

# المنطق والذكاء الصناعي

*Hassan Elbahi*

(Université Ibn Tofail, Maroc)

## Résumé

Si on admet que l'intelligence artificielle cherche à reproduire tout raisonnement intelligent, alors la question essentielle reste : dans quelle mesure pouvons-nous créer une machine dite intelligente? En tentant de répondre à cette question, nous avons commencé par décrire ce que l'on sait sur la manière dont le cerveau exploite les informations. Cette idée a été prise par Alan Turing en se demandant: une machine peut-elle duper un humain quant à son identité de machine ? Pour répondre, il a inventé un test dont le résultat pourrait être exploité pour déterminer que l'ordinateur ne mérite d'être appelé intelligent que si il pouvait tromper un homme en lui faisant croire que c'était un homme. L'idée générale est que les machines doivent être capables de modifier leur comportement afin de trouver des solutions à des problèmes d'une manière plus humaine. Cette idée a été la partie essentielle de la pensée de Turing sur l'intelligence des machines. Mais on s'aperçoit que pour atteindre ce but nous avons besoin d'une logique capable de traiter des connaissances (de bon sens), et d'agir en dépit de l'information vague, partielle et incertaine. Dans ce contexte on évoque des systèmes tels que la logique des probabilités et la logique non-monotone, et surtout la logique floue que nous avons pris comme exemple. Tout commence quand Lotfi Zadeh constate que la plupart de nos informations sont ambiguës, et que la plupart de nos activités sont fondées, non pas sur des certitudes absolues, mais sur une probable intuition. Son idée est d'apprendre ce type de raisonnement à une machine, et il est encouragé par les travaux effectués sur l'Intelligence Artificielle, notamment dans le domaine des systèmes experts. Il s'agit alors de créer un "moteur d'inférence", c'est-à-dire la partie logique d'un système expert, obéissant à des règles capables de s'adapter à l'incertitude des connaissances.

Au lieu d'être réduite à deux valeurs, le vrai et le faux, le nombre de valeurs de vérité devient potentiellement infini. Chaque donnée reçoit un coefficient de vraisemblance qui peut prendre n'importe quelle valeur entre 0 et 1. La logique floue permet à des informations ambiguës d'être transformées en des valeurs numériques. Là où l'ordinateur classique, qui repose sur une logique binaire ne peut traiter que des données spécifiques et précises, la logique floue permet de traiter des données comme "plus chaud", "assez fort", etc.

### **Abstract**

If we admit that the artificial intelligence tends to provide with any kind of intelligent reasoning, then the important question remains: how we can create a machine qualified as intelligent? In trying to answer to this question, we'll start by describing what we know about the way in which the brain is exploiting the informations. This idea was followed by Alan Turing when he asked this question: could a machine deceive a man concerning its identity as a machine? To answer to this question, he invented a test the result of which would determine that the computer doesn't deserve to be called intelligent only if it could deceive a man in making him believe that he is a man. The general idea is that the machines must be able to change their behavior in order to find solutions to some problems in a way more than human. This idea was the essential part of Turing's thought on the machine's intelligence. But we'll observe that, in order to reach this purpose, we are in need of a logic which is able to inspect knowledge of common sense, and to act despite the fact that the information is vague, partial and uncertain. In this context, we'll evoke some systems such as the Logic of probabilities, Non-monotonic logic, and above all, the vague logic which we'll take as example. The starting point is with Lotfi Zadeh when he noticed that most of our informations are ambiguous, and that most of our activities are based on a probable intuition and not on absolute certainties. His idea was to teach to a machine this kind of reasoning, and he was helped by the works done in the field of artificial intelligence, in particular in the domains of expert systems. It is a question of creating a kind of "inferential motor", that is the logical part of an expert system, obeying to rules which are able to adapt with the uncertain character of knowledge. Instead of being reduced to two values, the true and the false, the number of truth values becomes potentially infinite. Every datum gets a likely coefficient that can take any values between 0 and 1. The vague logic allows that some ambiguous informations can be transformed as digital values. Where the

standard computer, because it is based on a bivalent logic, could inspect only specific and precise data, the vague logic allows to study data like "more hot", "enough strong", and so on.

نعاين منذ عقود تطورات سريعة سواء على المستوى المعرفي و التقني أفضت إلى انعكاسات على حياة الفرد والجماعة، بل إلى تغيير نظرنا للكائن الحي ولنظومة الحياة. هذا الوضع جعل بعض الدارسين يقرون بأن التطورات الحالية توحى بأن آلات القرن الواحد والعشرين ستكون قادرة على محاكاة مختلف الأنشطة الذهنية عند الإنسان، بل ذهب بعضهم إلى توقع أن تكون أكثر ذكاء من الإنسان. فسيكون الذكاء الصناعي حاضرا بقوة في حياتنا اليومية من خلال العديد من الأدوات والآلات التي ستحيط بنا في حياتنا الخاصة والعامية. هذه الأشياء الذكية التي يُفترض منها أن تساعدنا، أو أن تقوم مقامنا في أداء مجموعة من الوظائف من شأنها إحداث تغييرات جذرية في طبيعة العلاقة بين بني البشر، وبين الإنسان والآلة. فالذكاء الصناعي يعدنا بآلات لن تكون مجرد منفذة لأوامر الإنسان بشكل آلي، بل متعاونة معه، ومكملة له في العديد من الأنشطة التي يقوم بها، بل قد تتجاوزه أحيانا في دقة الأداء. وهو ما يبدو واضحا بعد أن تم تطوير جيل جديد من تطبيقات تقنيات النانو (Nano Technology) التي تتوفر على قدر كبير من المرونة، وقادرة على التكيف مع المحيط، والاستجابة للمستجدات. الأمر الذي يجعلنا نتوقع أن تترك مجتمعات المستقبل معظم أنشطتها للآلات الذكية. فكل شيء في حياتنا الخاصة والمهنية سيكون مبرمجا بذكاء، ليُختزل عمل الإنسان إلى مجرد المراقبة والانتظار. و بالجملة، يبدو أن المجتمعات الحالية تسير نحو جعل حياتنا اليومية متوقفة في جزء كبير منها على الآلة الذكية. فنحن اليوم نتحدث عن حواسب ذكية وشاشات ذكية وصواريخ ذكية وقذائف ذكية وسيارات ذكية وأبنية ذكية ومدن ذكية، إلخ. وعلى نفس المنوال نجد أنفسنا أمام مفاهيم وتعابير من قبيل الثقافة المقاولتية والثقافة الالكترونية والأدمغة الالكترونية والنقود الالكترونية، إلخ. كما يُنتظر أن يحل البرلمان الالكتروني محل البرلمان في شكله الحالي، ل يتم تعويض التمثيلية

البرلمانية (النيابية) بديمقراطية الكترونية مباشرة، و تعويض الشكل الحالي للحكومة بما يسمى بحكومة الكترونية. وهو ما يفسر وضعنا الحالي الذي لا نكاد ننتهي فيه من التعامل مع آلة حتى نمر لأخرى. الأمر الذي أفضى ببعض الدارسين إلى الجزم بأن التطور التقني سيوسع من مجال العقل الصناعي بشكل لن يجعله ذكيا فقط، بل يفوق الذكاء الطبيعي. ودليلهم على ذلك أن النظم المعلوماتية لم تعد محصورة في تنفيذ مهام يحددها الإنسان سلفا، بل أصبحت تتمتع بنوع من المرونة والاستقلالية التي توفر لها القدرة على أخذ زمام المبادرة في حل المشاكل و اتخاذ القرار.

