د. السيد نصر السيد

الحقيبة الرمادية

Bibliotheca Alexandrina
0127898

الحقيقة الرمادية

الألف كتاب الثانى

الإشراف العام

د. سمير سرحان

رئيس مجلس الإدارة

رئيس التحرير

أحمد صليحة

سكرتير التحرير

عزت عبدالعزيز

الإخراج الفنى

علياء أبوشادى

الحقيقة الرمادية

د. السيد نصر السيد

الهيئة المصرية العامة للكتاب
١٩٩٧

تقـــــــديم

لا يجد الانسان غضاضة ، من آن لآخر ، فى تغيير ملابسه ليساير احدث خطوط « الموضة » . وهو ايضا لا يكف من تبديل ما يستخدمه من ادوات ليساير التقدم التكنولوجى . ولكنه ، وبالرغم من حبه للتغيير ، يقاوم اى تغيير فيما يتعلق بافكاره وتصوراته عن الواقع الذى يعيش فيه . ولا يصدق هذا الأمر قدر صدقه فى حالة « **المنطق التقليدى** » الذى وضع أسسه الفيلسوف اليونانى ارسطو فى القرن الثالث الميلادى فاستمرت قواعده وقوانينه تفعل فعلها فى تشكيل حضارة الانسان وفكره اكثر من عشرين قرنا من عمر الزمان . وعلى الرغم مما شهدته الانسانية من ثورات فكرية غيرت اغلب تصوراته عن الواقع ، فان أسس هذا المنطق العتيد ظلت صامدة أمام رياح التغيير .

من هنا كانت قيمة العمل الذى انجزه لطفى زاده فى أوائل ستينات القرن العشرين . فلقد تمكن هذا العالم الأمريكى ، ذو الأصل الايرانى ، من وضع حجر الأساس لمنطق جديد . منطق جديد يتجاوز ثنائية الخطأ والصواب الصارمة التى تقام على أساسها المنطق التقليدى ، ليقترب اكثر من واقع الانسان . هذا الواقع الذى ينتفى فيه المطلق ، ولا يخلو أمر من أموره من امتزاج الخطأ والصواب بدرجة أو أخرى . وهكذا ولدت « الحقيقة الرمادية » الثرية بتعدد الدرجات لتحل بذلك محل « الحقيقة ذات اللونين » ... حقيقة الأبيض والأسود .

ويعرض هذا الكتاب ، لأول مرة باللغة العربية ، لملامح هذه الرؤية الجديدة التى لم يقتصر أثرها على فكر الانسان ، بل امتد ليتجسد فى العديد من المنتجات التى يستخدمها الانسان فى حياته اليومية . يعرضها للقارىء المهتم بالرؤى الجديدة التى تمخض عنها القرن العشرون لتكون أساسا للحضارة المقبلة .. حضارة الألف الثالثة ، سواء أكان هذا القارىء ذا خلفية ثقافية عامة أم ذا خلفية علمية متخصصة .

د. السيد نصر الدين السيد
فالباخ — سويسرا
فبراير ١٩٩٦

الفصل الأول

هذا ما جناه علينا أرسـطو ... !

To: www.al-mostafa.com

لم تحظ أية لغة من لغات الانسان الطبيعية ، بشتى فصائلها بتقدير ، أيا كان نوعه ، من علماء الرياضيات ... !! فهم ينظرون الى كلمات تلك اللغات وتعبيراتها وتراكيبها بشك وريبة ، لافتقادها الدقة فى التعبير عما ينشئون من تصورات وأفكار ، ويأخذون عليها جميعها غلظتها وما تحمله وما تؤدى اليه من لبس وغموض وابهام . ولم يكتف هؤلاء بنظرتهم المتعالية والمزدرية للغات الانسان الطبيعية ، بل عبروا عنها بطريقة عملية فابتدعوا لغتهم الرمزية الخاصة التى ضمنوها ما اعتقدوا أنه يكفل لها دقة التعبير وانضباط الصياغة ، واستخدموها فى تمثيل أفكارهم وتصوراتهم . وهكذا أصبحت لأمة الرياضيات لغتها الرسمية التى يستخدمها أهلها فى التحاور فيما بينهم ولا يقبلون بغيرها بديلا . والحق أن تطور الرياضيات قد ارتبط ارتباطا وثيقا بتطور لغتها التى لم يكف أهلها ، بمختلف فصائلهم ، عن صقلها وضبط صيغها وتراكيبها جيلا بعد جيل .

وقد شهد النصف الثانى من القرن التاسع عشر ميلاد صيغة جديدة من صيغ هذه اللغة على يد عالم الرياضيات الألمانى جورج كانتور (١٨٤٥ — ١٩١٨ م) . وكانت هذه الصيغة هى « **الفئة** » Set التى استمدت قوتها من بساطتها المتناهية ، ومن كفاءتها الفائقة على التمثيل المحكم لأكثر المفاهيم الرياضية تعقيدا وتجردا ، ومن قدرتها على التعبير البليغ عن مدركات الانسان مادية كانت أم معنوية . و « **الفئة** » ، كما يعرفها علماء الرياضيات ، هى تعبير رمزى عن أى تجميع اختيارى لأشياء ، مجردة أو ملموسة ، تشترك جميعها فى سمة(١) واحدة أو أكثر . فعلى سبيل المثال تعبر فئة « **الروايات المحفوظة** » ، **رم** ، عن كافة الروايات التى ألفها نجيب محفوظ ، أى أن :

رم = [كفاح طيبة ، عبث الأقدار ، رادوبيس ، ...]

أما فئة « **شركات انتاج السيارات** » ، **ش ا س** ، فهى الفئة التى تضم كافة الشركات المنتجة للآلات التى تتوفر فيها سمات من قبيل :

---

(١) السمات هى الصفات التى يتمتع بها الشىء موضع الاهتمام مضافا اليها طبيعة العلاقات التى تربطه بالأشياء الأخرى .

احتواؤها على محرك احتراق داخلى ، تتحرك على عجل مطـــاطى ، يقودها انسـان .... ، اى ان :

ش‌اس = [فيات ، فيرارى ، مرسيدس ، أودى ، فورد ، جنرال موتورز ، تويوتا ، نيسان ، فولفو ، ....] .

وبالطبع يمكن تقليص حجم الفئة ، اى انقاص عدد اعضائهـــا ، بزيادة عدد السمات التى ينبغى ان تتوفر لديهم كأن تضيف للســـمات السابقة جنسية الشركة المنتجة أو موقعها الجغرافى . ويعرف أسلوب تمثيل الفئات القائم على سرد كافة افرادها بين القوسين [ ] بـ « **الطريقة الصريحة** » .

وبقليل من التأمل نكشف عدم جدوى هذه الطريقة لتمثيل الفئات ، فئة « **الكلمات العربية** » ، على سبيل المثال ، تضم كافة كلمات اللغة العربية قديمها وحديثها ، مهجورها وشائعها ، ويتطلب تمثيلها طبقـــا للطريقة الصريحة عدة مجلدات . واذا كان هذا هو الوضع فى حـــالة « **الفئات المتناهية** » Finite set التى يمكن حصر افرادها وعدهم كفئة « الكلمات العربية » ، فانه يصبح غير محتمل وغير ممكن فى حالة « **الفئات اللامتناهية** » Infinite set ، التى لا يمكن عد افرادها . فعلى سبيـــل المثـــال : كيـــف يمـــكن تمثيـــل فئـــة الأشيـــاء خضراء اللون بواسطة الطريقة الصريحة ؟ . أو كيف يمكن استخدام الطريقة الصريحة فى تمثيل فئة لامتناهية كفئة « **الأعداد الزوجية** » ، E ، التى تضم كل الأعداد الصحيحة التى تقبل القسمة على اثنين ، اى ان :

$$E = \{ 2, 4, 6, 8, 10, 12, \ldots \}$$

ولم « يغلب حمار » علماء الرياضيات ازاء هذا الوضع فاتفقوا على طريقة أخرى تركز فقط على ذكر السمات التى ينبغى ان يتمتع بها افراد الفئة وذلك بدلا من ذكرهم فردا فردا كما هو الحال باستخدام الطريقة الصريحة ، واطلقوا على هذه الطريقة اسم « **الطريقة الضمنية** » لتمثيل الفئات . فالفئة X التى يتمتع كل فرد من افرادهـــا ، X . بالسمة (أو بمجموعة السمات) P يتم تمثيلها على الصـــورة التالية :

$$X = \{ x/x \text{ has the property } P \}$$

حيث تقرأ العلامة (/) « **حيث ان** » أو « **بشرط** » . وهكذا يمكن

تمثيل الفئة اللامتناهية « **الاعداد الزوجية** » ، E ، على الصورة التالية :

$$E = \{ e \,/\, e \text{ is an even integer} \}$$

أما الفئة المتناهية « **الروايات المحفوظية** » ، رم ، فتاخذ الصورة التالية :

رم = [ر/ر هى رواية من **تاليف نجيب محفوظ**] .

وقد اخذت هذه الصيغة الجديدة بلب اهل الرياضيات فشغفوا باستخدامها شغفا محموماً راينا آثاره تتبدى فى ادبياتهم سواء اكانت كتبا ام مقالات متعمقة ، تطرح على المتخصصين احد موضوعاتها ، ام كانت كتبا مدرسية تعلم مبادئها الأولية لأطفال المدارس او تعرض عناصرها المتقدمة لطلاب الجامعات . وهكذا رايناهم وهم يمضون قدما فى الاستعانة بها لاعادة صياغة ما كان معروفا من مقولاتها ، ويستخدمونها لاستحداث الجديد منها . وبالطبع لم يكن « **المنطق الرمزى** » Symbolic logic(او المنطق الرياضى Mathematical logic) الذى يعتبر الصياغة الرمزية للمنطق التقليدى ، باستثناء . فلقد طالته هو الآخر تاثيرات « الفئة » وفعلت فيه فعلها الذى سنوضحه بالنسبة لواحد من اهم مفاهيمه الأساسية وهو مفهوم « **التصور** » Concept . فالمناطقة يعرفون التصور بانه « **فكرة مجردة كلية تعكس السمات الجوهرية للاشياء** » [1] . فهو فى عرفهم « **فكرة** » بمعنى أن وجوده ذهنى فى عقل الانسان ، وهو « **كلى** » بمعنى انطباقه على عدة افراد . وهو فوق ذلك كله يعكس فقط تلك « **السمات الجوهرية** » التى تميز الشىء أو الموضوع المعنى عن بقية الأشياء والموضوعات . وبلغة المناطقة ، فان « **كل تصور (يصدق) على افراد و (تفهم) منه مجموعة سمات** » [1] . فكلمة « انسان » هى التمثيل اللغوى لـ « **تصور** » **يصدق** على افراد البشر الموجودين اليوم والذين وجدوا من قبل والذين سيوجدون فى المستقبل ، **وتفهم** منه مجموعة صفات من قبيل كائن حى ، مفكر ، ناطق ، ... ، تنطبق عليهم جميعا . ويطلق على مجموع الصفات التى تفهم من اللفظ كلمة « **المفهوم** » Intension اما الافراد الذين يتمتعون بهذه الصفات فيطلق عليهم « **الماصدق** » Extension . وهكذا يمكننا القول بأن « **الطريقة الصريحة** » لتمثيل الفئات ليست الا تعبيرا عن « **ماصدق** » التصور الذى تمثله الفئة وذلك بسردها لكافة الافراد المنتمين اليها ، بينما تعبر « **الطريقة الضمنية** » عن « مفهوم » التصور باهتمامها بالسمات التى يتعين تمتعهم بها .

واذا كان من طبائع الأمور أن يضع أصحاب لغة ما القواعد والقوانين التى تحكم استخدام عناصرها ، من حروف ومفردات وصيغ وتراكيب ، وتضبط اشتقاق تلك العناصر بعضها من البعض الآخر ، فان هذا الأمر يصبح لازما بالنسبة للغة الرياضيات . وهكذا رأينا اهل تلك اللغة وهم يقننون لكيفية استخدام الصيغة الجديدة ، الفئة ، ويضعون قواعد التعامل معها . ومن أهم هذه القواعد تلك التى تحدد كيفية تكوين فئات جديدة من تلك الموجودة فعلا ، أو بعبارة أخرى « **القواعد الصرفية** » لاشتقاق الفئات ... ! وأولى هذه القواعد هى قاعدة « **اتحاد الفئات** » Union التى تنص على أنه يمكن ضم فئتين (أو أكثر) معا لتشكلا فئة جديدة تضم معا كلا من عناصرهما ويرمز لها بالصيغة :

$$X \cup Y$$

حيث يرمز الحرف X الى الفئة الأولى ، ولتكن على سبيل المثال فئة (**النساء ذوات الشعر الأسود**) ، ويرمز الحرف Y الى الفئة الثانية ، ولتكن فئة (**النساء ذوات الشعر الكستنائى**) ، ويشير الرمز $\cup$ الى عملية الاتحاد بينهما . اى أن الفئة الناتجة عن اتحاد الفئتين X, Y تضم (**كل النساء من ذوات الشعر الاسود والشعر الكستنائى**) على السواء . هذا ويمكن التعبير رمزيا عن الفئة الناشئة عن اتحاد الفئتين X, Y (أى الفئة التى تحتوى على عناصر كل من الفئتين) كما يلى :

$$X \cup Y = \left\{ a/a \in X \text{ or } a \in Y \right\}$$

حيث يستخدم الرمز $\in$ للاشارة الى انتماء العنصر a الى فئة بعينها . ولما كانت لغة الرموز لا تقتصر فقط على حروف اللغات الطبيعية بل تتسع لتشمل الرسوم والأشكال ، فان عالم الرياضيات الانجليزى جون فن (١٨٣٤ — ١٩٢٣ م) J. Venn قد ابتدع طريقة بسيطة لتصوير تلك القواعد . وتقوم هذه الطريقة على تمثيل الفئة ، اية فئة ، بواسطة شكل ما قد يكون دائرة او مربعا أو اى شكل آخر يتم الاتفاق عليه . اما الفئة الناتجة عن اية عملية يتم اجراؤها على فئتين او اكثر فيرمز لها بالجزء المظلل من الأشكال المستخدمة . وهكذا يمثل الشكل (ا — ا) مخطط فن لتمثيل الفئة الناتجة من اتحاد الفئتين X, Y.

أما ثانى هذه القواعد فهى قاعدة « **تقاطع الفئات** » Intersection التى يرمز لها بالرمز $\cap$. فعلى سبيل المثال اذا كانت الفئة X

الشكل (١ ـ ١) مخطط فن لاتحاد الفئات

هى فئة (**النساء ذوات الشعر الاسود**) ، وكانت الفئة Y هى فئة (**النساء ذوات العيون الخضراء**) ، فان الفئة الناتجة من تقاطعهما ($X \cap Y$) هى الفئة التى تحتوى على (**النساء ذوات الشعر الاسود والعيون الخضراء**) . هذا ويمكن التعبير رمزيا عن الفئة الناتجة من تقاطع فئتين كما يلى :

$$X \cap Y = \{a / e \in X \text{ and } a \in Y\}$$

أى انها الفئة التى تضم فقط تلك العناصر التى تتواجد فى كل من الفئتين . ويمثل الشكل (١ ـ ٢) مخطط فن لتقاطع الفئتين X, Y حيث يمثل الجزء المظلل الفئة $X \cap Y$ الناتجة من تقاطعهما .

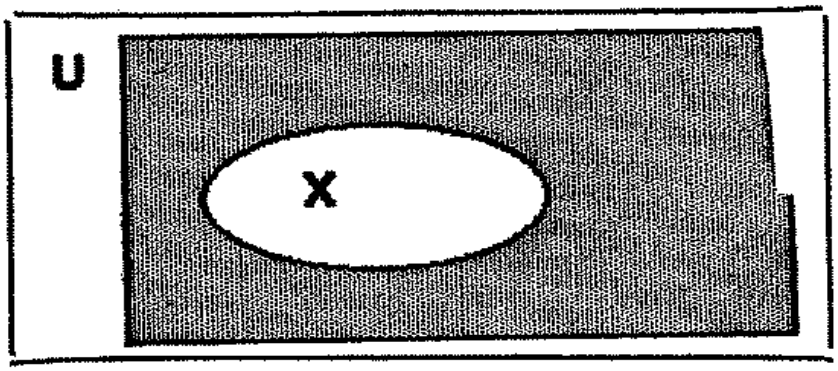
الشكل (١ ـ ٢) مخطط فن لتقاطع الفئات

ويتطلب التعرض لثالث تلك القواعد وهى قاعدة « **نفى الفئة** » التى تنشىء فئة جديدة هى « **متمم الفئة** » Complement ، تعريفا لنوع خاص من الفئات هو « **الفئة الكونية** » Universal set او فئة « **عالم المقال** »Universe of discourse التى يرمز لها عادة بالرمز *U* وتضم فى طياتها كافة عناصر الموضوع قيد الاهتمام سواء اكنا معنيين بجميع تلك العناصر ام ببعضها فقط فاذا افترضنا اننا معنيون بالفئة التى تقتصر عضويتها على « **سكان الاسكندرية** » فقط ، فى هذه الحالة تصبح فئة « عالم المقال » ، او « الفئة الكونية » ، هى فئة كل «**سكان**

مصر » . وانطلاقا من تعريفنا للفئة الكونية يمكننا تعـــريف « **الفئة المتممة** » لفئة « **سكان الاسكندرية** » بانها الفئة التى تضم كل سكان مصر ، باستثناء أولئك الذين يقطنون مدينة الاسكندرية . وبشكل أكثر عمومية اذا كان لدينا أية فئة X وفئة كونية لعالم مقالها U ، فـــان الفئة المتممة لها ، والتى يرمز لها بالرمز X تعرف بواسطة الصيغة التالية :

$$'X = \left\{ a / a \in U \text{ and } \notin X \right\}$$

حيث الرمز $\notin$ يعنى أن a لا تنتمى الى الفئة X . ويمثل الشكل (١ ــ ٣)مخطط الفئة المتممة للفئة X .



الشكل (١ ــ ٢) مخطط فن للفئة المتممة للفئة

وكما انشأ علماء الرياضيات « **قواعد صرفية** » لاشتقاق الفئـــات بعضها من البعض الآخر ، رأيناهم أيضا يضعون الضوابط الصارمة لتمثيلها ولتحديد شروط الانتماء اليها . فوجدناهم يقررون أن « **انتماء** » شيء لفئة بعينها تعبر عن تصور ما هو أمر مرهون بتمتع هذا الشيء بسمة (أو بسمات) محددة تؤدى غيبتها (أو غيبة أى منها) الى نزع هذا الانتماء عنه فى حسم صارم لا تهاون فيه . وكعادة أهل الرياضيات المولعين بالاقتصاد فى الكلام وبالاسراف فى استخدام الرموز ، رأيناهم يعبرون عن هذا الأمر باستخدام دالة بسيطة « **ثنائية القيمة** » (٢) أسموها « **دالة الانتماء** » Membership function واختاروا لها كعادتهم حروف اللغة اليونانية « **ميو** » μ ليكون رمزاً لها . ودالة الانتماء هذه اما أن تساوى واحداً صحيحاً فى حالة تمتع الشيء بالسمة المطلوبة التى تؤهله لعضوية الفئة موضع الاهتمام معبرة بقيمتها هـــذه عـــن

---

(٢) أى الدالة التى لها قيمتان فقط .

انتمائه للفئة ، أو أن تساوى صفرا فى حالة عدم تمتعه بهذه السمة معبرة بهذه القيمة عن نفى هذا الانتماء . ويمكن التعبير رمزيا عن دالة انتماء الشيء a للفئة X التى توصفها السمة (او مجموعة السمات) P على الوجه الآتى :

اذا تمتع الشيء a بالسمة P فان :

$$\mu_X(a) = 1$$

اى ان : $(a \in X)$

اذا لم يتمتع الشيء a بالسمة P فان :

$$\mu_X(a) = 0$$

اى ان : $(a \notin X)$

حيث $\mu_X(a)$ هى « **دالة انتماء** » الشيء a الى الفئة المرموز اليها بالرمز X . والآن اذا اعتبرنا فئة « **سكان مصر** » هى فئتنا للكونية U ، وان فئة « **قاطنى الاسكندرية** » هى الفئة موضع الاهتمام X ، لأمكننا أن نضع تعريفا اكثر عمومية لدالة الانتماء للفئات المحددة ، بوصفها :

« الدالة التى تخصص لكل عضو من اعضاء فئة عالم المقال (الفئة الكونية) U عددا ، اما واحد او صفر ، يحدد انتماءه للفئة X من عدمه »

اى ان فئة القيم الممكنة لـ « دالة انتماء » الفئات المحددة هى الفئة التى تضم عنصرين فقط ، $\{0, 1\}$. وكعادة اهل الرياضيات ، فهم يمثلون دالة الانتماء هذه على الصورة الرمزية التالية :

$$\mu_X(a) : U \rightarrow \{0, 1\}$$

والآن ، يمكننا بالاستعانة بدالة الانتماء هذه استحداث طريقة جديدة لتمثيل الفئات المشتقة الثلاث الناتجة من عمليات اتحاد الفئات وتقاطعها ونفيها . فالفئة الناتجة من اتحاد الفئتين X و Y يمكن تمثيلها بالجدول التالى :

μ_X (a)	μ_Y (a)	$\mu_{X \cup Y}$ (a)
1	1	1
1	0	1
0	1	1
0	0	0

اى ان انتماء العنصر a لأى من الفئتين X و Y يؤهله لعضوية الفئة $X \cup Y$. أما الفئة الناتجة من تقاطع الفئتين X و Y فيمكن تمثيلها على النحو التالى :

μ_X (a)	μ_X (a)	$\mu_{X \cap Y}$ (a)
1	1	1
1	0	0
0	1	0
0	0	0

اى انه لكى يتمتع عنصر ما a بعضوية الفئة $X \cap Y$ ، فلابد ان يكون منتميا لكل من الفئتين X و Y فى نفس الوقت .

وأخيرا تمثل الفئة المتممة للفئة X (اى نفيها) بالجدول التالى :

μ_X (a)	μ_X (a)
1	0
0	1

والحق أن هذا التمثيل الجدولى للفئات المشتقة ليس الا احد صور التعبير عن ما يعرف بلغة المنطق الرمزى بجداول صدق القضايا المركبة . وهى القضايا التى يمكن تكوينها من القضايا الأولية (اى

الجمل الخبرية التى يمكن الحكم بصدق أو بكذب ما تخبرنا به) باستخدام الروابط المنطقية الثلاثة : « **الوصل (و)** » Conjunction (*and*) و « **الفصل (أو)** » Disjunction (*or*) ، و « **النفى** » Negation .

والآن ، فلنحاول استخدام صيغة « **الفئة المحددة** »(٣) Crisp set هذه للتعبير عن تصور ما وليكن « **الطقس الحار** » . فى البداية سيتعين علينا تحديد درجات الحرارة التى نرى أنها تعبر عن احساسنا بحرارة الطقس تحديدا دقيقا ، ولتكن درجات الحرارة تلك هى التى تساوى أو تزيد عن ٢٥ م أو تساوى أو تقل عن ٣٥ م . أى أن الفئة المحددة التى تعبر عن تصور « **الطقس الحار** » يمكن تمثيلها كما يلى :

$$\text{الطقس الحار} = \left\{ [\, د/٣٥ \geq د \geq ٢٥ \,] \right\}$$

وهكذا ان اعلنت هيئة الأرصاد الجوية أن متوسط درجة حرارة « الغد » ستكون ٣٥ر٥ م ، فان طقس هذا الغد لن يكون ، طبقا للتعريف الذى تحدده فئة « الطقس الحار » السابقة ، طقسا حارا ... !! .. حيث ان درجة ٣٥ر٥ م لا تنتمى اليها . وهنا سيكون لزاما علينا ان ننشىء فئة جديدة لتعبر عن تصورنا لحالة الطقس الذى درجة حرارته ٣٥ر٥ م أو اكثر ولتكن مثلا فئة « الطقس شديد الحرارة» ونضمنها على سبيل المثال درجات الحرارة التى تساوى أو تزيد عن ٣٥ر٥ م وتقل أو تساوى ٤٥م . وهكذا سيتعين علينا انشاء العديد من الفئات المحددة التى تعكس تصوراتنا عن أحوال الطقس المختلفة بتقلباتها ما بين البارد والحار .

