بحوث قسم الفلسفة

مقاربات المنطق الغائم ونمذجة اللايقين

م. م/ هدي مُحَمَّد قرني سالم
مدرس مساعد بقسم الفلسفة
كلية الآداب والعلوم الانسانية
جامعة قناة السويس

الملخص:

يهدف هذا البحث إلى إلقاء الضوء على أهم الأسباب التي أدت إلى انهيار المنطق الكلاسيكي، وإلقاء الضوء على ماهية المنطق الغائم التي تميزه عن الأنساق المنطقية التقليدية، فالمنطق الغائم هو منهج للتفكير يماثل التفكير البشري طالما أنه يسمح بالقيم والاستدلالات التقريبية والبيانات الغامضة أو الناقصة، بدلاً من الاعتماد على البيانات الواضحة التي تتضمن اختيارا ثنائيا (نعم /لا)، وأهم الانتقادات التي وجهت للمنطق الغائم، كما يتناول البحث نظرية الفئات الغائمة التي قدمها لطفي زاده عام ١٩٦٥، حيث يمكن للفئة الغائمة أن تعبر عن الغموض، وتعدد المعني الذي تتضمنه معظم اللغات الطبيعية.

الكلمات الافتتاحية: المنطق الغائم – الغموض – اللايقين – الفئات الغائمة

Abstract:

This research aims to shed light on the most important reasons that led to the collapse of classical logic, and shed light on the nature of the fuzzy logic, that distinguishes it from traditional logical formats. The clear, which includes binary choice (yes / no), and the most important criticisms leveled at fuzzy logic. The research also deals with the theory of fuzzy sets, which was presented by Lotfi Zadeh in 1965, where the fuzzy category can express vagueness, and the multiplicity of meaning contained in most natural languages.

Key words: Fuzzy logic–Vagueness– Uncertainty– Fuzzy sets

المقدمة

ظل المنطق الأرسطي متربعًا على عرش الفكر الانساني لما يقرب من ألفي سنة، واعتبره المفكرون بمثابة الآلة التي تعصم الفكر من الخطأ. ولقد وضع أرسطو قوانين الفكر ومن أهمها قانون الثالث المرفوع أو الوسط الممتنع Law of excluded middle، ومفاداه «إما أ أو ليس أ»، فلا يمكن أن يكون أ وليس أ معاً، بل لابد من اختيار أحدهما لأن كلاً منهما يستبعد الأخر. ولهذا يُعد المنطق الأرسطي منطقًا ثنائي القيم، فالحكم على الأشياء لا يكون إلا من خلال قيمتي الصدق والكذب فقط.(١)

بذلك يمكننا القول إن المنطق الارسطي قد تجاهل ثراء الواقع ، ولم يعترف إلا بقيمتين فقط لأحكام الصدق رغم إمكانية «تعدد» درجات الصدق أو الحقيقة. من ناحية أخري تزخر اللغات الطبيعية للإنسان بكلمات وعبارات تصف الواقع الذي يجد الإنسان نفسه حائراً في أمره؛ لا يستطيع اتخاذ قرار بعينه، ولا يتمكن من تمييز شيء ما وتبين ملامحه، ولذا فإن كلمات مثل: الابهام، الغموض، الالتباس، المواربة، التضارب ، التناقض، والتشويش. وعبارات مثل: عدم الوضوح، اللادقة، اللاتحديد، وهذه الكلمات تعكس هي وغيرها وجهاً أخر من أوجه مفهوم « اللايقين ».(٢)

على هذا يمكننا القول إن المنطق الارسطي، وما أنبني عليه من أنساقٍ منطقية يختزل ثراء ألوان الواقع المعيش والملموس إلى لونين فقط هما: الأبيض والأسود، رافضًا الاعتراف حتى بوجود الرماديات، أي المنطقة الوسط بين الابيض والاسود، الصدق والكذب، أو الواحد والصفر.

من هنا تتجلى مشكلة هذا البحث في التساؤلات الآتية:

(١) ما أسباب انهيار المنطق التقليدي والكلاسيكي؟

(٢) كيف يمنحنا المنطق الغائم أداة لصياغة منطق التفكير البشري الذي يذخر بالمفاهيم الغامضة وغير الدقيقة؟

(٣) ما الفرق بين المنطق الغائم والأنساق المنطقية التقليدية والكلاسيكية؟

أولاً: أسباب انهيار المنطق التقليدي والكلاسيكي:

لم يكن العلم مهتمًا إلا بالكشف عن الحقائق الواضحة، ومن ثم فإن العلوم الفيزيائية والرياضيات والمنطق يفترض كل منهم عالمًا من الأبيض والأسود لا يتغير؛ فكل القوانين إما تنطبق أو لا تنطبق، أي إما أن تكون صادقة أو كاذبة، ويعود هذا الايمان القوي إلى المنطق التقليدي الأرسطي ثنائي القيم وامتداداته الكلاسيكية.

نتيجة لذلك برزت الحاجة بقوة إلى تجاوز قانون الثالث المرفوع وتطوير المنطق الرمزي الكلاسيكي إلى ما يعرف منذ ذلك الحين بالمنطق متعدد القيم Many-valued logic، الذي لا يقتصر فيه الحكم المنطقي على استخدام قيمتي الصدق المعروفتين (صادق، كاذب) بحيث تكون القضية فقط صادقة أو كاذبة، بل تتعدد قيم الصدق بينهما بما يسمح باستخدام قيمة الصدق الثالثة، أو الرابعة،... ، وصولاً إلى النسق المنطقي ذي العدد اللامتناهي من

ثمة أسباب رئيسة مترابطة أدت إلى زعزعة العلم والرياضيات واهتزاز الثقة في المنطق الكلاسيكي ثنائي القيم، مما دفع العلماء والمناطقة إلى إعادة التفكير في العلم والرياضيات ومحاولة تجاوز قانون الثالث المرفوع، والخروج من ثنائية الصدق والكذب الكلاسيكية استجابة لمتغيرات العصر وطبيعة العلم النامية المتطورة، تتمثل هذه الاسباب في: رمادية الواقع، المفارقات المنطقية، مبدأ اللايقين، مبدأ التتام، ونظرية الفوضى.

١ – رمادية الواقع: تتسم حياة الناس اليومية بعدم الدقة واللايقين والإبهام، والمعرفة الإنسانية مهما بلغت من تقدم هي معرفة ناقصة، والبشر في مجال معاملاتهم يحيط بهم اللون الرمادي، لأن المعلومات غير كاملة ولا تتسم بالدقة.(٤) وعلى الرغم من أن العالم ممتلئ بمثل تلك الأشياء الرمادية Grayness، إلا أن العلماء قد حولوا هذه الرماديات إلى أشياء إما بيضاء أو سوداء؛ فهم لا يرون العالم إلا من خلال الأبيض أو الأسود فقط، لأنهم بذلك يجعلون العالم أكثر بساطة مما لو كان عالماً رمادياً.(٥)

٢ – المفارقات المنطقية: أدي الكشف عن المفارقات المنطقية إلى التشكيك في يقين الرياضيات ثنائية القيمة، وأيضًا إلى اهتزاز الثقة بالمنطق الكلاسيكي، وذلك لأن هذه المفارقات إنما نشأت عن الاعتقاد في "أ أو ليس أ".

والمفارقة Paradox هي قضية تحتمل الصدق والكذب في آن واحد، أو بعبارة أخري هي حجة استنباطية محكمة تبرهن على الحكم ونفيه في آن واحد.(٦) أو هي محاكمة تبرهن على صدق وكذب الحكم في آن واحد، أو تبرهن على الحكم ونفيه في وقت واحد.(٧)

ولعل أبرز مفارقة كشفت بالفعل عن وجود قصورٍ ما في المنطق ذاته، أو الرياضيات ذاتها، هي مفارقة رسل، المعروفة باسم مفارقة مجموعة كل المجموعات Set of sets التي لا تكون أعضاء في ذواتها. وهذا النوع من المفارقات يظهر وجود خطأ في النسق المنطقي والرياضي لاحتوائه على حدود منطقية أو رياضية مثل "فئة " و "عدد". ومثال على الفئات التي ليست أعضاء في ذاتها فئة «الزهور»، فهي ليست عضواً في ذاتها لأن أعضائها تكون زهوراً. والامر كذلك بالنسبة للفئات الأخرى لأن أعضائها تكون أفراداً وليس فئات. ولكن إذا ما تناولنا "فئة كل الفئات"، هل تكون عضواً في ذاتها؟ نعم، ففئة كل الفئات هي نفسها فئة ومن ثم تكون عضواً في ذاتها لأن أعضائها فئات. ولكن هل فئة كل الفئات التي لا تنتمي لذاتها (مثل فئة الزهور) تنتمي لذاتها؟ إذا قلنا إنها لا تنتمي ففي هذا تناقض لأنها بالتعريف فئة الفئات التي لا تنتمي لذاتها. وبذلك أينما صنفنا الفئة وقعنا في تناقض، لأنه إما أ أو ليس أ. وبذلك وقعت الرياضيات في أزمة.