وفق ما سلف تبين أنه لم نعد بحاجة إلى اتباع الأساليب القديمة القائمة على إعادة الاختبار وتكرار التجربة، بل أصبحنا نتحدث عن التجربة النظرية وعن العوالم الافتراضية. فقد وفرت تقنية المعلومات آليات جديدة تسمح بإجراء التجارب واكتساب الخبرات باعتماد تقنية المحاكاة عبر العوالم الافتراضية. وهو ما شجع الباحثين على التوسع في هندسة المعارف وبناء نظم ذكية وبرمجيات من شأنها أن تجعل الآلة قادرة على التصرف في وضع غامض؛ حالها في ذلك كحال الإنسان. وضمن نفس المنظور تم بناء برمجيات تسمح للحاسوب من تجاوز مجرد الوظيفة الحوسبية إلى وظائف ذهنية مبنية على الفهم والإفهام. هذا التطور في التطبيقات المعلوماتية رافقته تعديلات جوهرية في سبل التفاعل بين الإنسان والآلة. فقد تم تعويض الصيغ القديمة للتواصل بجوارات تفاعلية. وتعدى الأمر ذلك إلى وضع أصبح فيه بإمكان الآلة فهم بعض الأوامر والطلبات المصاغة بشكل غير واضح ودقيق، وأن تتبين المعلومات الغامضة. بالتالي، أصبح بإمكانها الاستجابة للحالات التي لا يستطيع فيها المستعمل إظهار طلبه بشكل مضبوط، أو تلك التي تكون فيها المهمة غير محددة بشكل دقيق.

## 1-العلوم المعرفية ونماذج التفكير

عمدت مختلف المباحث التي تنتمي للعلوم الطبيعية والإنسانية التي اجتمعت تحت اسم العلوم المعرفية إلى إعادة النظر في مختلف العمليات الذهنية التي تنتقل بنا من التمثل إلى الفعل. ولم يقتصر البحث على الكائنات الطبيعية، بل شمل كذلك ما هو صناعي بالبحث في الكيفية التي يمكن بها للحاسوب أن يحاكي مختلف الوظائف التي يقوم بها العقل الطبيعي. وبناء عليه، اتخذت العلوم المعرفية مختلف الأنشطة الذهنية مجالاً لبحثها الأساسي. فهي تسعى مثل العلوم الإنسانية إلى دراسة مسلسلات التفكير والتمثلات الذهنية؛ كما تطمح كما هو حال العلوم الطبيعية إلى تقديم تفسيرات للعديد من الظواهر العقلية بالبحث في تركيبة المخ. وبناء عليه، يمكن تعريف العلوم المعرفية على أنه حقل متعدد التخصصات يسعى إلى فهم آليات التفكير الطبيعي والصناعي؛ وبصفة عامة كل نسق معرفي قادر على تعلم وحفظ واسترجاع المعارف. وهو ما جعل العديد من الأبحاث التي تزامنت مع ظهور الذكاء الصناعي تنطلق من فرضية مفادها وجود تماثل بين المخ والحاسوب (بالرغم من تسليها بأنها تعتمد على إجراءات مختلفة)، مدعية أن العقل بمثابة آلة تقوم بمعالجة رمزية للمعلومة، أي أن العقل ليس سوى مجرد برنامج. وقد دعمت موقفها بالنتائج التي عبر عنها ألان ترينغ حين تساءل عن إمكان بناء آلة ذكية. حيث شكلت النتائج التي توصل إليها منطلقاً للعديد من المقاربات التي سعت إلى الكشف عن مقومات وتجليات الذكاء، بشقبة الطبيعي والصناعي. فقد انصب الاهتمام منذ البداية على دراسة خصائص العقل البشري فيما يتعلق بالكيفية التي يقوم بها الفرد بتوزيع قدراته المعرفية وهو يواجه مشكلاً ما، أو يسعى إلى اتخاذ قرار ما. كما شكل البحث في مختلف الوظائف الذهنية المتمثلة في الإدراك والفهم والتمثل والاستدلال والتخزين والتذكر والتعلم، وغيرها، قضايا أساسية بالنسبة للعلوم المعرفية عامة، والذكاء الصناعي خاصة. وفي هذا الإطار شكل الحاسوب أداة أساسية لمحاكاة أهم الخصائص التي بنت عليها العلوم المعرفية موضوعاتها. حيث تم النظر إلى المخ على أنه

حاسوب طبيعي، وإلى الحاسوب على أنه مخ إلكتروني. وهكذا شاع استخدام مصطلح الحاسوب في تعريف قدرات المخ، من قبيل سرعته في التعامل مع المعطيات والأوامر وقوة الذكاء وسعة الذاكرة، إلخ. أما الاستعارة المتعلقة بالنظر إلى الحاسوب على أنه مخ إلكتروني فقد ترددت على المستوى التقني، خاصة عندما سعى مهندسو الذكاء الصناعي إلى بناء معمارية الحاسوب على غرار بنية المخ البشري. وبهذه الطريقة تم الربط بين ما هو طبيعي وما هو صناعي. الأمر الذي جعل العديد من الدارسين يؤكدون على أن دراسة الوظائف المعرفية لن يتحقق دون الكشف عن تفاصيل تركيبة المخ. ولم تتوقف العلوم المعرفية عند هذا الحد، بل تجاوزت الاهتمام بالقدرات المعرفية عند الإنسان لتهم بالكيفية التي يمكن بواسطتها جعل الآلات تكتسب هذه الوظائف. لهذا ركزت على دراسة مختلف الوظائف المعرفية و البنيات الوظيفية للمخ. ولأن المخ يعد السند الأساسي لمعارفنا وتمثلاتنا الذهنية، فقد سعت إلى دراسة مختلف الأنشطة الذهنية بالبحث عن الكيفية التي يتمثل بها الإنسان المعارف، والسبل التي يتبعها وهو يربط بين معلومات ووقائع ترد عليه تباعا أو متفرقة. ومادام العقل نظاما من المعارف، فقد حُدد الهدف في الكشف عن طبيعة الفكر وتركيبه المخ، بهدف تزويد الحاسوب بآليات قادرة على جعله يحاكي مختلف الأنشطة الذهنية عند الكائن الطبيعي. من هذا المنطلق ادعت بعض المقاربات أن العقل يتوفر على تمثلات ذهنية تشبه بنية البرمجة المعلوماتية والإجراءات الحاسوبية القائمة على خوارزميات. ومتى كان الأمر كذلك، فما تبقى هو تحديد مقومات العقل الطبيعي قصد وضع برمجيات قادرة على محاكاته صناعيا.

يستفاد مما قيل أن ظهور الذكاء الصناعي أدى إلى طرح أسئلة تتعلق بتحديد مفهوم الذكاء والسلوك الذكي. ومن ثم، رُسم الهدف في صنع آلة تفكر وتسلك كما يفعل الإنسان. وللجزم بأن الآلة تفكر، يجب أولا تعريف الذكاء، وتحديد السلوك الذكي وتجلياته. على هذا، عرف الذكاء الصناعي على أنه دراسة التصورات التي تسمح بجعل الآلة ذكية، أو بتعبير مرفين

