة كما في المشكلة م.٢(أ) من معطيات التجربة فإنه يمكن وصف f(x) كالآتي: $f(x) = 1/30\ (x-3)^2$.....(3)

وبتعويض القيمة الرقمية لـ x (قيمة الدخل أو ما يحيط بها) نحصل على القيمة الرقمية للخرج أو النتيجة.

ويظهر في وصف نظام ما بمثل هذا النوع من المعادلات تبسيطاً واضحاً، وحيث إنَّه من الصعب إجراء تمييز مباشر ودقيق لأثر المعاملات من هذه العلاقة المعطاة وخاصة في حالة نظام له معاملات متعددة، كذلك فإنه من الصعب جداً إعادة تحديد هذه المعادلة عند تغيير العلاقة بين x و f(x)، لذلك فإن مثل هذه المعادلة غير مناسبة للنظم المعقدة مثل النظم غير الخطية أو النظم المتغيرة المعاملات زمنياً؛ أي أنه كلما زاد تعقيد النظام فإنَّ احتمال وصف النظام عبر معادلات رياضية يتناقص.

م.٤ القواعد اللغوية:

يمكن وصف العلاقة بين x و f(x) بمجموعة من القواعد اللغوية التي يمكن أنْ تأخذ الشكل النموذجي الآتي:

القاعدة i: إذا كانت x هي Ai فإن التابع f(x) هو Bi (حيث $i = 1,2,\ldots,n$) حيث x متحول مستقل و f(x) متحول غير مستقل، أما A_i و B_i فثوابت لغوية و N عدد المعطيات التجريبية. وتسمى "بقواعد إذا حدث هذا فإن ذلك ينتج IF THEN rules" بسبب شكلها ويقال عن الجزء الأول IF - Clause بالمقدمة والجزء الثاني بالنتيجة، ويمكن تصنيف القواعد اللغوية في فئتين اعتماداً على الثوابت اللغوية A_i و B_i .

م٤. ١ـ قواعد لغوية باستعمال لغة محددة جداً (معلومات مقصومة أو قيم رقمية دقيقة، مثل $80, 50^o, 70^o, 90^o$ غ الخ كما هو مبين بالشكل ٢ (أ) و٢ (ب)، وينتمي الذكاء الصناعي AI التقليدي إلى هذه الفئة.

ويعطينا الشكل ٢ (ب) القواعد المقصومة التالية:

القاعدة ١: إذا كانت x تساوي $2-$ فإن $f(x)$ تكون $25/30$

القاعدة ٢: إذا كانت x تساوي $1-$ فإن $f(x)$ تكون $16/30$

القاعدة ٣: إذا كانت x تساوي 0 فإن $f(x)$ تكون $9/30$

القاعدة ٤: إذا كانت x تساوي 1 فإن $f(x)$ تكون $4/30$

القاعدة ٥: إذا كانت x تساوي 2 فإن $f(x)$ تكون $1/30$

القاعدة ٦: إذا كانت x تساوي 3 فإن $f(x)$ تكون 0

القاعدة ٧: إذا كانت x تساوي 4 فإن $f(x)$ تكون $1/30$

القاعدة ٨: إذا كانت x تساوي 5 فإن $f(x)$ تكون $4/30$

القاعدة ٩: إذا كانت x تساوي 6 فإن $f(x)$ تكون $9/30$

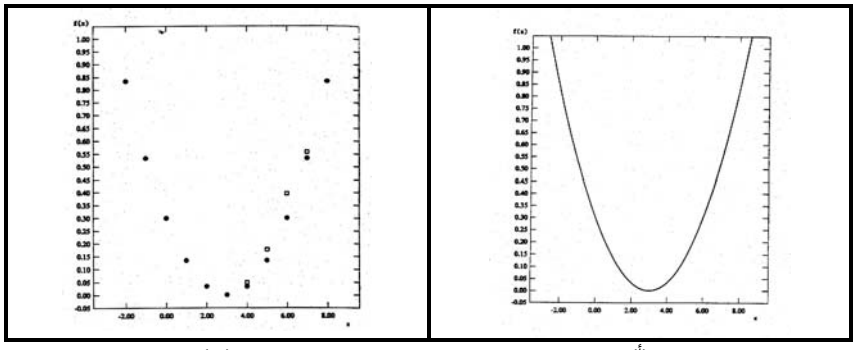
القاعدة ١٠: إذا كانت x تساوي 7 فإن $f(x)$ تكون $16/30$

