Buḥūth Online
مجلة محكمة تصدر إلكترونيا

وحدة النشر العلمي

بحوث

مجلة علمية محكمة

العلوم الإنسانية والإجتماعية

المجلد 2 العدد الأول - يناير2022

ISSN 2735-4822 (Online) \ ISSN 2735-4814 (print)

رئيس التحرير
أ.د/ أميرة أحمد يوسف
أستاذ النحو والصرف-قسم اللغة العربية
عميد كلية البنات للآداب والعلوم والتربية
جامعة عين شمس

نائب رئيس التحرير
أ.د/ حنان محمد الشاعر
أستاذ تكنولوجيا التعليم-قسم تكنولوجيا التعليم والمعلومات
وكيل كلية البنات للدراسات العليا والبحوث
جامعة عين شمس

مدير التحرير
د. أسماء كمال عبدالوهاب عابدين
مدرس علم النفس
كلية البنات جامعة عين شمس

مسئول الرفع الإلكتروني:
م.م/ نجوى عزام أحمد فهمي
مدرس مساعد تكنولوجيا التعليم

سكرتارية التحرير:
م.م/ علياء حجازي
مدرس مساعد علم الإجتماع

مسئول التنسيق:
م/ دعاء فرج غريب عبد الباقي
معيدة تكنولوجيا التعليم

مجلة "بحوث" دورية علمية محكمة، تصدر عن كلية البنات للآداب والعلوم والتربية بجامعة عين شمس حيث تعنى بنشر الإنتاج العلمي المتميز للباحثين.

مجالات النشر: اللغات وآدابها (اللغة العربية – اللغة الإنجليزية – اللغة الفرنسية-اللغة الألمانية-اللغات الشرقية) العلوم الاجتماعية والإنسانية (علم الاجتماع – علم النفس – الفلسفة – التاريخ – الجغرافيا).
العلوم التربوية (أصول التربية – المناهج وطرق التدريس-علم النفس التعليمي – تكنولوجيا التعليم –تربية الطفل)

التواصل عبر الإيميل الرسمي للمجلة:
buhuth.journals@women.asu.edu.eg

يتم استقبال الأبحاث الجديدة عبر الموقع الإلكتروني للمجلة:
https://buhuth.journals.ekb.eg/

- ❖ حصول المجلة على 7 درجات (أعلى درجة في تقييم المجلس الأعلى للجامعات قطاع الدراسات التربوية.
- ❖ حصول المجلة على 7 درجات (أعلى درجة في تقييم المجلس الأعلى للجامعات قطاع الدراسات الأدبية.

تم فهرسة المجلة وتصنيفها في:
دار المنظومة– شمعة

تطبيق منطق الارتباط في مجال الذكاء الاصطناعي وتمثيل المعرفة

دينا محمد محمد علي الحصي
مدرس مساعد - قسم الفلسفة
كلية البنات للآداب والعلوم والتربية، جامعة عين شمس - مصر
dina.elhissy@women.asu.edu.eg

أ.د/ سهام النويهي
أستاذ المنطق وفلسفة العلوم
كلية البنات للآداب والعلوم والتربية
جامعة عين شمس - مصر
seham.elnewhy@women.asu.edu.eg

أ.د/ فاطمة إسماعيل
أستاذ فلسفة العلوم
كلية البنات للآداب والعلوم والتربية
جامعة عين شمس - مصر
fatma.ismail@women.asu.edu.eg

أ.م.د/ مايسة عبده علي السيد
أستاذ المنطق المساعد
كلية البنات للآداب والعلوم والتربية، جامعة عين شمس - مصر
maysa.ali@women.asu.edu.eg

المستخلص:

يُعد التطبيق العملي من أهم عوامل نجاح النظرية العلمية واكتمال أركانها؛ حيث إن البناء النظري غير كافٍ وحده لاكتمال أركانها على نحو متسق، وخدمة الأغراض العملية هو هدف أساسي وُضع من أجله منطق الارتباط، ومن هنا ركز الباحثون جهودهم في تأسيس نظرية تصف أدواته، وتقنياته، وأغراضه، وتحليل بنيته، وتطبيقاته، على النحو الذي قدم به "آلان روس أندرسون" نموذج الارتباط في الذكاء الاصطناعي، وهو نموذج يمكن تطبيقه كنظامٍ خبيرٍ لتطبيقات الذكاء الاصطناعي وتمثيل المعرفة؛ فآليةُ المنطق ومكانته بين العلوم من ناحية، ومحاولة المناطقة أنفسهم من ناحية أخرى تحويل هذه الآلية من الصورة النظرية إلى الصورة التطبيقية، قد أدى إلى تحويل هذه النظريات الصورية المجردة إلى نماذجَ واقعية عملية. وفيما يخص الذكاء الاصطناعي، لعب المنطقُ بكافة لغاته الرمزية ذات الكفاءة التعبيرية من ناحية، وبكافة آليات الاستدلال به من ناحية أخرى دورًا محوريًا، في تشكيل الأسس التي قام عليها الذكاء الاصطناعي وتطويرها، وتتمثل أهمية هذا البحث في محاولة مواكبة التطورات الحديثة في أنواع المنطق، وتأثيرات هذه التطورات المنطقية، وطرق الاستدلال الجديدة على العلوم الأخرى التي ظهرت في عصر التكنولوجيات المعاصرة؛ وأهمها علم الذكاء الاصطناعي، وذلك في ضوء نموذج منطق الارتباط الذي قدمه أندرسون.

الكلمات الدالة: منطق الارتباط، الذكاء الاصطناعي، تمثيل المعرفة، النظم الخبيرة .

مقدمة:

تتمثل أهمية هذا البحث في محاولة مواكبة التطورات الحديثة في أنواع المنطق، وتأثيرات هذه التطورات المنطقية، وطرق الاستدلال الجديدة على العلوم الأخرى التي ظهرت في عصر التكنولوجيات المعاصرة؛ وأهمها علم الذكاء الاصطناعي، وذلك في ضوء نموذج منطق الارتباط الذي قدمه أندرسون، فمما لا شك فيه أن المنطق يحتل مكانة مهمة بين العلوم خاصة لدوره الكبير في التطورات العلمية الراهنة في مجال الثورة التكنولوجية المعاصرة التي نتج عنها علم الذكاء الاصطناعي، فمع هذه التطورات لم يعد المنطق يقتصر على الناحية النظرية فحسب؛ بل تأتي أهميته الكبرى في مجال الذكاء الاصطناعي حينما يتم تحويل النظريات الصورية المجردة إلى نماذج تطبيقية عملية تخدم احتياجات الإنسان.

وفيما يخص علم الذكاء الاصطناعي، لعب المنطق دورًا محوريًا، في تشكيل الأسس التي قام عليها الذكاء الاصطناعي، وتطويرها؛ سواء من جهة اللغات الرمزية المنطقية ذات الكفاءة التعبيرية، أو من جهة آليات المنطق الاستدلالية؛ فقد استفاد علماء الحاسوب والذكاء الاصطناعي من الفلسفة والمنطق، ليس للبحث عن حلول جاهزة لتأسيس علومهم فحسب، بل لتطوير وابتكار رؤى ونظريات فلسفية ومنطقية تمكنهم من التصدي لما يقابلونه من عقبات، ومحاولة التغلب عليها وتجاوزها؛ فعلم المنطق لم يعدّ حكرًا على المناطقة وحدهم؛ بل يعود تقدم المنطق وازدهاره إلى ارتباطه بمجالات بحثية أخرى، ومن أهمها التعاون المثمر بين المنطق والرياضيات، الذي نتج عنه العديد من الدراسات التي تضافرت فيها جهود المناطقة وعلماء الرياضيات، مما أسفر عنها علم المنطق الرياضي أو الرمزي، ويدخل التعاون بين علم المنطق وعلم الذكاء الاصطناعي في هذا الإطار(Thomason, 2018, p.1) .

وفي الواقع نجد أن الذكاء الاصطناعي لا يقتصر على مجال المنطق فحسب؛ بل هو جماع تعاون بين علماء في مجالات مختلفة كالحاسب الآلي، وعلم اللغة، والمنطق، والرياضيات، والفلسفة، وعلم النفس. غير أن البحث الحالي يقتصر على دور المنطق في علم الذكاء الاصطناعي؛ هذا العلم الذي نشأ عن الثورة التكنولوجية المعاصرة.

ويُعد التطبيق العملي من أهم ركائز نجاح النظريات العلمية، حيث إن الاقتصار على البناء النظري فحسب يُعدّ دليلاً على عدم اكتمال أركانها؛ ذلك أن خدمة الأغراض العملية هدف أساسي للحكم على نجاح النظريات العلمية. ومنطق الارتباط لا يشذ عن هذه القاعدة؛ لذلك ركّز الباحثون في هذا المنطق جهودهم في تأسيس نظرية تصف أدواته، وتقنياته، وتحليل بنيته، وأهدافه، وتطبيقاته.. إلخ، ويوضح هذا كيف طبق "آلان روس أندرسون" "Alan Ross Anderson" (*) نموذج منطق الارتباط Relevance Logic في مجال

(*) - "آلان روس أندرسون" (1925م-1973م)، عالم منطق أمريكي، اهتم بدراسة المنطق، وبصفة خاصة منطق الارتباط، وكرس معظم أعماله للتحليل المنطقي واللغوي والعلمي، خاصة عمله الموسوعي بمشاركة عدد من علماء المنطق المعاصرين، "اللزوم: منطق الارتباط والضرورة" " Entailment, The Logic of Relevance and Necessity "، والذي نُشر بعد وفاته عام 1975م، وقد أكد العديد من الباحثين أن هذا الكتاب بجزأيه كان الأكثر تأثيرًا في دراسات المنطق الرياضي المعاصرة في العديد من المجالات، ولا سيما في مجال الذكاء الاصطناعي وعلوم الكومبيوتر. أما عن حياته؛ ولد أندرسون في ولاية أوريغون 1925م، وهي ولاية على الساحل الغربي للولايات المتحدة الأمريكية، وتعلم في

الذكاء الاصطناعي، وكيف أمكن تطبيقه كنظام خبير في هذا المجال على نحو ما سيتم عرضه في هذا البحث.