تناول المنطق الغائم المفارقات على أنها نصف حقائق، يتحقق فيها أ وليس أ، وتكون أ صادقة بنسبة ٥٠% فقط، وتكون ليس أ صادقة بنسبة ٥٠% فقط؛ فالمفارقات إذن نصف صادقة ونصف كاذبة، أي أنها على مسافة متساوية من أركان الأبيض والأسود.(٨)

٣ – مبدأ اللايقين: شهد القرن العشرين العديد من التغيرات الجذرية في العلم والرياضيات، وأحد هذه التغيرات هو التغير الذي يتعلق بمفهوم اللايقين. ولقد اتضح هذا التغيير في العلم من خلال التحول التدريجي من وجهة النظر التقليدية التي تصر على أن اللايقين مفهوم غير مرغوب فيه داخل العلم ويجب تجنبه بكل السبل الممكنة، إلى وجهة النظر الحديثة التي تتسامح مع مفهوم اللايقين وتصر على أن العلم لا يمكن أن يتجنبه. ووفقًا لوجهة النظر التقليدية يجب أن يناضل العلم من أجل اليقين بكل مظاهره (الدقة، التحديد، الصرامة، الاتساق)، ومن ثم فاللايقين (عدم الدقة، اللاتحديد، الغموض، عدم الاتساق) يُنظر إليه على أنه مفهوم غير علمي، أما وفقا لوجهه النظر الحديثة فإن مفهوم اللايقين يُعد مفهومًا أساسيًا في العلم، فهو ليس فقط مصدر إزعاج لا يمكن تجنبه، بل إن له في الواقع فائدة عظيمة.(٩)

وضع هيزنبرج Heisenberg (١٩٠١-١٩٧٦) – عالم الفيزياء الألماني – مبدأ الاحتمال أو اللايقين Principle of Uncertainty سنة ١٩٢٠م كنتيجة لعدم إمكانية التحقق

من موضوع وسرعة إلكترون بعينه في لحظة معينة على وجه اليقين، لأن موضع الإلكترون يختلف من ثانية إلى أخري. وبذلك يكون من المحال التوصل إلى تحديد مطلق اليقين.(١٠)

لقد كشف مبدأ اللايقين عن زيف الادعاء بالحقائق المطلقة واليقين المطلق، وبين أن في أي معرفة قدراً من اللايقين يزداد وينقص بدرجة معينة، وما من طريق للتخلص منه. كما أكد أن أية قسمه صارمة في عالم الكم بين الذات والموضوع أو بين الموضوع المقاس وأداة القياس قسمة تعسفية غير منطقية. لذا تخلى العلم المعاصر عن مفاهيم الحتمية واليقين والموضوعية وأحل محلها مفاهيم اللاحتمية واللايقين واللاموضوعية، وتخلي المنطق بدوره عن الحقيقة المطلقة واستبدل بها حقائق جزئية أو درجات متباينة من الصدق المنطقي.

٤ – مبدأ التتام: كذلك تنطوي قاعدة التتام التي وضعها نيلز بور على أن معرفة أحد الأشياء تمنع بالضرورة معرفة الأشياء الأخرى. وتعني نظرية الكوانتم أنه يجب علينا أن نتخلى عن حلم أصحاب مذهب الحتمية وهو إمكان معرفة كل شيء. كما أننا عندما نبحث عن العشوائية فإن أفضل مناطق البحث عن الفوضى هي الذرة، حيث لا توجد عشوائية كالعشوائية الكمية – فإذا اختبرنا عمليات من نوع الاضمحلال النووي الاشعاعي إلى جسيمات، فإنها تجتاز بنجاح جميع اختبارات العشوائية. حيث إن مكان وزمان اضمحلال الذرة عشوائيان حقاً.(١١)

كما شكل مبدأ التتام انزياحاً عن نمط التفكير الانفصالي، على المستوي النظري والمنطقي، وساهم في نقلة نوعية في الفيزياء الكوانتية، حيث لم تعد إحدى الطبيعتين – الموجية أو الجسيمية – بمفردها تستنفد الواقع الفعلي للضوء وإنما كلتاهما تتمم الأخرى، ولم يعد الفصل بين الذات والموضوع ممكنًا لأن بينهما تفاعلا متبادلا. وتكمن أهمية هذا المبدأ في النظر إلى كلتا الطبيعتين على أنهما ليستا متناقضتين، الامر الذي يقتضي استبعاد إحداهما الأخرى، بل كلتاهما مختلفة وتشكلان معاً ظاهرة واحدة في الضوء.(١٢)

وبذلك أوجد هذان المبدان (مبدأ اللايقين والتتام) طريقة جديدة في التفكير ساهمت فيما بعد في تعزيز التفكير الغائم بدلا من المحدود والصارم.

٥ – نظرية الفوضى: كان لظهور نظرية الفوضى المهتمة بالتعقيد وصعوبة التنبؤ أثراً كبيراً في استرعاء انتباه لطفي زاده Lotfi zadeh (١٩٢١ – ٢٠١٧) لضرورة معالجته بطريقة أكثر أتقاناً من نظرية الاحتمالات، وضعت نظرية الفوضى حداً للتنبؤ بسلوك الظواهر المعقدة، وبمنظومات معقدة ديناميكية غير متوازنة تتغير تغيرات لا خطية.

أحدث ظهور نظرية الفوضى تغيراً جذرياً في مهمة العلم، فبدلا من أن تكون مهمته الأساسية مقصورة على البحث عن القوانين العامة، التي تتيح له التنبؤ اليقيني بالأحداث وتوفر له وصفاً دقيقاً للأحوال المستقرة، أصبح في بؤرة اهتمام هذه المهمة دراسة التغيرات والتحولات المحكومة بعنصر المصادفة، والتي لا يمكن التنبؤ اليقيني بحدوثها. أوضحت نظرية الفوضى منظوراً بالغ الجدة لسلوك المنظومات المعقدة، منظوراً ينهار فيه التمييز بين "الفوضى" و"الترتيب"، و"التغير" و"الاستقرار". فال "الفوضى" و"الترتيب" هما وجهان للعملة نفسها، و"التغير" و"الاستقرار" هما أيضاً وجهان مختلفان للعملة ذاتها. وفي نهاية المطاف، فإن نظرية الفوضى، هي علم دراسة " العمليات" لا دراسة " الحالات"؛ أي إنه علم همه الأول دراسة " الصيرورة" Becoming لا دراسة " الكينونة" Being.(١٣)

لقد أثارت هذه النظريات كثرة من الإشكاليات المتعلقة بالغيمة والغموض التي لا تكفي الطرق التقليدية لمعالجتها. كما يمكننا القول أن "الغيمة " منتشرة في حقول معرفية متشعبة. وتُعد الأرض المشتركة لكافة العلوم. وقد اهتم المنطق الغائم بالغيمة وتعيناتها على المستويات الثلاثة: الانطولوجية، الأبستمولوجيا، والسيمانطيقية. وهذا إنما يدل على أن المنطق الغائم أداة أكثر ملائمة واتقاناً من المناهج التقليدية.

- على المستوي الانطولوجي: نقصد بالغيمة غموض الظواهر الواقعية وتعقيدها؛ فللغموض معان عدة:

"الانتقال التدريجي الانسيابي بين حالتي التحقق الفعلي واللاتحقق الفعلي، أو بالعكس، والتداخل بين هاتين الحالتين الكيفيتين، أو بين كثير من الحالات الممكنة بينهما". أو التداخل بين الميادين المتعددة. ويقابل أيضا "الحالات التي قد لا يتفق في شأنها الشخص نفسه. في سياقات متعددة". وقد يحول هذا التداخل دون إمكان الفصل الحاد بين الظواهر أو الميادين المتداخلة. ويعد الغموض صفة ملازمة وكامنة في بعض الظواهر الواقعية وليس صفة عرضية يمكن تجاهلها أو التخلص منها.

- على المستوي الابستمولوجي: يهتم المشتغلون بالمنطق الغائم بأشكال اللايقين، التي من أهمها: اللايقين اللامعرفي، أو الناتج عن أسباب غير معرفية، أي متغيرات بعضها منظم وبعضها عشوائي؛ واللايقين المعرفي الذي يتضمن اللايقين الذاتي، أو الناتج عن تفاوت

الخبرات البشرية، واللايقين المفتقر إلى اكتمال المعرفة. أو اللايقين الناتج عن الغموض والتعقيد.