منسكي علم برمجة الحاسوب لينجز مهامًا تتطلب ذكاءً عندما تنجز من قبل الإنسان. وهو كذلك قدرة الآلة على أن تتعامل مع المعلومة بشكل شبيه بما يقوم به الإنسان. وفي هذا المقام عرفه فليب دريفيوس بأنه علم وتقنيات معالجة آليّة للخبر، أو هو وسيلة لتمثل وعقد المعارف حتى تتمكن الآلة من استخدامها. إنه العلم الذي يستهدف جعل الآلة تقوم بمهام يقوم بها الإنسان باستخدام ذكائه، أو كما قال آخرون إنه فرع من المعلومات الذي يهتم بجعل السلوك الذكي آلياً. فمهمته تتحدد في السعي إلى تمثل المعرفة الإنسانية وصورته الاستدلالات بشكل يجعلنا نحصل على خوارزميات تحاكي سبل التفكير والاستدلال عند الإنسان. وبالجملة، اعتبر الذكاء الصناعي محاولة لاستنساخ فكر وسلوك الإنسان ومحاكاتها صناعياً. وقد استثمرت هذه التعريفات على المستوى النظري بدراسة مختلف الأنشطة التي توصف بالذكية، وكذلك على المستوى التطبيقي ببناء برمجيات قادرة على إعادة إنتاج الأنشطة الذكية. والهدفان مرتبطان في الوقت الذي تسمح فيه معرفة جيدة بآليات الذكاء الصناعي باعتماد النظم الآلية لفهم الذكاء الإنساني. وبذلك انتقلنا من مرحلة المعالجة الحاسوبية والرمزية إلى محاكاة الظواهر الذهنية والمقومات العقلية. ومع ذلك، لم يتوقف الاهتمام عند عتبة محاكاة الأنشطة الذهنية عند الإنسان، بل سعى دارسون إلى وضع العقل الإنساني في الحاسوب، وذلك عندما طرحوا سؤالاً يتعلق بمدى قدرة الآلة على أداء نفس المهام التي يقوم بها الإنسان، أي تلك الوظائف التي بقيت إلى حد الآن حكراً على الإنسان. وقد أعطت النتائج التي حصلتها تجربة ترينغ الانطلاقة لتساؤلات همت مفهوم الذكاء ووظائفه على المستوى الطبيعي والصناعي. بالتالي، تركزت الأبحاث على تحديد أفق يمكن بموجبه القول بأن الآلة تفكر، وأن لها ذكاء. وقد دفعت النتائج التي تم تحصيلها على مستوى علم النفس وعلوم الأحياء وعلوم الأعصاب بمهندسي الذكاء الصناعي إلى تصور آلة قادرة على أداء نفس الوظائف التي يقوم بها الإنسان. لقد حددت الغاية في الكشف عن مقومات الذكاء حتى تتمكن من بناء آلة قادرة على إعادة إنتاج ذكاء الإنسان. ولتحقيق هذا الغرض يكفي تزويدها ببرمجيات قادرة على محاكاة الذكاء الطبيعي. لهذا حددوا هدفهم منذ البداية في

وضع معمارية لآلة قادرة على القيام بوظائف تعتبر ذكية. وهو ما اختصره بعضهم في القول بأن الهدف هو جعل الحاسوب قادرا على اجتياز رائر ترينغ. هكذا بدأ مهندسو الذكاء الصناعي أبحاثهم بتحديد هدفهم في صنع آلة تفكر وتتصرف بذكاء. ولتحقيق ذلك لا بد من برمجتها بشكل يجعلها قادرة على محاكاة السبل التي يتصرف بها الإنسان في مختلف مناحي حياته، سواء على مستوى التفكير أو السلوك، بمعنى تصور نظم معلوماتية ذكية قادرة على جعل التفكير والسلوك آليين.

## 2- المنطق والذكاء الصناعي

بدأ الارتباط الفعلي بين المنطق والذكاء الصناعي عندما سعى الباحثون في هذا الحقل الأخير إلى إعادة إنتاج سبل التفكير والتدليل عند الإنسان على مستوى الذكاء الصناعي. حيث تم الاعتقاد بأنه لا يمكن عزل الصورة عن الذكاء الصناعي، بل عن التفكير ككل. الأمر الذي يبرز الدور الذي لعبه المنطق الرياضي في ظهور المعلومات؛ خاصة بعد أن تم تصميم الدوائر الالكترونية الرقمية، وتزويد الحواسيب بثنائية جورج بول، وتوجهت البرمجيات نحو الصورة، وغير ذلك. وقد ساهم ترينغ إلى جانب آخرين مثل فون نيومان على تصور الحواسيب في شكلها الأول من خلال مساهمته في النقاش الذي دار حول إمكانية صنع آلة ذكية. بالتالي، كانت آله أول توضيح لإمكان تصميم آلة يمكن برمجتها للقيام بوظائف ذكية. وبعد أن حدد ترينغ طموحه في بناء آلة ذكية، احتاج إلى اختبار يسمح له بتحديد ما إذا كانت هذه الآلة ذكية. وقد توصل إلى ذلك بوضع اختبارا سمي "رايز ترينغ"، الذي ورد في صور مختلفة مع الاحتفاظ بالفكرة الأساسية التي تكمن في التحقق مما إذا كان بإمكان الآلة أن تقوم بوظيفتها بشكل لا يستطيع معه أي خبير التمييز بين أداؤها وأداء الإنسان. ومن ثم، نقول عن الآلة بأنها ذكية، إذا بالتواصل معها عن بعد وبواسطة الكتابة، لا يمكن لمستخدم أن يخمن ما إذا كان الأمر يتعلق بإنسان أم لا. وبذلك يكون ترينغ قد حدد الشروط الكفيلة بوصف آلة ما بأنها ذكية. وعليه، يمكن القول بأن ترينغ حقق



أهداف العديد من المهتمين (مجال السبرنتيقا خاصة) حتى قبل اختراع الحاسوب. حيث كانوا مقتنعين بإمكان صنع آلة قادرة على الفهم والتصرف بذكاء. ومن ثم، لم يترددوا حين صنعت الحواسيب الأولى في سعيهم إلى برمجتها لتقوم بوظائف كانت إلى حد الآن حكرا على بني البشر، مثل التعلم والتعرف على الأشكال والمعالجة الآلية للغة و تدبير المعطيات واتخاذ القرار، إلخ. وعليه، تطورت الأبحاث النظرية والتطبيقية التي رمت إلى جعل الحاسوب يحاكي مختلف الأنشطة الذهنية، بشكل جعل بعض المشتغلين بهذا المجال يزعمون أنهم بصدد تقديم حل لمشكل العقل. وقد استعان مهندسو الذكاء الصناعي بالنتائج التي عبر عنها باحثون مثل ترينغ وفون نيومان وغيرهما، لتصميم آلة قادرة على محاكاة عقل الإنسان؛ ولتصبح أقوى نظرية في العقل هي التي تقول بأن العقل حاسوب رقمي، أو آلة ترينغ الكلية. فإمكان آلة من هذا النوع أن تخدع أي فاحص لها. فكل ما نحتاج إليه لفهم الأنشطة الذهنية عند الإنسان هو اكتشاف تلك البرمجيات التي ينفذها الإنسان عندما يستعمل قدراته العقلية. ومن ثم، يمكن القول بأن اختبار ترينغ فتح الباب أمام سؤال أساسي يتمثل في ما إذا كان بإمكان الحاسوب أن يفكر و يفهم كما هو حال الإنسان. فمتى تحقق ذلك أمكن الجزم بذكاء الآلة. وعليه، إذا كان معارضو الذكاء الصناعي قد جزموا باستحالة تحقيق هذا الهدف، فإن المدافعون عنه سيخالفونهم الرأي، بالدفاع عن فكرة آلة قادرة على أداء نفس الوظائف التي يقوم بها العقل الطبيعي. وقد دفعت التطورات التي شهدتها مجال الذكاء الصناعي وميادين أخرى مثل علوم الأعصاب وعلم النفس وعلم الأحياء وفلسفة العقل إلى الدفع ببعض الدارسين إلى اعتبار المخ حاسوبا، والعقل برنامجا أو مجموعة من البرامج. كما اعتبروا الحالات العقلية مجرد حالات حسابية في المخ، وهي قابلة للتحقق من خلال أجهزة آلية مادية. وبالجملة، أكدوا على إمكان جعل العقل الصناعي يقوم بنفس الوظائف التي يقوم بها العقل الطبيعي.