مشكلة البحث:

تتمثل مشكلة البحث الحالي في محاولة الإجابة عن الأسئلة التالية:

1- كيف تغلب أندرسون على الصعوبات التطبيقية للمنطق ثنائي القيم؟
2- ما النموذج المنطقي الذي قدمه، وما طبيعته، وعناصره ؟
3- أي نوع من الاستدلال اعتمد عليه نموذج أندرسون؟
4- كيف تم تطبيق نموذج منطق الارتباط في مجال الذكاء الاصطناعي؟

أهداف البحث:

يهدف البحث الحالي الإجابة عن الأسئلة المطروحة أعلاه موضحًا ما يلي:

1- علاقة المنطق بالذكاء الاصطناعي.
2- دور المنطق في الذكاء الاصطناعي وتمثيل المعرفة.
3- تعرف الصعوبات التطبيقية للمنطق ثنائي القيم في مجال الذكاء الاصطناعي.
4- تقديم نموذج منطق الارتباط التطبيقي في مجال الذكاء الاصطناعي.

أهمية البحث:

تتمثل أهمية البحث الحالي في محاولة مواكبة التطورات الحديثة في أنواع المنطق، وتأثيرات هذه التطورات المنطقية، وطرق الاستدلال الجديدة على العلوم الأخرى التي ظهرت في عصر التكنولوجيات المعاصرة؛ وأهمها علم الذكاء الاصطناعي، وذلك في ضوء نموذج منطق الارتباط الذي قدمه أندرسون. كما تتمثل أهميته أيضًا في أنه يعالج مشكلة نحن أحوج ما نكون إليها في عالمنا العربي؛ وهي مشكلة اللحاق بركب التقدم. وهذا لن يتم إلا بالوقوف على التطورات الحديثة في مجال العلوم الجديدة التي تطورت وخدمت الإنسانية، سواء على مستوى الفكر أو على مستوى التطبيق. وإذا كنّا في عالمنا العربي نستخدم أنظمة الذكاء الاصطناعي فإننا نأمل ألا نقف فقط عند هذا المستوى؛ بل نأمل أن نشارك في الإنتاج، أي أن نكون من المساهمين الفعالين في هذا المجال، وهو هدف تنموي نحتاج إليه في عالمنا العربي، ولن يتحقق إلا بالعمل على نشر مثل هذه البحوث التي تعطينا نموذجًا لكيفية تطور العلم ونموه في أي مجال كائنًا ما كان.

منهج البحث:

أما عن المنهج المتبع في البحث الحالي: فهو منهج تحليلي يهدف إلى تحليل آراء أندرسون في الموضوع. وهو منهج نقدي ، يتمثل في التعقيب على نظريات المنطق المختلفة. وهو منهج مقارن يعتمد على مقارنة النظريات المختلفة في المنطق، موضحًا ما فيها من أوجه قصور وما فيها من مزايا.

جامعة يال حتى حصل على درجته العلمية الأولى، وبعد حصوله على درجة البكالوريوس عام ١٩٥٠م حصل على منحة من مؤسسة فولبرايت للالتحاق بجامعة كامبريج من عام ١٩٥٠ وحتى عام ١٩٥٢، حيث حصل على درجة الماجيستير،= =ثم عاد إلى جامعته الأم وحصل على درجة الدكتوراة، ثم حصل على درجة أستاذ عام ١٩٦٣، وعمل أندرسون كأستاذ كرسي عام 1967م بقسم الفلسفة بجامعة بتسبرج وحتى وفاته عام 1973م.(Massey, G., 1974, p210)

أولًا- مدخل إلى منطق الارتباط:

منطق الارتباط هو أحد نماذج المنطق غير الكلاسيكي الذي نشأ نتيجة عدم طواعية النماذج المنطقية الكلاسيكية للتطبيق الواقعي، بشكل يناسب تحليل قضايا الفكر الإنساني بدوائره المختلفة، حل المشكلات التطبيقية وخدمة الأغراض العملية، حيث يتطلب ذلك نموذج منطقي مطور يمكنه تفادي الصعوبات التطبيقية لنماذج المنطق الكلاسيكي، وبناء على ذلك قسم بعض المناطقة المعاصرون المنطق من حيث الموضوع والقابلية للتطبيقات العملية إلى قسمين منطق كلاسيكي ومنطق غير كلاسيكي(Mares, 2020, p.1)، وموضوع الكلاسيكي هو وضع القواعد التي تجعل الفكر متفقًا مع ذاته؛ وعدم تناقض الفكر مع القواعد التي وضعها بذاته، فهو يبحث فقط في القواعد والشروط التي تضمن لنا الانتقال من المقدمات إلى النتائج دون تناقض، هذه القواعد والشروط صورية خالصة ولا علاقة لها بمضمون الفكر أو الواقع الموضوعي، ومن هنا فعمل المنطق الكلاسيكي هو أن يقدم لنا القواعد التي تجعل استدلالنا صحيحًا من الناحية المنطقية (النشار، 2000، ص ص 17-18).

أما موضوع منطق الارتباط وغيره من أنواع المنطق غير الكلاسيكي، هو وضع القواعد التي تجعل الفكر متطابقا مع الواقع (الأشياء)، أي أن تعبر في الذهن على ما هي عليه في الخارج، فإذا قلنا مثلا "إذا سقط المطر ابتلت الأرض"، ونظرنا إلى القضية من الناحية الكلاسيكية لن نبحثها إلا من حيث لزوم التالي عن المقدم، أما إذا كان المقصود هو صحة هذه القضية من حيث الواقع فهذا شيء آخر، يستلزم منا البحث في مادة القضية ومضمونها، هل تنطبق على الواقع أم لا؟، هل هي تنطبق على شيء خارجي أم هي مجرد افتراض ذهني؟، نلاحظ أن هناك اختلاف واضح أن نبحث القضية من حيث صورتها فقط وأن نبحثها من حيث مضمونها، فالصحة في منطق الارتباط تتطلب لزوم التالي عن المقدم وصحة الارتباط في المعنى والمحتوى، هنا التأكيد على الجمع بين الجانب المادي والصوري(Anderson & Belnap, 1962, p.45).

وهو تلك النظرية المنطقية المعاصرة متشعبة النماذج، والتي تختلف في جانب أو آخر عن المنطق الكلاسيكي بما يشكل خروجًا أساسيًا عليه، فالجديد كل الجدة في المنطق المعاصر يكمن في وضع أنساق غير كلاسيكية يرى بعض المناطقة أن ظهورها يعني التخلي عن فكرة تشريع منطقي مطلق كان المنطقيون الرمزيون الأوائل يسلمون به، بينما يتمسك البعض الآخر بأولية المنطق الكلاسيكي الثنائي القيمة (رور، 2020، ص34).

1- مفهوم منطق الارتباط :

منطق الارتباط كما أشار البحث الحالي هو أحد فروع المنطق الرياضي غير الكلاسيكي، والذي تم تطويره بهدف تجنب مفارقات ومغالطات اللزوم المادي واللزوم الدقيق في المنطق الرياضي الكلاسيكي. ويرتبط اللزوم في منطق الارتباط بعدة فروع من المعرفة، لعل أهمها الرياضيات التي تجسد بدقة مفهوم اللزوم المنطقي، كما يرتبط بمشكلة المعنى، وهي مشكلة تدخل في نطاق الفلسفة والمنطق واللغة (Audi, 1999, p.792).

1-1-الارتباط في اللغة:

يُعرف الارتباط لغة على أنه؛ الارتباط، الترابط، والربط، وكلها مشتقات المادة اللغوية "ربط" بمعنى شد، فهو مربوط وربيط، والمربوط مربوطان على الأقل، وتالتهما الرابط الذي يوثق العلاقة المباشرة بينهما.

والارتباط من الافتعال، أي إقامة العلاقة القريبة بين شيئين أو أكثر، والارتباط هو التبادل العلائقي، بمعنى قبول وجود كل طرف للآخر أو فيه، وفي الرابط معنى حدوث محكم ودائم لتلك العلاقة المتوسطة بين الأشياء ومعانيها (أبادي، 2004، مادة: ربط)، حيث يقول ابن هشام الأنصاري (761هـ) " فلأن الجملتين مرتبطتان ارتباطًا صارتا به كالجملة (الواحدة)" (الأنصاري، 1964، ص 375).