وهذا السلوك الباتر لدالة انتماء « **الفئات المحددة** » Crisp sets ليس ، فى حقيقة الأمر ، الا صورة من الصور العديدة لواحد من أهم قوانين المنطق التقليدى الذى وضع أسسه أرسطو (٣٨٤ — ٣٢٢ ق.م) منذ أكثر من الفى سنة . انه « **قانون الثالث المرفوع** » (Law of the excluded middle tertum non datur) الذى ينص ، فى صورته اللفظية ، على « أن الحكم بصحة أمر من الأمور **لا يخرج عن اثنتين : فهو اما ان يكون صائبا (صادقا) ، او ان يكون خاطئا (كاذبا)** » . أى أنه القانون الذى لا يسمح الا باختيار واحد من بين بديلين يستبعد كل منهما الآخر . انه قانون (**اما ... او ...**) الذى لا يسمح بالبين بين فى الحكم على الأشياء . وبهذا يصبح المنطق

(٣) يطلق على الفئات ذات دالة الانتماء ثنائية القيمة اسم « الفئات المحددة » لتمييزها عن « الفئات الغائمة » Fuzzy Sets التى سنعرض لها فى الفصل الثانى .

التقليدى منطقا « **ثنائى القيم** » لا تحتوى فئة قيمه ، أو احكامه على الأشياء ، الا على حكمين (أو قيمتين) فقط هما : الصدق (ص) والكذب (ك) ، أى ان :

قيم الحكم على امر ما = [صادق ، كاذب]

أو بصياغة اخرى :

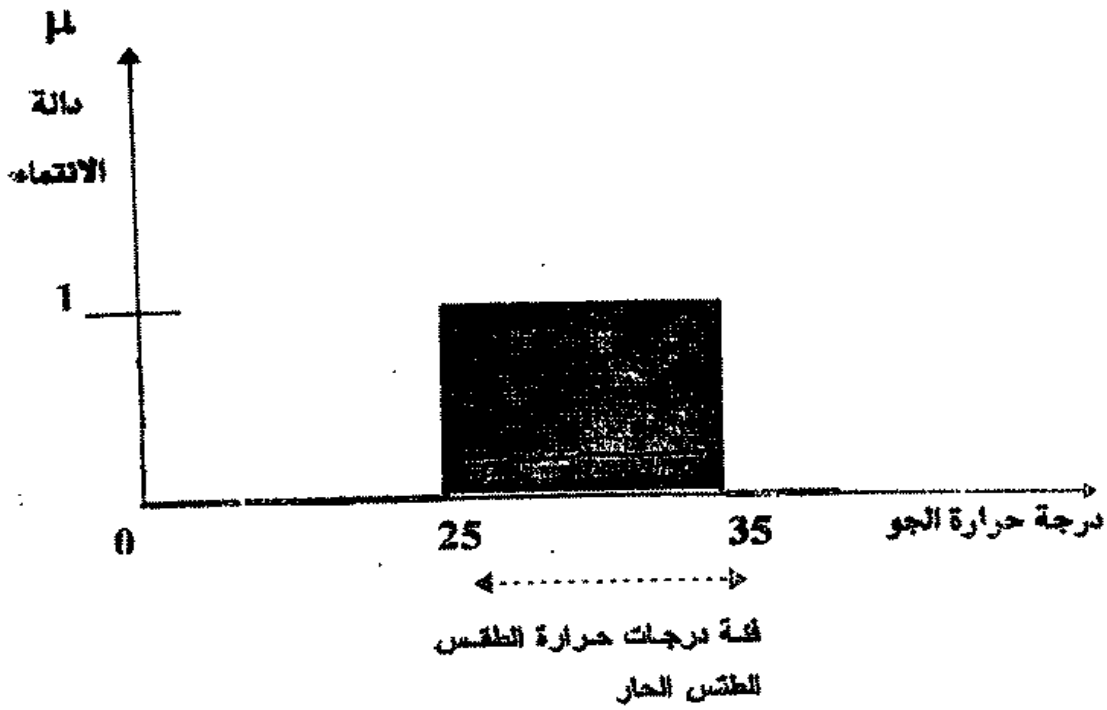
$$\text{قيم الصدق للمنطق الارسطى} = \{\ 0, 1\ \}$$

حيث تشير القيمة (1) الى **صدق** (أو صواب) القضية المطروحة صدقا خالصا لا ريبة فيه ، وتشير قيمتها الاخرى (0) الى **كذبها** (أو خطئها) كذبا بينا لا شك فيه . وهكذا يختزل المنطق الارسطى ، وما انبنى عليه من نظم منطقية ، ثراء الوان الواقع المعاش والملموس الى لونين فقط هما الأبيض والأسود ، رافضاً الاعتراف حتى بوجود الرماديات . والحق ، وبالرغم من هذا الاختزال ، فلقد أحدث المنطق التقليدى ، منذ نشأته قبل الفى عام ، ثورة حقيقية فى فكر الانسان بوصفه « **آلة قانونية تعصم مراعاتها الذهن من الخطأ** » . فلقد زود هذا المنطق الانسان بمجموعة متكاملة ومتسقة من المبادىء والقواعد والقوانين التى تسمح له بضبط صياغة افكاره وباشتقاق المزيد منها ، وبآليات تكفل له عدم تضاربها او تناقضها . وعلى مدى الفى عام اسهمت الاجيال المتعاقبة من المناطقة وعلماء الرياضيات فى تطوير هذه « الآلة الذهنية » فى صقلها ، وفى اشتقاق نظم منطقية تقوم على اسسها مثل «**حساب المحمول**» Predicate Calculus و« **الجبر البولى** » Boolean Algebra ، نسبة الى عالم المنطق الانجليزى جورج بول (١٨١٥ — ١٨٦٤ م) .

وبالطبع لن يتسع المجال لذكر كافة انجازات هذا المنطق على مدى تاريخه الطويل ، لذا سنكتفى بأحدث واهم تجلياته التقنية التى باتت تؤثر على مختلف انشطة الانسان وهى « **الحاسوب** » . فعمارة الحواسب التى يشيع استخدامها اليوم بمكوناتها الاساسية من دوائر « ثنائية الأوضاع » (٤) ليست الا التجسيد المادى لقواعد هذا المنطق

---

(٤) الدوائر « ثنائية الأوضاع » هى دوائر الكترونية يمكنها فى لحظة معينة اتخاذ وضع واحد فقط من بين وضعين متاحين لها . فالمصباح الكهربائى ، على سبيل المثال ، له وضعان فقط : مضىء ومطفأ . ويتم ، بالاتفاق ، على ان يمثل احد هذه الأوضاع العدد {0} بينما يمثل الوضع الثانى العدد {1} .



الشكل (١ ـ ٤) : تمثيل بيانى لدالة انتماء فئة « الطقس الحار »

على وجه العموم ولـ « قانون الثالث المرفوع » على وجه التحديد . ولكن يبقى السؤال : « **هل بلغت هذه « الآلة الذهنية »** ، **بتاريخ تطورها الطويل وبانجازاتها غير المذكورة حد الكمال ... ؟** » . حقا لقد وفرت هذه الآلة الذهنية للانسان رموزا وصيغا مكنته من التعبير عن تصوراته لأحوال الواقع ولاحكامه المتعلقة بها ، ولكنها كانت صيغا « **صورية** » Formal بالغة التجريد فارغة من المضمون ، مثلها فى ذلك مثل الاناء الفارغ الذى يمكنك ملأه بأى سائل تشاء ، او كالقالب الذى يستخدمه المثالون فى تشكيل ما يروق لهم من مواد . ولئن مكنت هذه الصيغ الانسان من « التعميم » الذى يساعده على توحيد اسس التعامل مع مختلف الامور ، الا انها قد حرمته من ثراء « **التخصيص** » الذى ينظر الى الأفكار فى اطار الظروف التى انتجتها وفى ظل السياق الذى حدثت فيه . وهكذا رأينا صيغ هذا المنطق وعباراته وهى تقف عاجزة امام ثراء وتنوع تصورات الانسان وافكاره عن واقعه الملموس والمعاش . ولئن غضضنا الطرف مؤقتا عن هذا العيب الجسيم لنتساءل عن مدى نقاء مبادىء هذه الآلة الذهنية وخلو قوانينها من العيوب الخلقية (بكسر الخاء) ، لوجدنا ان الاجابة على

هذا التساؤل بـ « لا » . فلقد اكتشف متعاطو هذا المنطق منذ بداياته الأولى العديد من أوجه القصور الكامنة فى صلب بنيته . ولعل « **مشكلة الكريتى الكاذب** » هى واحدة من اشهر واقدم المسائل التى أبرزت بعضا من نواحى عجزه . والحكاية هى أن الكريتى (احد سكان جزيرة كريت) راح يشيع مقولة عن مواطنى جزيرته مؤداها أن « **كل الكريتيين كاذبون** » . وتوقعنا مقولته هذه ، ان التزمنا بقانون الثالث المرفوع ، فى مأزق لا نحسد عليه :

— فهو ان كان (**كاذبا**) فان قوله هذا يكون (**صادقا**) .

— اما ان كان (**صادقا**) فان قوله هذا يكون (**كاذبا**) .

وهكذا يمتزج الـ « صدق » بالـ « الكذب » ، ويلتحم « الخطأ » و « الصواب » ويصبح التمييز والفصل بينهما أمرا غير ممكن . وهكذا تصبح مقولة هذا الكريتى صادقة وكاذبة ، صائبة وخاطئة فى الوقت نفسه وتصبح اعادة النظر فى « قانون الثالث المرفوع » أمراً واجب التنفيذ حتى لا تؤرقنا أقوال الكريتيين . ولقد دفعت هذه المشكلة وغيرها المناطقة الى البحث عن نظم منطقية اخرى تتخلص من قيد « قانون الثالث المرفوع » وما يفرضه من ثنائية صارمة على أحكام الانسان ، نظم تعبر حاجز « ثنائية قيم » الصواب فيتسع صدرها للمزيد منها . وكانت البداية فى عشرينات هذا القرن عندما ابتدع عالم المنطق البولندى جان لوكاشيفتش J. Lukasiewicz (١٨٧٨ — ١٩٥٦ م) منطقا « **ثلاثى القيم** » تحتوى فئة احكامه على ثلاث قيم ، أى ان :

$$\text{قيم الصدق للمنطق الثلاثى} = \left\{ 0, 0.5, 1 \right\}$$

ولم يتوقف الأمر عند هذا الحد فلقد مضى لوكاشيفتش قدما ، بالتعاون مع زملائه ، ليطور منطقه « ثلاثى القيم » الى منطق عام « **نونى القيم** » تحتوى فئة احكامه على n قيمة ، حيث n هذه هى عدد صحيح أكبر من أو يساوى اثنين ويشير الى رتبة النظام المنطقى . وفئة أحكام هذا المنطق نونى القيم T_n ، تأخذ الصورة العامة التالية :

$$T_n = \left\{ 0 = \frac{0}{n-1}, \frac{1}{n-1}, \frac{2}{n-1}, \ldots, \frac{n-2}{n-1}, \frac{n-1}{n-1} = 1 \right\}$$

حيث تؤول هذه الفئة الى فئة احكام المنطق التقليدى « **ثنائى القيم** » فى حالة ما اذا ساوت n اثنين ، اى أن :

$$T_2 = \{ 0, 1 \}$$

وتؤول الى فئة احكام المنطق « **ثلاثى القيم** » فى حالة ما اذا ساوت n ثلاثة ، اى أن :

$$T_3 = \{ 0, 1/2, 1 \} .$$

وهكذا ، يمكن الحصول على نظم منطقيـة ذات رتب أعلى مثل المنطق « **رباعى القيم** » اذا ما ساوت n أربعة :

$$T_4 = \{ 0, 1/3, 2/3, 1 \}$$

او المنطق « **خماسى القيم** » اذا ما ساوت n خمسة :

$$T_5 = \{ 0, 1/4, 1/2, 3/4, 1 \}$$

وهكذا بالنسبة للنظم المنطقية الاعلى رتبة .

وبالرغم من تعدد قيم صواب الأحكام التى وفرتها نظم المنطـق « **متعدد القيم** » برتبها المختلفة ، الا انهـا تتسم جميعـا بالطبيعـة « **المتقطعة** » لقيمها التى تقفز بخشونة من قيمة لاخرى ، مغفلة ما بينها من قيم وسيطة . وهكذا تغيب عنها جميعا القدرة على تمثيل « **التدرج** » الناعم الذى يميز اسلوب التفكير الانسـانى . فنحن ، بنى البشر ، لا نفكر فى العادة بطريقة « **كمية** » و « **متقطعة** » . فعندما يعبر شخص ما عن احساسه بارتفاع درجة حرارة الجو فهو يعنى بهـذا مـدى متدرجا من درجات الحرارة ، لا يمكن تحديده بدقة ومن ثم لا يمـكن صوغه على هيئة فئة محددة الملامح ، تحتوى على عدد معلوم ومحدد من درجات الحرارة . وحتى هذا المدى غير المحدد بدقة يتغير بالنسبة للشخص الواحد من وقت لآخر ويختلف بالطبع من شخص لآخـر . وهكذا تفقد « **الفئة المحددة** » مغزاها ومعناها عند مقابلتها بالواقـع وبتصورات الانسان عنه .

واليوم ، وبعد اكثر من الفي عام من الصقل والتطوير هل نجحت هذه « **الآلة الذهنية** » حقا في تحقيق هدفها المنشود وهـــو « **عصمة الانسان من الخطا** » ... ؟ والحق ، فانه بقدر ما حققته هذه الآلة من نجاحات بقدر ما جلبته من محـــن وسببته من نزاعـــات ... !؟ . فـــ « **قانون الثالث المرفوع** » يجعل من ليس معنـــا هـــو بالضرورة ضدنا ... وان من لا نتفق قناعاته مع قناعاتنا هو على خـــطأ مبين في اغلب الاحيان ... ! . وهكذا انتفت مساحات التفاهم ، وتقلصت ارض الحوار ، واصبح حتى مجرد التعايش السلمي مع الآخر في خبر كـــان .

الفصـــل الثـــاني

هكذا تحدث لطفي زاده

٢ ـ ١ ـ ظهـــور الغيـــوم

« يفترض المنطق التقليدى بكافة اشكاله دقة الرمـــوز والصـــيغ المستخدمة . لذا فهو لا يصلح للتعامل مع هذه الحياة الارضية .. انه فقط يتلاءم مع وجود سماوى متخيل .. انه المنطق الذى يقترب بنا ، اكثر من اى شىء آخر الى السماء » .

برترانـــد راســـل

بهذه الكلمات يصف واحد من أهم علماء الرياضيات وفلاسفتها ، برتراند راسل (١٨٧٢ ـــ ١٩٧٠) ، المنطق التقليـــدى الذى دامت سطوته على فكر الانسان ما يزيد عن الألفى عام [٣] . ويبدو انه كان على البشرية الانتظار طويلا حتى يأتى من يهبط بهذا المنطق من عالم « **اليوتوبيا** » بمثالياته الى عالم الانسان بوقائعه واحواله . وقد كان هذا الشخص المنتظر هو لطفى زاده ، أستاذ الهندسة الكهربية وعلوم الحاسب بجامعة كاليفورنيا ـــ بـــركلى ، ذا الأصـــل الايرانى الذى استوطن الولايات المتحدة . وحتى سنة ١٩٦٥ لم تنعدم اهتمامات زاده العلمية موضوعى « نظرية المنظومات العامة » General Systems Theory و«نظرية القرارات» Decisions Theory. الا انه فى هذه السنة نشر ورقة علمية لا يتجاوز عدد صفحاتها الخمس عشرة صفحة وذات عنوان غير مألوف هو « **الفئات الغائمة** » Fuzzy Sets [٤] . وربما لم تحدث ورقة علمية منفردة ، باستثناء ورقة اينشتين الشهيرة حول « **نظريـــة النسبية الخاصة** » المنشورة سنة ١٩٠٥ ، ما احـــدثته ورقة زادة من تداعيات على كافة المجالات العلمية والفكرية والتقنية . فمنذ ظهورها نشرت آلاف الأوراق العلمية المعنية بجانب أو آخر من الجوانب المتعددة لهذا المفهوم الجديد ، وعقدت عشرات المؤتمرات العلمية لمناقشته ، وانشئت الدوريات المتخصصـــة فى موضوعـــاته ، وتـــوالى ظـــهور الاستخدامات التجارية والصناعية لما ولدته هـــذه الورقة من مفاهيم وافكار حتى بلغت سنة ١٩٩٤ حوالى ١٥٠٠ استخدام وتطبيق تجارى وصناعى [٥] .

ولعل نقطة انطلاق هذا العمل الفذ الذى قام به لطفى زاده كانت هى وعيه المرهف بالفروق الجسيمة التى تباعد بين « **المنطق الرمزى** » بفئاته المحددة ، عن « **منطق الانسان** » . فالانسان ، فى اغلب تعاملاته مع احوال واقعه ، فكرا او عملا ، لا يستخدم « **لغة الكم** » ، باعدادها ورموزها وصيغها بالغة الدقة وشديدة الوضوح ، بل يعتمد اساسا على « **لغة الكيف** » ، بتعبيراتها الفضفاضة وصيغها السلسة التى كثيرا ما تفتقد الى الدقة وغالبا ما يشوبها الغموض . فهو عندما يرغب فى التعبير عن « **مقادير** » لا يستخدم « **اعدادا** » بل يستخدم « **الفاظا** » من قبيل : **كثير ، قليل ، بعض ، العديد** ، .... ، وهو عندما يريد التعبير عن احتمال وقوع حدث ما لا يقول « **ان احتمال وقوعه هو بنسبة كذا فى المائة** » ، بل يستخدم تعبيرات من قبيل **دوما ، ربما ، قلما ، فى النادر** ، .... وهو عندما يرغب تاكيد امر ما او التهوين من شانه يستخدم الفاظا وعبارات من قبيل : **جدا ، الى حد ما** ، .... كما ان تعبيرات الانسان عما يستشعره من احوال واقعه لا تعرف تلك الانتقالات الكمية الحادة والخشنة التى تميز المنطق التقليدى ، ايا كانت رتبته ، فهى تتميز بـ « **تدرج** » و « **نعومة** » تفتقدهما صيغ وتعبيرات هذا المنطق العتيد .

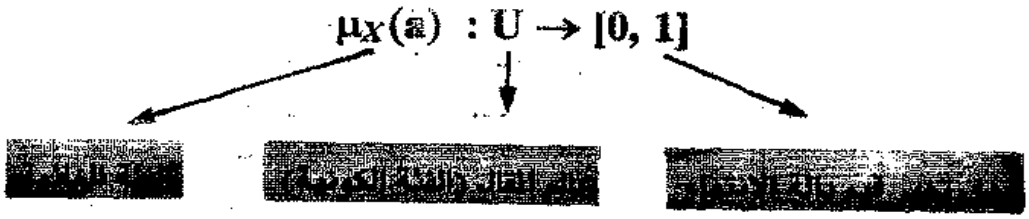
كان هذا كله فى ذهن لطفى زاده وهو يؤسس مفهومه الجديد عن « **الفئات الفائمة** » ، لتكون صيغة بديلة تحل محل « **الفئات المحددة** » فى التعبير عن منطق الانسان . وكان الحل الذى توصل اليه زاده مذهلا فى بساطته ومدهشا فى قدرته الفائقة على تمثيل العديد من خصائص منطق الانسان . فلقد اكتشف زاده العيب الخلقى (بكسر الخاء) الكامن فى تعريف الفئات المحددة ، النابع من « قانون الثالث المرفوع » والذى يتبدى فى السلوك الصارم لدوال انتمائها ثنائية القيمة . ففئة قيم تلك الدالة بالنسبة للفئات المحددة ، كما اوضحنا فى القسم السابق، لا تحتوى الا على قيمتين فقط ، واحدة تعبر عن انتماء الشىء للفئة موضع الاهتمام انتماء لا ريب فيه (1) ، والأخرى تعبر عن عدم انتمائه اليها بشكل لا يقبل النقاش (0) . وهنا قدم لطفى زاده حله البديل بسماحه لقيم هذه الدالة ان تاخذ بالاضافة الى الصفر والواحد الصحيح ، اية قيمة بينهما . فقيمة هذه الدالة ، طبقا للتعريف الجديد ، يمكن ان تكون 0.185 او 0.436 او 0.5 او 0.7935 او 0.962 الخ. وهكذا انشات دالة الانتماء المعدلة بقيمها « **المتصلة** » ، و « **اللانهائية** » (اى التى لا يمكن حصرها) نوعا جديدا من الفئات هو « **الفئات**

الغائمة » . ولا تغرك بساطة هذا التعديل فهو يحمل لنا فى طياته الشىء الكثير . وأول هذا الكثير هو قدرته على تمثيل خاصتى « **التدرج** » و « **النعومة** » اللتين تميزان تعبيرات الانسان عن احواله المتغيرة . فعلى سبيل المثال ، يستحيل علينا استخدام « **الفئات المحددة** » بدوال انتمائها ثنائية القيمة ، لتمثيل أحوال شخص تقتضى منه طبيعة عمله أن يقيم « **بعض الوقت** » فى مدينة الاسكندرية و « **بقيـة الوقت** » خارجها . فمثل هذا الشخص لا ينتمى الى فئة « **سكان الاسكندرية** » التى يقتضى الانتماء اليها الاقامة المستمرة فى مدينة الاسكندرية لمدة تزيد عن السنة ، أى ١٢ شهراً متواصلة (الشكل (٢ ــ ١ ، أ)) . وفى الوقت نفسه لا يمكن الحاقه على فئتها المتممة ، فئة « **غير قاطنى الاسكندرية** » حيث يتطلب الانتماء اليها عدم اقامة الشخص المعنى فى مدينة الاسكندرية . وهنا تقدم « **الفئات الغائمة** » ، بدوال انتمائهـا متدرجة القيم ، الحل المنشود . فاذا كانت فترة اقامة هذا الشخص خلال سنة ما فى مدينة الاسكندرية ثلاثة شهور ونصفا ، فان « **بعض الوقت** » هذا يمثل 0.292 من السنة بينما « **بقية الوقت** » تمثل 0.708 منها . وهكذا يمكن التعبير عن « **درجة انتمائه الجزئى** » لفئة « **المقيمين بالاسكندرية** » بدالة انتماء قيمتها 0.292 وعـن « **درجة انتمائه الجزئى** » لفئة « **غير المقيمين بالاسكندرية** » بدالـة انتماء قيمتها 0.708 . أما ان تغيرت أحوال هذا الشخص فى سنة أخرى لتصبح مدة اقامته فى الاسكندرية سبعة شهور فقط ، فان قيم دالة انتمائه لكل من الفئتين ، فئة « **المقيمين بالاسـكندرية** » والفئة المتممة لها « **غير المقيمين بالاسكندرية** » ، تتغير لتصبح قيمتها للأولى 0.583 وقيمتها للثانية 0.417 (الشكل (٢ ــ ٢ ، ب)) . وهكذا يسمح مفهوم « **الفئة الغائمة** » بانتماء الكيان الواحد لأكثر من فئة غائمة فى نفس الوقت .

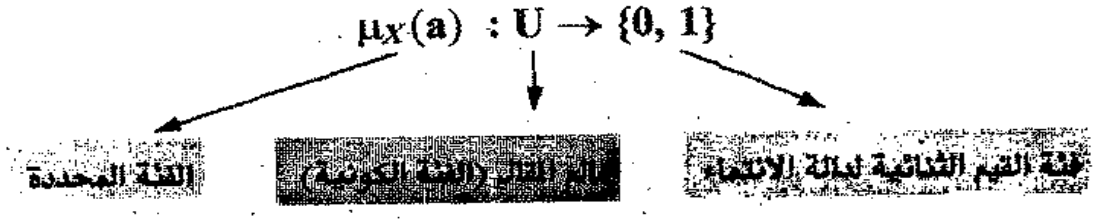
وانطلاقا من المثال السابق يمكن وضع تعريف أكثر عمومية لدالة الانتماء للفئات الغائمة ، فهى :

« الدالة التى تخصص لكل عضو من اعضاء فئة عـالم المقـال (الفئة الكونية) U عددا ما بين الصفر والواحد يحدد درجة انتمائه للفئة الغائمة X » .