- على المستوي السيمانطيقي: يعد الالتباس في اللغة الطبيعية الذي يهتم به المشتغلون بالمنطق الغائم هو ما يسمح بتعدد الفهم والتقريب وفقا للغرض المراد تحقيقه، وسواء تعلق الأمر بالغموض أم باللايقين أم بالالتباس، فالتغير الانسيابي والتداخل هما ما تستطيع المجموعات الغائمة تمثيله، خصوصا في ميدان العلوم الانسانية والاجتماعية، لكون الظواهر فيهما أكثر تداخلاً وأشد تعقيداً من الظواهر الطبيعية.(١٤)

ثانيًا: تعريف المنطق الغائم:

يقول لطفي زاده: هل هناك حاجة لمنطق غائم Fuzzy logic؟ سؤال مرتبط بتاريخ طويل من النقاش والحوار الحيوي والحماسي Spirited discussion يعود إلى نشر بحثي حول الفئات الغائمة في سنة ١٩٦٥م. طوال تاريخ المنطق الغائم المبكر كان في الغالب موضوعا للشك والسخرية، ويرجع ذلك جزئيا إلى استخدام كلمة "غائم" Fuzzy التي تستخدم بشكل عام بمعني الازدراء والتحقير".(١٥)

أيضا هناك العديد من المفاهيم الخاطئة حوله؛ فالمنطق الغائم ليس غائماً، ولكنه في الأساس منطق دقيق لعدم الدقة والتفكير التقريبي، ويمكن النظر إلى المنطق الغائم على أنه محاولة لإضفاء الطابع الصوري Formalization/الآلي Mechanization على قدرات بشرية بارزة، مثل أولاً: القدرة على التحدث والحوار، التفكير، وصنع قرارات عقلانية في بيئة من عدم الدقة واللايقين وعدم اكتمال المعلومات، والمعلومات المتضاربة، باختصار بيئة من المعلومات الناقصة. ثانياً: القدرة على تنفيذ مجموعة متنوعة من المهام المادية والعقلية دون أي قياسات وحسابات.(١٦)

من ناحية أخري، فإن المنطق الغائم ليس منطقًا غامضًا ذو نتائج غير واضحة. على العكس، إنه أداة صارمة تمكن البشر من التغلب على المزيج الدقيق من عدم الدقة وعدم اليقين في العالم الواقعي. تعتمد طريقة التفكير الجديدة هذه على مبدأ طبيعي جدًا، وهو مبدأ التدرج Graduality principle، الذي يمدد المنطق الكلاسيكي ذو القيمتين إلى منطق أكثر عمومية حيث يتم قبول الغيمة Fuzziness موضوعاً للعلم. على وجه الخصوص، نحن نقبل افتراض ما يكون أكثر أو أقل صحة (أو غير صحيح) بدلاً من صواب أو خطأ. وبالتالي، يمكن

تطبيق المنطق الغائم على تلك المفاهيم حيث من المستحيل وصفها عن طريق المصطلحات الرياضية الكلاسيكية، وذلك بسبب غموضها الطبيعي.(١٧)

إذا كان المنطق الكلاسيكي ينطبق على اللغات الرمزية المتسمة بالدقة التامة فإنه ينطبق على لغات لا يمكن التحدث بها، ومن ثم كانت أهمية المنطق الغائم وذلك لإمكانية تطبيقه على اللغات الطبيعية، حيث إن أنماط التفكير الانساني تقريبية ويقع التفكير التقريبي خارج نطاق مجال المنطق الكلاسيكي الذي يهتم بأنماط التفكير ذات الصياغات الدقيقة.

يؤكد ذلك ما ذهب إليه ويليمسون Williamson من أن معايير التفكير الاستدلالي الصحيح وغير الصحيح تلائم اللغات الاصطناعية الدقيقة بصورة كافية، ولكنها تخفق عندما تطبق على اللغات الطبيعية الغامضة. والتي نفكر بها فعلاً فيما يتعلق بالواقع المعاش. وبالرغم من أنه يمكننا تقليل غموض اللغات الطبيعية إلا أنه لا يمكننا جعلها دقيقة تماما.(١٨)

لذا يمكن القول إن المنطق الغائم يتناول طرق التفكير التي تتصف بالتقريب وليس بالدقة، وكما أن أغلب أنماط التفكير الإنساني تقريبية، فحياة الناس اليومية تتسم بعدم الدقة واللايقين والإبهام، والمعرفة الانسانية مهما بلغت من تقدم فهي معرفة ناقصة. وهنا يمكننا وصف المنطق الغائم بشكل فيه مفارقة إلى حد ما، فهو نسق دقيق للتفكير الاستدلالي غير الدقيق.

من ناحية أخري لقي المنطق الغائم العديد من التطبيقات في المجالات الصناعية والتجارية، فإن كان المنطق الغائم منطقاً للغيومة إلا أنه ليس نفسه غائماً، مثلما أن قوانين الاحتمال ليست عشوائية فإن قوانين الغيومة ليست غائمة، فالمنطق الغائم هو منطق التكنولوجيا المتقدمة، إنه منطق من أجل التطبيق العملي يهدف إلى صنع حاسبات آلية تستنتج بأرقام وفئات غائمة. وعندما يطبق المنطق الغائم على الحاسبات فإنه يسمح لها أن تحاكي عملية التفكير الإنساني، فتكمم المعلومات غير الدقيقة، وتصنع قرارات قائمة على بيانات ناقصة وغامضة.(١٩)

المنطق الغائم هو منطق يحاول التقرب قدر الإمكان من التفكير والإدراك البشري. ويستند إلى افتراض أن الناس لا يفكرون بالمتغيرات الدقيقة مثل (نعم / لا)، ولكنهم يميزون مجموعة من القيم الضبابية Values blurry مثل " (نعم إلى حد ما، نعم كثير، ربما لا، ونعم ولا). وهذا يعني أن المنطق الغائم يعمل بمفاهيم غائمة وحدود غير واضحة. بحيث يمكن تقديم المشاكل بدرجة ما من الحقيقة والزيف. على سبيل المثال، عبارة: الطقس مشمس اليوم، يمكن أن تكون صادقة

بنسبة ١٠٠٪ إذا لم يكن هناك غيوم في السماء، وصادقة بنسبة ٨٠٪ إذا كانت هناك غيوم قليلة، وصادقة بنسبة ٥٠٪ إذا كان هناك غيوم وبنسبة ٠٪ إذا أمطرت طوال اليوم.(٢٠)

لتوضيح ماهية المنطق الغائم أكثر يجب أن نشير إلى أن المنطق الغائم يتعامل مع قيم صدق جزئية Partial Truth تقع بين " الصدق التام" و" الكذب التام". حيث يتناول النسب التي تقع بين الصفر% و١٠٠%، فالمنطق الغائم يسمح بمزيد من الدرجات. أي أنه يسمح بالمتصل اللانهائي Infinite Continuum للدرجات الرمادية التي تقع فيما بين الواحد والصفر. كما أن المنطق الغائم لا يتنبأ إذا ما كان الحدث سيقع أم لا، أو إذا ما كان سيقع بنسبة بعينها، ولكنه يتعامل مع الصفات التي تصف الحدث. فإذا قلنا مثلاً " احتمال أن يكون الطقس بارد جداً غداً". فإن نظرية الاحتمال هي التي تتناول نسبة هذا الاحتمال. أما عن وصف الحرارة بـ "جداً" فإن هذه الصفة من حيث كونها صفة غائمة هي ما يتناولها المنطق الغائم.(٢١)

من هنا نري أن المنطق الغائم تتمثل قوة رؤيته التعبيرية في حقيقة أنه يجمع بين المنطق التقليدي ثنائي القيم والمنطق المتعدد القيم كحالات خاصة له.

أصبح للمنطق الغائم موضوعا واضحاً بالمعني الدقيق لأول مرة بدقة على يد ليبنتز Leibnitz (١٦٤٦م-١٧١٦م). فقد شعر بالحاجة إلى لغة علمية عامة يتخذها العلماء وسيلة للتفاهم فيما بينهم، سماها اللغة العالمية، وفيها يستخدم الرموز مكان الألفاظ، وإلى حساب عقلي يمكننا من التفكير بطريقة رياضية، كما قال بوجوب علم كلي يكون بمثابة علم مناهج شامل يقوم على أساس الرياضيات.(٢٢)

كما تجدر الاشارة إلى أن المنطق الغائم يستخدم بمعنيين، حيث ينظر إلى المنطق الغائم بالمعنى الضيق، باعتباره نسقا منطقيا وهو تعميم للمنطق متعدد القيم Multivalued logic. من ناحية أخري ينظر إلى المنطق الغائم بمعنى واسع، وهو الاستخدام السائد اليوم، بوصفه أكثر بكثير من مجرد نسقٍ منطقي؛ حيث إن له أوجه عديدة، وهي: الوجه المنطقي؛ وجه الفئة الغائمة النظرية؛ الوجه المعرفي؛ والوجه العلاقي. ويمكن حصر هذه الجوانب الرئيسة فيما يلي:(٢٣)

الوجه المنطقي Logical facet: وهو يمثل المنطق الغائم بمعناه الضيق. يمكن النظر إلى الوجه النطقي للمنطق الغائم على أنه تعميمٌ للمنطق متعدد القيم، حيث أن جدول أعمال الوجه المنطقي مماثل في الروح لجدول أعمال المنطق الكلاسيكي.

وجه الفئة الغائمة النظرية Fuzzy-set-theoretic facet: يركز على الفئات الغائمة، أي على أصناف Classes تكون حدودها ليست واضحة. وتعد نظرية الفئات الغائمة مركزية للمنطق الغائم. ومن الناحية التاريخية، فقد سبقت نظرية الفئات الغائمة المنطق الغائم بمعناه الواسع.

الوجه المعرفي Epistemic facet: يهتم بتمثيل المعرفة، دلالات اللغات الطبيعية Semantics of natural languages وتحليل المعلومات. في الوجه المعرفي للمنطق الغائم، يُنظر إلى اللغة الطبيعية على أنها نسقٌ لوصف التصورات الحسية perceptions. وتعد نظرية الامكانية Possibility theory فرعًا مهمًا للوجه المعرفي للمنطق الغائم. أيضا تعد النظرية الحسابية للتصورات الحسية هي الفرع المهم الآخر للوجه المعرفي للمنطق الغائم.