1-2-الارتباط اصطلاحًا:

الارتباط على المستوى الاشتقاقي مصطلح يعبر عن الجمع التصنيفي بين معنيي الترابط والربط، فوظيفته تركيبية، وهو تلك علاقة لزومية ذات ارتباط في المحتوى بين متغيرات الجملة أو القضية، وتنطلق هذه العلاقة من ضرورة منطقية تحدثها آلية الاستدلال، أما على المستوى الدلالي، فيهتم الارتباط بالآلية اللغوية، وتمام المعنى في تركيب القضية، والارتباط الدلالي يؤدي بدوره إلى امتداد المعنى على المد الخطي للتركيب (عبد المطلب، 1995، ص101).

1-3-خصائص الارتباط:

-تفادي اللبس في فهم الانفصال بين المعنيين (المقدم والتالي).

-تفادي اللبس في فهم الارتباط بين المعنيين (المقدم والتالي).

-وجود علاقة ارتباط في المحتوى بين عناصر قضية اللزوم (مقدمة ونتيجة).

-وجود ائتلاف بين العناصر التركيبية داخل القضية.

-وجود علاقة لزومية أو تضمنية سياقية.

-الانتهاء إلى معنى دلالي عام.

- ينظر للارتباط كعلاقة انتقال تحليلي من اللزوم الشكلي إلى اللزوم القائم على المعنى، وللترابط وظيفة تواصلية داخلية (تركيبية) تنقل المعنى من المقدم إلى التالي في القضية اللزومية (حميدة، 1997، ص ص1-2).

2- لمحة تاريخية عن منطق الارتباط:

تم تقديم علاقة لزوم الارتباط لأول مرة عام 1928م؛ بواسطة الفيلسوف السوفيتي (الروسي) "إيفان أورلوف" "Orlov, Ivan Efimovich" (*) في بحث نشر باللغة الروسية في مجلة الرياضيات السوفيتية (Matematicheskii Sbornik) Soviet mathematical journal تحت عنوان: منطق توافق القضايا "the Logic of Compatibility of Propositions"، وجاءت بعدها محاولات عالمي الرياضيات والمنطق ويليام أكرمان "Wilhelm Ackraman" (**)، وألونزو تشرش Alonzo Church (***)، لتفنيد مفارقات اللزوم الدقيق عام 1956م ، حيث قدم أكرمان ما أسماه باللزوم القوي strong Implication أو اللزوم الصارم Rigorous Implication (عبد العزيز، د.ت، ص ص83-84)، وهو لزوم يعبر عن وجود رابط معنى بين متغيري قضية اللزوم الصادقة (Read, 2012, p.120).

وقد تنامى الاهتمام بمنطق الارتباط بشكل كبير في النص الثاني من القرن العشرين، إلا أن منطق الارتباط لم يتأسس كفرع بحثي مستقل إلا في ستينيات القرن العشرين مع الأعمال الفردية والمشتركة لعالمي المنطق الأمريكيين؛ آلان روس أندرسون، وزميله نويل بيلناب Nuel Belnap (****)، وخاصة مع صدور عملهما الموسوعي المتمثل في كتاب؛ (اللزوم: منطق الارتباط والضرورة)،

(*)إيفان إفيموفيتش أورلوف Ivan Efimovich Orlov (1886-1936)، فيلسوفًا ومنطقيًا وكيميائيًا روسيًا، ولد عام 1886، كان رائدًا لعدة أنواع من المنطق أهمها؛ منطق الارتباط، درس في كلية العلوم الطبيعية في جامعة موسكو، وبدأ مسيرته الأكاديمية في عام 1916، قدم عددً من الأبحاث في فلسفة الرياضيات والمنطق، وتحديدًا ما يسمى بالمنطق الجدلي، كما كان له مؤلفات متعددة المجالات في؛ نظرية الاحتمالات، وعلم النفس، ونظرية الموسيقى، والهندسة الكيميائية. سعى إلى تحليل وتطوير المنهج والمنطق الخاص بتطور العلوم الطبيعية، ولم يكن عمل أورلوف معروفًا منذ فترة طويلة، لأن منشوراته كلها باللغة الروسية، وكانت شبه مجهولة تمامًا خارج الاتحاد السوفييتي، فقط بعد الحرب العالمية الثانية برز دور أورلوف الرائد تدريجيًا ومساهماته في أنواع جديدة من المنطق مثل؛ المنطق الحدسي intuitionistic logic ، ومنطق الارتباط relevant logic، والمنطق الخطيlinear logic، وغيرهم، وتاريخ وفاته غير معروف ولكن يعتقد أنه لم يحدث قبل عام 1936.
(**Available at:** https://www.revolvy.com/topic/Ivan)

(**) ويليام أكرمان "Wilhelm Ackraman" ، (1896م-1962م) ، كان ولهام فريدريك أكرمان عالمًا ألمانيًا مشهورًا في الرياضيات، وطور أكرمان المنطق الخالي من النمط type-free logic (1952)، وكذلك قدم ما عرف بدالة أكرمان، والتي تعد أساسا مهمًا في منطق الحوسبة.(O'Connor, 2009, p.1)

(***) ألونزو تشرتش Alonzo Church (1903 - 1995)؛ عالم رياضيات أمريكي وباحث في مجال المنطق، وقد ساهم في تطوير المنطق الرياضي، وأيضا في تطوير اساسيات علم الحاسوب النظري.
(**Available at**:)http://www.newworldencyclopedia.org/entry/Alonzo_Church

(****) نويل بلناب Nuel Belnap (مواليد 1930م)، فيلسوف وعالم منطق أمريكي معاصر، قدم مساهمات عديدة في مجال المنطق، له دوره الرائد في فلسفة المنطق ومنطق الارتباط والمنطق الزمني، درس في جامعة بيتسبرغ منذ عام 1963 حتى تقاعده في عام 2011؛ ويعد عمله الأكثر شهرة هو تعاونه مع آلان روس أندرسون على منطق الارتباط، والذي كان له الأثر البالغ علي تطور المنطق الرياضي المعاصر.
(**Available at**: http://www.pitt.edu/~belnap/)

"Entailment: the logic of relevance and necessity" بجزئيه [*****]، ويُعد أحد أهم المنشورات الموسوعية التي ساهمت في تطوير هذا المجال، وقد صاحب ذلك دعوة إلى رفض المنطق الكلاسيكي، واقتراح منطق الارتباط بديلاً له (Read, 2012, p.1).

وترجع بداية منطق الارتباط كمبحث جديد في المنطق الرياضي إلى عام 1958م، تزامنًا مع رفض أندرسون لمفارقات اللزوم المادي واللزوم الدقيق، بهدف استكمال ما بدأه أكرمان وتشرش، ومع أندرسون تطورت علاقة اللزوم المنطقي؛ حيث قدم علاقة لزوم وتضمن تقوم على الارتباط في المحتوى، حيث قدم علاقة اللزوم كإجابة على سؤال ما إذا كان شيء ما يُعد نتيجة منطقية لشيء آخر أم لا؟ ، وبالتالي فمبدأ الارتباط لديه هو مبدأ جوهري لتحقق صحة الاستدلال، فلقد تركزت دراسات أندرسون في منطق الارتباط بصفة خاصة حول كون اللزوم معبرًا عن الارتباط الداخلي بين القضايا والملائمة بينها، على ألا يقوم الارتباط بين قضية وأخرى على مجرد وصف لبعض الأحكام كالكذب والصدق والضرورة والاستحالة، بل هو علاقة لزوم تؤكد على ضرورة ارتباط يشمل ارتباط المقدم والتالي والمعنى في آن واحد (Audi, 1999, p.792)، لمعالجة مفارقات اللزوم المادي واللزوم الدقيق، وتقع في قضية اللزوم عند فقدان الارتباط بين المقدم antecedent والتالي consequent، أو بين المقدمة premise والنتيجة conclusion (Anderson, 1975, p.17).

وفيما يتعلق الجانب التطبيقي فلقد قدم منطق الارتباط رباعي القيم حلولًا للتغلب على الصعوبات التطبيقية التي واجهت المنطق التقليدي ثنائي القيم، وبرز منطق الارتباط كأحد النظم الخبيرة التي يمكن تطبيقها بلغة البرمجة من أجل تمثيل معرفة الإنسان، بغرض تأدية مهام مشابهة لتلك التي يقوم بها الإنسان الخبير، ويعمل النموذج هنا بواسطة تطبيق آلية استنتاج، على جزء من الخبرة التخصصية تمّ تمثيلها في شكل معرفي، وهو من أهم الوسائل التي يمكن أن تساعد في إحراز المزيد من الكسب باستخدام أقل للإمكانات والموارد، خاصة القدرة البشرية، ويحاول البحث الحالي إبراز هذا الجانب التطبيقي لنموذج منطق الارتباط في مجال الذكاء الاصطناعي، وكيف أمكن تطبيقه كنظام خبير في هذا المجال على نحو ما سيتم عرضه في الجزء التالي من هذا البحث.