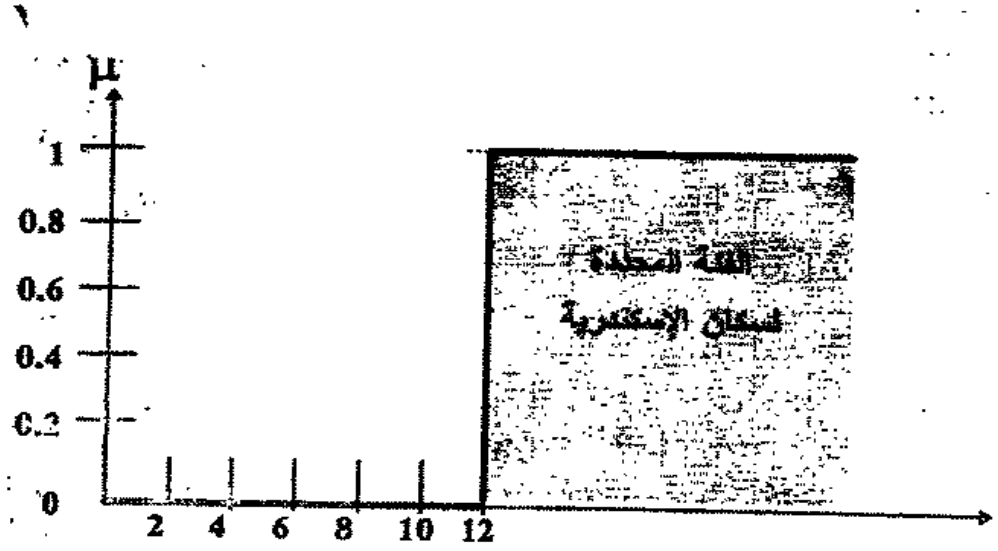
اى ان : $\mu_X(a)$ تحدد درجة انتماء العنصر a الى الفئة X . ويأخذ هذا التعريف الصورة الرمزية التالية :



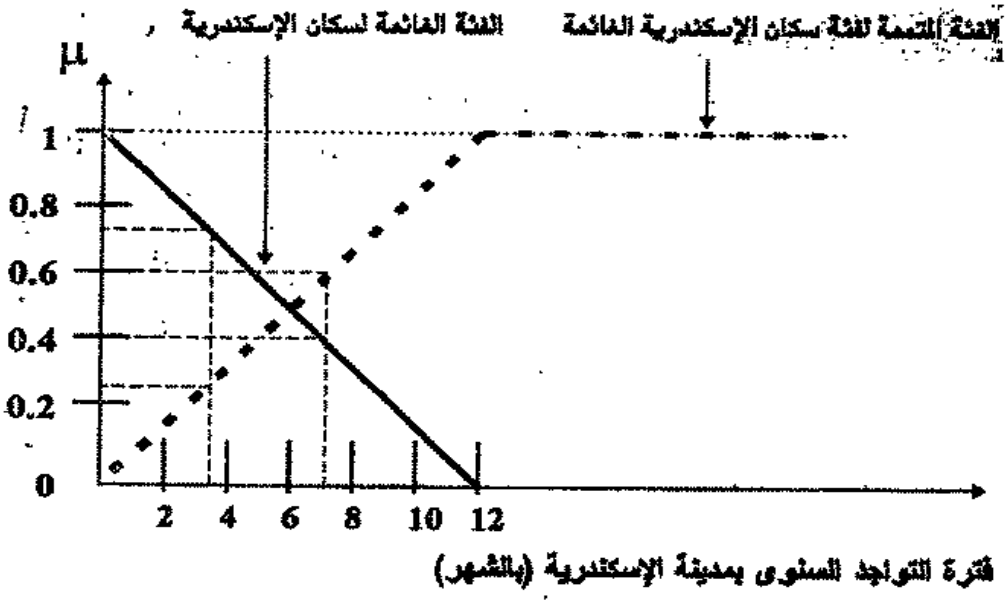
حيث تمثل [0, 1] كل الأعداد التى تساوى أو تزيد عن الصفر ، وتساوى أو تقل عن الواحد الصحيح . وهكذا تظهر صديقتنا القديمة « **ميو** » μ مرة أخرى وقد ارتفع رصيد قيمها من قيمتين فقط ، هما أعضاء الفئة $\{0, 1\}$ الى عدد لا نهائى من القيم يعبر عنه المدى [0,1] . وقارن « **ميو الجديدة** » هذه ، دالة الانتماء للفئات الغائمة ، بـ « **ميو القديمة** » ، أى دالة الانتماء للفئات المحددة التى تأخذ الهيئة الرمزية التالية :



ويمنحنا مفهوم « **الفئات الغائمة** » ودوال انتمائها لا نهائية القيم أداة لصياغة منطق التفكير البشرى . فعلى سبيل المثال يستخدم الانسان عند سؤاله عن عمر شخص ما أوصافا من قبيل « **طفل** » ، و « **فتى** » ، و « **بالغ** » ، و « **شاب** » ، و « **كهل** » ، و « **عجوز** » . وبالطبع تختلف تقديرات كل منا عن حدود المرحلة العمرية لكل وصف من هذه الأوصاف . فاغلبنا يقر بأن من يقل عمره عن ٢٠ سنة هو شاب وفى عنفوان الشباب ، ويعتبر البعض الآخر أن من فى الأربعينات من عمره لم يتجاوز بعد مرحلة الشباب . بل ويعتبر بعضنا أن من يقل عمره عن ٦٠ سنة لا يزال شابا ، انطلاقا من أن الشباب هو شباب القلب ... ! ... وتأسيسا على التقدم الملحوظ فى أساليب رعاية الانسان لنفسه بدنيا وذهنيا . ومثل هذا التراوح فى التقديرات لا يجد



فترة التواجد السنوى بمدينة الاسكندرية (بالشهر) ٠



فترة التواجد السنوى بمدينة الإسكندرية (بالشهر)

شكل (٢ ــ ١) : تمثيل سكان مدينة الإسكندرية باستخدام فئة محددة (ا) ، وباستخدام فئة قائمة ومتممتها (ب) ٠

افضل من « **ميو** » الجديدة وما تمثله من فئة غائمة للتعبيـــر عنه . ولتوضيح هذا الأمر ، سنفترض ان لدينا فئة كونية X محددة تضم كافة الأعمار الممكنة ، اى ان :

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

وانطلاقا من هذه الفئة الكونية يمكننا تكوين فئة غائمة للتعبير عن تقديراتنا المتباينة لصفة « **شباب** » . ولتكوين هذه الفئة تخصص لكل عنصر من عناصر الفئة الكونية قيمة عددية لدالة الانتماء تعكس مدى قناعتنا بتعبير هذا العنصر عن صفة الشباب . فعلى سبيل المثال ، لا يختلف اثنان على « **شبابية** » من عمره عشرين سنة ، وهو الأمر الذى يمكن تمثيله بدالة انتماء للعنصر ٢٠ تساوى قيمتهـا الواحـد الصحيح . وبزيـــادة العمر تقـــل نسبة الاجماع على تمتع صـــاحبه بصفة الشبابية . لذا تقل قيم دالة الانتماء لفئة « **شـــاب** » بازدياد العمر حتى تصل الى الصفر عندما يصل العمر الى سبعـــين سنة . ويوضح الجدول التالى قيم دالة الانتماء للفئات الغـــائمة الثلاث التى تمثل صفات « **بالغ** » ، و « **شاب** » ، و « **عجوز** » والموضحة بيانيا فى الشكل (٢ ــ ٢) .

عناصر الفئة الكونية للعمر	قيم دالة الانتماء للفئة الغائمة **بالغ**	قيم دالة الانتماء للفئة الغائمة « **شاب** »	قيم دالة الانتماء 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

وكما هو الحال فى حالة الفئات المحددة ، يتم التعبير عن الفئات الغائمة بطريقتين : « **الطريقة الصريحة** » و « **الطريقة الضمنية** » . وقد استخدم زاده الهيئة التالية للتعبير صراحة عن الفئات الغائمة :

$$X = \mu_1/a_1 + \mu/a_2 + \cdots + \mu_n/a_n$$
$$= \sum_{i=1}^{n} \mu i/ai$$

حيث تعنى علامة (+) فى هذا السياق مفهوم واو العطف ، وترمز n الى عدد عناصر الفئة الكونية . وقد يستخدم بعض الكتاب الهيئة التالية للتعبير الصريح عن عناصر الفئة الغائمة :

$$X = (a1,\mu 1) + (a\,2,\mu_2) + \cdots (a_\mu,\mu n)$$
$$= \sum_{i=1}^{n} (ai,\mu i)$$

وهكذا يمكن التعبير عن الفئة الغائمة « **شاب** » اما على الهيئة :

« شاب » = 0.1/60 + 0.2/50 + 0.5/40 + 0.8/30 + 1/20 + 1/10 + 0/70 + 0/80

او على الهيئة :

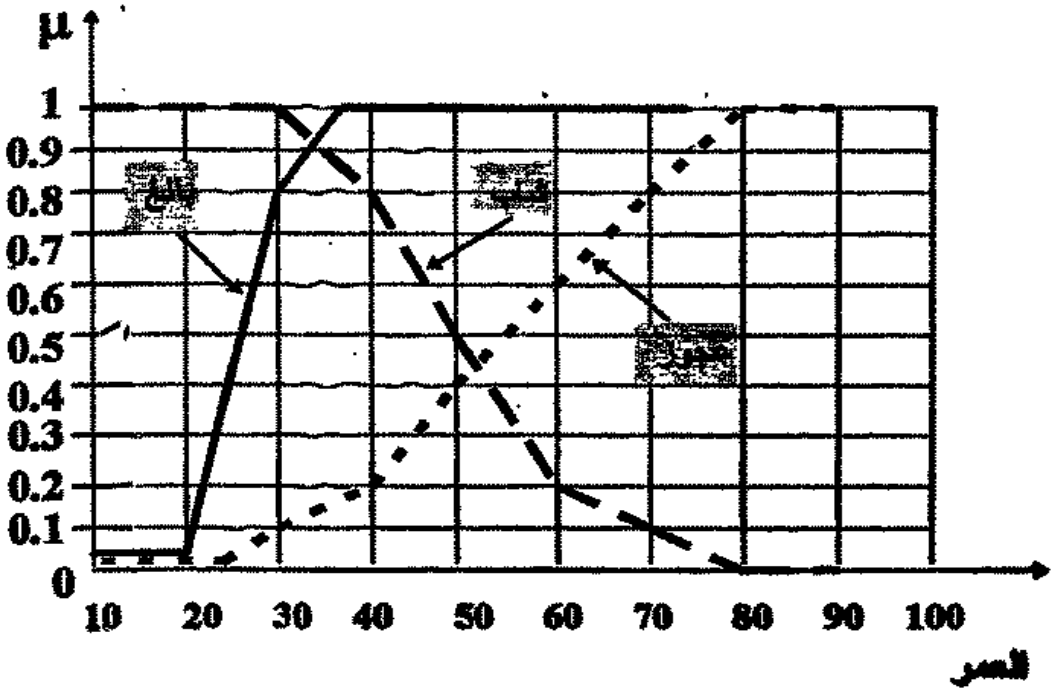
« شاب » = (60, 0.1) + (50, 0.2) + (40,0.5) + (30, 0.8) + (20, 1) + (10, 1) + (70,0) + (80,0)

أما الطريقة الضمنية فتأخذ الهيئة التالية :

$$X = \{ (a i,\mu i)/ai \in U \}$$

حيث U هى الفئة الكونية لموضوع الاهتمام (فئة عالم المقال) و X هى الفئة الغائمة المعرفة على U ، وذلك مع ذكر شكل دالة الانتماء صراحة (كما سيرد فى القسم ٢ — ٤) .

هذا ويمكن ، على وجه العموم ، تمثيل الفئات الغائمة جرافيكيا (بيانيا) حيث يمثل المحور الرأسى قيم دالة الانتماء ، ويمثل المحور الأفقى عناصر فئة عالم المقال (الفئة الكونية) U موضع الاهتمام .



الشكل (٢ ـ ٢) : التمثيل البياني للفئات الغائمة « بالغ » ، و« شاب » ، و « عجوز » .

فعلى سبيل المثال يمثل الشكل (٢ ـ ٣) الفئة الغائمة التى دالة انتمائها :

$$\mu(x)=1 \qquad 0<x<a1$$

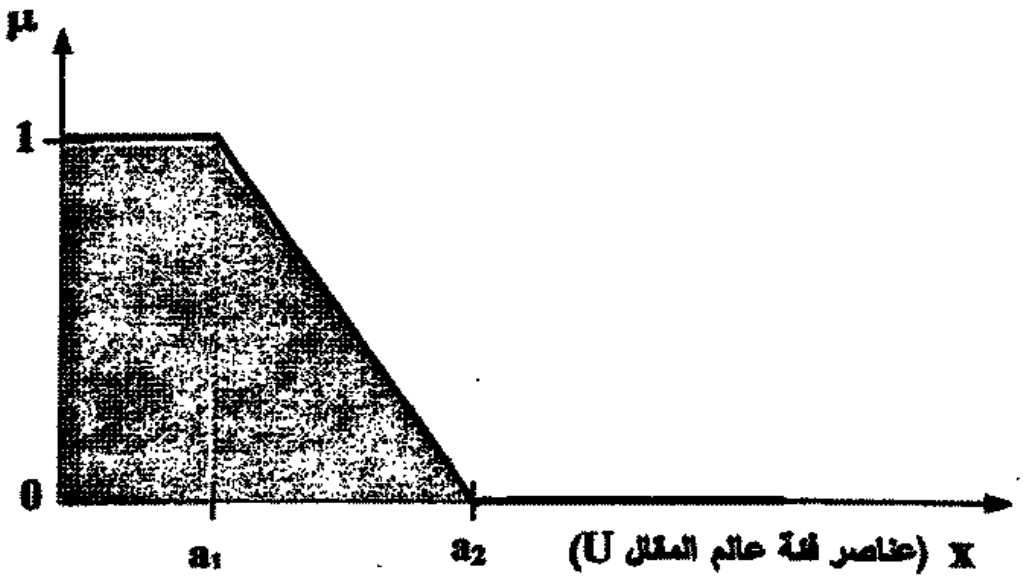
$$\frac{a2-x}{a2-a1} \qquad a1<x<a2$$

$$=0 \qquad a2<x$$

وهى الدالة التى تعبر عن اتصاف شىء ما بالصغر .

٢ ـ ٢ ـ تلبد الغيوم

تحدثنا فى الفصل الأول عن القواعد الصرفية للفئات المحددة ، اى تلك القواعد التى تمكننا من تكوين فئات جديدة من تلك المتاحة لدينا . ولقد شرحنا فى هذا الفصل ثلاثة من تلك القواعد وهى : قاعدة « **اتحاد الفئات** » ، وقاعدة « **تقاطع الفئات** » ، قاعدة « **نفى**



الشكل (٢ ـ ٣) : التمثيل الجرافيكي لدالة انتماء فئة غائمة تعبر عن « الصغر » .

الفئات » . ولهذه القواعد ما يقابلها فى حالة الفئات الغائمة ، فاذا اعتبرنا الفئة الكونية التالية :

$$U = \{a1, a2, a3, a4, a5\}$$

وعرفنا الفئتين الغائمتين X و Y عليها على الوجه التالى :

$$X = \{(a_1, 0.2), (a_2, 0.7), (a_3, 1), (a_4, 0), (a_5, 0.5)\}$$

$$Y = \{(a_1, 0.5), (a_2, 0.3), (a_3, 1), (a_4, 0.1), (a_5, 0.5)\}$$

فان الفئة الغائمة الناشئة من اتحادهما (X U Y) تعرف على الوجه التالى :

$$XUY = \{a/\max[\mu_X(a), \mu_Y(a)] \; a \in U\}$$

اى ان الفئة الغائمة الناتجة من اتحاد فئتين غائمتين هى فئة غائمة دالة انتماء اى عنصر من عناصرها تاخذ اكبر قيمة لدالة انتماء هذا العنصر فى اى من الفئتين X او Y فعلى سبيل المثال ، اذا اعتبرنا العنصر a_1 لوجدنا ان قيمة دالة انتمائه للفئة الغائمة X هى 0.2 بينما هى بالنسبة للفئة الغائمة Y تساوى 0.5 ومن ثم تصبح قيمة دالة انتمائه لفئة الاتحاد الغائمة مساوية للقيمة الأعلى ، اى لـ 0.5 وهو الامر الذى يعبر عنه بواسطة التعبير :

$$\max \ [\mu x(a), \mu Y\ y(a)]$$

حيث يعنى الرمز (max) (١) كلمة « اكبر » .

وبالمثل ، يمكن تعريف الفئة الغائمة الناشئة من تقاطع فئتين غائمتين ($X \cap Y$) على الوجه التالى :

$$X \cap Y = \{ a/\min [\mu_x(a)\, \mu_y(a)] \ a \in \cap \}$$

اى انها الفئة الغائمة التى قيم دالة انتماء عناصرها هى اصغر قيم هذه الدالة لكل عنصر . فاذا أخذنا على سبيل المثال العنصر a_4 نجد أن قيمة دالة انتمائها للفئة الغائمة X هى 0.1 ، بينما هى بالنسبة للفئة الغائمة Y تساوى 0 ، ومن ثم تصبح قيمة دالة انتمائه لفئة التقاطع الغائمة مساوية للقيمة الأدنى ، أى الصفر . وهو الأمر الذى يعبر عنه بواسطة التعبير :

$$\min [\mu_x(a), \mu_y(a)]$$

حيث يعنى الرمز (min) (٢)كلمة(اصغر). هذا ويوجز الجدول التالى قيم دالة الانتماء لعناصر كل من الفئتين الغائمتين X و Y ولعناصر كل من الفئتين الناشئتين عن اتحادهما (XUY)وعن تقاطعهما (X U Y) .

U	$\mu_x(a)$	$\mu_y(a)$	X U Y	$X \cap Y$
a_1	0.2	0.5	0.5	0.2
a_2	0.7	0.3	0.7	0.3
a_3	1	1	1	1
a_4	0	0.1	0.1	0
a_5	0.5	0.5	0.5	0

(١) اختصار لكلمة « الاكبر » أو « الاعلى » maximum الانجليزية .
(٢) اختصار لكلمة « الاصغر » أو « الادنى » minimum الانجليزية .

ولتوضيح القاعدة الثالثة من قواعد صرف الفئات الغائمة ، قاعدة « **النفي** » أو « **الاتمام** » ، والتى استخدمناها سابقا عند الحديث عن قاطنى مدينة الاسكندرية وغير القاطنين بها ، سنفترض أن فئتنا الكونية هى الفئة المحددة التالية :

$$V = \{a1, a2, a3, a4, a5, a6\}$$

وأن لدينا الفئة الغائمة X المعرفة عليها :

$$X=\{(a_1,0.13).(a_2,0.61).(a_3,0).(a_4,0),(a_5,1).(a_6,0.03)\}$$

فان « نفى الفئة X » أو الفئة « **المتممة** » لها (X') تعرف كما يلى :

$$X' = \{\, a/[1-\mu_x(a)] \;\; 1\, a \notin V \,\}$$

أى ان الفئة المتممة للفئة الغائمة X هى الفئة التى قيم دالة انتماء عناصرها تحسب من المعادلة :

قيمة دالة انتماء عنصر ما للفئة الغائمة المتممة X' =

١ ــ قيمة دالة انتماء نفس العنصر للفئة الغائمة X ،

أو

$$\mu X'(a) = 1 - \mu_x(a).$$

حيث او $\mu X'$ هى قيمة دالة انتماء العنصر a للفئة الغائمة المتممة X' و $\mu_x(a)$ هى قيمة دالة انتماء نفس العنصر للفئة الغائمة X. فعلى سبيل المثال ، قيمة دالة انتماء العنصر a_2 للفئة الغائمة X تساوى 0.61 ومن ثم تصبح قيمة دالة انتمائها للفئة المتممة X' مساوية لـ (1-0.61 =) 0.39 هذا ويلخص الجدول التالى قيم دالة الانتماء لكل من الفئة الغائمة X ومتممتها .

V	$\mu x(a)$	$\mu X'(a) = 1-\mu x(a)]$
a_1	0.13	0.87
a_2	0.61	0.39
a_3	0	1
a_4	0	1
a_5	1	0
a_6	0.03	0.97

٢ ـ ٣ ـ مستودعات المعرفة الغائمة

يقول أهل المنطق من الفلاسفة عن المعرفة انها **ثمرة التقاء ذات مدركة (بكسر الراء) بموضوع مدرك (بفتح الراء)** . وهم بتعريفهم هـذا يكونون قد لمسوا جوهر اختلاف مفهوم « **المعرفة** » Knowledge عن كل من مفهومى « **البيانات** » Data و « **المعلومات** » Information اللذين نلتقى بهما دوما أثناء مطالعتنا لأدبيات الحاسوب . فالبيانـات ليست الا تلك « العلامات » التى نستخدمها فى التعبير عن خصائص وصفات ما نقابله فى الواقع من كيانات وما نعاينه من أحداث وسواء أكانت تلك العلامات ابجدية لغة أم أرقـاما أم أشكـالا أم رموزا . فالحروف والكلمات أمام خانة الاسم وخانة الجنسية فى جواز سفـر ما والأرقام المكتوبة أمام خانة السن والصـورة الملصقـة ، تمثل فى مجموعها البيانات التى تصف حامل هذا الجواز . وهى البيانات التى تمكن ادارة الهجرة والجوازات فى بلد ما من استخـلاص المعلومات المتعلقة بعدد القادمين اليها خلال فترة زمنية معينة ، ومن معرفة متوسط أعمارهم ونسبة كل جنسية من جنسياتهم . أى أن المعلومات ليست الا بيانات تمت معالجتها بطريقة أو أخرى لتأخذ شكلا جـديدا يفيد متلقيها فى أداء عمل ما أو فى اتخاذ قرار . هذا ويعتبر كل ما يسقط من حسبان مفهومى « البيانات » و « المعلومات » سمة أصيلة من سمـات « المعرفة » البشرية . فرأى الانسان وتفسيره ورؤيته لما يدور حوله من أمور والسياق الذى تحدث فيه ، تعتبر من العناصر الاصيلة التى تشكل المعرفة . ويمكن تعريف المعرفة البشرية كما يلى :

«المعرفة هى مجمل رؤى الانسان للواقع كما تتمثل فى المجموع المرتب والتكامل للمكونات الثلاثة التالية:

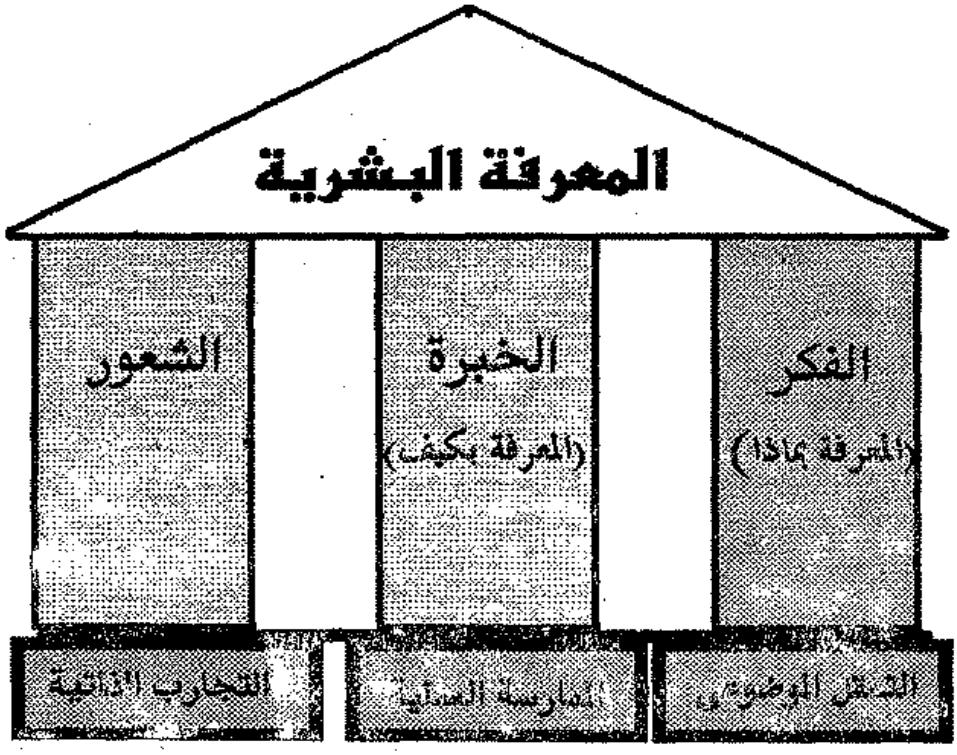
« الاستنتاجات العقلية » الناتجة من العقـل والتجريب ، أو « المعرفة بماذا » ;Knowing that

« الخبرات المكتسبة » الناشـئة من الممارسـة العملية ، أو « المعرفة بكيف » ; Knowing how

« الأحكام الشخصية » النابعة من التجارب الذاتية .