لكن بموازاة النتائج التي بدأ الذكاء الصناعي يحققها على المستوى العسكري والمدني، تبين أن هناك صعوبات فيما يتعلق بمحاكاة سبل التفكير والاستدلال التي ينجحها الإنسان في حياته اليومية. بمعنى أن الصعوبة الأساسية تكمن في صورة الحس المشترك. وهو ما ركزت عليه العديد من الانتقادات التي وجهت للمدافعين عن الذكاء الصناعي حين زعمت أن مآل كل المحاولات الرامية إلى وضع مخ الإنسان في الآلة هو الفشل. فقد أوضحوا أنه إذا كان الحاسوب يعمل بصورة قطعية؛ حيث كل مدخل يؤدي إلى مخرج، فإن ميزة العقل البشري هو تجاوز القطعية الصارمة التي تقترحها الأنساق الصورية. وفي هذا المقام سعى العديد من المناطق إلى محاولة رفع الصعوبات التي تعترض الذكاء الصناعي في هذا المجال باقتراح أنساق منطقية قادرة على الاستجابة لمثل هذه الأنماط من التفكير والاستدلال. وكانت النتيجة ظهور دراسات تدعو إلى التخلي عن الثنائية البولية لصالح أنساق منطقية قادرة على جعل الحاسوب يتعامل مع حالات تتسم بعدم اليقين وعدم الرتابة، ويكون بإمكانها معالجة بيانات غير دقيقة ومعلومات غير مضبوطة وغير واضحة. وفق هذا تبين أن الاستجابة لأنماط التفكير والاستدلال التي يستخدمها الإنسان في حياته اليومية يتطلب التخلي عن المفاهيم التقليدية التي تلزمنا بالتعامل مع العالم وكأن كل شيء واضح وجلي. كما يستوجب الوضع التوقف عن الاستناد إلى تلك المقولات التقليدية التي تلزمنا بوجود الإجابة عن كل سؤال مهما كان بنعم أو لا؛ لنأخذ بمعالجة تراعي الغموض الذي يكتنف الوقائع والمفاهيم معاً. فتصنيف العالم المادي والإنساني ضمن مقولات قائمة على ثنائيات متضادة هو تحجيم للفكر الإنساني، وجعل الإنسان ينظر للعالم من منظور أبيض أو أسود، عوض إعمال فكره للبحث عن بدائل أخرى ممكنة. يتطلب الأمر التخلي عن وضعنا الفكري القائم على السعي إلى تطبيق معايير صارمة على أوضاع غامضة. فالقضية لا تكون صادقة أو كاذبة بصفة مطلقة وأبدية، بل قد تظهر معلومة جديدة تجعلها تصعد جهة الصدق أو تهبط جهة الكذب (اليقين أو الظن). ومن ثم، فالقضايا تخضع لتبدلات وتحولات قد تنتقل بها من الصدق المطلق إلى الكذب المطلق عبر مراحل وسيطية. وهو ما يعني أن الحدود الفاصلة

بين الصدق والكذب ليست واضحة وقارة. فتعدد الوقائع وتكاثر الذوات يولد بالضرورة تعددية استثنائية وتعددية استدلالية، ومن ثم، تعددية الحقائق. فلو حددنا الطول مثلا في 1,60 وكان طول قامتي 1,59 فهل أنا طويل أم قصير؟ فالتقسيم التقليدي للفكر ضمن مقولات ثنائية متضادة محددة: حسن ضد قبيح؛ صديق ضد عدو؛ إله، يعد تقييرا للفكر الإنساني. الأمر الذي يطرح علينا ضرورة الخروج من هذه العقلية الثنائية التي تبقي التفكير حبيس مقولات تقليدية. فالأنسب هو مواجهة هذا النوع من الوقائع والأحداث الغامضة بتفكير لا يلزمنا بالجزم المطلق عندما لا يتطلب الأمر ذلك. وفي هذه الحالة تصبح تعابير مثل درجات الائتماء ودرجات الصدق، والمجموعات المتعددة، هي القادرة على جعلنا ننظر للعالم بشكل مفتوح وحركي؛ بنفس الطريقة التي تسمح لنا بالتكيف بشكل ملائم مع المحيط ومستجداته. وبالجملة، لم يعد الوضع يقتضي الاستمرار في التفكير باعتماد شرعة الصواب والخطأ؛ الحق والباطل؛ الصدق والكذب. فاعتماد الأحكام القائمة على الثنائية المتضادة يعني وجود طرف على حق وآخر على باطل، في حين يمكن أن يكونا معا على باطل. فعيب الثنائية أنها تحجم التفكير وتختزله في وضع ثنائي يتجسد في: مع أو ضد، لتجعل العالم مغلقا بين بديلين لا ثالث لهما.

أمام هذا الوضع ستعمد العديد من الحقول المعرفية إلى مواجهة مشكلي الرتبة و عدم اليقين بالبحث عن أنساق منطقية قادرة على التعامل مع الأوضاع الغامضة والحالات غير الرتيبة. وقد انتهت المطارحات في هذا المجال إلى التسليم بوجود تغيير الشرعة التي نعمل من داخلها، خصوصا بعد أن تبين أن تعددية الحقائق يعكس تعددية سبل التفكير والتدليل. وفي هذا المقام تم التأكيد على أن الإنسان لا يفكر دائما وفق نفس النموذج، ولا يقرر في كل الحالات انطلاقا من الثنائية القطعية القائمة على الصدق والكذب. فميزته تكمن بالأساس في قدرته على أن يستدل انطلاقا من معلومات غير كاملة، وغير دقيقة، وأن يقرر حتى ولو كانت المعلومات غامضة وغير كافية. فكانت النتيجة أن تم التسليم بالطابع النسبي لكل أنماط

التفكير والاستدلال، وبتعددية الحقائق وتعدد سبل تحصيلها. فكل خطاب مهما كان يبقى نسبياً، سواء على مستوى المضامين أو طرق التدليل. بذلك لم يعد بالإمكان قبول القول بالعلاقات الحتمية بين العلل والمعلولات في صورتها الخطية، بل تم توسيع أفق النظر بإدخال مقومات أخرى تسمح بمواجهة الأوضاع الغامضة والتعامل مع الحجج من منظور آخر. وهو ما اتخذته العديد من الباحثين منطلقاً لاقتراح أنساق منطقية اعتبروها قادرة على صورة الصيغ الاستدلالية التي تتم في ظل أوضاع تنسم بعدم الدقة وعدم اليقين. وبموجب هذا التصور لم نعد مطالبين بالتفكير في ظل النسق التقليدي الذي يجعلنا نحصر الاختيار في الصدق أو الكذب، ونقرر في كل الأحوال إما بالإيجاب أو السلب. يقتضي الوضع بناء أنساق قادرة على التعاطي كذلك مع الحالات التي تتغير فيها المعطيات والبيانات، كما هو الحال لو تعلق الأمر بظاهرة المناخ أو في حالة الحرب. حيث أدوات القياس التي نستند إليها في مثل هذه الحالات لا تتوفر على دقة كافية، و البيانات الوصفية التي نستخدمها تتضمن عبارات غامضة تتطلب معالجتها التزود بأنساق قادرة على معالجة مثل هذه الأوضاع.

## 2-1- الذكاء الصناعي و الحواجز المنطقية

ازداد الاهتمام بالسؤال المتعلق بالارتباب وعدم اليقين منذ بداية القرن الماضي حين وجد الباحثون سواء في حقل الطبيعيات أو الإنسانيات أنفسهم أمام ظواهر لا يمكن الحسم في يقينها أو عدم يقينها، وأصبح كل حديث عما هو متوقع بشكل حتمي غير ممكن. وما لبث هذا الوضع المتسم بالغموض وعدم اليقين أن تجاوز المباحث الطبيعية والإنسانية ليشمل كل مناحي الحياة؛ فكل شيء أصبح يسمح بالتفكير بشكل ملتبس وغامض. فبنفس الكيفية التي يحتوي بها العالم على ظواهر غامضة، تحتوي اللغة بدورها على حدود ومفاهيم غامضة؛ تجعل وصفنا للشيء أحيانا غير واضح بما فيه الكفاية. وفي هذه الحالة يصعب إعطاء أجوبة دقيقة وقارة. أمام هذا الوضع ستعمد العديد من الحقول إلى مواجهة مشكل عدم اليقين

بالبحث عن أنساق قادرة على التعامل مع الأوضاع الغامضة. حيث تبين أننا نعيش في عالم تتباين فيه التصورات والمواقف، وتتعامل فيه مع معلومات غير واضحة وغير متجانسة. فقد تتوارد علينا معلومات غير كافية وغير مضبوطة، ومع ذلك يُطلب منا أخذ القرار. ليتضح بذلك أن ما يميز الإنسان هو قدرته على التعامل مع أوضاع متباينة، بل متناقضة أحيانا، و قدرته كذلك على استخدام العديد من الإجراءات بشكل متواز. وللتعامل مع مثل هذه الأوضاع نحتاج إلى أنساق تتخلى عن الصورية الصارمة، وقادرة على أن تأخذ بعين الاعتبار عدم وضوح وعدم اكتمال المعلومات؛ أنساق لا تلزمننا كما هو حال منطق ثنائي القيمة بالجزم القطعي والمطلق عندما لا يقتضي الأمر ذلك. وبالجملة، لما تبين أن أحد خاصيات الاستدلال الإنساني تكمن في كونه يتعامل مع أوضاع قد يشوبها الغموض، عمل العديد من الدارسين على محاولة تجاوز هذا الوضع ببناء أنساق تحرق المبادئ التي ارتكز عليها المنطق ثنائي القيمة. ليصبح عدم اليقين تصورا مركزيا بالنسبة للعديد من الدراسات التي سعت إلى بيان كيف نقرر ونستنجد بالنتائج ونحل المشاكل حتى في حالة عدم اكتمال ووضوح المعلومات.