ثانيًا- ما الذكاء الاصطناعي؟

الذكاء الاصطناعي هو فرع من علم الحاسبات الذي يمكن بواسطته خلق وتصميم برامج للحاسبات تُحاكى أسلوب الذكاء الإنساني، لكي يتمكن الحاسوب من أداء بعض المهام بدلًا من الإنسان، والتي تتطلب التفكير والتفهم والسمع والتكلم والحركة (Madbouly, 1996, p.44). أو هو اسم يُطلق على مجموعة

([*****]) مؤلف موسوعي معاصر عن منطق الارتباط مكون من جزأين، لمؤلفيه أندرسون وبيلناب، الذين تأثروا كثيرا بـ مؤلفات عالم المنطق الأمريكي "ويليام أكرمان"، وقد نشر الجزء الأول عام 1975م، بعد وفاة أندرسون، وساهم في تأسيس منطق الارتباط، كما نجح في جذب العديد من أنظار الباحثين الي هذا الفرع الجديد من المنطق -في ذلك الوقت-، وقد مثل هذا المؤلف حجر الأساس للعديد من المؤلفات اللاحقة، الا أن الجزء الأكثر اتساقًا وشمولًا كان= =الجزء الثاني من هذا الكتاب، والذي كتب في سبعينيات القرن العشرين، إلا أنه لم يصدر إلا في أواخر القرن العشرين بمشاركة عالم المنطق "مايكل دن" Michael Dunn . (Read, 2012, p.1)

من الأساليب والطرق الجديدة في برمجة الأنظمة المحاسبية، والتي يمكن أن تستخدم لتطوير أنظمة تحاكي بعض عناصر ذكاء الإنسان وتسمح لها بالقيام بعمليات استنتاجية عن حقائق وقوانين يتم تمثيلها في ذاكرة الحاسوب. لذلك يهدف الذكاء الاصطناعي إلى فهم طبيعة الذكاء الإنساني عن طريق عمل برامج للحاسب الآلي قادرة على محاكاة السلوك الإنساني المتسم بالذكاء؛ وبالرغم من صعوبة معرفة الذكاء الإنساني بشكل عام؛ إلا أن العلماء قد تمكنوا من الوصول إلى بعض المعايير التي تصفه ؛ منها: التعميم والتجريد، وتعرف أوجه الشبه بين المواقف المختلفة، والتكيف مع المواقف المستجدة، واكتشاف الأخطاء وتصحيحها ذاتيًا؛ لتحسين الأداء في المستقبل...إلخ؛ لذلك يهتم علم الذكاء الاصطناعي بالعمليات المعرفية التي يستخدمها الإنسان في تأدية الأعمال التي تعدّ ذكية، وهي أعمال تختلف في طبيعتها، فقد تكون فهم نص لغوي منطوق أو مكتوب، أو لعب الشطرنج، أو حل لغز، أو حل مسألة رياضية، أو كتابة قصيدة شعرية، أو القيام بتشخيص طبي، أو الاستدلال على طريق للانتقال من مكان إلى آخر(بونيه،1993، ص13).

ولا يزال العديد من نظريات هذا العلم محلّ بحث وتطوير، إلا أن بعض التقنيات التي اعتمدت عليه بدأت تخرج للمجالات العلمية الأخرى، وقد أثبتت فعاليتها؛ حيث تم إنجاز عديد من الأعمال التي كان يصعب القيام بها باستخدام البرمجة التقليدية. ومن هذه التقنيات الجديدة تقنية الأنظمة الخبيرة Systems Expert، التي تركز على استخلاص المعرفة التي يستخدمها الخبراء في مجال ما، وتخزينها، واستخدامها في الوصول إلى استنتاجات توازي تلك التي يصل لها الخبير (Wang & Goertzel, 2006, pp.1-2)؛ لذلك تتطلب عملية بناء الأنظمة الخبيرة عقد العديد من الجلسات مع خبراء المجال المحدد، بالتعاون مع علماء المعلومات؛ حيث يقوم الخبير البشري بشرح معرفته وخبرته في هذا الميدان، والطرق التي يتبعها في حل المسائل. وبالطبع تتم مراجعة هذه المعلومات، وإضافة معلومات جديدة مع التطور العلمي، وقد يتم الاستعانة بخبراء آخرين في مرحلة تالية، للتعليق على المعلومات التي أعطيت بواسطة الخبير الأول (بونيه، 1993، ص212)؛ الأمر الذي يتطلب مساعدة أشكال التمثيل المعرفي، لذلك سوف تتم الإشارة إلى التمثيل المعرفي بعد قليل.

ثالثًا- علاقة المنطق بالذكاء الاصطناعي:

تجدر الإشارة إلى أنه عادةً ما تستخدم كلمة "علاقة" عند وجود ارتباط بين أمرين يعتمد كل منهما على الآخر، مثل: علاقة الهدف بالمنهج، وعلاقة كل منهما بالقضايا المطروحة للبحث. وكالعلاقات التي تربط مجالاً بآخر كل منهما له وجوده الذاتي، ومع ذلك يوجد ارتباط بينهما، لكن هل تختلف دلالة كلمة "علاقة" عندما يتعلق الأمر بعلاقة المنطق بالذكاء الاصطناعي؟

هنا نجد ارتباطًا قويًا بين العلمين، وعلاقة قوية بينهما؛ سواء في الهدف أو في المنهج، أو في الموضوعات.. إلخ؛ الأمر الذي يؤكد أهمية الدور الذي قام به المنطق في تأسيس نظم الذكاء الاصطناعي المختلفة .(Thomason, 2018, p.1)

لكن عن أي منطق نتحدث حين نعالج مسألة علاقة المنطق بالذكاء الاصطناعي؟ هل هو المنطق ثنائي القيمة أم متعدد القيم أم غيرهما من أنواع المنطق؟ إن البحث الحالي يتعلق بمنطق الارتباط رباعي القيّم كما سيتضح بعد قليل. وتجدر الإشارة هنا إلى دور المنطق الرمزي باعتباره قد أسهم

إسهامًا كبيرًا في تأسيس الذكاء الاصطناعي؛ فعلاقة المنطق الرمزي بالذكاء الاصطناعي هي جزء من علاقة أشمل وأعم، تجمع بين المنطق الرمزي وعلم الحاسوب عبر المكونين الرئيسين للحاسوب: المكونات المادية hardware، والبرمجيات software؛ فالحاسوب يقوم في تصميمه المادي على استخدام الثوابت المنطقية التي يكشف عنها المنطق الرمزي كالربط والفصل والسلب والشرط (زيدان، 1989، ص90)، وما الثوابت المنطقية إلا جانب من جوانب الإبداع المنطقي الذي جاء به مؤسسو المنطق الرمزي؛ ذلك الكشف الذي هيأ لعلماء الإلكترونيات عامة، ولعلماء الحاسوب خاصة، تصميم وبناء النواة الأساسية لأي جهاز إلكتروني، والتي عرفت فيما بعد باسم "الدوائر المنطقية " Logical Circuits، وإذا كان الذكاء الاصطناعي يحاكي الذكاء البشري ؛ وكانت الخلية هي وحدة بناء الكائن الحي، فإنه يمكن اعتبار الدوائر المنطقية هي وحدة بناء أي جهاز إلكتروني، حيث تمكن علماء الحاسب بمقتضى الدوائر المنطقية من بناء عتاد الحاسوب، والذي ظهر الجيل الأول منه في عام 1948، وخلال الأربعين عام المنقضية على ظهوره اتخذ تطوره مسارًا من عدة نقلات نوعية يرمز إليها بالأجيال الأربعة، والتي كان الفيصل فيها هو التغير الذي طرأ على العنصر المادي -والدوائر المنطقية بالتحديد- المستخدم في بناء وحدة المعالجة المركزية CPU (علي، 1994، ص75).

ما يتعلق بالبرمجيات؛ فمجالاته المتعددة بدءًا من إدارة قواعد البيانات data-base management، مرورًا بتصميم لغات البرمجة programming language، وصولاً إلى الذكاء الاصطناعي، جميعها تشهد بأنها مستقاة من موضوعات المنطق الرمزي.

فمثلاً؛ عندما يشرع باحث الذكاء الاصطناعي في بناء قواعد البيانات، يقوم بتخزين البيانات وهو يدرك تمام الإدراك أن الذكاء ليس بالطبع مجرد عملية تهدف تخزين المعرفة؛ بل معالجة قواعد البيانات التي تتطلب إدخال القدرات الاستدلالية في برامجهم؛ فباحث الذكاء الاصطناعي، كي يتجنب قصور المناهج والطرق المستخدمة في معالجة البيانات؛ أصبح ينحو نحوًا مختلفًا عندما يشرع في بناء قواعد البيانات فهو يخزن البيانات بطريقة مختلفة من البداية من خلال تصنيفه لها على أساس العلاقات المنطقية والفكرية والتماثل analogy (بونيه، 1993، ص21).

لقد أدرك العديد من علماء الذكاء الاصطناعي أهمية استخدام المنطق في مجالهم؛ فقد برهن المنطق عمليًا أنه الأداة المثلى لتنفيذ المهام المعقدة في الذكاء الاصطناعي. ولعل ما دفع علماء الذكاء الاصطناعي تجاه المنطق بالذات، هو أن موضوع المجالين يقوم على أساس العقل البشرى. فالهدف الأساسي من المنطق هو أن يعصم العقل من الوقوع في الخطأ عن طريق إيجاد آليات من شأنها أن تجعل هذا العقل يفكر تفكيرًا سليمًا، ويستدل بشكل صحيح. والذكاء الاصطناعي يهدف فهم طبيعة الذكاء الإنساني؛ ومن ثم محاكاة العمليات المعرفية الذكية التي يقوم بها الإنسان، من هنا كان اهتمامه بمحاكاة طرق المعالجة المنطقية التي يستعين بها الذكاء الإنساني.