الوجه العلاقي Relational facet: يركز على العلاقات الغائمة، وبشكل أكثر عمومية، على التبعيات الغائمة Fuzzy dependencies. ويؤدي مفهوم المتغير اللغوي -والحساب التحليلي المرتبط بقواعد إذا كان -فإن الغائمة Fuzzy if–then rules أدوارًا محورية في جميع تطبيقات المنطق الغائم تقريبًا.

ومن أهم السمات الاساسية للمنطق الغائم ما يلي:[٢٤]

(١) في المنطق الغائم ينظر إلى التفكير الدقيق Exact reasoning كحالة حدية للتفكير التقريبي.

(٢) في المنطق الغائم كل شيء موضوع للتدرج Matter of degree.

(٣) يمكن تغييم Fuzzified أي نسق منطقي.

(٤) في المنطق الغائم، يتم تقديم المعرفة في مجموعة من التفسيرات الغائمة والمرنة.

(٥) ينظر إلى الاستدلال على أنه عملية توليد القيود المرنة Elastic constraints.

أما عن الاختلافات الأساسية بين المنطق الغائم والأنساق المنطقية التقليدية، فقد أوضحها زاده كما يلي:[٢٥]

- الصدق Truth:

تكون القضية "P" في أنساق المنطق الثنائي القيم، إما صادقة أو كاذبة. أما في الأنساق

متعددة القيم، فتكون القضية إما صادقة أو كاذبة، أو يكون لها قيمة صدق متوسطة، والتي من الممكن أن تكون عنصراً لفئة قيم الصدق T المتناهية واللامتناهية.

في المنطق الغائم قد تكون قيمة صدق أي قضية فئة فرعية غائمة لأي فئة مرتبة جزئياً، ولكن عادة ما يفترض أنها فئة فرعية غائمة لفاصل الوحدة [1,0]، أو ببساطة هي نقطة داخل هذا الفاصل. وتفسر قيم الصدق اللغوية Linguistic Truth Values (مثل: صادق، صادق جداً، ليس صادقاً تماماً، إلخ) باعتبارها عناوين Labels فئات فرعية غائمة لفاصل الوحدة [1,0]. وهذا إنما يدل على أن المنطق الغائم يسمح بالتدرج المتصل (اللانهائي) لقيم صدق أي قضية أي قضية مفترضة.

- المحمولات Predicates:

تكون المحمولات في الأنساق المنطقية ثنائية القيم محددة Crisp، بمعني أن دلالة المحمول يجب أن تكون فئة فرعية لعالم المقال، فإذا قلنا مثلاً: "سعيد" (فالشخص إما أن يكون سعيداً أو ليس سعيداً، ولا يمكن أن يكون سعيداً وليس سعيداً في الوقت نفسه). أما في المنطق الغائم، تكون المحمولات غائمة (مثل: يكاد يكون طويلاً، مريضاً إلى حد ما، أكبر بكثير من، ... إلخ). أي أنه لا يوجد ما يمنع من كون الشخص سعيداً وليس سعيداً في نفس الوقت . ويجب أن نلاحظ أن معظم المحمولات في اللغة الطبيعية تكون غائمة أكثر منها محددة.

- معدلات المحمول Modifiers Predicates:

يعد النفي "ليس" Not هو معدل المحمول الوحيد المستخدم في الأنساق المنطقية التقليدية. بينما في المنطق الغائم هناك العيد من معدلات المحمول مثل: (جداً، تقريباً، إلى أبعد حد، إلى حد ما، تماماً، إلخ). ونؤدي معدلات المحمول دوراً أساسياً في توليد قيم المتغير اللغوي Linguistic Variables مثل: صغير جداً، ليس صغيراً جداً، صغير تقريباً، إلخ.

- الأسوار Quantifiers:

في الأنساق المنطقية التقليدية يوجد نوعان فقط من الأسوار: السور الكلي Universal Quantifier (الموجب والسالب)، والسور الوجودي Existential Quantifier (الموجب والسالب). أما عن المنطق الغائم فيسمح بالإضافة إلى هذين السورين، بمجموعة متنوعة من الأسوار الغائمة، مثل: (معظم، قليل، عديد، كثيراً من، تقريباً كل، إلخ).

- الاحتمالات Probabilities:

يكون للاحتمالات في الأنساق المنطقية التقليدية قيمة عددية أو قيمة تقع بين [1,0]، بينما في المنطق الغائم فإن الاحتمالات تكون لغوية أو غائمة، مثل: (من المحتمل، من غير المحتمل، محتمل جداً، حوالي 0,5، إلخ). وتفسر هذه الاحتمالات باعتبارها أعداداً غائمة.

- المكنات Possibilities:

على العكس من منطق الجهة Modal Logic يكون مفهوم " الممكن" في المنطق الغائم مدرجاً أحرى من كونه ثنائياً. بالإضافة إلى ذلك، نجد أنه من الممكن معالجة الممكنات، كما في حالة الاحتمالات باعتبارها متغيرات لغوية ذات قيم مثل: (ممكن، ممكن تماماً، مستحيل تقريباً، إلخ).

- التقييد Qualification:

تقيد القضية P في الأنساق المنطقية التقليدية، من خلال ربط P بقيمة صدق "صادق" أو "كاذب"، بإجراء مفهومي مثل "يعرف، يعتقد، إلخ). أما في المنطق الغائم فهناك ثلاث أشكال أساسية لتقييد القضايا وهي:

١) تقييد الصدق Truth-Qualification:

يعبر عنه كالتالي: P is r، حيث أن r هي قيمة صدق غائمة، فإذا قلنا:(مُحَمَّد قصير) ليست صادقة تماماً، فإن القضية المقيّدة هي (مُحَمَّد قصير) وقيمة الصدق المقيّدة هي "ليست صادقة تماماً".

٢) تقييد الاحتمال Probability Qualification:

يعبر عنه كالتالي: P is λ، حيث أن λ هي احتمال غائم، فإذا قلنا: (مُحَمَّد قصير) ليست محتملة، فإن الاحتمال الغائم المقيّد هو "ليست محتملة".

٣) تقييد الإمكانية Possibility Qualification:

يعبر عنه كالتالي: P is π، حيث إن π هي إمكانية غائمة، فإذا قلنا: (مُحَمَّد قصير) مستحيلة تقريبا، فإن الإمكانية الغائمة المقيّدة هي "مستحيلة.

ثالثًا: نظرية الفئات الغائمة Fuzzy sets theory:

يعرف زاده الفئة الغائمة بأنها فئة من الاشياء ذات سلسلة متصلة من درجات العضوية. توصف هذه الفئة من خلال دالة عضوية (مميزة) والتي تخصص لكل شيء درجة عضوية تتراوح

بين الصفر والواحد.[٢٦] وتعد السمة المميزة للفئات الغائمة هي المقدرة على التعبير عن كم الغموض في التفكير الإنساني، كما تعتبر الفئات الغائمة امتداداً للفئات المحددة. وبينما تسمح الفئة المحددة إما بعضوية كاملة أو لا عضوية على الإطلاق فإن الفئة الغائمة تسمح بالعضوية الجزئية، أي أن العنصر أو الشيء يكون منتمياً انتماءً جزئياً لفئة ما.[٢٧]

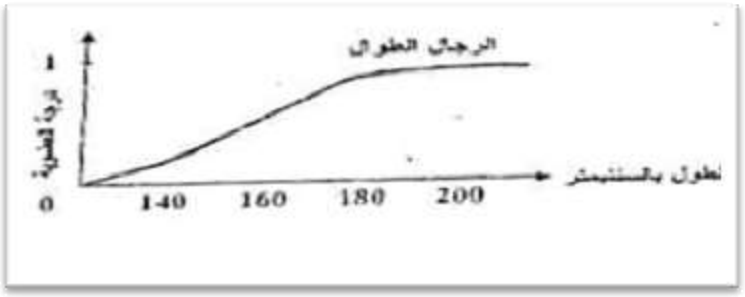
يقول زاده: "إن مفهوم الفئة الغائمة يوفر نقطة انطلاق مناسبة لبناء إطار عمل تصوري Conceptual frame-work يوازي في كثير من النواحي إطار العمل المستخدم في حالة المجموعات العادية Ordinary sets، ولكن الفئات الغائمة أكثر عمومية من الفئات العادية، حيث أثبتت أن لديها نطاقًا أوسع من قابلية التطبيق، خاصة في مجالات تصنيف الأنماط ومعالجة المعلومات. وبشكل أساسي، يوفر هذا الإطار طريقة طبيعية للتعامل مع المشكلات التي يكون مصدر عدم الدقة فيها هو غياب معايير محددة بوضوح لعضوية الفئة بدلاً من وجود متغيرات عشوائية ".[٢٨]