يستفاد من هذا أن الأمر يتطلب التخلي عن وضعنا الفكري القائم على السعي إلى تطبيق معايير صارمة على وضع غامض، كأن نعلم إلى تقسيم الخطاب إلى أشياء صادقة في مقابل أخرى كاذبة، للأخذ بفكرة تدرج الصدق والكذب. فلو قلت "القاعة مظلمة". فقد تكون صادقة، لكن ماذا سأقول عندما تشتد الظلمة أو تنقص. ففي مثل هذه الحالة نحتاج إلى صياغتها وفق درجات صدقية تجعلها أكثر وضوحا عند مقارنتها بدرجات صدقية أكبر أو أقل. فالقضية لا تكون صادقة أو كاذبة بصفة مطلقة وثابتة، بل قد تظهر معلومة جديدة أو وضع جديد يجعلها تصعد جهة الصدق أو تهبط جهة الكذب. فتحديد ما إذا كان شخص ما قصير أو طويل؛ فرح أو حزين؛ أصلع أو غير أصلع؛ ليس بالوضوح الذي نعتقد؛ بشكل يقتضي التعامل مع مثل هذه الأوضاع بطريقة غير صارمة. فلو افترضنا أن مدينة ما نظمت

مباراة لتحديد أطول شخص في المدينة. وتنافس في النهائيات "س" و"ع"، وفاز "س". ففي هذه الحالة "س" أطول رجل في المدينة، ويليه "ع". فالقضية "س طويل"، و"ع طويل" صادقتان، لأن كل منهما يتمتع بصفة الطول، ومع ذلك فدرجة صدقهما تختلف، لكون طولهما يختلف بدرجة معينة. وهو ما يفضي بنا إلى القول بوجوب تجاوز الطريقة التقليدية التي تنبني على إصدار الحكم أو اتخاذ القرار عبر اختزال الوقائع والأقوال إلى ثنائيات متضادة.

إذا كانت ملامح عجز المنطق التقليدي قد ظهرت على مستوى العديد من العلوم منذ أوائل القرن الماضي، فقد تأكد ذلك بظهور الذكاء الصناعي. فقد أدت المشاكل التي واجهتها الفيزياء والرياضيات منذ بداية القرن الماضي على الخصوص إلى الاقتناع بأن حل العديد من المشاكل المطروحة لن يتحقق إلا بخرق الأركان التي بني عليها هذا النسق المنطقي. وقد ازدادت الاعتراضات على المنطق ثنائي القيمة بظهور الذكاء الصناعي، حين كانت الحواسب والآلات المبرمجة تعمل وفق ثنائية جورج بول. حيث اعتقد الباحثون أن إمكان التعبير عن المعرفة الإنسانية باستخدام المنطق مع التقييم الرياضي سيسمح لهم بمعالجة القضايا المطروحة. إلا أنهم واجهوا صعوبات لما سعوا إلى محاكاة كل أنماط التفكير والاستدلال عند الإنسان. الأمر الذي ذهب بهم إلى القول بضرورة تجاوز ثنائية بول نحو أنساق منطقية غير صورية قادرة على مواجهة ظاهرتي الغموض والرتابة على الخصوص. حيث تبين أن المشكل الأساسي لا يكمن فقط في عدم تمام محمول الصدق، بل كذلك في عجز المنطق التقليدي عن صورة الحس المشترك ونمذجة الاستدلالات في صورتها العادية، خصوصا متى تعلق الأمر بمعالجة تعابير تحتوي على ألفاظ من قبيل "ربما" أو "أحيانا" أو "غالبا"، إلخ. فالمنطق التقليدي المبني على قيمتي الصدق والكذب (0,1) والذي يستدل انطلاقا من افتراض أن المعلومة كاملة وواضحة عاجز عن تمثيل كل مقتضيات الخطاب الطبيعي، وجعل الحاسوب يحاكي الاستدلالات اليومية عند الإنسان. فالحاسوب يجد صعوبات في تحديد متى نصف الشخص الأصلع بأنه أصلع، لكونه يتعلق بحالة غير محددة بدقة. وهو ما يعني أن

الحكم عليها بالصدق أو الكذب قد يختلف من شخص لآخر. لهذا، دعا دارسون إلى وجوب اعتماد أنساق تخرج عن ثنائية القيمة، وتسمح لنا بالابتعاد عن التفكير اليقيني الثابت والمطلق، وتجعلنا في نفس الوقت نتعامل مع الأوضاع بطرق مرنة. وعليه، يبدو أن صورة الحس المشترك ومعالجة ظواهر غامضة ومعلومات غير مكتملة يتطلب وضع أنساق منطقية تتخلى عن الصورية القطعية من جهة، وعن ظاهرة الرتبة من جهة أخرى. فالاستدلال بمفهومه التقليدي لا يأخذ بعين الاعتبار المعلومات غير المتجانسة وغير المضبوطة وغير الكاملة. فقد تبين أن عجز المنطق التقليدي وحتى بعض الأنساق المعاصرة (خاصة الأنساق المنحرفة) عن معالجة ظاهرة الغموض وصورة الحس المشترك يعود إلى صرامتها من جهة، وإلى رتابتها من جهة أخرى. وعليه، بعد أن اتضح عجز الحواسب المبرمجة وفق ثنائية جورج بول عن الاستجابة للأوضاع التي تتسم بعدم الوضوح وعدم الدقة ظهرت عدة دراسات تبحث عن سبل استخدام مناهج خاصة بالاستدلال في حالات عدم اليقين كوسيلة لجعل الذكاء الصناعي يحاكي الطرق الاستدلالية التي يعتمدها الإنسان. الأمر الذي انتهى بأصحابها إلى اقتراح أنساق منطقية تعوض المنطق التقليدي الذي لا يأخذ سوى بقيمتي الصدق والكذب.

## 2-2- الذكاء الصناعي وتجاوز ثنائية جورج بول

سبق أن أشرنا إلى أن العديد الأنساق المنطقية، من بينها المنطق ثنائي القيمة والأنساق المنحرفة تعاملت مع ظاهرة الغموض من منطلق يسعى إلى استبعاده. لكن تبين بعد كل محاولة أن الغموض ينتقل إلى مستوى أعلى من الدرجة التي نتعامل فيها معه، فينتقل من الثالث المرفوع إلى الرابع المرفوع، ومنه إلى مستوى أعلى. وهو ما يعني إخفاق هذه المحاولات التي سعت إلى حل مشكل الغموض باعتماد قيمة أو قيم صدقية أخرى إلى جانب الصدق والكذب. هكذا عجزت الأنساق المنحرفة منذ صيغتها الأولى المتمثلة في ثلاثي القيمة عن حل العديد من المشاكل التي طرحتها ظاهرة الغموض. وهو ما دفع بآخرين إلى اعتماد