القاعدة ١١: إذا كانت x تساوي 8 فإن $f(x)$ تكون $25/30$

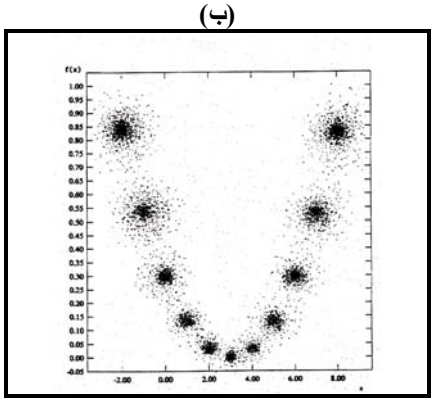
إن أهم ميزة لهذا الوصف هو السهولة الكبيرة لإجراء تغيير في وصف النظام إذا دعت الظروف المتجدة إلى ذلك أو عند حدوث تغييرات محلية بالنظام كما هو مبين بالمربعات الظاهرة بالشكل ٢ (ب)، حيث نحتاج فقط إلى تغيير القيم الموافقة في المقدمة والنتيجة في قواعد IF - THEN فمثلاً في القاعدة ٧ نقوم بتغيير النتيجة من $1/30$ إلى $1/20$ والقاعدة ٨ بتغيير النتيجة من $4/30$ إلى $10/57$، والقاعدة ٩ من $9/30$ إلى $2/5$ والقاعدة ١٠ من $16/30$ إلى $5/9$ لأن كل القواعد مستقلة عن بعضها بعضاً، وهذا يعني أن قواعد IF-THEN مناسبة لنظم التعلم ونظم الترتيب الذاتي، والنظم المتكيفة..الخ.

من جهة أخرى هنالك بعض السلبيات لهذه الطريقة فعندما تعطى الحقيقة $x = +1$ فإننا نحصل على النتيجة $4/30$ من تطابق المعطيات بين الحقيقة والمقدمة في القواعد IF - THEN.

وتسمى هذه الطريقة لإيجاد النتيجة بالاستدلال (Inference) أو التفكير التقريبي ولكن الحقيقة $x = +1.5$ لا تعطي النتيجة من القواعد لأنه لا يوجد لها مقدمة تطابق تماماً الحقيقة $x = +1.5$، وهذا يبين أن الاستدلال اعتماداً على قواعد مقصومة حادة ضعيف جداً بحالة وجود خلل أو شائبة بالمعرفة أو حقيقة مغلوطة ولو بشكل طفيف جداً، أو وجود ضجيج بالإشارات المقاسة أو عند حدوث تغيير بالحقائق. مما يستدعي وجود قاعدة معلومات ذات نطاق واسع جداً للحصول على أداء هام. لذلك فإن هذا النوع من الاستدلال يهدر الوقت والذواكر بسبب إجراء عملية تطابق المعطيات التتابعية بين الحقيقة وقاعدة معطيات كبيرة جداً



(ب) (أ)



(ج)

الشكل م (٢)

(أ) مثال على نظام موصوف بمعادلة رياضية.
(ب)مثال على نظام موصوف بمجموعة من القواعد اللغوية بلغة محددة بشكل (قواعد مقصومة).
(ج) مثال على نظام موصوف بمجموعة من القواعد اللغوية المحددة بشكل ملتبس(قواعد IF THEN الملتبسة أو باختصار قواعد ملتبسة وتعطي القواعد الملتبسة علاقة مستمر بين x و $f(x)$ عبر الاستدلال الملتبس ونزع الالتباس).

بالإضافة إلى ذلك يجب ألاّ يحتوي نظام الاستدلال على قواعد متناقضة في قاعدة المعلومات مما ينتج عنه نتيجتان متناقضتان من حقيقة واحدة.