وهكذا تبين لنا أن علاقة المنطق بالذكاء الاصطناعي علاقة قوية جدًا؛ فلا يمكن تهميش دور المنطق أبدًا في هذا المجال؛ بل هو أحد الركائز الأساسية لهذا العلم. وإن تأثر دور المنطق أحيانًا نتيجة ظهور بعض القضايا التي تتخطى حدوده، فسرعان ما تعود مكانته البارزة إلى

معدلاتها الطبيعية، بعدما يدرك علماء الذكاء الاصطناعي أن المنطق هو الأداة الأنسب للتعامل مع مثل هذه القضايا (Thomason, 2018, p.2).

رابعًا- دور المنطق في الذكاء الاصطناعي وتمثيل المعرفة:

1- دور المنطق في الذكاء الاصطناعي:

تتعدد الأدوار التي يلعبها المنطق الرمزي في الذكاء الاصطناعي بتعدد النظم الذكية، فلا يكاد يخلو أي نظام ذكي من وجود بصمة منطقية تثبت جوهرية الدور الذي يلعبه المنطق في هذا النظام، ولقد اعتمد علماء الذكاء الاصطناعي على عنصرين أساسيين، يشكلان معًا جوهر ما يؤديه المنطق في الذكاء الاصطناعي. (Thomason, 2018, p.3)

وهذان العنصران هما:

- اللغة المنطقية الرمزية.
- آليات الاستدلال.

لقد احتوت الأنساق المنطقية على لغات منطقية وآليات استدلال متعددة. وكان هدف العديد من المناطقة المعاصرين الذين اشتغلوا بالمنطق الرمزي وسيمانطيقا اللغات الطبيعية ابتكار نسق منطقي دقيق يمكنه التعبير عن كل جملة وكل تفكير، بل وكل حدس بوضوح شديد. بالفعل قد تحقق هذا الهدف وتحول إلى حقيقة، والعمل مستمر على قدم وساق لتجويده وتحسينه والوصول به إلى مستوى أفضل بابتكار العديد من اللغات والأنساق المنطقية، والتي تسهم إسهامًا كبيرًا في تطور علم الذكاء الاصطناعي (Dennet, 1988, p.287)

لكن كيف يتم التعامل مع المعلومات؟ أو كيف تقوم البرامج الذكية بتمثيل المعلومات المتعلقة بحدود وطبيعة المشكلة المراد حلّها من خلال لغات المنطق؟ أعني كيف يتم تمثيل المعرفة منطقياً؟

2- تمثيل المعرفة منطقيًا:

يختلف مفهوم "المعرفة" Knowledge، عن مفهومي "البيانات Data" و"المعلومات Information"، فالبيانات ليست إلا تلك العلامات التي نستخدمها في التعبير عن خصائص وصفات ما نقابله في الواقع من كيانات، وما نعانيه من أحداث، وذلك سواء كانت تلك العلامات، لغة أبجدية، أو أرقامًا، أو أشكالاً، أو رموزًا؛ فكلها أشكال لما يسمى "بالعلامة". أما المعلومات فهي ليست إلا بيانات، تمت معالجتها، بطريقة أو بأخرى، لتأخذ شكلًا جديدًا يفيد متلقيها في أداء عمل ما، أو في اتخاذ قرار معين (نصر، 1997، ص38).

إن رأي الإنسان وتفسيره ورؤيته لما يدور حوله من أمور، والسياق الذي تحدث فيه، تعد من العناصر الأصيلة التي تشكل المعرفة، كما تتمثل في المجموع المرتب والمتكامل للمكونات الثلاثة التالية: الاستنتاجات العقلية، الناتجة من العقل والتجريب، والخبرات المكتسبة، الناشئة من الممارسة العملية، وأخيرًا الأحكام الشخصية، النابعة من التجارب الذاتية، وهو المجموع الذي يمكن تسجيله واختزانه وتقديمه للآخرين عبر وسائط الاتصال

المختلفة، مثل: اللغة الطبيعية، والصور، والرموز، وذلك طبقًا لقواعد منطقية، أو جمالية محددة سلفًا (نصر، 1997، ص39).

إن عملية تمثيل المعرفة الإنسانية، أمر صعب جدًا، لما هو موجود من تعبيرات مبهمة، وإشارات، ورموز، وايماءات، إلى غير ذلك من وسائل التعبير المختلفة، والتي تعطي لنا دلالة ما أو مغزى، وبالتطرق إلى موضع المعنى، نجده أيضًا متعدد، ومن أهمها؛ "المعنى المنطقي Logical Meaning"، وهو المعنى المرتبط، بمختلف العلاقات المنطقية، أو الدلالية المحددة القائمة بين الجمل، كعلاقات الترادف، والتضمن، واللزوم المنطقي، والتضاد الآلي (ليتش، 2012، ص28).

والتمثيل المنطقي Logical representation، هو تحويل الجملة المصاغة، بلغة طبيعية إلى قضية منطقية قوامها "الرموز"، وهذا يشبه -من ناحية الشكل- الجبر، والتمثيل المنطقي من أقدم الأشكال المستخدمة في "تمثيل المعرفة"، فلكي تقوم الآلة بعملية الاستنتاج، يجب استخدام طريقة ما لتحويل الجمل، من أجل أن تتعامل الأجهزة مع رموز بديلة للكلمات والجمل (حماد، 2016، ص106).

لكن هناك الكثير من الحالات، غير مكتملة الفهم؛ نتيجة عدم اكتمال المفاهيم العامة، والتي تتألف منها اللغة، والتي تدخل بنا إلى عالم الاحتمالات؛ فالمعضلة التي تواجه مصممي برامج الذكاء الاصطناعي، كانت تنطوي على العلاقة بين المعلومات وصنع القرار، فعلى سبيل المثال: النظر في مشكلة تحديد النقطة التي يجب أن يقدم فيها الكومبيوتر تقريرًا، بأنه لا يملك بعض البنود الخاصة بالمعلومات، الموجودة داخل قاعدة البيانات، وهذا المشكلة لديها بنية مفاهيمية، تتعلق بالمعرفة الذاتية (Anderson, 1992, p.553).

لذلك كان للمنطق دور مهم، ومازال، فى تمثيل المعرفة؛ سواء في "مرحلة التجهيز" للبرنامج الذكي، وكذلك فى تشغيل هذا البرنامج، من خلال آليات الاستدلال وطرق التفكير المتعددة، في "مرحلة التنفيذ"، وتوجد أيضًا مرحلة وسط يلعب المنطق فيها دورًا بارزًا، وهي "مرحلة البرمجة"، التي يتم فيها إدخال المعارف الممثلة منطقيًا، وكذلك كل أوامر الاستدلال الخاصة بالبرنامج الذكي إلى جهاز الحاسوب، ليقوم البرنامج بإنجاز المهمة المطلوبة منه، ويتم ذلك من خلال لغات البرمجة programming languages (Thomason, 2018, p.6).

وعلى ذلك يمكن تقسيم الأدوار المنطقية في الذكاء الاصطناعي وتمثيل المعرفة إلى ثلاثة أدوار رئيسة، وهي:(Dennet, 1988, p.288)

الدور الأول: ويتمثل في استخدام المنطق كتقنية مباشرة وفعَّالة لتمثيل المعرفة.

الدور الثاني: ويتمثل في اعتبار المنطق مصدرًا لأنماط متعددة من التفكير، يتم تطويرها بصفة مستمرة، وكذلك استخدام آليات متطورة من الاستدلالات المنطقية المتعددة فى البرامج المختلفة.

الدور الثالث: ويتمثل فى إسهام المنطق فى تصميم وبناء العديد من لغات البرمجة، وعلى رأسها لغة البرمجة بالمنطق PROLOG.

إذن يشمل دور المنطق في مجال الذكاء الاصطناعي جانبين: أحدهما معرفي، والآخر استكشافي؛ يعبر الجانب المعرفي عن تمثيل العالم من خلال صورة يتبع فيها حل المشكلات

من الوقائع المعبر عنها في التمثيل. في حين أن الجانب الاستكشافي يعبر عن آلية تؤسس بناء على أن المعلومة تحل المشكلة وتقرر ما يجب فعله، أي عندما تتم عمليات الاستدلال فعليًا من خلال حل المشكلة) السيد، 2018، ص15) على نحو ما سيتضح في التطبيق.

خامسًا- نماذج من تطبيقات المنطق في مجال الذكاء الاصطناعي:

يسهم منطق الارتباط، رباعي القيم، في تقديم عِدّة مراحل يتم من خلالها التدّرج من المفاهيم البسيطة إلى المفاهيم الأكثر تعقيدًا، وذلك لأن مفهوم تطبيق المنطق المتعدد القيم كأساس لتطبيقات وتصميم وصناعة تكنولوجيا علوم الحاسوب والذكاء الاصطناعي يُعدّ ذا طبيعة تركيبية تشمل جوانب منطقية؛ نظرية وتطبيقية. لكن الأمر يتطلب الإشارة إلى المنطق الكلاسيكي ثنائي القيمة لما له من دور في تمثيل المعرفة من نواحي تطبيقية عملية، وكذلك المنطق ثلاثي القيمة Three-Valued logic بوصفه الشكل الأولي للمنطق المتعدد. من هنا وجب تناول تطبيقات النوعين كمدخل لتناول منطق الارتباط رباعي القيم ودوره، من النواحي النظرية والتطبيقية كأساس لتكنولوجيا الذكاء الاصطناعي.