وهو المجمـوع الذى يمـكن تسجيله واختزانه وتقديمه للآخرين عبر وسائط الاتصال المختلفة ، مثل اللغة الطبيعية ، والصور ، والرموز ، وذلك طبقا لقواعد منطقية أو جمالية محددة سلفا » .

والمكون الأول من مكونات المعرفة البشرية هو « **المعرفة بماذا** » ، وهى المعرفة التى تتألف من مجموع الحقائق المستقرة التى يتوصل اليها العقل البشرى باستخدام المناهج العلمية ، ويمكن التحقق من صحتها من خلال الاختبارات المعملية أو المسوح الميدانية . ويعرف هذا النوع من المعرفة بـ « **المعرفة التقريرية** » Declerative Knowledge. وهى معرفة يسهل التعبير عنها باللغة الطبيعية للانسان أو باحدى اللغات الرمزية المصطنعة كالرياضيات ، كما يسهل تنظيمها فى بنى توضح العلاقات التى تربط بين الحقائق المكونة لها سواء اتخذت هذه البنى هيئة نظريات أم قوانين ، أو اتخذت هيئات أخرى . اما « **المعرفة بكيف** » فهى المعرفة التى يكتسبها الانسان نتيجة لممارسته عملا ما وتتبدى فى المهارات الحرفية والمهنية . وهذه هى « **المعرفة الاجرائية** » التى يصعب تنظيمها والتعبير عنها بطريقة Procedural Knowledge صريحة Explicit ونقلها للآخرين على عكس المعرفة التقريرية . أما النوع الثالث من أنواع المعرفة البشرية فهو « **المعرفة الشعورية** » ، أو ان شئت « **الحكمة** » التى تضم فى طياتها كافة معتقدات الانسان ومشاعره وأحاسيسه التى تتخلق بداخله ، نتيجة لما يكون قد مر به من مواقف نفسية وحالات شعورية ومعاناة ذاتية .



فن صياغـــــة المعـــارف

فن الصياغة هو فن تشكيل المعادن والأحجار الثمينـــة فى قوالب ليتحلى بها بنو البشر وتسر الناظرين . وهكذا أيضا فن صياغة معارف الانسان ، أثمن ممتلكاته ، فهو الفن الذى يســـعى الى استخـــلاص المعارف والى صياغتها على هيئة صيغ وبنى يمكن خزنها فى ذاكـــرة الحواسب ، ويمكن للانسان معالجتها وتعظيم استفـــادته منها ، عبر استغلاله للقدرات الفائقة للحواسب . ويعرف هذا الفن فى أوســـاط المتخصصين بـــ « **هندسة المعرفة** » Knowledge Engineering .

وترتبط البنى والقوالب المستخدمـــة فى تمثيل المعرفـــة ارتباطـــا وثيقا بطبيعة تلك المعرفة ، فنجد تلك المستخدمة فى تمثيل « **المعرفـــة بماذا** » تختلف عن تلـــك المستخـــدمة فى تمثيل « **المعرفـــة بكيف** » . وانطلاقا من هـــذا الارتبـــاط تنقسم طـــرق تمثيل المعرفـــة الى فئتين رئيسيتين : « **الطرق المتعمقة** » المستخدمة فى تمثيل « **المعرفة التقريرية**» وذلك بتركيزها على الحقائق المستقرة المتعلقة بالجـــوانب المختلفـــة لموضوع بعينه وعلى العلاقات بين تلك الجوانب ، و «**الطرق السطحية**» المستخدمة فى تمثيل « **المعرفة الاجرائية** » .

ويشكل تمثيل « **الخبرة البشرية** » [« **المعرفـــة الاجـــرائية** » أو « **المعرفة بكيف** »] مشكلة عويصة لصائغى المعرفـــة (أو مهندسيها) ، فهى معرفة لا تؤصلها نظرية ولا يضم عناصرها قانون . هذا بالاضافة الى صعوبة التعبير عنها لفظيا ، والطبيعة المتغيـــرة والمستمـــرة فى حقائقها ، وعدم وضوح العلاقات التى تربط بين الجوانب المختلفـــة لموضوعها . انها فى حقيقة امرها مجموعـــة من « **الاقترانات** » بين عناصر أو وقائع موضوع ما تدعمها وتعززها المشاهدة والممارســـة والتطبيق . لهذا كله ، تستخدم فى تمثيلها « **الطرق السطحية** » التى تكتفى بتسجيل اقتران الظواهر المتعلقة بأمر من أمور الواقع . ويعتبر اسلوب « **قواعد الانتاج** »Production Rules(أو « **الاسلوب الشرطى**») من اكثر أساليب هذه الفئة استخداما . وتأخذ « **قاعدة الانتاج** » الهيئة العامة التالية :

IF (*antecedent*) THEN (*consequent*)

اذا كان (مقدم) **اذن** (لازم)

ويوضح الشكل (٢ ـــ ٥) واحدة من قواعد انتاج مستخدمة فى تمثيل « **الخبرة** » أو الـــ « **معرفة بكيف** » فى مجال تشخيص الأمراض .

إذا

كانت القناة الهضمية هى المدخل المرجح للميكروب

إذن

(احتمال أن يكون الميكروب المسبب للعدوى هو الباكتروايد Bactroide وذلك بدرجة تيقن ٨٠٪).

الشكل (٢ ــ ٥) : مثال ١ « قاعدة انتاج » تمثل عنصرا من عناصر الخبرة فى تشخيص الأمراض .

اى ان قاعدة الانتاج هذه « **تقرن** » بين « **المدخل** » المرجح للميكروب وبين « **نوعه** » وذلك انطلاقا من الخبرة الطبية السابقة . ويمكن التعبير عن هذا الأمر باستخدام لغة الفئات حيث يمكن القول بأن قاعدة الانتاج هذه تنتقى عنصراً من عناصر الفئة المحددة التى تضم كافة المداخل المحتملة للميكروب ، و « **تقرنه** » بعنصر من عناصر فئة اخرى تضم انواع كافة الميكروبات المعروفة . وبعبارة اخرى ، تنشىء قاعدة الانتاج هذه علاقة ما بين عناصر كل من الفئتين . وهى العلاقة التى يمكن التعبير عنها على الصورة التالية :

(القناة الهضمية ، الباكتروايد)

وهو ما يعرف بـــ « **الزوج المرتب** » Ordered pair المكون من عنصرين ، الأول من الفئة الأولى ، فئة المداخل المحتملة ، والثانى من عناصر الفئة الثانية ، فئة أنواع الميكروبات .

فعلى سبيل المثال لو اخذنا فى الاعتبار الفئتين المحددتين التاليتين :

فئة الروايات (N) = [**افراح القبة ، الزينى بركات ، الحرافيش ، دعـــاء الكروان ، السكرية**] ،

وفئة المؤلفين (A) = [**طه حسين ، يحيى حقى ، جمال الغيطانى، نجيب محفوظ**] ،

لأمكننا ان نشكل منهما العشرين زوجا مرتبا التالية :

(افراح القبة ، طه حسين)	(الزيني بركات طه حسين)	(الحرافيش طه حسين)	(دعاء الكروان ، طه حسين)	(السكرية طه حسين)
(افراح القبة ، يحيى حقى)	(الزيني بركات يحيى حقى)	(الحرافيش يحيى حقى)	(دعاء الكروان ، يحيى حقى)	السكرية ، يحيى حقى)
(افراح القبة ، جمال الغيطانى)	(الزيني بركات جمال الغيطانى)	(الحرافيش جمال الغيطانى)	(دعاء الكروان ، جمال الغيطانى)	السكرية ، جمال الغيطانى)
(افراح القبة ، نجيب محفوظ)	(الزيني بركات نجيب محفوظ)	(الحرافيش نجيب محفوظ)	(دعاء الكروان ، نجيب محفوظ)	السكرية ، نجيب محفوظ)

وتشكل هذه الأزواج المرتبة فئة جديدة تعرف بـــ « **حاصل الضرب الكارتيزى** » لفئتين محددتين ، ويرمز لها بالرمز N × A . وهى الفئة التى يمكن التعبير عنها رمزيا على الهيئة التالية :

$$N \times A = \{(n1, a1), (n1, a2), \ldots, (n2, a1), \ldots, (n5, a4)\}$$

حيث يمثل الرمز n أحد عناصر فئة « **الروايات** » ، ويمثل الرمز a أحد عناصر فئة « **المؤلفين** » .

الا اننا اذا قررنا انشاء علاقة « **من تاليف** (R) بين عناصر فئة « **الروايات** » وعناصر فئة « **المؤلفين** » لوجدنا أن عدد الأزواج المرتبة التى تحقق هذه العلاقة هو فقط خمسة ازواج مرتبة (الأزواج المرتبة المظللة) . اى ان علاقة « **من تاليف** » هى « **فئة جزئية** » Subset من فئة حاصل الضرب الكارتيزى للفئتين المحددتين ، تحتوى فقط على الأزواج المرتبة التى تحقق العلاقة موضوع الاهتمام . ويمكن تمثيل العلاقة بين الفئات المحددة باستخدام دالة انتماء ثنائية القيمة (اى « **ميو** » القديمة المستخدمة فى التعبير عن الفئات المحددة والتى التقينا بها فى الفصل الأول) . وهكذا يمكن تمثيل علاقة « **من تاليف** » على هيئة الجدول التالى الذى يعرض قيم دالة انتماء اى زوج مرتب من أزواج حاصل الضرب الكارتيزى للفئتين N ،A للعلاقة « **من تاليف** » R،اى $\mu R. (n,a)$.

	السكرية	دعاء الكروان	الحرافيش	الزيني بركات	الفراج القبة
طه حسين	0	1	0	0	0
يحيى حقي	0	0	0	0	0
جمال الغيطاني	0	0	0	1	0
نجيب محفوظ	1	0	1	0	1

وبالطبع ، يمكننا باستخدام « **ميو** » ثنائية القيمة تمثيل علاقة « **من تاليف** » أصدق تمثيل ، اذ لا يختلف اثنان ، على سبيل المثال ، أن :

السكرية [**من تاليف**] نجيب محفوظ ،

اى ان الزوج المرتب (**السكرية ، نجيب محفوظ**) تنتمى للعلاقة « **من تاليف** » ومن ثم لا بد وان تساوى دالة انتمائها الواحد الصحيح . كما لا يختلف اثنان على خطأ :

الحرافيش [**من تاليف**] جمال الغيطانى ،

اى ان الزوج المرتب (**الحرافيش ، جمال الغيطانى**) لا تنتمى للعلاقة « **من تاليف** » ومن ثم لا بد وان تساوى دالة انتمائها صفرا .

الا أن الأمور لا تمضى دوما بمثل هذه الدرجة من اليقين ، ففى اغلب الأحيان يشوب نظرتنا لما يحدث فى الواقع وللاقترانات بين وقائعه قدر كبير من اللايقين . وتعتبر مسألة « تشخيص الأمراض انطلاقا من اعراضها » واحدة من المسائل الشائعة التى يتعامل فيها الانسان مع قدر لا يستهان به من اللايقين والغموض . فللمرض الواحد أعراض عديدة تختلف من مريض لآخر وتتوقف على مرحلة تطور المرض . هذا بالاضافة الى أن العرض الواحد قد يكون علامة على عدة أمراض . فاذا افترضنا أن لدينا فئة محددة D تضم مرضين ، أى أن :

$$D = \{ d_1 , d_2 \}$$

وان الفئة المحددة S هى الفئة التى تضم أعراض هذه الأمراض ، اى ان :

$$S = \{ S_1 , S_2 , S_3 \}$$

فان انشاء علاقة محددة تربط بين عناصرهما لن يتمتع بدرجة التيقن الصارم ، المتمثلة فى استخدام « ميو ثنائية القيم » ، التى تمتعت بها علاقة « **من تأليف** » التى تعرضنا لها سابقا . ولتوضيح هذا الأمر سنفترض أن الخبرة الطبية المتعلقة بهذه الأمراض والاعراض المصاحبة لها يمكن تلخيصها فى العبارات التالية :

[١] (من النادر) ظهور العرض S_1 عند المصابين بالمرض d_1.

[٢] (فى العادة) يظهر العرض S_1 عند المصابين بالمرض d_2

[٣] يظهر العرض S_3 (دوما) عند المصابين بالمرض d_1.

[٤] لا يظهر العرض S_2 (مطلقا) عند المصابين بالمرض d_2.

[٥] (من النادر) ظهور العرض S_2 على المصابين بالمرض d_1.

[٦] (فى الغالب) يظهر العرض S_2 عند المصابين بالمرض d_2.

واول ما نلاحظه على تلك العبارات ان كلا منها يعبر عن خبرتنا الطبية المتعلقة باقتران عرض ما باحد الأمراض ، اى ان كلا منها يقابل احد الأزواج المرتبة لحاصل الضرب الكارتيزى S X D للفئتين S و D الذى يمثل علاقة « **يدل على** » ، G ، (اى العرض كذا « **يدل على** » المرض كذا) بين هاتين الفئتين، $S \times D = \{ (s_1 , d_1), (s_1 , d_2), (s_2 , d_1), (s_2 , d_2), (s_3 , d_1), (s_3 , d_2) \}$ حيث تقابل العبارة الأولى الزوج المرتب $(s_1 d_1)$ ، والثانية الزوج المرتب (s_1 , d_2) ، والثالثة الزوج المرتب $(s_2 d_1)$ ، والرابعة الزوج المرتب $(s_2 d_2)$ ، والخامسة الزوج المرتب $(s_3 d_1)$ ، والسادسة الزوج المرتب $(s_3 d_2)$. اما ثانى هذه الملاحظات فهو احتواؤها على تعبيرات تدل على عدم التأكد القاطع من صحة العبارة من قبيل : « **من النادر** » ، و « **فى العادة** » ،

و « **دوما** » ، و « **فى الغالب** » . وهذا يعنى بالضرورة عدم ملاءمة « **ميو ثنائية القيم** » ، الصفر والواحد ، للتعبير عن مدى انتماء تلك العبارات ، أو ما يقابلها من ازواج مرتبة ، الى علاقة « **يدل على** » التى تربط بين عناصر فئتى « **الأعراض** » S و « **الأمراض** » D، حيث انها اما تؤكد هذه العلاقة تأكيدا قاطعا أو تنفيها نفيا لا رجعة فيه . وهو الأمر الذى لا يمكننا من تمثيل الخبرة الطبية التى تتضمنها العبارات السابقة والتى لا تتميز اى منها بصفة القطع سلبا كان أم ايجابا . لذا ، كان ضروريا الاستعانة بـ « **ميو الجديدة** » التى استخدمناها سابقا فى تمثيل الفئات الغائمة بقيمها التى تتدرج من الصفر الى الواحد بيسر ونعومة . فعلى سبيل المثال ، تعبير « **من النادر** » الموجود فى الجملة الاولى يعنى أن « ظهور العرض » S_1 عند المصابين بالمرض هو امر مستبعد وان كانت هناك فرصة بالغة الضآلة لحدوثه . اى أن انتماء الزوج المرتب الممثل لهذه العبارة ، (s_1, d_1) ، للعلاقة « **يدل على** » لا يساوى صفراً بل يساوى عدداً بالغ الصغر . وهو الأمر الذى يمكن تمثيله بتخصيص قيمة عددية صغيرة لدالة انتماء هذا الزوج للعلاقة G ، اى ان :

$$\mu G\ (s_1, d_1) = 0.06$$

اما بالنسبة للعبارة الثالثة التى تتميز بوجود تعبير « **دوما** » الدال على صحة العبارة بشكل مؤكد ، فيمكن تخصيص الواحد الصحيح لدالة انتمائها للعلاقة G ، اى أن :

$$\mu G\ (s_3, d_1) = 1$$

وهكذا يمكننا تخصيص قيمة عددية لدالة انتماء العبارات الست السابقة للعلاقة G ، التى تمثل الخبرة الطبية فى تشخيص الأمراض ، بحيث تعكس هذه القيمة مدى تيقننا من صحة كل منها . ويمكن تمثيل العلاقة « **يدل على** » على هيئة المصفوفة التالية :

$$G = \begin{array}{c|cc} & d1 & d2 \\ s_1 & 0.06 & 0.75 \\ s_2 & 1 & 0 \\ s_3 & 0.25 & 0.56 \end{array}$$

هذا ، وتعتبر العلاقة الغائمة G بمثابة مستودع للخبرة الطبية المتمثلة فى العبارات الست السابقة ، فالمصفوفة السابقة ليست الا تمثيلا مكثفا لقواعد الانتاج الست التالية :

اذا (ظهر العرض S_1) **اذن** (يحتمل المرض d_1 بدرجة تيقن 0.06) .

اذا (ظهر العرض S_1) **اذن** (يحتمل المرض d_2 بدرجة تيقن 0.75) .

اذا (ظهر العرض S_2) **اذن** (يحتمل المرض d_2 بدرجة تيقن 1) .

اذا (ظهر العرض S_2) **اذن** (يحتمل المرض d_3 بدرجة تيقن 0) .

اذا (ظهر العرض S_3) **اذن** (يحتمل المرض d_1 بدرجة تيقن 0.25) .

اذا (ظهر العرض S_3) **اذن** (يحتمل المرض d_2 بدرجة تيقن 0.56) .

٢ ـ ٤ ـ أصل وفصل « ميو »

ظلت « **نظرية الاحتمالات** » Probability Theory هى اداة الانسان الذهنية الوحيدة المعنية بالتعامل مع « **اللاتيقن** » المصاحب لأحداث الواقع وكياناته ، بشتى صوره التى سنعرض لها فى الفصل الرابع . وقد تعاملت هذه النظرية مع شتى صور اللاتيقن بوصفها تجليات لـ ((عشوائية)) Randomness ظواهر الواقع واحداثه التى لا تتوفر لدى الانسان نظرية عنها تفسرها وتمكنه من التنبؤ بسلوكها . ودام احتكار « نظرية الاحتمالات » لمسألة « اللاتيقن » حتى ظهرت الى الوجود « **ميو الجديدة** » بقيمها اللانهائية بداية من الصفر وانتهاء بالواحد الصحيح .. !! . وكانت « **ميو** » هذه هى دالة الانتماء التى تصف الفئات الغائمة . ورأينا اداة ذهنية جديدة تتأسس للتعامل مع « اللاتيقن » باستخدام اللغة الجديدة ، لغة « **نظرية الفئات الغائمة** »، ولطقى الأضواء على الجوانب الخفية لـ « اللاتيقن » انطلاقا من مفهوم « الغيمية » Fuzziness ، اى صعوبة وضع حدود فاصلة وقاطعة بين ما نشاهده فى الواقع من ظواهر وكيانات ، وما نضفيه عليها من صفات . واشتركت الأداتان الذهنيتان ، « **نظرية العشوائية** » و « **نظرية الغيمية** » ، فى تعبيرهما عن لا تيقن الواقع بواسطة اعداد تتراوح قيمتها ما بين الصفر والواحد الصحيح (اى [0, 1]) . الا انهما بعد ذلك افترقا كل لحال سبيله . فحدوث امر ونقيضه فى

نفس الوقت هو أمر مستحيل من منظور « **العشوائية** » (*) ونظريتها « **نظرية الاحتمالات** » ، ولكنه أمر مقبول من منظور « **الفيمية** » ، بل هو نقطة البداية لنظريتها « **نظرية الفئات الغائمة** » .

ولما كان اختلاف الرأى لا يفسد للود قضية فان « **الفيمية** » قد تركت لـ « **العشوائية** » أمر تحديد وقياس امكانية وقوع حدث ما من عدمه ، لتختص هى بوصفه حال وقوعه . اى أنها احتفظت لنفسها بحق الاجابة على أسئلة من قبيل :

- **ما هى درجة ونوع اللاتيقن المصاحب للحدث (أو للكيان) ؟**
- **الى اى حد يمكننا تمييزه عن غيره من الأحداث (أو الكيانات) الأخرى الموجودة ؟**

فعلى سبيل المثال تعبر الجملة الخبرية « **يحتمل سقوط امطار غزيرة صباح الغد بنسبة ٣٠٪** » من احتمال وقوع حدث غائم .. !؟ اى أنها تنطوى على وصف لـ « **لاتيقن مركب** » تتعامل مع مكونه الأول ، اى احتمال وقوعه ، « **نظرية الاحتمالات** » وذلك بتحديدها نسبة وقوعه بـ « ٣٠٪ » وتتعامل مع مكونه الثانى ، اى صفته حال وقوعه ، « **نظرية الفئات الغائمة** » وذلك باستخدامها « **غزير** » كوصف غائم له .

ولم تكن « **ميو الجديدة** » ، اى دالة الانتماء للفئات الغائمة ، مجرد حيلة رياضية ابتدعها لطفى زاده للتغلب على نواقص المنطق التقليدى بشتى صوره ، ولكنها كانت تعبيراً بليغاً عن « **الادراك (الحسى) الذاتى**» Subjective perception للانسان،ونموذجاً بالغ الجودة للطريقة التى يدرك بها « **اصناف** » categories الموجودات . فلقد بينت تجارب علم النفس أن هناك تمايزا بين العناصر النقية (المركزية) المنتمية لصنف من الأصناف والعناصر الأقل نقاء (الهامشية) . فاللون الأحمر ، على سبيل المثال ، درجات عديدة تتدرج من الأحمر بالغ النقاء (اللون الأحمر المركزى) الى تلك الألوان التى يدخل الأحمر فى تكوينها بدرجة أو أخرى (الألوان الحمراء الهامشية) . وقد بينت هذه التجارب أن زمن الرد على سؤال من قبيل : « **ما هو لون هذا الشىء ؟** » يقل كثيرا كلما ازداد نقاء لونه . وما ينطبق على اللون ينطبق على أية صفة من الصفات المستخدمة فى تصنيف الأشياء وتمييزها بعضها عن البعض .

(*) هذا نتيجة طبيعية لقانون الثالث المرفوع .

اى ان مسالة تحديد انتماء شيء ما لصنف بعينه ليست مسالة « نعم » او « لا » ، بل هى مسالة درجة وتدرج .

ويبقى سؤال اخير عن كيفية تعيين دالة الانتماء المتعلقة بموضوع ما . وهنا تتعدد الطرق والأساليب التى من أبرزها طريقة ((**التمثيل**)) (**ضرب الأمثلة**) Examplification التى اقترحها لطفى زاده . وتقوم هذه الطريقة على عرض الشيء المراد انشاء فئة غائمة للتعبير عن احدى صفاته على مجموعة من الاشخاص ، وسؤالهم عن تقديرهم لهذه الصفة . وانطلاقا من تقديراتهم التى تأخذ شكل تعبيرات لغوية يمكن تحديد قيم دالة انتماء الفئة الغائمة التى تعبر عن الصفة موضوع الاهتمام وذلك بتحديد قيمة عددية لكل من تلك التعبيرات اللغوية . فعلى سبيل المثال اذا رغبنا فى تحديد دالة الانتماء لفئة غائمة لصفة « الطول » ، يتم عرض شيء ذى ارتفاع معين ويطرح على بعض الاشخاص السؤال التالى : « **هل يعتبر ارتفاع هذا الشيء فى نظرك طويلا ؟** » . والاجابة المتوقعة فى هذه الحالة تأخذ التعبيرات اللغوية التالية :

« **بالقطع نعم** » ، « **الى حد ما** » ، « **بالكاد** » ، « **ليس تماما** » ، « **بالقطع لا** » ،

وهى التعبيرات التى يمكن ترجمتها للقيم العددية التالية :

بالقطع نعم	الى حد ما	بالكاد	ليس تماما	بالقطع لا
1	0.75	0.5	0.25	0

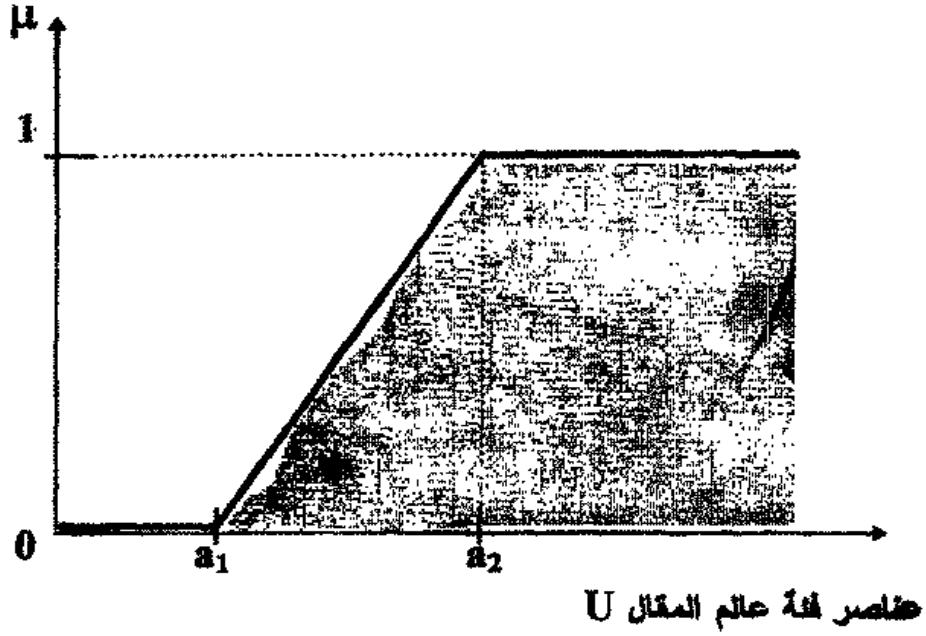
لتمثل قيم دالة الانتماء للفئة الغائمة المعبرة عن صفة « **الطول** » .