ويمكن أن تظهر هذه السلبيات كذلك في نظم الذكاء الصنعي (AI) الحديثة، حيث إنَّ هذا النوع من الاستدلال يعتمد فقد على المعالجة الرمزية وليس على معالجة معنى المصطلحات اللغوية.

م.٤. ٢- القواعد اللغوية بلغة غير محددة وملتبسة (قواعد IF THEN الملتبسة):

في هذه الفئة تمثل كل التحديدات اللغوية بواسطة لغة غير محددة (معلومات ملتبسة غائمة وكلمات غير مؤكدة وقيم رقمية تقريبية الخ.. مثل الأوصاف الملتبسة منظر جميل، درجة حرارة عالية – ثقيل، طاقة ضعيفة نحو 52 كغ، الخ..).

حيث تستعمل القواعد اللغوية الملتبسة (IF THEN RULES) لوصف العلاقة بين x و $f(x)$، فمثلاً كما هو مبين بالشكل ٢ (ج) وبما يأتي:

القاعدة 1: إذا كانت x نحو $2-$ فإن $f(x)$ تكون نحو $25/30$

القاعدة 2: إذا كانت x نحو $1-$ فإن $f(x)$ تكون نحو $16/30$

القاعدة 3: إذا كانت x نحو 0 فإن $f(x)$ تكون نحو $9/30$

. . .

. . .

حيث تجرى عملية التباس بين x و $f(x)$ بالشكل 2 (ب) لجعل العلاقة بينهما مستمرة كما في الشكل 2 (ج). وهذه العلاقة المستمرة الملتبسة تعطي نتائج معقولة لأي حقيقة مثل الخ.. $x = -1.5 + 3.2 + 4.3$. عبر استدلال ملتبس ونزع التباس. هذا و إن عملية الالتباس ومن ثم نزعه تسهل استكمالاً معقولاً لوجود معطيات أقل من الحالة التقليدية. بحيث يسمى الاستدلال الملتبس (الغائم) بالاستدلال الإشكالي والذي يوفر دارات الذاكرة. ويبدي الاستدلال الملتبس مع القواعد الملتبسة تشابهاً لتابع معادلة رياضية.

وإنَّ إعادة أو تغيير القواعد الملتبسة أسهل بكثير من تغيير المعادلة الرياضية. عند تغيير خواص النظام. فبهذه الحالة يكتفي بإضافة أو تغيير قاعدة أو أكثر في حين يجب إعادة حساب درجة ومعاملات المعادلة الرياضية من المعادلات الآتية:

إن الخواص المميزة لهذه الطريقة الوصفية هي كالآتي:

١- مناسبة لوصف نظام معقد عبر كمية قليلة من المعرفة.

٢- سهولة اختيار الكلمات المستخدمة في القواعد الملتبسة من خلال بضع كلمات قليلة مصنفة.

٣- سهولة تذكر المعرفة.

٤- سهولة اتصال المصمم مع الآخرين باستخدام لغات طبيعية ملتبسة.

فيما يعتمد الاستدلال العادي (الذكاء الصنعي AI التقليدي) على المعالجة الرمزية فإن الاستدلال الملتبس أو التفكير التقريبي يعتمد على المعالجة الرمزية ومعالجة المعنى معاً.

يمكن للقواعد اللغوية (القواعد المقصومة والقواعد الملتبسة) تمثيل خوارزمية الاستدلال بشكل صريح في حين تمثل الشكبات العصبونية الصنعية خوارزمية الاستدلال بشكل ضمني، لهذا تسمى القواعد اللغوية بالقواعد الهيكلية.

أما الشكبة العصبونية الصنعية فتسمى بالقواعد غير الهيكلية.

م. ٥ الشبكات العصبونية الصنعية:

يمكن وصف نظام ما عن طريق توزيع المعاملات والمثال النموذجي لها هي الشبكات العصبونية

الصنعية.