كما يمكن أن تعبر الفئة الغائمة عن الغموض، وتعدد المعني الذي تتضمنه معظم اللغات الطبيعية. يمكن أن نوضح ذلك بصفتي "طويل"، "عجوز". بالنسبة لصفة الطول لا نستطيع أن نحدد بوضح من هو الطويل، ومن هو ليس بطويل، فإذا قلنا إن الطويل هو من يكون طوله 160 سم مثلاً، فماذا عن الشخص الذي طوله 159.5 سم، هل يكون طويلاً أم طويلاً جداً؟ وكذلك الأمر بالنسبة لصفة "عجوز".[٢٩] فلنتأمل هذا المثال، إننا نقر أن رجلاً يبلغ من العمر 16 عاماً هو من يكون شاباً (فتي صغير)، وأن رجلاً يبلغ من العمر 90 عاماً ليس شاباً/ عجوزاً، ولكن ماذا عن رجل في سن 32 أو فيما بين 37 إلى 41، نحن هنا نتردد بالقول أن الشخص شاباً أم لا، في الواقع تعد هذه الشكوك مميزة وتستحق التأمل ففي هذا المثال لا يوجد الحاجز الذي يفصل بين كون الشخص شاباً أم لا.[٣٠]

نتيجة لذلك قدم لطفي زاده الفئات الغائمة كأداة طبيعية لوصف مثل هذه المفاهيم غير الدقيقة خارج نطاق الحدود الصارمة. وذلك من خلال السماح للعضوية في الفئة بأن تكون مسألة درجة Degree، كما يتم التعبير عن درجة العضوية في الفئة بعدد يتراوح بين الصفر والواحد الصحيح، أي عدد في فاصل الوحدة [0,1] حيث يعنى الـ " 0 " عدم العضوية التامة، بينما يعنى الـ " 1 " العضوية التامة، أما أي عدد بينهما فيعنى العضوية الجزئية في الفئة. وبهذه الطريقة يمكن وصف الانتقال التدريجي والسلس من عدم العضوية التامة إلى العضوية التامة.[٣١]

انطلاقا مما سبق فإن السمة المميزة الفئات الغائمة هي القدرة على التعبير عن مقدار الغموض في التفكير الانساني، كما تعد امتداداً للفئات الكلاسيكية المحددة التي تسمح إما بعضوية تامة أو لا عضوية على الاطلاق، على العكس من ذلك فإن الفئات الغائمة تسمح بالعضوية الجزئية أي أن العنصر أو الشيء يكون منتمياً انتماءً جزئياً لفئة ما.

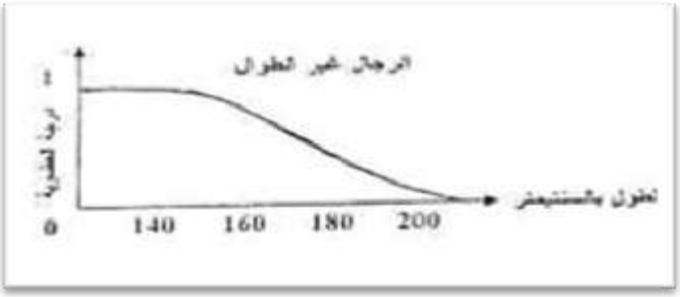
أستخدم زاده فئة الناس طوال القامة ليوضح الفئة الغائمة، وربط مفهوم " الطول " بمنحنى قيم الوحدات الغائمة، وأطلق زاده على هذه الفئة الغائمة منحنى العضوية Membership Curve، ويمكن توضيحه بالرسم البياني التالي:



شكل (١)

يوضح المحور الأفقي الطول بالسنتيمتر، بينما يوضح المحور الرأسي درجة عضوية الشخص في فئة الناس الطوال، فمثلاً الشخص الذي طوله 140 سم يكون عضواً في فئة الطوال بدرجة 0.1 بينما الشخص الذي طوله 160 سم فهو عضو بها بدرجة 0.4 وهكذا.[٣٢]

يوضح (الشكل ١): أن لكل طول درجة عضوية أو قيمة أو عضوية في فئة الناس الطوال. فكل شخص طويل بدرجة ما. ولكل انسان ليس طويلاً درجة ما. ومن ثم فإن اللاطول يكون عكس منحني الطول. وإذا رسمنا منحنيات الطول وعدم الطول على الرسم البياني نفسه، يمكن أن نري أنهما يتقاطعان عند منتصف قيمة الوحدات، حيث تكون أ تساوي ليس أ وذلك على النحو التالي:



شكل ٢ : في الرسم البياني السابق يلاحظ أن المحور الأفقي هو تكميم لصفة الطول، بينما يكون المحور الرأسي تكميماً لدرجة العضوية، وهذا ما يسمي تكميم المعني Quantification of meaning.(٣٣)

وهنا تجدر الإشارة إلى أن الاسباب الرئيسة لتقديم الفئة الغائمة هو تمثيل المفاهيم غير الدقيقة، ولأن عضوية الفرد في الفئة الغائمة قد تسمح ببعض اللايقين، فإننا نقول إن العضوية هي مسألة درجة. ووفقا لذلك فإن الشخص يكون عضوا لفئة "الرجال الطوال" بالدرجة التي بها يلتقي مع مفهوم "طويل" وبدلا من ذلك يمكننا قول أن درجة عضوية أي فرد في أي فئة غائمة تعبر عن درجة توافق Degree of compatibility الفرد مع المفهوم الممثل عن طريق الفئة الغائمة.(٣٤)

من هنا نري أن نقطة انطلاق الفئات الغائمة هي تعميم فئة التقييم من زوج الأعداد $\{0,1\}$ إلى كل الأعداد الموجودة في فاصل الوحدة $[0,1]$، وبتمديد فئة التقييم فإننا نبدل طبيعة الدالة الوصفية، والتي تسمي بالنسبة للفئات دالة العضوية Membership function. فما هي إذن دالة العضوية؟

أ- دالة العضوية:

أهم ما يميز الفئات الغائمة هي تحويلها لدالة العضوية للفئة المحددة، التي كانت تعبر إما عن انتماء الشيء للفئة أو عدم انتمائه لها لتصبح دالة العضوية معبرة عن الانتماء بأية قيمة من القيم التي تقع بين الصفر والواحد الصحيح، وهي قيم متصلة ولا نهائية. ويرمز لدالة العضوية بالرمز μ. والصيغة الرمزية لتمثيلها، القيم التي تكون مساوية أو أكبر من الصفر ومساوية أو أصغر من الواحد الصحيح هي: $0 \leq \mu = 1 \leq$.(٣٥)

يمكن وضع تعريف لدالة العضوية فهي: الدالة التي تحدد درجة العضوية لكل عضو من أعضاء فئة المقال Universe of discourse (الفئة الكونية) U عددا ما بين الصفر والواحد يحدد درجة انتمائه للفئة الغائمة X. أي أن μx (a) تحدد درجة انتماء العنصر a إلى الفئة X. ويأخذ هذا التعريف الصور الرمزية التالية: μx (a) : U → [0,1] ، حيث تمثل [0,1] كل الأعداد التي تساوي أو تزيد عن الصفر، وتساوي أو تقل عن الواحد الصحيح.(٣٦)

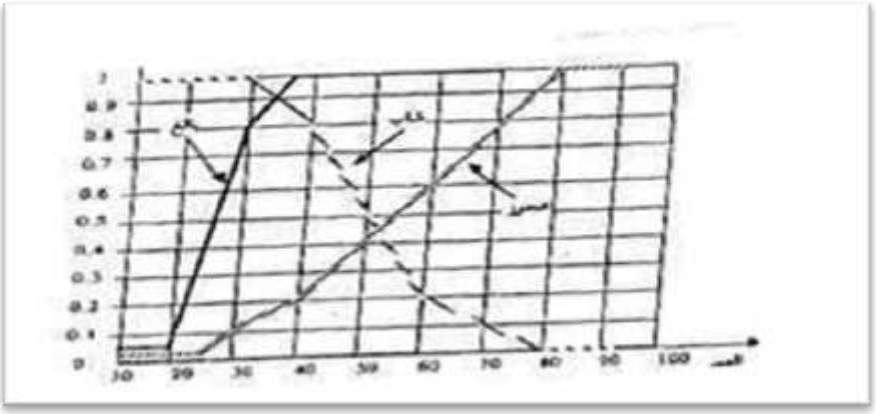
بناءً على ذلك يتضح أن مفهوم الفئات الغائمة ودوال عضويتها لا نهائية القيم أداة لصياغة منطق التفكير البشري، فمثلا يستخدم الإنسان عند سؤاله عن عمر شخص ما، أوصافا من قبيل "طفل"، " فتي"، " بالغ"، " شاب"، "كهل"، و"عجوز"، وبالطبع تختلف تقديرات كل منا عن حدود المرحلة العمرية لكل وصف من هذه الأوصاف، فأغلبنا يقر بأن من يقل عمره عن ٢٠ عاماً هو شاب وفي عنفوان الشباب، ويعتبر البعض الآخر أن من في الأربعينات من عمره لم يتجاوز بعد مرحلة الشباب، بل ويعتبر بعضنا أن من يقل عمره عن ٦٠ عاما لا يزال شاباً، انطلاقا من أن الشباب هو شباب القلب! ومثل هذا التراوح في التقديرات لا يجد أفضل من دالة العضوية وما تمثله من فئة غائمة للتعبير عنه. ولتوضيح ذلك، ستفترض أن لدينا فئة شاملة X محددة تضم كافة الأعمال الممكنة، أي أن:

$$X = \{10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90,100\}$$

انطلاقا من هذه الفئة الشاملة Universal set يمكننا تكوين فئة غائمة للتعبير عن تقديراتنا المتباينة لصفة " شاب". ولتكوين هذه الفئة نعزو لكل عنصر من عناصر الفئة الشاملة قيمة عددية تعكس مدى قناعتنا بتعبير هذا العنصر عن صفة الشباب. فعلى سبيل المثال، لا يختلف اثنان على "شبابية" من عمره عشرون عاماً، وهو الأمر الذي يمكن تمثيله بدالة عضوية للعنصر ٢٠ تساوي قيمتها الواحد الصحيح، وبزيادة العمر تقل نسبة الإجماع على تمتع صاحبه بصفة الشبابية. لذا تقل قيم دالة العضوية لفئة "شاب" بازدياد العمر حتي تصل إلى الصفر عندما يصل العمر إلى ٧٠ عاما.(٣٧)