وهناك العديد من الأشكال القياسية لدالة الانتماء والتى يمكن تكييفها طبقا للمسالة قيد الاهتمام .فعلى سبيل المثال،يمثل الشكل (٢ــ٣) احدى الصور القياسية لدالة انتماء تعبر عن صغر قيم الصفة التى تمثلها الفئة الغائمة . وبالمثل تمثل المعادلة التالية احدى دوال الانتماء القياسية المعبرة عن كبر قيم الصفة التى تمثلها الفئة الغائمة :

$$\mu(x) = 0 \qquad ,0 \leq x \leq a1$$

$$\frac{x - a1}{a2 - a1} \qquad ,a1 \leq x \leq a2$$

$$= 1 \qquad ,a2 \leq x$$



الشكل (٢ ـ ٣) : التمثيل الجرافيكي لفئة غائمة تعبر عن « الكبر » .

الفصـــل الثالث

منطق الغيـــوم

٣ ـ ١ ـ روعة الغموض

« النور الوهاج كالظلام الدامس ، لا يبيح للعيون قدرة الرؤية »
محمد مستجاب (*)

« .. فتانا شطة ، صبى يافع له من العمر اثنا عشر عاما ، دفعته ظروفه الاجتماعية الصعبة الى ترك المدرسة الابتدائية والى ان ينغمس فى معترك الحياة . وفتانا هذا تراه صبيحة كل يوم وهو يخترق بدراجته المتهالكة تلك الشبكة بالغة التعقيد من وسائل المواصلات والتى يطلق عليها القاهريون اسم ميدان العتبة . والأمر المحير حقا هى تلك البراعة والرشاقة التى يعبر بها فتانا الميدان حاملا فوق راسه طاولة من العيش البلدى الساخن ، لزوم افطار العديد من قاطنى المنطقة . ولا يلقى فتانا بالا الى تلك المواقف الصعبة التى يقابلها فى رحلته الصباحية . وهى ، والحق يقال ، متعددة ومتجددة لا تعرف طبيعتها التكرار . فما تفادى عربة ترام تتهادى بجسدها الممتلىء وتضاريسه « الركابية » ... ولا تجنب عربة لورى مزهوة بقدرتها على السرعة وهى محملة بأطنان من « الامن الغذائى » ... ولا كيفية اخراج سائق عربة كارو من تأملاته الحياتية ... الا بعض منها . ولا تشغل مواجهة كل هذه المواقف فتانا عن أداء طقوس مشواره اليومى المعتادة ، فتراه وهو يلقى بتحية الصباح لجرسون احدى تلك المقاهى المنتشرة فى الميدان بمجرد أن يلمح وجهه التى تطمس تقاطيعه اتربة المقطم الممتزجة بزفرات صدور أتوبيسات النقل العام التى تسهم بهمة فى حدة أزمة الطاقة العالمية . وتراه مستمتعا بالدخول فى قائمة حامية الوطيس مع أحد الزوائد البشرية لاتوبيس ينتظر بضجر ظهور لون اشارة المرور الحمراء ليستمتع بكسرها .. وبالرغم من « بشرف » الضوضاء الذى تعزفه جوقة الميدان ، بسياراتها وناسها ، يتمكن من تمييز صوت صديقه العجوز الذى شوهت سنوات شرب الحمية الطوال اغلب نغمات حباله الصوتية فاضحى فحيحا تزينه الخرفشات ... » .

(*) كلمات لها معنى ، مجلة العربى ، العدد ٤٤٥ ، ديسمبر ١٩٩٥ ، ص ١٢٣ .

يحمل لنا المشهد السابق بعضا من القدرات الفائقة التى يتمتع بها بنو البشر وتفتقدها مصنوعات الانسان ، مادية كانت أم معنوية . وليست مهارات فتانا شطة الحركية ، وهى عديدة ، هى بيت القصيد . بل هى قدرات عقله التى تلفت الانتباه وطبيعة المنطق الذى يتبعه فى التعامل مع مجريات أمور واقعه بالغ التشوش والتعقيد . فعقله قادر على تمييز الأصوات وان تشوهت ، وعلى التعرف على الصور وان طمست . وهو ايضا يتمتع بالبديهة الحاضرة التى تعنى القدرة على ابتكار الحلول المبتكرة ، ومواجهة المواقف غير المسبوقة ، والرد السريع على الأسئلة غير المتوقعة ... فلا يوجد حتى الآن حاسوب قادر على الدخول فى ثانية .. !! . وبالرغم من استخدام العقل البشرى لتعبيرات لغوية تعوزها الدقة وعبارات تفتقر الى القطع ويلفها الغموض ، الا انه قادر على التجريد والتعميم وعلى استنباط القاعدة وصياغة القانون .

ولا يحتاج الانسان لانجاز المهام الى دقة فائقة . فعلى سبيل المثال يتمتع المصريون بمقدرة فائقة على « **ركن** » سياراتهم فى امكنة الانتظار مهما تضاءل الحيز المتاح . وهم لا يجدون صعوبة كبيرة فى انجاز هذا الفعل حيث ان موقع السيارة واتجاهها فى الحيز المتوفر ليسا محددين بدقة بالغة ، اى بالسنتيمتر والدرجة على سبيل المثال . وبالطبع كلما تزايدت دقة تحديد موقع ركن السيارة واتجاهها ، ازدادت صعوبة عملية ركنها الى أن تصبح فى النهاية عملية غير قابلة للتنفيذ . وتقدم لنا مشكلة ركن السيارة هذه مثالا للمشاكل التى يسهل حلها بصياغتها صياغة غير دقيقة . أى أن التسامح ازاء « **عدم الدقة** » imprecesion **واللايقين** uncertainty هو أمر لا مفر منه لتصريف شئون الحياة . وقدرة عقل الانسان على استغلال هذا التسامح هى التى تجعله قادرا على فهم الأصوات المشوشة ، وقراءة الخطوط غير الواضحة ، والتعرف على الصور المطموسة ، وقيادة سيارته أو عجلته فى الميادين المزدحمة ، وعبور الشوارع الفاصلة بشتى انواع وسائل المواصلات . وهى التى تمكنه من اتخاذ قرارات صائبة فى بيئة مشوشة ومعقدة وزاخرة باللامتوقعات .

ولقد صاغ لطفى زاده هذه البدهيات على هيئة مبدأ عام يعرف بـ « **مبدأ اللا توافق لزاده**) **Zadeh's Principle of Incompatibility** . وينص هذا المبدأ على أنه :

« بازدياد تعقد المنظومة او الظاهرة قيد الدراسة تتناقص قدرة الانسان على وصف سلوكها بعبارات وصيغ « **دقيقة** » وتكون فى الوقت نفسه « **ذات مغزى** » . وذلك الى الحد الذى يصبح بعده اجتماع الخاصيتين ، « **الدقة** » و « **المغزى** » ، أمرا غير ممكن » .

ولهذا المبدأ لاحقة corollary مهمة تنص على انه :

« بقدر ما تزداد نظرتنا لمشاكل الواقع اقترابا ، بقدر ما تغم (*) علينا حلولها » .

وهذا بالضبط ما تفعله لغة الانسان الطبيعية باستخدامها الفاظا وعبارات من قبيل : « **يعنى** » ، و « **يمكن** » ، و « **الى حد ما** » ، و « **من المحتمل** » ، « **ربما** » .... ولا يؤثر وجود مثل هذه التعبيرات فى اللغات البشرية الطبيعية على قدرتها الفائقة على التعبير عما يدور فى أذهان الناطقين بها من افكار وتصورات ، ولا على تبادلها مع الآخرين . بل على العكس من ذلك فان تلك التعبيرات تزيد من كفاءة وقدرة هذه اللغات وتكسبها مرونة فائقة وثراء لا حدود له .

وهكذا ، تسفر لنا الحياة عن منطقها الذى يتقبل عن طيب خاطر عدم الدقة والغموض واللاتيقن والابهام ويتعامل معها بكفاءة بالغة . وهنا يكمن عجز المنطق التقليدى عن التعامل مع ثراء معطيات الواقع نظرا لعدم قدرة صيغه وتعبيراته الصارمة وبالغة الانضباط على تمثيل المعانى غير الدقيقة والمبهمة التى تزخر بها لغات الانسان الطبيعية من ناحية . وحتى لو تمكنت صيغه من تمثيل هذه المعانى تمثيلا رمزيا فانه يفتقر للأساليب الضرورية لاستخلاص النتائج المطلوبة منها من ناحية أخرى . واذا كان هذا هو حال المنطق التقليدى ، ثنائى القيم ومتعددها، فانه يصبح من الضرورى البحث عن منطق جديد يتجاوز أوجه قصوره ويقترب أكثر من منطق الحياة .

٣ ـــ ٢ ـــ المتغيرات اللغوية

يلعب مفهوم « **المتغير** » Variable دورا رئيسيا فى مختلف فروع الرياضيات والمنطق . و « **المتغير** » هو « **حرف** » أو « **كلمة** » تستخدم

(*) غم الشيء غما غطاه وستره . وغم عليه الخبر استبهم واستعجم .

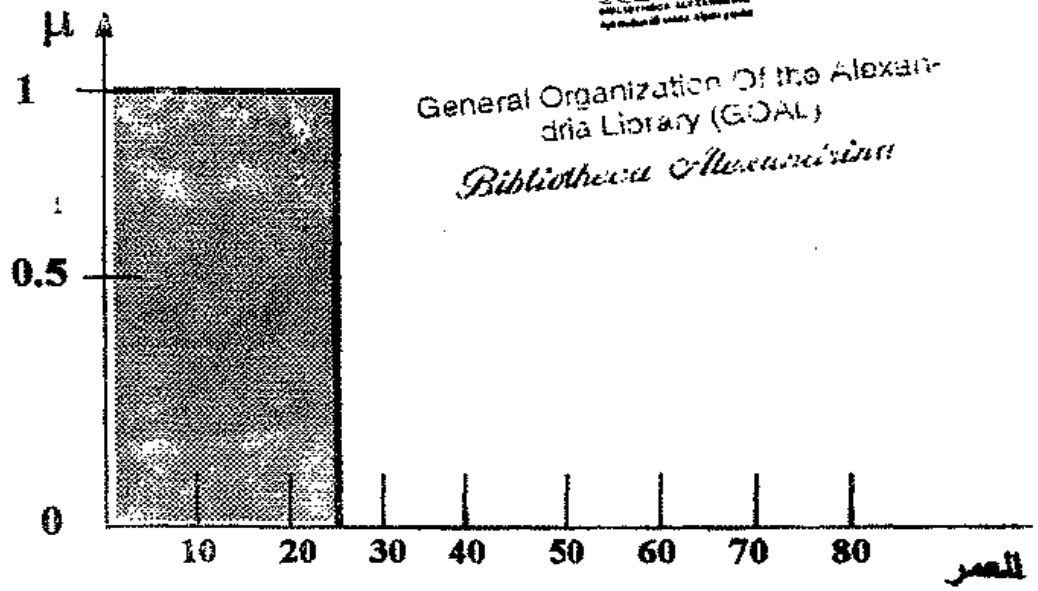
لتسمية واحدة من الخصائص المميزة للموضوع المطلوب وصفه . فاذا كان موضوعنا هو الانسان فاننا نستخدم خصائص مثل : « **الطول (و)** »، و « **الوزن (ز)** » ، و « **العمر (ع)** » ، و « **لون البشرة (ل)** » ، و « **الجنس (ج)** » ، لوصفه . وهذه الكلمات ، أو الرموز التى تحل محلها ، ليست الا تسميات للخصائص المميزة لموضوع الدراسة وهو فى هذه الحالة الانسان . الا أن تعريفنا للمتغير بوصفه « **خاصية مسماة** » لا يكتمل الا بذكر استخدامه كحافظ لـ « **القيم** » . فأى من تلك المتغيرات ، فى حقيقة أمره ، يمثل العديد من القيم المحتملة له . فمتغير « الطول » يمثل كافة القيم المحتملة لطول الانسان ، مثل ١٥٠ سم ، ٩٠ سم ، ١٧٥ سم ، ... ومن ثم يمكنه أن يأخذ أية قيمة منها تصف الكيان الموصوف . أما متغير « **لون البشرة** » فيأخذ قيما من قبيل « **أبيض** » ، « **مائل للبياض** » ، « **قمحى** » ، « **اسمر** » ، ... وطبيعة المتغير كحامل للقيم هى التى تمكننا من استخدامه فى التمييز بين كيان وكيان آخر .

وعلى الرغم من تنوع طبيعة القيم التى يمكن لمتغير ما أن يمثلها ما بين عددية ولغوية ، الا أن الرياضيات والمنطق التقليدى قد قصرا دراستهما على نوعين فقط من أنواع المتغيرات . النوع الأول هو « **المتغيرات العددية** » التى تأخذ قيما عددية فقط . أما النوع الثانى فهو « **المتغيرات المنطقية** » التى تنحصر قيمها فى قيمتين فقط هما « **كاذب (ك)** » و « **صادق (ص)** » . ويبقى النوع الثالث « **المتغيرات اللغوية** » فى انتظار المنظومة العقلانية التى تهتم بها هى الأخرى . وكانت هذه المنظومة المنتظرة هى منظومة المنطق الجديد «**المنطق الغائم**» Fuzzy Logic التى سنعرض لملامحها فى القسم التالى .

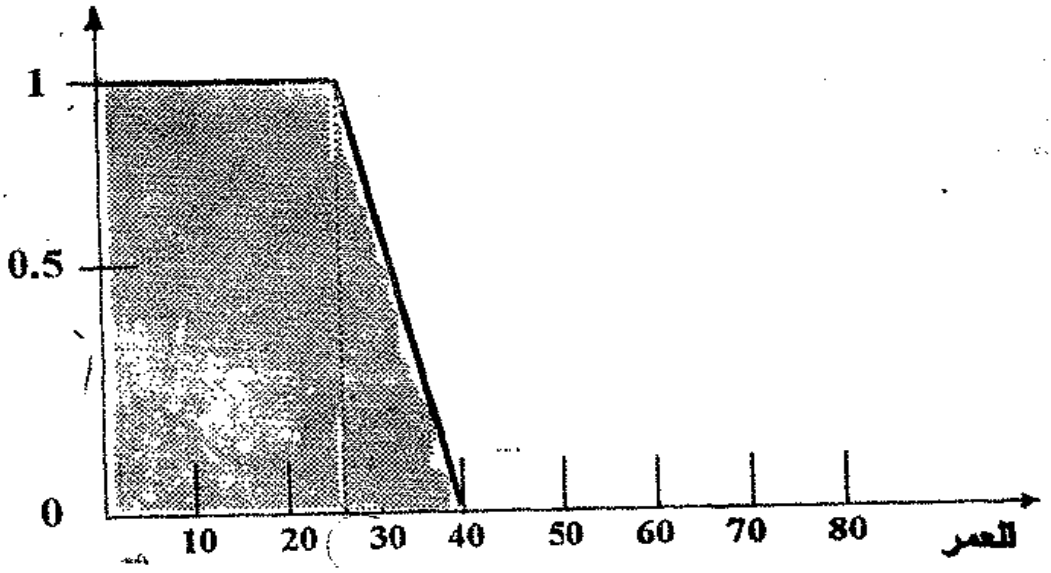
و « **المتغيرات اللغوية** » هى تلك المتغيرات التى يعبر عن قيمها المختلفة بواسطة كلمات أو عبارات اللغات الطبيعية للانسان ، اى كـ « **قيم لغوية** » ، مثل متغير « **لون البشرة** » على سبيل المثال . واذا كانت قيم متغير « لون البشرة » هى قيم لغوية فى الأساس ، فان هناك العديد من المتغيرات التى يمكن التعبير عن قيمها بأكثر من طريقة . فعلى سبيل المثال يمكن التعبير عن قيم متغير « **العمر** » عدديا بتخصيص عدد معين لبيان عدد سنى العمر ، مثل ٥ أو ١٠ سنوات أو ٢٠ أو ٦٥ أو ٤٠ سنة .وبالطبع تنتقى هذه الأعداد من الفئة التى تحتوى على كل الأعداد ما بين الصفر وأكبر عمر محتمل للانسان ، أى الفئة الكونية لأعمار بنى البشر . وبالطبع فان هذه الطريقة لوصف اعمار بنى البشر

طريقة دقيقة ومحددة ، الا أن الانسان لا يلجأ اليها فى اغلب الاحيـــان عندما يرغب فى وصف عمر شخص ما . ففى العادة يلجأ الانســـان لاستخدام عبارات لغوية من قبيل : « **صغير** » ، « **ليس صغيرا** » ، « **كبير** » ، « **ليس كبيرا** » ... وهلم جرا ، أو من قبيل فى العشرينيات، فى الثلاثينيات ... الخ . أى أن الانســـان يستخدم عند تقديره لعمـــر شخص ما أسلوبا غير دقيق وغير محدد . فوصفنا لشخص ما بأنـــه « شاب » قد يعنى عند البعض من يقل عمره عن ٢٥ سنة ، بينما يعتبر البعض الآخر أن هذا الوصف يشمل أيضا من يقل عمرهم عن الأربعين سنة . وهذا « **التفاوت** » (أو « **اللاتحديد** » أو « **الغيمية** ») المصاحب لوصفنا عمر الانسان لغويا ، يمكن تمثيله على أكمل وجه باستخدام الفئات الغائمة . ويوضح الشكل (٣ ــ ١) الفئة المحددة التى تقصر مفهوم كلمة « شاب » على من تقل اعمارهم عن ٢٥ سنة ، بينما يوضح الشكل (٣ ــ ٢) الفئة الغائمة التى تمثل مفهوم « شاب » آخذة فى الاعتبار تفاوت ولاتحديد التقديرات المختلفة لعدد سنوات هذه الصفة. وهكذا يمكن انشاء العديد من الفئات الغائمة التى تعبر كل منهـــا عن احدى مراحل العمر ، وذلك انطلاقا من أوصافنا اللغوية لها مثل صغير، ليس صغيراً ، كبير ، ليس كبيراً ... وهلم جرا . بالطبع يمكننـــا الاستعانة بالقواعد الصرفية للفئات الغائمة (انظر القسم ٢ ــ ٢) لتكوين الفئات الغائمة المناظرة لقيم المتغيرات اللغوية . فعلى سبيـــل المثال يمكن حساب الفئة الغائمة « **ليس شابا** » بوصفها الفئة الغائمة « **المتممة** » للفئة الغائمة « **شاب** » (الشكل ٣ ــ ٣) . ومن هذا المنطلق يمكن اعتبار استخدام « **المتغيرات اللغوية** » بمثابة أسلوب من أساليب « **ضغط البيانات** » Data compression او « **بحبحتها** » granulation [٨] .

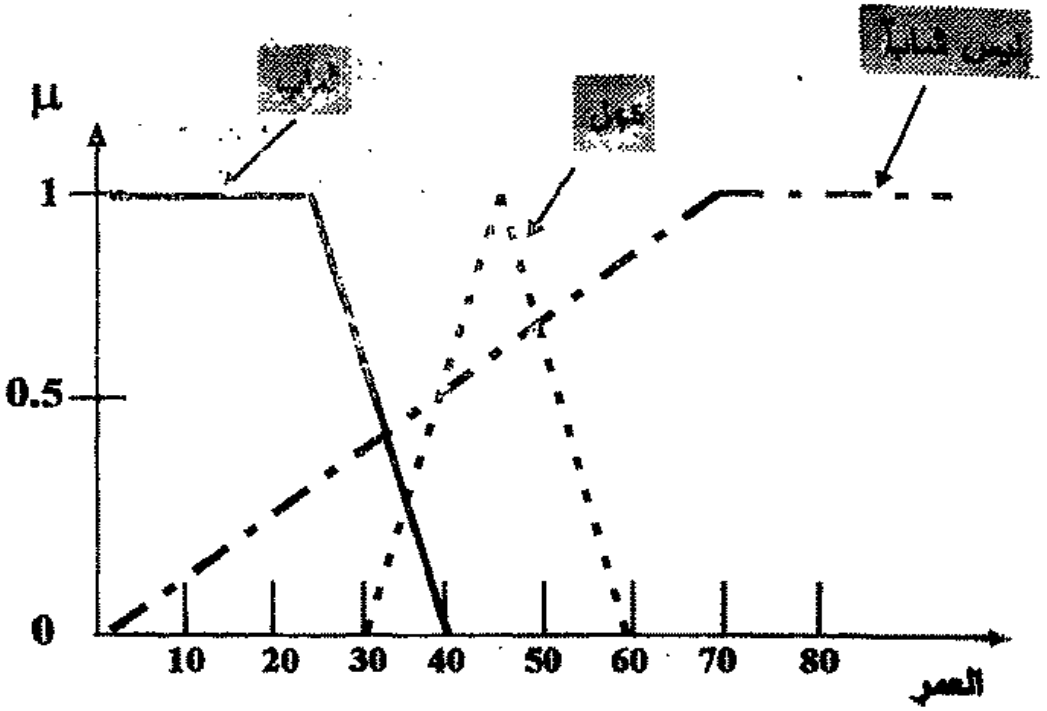
General Organization Of the Alexandria Library (GOAL)
Bibliotheca Alexandrina



الشـكل (٣ ـ ١) : مخطط الفئة المحددة لصفة شاب ٠



الشكل (٣ ـ ٢) مخطط الفئة الغائمة لصفة شاب (من يتراوح عمـره بين صـفر و٤٠ سنة) ٠



الشكل (٣ ـ ٣) : الفئات الغائمة الممثلة لبعض مراحل العمر المختلفة ٠

ويمكن تكوين قيم المتغيرات اللغوية باستخدام كل من :

● « **حدود أولية** » primary terms من قبيل : صغير ، كبير ، . . والتى تعتبر كل منها بمثابة « عنوان » لفئة غائمة من فئات عالم المقال (أى الفئة الكونية المحددة التى تحتوى على كافة القيم الممكنة لعمر الانسان) ،

● « **الروابط المنطقية** » مثل « **ليس** » (النفى Negation) ، و « أو » (الوصل Conjunction) و « او » (الفصل Disjunction) .

● « **معدلات** » modifiers (« مسوحات » Hedges) من قبيل : ليس تماما ، الى حد ما ، كثير .

ومن ثم يمكن للمتغير اللغوى « العمر » أن يأخذ قيما مثل « ليس صغيرا » ، « كبير الى حد ما » .

٣ ـ ٣ ـ المنطق الجديد

والآن ، وبعد أن عرضنا لمفهوم « **المتغيرات اللغوية** » التى استحدثها لطفى زاده واستخدم فئاته الغائمة فى تمثيلها ، يحين وقت التساؤل عن كيفية استخدامها فى تصريف الأمور . وهنا يتقدم للاجابة على هذا التساؤل المنطق الجديد « **المنطق الغائم** » Fuzzy Logic الذى يهدف الى « **نمذجة** » وصياغة اساليب « **الاستدلال غير الدقيق** » Imprecise reasoning التى غالبا ما يستخدمها الانسان فى حياته اليومية فتمكنه من التصرف الكفء والفعال والحكيم فى بيئته المفعمة بالأحداث المبهمة والظواهر المشوشة . ويكمن السر فى نجاح الانسان الملحوظ وقدرته الفائقة على استنتاج اجابات تقريبية وايجاد حلول غير مثالية ، ولكنها فعالة لما قد يطرح عليه من أسئلة أو يواجهه من مواقف طارئة ، وذلك انطلاقا من معارفه وخبراته السابقة التى غالبا ما تكون ، هى الأخرى ، غير دقيقة وغير مكتملة . فعلى سبيل المثال لا يلقى الانسان مشقة فى الاجابة على اسئلة من قبيل :

● اذا كان الانتقال بالسيارة من شبرا الى العباسية يتطلب (فى **العادة**) (**حوالى**) نصف ساعة ، ومن العباسية الى مدينة نصر ثلث ساعة (**تقريبا**) ، فكم من الوقت اذن يستغرقه الانتقال من شبرا الى مدينة نصر عبر العباسية ؟

● اذا كان (**اغلب**) قاطنى حى جاردن سيتى من (**مرتفعى**) الدخل ، وكان على من قاطنى هذا الحى . فما هو تقديرك لمستوى دخل على ؟

● تستهوى ذوات الشعر الأصفر والعيون الملونة (**معظم**) الرجال المصريين ، وشيرين تتمتع بهاتين الميزتين ، اتراها ستلفت انتباه على ؟

وذلك على الرغم من احتوائها على كلمات مثل « **فى العادة** » و « **تقريبا** » و « **اغلب** » و « **مرتفع** » و « **معظم** » تصيغها بصيغة « **اللاتحديد** » .