1-تطبيقات المنطق ثنائي القيم Two-Valued Logic في مجال الذكاء الاصطناعي:

يعد المنطق ثنائي القيمة two-valued logic الركيزة الأساسية لتمثيل المعرفة في الذكاء الاصطناعي بصفة خاصة وتطبيقات علوم الحاسوب بصفة عامة، مما أدى إلى تقدير دوره الذي قام به في ذلك، فأصبح المرجعية المقارنة بينه وبين غيره؛ باعتبار أن كل آلات الذكاء الاصطناعي تقوم على التعامل مع الإشارتين (0&1) فقط على مستوى لغة الآلة machine language، لكن الأمر لم يقف عند هذا الحدّ، مما دفع بالعلماء والمختصين إلى إعادة البحث في جدوى الأدوات المنطقية التقليدية المستخدمة؛ وفي مقدمتها المنطق الثنائي القيم؛ وذلك بهدف تحقيق أهداف الذكاء الاصطناعي (شبكة، 2012، ص20)، من هنا جاء دور المنطق ثلاثي القيم.

2-تطبيقات المنطق ثلاثي القيم Three-Valued Logic في مجال الذكاء الاصطناعي:

يشتمل الجانب الفكري والفلسفي لمفهوم المنطق الثلاثي Ternary Logic مبدأ توسيع معيار الحكم على القضايا، فبدلاً من تحديد الحكم على القضايا بأنها إما صادقة أو كاذبة؛ تُصبح عملية إدخال قيمة توّسطية (½) بمثابة توسيع في الطبيعة النوعيّة لمعيار الحكم، وبالتالي نوعيّة القضايا التي يمكن إخضاعها للحكم والتي تشمل القضايا التي لا معنى لها Meaningless من منطلق المنطق الثنائي الكلاسيكي (شبكة، 2012، ص21).

أما من الناحية المنطقية فيما يتعلّق بالعلاقات وحساب القضايا كما في المنطق الرياضي الحديث، فنجد أن التوّسع يشمل الطبيعة الكميّة والنوعيّة، فبدلاً من اقتصار الحالات التي تُعبِّر عن الحكم على القضايا على (1 & 0) والتي تُعبِّر عن الحكم بأنها كاذبة False وصادقة True على التوالي، تصبح حالات الحكم ثلاث حالات هي: (0 & ½ & 1) ، والتي تُعبِّر عن قيم الكذب والصدق والقيمة التوّسطية Intermediate التي قد تفيد المعني « قد تكون صادقة أو كاذبة»، أما من حيث التوّسع النوعيّ فنجد أن البوابات المنطقية ستقوم بالتعامل مع ثلاثة أنواع من الإشارات بدلاً من نوعيّن (شبكة، 2012، ص21).

إلى جانب ما تم ذكره أعلاه، فإن الذكاء الاصطناعي لم يقتصر على نوعي المنطق تنائي القيمة أو ثلاثي القيمة؛ بل مع تطور التفكير المنطقي، تنوعت أنماط التفكير المنطقية في الذكاء الاصطناعي، وتعددت، ومنها ما هو متزامن مع منطق الارتباط، ومنها ما هو لاحق عليه. على سبيل المثال: المنطق الغائم Fuzzy Logic، والمنطق غير الرتيب nonmonotonic logic، واستدلال الحس المشترك common sense reasoning في مجال برمجة الحاسوب. وسأقف عند كل نوع فيما يلي:

3-تطبيقات المنطق الغائم Fuzzy Logic في مجال الذكاء الاصطناعي:

المنطق الغائم هو المنطق الذي يتناول طرق التفكير التي تتسم بالتقريب وليس الدقة. وترجع أهمية المنطق الغائم إلى أن أغلب أنماط التفكير الإنساني هي بطبيعتها تقريبية. ويتعامل المنطق الغائم مع قيم الصدق الجزئي Partial Truth الذي يقع بين "الصدق الكامل" و "الكذب الكامل"، فهو يتناول النسب التي تقع بين صفر Z و100%؛ فالمنطق الغائم يسمح بمزيد من الدرجات، أي أنه يسمح بالمتصل اللانهائي Infinite Continuum للدرجات الرمادية التي تقع بين الصفر والواحد الصحيح (النويهي،2001، ص18).

وكان الميلاد الفعلي للمنطق الغائم على يد العالم الأمريكي الجنسية والإيراني الأصل "لطفي زاده"(*) حينما نشر سنة 1965 بحثاً بعنوان " الفئات الغائمة "Fuzzy Sets"، وفي سنة 1972م أعلن زاده عما أسماه مبدأ عدم التوافق Principle of Incompatibility ومؤداه أنه كلما تزايد تعقد النظام تناقصت مقدرتنا على صنع عبارات تكون ذات دلالة ودقيقة في الوقت نفسه. وعندما يطبق المنطق الغائم على الحاسبات، فإنه يسمح لها بأن تحاكي عملية التفكير الإنساني، فيتم تكميم المعلومات غير الدقيقة وتصنع قرارات مرتكزة على بيانات غامضة وناقصة. فالمنطق الغائم يعني استنتاجًا بأعداد غائمة وفئات غائمة (النويهي،2001، ص18).

لقد بدأت علاقة المنطق الغائم بالذكاء الاصطناعي عندما وجد علماء الحاسوب والذكاء الاصطناعي أن المنطق ثنائي القيمة لم يعد كافيًا للتعامل مع القضايا والمواقف التي تشتمل درجات متفاوتة من الحكم، منها مثلًا: التشخيص الطبي، أو الأطوال والأحجام وغيرها، لذلك، اقتضت الحاجة البحث عن منطق مرن للتغلب على هذه الثنائية المقيدة للحكم المحصورة بين حكمين فقط إما صادق أو كاذب. إضافة إلى ذلك، يوجد الكثير من البحث في الذكاء

(*) **لطفي علي عسكر زاده**؛ (4 فبراير 1921 - 6 سبتمبر 2017)، هو عالم رياضيات أمريكي بلغ درجة أستاذ في الرياضيات والحاسوب والكهرباء، وتعد أبحاثه في الرياضيات والمنطق الغائم إحدى أكبر إنجازاته؛ حيث يعتبر مؤسس المنطق الغائمFuzzy Logic ، والذي أحدث تطورًا كبيرًا في علم الذكاء الصناعي.

أما عن مسيرة حياته؛ فقلد ولد زاده في باكو عاصمة أذربيجان، عاش في إيران منذ العاشرة من عمره وحتى بلغ الثالثة والعشرين، حيث رحل زاده في سن العاشرة برفقة عائلته إلى إيران، ودرس الهندسة الكهربية وحصل على البكالوريوس سنة 1942م من جامعة طهران، ثم رحل خلال الحرب العالمية الثانية إلى الولايات المتحدة الأمريكية، حيث حصل على الماجستير في الهندسة الكهربية سنة 1946م، وعلى الدكتوراه في التخصص نفسه سنة 1951م من جامعة بركلي في كالفورنيا، كما حصل على 72 شهادة دكتوراه فخرية، واشتغل زاده في التدريس بنفس الجامعة ابتداء من سنة= =1959، وشغل منصب أستاذ كرسي سنة 1971م بقسم الهندسة الكهربية إلي حدود سنة 1991، وهي سنة التقاعد، إلا أنه ظل بعد هذا التاريخ يقدم محاضرات ومنتديات علمية. (**Available at:** https://artsandculture.google.com/)

الاصطناعي متعلق باستخدام المنطق الغائم في تمثيل المعرفة المتعلقة بالعالم الحقيقي أو الخارجي (البنا، 2021، ص5).

أضف إلى ذلك أن هناك العديد من الدوافع التي دفعت العلماء إلى تطوير علم المنطق الغائم، فمع تطور الحاسوب والبرمجيات نشأت الرغبة في اختراع أنظمة أو برمجة يمكنها التعامل مع المعلومات غير الدقيقة على غرار الإنسان، لكن هذا ولّد مشكلة تتعلق بأن الحاسوب لا يمكنه التعامل إلا مع معطيات دقيقة ومحددة؛ وقد نتج عن هذا التوجه ما يعرف بالأنظمة الخبيرة في الذكاء الاصطناعي (Elkan, 1996, p.212)، وهو ما سيتم الإشارة إليه بعد قليل.

4-تطبيقات المنطق غير الرتيب non-monotonic logic في مجال الذكاء الاصطناعي:

ترجع بداية هذا المنطق بشكل أساسي إلى أن تمثيل المعرفة واستدلال الحس المشترك باستخدام المنطق الكلاسيكي أصبحت محدودة، حيث وُصفت صياغات المنطق الكلاسيكي بالرتابة، والضعف وعدم ملاءمتها لحل المشكلات المستجدة في هذا الميدان، لقد أدت مشكلة الرتابة التي يعاني منها المنطق الكلاسيكي إلى ضرورة البحث عن إمكانية ابتكار نوع آخر من المنطق، فكان "المنطق غير الرتيب"؛ لذلك مع بداية عام 1980 دخل الاستدلال غير الرتيب «استدلال القفز إلى النتائج» مجال علوم الحاسب، وبدأ يؤلف مجالاً جديدًا للبحث الفعال (السيد، 2018، ص13).