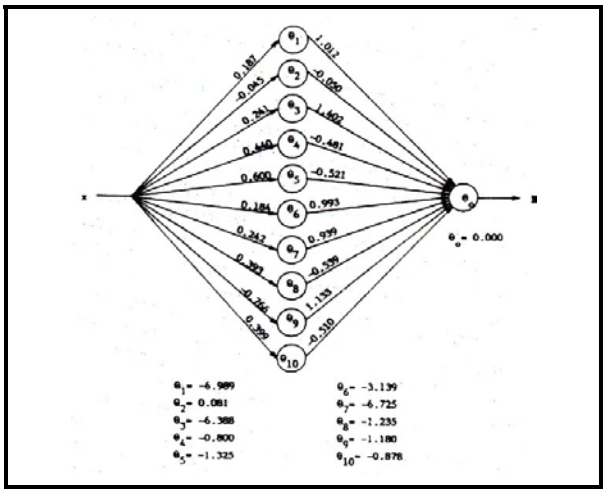
إنَّ هيكلية الشبكة العصبونية هي عبارة عن تكرار بسيط لعناصر تراكمية، والعنصر التراكمي عبارة عن نموذج لعصبون فيزيائي في الشبكة العصبية في الجسم الحي. عندما يخصص الوزن W_{ij} $(i = 1,2,K\ ,n)$ لدخل الإشارة P_i للخلية J وكذلك θ_j مستوى العتبة و q_i إشارة الدخل وكلاهما للخلية J فتكون إشارة الخرج معطاة بما يلي:

$$q_j = h\left(\sum W_{ij} - P_i.\theta_j\right)$$

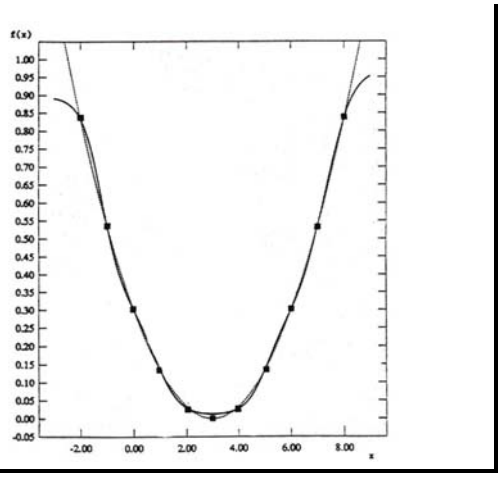
حيث h هي تابع شبه أسي بالشكل:

$$h(x) = \frac{1}{1+\exp(-x)}$$

(أ)



(ب)



الشكل م.3

(أ) مثال على نظام موصوف بتوزيع المعاملات، أي بوزن اتصالات الخلايا العصوبنية والعتبات في شبكة عصبونية صنعية، حيث لا يمكن التقدير من النظرة الأولى على كيفية استجابة الخرج $f(x)$ للدخل x.

(ب) خصائص الدخل – الخرج (الخط المستمر) للشبكة العصبونية الصنعية بعد 10000 مرة تعلم بواسطة إحدى عشرة (مربعات) معلومة كما في الشكل م.2 (ب) و م.٢ (ج)، ويبين الخط المنقط النظام المنمذج .

وباستخدام النموذج العصبوني يمكن توصيف العلاقة بين x و $f(x)$ كشبكة عصبونية كما هو مبين بالشكل 3 (أ)، حيث حصل على توزيع المعاملات مثل مستويات العتبة θ_j والأوزان W_{ij} بعد 10.000 عملية تعلم وبواسطة حجم المعطيات نفسها (11 معطية) لقواعد IF THEN.

ولقد حسبت خواص الدخل – الخرج لهذه الشبكات العضوية الصنعية ويبينها الشكل 3 (ب) ، مما يظهر قابلية هذه الشبكة للاستكمال بشكل مشابه للاستدلال الملتبس، ولكن من الصعب إدراك كيفية تصرف الشبكة العصبونية إذا نظرنا إلى توزيع معاملاتها، كما أننّا لا نستطيع تقدير عدد العصبونات ولا عدد طبقاتها اللازمة للوصول إلى التعرف على النمط أو لحل المسائل المطروحة بشكل سلس وسريع، كما أنه لاتوجد ضمانات لحدوث تقارب في عملية التعلم، وبحالة تغير تصرف النظام المدروس نموذجه فإنه يجب تطبيق عملية تعلم مشابهة جديدة للشبكة العصبونية وإيجاد توزيع أوزان وعتبات جديدة مرة أخرى، وفي بعض الحالات لا يمكن الوصول إلى هدف معقول، ويمكن القول إن هنالك القليل من المرونة في تصميم الشبكات العصبونية كما في النظم الملتبسة، وهذه أحد الأسباب التي جعلت تطبيق الاستخدامات العملية بالنظم الملتبسة أكثر منه في الشبكات العصبونية الصنعية في اليابان.