ولكن ما هو المقصود من عبارة « **المنطق الغائم** » ؟ ... وما الذى تنطوى عليه من معان ومضامين ؟ . يجيب البعض على هذه التساؤلات بان « المنطق الغائم » هو منظومة منطقية تهدف الى صياغة « **الاستدلال التقريبى** » Approximate reasoning **صياغة مقننة** Formal . وهو من هذا المنظور يعتبر سليل المنطق متعدد القيم الذى عرضنا له فى الفصل الأول . ولكنه ، وبالرغم من صلة الرحم هذه بالمنطق متعدد القيم ، فانه يتميز عنه باحتوائه على مفاهيم جديدة لم يتعرض لها سلفه من قريب أو بعيد مثل : « **المتغيرات اللغوية** » و « **القواعد الشرطية الغائمة** » . وينظر البعض الآخر للمنطق الغائم بوصفه « **نظرية للأشياء (الاصناف) ذات الملامح المبهمة وغير المحددة** » ، اى ان حدوده تتطابق مع حدود « **نظرية الفئات الغائمة** » . ويعتبر اصحاب هذه النظرة ان « **الصياغة المقننة للاستدلال التقريبى** » ليست الا احد فروع نظرية عامة واكثر شمولا للتعامل مع الغموض والابهام وعدم الدقة فى ادراك الانسان لواقعه وفى أساليب تعبيره المختلفة عن هذا الادراك ، اى « **نظرية الفئات الغائمة** » . واليوم تلقى هذه النظرة الاكثر شمولا للمنطق الغائم قبولا لدى المهتمين به على الصعيدين النظرى والعملى .

ويتمتع المنطق الغائم بالعديد من الصفات التى تميزه عن المنطق التقليدى ، سواء اكان ثنائى القيم ام متعددها ، ومن أبرز هذه الصفات الصفات التالية [٩] :

● **امكانية التعبير عن تدرج درجة مصداقية القضايا (اى الاتصال مقابل التقطع) .**

تقتصر قيم صدق أية « **قضية** » proposition من القضايا المنطقية من منظور المنطق التقليدى ثنائى القيم على قيمتين فقط هما « **صادق (ص)** » و « **كاذب (ك)** » ، تشكلان سويا عناصر فئة قيم مصداقية (أحكام) هذا المنطق ، أى أن :

$$T_2 = \{ 0, 1 \}$$

بينما تتعدد قيم صدقها فى النظم المنطقية متعددة القيم طبقا لرتبتها. فئة أحكام المنطق « **ثلاثى القيم** » هى :

$$T_3 = \{ 0, 1/2, 1 \}$$

وبالنسبة للمنطق « **رباعى القيم** » هى عناصر الفئة المحددة التالية :

$$T_4 = \{ 0, 1/3, 2/3, 1 \}$$

اما بالنسبة للمنطق « **خماسى القيم** » فهى عناصر الفئة المحددة :

$$T_5 = \{ 0, 1/4, 1/2, 3/4, 1 \}$$

وهكذا بالنسبة للنظم المنطقية الاعلى رتبة .

وبالرغم من تزايد عدد قيم مصداقية (أحكام) المنطق التقليدى بارتفاع رتبته ، الا أنها تبقى قيما متقطعة تقفز من قيمة الى التى تليها متجاوزة ما قد يكون بينهما من قيم . وعلى عكس هذا ، فان المنطق الغائم يسمح بتدرج هذه القيم وبالتعبير عنها لغويا . فعلى سبيل المثال اذا نظرنا للجملة الخبرية (القضية proposition) التالية :

عمرو صغير

لوجدنا أن المنطق التقليدى ثنائى القيم يعبر عن مصداقيتها كما يلى :

(**عمرو صغير**) قضية (**صادقة**)

[أى أن قيمة صدقها 1 ، عاكسة بذلك صواب العبارة المطلق].

(**عمرو صغير**) قضية (**كاذبة**)

[إى أن قيمة صدقها O ، عاكسة بذلك خطأ العبارة المطلق] .

بينما يعبر المنطق الغائم عن مصداقيتها بالطرق التالية :

(عمرو صغير) قضية (صادقة)

(عمرو صغير) قضية (صادقة بالكاد)

(عمرو صغير) قضية (صادقة الى حد ما)

(عمرو صغير) قضية (صادقة ...)

.....

.....

(عمرو صغير) قضية (كاذبة)

(عمرو صغير) قضية (كاذبة جدا)

(عمرو صغير) قضية (كاذبة ...)

اى ان المنطق الغائم يوفر لمستخدمه عدداً غير محدود ومتدرجا لمصداقية اية قضية مطروحة .

● **امكانية التعامل مع محمولات غائمة**

يمكن كتابة القضية (الجملة الخبرية)

عمرو صغير

على الهيئة التالية (الهيئة الحملية) :

صغير (عمرو)

وهى الهيئة التى تفصل بين « **موضوع** » Object القضية ، وهو فى حالتنا هذه « **عمرو** » ، اى الكيان الذى يحكم له بثبوت شىء ، وبين « **محمولها** » ، وهو فى حالتنا هذه « **صغير** » ، اى ما يحكم بثبوته لموضوع القضية او صفته . وتتيح لنا هذه الهيئة ، الهيئة الحملية ، التركيز على محمول القضية بغض النظر من موضوعها ، اذ يمكن كتابة هذه القضية على الصورة العامة التالية :

صغير (س)

حيث ترمز س الى موضوع نرغب فى وصفه بالصغر . وصفة الصغر هذه وغيرها ، اى محمول القضية ، يمكن تمثيلها كفئة غائمة من الفئات الغائمة التى تكون الفئة الكونية لعمر الانسان .

● **تنوع وتعدد المقيدات (المكممات)**

يستخدم المنطق التقليدى كلمتى « **كل** » و « **بعض** » للتعبير عن مدى تمتع افراد موضوع قضية ما بالخاصية التى يعبر عنها محمولها . فعلى سبيل المثال ، اذا تاملنا الجملة الخبرية التالية :

كل انسان فان

او صورتها الحملية

[كل] فان (انسان)

لوجدنا أنها تعبر عن انطباق صفة « الفناء » على كل بنى البشر . وبالطبع فاننا نستشف هذه العمومية من وجود كلمة « **كل** » . أما اذا نظرنا للجملة الخبرية التالية :

بعض الحيوانات اليفـــــة

او صورتها الحملية

[بعض] اليف (حيوان)

لتبينا من وجود كلمة « **بعض** » أن صفة الألفة هذه لا تنطبق الا على بعض الحيوانات فقط وليس كلها .

وتعرف هاتان الكلمتان ، « **كل** » و « **بعض** » ، فى لغة المناطقة بال « **مقيدات** » أو بال « **مكممات** » Quantifiers ولا يتيح المنطق التقليدى، أيا كانت رتبته ، سوى هذين المقيدين . وعلى العكس من هذا يوفر المنطق الغائم ، بالاضافة اليهما ، تشكيلة من المقيـدات التى تمكن الانسان من وصف معطيات واقعه المتنوعة بشكل اكثر واقعية مـن قبيل : « **اغلب** » ، « **حوالى** » ، « **معظم** » ، « **العديد** » ، « **فى العادة** »، « **دوما** » ، « **احيانا** » ، ....

● **القدرة على تمثيل « معدلات المحمول »**

عند سؤال افراد جماعة ما عن رايهم فى جمال فتاة ما ، ولنمنحها اسم سارة ، فان اجاباتهم قد تاخذ الصور التالية :

سارة جميلة

سارة جميلة **(جدا)**

سارة جميلة **(الى حد ما)**

سارة جميلة (**للغاية**)

سارة جميلة (**قليلا**)

سارة (**ليست**) جميلة

اى أن صفة الجمال (محمول القضية) التى يحكم بثبوتها من عدمه لسارة (موضوع القضية) تتفاوت شدتها من شخص لآخر . وهو التفاوت الذى تعكسه الكلمات والعبارات التالية : « **جدا** » ، « **الى حد ما** » ، « **للغاية** » ، « **قليلا** » ، « **ليست** » . وهذه الكلمات وغيرها تعرف بـ « **معدلات المحمول** »predicate-modifier .ويتميز المنطق الغائم بقدرته على التعبير عن هذه المعدلات سواء اكانت ممثلة بواسطة فئات محددة أم فئات غائمة .

● تعدد وتنوع موصفات القضايا

توصف القضايا ، من منظور المنطق التقليدى ، بادىء ذى بدء بتعيين قيمة صدق القضية المطروحة ، اى كونها صادقة او كاذبة . وبالاضافة الى هذا التوصيف يوجد « **التوصيف الحدوثى** » Modal qualification لها الذى يقرر مدى امكانية حدوثها ويتم ابرازه باستخدام كلمات مثل « **ممكن** » و « **ضرورى** » ، و «**التوصيف الاعتقادى**» Intentional qualification الذى يحدد طبيعة اعتقاد قائلها فيها وتبرزه كلمات مثل « **يعرف** » و « **يعتقد** » . وتتضح هذه الجوانب الوصفية الثلاثة من تأمل العبارة التالية :

(**من المعروف**) أن (**الجو سيكون ممطرا**) هو أمر (**محتمل**) .

فالجملة الخبرية « **الجو سيكون ممطرا** » هى القضية (الجملة الخبرية) التى لها قيم صدق ، بينما تصف عبارة « **من المعروف** » الحالة الاعتقادية لها ، أما كلمة « **محتمل** » فتصف درجة حدوثها .

ويوفر المنطق الغائم ثلاثة أشكال رئيسية لتوصيف القضايا modes of qualifications ، فعلى سبيل المثال اذا اعتبرنا القضية التالية :

« **الدنيا ربيع** » .

فان اشكال توصيفها الثلاثة ، طبقا للمنطق الغائم ، تصبح كما يلى :

● **توصيف المصداقية**

(الدنيا ربيع) (ليست صحيحة تماما)

حيث تعبر العبارة « **ليست صحيحة تماما** » عن قيمة صدق القضية « **الدنيا ربيع** » .

● **توصيف الاحتمالية** probability-qualification

(الدنيا ربيع) أمر (غير محتمل)

حيث تعبر عبارة « **الدنيا ربيع** » عن قدر احتمال حدوث القضية .

● **توصيف الامكانية** possibility-qualification

(الدنيا ربيع) أمر (غير ممكن الى حد كبير)

حيث تصف عبارة « **غير ممكن الى حد كبير** » قدر امكان حدوث القضية .

٣ ـ ٤ ـ الاستدلال بالكلمات

والآن ، وبعد أن عرضنا لمفهوم « **المتغيرات اللغوية** » ، هذا المفهوم الذى استحدثه لطفى زاده واستخدم فئاته الغائمة فى التعبير عنه ، لينشىء بذلك لغة رياضية جديدة تقترب أكثر من واقع الحياة ، وبعد أن قدمنا للقارىء المنطق الجديد ، « **المنطق الغائم** » ، هذه الآلة الذهنية المستحدثة خصيصا للتعامل مع المتغيرات اللغوية ، وعرضنا للامحه الخاصة التى تميزه عن المنطق التقليدى بمختلف رتبه ، يحين وقت التساؤل عن كيفية استخدام هذه الآلة الذهنية فى التعامل مع المتغيرات التى تصف أحداث الواقع وكياناته لنستخلص منها ما قد ينفعنا فى التعامل معها . انه اذن السؤال عن كنه وطبيعة « **الاستنتاج الغائم** » Fuzzy Infrerence ، هذا النوع من أنواع الاستنتاج المختلفة الذى يسعى الى محاكاة ما يستخدمه عقل الانسان من آليات لتقصى الحقائق ولاتخاذ القرارات . ويقوم « **الاستنتاج الغائم** » على قاعدتين :

● **قاعدة الاستلزام الغائم** Fuzzy Implication ؛

● **قاعدة التركيب للاستنتاج** Compositional Rule of Inference

وهما القاعدتان اللتان سنتعرض لهما تفصيليا قبل عرض بعض الأمثلة التطبيقية للاستنتاج الغائم مثل « **مشاعر الخطيب الخائب** » و « **الطبيب الحائر** » .

قاعدة الاستلزام الفائم

يعرف النحاة الجملة الشرطية او (الاسلوب الشرطى) بانها كل ما اتخذ الهيئة التالية :

اداة الشرط	(جملة الشرط او موضوعه)	رابطة الجواب	(جواب الشرط او محموله)
(١) اذا	(مرضت)	فـ	(اذهب الى الطبيب)
(٢) من	(انشى سرنا)	فـ	(ليس منا)
(٣) ان	(خالفتنى)	فـ	(لن تنال هديتى)
(٤) اذا	(سخن الحديد)	..	(تمدد)
(٥) ان	(تعمل)	..	(تنجح)
(٦) من	(جد)	..	(وجد)
(٧) متى	(يات الصيف)	..	(تزدحم الاسكندرية)
(٨) حيثما	(يجر النيل)	..	(تخصب الارض)
(٩) كيفما	(تعامل الناس)	..	(يعاملوك)

وكان الأسلوب الشرطى المستخدم فى اللغات الطبيعية هو النموذج الذى استلهمه المناطقة ، بعد ان بسطوه وجردوه ، ليصوغوا على غراره احدى قواعدهم الشهيرة لاستخلاص الحقائق ، وهى صيغة « **الاستلزام** » Implicetion التى تاخذ الهيئة التالية :

IF P THEN Q

اذا P فـ Q

كما يمكن كتابتها على الصورة الرمزية التالية :

$$P \longrightarrow Q$$

حيث P جملة خبرية (قضية) تعرف بـ (المقدم) Antecedent و Q جملة خبرية اخرى (قضية) تعرف بـ « **اللازم** » Consequent ، وحيث يعبر الرمز $\Rightarrow$ عن الصيغة (**اذا ... فـ**) . وبالطبع تنحصر قيم مصداقية كل من القضيتين P و Q ، من منظور المنطق التقليدى ، فى قيمتين فقط ، فاى منهما اما ان يكون كاذبا مائة فى المائة او ان يكون صادقا مائة فى المائة . وهكذا تبرز مرة اخرى مسالة تدرج الخطأ والصواب التى تتبدى فى التعبيرات اللغوية ويعجز عن تمثيلها المنطق التقليدى . هذا بالاضافة الى ان صيغة الاستلزام هذه لا يمكنها تمثيل التنوع الذى يوفره الأسلوب الشرطى اللغوى (تأمل على سبيل المثال

« لازم » الجملة رقم(١) المكتوبة بصيغة الأمر ، والجملة رقم (٩) التى لا تعبر مكوناتها ، أى « مقدمها » و « لازمها » ، صراحة عن المقصود من كلمة « التعامل »).

ولا يقتصر عجز صيغة « الاستلزام » ، فى صورتها التقليدية ، على هذا فقط بل يتعداه ليشمل قدرتها على تمثيل الواقع تمثيلا صحيحا . فالمناطقة ينظرون الى الصيغة ($P \Rightarrow Q$) بوصفها قضية مركبة من القضيتين الأوليتين (الذريتين atomic) P ، Q ومن ثم تتوقف قيمة صدقها ككل على قيم صدق القضايا المكونة لها وذلك طبقا للجدول التالى :

P	Q	$P \Rightarrow Q$
T (ك)	T (ص)	T (ص)
T (ص)	F (ك)	F (ك)
T (ك)	T (ص)	T (ص)
T (ك)	T (ص)	T (ص)

أى أن القضية المركبة $P \Rightarrow Q$ صحيحة فى كافة الحالات الا فى حالة كون « اللازم » كاذباً . وهذا بدوره يقودنا الى مازق ، فالقضية المركبة :

اذا (زقزقت العصافير فى الصباح)

فـ (شيجذب مسلسل ليالى الحلمية انظار المشاهدين) .

فى عرف المنطق التقليدى ، قضية صحيحة تماما على الرغم من انه لا توجد أية علاقة بين زقزقة العصافير واعجاب المشاهدين بمسلسل ليالى الحلمية . وهكذا تصبح العبارة السابقة فارغة من المضمون ، ومجردة من المعنى ، وفاقدة الصلة بما يحدث فى الواقع المعاش . انه وضع شبيه بمن يقول جملة صحيحة نحوية ولكن لا معنى لها فى اذهان السامعين .

وجـاء المنطق الغائم ليحتفظ بصيغة « الاستلزام » شكلا وان غيرها موضوعاً . فمن ناحية يشترط هذا المنطق وجـود علاقة واقعية بين موضوعات القضايا الداخلة فى تكوين « **جمله الشرطية** » (او « **صيغ استلزامه** » او « **قواعد انتاجه** » ، اى بين « **المقدمات** » و « **اللوازم** » . وعليه تصبح الجملة الشرطية السابقة غير مقبولة من منظور المنطق الغائم لانتفاء وجود اية علاقة بين زقزقة العصافير واعجاب المشاهدين بمسلسل ليالى الحلمية . هذا بالاضافة الى التعدد اللانهائى وتدرج قيم مصداقية هذه القضايا حيث انها تاخذ اية قيمة بين الصفر والواحد الصحيح . ومن ناحية أخرى ، يستخدم المنطق الغائم مفهوم المتغيرات اللغوية فى التعبير عن موضوعات القضايا المكونة لجمله الشرطية . فعلى سبيل المثال يمكن باستخدام هذا المفهوم كتابة « صيغ استلزام » (أو « جمل شرطية » أو « قواعد انتاج ») من قبيل :

[١] **اذا** (كان الجو حاراً) **فـ** (اجعل سرعة المروحـة كبيرة) .
[٢] **اذا** (كان الجو معتدلا) **فـ** (اجعل سرعة المروحة متوسطة) .
[٣] **اذا** (كانت المراة بدينة) **فـ** (ستحتاج لسعرات حرارية قليلة) .
[٤] **اذا** (كان الرجل نحيفا) **فـ** (سيحتاج لسعرات حرارية كثيرة) .

وهنا نلاحظ أن القاعدتين الأولى والثانيـة تستخدمان المتغيرين اللغويين (**حار ، معتدل**) اللذين يمكن تمثيلهما كفئات غائمة معرفة على الفئة الكونية لكافة القيم الممكنة لدرجة حرارة الجـو ، و (**كبيرة ، متوسطة**) اللذين يمكن تمثيلهما كفئات غائمة معرفة على الفئة الكونية لكافة القيم المحتملة لسرعة دوران المروحة . وبالمثل نجد القاعـدتين الثالثة والرابعة تستخدمان المتغيرين اللغويين (**بدين ، نحيف**) المعرفين على الفئة الكونية لقيم الوزن الممكن للانسان ، و (**قليل ، كثير**) المعرفين على الفئة الكونية التى تضم كافة الأرقام التى يمكن للانسان استخدامها للتعبير عن الكبر او الصغر . هذا ويمكن اعتبار مجمـوع الجمل الشرطية (صيغ الاستلزام ، قواعد الانتاج) التى تعبر عـن موضوع بعينه ، مثل « ارتباط سرعة المروحة بدرجة حرارة الجو » أو « توقف عدد السعرات الحرارية اللازمة للانسان على وزنه » ، بوصفها عناصر علاقة غائمة بين فئتين كونيتين (انظر القسم ٢ ـ ٣) . فالقاعدتان الأولى والثانية يمكن اعتبارهما عنصرين من عناصر علاقـة غائمة بين فئتين كونيتين : الأولى هى الفئة الكونية التى تضم كافة القيم

الممكنة لدرجة حرارة الجو ، والثانية هى الفئة الكونية التى تضم كافة القيم المحتملة لسرعة دوران المروحة . وبالمثل يمكن اعتبار القاعدتين الثالثة والرابعة كعنصرين من عناصر علاقة قائمة بين فئتين كونيتين : الأولى هى الفئة الكونية لقيم الوزن الممكن للانسان ، والثانية الفئة الكونية التى تضم كافة القيم العددية التى يمكن للانسان استخدامها للتعبير عن كبر أو صغر شيء ما .

قاعدة التركيب

تعتبر « **قاعدة التركيب للاستنتاج** » ، التى صاغها لطفى زاده لتكون أداة منطقه للاستدلال بواسطة الكلمات (أو المتغيرات اللغوية)، هى الصورة الأشمل والأعم لأحدى صيغ الاستدلال الشهيرة للمنطق التقليدى والمعروفة بـ « **صورة الوضع للاستنتاج الحملى الشرطى** » modus ponens . ولفهم هذه الصورة سنفترض أنه لدينا الجملة الشرطية (أو صيغة الاستلزام) التالية :

اذا (أمطرت السماء) فـ (ستبتل ملابسك)

التى تعبر عن خبرتنا السابقة عما يحدث عند سقوط الأمطار ، وكان الوضع الحالى تتضمنه الجملة الخبرية (أو القضية) :

(السماء ممطرة)

فاننا نستنتج على الفور انطلاقا من خبرتنا السابقة كما تمثلها الجملة الشرطية ومن الوضع الحالى كما تعبر عنه الجملة الخبرية ان :

(ملابسك ستبتل)

هذا ويمكن كتابة عملية الاستدلال المنطقى هذه على « **صورة الوضع للاستنتاج الحملى الشرطى** » كما يلى :

(أمطرت السماء) ← (ستبتل ملابسك)	[صيغة الاستلزام التى تمثل الخبرة السابقة].
(السماء ممطرة)	[الجملة الخبرية التى تصف الوضع الراهن] .
. . . . .	
اذن (ملابسك ستبتل)	[النتيجة المستقاة من صيغة الاستلزام والجملة الخبرية] .

والآن ، وبعد تعريف العلاقة الغائمة R التى تربـــط بين فئتين كونيتين U ، V بوصفها مجموع صيغ الاستلزام (الجمل الشرطية ، قواعد الانتاج) الغائمة بين عناصر هاتين الفئتين والتى تمثل معرفتنا وخبرتنا حول موضوع ما ، يمكن صياغة « **قاعدة التركيب للاستنتاج الغائم** » لغويا على هيئة السؤال التالى :

كيف يمكن حساب الفئة الغائمة Y المعرفة على V والتى تنشأ نتيجة لوجود العلاقة الغائمة R بين U و V ، وذلك بمعلومية الفئة الغائمة X المعرفة على U ؟

فعلى سبيل المثال اذا علمت العلاقة الغائمة بين وزن الانسان وعدد السعرات الحرارية اللازمة له (أى مجموع الجمل الشرطية المشابهـــة للجملتين ٣ ، ٤) وعلم المتغير اللغوى (الفئة الغائمة) الذى يصف وزن شخص ما ، فانه يصبح من الممكن حساب المتغير اللغوى (الفئة الغائمة) الذى يعبر عن قدر السعرات الحرارية اللازمة له .

هذا ، ويمكن تمثيل « **قاعدة التركيب للاستنتاج الغائم** » رمزيا على الصورة التالية :

$$Y = X \circ R$$

حيث يعبر الرمز (O) عن « **تركيب** » (*) كل من الفئة الغائمة X مع العلاقة الغائمة R المعلومتين للحصول على الفئة الغائمة المجهولة Y هذا ويمكن التعبير عن هذه القاعدة بدلالة دوال انتماء كل من X و R و Y كما يلى :

$$\mu Y = \max_{X \in X} \{ \min [\mu X(x), \mu R(x, y)]$$

فعلى سبيل المثال(**) اذا مثلت دالة الانتماء لعناصر الفئة الغائمة على الهيئة التالية (متجه أو مصفوفة من ثلاثة أعمدة وصف واحد) :

$$X = [0.2 \ 1 \ 0.3]$$

ومثلت دالة الانتماء لعناصر العلاقة الغائمة R على صورة المصفوفة الثلاثية (ثلاثة أعمدة ، ثلاثة صفوف) التالية :

(*) للقارىء الملم بالرياضيات تشبه قاعدة تركيب علاقتين أو علاقة مع فئة قاعدة ضرب المصفوفات .