وإذا كان الاستدلال، بصفة عامة، يتطلب وضع فروض معينة ترتبط بموضوع البحث؛ ويمكن اختبارها لمعرفة مدى قدرتها على تفسير الظاهرة المراد دراستها؛ فإذا ما أثبتت الفروض عدم جدواها، حين تعجز عن تقديم نتائج مقبولة؛ فإنه في هذه الحالة يتم التخلي عنها.

والاستدلال غير الرتيب، ينهج هذا النهج، فهو عبارة عن نظرية لوضع الافتراضات واختيارها بشكل مبدئي، هذه الافتراضات هي مجرد افتراضات يمكن التخلي عنها متى نجد وقائع جديدة وظروف تتعارض مع ما ينتج عنها من استنتاجات؛ أي حين لا يمكن استنتاج نتائج معقولة من قاعدة معرفية بوصفها مجموعة من الصياغات في منطق مناسب. لذلك فهذه الافتراضات ليست معصومة من الخطأ، وأيضًا النتائج التي تُستنتج منها تُعدّ مؤقتة، أي يمكن التخلي عنها بعد وضع صياغة جديدة تضاف إلى قاعدة المعرفة الموجودة في النظام. والدور الذي يقوم به العنصر الإضافي في الاستدلالات غير الرتيبة هو صياغة استدلالات معرفية جديدة تعطي نتائج مفيدة لصنع القرار الذي لا يمكن الحصول عليه بطريقة أخرى (السيد، 2018، ص22).

وفي الاستدلال غير الرتيب يمكن استنتاج بعض النتائج دون حاجة إلى امتلاك معارف كاملة عن الأمر المستنتج، وبرامج الذكاء الاصطناعي، تتطلب وسائل وأساليب للقفز إلى النتائج؛ حتى في حالة عدم وجود أدلة وبراهين كافية (Mccarthy, 1988, p.307).

ولما كان للذكاء الاصطناعي يحاكي الذكاء الإنساني؛ فإن ما ينطبق على الإنسان لابد أن ينطبق أيضًا على الآلة، وبالطبع إذا لم يكن لدى هذا الإنسان نمط تفكير يستطيع من خلاله القفز إلى النتائج بأقل المعلومات المتوفرة لديه تجاه موقف معين؛ فحتمًا سيفشل في التعامل

مع هذا الموقف. الأمر الذي أدى بالعلماء إلى السعي نحو إيجاد نمط تفكير مماثل تستطيع من خلاله الآلة التعامل مع الموقف حال ما تكون المعلومات المتوفرة غير مكتملة أو غير دقيقة، فكان المنطق غير الرتيب(Mccarthy, 1988, p.9) .

استدلال الحس المشترك Common Sense Reasoning:

يُعدّ استدلال الحس المشترك نمطًا من أنماط الاستدلال المهمة في مجال الذكاء الاصطناعي يماثل معرفة الحس المشترك لدى الإنسان العادي. والتي تقوم على الخبرات العملية، والمعرفة الدارجة، معرفة الحس الشائع المباشر Common knowledge Senseوممارسات الحياة اليومية، وهي معرفة يلجأ إليها الفرد العادي لفهم واقعه، وحلّ ما يواجه من مشكلات، وتفسير ما يلاقيه من ظواهر (علي; حجازي، 2005، ص288).

ويتأسس استدلال الحس المشترك على مجموعة من المبادئ التي تشترك فيها أذهان الناس جميعًا. ويتم الحكم على سلوك الناس بالصواب أو بالخطأ، دون وعي بالمقدمات المنطقية التي أدت إلى هذا الحكم. فحينما نصف شيئًا بأنه "حس مشترك " فذلك يعني أن ذلك الشيء يمكن أن يدركه الناس جميعًا بالفطرة والبداهة العقلية التي لا تحتاج إلى تدريب (وهبة، 1979، ص171).

ولما كانت طبيعة المعرفة الإنسانية، معرفي الحس المشترك، تتميز بأنها تنمو بشكل مستمر وتتغير، فقد اصطدمت عند صياغتها بأنساق استنباطية غير قادرة على التعامل مع طبيعة هذه المعرفة المتجددة والمتغيرة والتي تتسم بالحركة المستمرة. الأمر الذي دفع الباحثين فى مجال الذكاء الاصطناعي إلى ضرورة البحث عن أنساق منطقية وآليات جديدة تتواكب مع طبيعة هذه الاستدلالات الحسية المتغيرة (السيد، 2018، ص22)؛ فكان استدلال الحس المشترك.

سادسًا- تطبيق منطق الارتباط في مجال الذكاء الاصطناعي:

1-أهمية تطبيق منطق الارتباط في مجال الذكاء الاصطناعي:

يأتي نموذج منطق الارتباط في الذكاء الاصطناعي تحت مسمى النظام الخبير، وتعد النظم الخبيرة من أهم تطبيقات علم الذكاء الاصطناعي الذي يهدف إلى نقل الذكاء البشرى إلى نظم الحاسبات عن طريق تصميم البرمجيات وأجهزة الحاسبات التي تُحاكى سلوك وتفكير البشر. والفكرة الأساسية وراء النظم الخبيرة بسيطة؛ فالخبرة تنتقل من الخبراء إلى الحاسوب، ويستدعيها مستخدمو الحاسوب كنصيحة معينة عند الحاجة، ويستطيع الحاسوب أن يتوصل إلى استنتاج معين يرتبط بالموضوع؛ فالأنظمة الخبيرة تساعد من يحتاج إلى الاستشارة على اتخاذ القرار المناسب، وتستخدم الأنظمة الخبيرة الآن في الآلاف من المنظمات، وتخدم العديد من المهام، هذه الإمكانات تزود الشركات بإنتاجية محسنة وميزات تنافسية هائلة (طلبة، 1989، ص6).

ومن السمات المهمة للأنظمة الخبير قدرتها على إعطاء المستخدم تفسيرًا لخطة "تفكير" البرنامج. ويتم ذلك بإدماج بعض الإجراءات داخل البرنامج، حيث تقوم هذه الإجراءات بعرض مواد المعرفة التي استخدمها النظام الخبير في التوصل لأحكامه. ويحتوي البرنامج المعرفة أو المعلومات في صورة لا تختلف كثيرًا عن صورة المعرفة كما يدركها الخبير البشري (بونيه، 1993، ص212).

إذن تأتي أهمية هذا النوع من النظم الخبيرة، من خلال قدرتها على استخلاص الخبرات الإنسانية وتخزينها ببرنامج يقلد الخبير البشري في عمله بنفس المستوى. والأهمية الأكبر عندما تدرك الدول النامية أهمية هذه النظم، وضرورة نقلها على أسطوانات صغيرة؛ توفيرًا للوقت والجهد مقارنة بالاستثمار البشري المكلف (Franden, 2010, pp.138-139).

2- هدف تطبيق منطق الارتباط في مجال الذكاء الاصطناعي:

يهدف تطبيق منطق الارتباط في الذكاء الاصطناعي إلى (Krose; Van der smgt, 1996, p57):

2-1- معالجة البيانات الرمزية غير الرقمية من خلال عمليات التحليل والمقارنة المنطقية.
2-2- تمثيل كميات هائلة من المعارف الخاصة بمجال معين.
2-3- الاحتفاظ بمعارف متراكمة وجعلها جاهزة على الفور.
2-4- استخدام أسلوب مماثل للأسلوب البشري في حل المشكلات المعقدة.
2-5- التعامل مع الفرضيات بشكل متزامن وبدقة وسرعة عالية.
2-6- تقديم حل متخصص لكل مشكلة ولكل فئة متجانسة من المشاكل.

3- الفوائد التطبيقية لمنطق الارتباط في مجال الذكاء الاصطناعي:

إن أهم ما يميز أي منطق هو قدرته التطبيقية. وقوة منطق الارتباط، رباعي القيم، تُقاس بقدرته التطبيقية على معالجة المدخلات أو المعلومات الناقصة. فكما نضطر أحيانًا في حياتنا اليومية إلى التسليم بقصور معرفتنا، ومع ذلك نتوصل إلى نتائج لا نتمكن من إثبات صحتها بدقة؛ ولكنها تبدو لنا معقولة، بل وكثيرًا ما نصفها بأنها معقولة، وهذا يعني أن "الإنسان يستطيع القيام بمعظم العمليات الاستدلالية برغم غياب المعلومات الكاملة التي لا يؤدي نقصها إلى إعاقة التفكير" (بونيه، 1993، ص182). من هنا استحدث في جميع برامج الذكاء الاصطناعي قواعد تحاكي تفكيرنا؛ باستخدام عمليات استدلالية تؤدي إلى نتائج برغم غياب المعلومات الكاملة عن الموضوع. فكان هذا النوع من الاستدلال الذي يحاكي استدلال العقل البشري، حيث يقوم بحصر الحقائق ذات الارتباط بالموضوع في مجال البحث، وتبسيط الخطوات المعقدة ومعالجة الثغرات (See: Anderson, 1992, p.506).