قيم أخرى قد تكون متناهية أو غير متناهية؛ لكنها فشلت بدورها في استبعاد الغموض بشكل كلي. إضافة قيمة ثلاثة أو رابعة، إلخ لا يحل مشكل الغموض، بل يستبعده فقط نحو مستوى أعلى من القيمة المحددة. وبذلك اقتنع العديد من الدارسين بأن معالجة ظاهرة الغموض لا يتوقف على إدخال قيمة ثلاثة أو رابعة أو لا متناهية، لكون الغموض ظاهرة معرفية بالأساس. فغموض كل من الواقع واللغة كما أشرنا يجعل من الصعوبة استبعاد الغموض، خاصة في مرحلة الانتقال من قيمة محددة إلى قيمة غير محددة. ومادام الغموض ملازم لكل من العالم واللغة، فإن معالجته يتطلب اعتماد أنساق منطقية تتعامل معه ليس بالسعي إلى استبعاده، بل بالتعامل معه من منظور آخر وبعتماد آليات مغايرة. وكانت المحاولة الأولى لصورة المعارف غير اليقينية بطريقة تختلف عن تلك التي اعتمدها الأنساق المنطقية المتعددة القيمة هي نظرية الاحتمال. حيث اعتبر العديد من الباحثين نظرية الاحتمال بمثابة الأداة الكفيلة بتمثيل عدم اليقين بكيفية ملائمة. وتكمن خاصية المقاربة القائمة على الاحتمال في أنها تتلافى عدم اليقين بأن تسند للقضايا قيمة عددية؛ لتعطي النتائج التي نحصل عليها قيمة عددية أو شبه عددية. لكن المشاكل التي واجهها منطق الاحتمال في بداياته، خاصة مايتعلق بعدم قدرته على التحكم في عدم اليقين على مستوى مباحث عدة أفضت إلى الاقتناع بوجود اعتماد أنساق أخرى تتلافى عيوب منطق الاحتمال. وكانت النتيجة أن ظهر المنطق الغامض على يد لطفي زاده (ZADEH.L.A) الذي اقتنع بأن المنطق الغامض أقرب إلى التفكير اليومي عند الإنسان، مؤكداً في ذات الوقت على قدرة هذا النسق على حل العديد من القضايا التي تهم الحس المشترك. فلو قلت: "الجو بارد جداً". فهذا يمكن أن يصدق، لكن صدقه يقوم على معنى التعبير الغامض "بارد جداً". ومن ثم، فحل المشاكل المتعلقة بالغموض يتوقف على اعتماد التفكير الغامض باعتباره القادر على أن يعكس هذا الوضع، ليس بشكل احتمالي، بل باعتماد مقومات المنطق الغامض الذي عد نسقاً ملائماً لمقاربة الأوضاع الغامضة، بالإضافة إلى إمكان استخدامه في مجال الذكاء الصناعي. والدليل على ذلك أنه اعتمد في برمجة حاسوب يراقب آلة ما؛ كما يفعل الإنسان.



ظهر المنطق الغامض في منتصف ستينيات القرن العشرين عندما انتبه لطفي زاده إلى أن أغلب المعلومات التي تتوفر عليها تبقى غامضة، وأن جزءا كبيرا من أنشطتنا اليومية لا تبني على يقين تام. ومن ثم، تساءل عن مدى إمكان جعل الآلة تتعامل مع مثل هذا الاستدلالات غير الصارمة وغير الدقيقة. وقد ذهبت به النتائج التي حصلت على مستوى الذكاء الصناعي خاصة ما يتعلق بأنظمة الخبرة إلى طرح تساؤلات تهم أنظمة البرمجة التي تسعى إلى محاكاة الأنشطة الذهنية والوظائف السلوكية عند الإنسان. فقد أظهرت الأبحاث التي همت هذا المجال أن الخبير الإنسان لا يتوفر على معطيات دقيقة يمكن نقلها بكيفية آلية للخبير في البرمجة. فالخبرات والمهارات التي يراكها الخبير تبنى إجمالا على معلومات غير دقيقة وغير كاملة. بالإضافة إلى الصعوبات المتعلقة بقدرته على تبيان خبراته ومهاراته. على هذا، إذا كانت الأبحاث الأولى قد سعت إلى وضع أنظمة للخبرة تخضع لقواعد محددة، فإن لطفي زاده سيعمل على وضع محرك للاستنتاج قادر على التكيف مع عدم اليقين المتعلق بالمعارف التي تُرود بها الآلة. ومن ثم، اهتم بسبل بناء نسق منطقي قادر على جعل الآلة تفهم تعابير من قبيل "قليل" و "كثير" و "تقريبا" إلخ؛ وذلك حتى يكون بمقدورها القيام بنفس الوظائف التي يقوم بها الإنسان. يتعلق الأمر إذن ببناء نسق منطقي يقوم باستخراج قواعد غامضة انطلاقا من مجموعة من الملاحظات؛ كما هو الحال لو قلت: "الثلث مرتفع جدا فيما يتعلق بكراء الشقق كبيرة المساحة". فالخصائص "مرتفع جدا" و "كبيرة" غير محددة بشكل واضح. وعليه، فتمثيلها يتطلب استخدام مجموعات- جزئية غامضة لتحديد درجة الانتماء لمفهوم "مرتفع جدا" و "كبيرة". لينتقل بعد ذلك إلى اقتراح طريقة للبناء الآلي للمجموعات- الجزئية الغامضة.

لم تمر سوى سنوات عن حديثه عن المنطق الغامض حتى نجح لطفي زاده في تطوير نظرية المجموعات الغامضة التي كان هدفها التعامل مع قيم الصدق بشكل غامض. فقد نشر 1965 بحثه حول المجموعات الغامضة، ويحصل على نسق منطقي تحت إسم "المنطق الغامض"

الذي جمع فيه بين نظرية المجموعات الغامضة ونظرية الإمكان. وتكمن ميزة هذا النسق في كونه يعتمد الاستدلالات التقريبية التي تسمح له بالحصول على نتائج تقريبية انطلاقاً من وقائع غير مضبوطة وغير كاملة. يستفاد من هذا أن نظرية المجموعات الغامضة شكلت إلى جانب نظرية الإمكان ما سيسمى المنطق الغامض. وتقوم نظرية الإمكان على دوال الإمكان التي تعطي لكل حدث في العالم درجة إمكانه عبر إعطائه قيمة تتراوح بين 0 و 1. الأمر الذي يسمح لهذه النظرية أن تقدم نموذجاً لتمثل عدم اليقين، بأن نصف عدم يقين حدث ما بواسطة درجة إمكان هذا الحدث ودرجة إمكان الحدث المكمل له. وعندما يكون حدث ما ممكناً، فلا شيء يمنع من أن يكون مكمله ممكناً كذلك. ليتبين بذلك أن إحدى خصائص منطق الإمكان تكمن في قدرته على تدبير أسس للمعارف غير المتسقة. أما نظرية المجموعات الغامضة فتهدف إلى تحديد إطار يسمح بتمثيل تصورات يصعب تمثيلها في النظرية التقليدية للمجموعات. فلو أخذنا عنصراً ما، فمعالجته وفق المنطق ثنائي القيمة يتم بالقول إما أنه ينتمي لمجموعة ما أو لا ينتمي إليها، بينما بالنسبة للمنطق الغامض قد ينتمي إليها بدرجة معينة تتراوح بين 0 و 1. وبهذه الطريقة نسعى إلى إسناد وبشكل حدسي درجة صدقية معينة لمحمول غامض بشكل يجعله يلائم موضوعاً ما. على هذا، انتهى المنطق الغامض إلى رفض القيم الصدقية المطلقة لصالح تصور نسبي يقوم على تدرج يتراوح بين الصفر الذي يدل عن عدم الانتماء الكلي والواحد الذي يدل الانتماء الكلي. فعلى خلاف المنطق ثنائي القيمة الذي يثبت "ب" أو "ليس - ب"، فإن المنطق الغامض يحدده وكأنه يفضي إلى إثباتات صادقة بدرجة معينة. وعليه، يمكن تحديد أحد الاختلافات الأساسية بين المنطق الغامض والمنطق ثنائي القيمة في كون هذا الأخير يقول عن عنصر ما بأنه ينتمي لمجموعة ما أو لا ينتمي إليها، هذا في الوقت الذي يعتمد فيه المنطق الغامض على القول بأن عنصراً ما قد ينتمي إلى مجموعة ما وينتمي لمكملها في نفس الوقت. ولما كانت المجموعة تنطوي على عناصر لها خاصية مشتركة، فمن الطبيعي أن تبدأ نظرية المجموعات بعلاقة الانتماء كعلاقة أولية تربط المجموعة بعناصرها. ومن خلال المجموعة الجزئية الغامضة تتمكن من تحديد درجة انتماء عنصر ما لمجموعة جزئية