(**) ليس من الضرورى تتبع عمليات حساب دوال الانتماء ، فالقصد هو اعطاء فكرة عن كيفية اجرائها .

$$R = \begin{bmatrix} 0.8 & 0.9 & 0.2 \\ 0.6 & 1 & 0.4 \\ 0.5 & 0.8 & 1 \end{bmatrix}$$

فان حساب دالة الانتماء لعناصر الفئة الغائمة Y يتم باستخدام المعادلة :

$$\mu Y(yj) = \max_{j} \{ \min[\mu(xi), \mu(rij)] \}$$

ويمكن باستخدام هذه المعادلة حساب قيم دالة انتماء عناصر الفئة الغائمة المجهولة Y التى يمكن التعبير عنها كما يلى :

$$Y = [0.6 \quad 1 \quad 0.4]$$

اى أن تنفيذ « **الاستنتاج الغائم** » يتم عبر الخطوتين التاليتين :

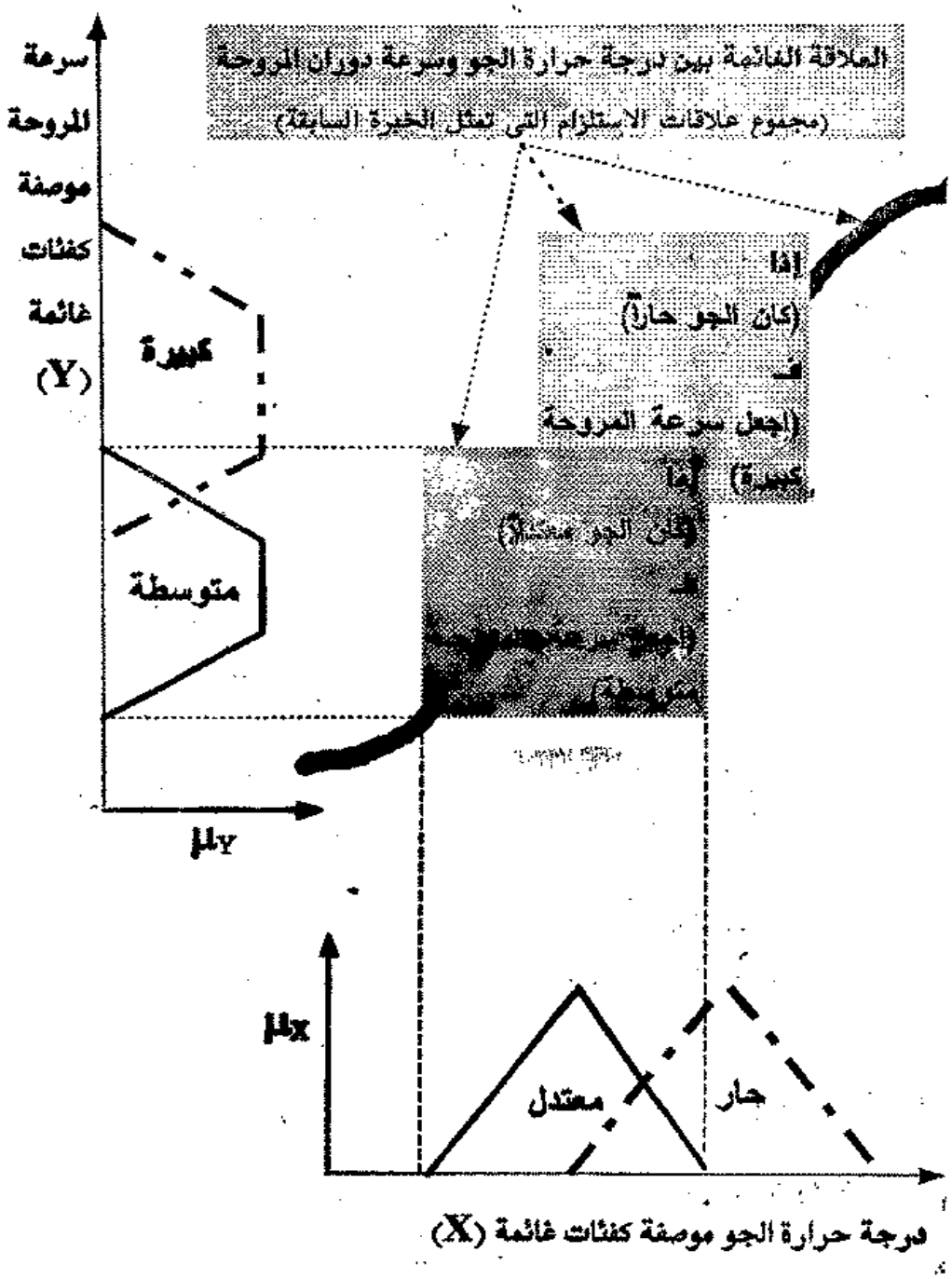
- تحديد العلاقة الغائمة بين فئتى عالمى مقال (الفئتين الكونيتين) الموضوع قيد الدراسة ، اى حساب « **الاستلزام الغائم** » بينهما ،
- حساب النتيجة المطلوبة باستخدام « **قاعدة التركيب** » .

اى أنه باختصار :

IF X THEN Y BY R

اذا X اذن Y بمعلومية العلاقة R

هذا ويوضح الشكل (٣ــ٤) مخططا لعملية الاستنتاج الغائم .



الشكل (٣ ـ ٤) : تمثيل بياني للاستنتاج الغائم ٠

٣ ـ ٥ ـ مشاعر الخطيب الخائب

والآن ، وبعد أن استغرقتنا الرموز طويلا آن الأوان لنرى كيفيـة استخدام اسلوب الاستنتاج الغائم فى تقدير ما ستكون عليه مشاعـر شاب تقدم لخطبة فتاة اعجبته وجاء ردها غير موات . ونقطة البداية هى تحديد فئتى عالمى المقال المتعلقتين بهذا الأمر . وأول هذه الفئات هى الفئة الكونية X التى تحتوى على كافة الردود الممكنة للفتاة المطلوب خطبتها ، اى ان :

$$X = \{ \text{قبول } (X_1),\ \text{رفض } (X_2),\ \text{طلب مهلة للتفكير } (X_3),$$

$$\text{طلب مقابلة العائلة } (X_4),\ \text{ضحكة ساخرة } (X_5),$$

$$\text{دموع الفرح } (X_6) \}$$

هذا ويمكن التعبير عن استجابة الفتاة للشاب المولع بها والراغب فى خطبتها بواسطة الفئة الغائمة M المعرفة على الفئة الكونية X والتى تتكون من الردود المحتملة للفتاة وقيمة دالة انتماء كل منهـا . وتعبر دالة الانتماء لهذه الفئة ، $\mu_M(X)$ ، عن درجة تيقن الشاب من تضمن استجابة الفتاة لرد بعينه . فعلى سبيل المثال ، يمكن تمثيـل احدى الاستجابات المحتملة للفتاة بواسطة الفئة الغائمة التالية :

$$M = \{ \text{رفض } (x_3)/0.97 + \text{ضحكة ساخرة } (x_5)/0.8 \}$$

اى أن استجابتها لطلب الشاب قد تأخذ هيئة رفض شبه قاطـع (0.97) مصحوب غالبا بضحكة ساخرة (0.8) ..

اما فئة عالم المقال الثانية اللازمة لوصف موضوعنا فهى الفئـة الكونية Y التى تحتوى على كافة انواع المشاعر التى قد تنتاب المتقدم لخطبة الفتاة بعد تلقيه ردها ، اى ان :

Y = { سعادة (y_1) ، الم (y_2) ، اندهاش (y_3) ، غضب (y_4) ، صبر (y_5) ، نفاد صبر (y_6) ، تاثر (y_7) }

هذا ويمكن تمثيل مشاعر الشاب حال معرفته لرد الفتاة كفئة غائمة R معرفة على الفئة الكونية Y . وتعبر دالة الانتماء لهذه الفئة $\mu R(y)$ عن مدى حدة مشاعر الشاب بعد تلقيه رد الفتاة الذى تمثله الفئة الغائمة M . وتعد الفئة الغائمة R هى الفئة التى نرغب فى تعيينها بواسطة آلية الاستنتاج الغائم .

وتبدأ أولى خطوات الاستنتاج الغائم بتحديد العلاقة الغائمة A بين الفئتين X و Y التى تعكس دالة الانتماء اليها ، $\mu A(y,x)$ مدى اتساق رد فعل الشاب (او شعوره) y لرد الفتاة x . ويمثل الجدول التالى هذه العلاقة فى حالتنا هذه :

عناصر الفئة الكونية لردود الفتاة

عناصر الفئة الكونية لمشاعر الشاب	(X_1) قبول	(X_2) رفض	(X_3) طلب مهلة للتفكير	(X_4) طلب مقابلة العائلة	(X_5) ضحكة ساخرة	(X_6) دموع الفرح
سعادة (x1)	0.9	0	0.2	0	0	1
الم (y2)	0	0.9	0.1	0.2	1	0
اندهاش (y3)	0.1	0.9	0.2	0.9	1	0.3
غضب (y4)	0.	0.5	0	0.6	0.7	0
صبر (y5)	0.1	0	0.9	0	0	0.5
نفاد صبر (y6)	0	0.3	0.2	0.3	0.4	0
تاثر (y7)	0.9	0	0.9	0.3	0	1

فعلى سبيل المثال اذا قوبل طلب الشاب بـ « ضحكة ساخرة » من الفتاة (اى X_5)، فان شعوره لا بد وان يكون « الما » (اى Y_2) ،اى ان :

$$\mu A (Y_2 , X_5) = 1$$

وبالطبع لا يمكن ان يكون « صبرا » (اى y_8) ، اى ان :

$$\mu A (y_2 , y_8) = 0$$

وبعد تحديد العلاقة الغائمة بين الفئتين الكونيتين X و Y تستخدم « **قاعدة التركيب** » التالية :

$$\mathbf{R = M \circ A}$$

او بصورة اخرى :

$$\mu R(y) = \max_{X \in X} \min [\mu M (x), \mu_R (x, y)]$$

لحساب الفئة الغائمة التى تمثل مشاعر الشاب بعد تلقيه رد الفتاة التى تمثله الفئة الغائمة M . وتسفر الحسابات عن الفئة الغائمة التالية :

$$= \left\{ \begin{matrix} \text{الم} \\ \text{اندهاش} \\ \text{غضب} \\ \text{نفاد صبر} \end{matrix} \right. \begin{matrix} 0.9/(y_3) \\ 0.9/(y_3) \\ 0.7\ (y_4) \\ 0.4/(y_8) \end{matrix}$$

أى أن مشاعر هذا الشاب هى مزيج من الألم والاندهاش الشديدين المصحوبين بغضب ، والمشوبين ببعض من نفاد الصبر ... ! .

الفصل الرابع

الأقنعة الأربعة للغموض

٤ ــ ١ ــ ادارة التعقـد

لم يكف الانسان منذ نشأته على كوكب الأرض عن تأمل ما يـدور حوله من احداث وما يقع امامه من ظواهر . ولم يكتف الانسان بالتأمل بل سعى جاهدا لفهم وتفسير هذه الظواهر والأحداث حتى يتيسر لـه تطويعها لخدمته او للتعايش معها بسلام . وارتبط هذا السعى دوما بمدى قدرته على اكتساب « المعرفة » بأنواعها الثلاثة (القسم (٢ــ٣)، سواء اتعلقت هذه المعرفة بالظواهر الكونية ، ام بأحـوال الواقـع المعاش ، ام بشئون المجتمعات التى يقيمها . ولقد مرت مسيرة الانسان الطويلة فى تعامله مع المعرفة بمرحلتين اساسيتين . ففى البداية كانت **المرحلة الأولى** ، مرحلة تصدرت فيها مسألة « **كيفية مواكبة احوال الواقع المتغيرة** » اهتمامات الانسان فعنى بأساليب استخلاص المعرفة المتعلقة بمكونات هذا الواقع الحية منها وغير الحية . واسفرت هذه المرحلة ، فى نهاية المطاف ، عن ظهور « **المنهج العلمى** » كأداة ذهنيـة لتقصى أحوال الواقع ، ولانتاج المعرفة المتعلقة بها ، ولاختبارها والتأكد من صدقها وصلاحيتها . ولم يكن شغل الانسان الشـاغل فى هـذه المرحلة هو مجرد زيادة رصيده المعرفى بقدر ما كان معنيا بكيفية استخدام هذا الرصيد المتعاظم فى تحسين أحوال معيشته على كافة المستويات .

وجاءت **المرحلة الثانية** من مراحل مسيرة الانسان فى تعامله مـع المعرفة بعد ان تنامى رصيده منها الى حد غير مسبوق ، وبعد ان تطورت ادوات وآليات انتاجها الذهنية والمادية (متمثلة فى ظهور الحاسب ونظمه المختلفة على سبيل المثال) تطورا هائلا . وكان موضوع الاهتمـام الرئيسى لهذه المرحلة التى نعيشها الآن هو طبيعة « المعرفة » فى حد ذاتها . اى انه ، بعبارة اخرى ، كان متعلقا بالتعرف على خصائص المعرفة المتعلقة بالواقع التى يحوزها الانسان ، وعلى امكانية انتاجها واستخلاصها من الواقع ، وحدود هذه الامكانية . وهـكذا تصـدرت قائمة اهتمامات الانسان محاولة الاجابة على اسئلة من قبيل :

ــ ما الذى يمـكن معـرفته والذى لا يمكن معـرفته (**حـدود المعرفة**) ... ؟ ،

ــ ما الذى نعرفه والذى لا نعرفه (**حدود الجهل**) ... ؟ ،

ـ كيف تتم عملية المعرفة (**آليات المعرفة**) ... ؟ ـ

واحتل سؤال « **كيف نواكب المعرفة ونقيضها (الجهل) ؟** » مكان الصدارة فى قائمة الهموم الفكرية للانسان المعاصر .

وقد ارتبطت المرحلة الثانية ارتباطا وثيقا بما يعرف اليوم بـ « **مشكلة التعقد** » بابعادها المختلفة . هذا التعقد الذى يعتبر احد اهم السمات المميزة لواقعنا المعاصر . ولقد اسهمت عوامل عديدة فى بروز تلك المشكلة وفى تفاقمها ومن ثم فى تزايد وعى الانسان بها . ومن اهم تلك العوامل :

● تكاثر كيانات الواقع وتزايد تشابكها مما ادى الى « **انفجار معلوماتى او (معرفى)** » بكل ما يعنيه هذا من تعاظم غير مسبوق فى كمية البيانات والمعلومات التى يتعين على الانسان جمعها واستخلاصها وحفظها ومعالجتها وبثها ،

● وعى الانسان المتزايد بقدر « **اللاتيقن** » Uncertainty الذى لا يمكن تفاديه فيما يستخلصه من معلومات عن احوال الواقع وفيما يؤسسه على تلك المعلومات من معرفة .

ويعزى الفضل فى ارهاف حس الانسان باهمية موضوع « **اللاتيقن** » الى كل من « **قاعدة اللاتيقن لهيزنبرج** » Heisenberg's Uncertainty Principle و « **نظرية عدم الاكتمال لجودل** » Gödel's Incompleteness Theorem . ففى نهاية الثلث الأول من القرن العشرين صاغ عالم الفيزياء الألمانى هيزنبرج قاعدته الشهيرة التى تنص على ما يلى :

« تؤدى زيادة دقة معلوماتنا عن احد العناصر الواصفة لسلوك الجسيمات الدقيقة (مثل : كمية الحركة او الطاقة) الى نقص دقة معلوماتنا عن بقية العناصر الاخرى (مثل : الموقع او الزمن) » .

وهو نقص لا يمكن التغلب عليه مهما تحسنت وتطورت ادوات القياس والملاحظة المستخدمة ، فهو من طبائع الأشياء . فعلى سبيل المثال كلما ازدادت الدقة فى تحديد سرعة جسيم دقيق (الكترون على سبيل المثال) ، قلت الدقة فى تحديد موقعه بالضبط الى أن نفقد اثره تماما مع تحديدنا فائق الدقة لسرعته ... !

واذا كانت وقائع عالم الجسيمات الدقيقة المادى ادت الى اكتشاف قاعدة اللاتيقن التى تحكم سلوكها ، فان عالم الرياضيات غير الملموس كان هو الرحم الذى تكونت فيه «**نظرية عدم الاكتمال لجودل**». ويلزم قبل التعرض لمضمون هذه النظرية شرح بعض المفاهيم الأساسية .واول هذه المفاهيم هو مفهوم « **النظرية** » ، فالنظرية تعتبر نموذجا رمزيا يمثل ويلخص ويكثف معرفتنا بأمر من أمور الواقع . فعلى سبيل المثال اذا كانت لدينا نظرية ما عن حركة الأجرام السماوية ، فانه يصبح بمقدورنا وصف هذه الحركات والتنبؤ بها وتوليد البيانات المتعلقة بها وليس مجرد رصد هذه الحركات وتسجيلها . و « **النظرية المثالية** » هى تلك النظرية التى تتمتع بالخصائص التالية :

- **قابيلة الوصف المتناهى** Finitely describable ، اى ان يكون بمقدورنا كتابة كتاب ، بغض النظر من حجمه ، يشرح كيفية استخدام النظرية فى استخلاص نتائج محددة وفى اثبات صحة هذه النتائج ،

- **الاتساق** Consistency ، اى لا يؤدى استخدام النظرية الى نتيجة معينة ونقيضها فى نفس الوقت ،

- **الاكتمال** Compleleness اى انها لا بد ان تتضمن كافة الحقائق المتعلقة بموضوعها .

وانطلاقا من هذه المفاهيم اثبت عالم الرياضيات جودل نظريته الشهيرة التى تنص على ما يلى :

« لا توجد نظرية (رياضية) تستوفى شروط النظرية المثالية الثلاثة مجتمعة ، اى :

- التوصيف المتناهى
- الاتساق
- الاكتمال » .

او بعبارة اخرى :

« نظريات الانسان متناهية (محدودة العدد) ، ولكن الحقيقة لا متناهية » .

وهكذا اصبح على الانسان ، فى مواجهته لمشكلة التعقد ، ان يتقبل « **اللاتيقن** » كحقيقة من حقائق الحياة التى لا يمكن تجنبها ، وأن يسعى للتعايش معه فى وئام ، وأن يكف عن التعامل معه كعدو تلزم تصفيته ، وأن ينظر اليه كصديق ينبغى التفاهم معه بل وحتى توظيفه لصالح الانسان .. !! . وليس هذا الأمر بمستغرب ، فالعقل البشرى يتحايل على تعقد احوال الواقع بزيادة قدر اللاتيقن المسموح به وصفه لها . وهو لتحقيق ذلك يضحى بالتفاصيل وببعض المعلومات الدقيقة المتعلقة بها لينشىء وصفا « **ملخصا** » لها . وهو وصف ، وان كان مبهما بعض الشىء الا انه فعال فى تسيير الأمور . وفى الحقيقة تعتبر القدرة على التلخيص واحدة من اهم خصائص التفكير البشرى ، و « **الملخص** » ، فى نهاية المطاف ، هو بالضرورة وصف تقريبى لموضوع التلخيص .

وفى النهاية ، تقوم قدرة الانسان على مواجهة تعقد الواقع وادارته على امكانية « **الوصف الجيد** » لكل من :

ـ ما نعلمه من أحوال الواقع ، مخلوقا كان أم مصنوعا ، اى **المعرفة** ؛

ـ ما لا نعلمه عن هذه الأحوال بشكل مؤكد ومحدد ، اى **اللاتيقن** .

وبقدر ما يمكننا تحقيقه من توازن بينهما ، اى بين « **قدر المعلومات المتوفرة** » و « **قدر اللاتيقن المسموح به** » فى وصفنا للواقع ، بقدر ما يمكننا السيطرة على التعقد وادارته لصالح الانسان . ولقد احتل العنصر الأول من عناصر ادارة التعقد ، اى المعرفة ، مكان الصدارة فى اهتمامات الفلاسفة والمفكرين والعلماء والتكنوقراط فشغلوا بها وبطرق تحصيلها واستخلاصها من ظواهر الواقع وكياناته ، واهتموا بكيفية قياسها وتسجيلها وتمثيلها (القسم ٢ ـ ٣) . ولكنهم فى خضم انشغالهم بالعنصر الأول أهملوا العنصر الثانى ، اى اللاتيقن ، فلم يولوه ما يستحق من اهتمام .

٤ ـ ٢ ـ تجليات اللا تيقن

تزخر اللغات الطبيعية للانسان بكلمات وعبارات تصف الوضع الذى يجد الانسان نفسه فيه حائرا فى امره لا يستطيع اتخاذ قرار بعينه، او انجاز فعل ما ، وكلمات وعبارات اخرى تصف عجزه عن تمييز شىء ما وتبين ملامحه . فعلى سبيل المثال نجد فى اللغة العربية كلمات من قبيل :

الابهام ، والغموض ، والالتباس ، والمـواربة ، والمراوغـة ، والتضارب ، والتناقض ، والبهوت ، والتشوش ،

وعبارات من قبيل :

عدم الوضوح ، وغيبة القطع ، واللادقة ، واللاتحديد .

وهى كلمات وعبارات تعكس هى وغيرها وجها او آخر من اوجه هذا المفهوم المراوغ الذى بات يشغل فكر الانسـان ، أى مفهـوم « **اللاتيقن** » . وازاء هذا التنوع والتعدد كان لزاما ضبط الأمور ووضع تعريفات محددة لمغزى ومعنى كلمة اللاتيقن . واليوم تتفق اغلب الآراء على أن « **اللاتيقن** » يتبدى فى صورتين متمايزتين هما « **الابهـام** » Vagueness و « **الالتباس** » Ambiguity [١١٧] .

ويعرف « **الابهام** » بانه اللاتيقن الناشىء من صعوبة وضع حدود فاصلة تميز كيانات الواقع عن بعضها البعض ، ومن ثم التعرف عليهـا وتبين ملامحها . وامثـلة المواقف « **المبهمة** » لا تعد ولا تحصى بدءا من تلمس الطريق فى ظروف شابورة الصباح ، او تمييز صـوت شخص بعينه وسط ضجيج السيارات ونداءات الباعة المتجـولين ، وانتهـاء بالتعرف على الرأى الصائب فى ظل تشوش الآراء . وتوضح هـذه الامثلة وغيرها انه يمكن باستخدام « **الفئات الفائمة** » تمثيل الكيانات « **المبهمة** » ومن ثم فهى تعتبر احدى الادوات الذهنية الرئيسية للتعامل مع « **الابهام** » .

أما الصورة الثانية من صور اللاتيقن فهى « **الالتباس** » . والالتباس هو اللاتيقن الناشىء من صعوبة المفاضلة بين ما قد يكون مطروحا امام المرء من موضوعات محددة وذلك نتيجة لنقص او لغيبة الشواهد (او المعايير) اللازمة للترجيح فيما بينها ، ومن ثم حيرته امامها وعجزه عن الانتقاء . ويوضح المثال التالى واحدا من تلك المواقف « **الملتبسة** » .

القـاضى الحـائر

تتوقف ادانة شخص ما باقتراف جريمة ما عـلى كفاية الأدلة . فان توفرت الأدلة الكافية حـكمت المحـكمة بادانته ليصبح المتهم «مذنبا» ، أى أنه يصبح منتميا للفئة المحددة التى تضم المذنبين ، أى « فئة المذنبين » . أما فى حالة عدم توفر الأدلة الكافية فان المحـكمة تدرأ الحـدود بالشـبهات وتحكم ببراءته ليصبح «بريئا» يستحق عضوية الفئة المحددة

التى تضم الأبرياء ، أى « فئة الأبرياء » وبالطبع لا تمضى الأمور بهذا الشكل البسيط ، ففى أحيان كثيرة تتوفر بعض الأدلة التى لا تكفى لادانة المتهم ، ولكنها فى الوقت نفسه لا تدفع الى تبرئته • وهكذا تجد المحكمة نفسها فى حالة « لاتيقن » ، فلا هى بالقادرة على ادانته ، ولا هى فى نفس الوقت قادرة على تبرئته • أى أنها غير قادرة على الحاقه باحدى الفئتين المحددتين : «فئة المذنبين» و «فئة الأبرياء» •

وبالطبع تتعدد المواقف « الملتبسة » تعددا شديدا وتتبدى على مختلف المستويات وفى كافة المجالات . ولا تخلو حياة الانسان من هذه المواقف ... فمن منا لم يقف حائرا أمام مفترق طرق (سواء أكانت هذه الطرق حقيقية أم مجازية) لا يدرى أيها يسلك .. ؟!