عناصر الفئة الكونية للعمر	قيم دالة العضوية للفئة الغائمة "بالغ"	قيم دالة العضوية للفئة الغائمة "شاب"	قيم دالة العضوية للفئة الغائمة "عجوز"
10	0	1	0
20	0.8	1	0.1
30	1	0.8	0.2
40	1	0.5	0.4
50	1	0.2	0.6
60	1	0.1	0.8
70	1	0	1
80	1	0	1

جدول ١: قيم دالة العضوية للفئات الغائمة "بالغ"، "شاب"، و" عجوز"



شكل ٣: التمثيل البياني للفئات الغائمة "بالغ"، "شاب"، "عجوز"

ب- العمليات المنطقية للفئات الغائمة:

مثلما تم تعريف الفئة الغائمة من حيث دالة عضويتها، أيضاً سوف يتم تعريف العمليات المنطقية الخاصة بالفئات الغائمة بواسطة دوال عضويتها. وهناك عوامل اجراء خاصة بالفئات الغائمة، وهي العوامل التي تؤدي إلى (الاتحاد، التقاطع، الاكتمال):[٣٨]

- الاتحاد Union:

تكون الصياغة الرمزية لاتحاد الفئات الغائمة A, B كما يلي: $A \cup B$، وهي فئة غائمة يمكن تعريفها بواسطة دالة العضوية كما يلي:

$$\mu_{A \cup B}(x) = \mu_A(x) \vee \mu_B(x)$$

وتكون الفئة الغائمة الناتجة عن اتحاد فئتين غائمتين هي قيمة دالة عضوية أي عنصر من عناصرها، وتكون هي القيمة الأكبر من دالة عضويته في أي من الفئتين المتحدتين. فمثلا إذا كانت قيمة دالة عضوية (x) في A هي 0.6 وقيمة دالة عضويتها في B هي 0.4 فإن دالة عضوية (x) في الفئة الغائمة الناتجة عن اتحادهما تكون 0.6 لأنها القيمة الأكبر.

- التقاطع Intersection:

الصياغة الرمزية لتقاطع الفئات الغائمة A, B كما يلي: $A \cap B$. ويمكن تعريف تقاطع الفئات الغائمة بواسطة دالة العضوية كما يلي:

$$\mu_{A \cap B}(x) = \mu_A(x) \wedge \mu_B(x)$$

وتكون قيمة دالة عضوية أي عنصر من عناصر الفئة الغائمة الناتجة عن تقاطع فئتين غائمتين هي القيمة الأصغر لدالة عضويته في أي من الفئتين المتقاطعتين. فمثلا إذا كانت قيمة دالة عضوية (x) في A هي 0.2، وقيمة دالة عضويتها في B هي 0.4 فإن قيمة دالة عضوية (x) في الفئة الغائمة الناتجة عن تقاطعهما هي 0.2 لأنها القيمة الأصغر.

- الاكتمال Complement:

مكمل الفئة الغائمة A هو $\hat{A}$، وهو فئة غائمة يمكن تعريفها بدالة العضوية الآتية:

$$\mu_{\hat{A}}(x) = 1 - \mu_{\hat{A}}(x)$$

فإذا كانت قيمة دالة عضوية (x) في الفئة الغائمة $\hat{A}$ هو 0.4 فإن قيمة دالة عضويتها في الفئة الغائمة A يكون 0.6 أي (1-0.4)، لأن الفئة الشاملة تساوي الواحد الصحيح.

- اللزوم الغائم Fuzzy Implication:

عادة ما يفكر الناس ويصلون إلى قرارات من خلال ما يسمي بقاعدة اللزوم التي تربط بين الأفكار. فإذا كنت ترغب في الذهاب إلى مكان ما وعلمت أن الجو ممطر فستصل إلى النتيجة

التي مؤداها أنه عليك أن تأخذ معك مظلة من خلال القاعدة التي مؤداها أنه إذا نزلت في المطر إذا سوف تبتل.

شيد علماء الحاسب مجال الذكاء الاصطناعي بناءً على الاعتقاد بأن المعرفة ماهي إلا قواعد. ولكن قواعد اللزوم طبقا للمنطق الكلاسيكي هي قواعد قائمة على قيم الصدق فقط بغض النظر عن المضمون. فقاعدة مثل «إذا كان الجبن أخضر فإن ٢+٢=٤» هي قاعدة صادقة في المنطق الكلاسيكي رغم عدم وجود ما يربط بين مقدمتها وتاليها، وذلك لأن قضية اللزوم المادي تصدق في ثلاث حالات، هي:

- في حالة صدق المقدم وصدق التالي
- في حالة كذب المقدم وكذب التالي
- في حالة كذب المقدم وصدق التالي

من ناحية أخري يستخدم المنطق الغائم قواعد اللزوم شرط وجود علاقة بين المقدم والتالي، كما أن المقدمات والتوالي تمثل فئات غائمة مما يمكن هذه القواعد من أن تتخذ تدرجا لا نهائيا من القيم بين الصفر والواحد الصحيح، بدلا من قيمتين فقط كما في المنطق الكلاسيكي. فقواعد اللزوم هي قواعد غائمة وهي ما يسمونها بقواعد الربط أو قواعد الإنتاج.

اقترح زاده لتحليل الانظمة المعقدة واتخاذ القرار وتمثيل المعرفة الانسانية التي تكون غامضة وغير دقيقة بطبيعتها. وهي تمثيل العلاقات البسيطة بين المتغيرات اللغوية عن طريق المتغيرات اللغوية والعبارات الشرطية الغائمة (أو قواعد إذا كان — فإن الغائمة).

ج- المتغيرات اللغوية:

هي المتغيرات التي يعبر عن قيمها المختلفة بواسطة كلمات أو عبارات اللغات الطبيعية للإنسان، أي كـ " قيم لغوية"، مثل متغير "لون البشرة" على سبيل المثال. وإذا كانت قيم متغير "لون البشرة" قيم لغوية في الأساس، فإن هناك العديد من المتغيرات التي يمكن التعبير عن قيمها بأكثر من طريقة. فعلى سبيل المثال يمكن التعبير عن قيم متغير "العمر" عددياً بتخصيص عدد معين لبيان عدد سنين العمر، مثل ٥ أو ١٠ سنوات، أو ٢٠ أو ٦٥ أو٤٠ سنة. وبالطبع تنتقي هذه الأعداد من الفئة التي تحتوي على كل الأعداد ما بين الصفر وأكبر عمر محتمل للإنسان. أي الفئة الكونية لأعمار بني البشر. تعد هذه الطريقة في وصف أعمار البشر دقيقة ومحددة، إلا أن الإنسان لا يلجأ إليها في أغلب الأحيان عندما يرغب في وصف شخص ما، عادة يلجأ الإنسان

لاستخدام عبارات لغوية مثل..."صغير"، "ليس صغير"، "كبير"، "ليس كبير"، .... أو مثل في العشرينات، في الثلاثينات.[٣٩]

نستنتج من ذلك، أن الإنسان يستخدم عند تقديره لعمر شخص ما أسلوباً غير دقيق وغير محدد، فوصفنا لشخص ما بأنه "شاب" قد يعني عند البعض من يقل عمره عن ٢٥ سنة، بينا يعتبر البعض الآخر أن هذا الوصف يشمل أيضاً من يقل أعمارهم عن الأربعين سنة. وبذلك يمكننا إنشاء العديد من الفئات الغائمة التي تعبر كل منها عن أحدي مراحل العمر وذلك انطلاقا من أوصافنا اللغوية لها مثل: صغير، ليس صغيراً، كبير، ليس كبيراً.[٤٠]

يري زاده أن الدافع لاستخدام الكلمات أو الجمل بدلا من الأعداد هو أن الوصف اللغوي، عموما، أقل تحديدا من الوصف العددي، على سبيل المثال، عند الحديث عن العمرAge ، عندما نقول "حمزة شاب"، تكون أقل دقة من قولنا، "يبلغ حمزة من العمر ٢٥ عاما". بهذا المعنى، يمكن اعتبار تسمية/ عنوان "الشباب" Label young يعد قيمة لغوية لمتغير العمر، على أساس أنه يؤدي الدور ذاته للقيمة العددية ٢٥، ولكنه أقل دقة، وبالتالي أقل إفادة واثراءً بالمعلومات. ويكون الشيء ذاته صحيحا بالنسبة للقيم اللغوية شاب جدًا ليس شابا، شاب تماما، ليست شابا جدًا، إلخ بدلا من القيم العددية ٢٠،٢١،٢٢،٢٣.[٤١]

الآن ننتقل إلى الخطوة الثانية وهي تمثيل العلاقات البسيطة بين المتغيرات اللغوية عن طريق العبارات الشرطية الغائمة (أو قواعد إذا كان – فإن الغائمة).