ما. وبذلك يتضح أن نظرية المجموعات الغامضة تسمح بدرجات الانتماء الوسيطة بين الانتماء الكلي وعدم الانتماء الكلي. فالشخص الذي يبلغ طوله 1.63 يمكن أن ينتمي في نفس الوقت لطويلي القامة ولقصيري القامة، فيمكن أن يكون طويلاً وقصيراً في نفس الوقت. وعليه، يبدو أن فكرة الانتماء لمجموعة ما بدرجة معينة نابعة من كون المعلومات التي تتوفر عليها قد تكون غامضة أو غير كاملة. لهذا يعتمد المنطق الغامض على درجات قيم الصدق لتحديد الأوضاع الوسطى. وكل هذا يُمثل بواسطة المجموعات الجزئية الغامضة التي نستخدمها للقيام بحسابات تستند إلى روابط منطقية غامضة تسمح لنا بتوزيع الإمكانيات الناتجة عنها. وبهذا يتضح أن المنطق الغامض قابل لأن يتكيف أكثر من المنطق التقليدي مع الأنشطة الذهنية عند الإنسان. فالتعابير التي نستخدمها في حياتنا اليومية تعكس درجات مختلفة من الصدق. فلو تساءلنا عما إذا كان "س" عضواً في أسرة؟ فجواب المنطق التقليدي سيكون ب: نعم أولاً؛ لكن هل هو فقط عضو في أسرة؟ فالمنطق الغامض سيقول ربما هو كذلك عضو في جماعة بحث، وينتمي في نفس الوقت لمجموعة مسرحية، وعضو في جمعية الحي، إلخ. وعليه، فإن "س" ينتمي وبدرجات متفاوتة لمجموعات متعددة، بشكل يجعل درجة عضويته تختلف من مجموعة لمجموعة أخرى. بالتالي، فدالة العضوية تعني تلك الدالة التي تجعل القيم المتدرجة تتراوح بين الانتماء الكلي الذي نرسم له ب 1 (ص) وعدم الانتماء الكلي الذي نرسم له ب 0 (ك). بهذا يبقى المفهوم الأساسي الذي تعتمد عليه نظرية المجموعات الغامضة هو درجة الانتماء لمجموعة ما وفق المتحكم الغامض، بشكل يسمح لنفس العنصر بأن ينتمي لعدة مجموعات بدرجات متفاوتة. يتضح من هذا أن هدف نظرية المجموعات الغامضة هو تعميم التصور التقليدي للمجموعة. فالعمليات العادية في نظرية المجموعات يمكن أن نعبر عنها في نظرية المجموعات الغامضة. لهذا، يمكن القول بأن تصورات نظرية المجموعات الغامضة لا تخرج بشكل كامل عن تصورات ومفاهيم نظرية المجموعات التقليدية التي قدمها جورج كانتور، لكن تم تعديلها لتصبح درجات العضوية في المجموعة هي الأعداد من صفر إلى واحد. وفق هذا يمكن وصف المجموعة الغامضة بأنها دالة صدق

كلاسيكية مجال صدقها هو  $[0,1]$ . فبالرغم من أنها تشبه نظرية المجموعات العادية، فهي تختلف عنها في كونها تستبعد بعض مبادئ المنطق التقليدي. فلو اعتبرنا مثلا أن  $1,66$  هو الحد الفاصل فيما يتعلق بالطول. فحسب المنطق التقليدي ستميز بين مجموعتين تضم إحداها طويلي القامة والأخرى قصيري القامة باعتماد الفاصل المحدد. لكن لأية مجموعة أنتمي لو كان طولي  $1,65$  أو  $1,67$ ؟ بالنسبة للمنطق ثنائي القيمة أنتمي في الحالة الأولى لمجموعة قصيري القامة، بينما في الحالة الثانية لمجموعة طويلي القامة. لكن بالنسبة للمنطق الغامض لو كان طولي  $1,65$  فأنا لست لا قصيرا ولا طويلا بشكل قطعي، بل بدرجات. ولو كان  $1,67$  فأنا أبدأ في أن أكون أكثر طولا؛ ولكن لو كان طولي  $1,80$  فأنا أطول أكثر. يتعلق الأمر بالنسبة للمنطق الغامض بصورة هذا الانتقال التدرجي بين الصدق والكذب باستبعاد فكرة القيمة الثالثة غير المحددة، و تبني تأويلا يأخذ بدرجة الانتماء. حيث يقوم المنطق الغامض بإسناد الدرجة التي يمكن بها لمحمول غامض أن يلائم شيئا ما. ويمكن الفرق هنا في كون المنطق التقليدي منفصل، بينما المنطق الغامض متصل. فلو أخذنا متغير "س" (القامة) وعالم مرجعي "ع" (الأشخاص). فسنحدد مجموعة جزئية "با" بواسطة دالة الانتماء التي تحدد الدرجة التي ينتمي بها المتغير "س" للمجموعة الجزئية "با". فرياضيا وبحسب التصور التقليدي سنقول بأن "س" إما أن يحقق الدالة فينتهي إليها، أو لا يحققها فلن ينتمي إليها. لكننا سنقول بحسب المنطق الغامض بأن "س" ينتمي إلى الحد الفاصل بين  $0$  و  $1$ . فبحسب التصور الأول فالشخص الذي يبلغ  $1,65$  ينتمي بالضرورة إلى فئة قصيري القامة بدرجة مائة بالمائة. في حين أنه بالنسبة للمنطق الغامض، فالشخص الذي يبلغ طوله  $1,65$  ينتمي في نفس الوقت للمجموعة الجزئية الغامضة الخاصة بذوي القامة القصيرة وإلى المجموعة الجزئية الغامضة الخاصة بطويلي القامة، على التوالي، لكن بدرجات متفاوتة. بالتالي، نتحدث عن درجة الانتماء عنصر ما لمجموعة ما.

يتضح بعد هذا أن الفكرة المتعلقة بتدرج الأشياء تحت المحمولات الغامضة شكل نقطة انطلاق نظرية المجموعات الغامضة التي تحددت مهمتها في تعيين درجة انتماء المحمول الغامض لشيء ما. فإذا كان الهدف بالنسبة للمنطق التقليدي هو العمل على استبعاد الغموض، فقد أصبح الهدف الآن هو بناء نسق منطقي قادر على معالجة الظواهر الغامضة بإعطائها قيمة صدقية وفق درجة غموضها. فبعد أن عمدت الدراسات منذ فريجه بالخصوص إلى وضع لغة رمزية تقوم مقام اللغة الطبيعية التي يطبعها الغموض، أصبحت المهمة الآن تتحدد في بناء أنساق طبيعية (غير صورية) قادرة على صورة الاستدلالات الذي تحتوي على تعابير موسومة بالغموض بشكل يتوافق مع تجاربنا اليومية. ولتحقيق هذا الغرض لابد من البدء بالتخلي عن تقسيم الخطاب بين الأشياء التي نقول عنها صادقة وتلك التي نصفها بالكذب؛ لصالح انتقال تدرجي بين هذه وتلك. وعليه، ففي الوقت الذي بنيت فيه الحواسب التقليدية على منطق ثنائي القيمة، والتي لم تكن تتناول إلا المعطيات الدقيقة والمضبوطة، سيسمح المنطق الغامض بمعالجة معطيات من قبل "أكثر برودة" "جد قوي"، إلخ. فقد بني على تصورات تسمح بتحويل المعلومات الملتبسة إلى قيمة صدقية. وبهذه الطريقة يتمكن من صورة ما هو غير دقيق عبر معالجة المعطيات، سواء كانت عددية أو معبر عنها رمزياً بواسطة خصائص لغوية. فهو يقترح مقارنة تداولية أكثر منها رياضية، ليقرب بذلك من مسلسل التفكير الإنساني اليومي. كما أثبت في نفس الوقت قدرته على صورة العالم كما يفعل المخ، بشكل سيسمح لنا بنقل بعض الوظائف الذهنية إلى الحاسوب. من هذا المنطلق انصبت الأبحاث على تحديد الطرق التي يمكن بواسطتها للحاسوب أن يستجيب لتعليقات قدمت له من قبل الإنسان، حتى ولو بطريقة غامضة. وقد بينت الأبحاث أن الحاسوب يحتاج في مثل هذه الحالة لمجال عمل يلائم هذا الغموض، بحيث تتعدد لديه الإمكانيات والبدائل، والتي يمكن أن تكون لا متناهية. وفي مثل هذه الحالة يجب أن يكون قادراً على انتقاء الجواب أو القرار الأصح من بين كل الإمكان التي تتوفر عليها. هكذا سعى المنطق الغامض إلى بناء برمجيات حاسوبية تسلك سبلاً أقرب من تلك التي يسلكها