ويتضح من هذه الأمثلة وغيرها أن الموضوعات قيد المفاضلة والاختيار يمكن التعبير عنها بواسطة « **الفئات المحددة** » . ففى حالة القاضى الحائر نجد هناك فئتين محددتين : « فئة المذنبين » و « فئة الأبرياء » ، وفى حالة ما اذا كنا أمام مفترق طرق حقيقى سنجد أن هناك « فئة الطرق المتجهة شمالا » و « فئة الطرق المتجهة جنوبا » و « فئة الطرق المتجهة شمال شرق » على سبيل المثال . وتتبدى « **الفيمية** » ، فى حالة الالتباس ، فى تقديراتنا لمدى دعم الشواهد المتوفرة لدينا لواحد أو أكثر من الخيارات المطروحة امامنا . ويمكن التعبير عن هذه التقديرات بواسطة أعداد تتراوح قيمها بين الصفر الذى يعبر عن غيبة الشواهد المرجحة لخيار ما غيبة تامة ، والواحد الصحيح الذى يعبر عن توفر هذه الشواهد بشكل تام . وتسمى هذه التقديرات بـ « **المقاييس الغائمة** » Fuzzy Measures ويمكن تمثيلها رمزيا بالدالة التالية :

$$\pi : P(X) \rightarrow [0, 1]$$

حيث :

$P(X)$ هى الفئة التى تضم كافة فئات الخيارات المطروحة

اى أن « المقياس الغائم » π هو الدالة التى تخصص لكل خيار من الخيارات المطروحة عددا تتراوح قيمته بين الصفر والواحد .

هذا ويمكن التمييز بين ثلاثة أنواع من أنواع الالتباس هى :

● **اللاتحديد** Nonspecifity

يرتبط هذا النوع من أنواع الالتباس بـ « **حجم** » الفئات المثلـة للخيارات المطروحة . فكلما زاد هذا الحجم زاد قدر الحيرة ومن ثم اللاتحديد . فعلى سبيل المثال تعتبر « فئة الطرق المتجهـة شمالا » التى تحتوى على طريقين فقط أكثر تحديدا من تلك التى تحتوى عـلى خمس طرق .

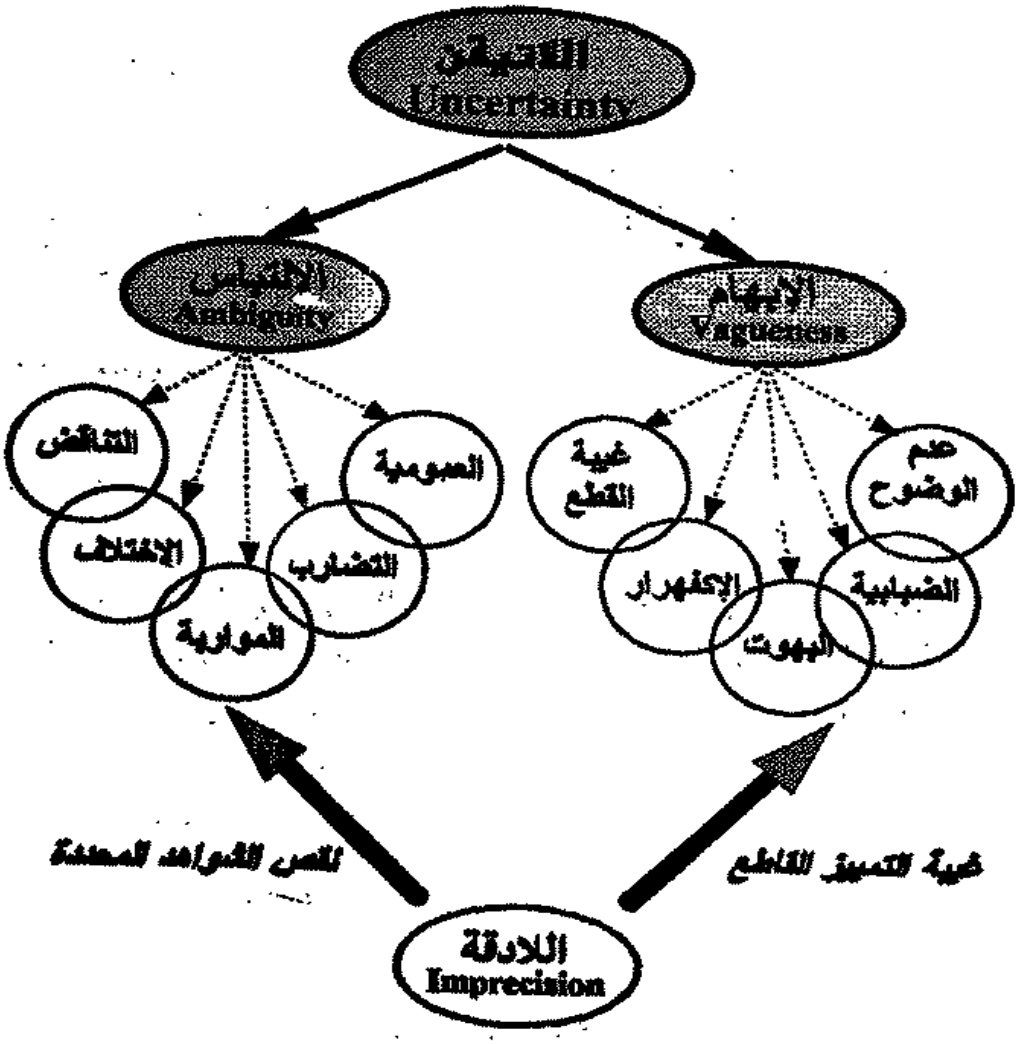
● **التضاد** Dissonance

وهو الالتباس الذى ينشأ من تساوى كفة الشواهـد التى ترجح « **خيارا ما** » مع تلك التى ترجح « **خيارا آخر** » ، كأن تتساوى تلـك التى ترجح الاتجاه شمالا مع تلك التى ترجح الاتجاه جنوبا ، أو تتساوى تلك المرجحة للاقتران بفتاة صغيرة السن مع تلك المرجحة للزواج بفتاة كبيرة السن .

● **التشوش** Confusion

وهو الالتباس الذى يرتبط بـ « **عدد** » الخيـارات التى ترجحهـا الشواهد المتوفرة ، أى بعدد الفئات التى تحتويها الفئة (X)

ومن الجدير ذكره فى هذا المجال أن مفهوم « **اللادقة** Imprecision يمكن النظر اليه من منظورين مختلفين . فـ « **اللادقة** » من منظـور « **الابهام** » تعنى نقص البيانات أو المعلومات التى تيسر التعرف على الملامح المميزة لكيان ما ومن ثم تمييزه تمييزاً قاطعا عن غيره من الكيانات. وهى من منظور « **الالتباس** » تعنى نقص الشواهد التى تمكننا من تبين نوعه ومن ثم تصنيفه والحاقه على الفئة التى تضم أفراد صنفه من الكيانات .



الشكل (٤ــ١) : جغرافيا اللايقين .

المراجـــــع

(1) عبد الرحمن بدوى ، **المنطق الصـــورى والرياضى** ، الطبعـــة الخامسة ، وكالة المطبوعات ، الكويت ، ١٩٨١ .

2. A. Getmanova, *Logic,* Progress Publishers, Moscow, 1989.
3. B. Russel, *Vagueness,* Austrial J. Philosophy, No. 1, 1023, pp. 84-92.
4. L. A. Zadeh, *Fuzzy Sets,* Information and Control, Vol. 8, pp. 338-353.
5. T. Munakata and Y. Jani, *Fuzzy Systems : An Overview, Comm.* of the ACM, Vol., 37, No. 3, 1994, pp. 69-76.
6. L. A. Zadeh, *Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Processes,* IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics, Vol. SMC- 3, No. 1, 1973, pp. 28-44.
7. G. Klir and T. Folger, *Fuzzy Sets, Uncertainty and Information,* Prentice Hall, 1988.
8. L. A. Zadeh, *Soft Computing,* Comm. of ACM, Vol. 37, No. 3, 1994, pp. 77-84.
9. L. A. Zadeh, *Fuzzy Logic,* IEEE Computer, April 1988, pp. 83-92.
10. B. Kosko and S. Isaka, *Fuzzy Logic,* Scientific American, July 1993, pp. 62-67.
11. G. J. Klir, *Is There More To Uncertainty Than Some Probability Theorists Might Have Us Believe* ?, Int. J. General Systems, Vol. 15, pp. 247-378.

اقرأ في هذه السلسلة

برتراند رسل
اعلام الاعلام والعصر الذري

ي. راس تكاياوم جابونتسكي
الالكترونيات والحياة اليومية

آلدس هكسلي
الغاية مقابل الغاية

ت. و. لوريمان
الجغرافيا في مائة عام

رايموند وليامز
الثقافة والمجتمع

ج. فوريس و ا. ج. ديكنسن هود
تاريخ العلم والتكنولوجيا
٢ ج

ايستراديل راي
الارض الغاسقة

والتر آلن
الرواية الانجليزية

لويس فارجاس
تاريخ الرقص المسرح

فرانسوا دوماس
آلهة مصر

د. لدري حنفي وآخرون
الانسان المصري على الشاشة

اوتو نوغل
القاهرة مدينة الف ليلة وليلة

هاشم النحاس
الهوية القومية في السينما

ديفيد وليام ماكدوال
مجموعات الكتب : صيانتها
تصنيفها ـ عرضها

عزيز الشوان
الموسيقى تعبير نفسي ومنطق

د. محسن جاسم الموسوي
عصر الرواية

ديلان توماس
مجموعة مقالات نقدية

جون اروين
الانسان خلف الكائن الفريد

جول ريست
الرواية الحديثة : الانجليزية
والفرنسية

د. عبد المنعم شميس
المسرح المصري المعاصر
اصله وبداياته

انور المشماوي
على محمود طه الشاعر والانسان

بيل شول وآلبنيت
القوة النفسية للانسان

د. سناء خلوصي
فن الترجمة

رالف تي ماتار
الواسطي

فكاترد بروسبير
ستاندال

فيكتور هوجو
رسائل وأحاديث من المنفى

فيرار هيزنبرج
الجزء والكل « محاورات في مضمار
الفيزياء الذرية »

مندل موك
القرآن القاطن « ماركس
والماركسيون

ف. ج. ابيلكوف
فن الادب الروائي عند تولستوي

هادي نعمان الهيتي
ادب الاطفال « فلسفته ، فنونه
وسائطه »

د. نعمة رحيم العزاوي
محمد حسن الزيات كاتبا وناقدا

د. فاضل احمد الطائي
اعلام العرب في الكيمياء

جلال المشري
فكرة المسرح

هنري باربوس
الجحيم

د. السيد عليوة
صنع القرار السياسي في
منظمات الادارة العامة

جاكوب برونوفسكي
الطفرة الحضارية للانسان

د. وجود ستروجان
هل تستطيع تعليم الاخلاق
للاطفال ؟

كاتي لير
تربية الدواجن

ف. سبنسر
الوانى وعالمهم في مصر
القديمة

د. ناهوم بيترونيتش
الحمل والطب

جوزيف داهموس
صبح معارك فاصلة في العصور
الوسطى

د. ليونارد تشامبرزلايت
سياسة الولايات المتحدة
الامريكية ازاء مصر

د. جون شستنر
كيف تعيش ٣٦٥ يوماً في
السنة

بيير البير
الصحافة

د. غبريال وهبة
ر الكوميديا الالهية لدانتي
في الفن التشكيلي

د. رمسيس عوض
الادب الروسي قبل الثورة
البلشفية وبعدها

د. محمد نعمان جلال
حركة عدم الانحياز في عالم
متغير

مرانكلين ل. باومر
الفكر الاوربي الحديث ٤ ج

شوكت الربيعي
الفن التشكيلي المعاصر في
الوطن العربي

د. محي الدين احمد حسين
التنشئة الاسرية والابناء الصغار

ج. دانيل التدرو
نظريات الفيلم الكبرى

جورزيف كونراد
مختارات من الادب القصصي

د. جوهان دوريشنر
حياة في الكون كيف نشأت
واين توجد

نخبة من العلماء الامريكيين
مبادرة الدفاع الاستراتيجي
حرب الفضاء

د. السيد عليوة
ادارة المشروعات الدولية

د. مصطفى عشائي
الميكروكمبيوتر

مجموعة من الكتاب اليابانيين القدماء
والمحدثين
مختارات من الادب الياباني
الشعر ـ الدراما ـ الحكاية ـ
القصة القصيرة »

جابرييل باير
تاريخ ملكية الأراضي في مصر
الحديثة

انطوني دي كرسبني وكينيث مينوج
أعلام الفلسفة السياسية
المعاصرة

دوايت سوين
كتابة السيناريو للسينما

زانياسكي ف. س
الزمن والياسه (من جزء من
البليون جزء من الثانية وحتى
مليارات السنين)

مهندس ابراهيم القرضاوي
أجهزة تكييف الهواء

بيتر رداي
الخدمة الاجتماعية والانضباط
الاجتماعي

جورزيف داهموس
سبعة مؤرخين في العصور
الوسطى

س. م. بورا
التجربة الرومانية

د. عاصم محمد رزق
مراكز الصناعة في مصر
الإسلامية

رونالد د. سميسون ونورمان د.
انديرسون
العلم والطلاب والمدارس

د. انور عبد الملك
الشارع المصري والفكر

ولت وليمان روستو
حوار حول التنمية الاقتصادية

فرد ف. س. هيس
تبسيط الكيمياء

جون لويس بوركهارت
العادات والتقاليد المصرية
من الأمثال الشعبية في عهد
محمد علي

الان كاسبيار
الذوق السينمائي

سامي عبد الحي
التخطيط السياحي في مصر
بين النظرية والتطبيق

فريد هويل وشاندرا ويكرامنا سينج
البذور الكونية

حسين حلمي المهندس
فن الاخراج (بين النظرية
والتطبيق) للسينما والتليفزيون
٢ ج

روى دوبرفسون
الهيبيون والايدز والمرهما في
المجتمع

دور كاس ماكيبتوك
صور افريقية ، نظرة على
حيوانات افريقيا

هاشم النحاس
نجيب محفوظ على الشاشة
د. محمود سري علم

الكومبيوتر في مجالات الحياة

بيتر لوري
المخدرات حقائق نفسية

بوريس فيدوروفيتش سيرجييف
وظائف الاعضاء في الانف
البلعوم

ويليام بينز
الهندسة الوراثية للجميع

ديفيد اندرتون
تربية اسماك الزينة

احمد محمد الشنواني
كتاب غيرت الفكر الانساني

جون د. بورد وميلتون جولدينجر
الفلسفة وقضايا العصر ٣ ج

ارنولد توينبي
الفكر التاريخي عند الاغريق

د. صالح رضا
ملامح وقضايا في الفن
التشكيلي المعاصر

م. د. كنج وآخرون
الثقافة في البلدان الاسلامية

جورج جامو
بداية بلا نهاية

د. السيد عبد السيد ابو سديره
الحرف والصناعات في مصر
الإسلامية منذ الفتح العربي
حتى نهاية العصر الفاطمي

جاليليو جاليليه
حوار حول النظامين الرئيسيين
للكون ٣ ج

اريك موريس والان مو
الارهاب

سيرل اندريد
الخنافس

ارثر كيستلر
القبيلة الثالثة عشرة ويهود
اليوم

ب. كرملان
الاساطير الافريقية والرومانية

د. توماس ا. هاريس
التوافق النفسي ـ تحليل
المعاملات الانسانية

لجنة الترجمة ،
المجلس الأعلى للثقافة
الدليل البيليوجرافي
روائع الآداب العالمية ج ١

روى آرمز
لغة الصورة في السينما المعاصرة

ناجاي متشير
الثورة الاصلاحية في اليابان

بول هاريسون
العالم الثالث غدا

ميكائيل البي وجيمس الفرد
الاقراص الكبير

آدامز فيليب
دليل تنظيم المتاحف

فيكتور مورجان
تاريخ النقود

محمد كمال اسماعيل
التحليل والتوزيع الاوركسترالي

ابو القاسم الفردوسي
الشاهنامة ٢ ج

بيرتون بورتر
الحياة الكريمة ٢ ج

جاك كرابس جونيور
كتابة التاريخ في مصر القرن
التاسع عشر

محمد فؤاد كوبريلي
قيام الدولة العثمانية

ترنس بار
التمثيل للسينما والتليفزيون

تاجور شين بن تاج وآخرون
مختارات من الآداب الآسيوية

ناصر خسرو علوي
سفرنامة

نادين جورديمر وجريس اوجود
وآخرون
سقوط المطر والقصص اخرى

احمد محمد الشنواني
كتاب غيرت الفكر الانساني
٧ ج

جان لويس بوري وآخرون
في الفلم السينمائي الفرنسي

العثمانيون في اوربا
بول كولز

هوميروس بيت براير
صناع الشاعر

زوجموند هيز
جماليات فن الاخراج

جوناثان ريلي سميث
الحملة الصليبية الاولى وفكرة الحروب الصليبية

الفريد ج. بتلر
الكنائس القبطية القديمة
مصر ٢ ج

ريتشارد شاخت
رواد الفلسفة الحديثة

تراتيم ترانشت
من كتاب الاستا المقدس

الحاج بوتس المصري
رحلات فارتيما

موريرت ليفر
الاتصال والهيمنة الثقافية

برتراند راسل
السلطة والفرد

بيتر نيكولاز
السينما الفيتالية

ادوارد مورى
النقد السيكولوجي الادبي

نقولاي اوبس
مصر الرومانية

سيمون اورمنت
الكاثوليك من شتى جوانبه ٣ج

مونى براج وآخرون
السينما العربية من المشرق الى المحيط

هانس بكار
قوم يصنعون البشر

طاهر محمد الجزار
ماستريخت

ابرار كريم الله
من هم التتار

ج. س. اريزر
الكتاب المقدس وعالم ٢ ج

سوريال عبد الملك
حديث الغول
من روائع الآداب الشعبية

اوريك نورد
مدخل الى علم اللغة

اسعد عليموف
القاموس المقصر
اسرار السوبر فوقا

مارجريت زور
ما بعد الحداثة

د. ايلاريه دوفريج
الازهر في الف عام

ستيفن رانسيمان
الحملات الصليبية

د. ج. وايز
معالم تاريخ الانسانية
٤ ج

جوستاف لوبون بيانوم
حضارة الاسلام

د. عبد الرحمن عبد الله الشيخ
رحلة بيرتون الى مصر والحجاز
٣ ج

جلال عبد الفتاح
الكون ذلك المجهول

ارنولد جزل وآخرون
الطفل من الخامسة الى العاشرة
٢ ج

بادى اونيمود
اوروبا - الطريق الاخير

د. محمد زينهم
فن الزجاج

برونسلاو مالينوفسكي
السحر والعلم والدين

ادم متز
الحضارة الاسلامية

فلكس بكارد
قوم يصنعون البشر

عبد الرحمن عبد الله الشيخ
وعيات رحلة فاسكو داجاما

ايفرى شليرمين
كوننا المتمدد

سوميارد
الفلسفة الجوهرية

مارتن مان كريفلد
حرب المستقبل

فرانسيس ج. بريجيه
الاعلام التطبيقي

عبده مباشر
شهوة المصرية من مجيد على السادات

ج. كارليل
قيسية الشاعر الهندسية

توماس ليبهارت
فن المايم والباتومايم

ادوارد دوبونو
التفكير المتعمد

وليام د. مالتيور
ما هي البيولوجيا

كريستيان سالميه
السيناريو في السينما الفرنسية

بول وارن
خفايا نظام الحكم الامريكي

جورج ستاينر
بين الوانسنوى ودوستويفسكي
٢ ج

باتكو لارين
الروماتيكية والواقعية

محمود سامي عطا الله
الفيلم التسجيلي

جوزيف بتس
رحلة جوزيف بتس

ستانلي جيه سوارمون
انواع الفيلم الامريكي

مارى ب. لاش
الحسن والبيض والسود

جوزيف م. بوجل
فن الفرجة على الافلام

كريستيان ديروش نوبلكور
الراة الفرعونية

جوزيف نيدهام
موجز تاريخ العلم والحضارة في الصين

ليوناردو دافنشي
نظرية التصوير

ت. ج. د. جيمز
كلوز القراءة

رينولف فون هابسبورج
رحلة الامير رينولف الى الشرق
٣ ج

مالكوم برادبرى
الرواية اليوم

وليم مارسدن
رحلة ماركو بولو ٣ ج

هنرى بيرين
تاريخ اوروبا في العصور الوسطى

ريفيد شايدر
نظرية الادب المعاصر وقراءة الشعر

اسعد عليموف
العلم وآفاق المستقبل

رونالد دافيد لانج
الحكمة والجنون والحماقة

كارل بوبر
بحثا عن عالم افضل

نورمان كلارك
الاقتصاد السياسي للعلم والتكنولوجيا

السيد نصر الدين السيد
اضاءات على الزمن الآتي

ممدوح عطية
البرنامج النووي الاسرائيلي
والأمن القومي العربي)

ب. ليبوسكالبا
الدب

ايمور ايفانس
معجم تاريخ الأدب الانجليزي

هربرت ريد
التربية عن طريق الفن

وليام بينز
معجم التكنولوجيا الحيوية

الين توفلر
تحول السلطة ٢ م

يوسف شرارة
مشكلات القرن الحادي والعشرين
والعلاقات الدولية

رولاند جاكسون
الكيمياء في خدمة الانسان

ت. ج. جيمر
الحياة أيام الفراعنة

جرج كاشمان
هذا الشعب الحروب ٢ م

حسام الدين زكريا
الفلون بروكنر

ازرا ف. فوجل
المعجزة اليابانية

وافرد هولز
كانت ملكة على مصر

جيمس هنري برستد
تاريخ مصر

بول دانيل
الحقائق الثلاث الأخيرة

جوزيف وهاري ليدمان
ديناميكية الفيام

ج. كرنتر
الحضارة الفينيقية

ارنست كاسيرر
في المعرفة التاريخية

كنت ا. كدمن
وسيسي الثاني

جان بول سارتر وآخرون
مقالات من المسرح العالمي

روزالند . وجناك ياتسن
الظل المسرى القديم

نيكولاس مايير
شرايك هولز
ميجيل دى ليبس
الفارس

جوسيبي دى لورنا
موسوليني

الويز جرانيار
مونتسارت

على عبد الرءوف البدري
مئة باقة من الشعر الصيني

روبرت سكولز وآخرون
آفاق أدب الخيال العلمي

ب. س. ديفيز
المفهوم الحديث للمكان والزمان

س. هوارد
اشهر الرحلات الى شرق افريقيا

و. بارتراند
تاريخ التراك في آسيا الوسطى

فلاديمير تيماتيسانو
تاريخ أوربا الشرقية

جابرييل جابارسيا ماركيز
الجنرال في المتاهة

هنري برجسون
الضحك

م. مصطفى محمود سليمان
الزلازل

م. و. ثرنج
ضمير المهندس

ا. د. جوانى
الحيتان

ستيفن موسكاتي
الحضارات السامية

د. البرت حوراني
تاريخ الشعوب العربية

محمود السمرة
الكتاب العربي المكتوب بالفرنسية

مطابع الهيئة المصرية العامة للكتاب

رقم الايداع بدار الكتب ١٩٩٧/٨٣٥٧

ISBN — 977 — 01 — 5367 — 2

قبل أكثر من ألفي عام، وضع الفيلسوف اليوناني أرسطو أسس المنطق التقليدي الذي سيطر بقواعده وقوانينه على الفكر الإنساني على مدار العصور التالية، رغم التغيرات الفكرية والحضارية التي أعادت تشكيل العالم.

ولكن هذا المنطق، رغم قيمته الهائلة، لم يتناسب مع العصر الحديث الذي بات بحاجة إلى منطق جديد لا ينهض على ثنائية الخطأ والصواب الصارمة التي تشكل لب المنطق الأرسطي، بل يقترب من واقع الإنسان الذي ينتفي فيه هذا المطلق ولا يخلو أمر من أموره من امتزاج الخطأ والصواب بدرجة أو بأخرى، ومن هنا جاء اسم

هذا الكتاب "الحقيقة الرمادية" ليعبر عن تعدد درجات الحقيقة بدلاً من مفهوم الأبيض والأسود أو الخطأ والصواب. ومن هنا تأتي أهمية هذا العمل الذي يعرض لذلك المنطق الثوري الحديث الذي سوف يشكل فكر الإنسان في العصر القادم وحضارته المقبلة.

تصميم الغلاف: محسنة عطية

مطابع الهيئة المصرية العامة للكتاب

To: www.al-mostafa.com