د- قواعد إذا كان – فإن الغائمة FUZZY IF-THEN Rules:

تعد القاعدة الغائمة هي الوحدة الأساسية للمعرفة في العديد من الأنظمة الغائمة. تتكون القاعدة الغائمة من جزئين "إذا كان" IF (يشار إليه أيضاً باعتباره المقدم. والجزء الآخر "فإن" THEN يشار إليه باعتباره التالي.

IF (antecedent) THEN (consequent)

إذا كان (مقدم) فإن (تالي)

يصف المقدم الشرط والتالي يصف النتيجة التي يمكن أن تنتج عندما يتحقق الشرط.[٤٢]

كما إن قاعدة إذا كان – فإن الغائمة تربط شرطا Condition يوصف بمتغيرات لغوية وفئات غائمة بنتيجة conclusion. أو ببساطة، هي عبارات شرطية يعبر عنها كالتالي.[٤٣]

IF<fuzzy proposition>THEN<fuzzy proposition >

إذا كان (قضية غائمة) فإن (قضية غائمة)

في حساب القضايا الكلاسيكي Classical propositional calculus، يُكتب التعبير إذا كان p فإن q كالتالي: $p \rightarrow q$، ويُنظر إلى اللزوم $\rightarrow$ على أنه رابط معرف عن طريق الجدول ٢، حيث p و q متغيرات قضائية Propositional variables تكون قيمها إما الصدق (T) أو الكذب (F). من الجدول ٢ نرى أنه إذا كانت كل من p و q صادقة، فإن $p \rightarrow q$ تكون صادقة؛ إذا كانت p صادقة و q كاذبة، فإن $p \rightarrow q$ كاذبة؛ وإذا كانت p كاذبة و q صادقة، فإن $p \rightarrow q$ تكون صادقة.(٤٤)

p	q	$p \rightarrow q$
T	T	T
T	F	F
F	T	T
F	F	T

جدول ٢: قائمة صدق لـ $p \rightarrow q$

بالنظر إلى قائمة صدق $p \rightarrow q$ يمكننا القول بأن قضية اللزوم تكون صادقة في كافة الحالات إلا في حالة صدق "المقدم" وكذب "التالي". وهذا بدوره يقودنا إلى مأزق، فالقضية المركبة:

إذا (زقزقت العصافير في الصباح) فإن (مسلسل ليالي الحلمية سيجذب أنظار المشاهدين)

في المنطق الكلاسيكي تكون قضية صحيحة تماما على الرغم من أنه لا توجد أية علاقة بين زقزقة العصافير وإعجاب المشاهدين بمسلسل ليالي الحلمية، وهكذا تصبح العبارة السابقة فارغة من المضمون ومجردة من المعني، وفاقدة الصلة بما يحدث في الواقع المعيش، إنه وضع شبيه بمن يقول جملة صحيحة نحوية ولكن لا معني لها في أذهان السامعين.(٤٥)

لذلك جاء المنطق الغائم ليحتفظ بصيغة "اللزوم" شكلا، وإن غيرها موضوعاً، فمن ناحية يشترط هذا المنطق وجود علاقة واقعية بين "المقدم" و"التالي". وعليه تصبح العبارة الشرطية السابقة غير مقبولة من منظور المنطق الغائم، لانتفاء وجود أي علاقة بين زقزقة العصافير وإعجاب

المشاهدين بمسلسل ليالي الحلمية. هذا بالإضافة إلى التعدد اللانهائي وتدرج قيم صدق هذه القضايا، حيث إنها تأخذ أية قيمة بين الصفر والواحد الصحيح.(٤٦)

أما المفهوم الأكثر عمومية، والذي يؤدي دوراً مهماً في الطريقة التي أقترحها زاده لتحليل الأنظمة المعقدة واتخاذ القرار وتمثيل المعرفة البشرية التي تكون غامضة وغير دقيقة بطبيعتها، فهو العبارة الشرطية الغائمة Fuzzy conditional statement التي تأخذ الصيغة: إذا كان A فإن B، باختصار A→B ، والتي فيها تكون A "المقدم" و B "التالي" فئات غائمة بدلا من متغيرات قضائية. وفيما يلي بعض الامثلة لهذه العبارات:

إذا كان x كبيرا فإن y صغير

إذا كان الطريق زلقا فإن القيادة تكون خطرا.(٤٧)

والتي تكون صورتها الرمزية:

IF x is A Then y is B

إن مغزي العبارة الشرطية الغائمة من الصورة (إذا كان A فإن B) يصبح أوضح بالنظر إليها باعتبارها حالة خاصة للتعبير الشرطي إذا كان A فإن B وإلا C حيث إن A، (C,B) فئات فرعية غائمة للعوالم المختلفة الممكنة U,V على التوالي. وعلى أساس الضرب الكارتيزي* Cartesian Product فإن العبارة الاخيرة تعرف كالتالي:

IF A Then B Else C Δ A× B + (¬ A× C)

والتي فيها + تشير إلى اتحاد العلاقات الغائمة A× B و (¬ A× C).(٤٨)

خاتمة

تناولنا خلال هذا البحث ماهية المنطق الغائم المتفردة والتي تميزه عن الأنساق المنطقية التقليدية، وأهم الانتقادات إلى وجهت إلي المنطق الكلاسيكي. ويمكننا القول إن المنطق الغائم هو المنطق الذي يتعامل مع النماذج الأساسية للتفكير الاستدلالي التي تكون تقريبية أكثر منها دقيقة، ويحاول أن يكون منطقًا دقيقاً ومن ثم فالمنطق الغائم قد يكون بشكل فيه مفارقة، هو نسق دقيق للتفكير الاستدلالي غير الدقيق. كما أوضحنا مفهوم الفئات الغائمة ودوال عضويتها لانهائية القيم، كما تناولنا تحليل زاده للأنظمة المعقدة واتخاذ القرار وتمثيل المعرفة الإنسانية التي تكون غامضة وغير دقيقة بطبيعتها عن طريق المتغيرات، وثانيا تمثيل العلاقات البسيطة بين المتغيرات اللغوية عن طريق العبارات الشرطية الغائمة (أو قواعد إذا كان – فإن الغائمة).

كما يتناول المنطق الغائم طرق التفكير التي تتصف بالتقريب وليس بالدقة، و أغلب أنماط التفكير الانساني تقريبية فحياة الناس اليومية تتسم بعدم الدقة واللايقين والإبهام، والمعرفة الإنسانية مهما بلغت من تقدم فهي معرفة ناقصة. ومن ثم يمكن القول إن المنطق الغائم هو المنطق الذي يتناول أنماط التفكير الاستدلالي التي تكون تقريبية أكثر منها دقيقة بمعني إن المنطق الغائم هو منطق اللغات الطبيعية أو منطق الحياة اليومية المتسمة بالغموض وعدم الدقة واللايقين. علي عكس المنطق الكلاسيكي منطق اللغات المثالية (الرمزية) المتسمة بالدقة التامة، وهي لغات لا يمكن التحدث بها. إذن فالمنطق الغائم هو وسيلة لنمذجة لا تعين اللغات الطبيعية.

بالإضافة إلي أن المنطق الغائم يوفر إطارًا رياضيًا يسعى إلى فهم واستيعاب الغموض المرتبط بالعمليات المعرفية البشرية، مثل التفكير والاستدلال المنطقي بمفاهيم غائمة بطبيعتها ، حيث تفتقر المناهج التقليدية لتمثيل المعرفة إلى وسائل تمثيل معنى هذه المفاهيم الغامضة. في المنطق الغائم ، يُنظر إلى الاستدلال الدقيق على أنه حالة مقيدة للتفكير التقريبي. كل شيء هو دائمًا مسألة درجة ، وبالتالي يتم تفسير المعرفة على أنها مجموعة من القيود الغائمة على مجموعة من المتغيرات الغائمة.

هوامش البحث:

(١) سهام النويهي، المنطق الغائم: علم جديد لتقنية المستقبل، (سلسلة كراسات علمية)، الطبعة الأولي، المكتبة الأكاديمية، القاهرة، ٢٠٠١، ص ٩.

(٢) السيد نصر السيد، الحقيقة الرمادية، الهيئة المصرية العامة للكتاب، ١٩٩٧، ص ص ٨٢-٨٣.

(٣) صلاح عثمان، المنطق متعدد القيم بين درجات الصدق وحدود المعرفة، منشأة المعارف، الاسكندرية، ٢٠٠٠، ص ١٩.

(٤) سهام النويهي، المرجع السابق، ص ٩.