الإنسان. فهو لا يعتمد على الصرامة الرياضية، بل يتميز بمرونة تفتح أمامه إمكانيات وبدائل عدة. فالمرء حسب التفكير الغامض يستجيب للمتطلبات اليومية بطريقة مبهمة وضمنية، وأحيانا يكفي بالتلميح والإيماء. وبالجملة، يعمل المنطق الغامض على تلافي النظرة الردية للوقائع والتفكير ضمن ثنائية الصدق والكذب. الأمر الذي يوفر له العديد من الخصائص التي تسمح باستخدامه في مجالات عدة، مثل تنظيم السير في الطرقات ورصد الزلازل و المناخ والمراقبة الجوية والطب، وغيرها من المجالات المدنية والعسكرية. وفي هذا المقام يقر المدافعون عن المنطق الغامض بأهمية هذا النسق بالمقارنة مع كل المحاولات التي بذلت ضمن الأنساق التقليدية لبرمجة آلة لأداء وظائف محددة. كما تأكدت فعاليته بعد تطبيقه في العديد من المجالات. ويقدمون في هذا الإطار عدة شواهد من بينها التجربة التي قام بها مامدني ( MAMDANI 1974 ) حين عمد إلى بناء مراقب غامض يراقب محرك يشتغل بالبخار. بالإضافة إلى تلك التي أجريت في الدنمارك (1980) والمتعلقة بتطبيق نظرية المنطق الغامض لمراقبة أفران الاسمنت. ومنذ ذلك الوقت شهد المنطق الغامض تطورات تمثلت في ظهور العديد من التطبيقات التقنية التي اعتمدت هذا النسق. وكانت اليابان البلد الذي تطورت فيه تقنية الآلات الغامضة بشكل لافت. حيث استثمر في ميادين عدة منها مجال الطيران وسير القطارات وأدوات القياس والأصوات وأنظمة الخبرة وعمل المفاعلات النووية والمكيفات، وغيرها. وقد شكل استخدام المنطق الغامض لبرمجة قطار الأنفاق في سنديا أهم حدث بارز. حيث تم بناء نظام للمراقبة استنادا إلى المنطق الغامض، وقادر على أن يقوم بما يمكن أن يقوم به إنسان يسوق القطار، بدءا بالانطلاقة، مروراً بمراقبة السرعة، وانتهاء بالتوقف. وتكمن أهمية هذا النسق في كونه يستخدم نسقا غامضا للمراقبة يوفر له القدرة على التنبؤ بما يمكن أن يقع. وهو ما يعني أنه يمكن أن يستشرف النتائج المحتملة في ظل وضع معين (مستجد). ومن خلال هذا التوقع ينتقي الأجوبة الملائمة ليختار أنسبها. لقد تبين أن القطارات المبرمجة وفق المنطق الغامض وعلى عكس سائق إنسان (خاصة السائق المبتدئ)، لاتقوم بتوقفات مفاجئة وعنيفة في المحطة، ولا تتجاوز الرصيف؛ كما أنها قادرة

على تلافى العتبات التحكيمية. ولم تنحصر الاستخدامات في هذا المجال، بل انتقلت إلى المجال الصناعي. حيث استخدم مثلاً في مجال الصباغة، بعد أن تم تطوير مِخلط للألوان يمكن أن يتعرف على تمايزات دقيقة مثل "أسود قاتم"، "أحمر داكن"، "أبيض جد مفتوح"، وغيرها. كما شهد مجال أنظمة الخبرة تطورات اعتمد فيها المنطق الغامض. فقد طورت العديد من المؤسسات أنظمة تستخدم المنطق الغامض لاتخاذ القرار انطلاقاً من معطيات تتعلق بأثمان الجملة ونسبة المعاملات التي يستخدمها الخبراء. وقد امتد المنطق الغامض ليشمل مختلف مناحي الحياة؛ حيث غزا مجال الأدوات المنزلية، التي أصبح معظمها يستخدم برامج غامضة، مثل الغسالة الغامضة التي تقوم باختيار مستوى الماء، ودورة الغسيل وزمن الغسيل، انطلاقاً من معطيات تهم وزن الغسيل ونوع الصابون المستخدم، ونوع الأوساخ. كما استخدم في مجالات أخرى مثل التعرف على الأشكال، والفرامل، وتنظيم المرور، وغيرها. وبالجملة فقد حدد هدفه الأساس في وضع نظرية تسمح بنقل بعض الوظائف التي يقوم بها الإنسان للحاسوب حتى يتمكن من أن يستجيب لمعلومات تمت صياغتها بشكل غامض. ولتحقيق ذلك تم اعتماد نظرية المجموعات الغامضة التي تمكننا من تقديم نسق يجعل إمكانيات الاستجابة بحسب المداخل والمخارج، بل قد تكون لامتناهية العدد؛ ومع ذلك فهو قادر على أن ينتقي منها أقربها للقرار الملائم (الأصح).

### خاتمة

حاصل الكلام أنه في الوقت الذي بنيت فيه حواسب الجيل الأول على منطق ثنائي القيمة والتي لم تكن تتناول إلا المعطيات الدقيقة والمضبوطة، سيسمح المنطق الغامض بمعالجة تعابير تحتوي على ألفاظ غامضة. وللاستجابة للأوضاع الغامضة تم بناء هذا النسق بشكل يختلف عن منطق بول من جهة، ومعما له من جهة أخرى. إلا أن الجديد هنا هو أن المنطق الغامض عوض المتغيرات البولية بمتغيرات غامضة. فهو، على عكس منطق بول، يسمح لعنصر ما أن يكون في حالة أخرى غير الصدق والكذب، وذلك وفق سلم تدرجي

للقيم. وتتميز هذه القيم بكونها لا تتوفر على ماصدق ثابت، وإنما تتعدد ماصدقاتها بشكل لا متناه يتراوح بين صفر و واحد. وتتم هذه العملية بتحويل المعلومات الغامضة والأخبار المشتبهة إلى قيم صدقية عددية؛ حيث تأخذ القضية كقيمة صدقية عددا واقعيا يتراوح بين [0؛ 1]. هكذا لجأ الذكاء الصناعي إلى الأخذ بأنساق قادرة على التعامل مع الاستدلالات غير الرتيبة بتبنيه للمنطقيات غير الرتيبة، وكذلك لأنساق تتعامل مع الغموض عوض العمل على استبعاده، بأن تم الأخذ بأنساق مثل المنطق الغامض. وعليه، أصبح بإمكان أي حاسوب مبرمج بهذه الكيفية أن يتصرف كما يفعل الإنسان. وبهذه الطريقة سعت هذه الأنساق المنطقية إلى نقل ذلك الغنى في الاستدلال الإنساني إلى الحاسوب. لنخلص إلى القول بأن المنطق الغامض يسعى إلى صورته العالم كما يفعل المخ. فهو يستحضر متغيرات الدخول بشكل تقريبي؛ ويعمل نفس الشيء بالنسبة لمتغيرات الخروج؛ ليصوغ بذلك مجموعة من القواعد التي تمكنه من تحديد المخارج بموجب المداخل.