المراجـع

1- Bart Kosko., "Fuzzy Engineering", Prentice – Hall, Upper saddle River, New Jersey, U.S.A 1997.

2- Bollinger, John G., and Duffie, N.A "Computer Control of Machines and Processes" Addison – Wesley, Inc. 1988.

3- P. B. Deshpande R. Z. Tartalean. "Artificial Neural Networks and Application" Proceedings of Arab School on Large Scale Control Systemes, Kuwait Nov. 2000.

4- Dubois, J. et Gershon, N. "Modeling Complex Sata for creation information" Springer – Verlag Berlin, Germany 1996.

5- M. Gupta and D. Rao. "Neuro – Control Systems: Theory and applications, IEEE Press, N.Y. U.S.A. 1994"

6- Ibrahim, Ahmed. "Introduction to Applied Fuzzy Electronics" Prentice – Hall, Upper Saddle River, N.J. U.S.A. 1997

7- H. Bahar and D. Horroks. "Dynamic Weight estimation Using A.N.N." A. I in Engineering – Elsevier – Science, G.Britian 1997

8- C. L. Philips and H.T.Nagle. "Digital Control System Analysis and Design" Prentice – Hall, Englewood clifs, N.J. U.S.A. 1984

9- S.G. Kong and B.Kosko. "Adaplive Fuzzy System" IEEE trans. On N.N. March 1992 P. 211-223.

10- Y.Ichikawa and T.Sawa. "N.N. Application for direct feedbach Controllers". IEEE Trans. On N.N. March 1992 P. 224-231.

11- Proceedings on Applications of Fuzzy Systems, ICAFS, Tabriz Univ., Iran 1994

12- R. Hecht – Nielsen. "Neurocomputing" Addison – Wesley Pub. 1990

13- Y.Kamp et M. Hasler. "Reseaux de neurons recursife pour memoine associatives". Presse Polytechnique of Universitaire Romandes, Lausanne, Suisse 1990

14- D. Hush and B.Horne. "Progress in Supervised N.N." IEEE Signal Processing Magazine Jan. 1993.

15- Y.Iiguni, H.Sakai and Tokumara. "A non – Linear Regulator Using

M.N.N. IEEE Trans. On N.N. P. 410-417. July 1991"

16- Winstanley, Granham. "Artificial Intelligence in Engineering" John Willey & Sons Ltd. Suzzex England 1991.

17- Takeshi Yamakawa. "Intrinsic Fuzzy Electronic Circuits, For Sixth generation computer in Fuzzy computing" North Holland Eds. 1988.

18- L.A.Zadeh. "Fuzzy sets in information and Control" Academee Press N.Y. 1965.

19- Venkat Venkatasubramanian. "Expert Systems: Principles and Applications" Proceedings of Arab School on Industrial Control Systems. Kuwait Nov. 2000.

20- Z. Ogonowski J.Noscinski. "Advanced Control with Matlab and Simulink". Ellis Harwood limittel, Hertfordshire, G.Britain. 1995.

21- D.M.Etter. "Engineering Problem Solving. With Matlaf" prentice Hall, N.J , U.S.A , 1993

٢2- العرفي، هادي.« نظم التحكم الآلي» منشورات جامعة دمشق كلية هـ.م.ك ١٩٨٣.

٢٣- العرفي، هادي «أسس برمجة الحاسبات» منشورات جامعة دمشق كلية هـ.م.ك. ١٩٨٥.

٢٤- ريشة، حسان. "القياسات الإلكترونية" منشورات جامعة دمشق. كلية هـ.م.ك ١٩٨٣.

٢٥- الأزرق، أحمد. "الحاسبات الإلكترونية". منشورات جامعة دمشق. كلية هـ.م.ك ١٩٨٣.

تاريخ ورود البحث إلى مجلة جامعة دمشق: ٢٠٠١/٤/١١.