(٥) المرجع نفسه، ص ١٥.

(٦) صلاح عثمان، المرجع السابق، ص ٢١.

(٧) ألكسندرا غيتمانوفا، علم المنطق، دار التقدم، موسكو، ١٩٨٩، ص ٢٧٩.

(٨) سهام النويهي، المرجع السابق، ص ص ١٦-١٧.

(9) Klir, G.J&Yuan Bo., Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Application, Prentice Hall, New Jersey, 1995, p1.

(١٠) سهام النويهي، المرجع السابق، ص ١٤.

(١١) هينز باجلز، رموز الكون، ترجمة: محمد عبد الله البيومي، مراجعة: سيد رمضان هدارة، الدار الدولية للنشر والتوزيع، القاهرة، ط٢، ١٩٨٩، ص١٢٥.

(١٢) شهيرة شرف، منطق الضبابية والعلوم الإنسانية والاجتماعية، المركز العربي للأبحاث ودراسة السياسات بيروت، ط١، ص ٢٢.

(١٣) السيد نصر الدين السيد، شوية علم من فضلك، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة،٢٠١٥، ص٦٨.

(١٤) شهيرة شرف، المرجع السابق، ص ص ٢٤-٢٦.

(١٥) Zadah, L.A., 'Is There a Need for Fuzzy Logic?', *Information Science*, 178, Elseiver, 2008, pp2751-2779, p. 2752.

(١٦) Ibid, p. 2751.

(١٧) (Bernard Fustier, 'The Mathematical Framework of Fuzzy Logic', In: Fuzzy Set Approach to Multidimensional Poverty *Measurement*, Springer Science-Business Media, , 2006, p 29.

(١٨) Williamson, T., *Vagueness*, Rutledge London& N.Y., 1990, p. 1.

(١٩) سهام النويهي، المنطق الغائم: علم جديد لتقنية المستقبل، ص٣٣.

(٢٠) Katarína Valášková, Tomáš Klieštik, and Mária Mišánková, *The Role of Fuzzy Logic in Decision Making Process*, University of Žilina, Slovakia, January 2014, p. 2.

(٢١) سهام النويهي، المرجع السابق، ص١٨.

(٢٢) عبد الرحمن بدوي، المنطق الصوري والرياضي، مكتبة النهضة المصرية، القاهرة، ط٢، ١٩٦٣، ص ٢٥٤.

(٢٣) Zadah, L.A., *Is There a Need For Fuzzy Logic?*, p. 2754.

(٢٤) Zadah, L. A, 'Knowledge Representation in Fuzzy Logic', In Yager, R.R.& Zadah, L.A., *An Introduction to Fuzzy Logic Application in Intelligence Systems*, Klwier Academic Publishers, 1992, p. 2.

(٢٥) Ibid, pp. 2-3.

أيضًا: سهام النويهي، المرجع السابق، ص ص ٢٠-٢١.

(٢٦) Zadeh, L.A. 'Fuzzy Sets'. Inform. Control 8, 338-353, 1965, p. 338.

(٢٧) سهام النويهي، المرجع السابق، ص٢١.

(٢٨) Op. Cit, p. 339.

(٢٩) سهام النويهي، المرجع السابق، ص٢٦.

(٣٠) Barton L. Lipmann, *Why is Language Vague?*, Department of Economics, Boston University, 2009, p. 5.

(٣١) Yen, J & Langari, R, *Fuzzy Logic: Intelligence, Control, and Information*, pp. 23 – 24.

(٣٢) سهام النويهي، المرجع السابق، ص٢٦.

(٣٣) المرجع نفسه، ص ص٢٦-٢٧.

(٣٤) Kliri, G, J et al, *Fuzzy Set Theory: Foundation and Application*, Prentice-Hall, New york, 1977, p. 75.

(٣٥) سهام النويهي، المرجع السابق ، ص٢٥.

(٣٦) السيد نصر الدين ، وداعا أرسطو، المكتبة الاكاديمية، القاهرة، ط ١، ٢٠٠٧. ص ٢٨.

(٣٧) السيد نصر الدين ، وداعا أرسطو، ص ٢٨-٣٠.

(٣٨) سهام النويهي، المرجع السابق ، ص ص٢٨- ٢٩.

(٣٩) السيد نصر الدين، وداعاً أرسطو، ص٥٠.

٤٠) السيد نصر الدين، وداعاً أرسطو، ص٥٠.

(41) Zadah, L.A, the Cconcept of a Llinguistic Vvariable and its Aapplication to Aapproximate Rreasoning, *Iinformation Sscience* 8, part 1, p199-249, 1975, p 199, p201.

(٤٢) Yen, R. Langari: Op. Cit, p. 34.

(43) Li-Xin Wang., *A Course in Fuzzy Systems and Control*, p. 62.

(٤٤) Ibid, p. 64.

(٤٥) السيد نصر الدين، وداعا أرسطو، ص ٦٠.

(٤٦) المرجع نفسه.

(٤٧) Zadeh, L. A., 'Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Process', p. 36.

*) الناتج الديكارتي أو الضرب الديكارتي (Cartesian Product) هو اسم يطلق في الرياضيات لمجموعتين $\mathbf{X}$ و$\mathbf{Y}$، ويرمز له ب $\mathbf{X} \times \mathbf{Y}$، على مجموعة الأزواج المرتبة التي ينتمي عنصرها الأول إلى المجموعة $\mathbf{X}$ وينتمى عنصرها الثاني إلى المجموعة $\mathbf{Y}$.

$$\mathbf{X} \times \mathbf{Y} = \{ (x, y) \mid x \in \mathbf{X},\ y \in \mathbf{Y} \}$$

سمي كذلك نسبة إلى رينيه ديكارت الذي قام بتأسيس الهندسة التحليلية مطلقا هذا المفهوم من ناتج المجموعات. يطلق عليه أيضا في بعض الدول العربية ومنها مصر حاصل الضرب الديكارتي.

– From: https://www.marefa.org

(٤٨) Zadeh, L. A., 'Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Process', p. 37.

المراجع

أولاً: المراجع العربية: –

(١) السيد نصر الدين، الحقيقة الرمادية، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، ١٩٩٧.

(٢) _____ ، وداعا أرسطو، المكتبة الاكاديمية، القاهرة، ط ١، ٢٠٠٧.

(٣) _____ ، شوية علم من فضلك، الهيئة المصرية العامة للكتاب،القاهرة، ٢٠١٥.

(٤) الكسندر غيتمانوفا، علم المنطق، دار التقدم، موسكو، ١٩٨٩.

(٥) سهام النويهي، المنطق الغائم: علم جديد لتقنية المستقبل، (سلسلة كراسات علمية)، الطبعة الأولي، المكتبة الأكاديمية، القاهرة، ٢٠٠١.

(٦) شهيرة شرف، منطق الضبابية والعلوم الانسانية والاجتماعية، المركز العربي للأبحاث ودراسة السياسات بيروت، ط١.

(٧) صلاح عثمان، المنطق متعدد القيم بين درجات الصدق وحدود المعرفة، منشأة المعارف، الاسكندرية ، ٢٠٠٠.

(٨) عبد الرحمن بدوي، المنطق الصوري والرياضي، مكتبة النهضة المصرية، القاهرة، ط٢، ١٩٦٣

(٩) هينز باجلز، رموز الكون، ترجمة: مُحَمَّد عبدالله البيومي، مراجعة: سيد رمضان هدارة، الدار الدولية للنشر والتوزيع، القاهرة، ط٢، ١٩٨٩

ثانياً: المراجع الأجنبية: –

1. Barton L. Lipmann, *Why is Language Vague?* Department of Economics, Boston University, 2009.
2. Bernard Fustier, 'The Mathematical Framework of Fuzzy Logic', In: *Fuzzy Set Approach to Multidimensional Poverty Measurement*, Springer Science-Business Media, LLC, 2006.
3. Katarína Valášková, Tomáš Klieštik, and Mária Mišánková, *The Role of Fuzzy Logic in Decision Making Process*, University of Žilina, Slovakia, January 2014.
4. Klir, G.J&Yuan Bo., *Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Application*, prentice Hall, New Jersey, 1995.
5. Kliri, G, J et al, *Fuzzy Set Theory: Foundation and Application*, Prentice-hall, New York, 1977.
6. Williamson, T., *Vagueness*, Rutledge London&N.Y.1990.
7. Yen, J& Langari, R., *Fuzzy Logic, Intelligence, Control, and Information*, Prentice-Hall, Inc, New York, 1999
8. Zadah, L. A, *Knowledge Representation in Fuzzy Logic*, In Yager, R.R.& Zadah, L.A., *An Introduction to Fuzzy Logic Application in Intelligence Systems*, Klwier Academic Publishers, 1992
9. Zadah, L.A., 'Is There a Need for Fuzzy Logic?', Information Science 178, elseiver, 2008, pp2751-2779.
10. Zadeh, L.A, 'A Theory of Approximate Reasoning', In Yager, R et all (eds), *Fuzzy Sets and Application*, Selected Papers by L.A Zadeh, 1979.
11.) Zadah, L.A, 'The Concept of a Linguistic Variable and its Aapplication to Approximate Reasoning', *Information Science* 8, part 1, p199-249, 1975.