إن تطبيق منطق الارتباط رباعي القيم في علم الذكاء الاصطناعي؛ يساعد على تصميم آلية عمل البوابات المنطقية Logical Gates وما يترتب عليها من إشارات التحكُّم والمعالجة؛ التي تقدم توسعًا كميًّا ونوعيًّا في تكنولوجيا المعالجة. وعلى المستوى المنطقي، فيما يتعلّق بتمثيل المعرفة، يمكن التوسع في الرموز والحروف والأرقام التي يمكن تشفيرها من ناحية عددية كنتيجة لزيادة عدد الإشارات التي ترّمز بها. ومن حيث النوعيّة التي تتعلّق بطبيعة تكوين الحرف أو الرمز والوظيفة التي يمكن إسنادها للقيمة التوّسطية الجديدة في تحديد وضعيات إحصائية للحروف تساعد على استيعاب نسبية اللغة الطبيعية التي تمثّل المعرفة على مستواها، كما أن هذه الجوانب تنعكس بدورها على المستويات العليا من تمثيل المعرفة على المستوى الرمزي (شبكة، 2012، ص23).

4- خطوات تطبيق منطق الارتباط:

قدم ستيوارت شابيرو [*] Stuart C., Shapiro منطق الارتباط كنموذج في الذكاء الاصطناعي (shapiro, 1992, p.554)، وقام بتطبيق منطق الارتباط رباعي القيم كنظام خبير كالتالي:

4-1- مجال التطبيق: يقصد بمجال التطبيق في النظام الخبير؛ مجال تمثيل المعرفة في مجال تخصصي معين.

4-2- معالجة البيانات: علامات تستخدم في التعبير عن خصائص وصفات ما نقابله في الواقع من كيانات، وما نعانيه من أحداث، وذلك سواء كانت تلك العلامات، لغة أبجدية، أم أرقام، أو أشكال، أو رموز (Thomason, 2018, p.3).

والجدير بالذكر أن معالجة البيانات تحتاج إلى نظام منطقي قادر على معالجة بعض المدخلات الأكثر تعقيدًا، فبجانب المعلومات الأولية التي تمثل البيانات البسيطة في قاعدة البيانات؛ هناك بعض المدخلات التي تمثل ما يُعرف في الذكاء الاصطناعي بالثغرات. وسببها هو التناقضات في المعلومات التي قد تطرأ على قاعدة البيانات. وبعض الأنظمة المنطقية تعجز عن حلّ تلك المعضلات. وفي هذه الحالة؛ لا يملك الذكاء الاصطناعي سوى رصد وتقديم تقرير عن تلك التناقضات وما سببته من ثغرات، دون تقديم حلّ لها. لذلك وجب البحث عن أنساق جديدة تستطيع حلّ هذ المعضلات. وهنا تأتي أهمية منطق الارتباط رباعي القيم كنظام منطقي يقدم استدلالًا أفضل في معالجة البيانات الأكثر تعقيدًا، حيث يمكنه حل الثغرات الكامنة في تلك التناقضات بدلًا من تقبلها والاكتفاء بتقدم تقرير عنها (Anderson, 1992, p.508).

والسؤال الذي يطرح نفسه هنا: ماذا يحدث عند إدخال معلومات، في قاعدة البيانات، تحمل قيم صدق ونقيضها في آن واحد؟!، أي تحمل قيمة صادق **true told**، وفي وقت لاحق يتم إدخالها بقيمة كاذب **false told**؟ ربما ينشأ هذا التناقض نتيجة لخطأ ما في إدخال البيانات!، أو ربما تغيرت قيمة الصدق الحقيقة الفعلية لتلك المدخلات؛ وبالتالي كانت المعلومة صادقة في وقت ما؛ وتم تكذيبها في وقت لاحق!. أيًا كان السبب الذي أدى لظهور تلك الثغرات فمدخلات **قيمة صادق وكاذب معًا Both**؛ تُؤدي لحدوث تناقضات في قاعدة البيانات، الأمر الذي يتطلب حلاً عمليًا للتغلب على هذه التناقضات. هنا يبرز دور منطق الارتباط؛ الذي يقدم نموذجًا يتفادى تلك التناقضات، ويسهم في إزالة الثغرات التي يمكن أن تحدث في قاعدة البيانات؛ والذي يؤثر على النتائج التي يتم استنتاجها من تلك التناقضات(Anderson, 1992, p.503).

ومن المشكلات التي واجهت تطوير قاعدة البيانات في الذكاء الاصطناعي، ما يُعرف بفرضيات العالم المغلق the closed world assumption؛ وهو مغلق لأن قاعدة البيانات لا تسمح بالاستدلال خارج نطاق المدخلات الموجودة بالفعل داخل هذا العالم المغلق. الأمر الذي جعل العلماء عند محاولاتهم تطوير برامج الذكاء الاصطناعي أن يضعوا في اعتبارهم هذا العالم المغلق الذي يمثل عائقًا أمام إنتاج معلومات جديدة، أو توليد معارف جديدة؛ لأن

(*) ستيوارت شابيرو Stuart C., Shapiro :عالمًا وأستاذًا جامعيًا في مجال الحوسبة والذكاء الاصطناعي في جامعة بافلو (جامعة ولاية نيويورك) بالولايات المتحدة الأمريكية، وهو من كبار الباحثين المبدعين الذين أسهموا في إحداث ثورة في مجال الحوسبة والذكاء الاصطناعي. **(Available at**: https://research.com/u/Stuart-c-Shapiro)

عمليات الاستنتاج في هذا النظام المغلق تقوم على البيانات المخزنة فقط، وهو ما يجعل النظام يستنتج من نفسه فقط، أو يستورد معلوماته من مخزنه فقط (Anderson, 1992, pp.561-562).

وتأتي أهمية منطق الارتباط الذي يساعد على توليد معلومات جديدة لقيم مجهولة، في سبيل تطوير قواعد البيانات باستنتاجات أكثر مرونة دون التقيد بفرضيات العالم المغلق. إذ يقدم منطق الارتباط نموذجًا مطورًا لمعالجة البيانات الأكثر تعقيدًا. ووفقًا لقيم هذا النسق يتم إدخال المعلومات إلى قاعدة البيانات، ويتم تصنيفها **بقيّم أربع كما يلي**(Anderson, 1992, p.510) :

1- بيانات مقررة الصدق، حتى يثبت غير ذلك؛ وتأخذ قيمة **told true**.

2- بيانات مقررة الكذب، حتى يثبت غير ذلك؛ وتأخذ قيمة **told false** (***denied)***.

ويتم إدراجهما كثنائية مزدوجة **double entry** في قاعدة البيانات.

3- بيانات مجهولة القيمة؛ لاهي صادقة، ولا هي كاذبة؛ تأخذ قيمة **None** (***no told values***).

4- بيانات تجتمع فيها قيمتا الصدق والكذب معًا؛ وتأخذ قيمة **Both** وهي حالة مثيرة للجدل.

وتلك هي بالتحديد القيم الأربع، والتي تمثل الاحتمالات الأربعة لكل عنصر في قاعدة البيانات(*). وقيم منطق الارتباط رباعي القيم كنموذج للاستدلال في مجال الذكاء الاصطناعي هي؛ **صادق، كاذب، لا صادق ولا كاذب، صادق وكاذب معًا** (Anderson, 1992, p.510).

4-3-التعليم: اكتساب المزيد من المعلومات، والمعلومات هي بيانات تمت معالجتها، لتأخذ شكلًا جديدًا يفيد متلقيها في أداء عمل ما أو في اتخاذ قرار. (Anderson, 1992, p.508)

4-4-التعليل: استخدام القواعد السابقة للوصول إلى استنتاجات تقريبية أو ذات ثبات مؤقت، بهدف استنتاج المعلومات الناقصة، والقدرة على الاستنباط دون الحاجة إلى إضافة بنود إضافية للمعلومات)، فبعض المعلومات تكون أحيانًا ذات طبيعة ضمنية، وهو ما يسمى أيضًا Approximation in the information أي التقريب في المعلومات.
(Anderson, 1992, pp.561-562)

4-5-التصحيح التلقائي: أو الذاتي (وهو ما يعرف بتصحيح بالظروف الاستثنائية التي يتم مواجهتها في النظام) (Anderson, 1992, pp.561-562).

4-6-لغة برمجة: تستخدم لتمثيل المعلومات، والبرمجة المنطقية logical programming هي استخدام المنطق فى تمثيل المشكلات وكمنهج لحلها (Hogger; Kowalski, 1992, P.873)، وتمثل لغات البرمجة programming languages حلقة الوصل بين المبرمج البشرى والتفاصيل الداخلية للنظام الحاسوبي. وكانت البرامج فى البداية تكتب بلغة الآلة[1] machine language، وهي

(*) الجدير بالذكر أن تلك القيم الأربعة [T, F, None, Both]؛ ليست متكافئة مع قيم الصدق والكذب المستخدمة في الأنساق المنطقية العادية. فحين يتم إخبار الذكاء الاصطناعي بصدق عبارة (A) (T A) (Told true A)، فيكون المقصود بـ T هو told at least true، أي أن العبارة صادقة على الأقل في الوقت الحالي. أي لحين تغيير القيمة، أو ما لم يطرأ تحديث لقاعدة البيانات بإدخال قيمة مخالفة. وقد تتغير قيمة البيانات لتصبح العبارة كاذبة(A) told false. أما (T True) في قوائم الصدق والكذب الخاصة بالأنساق المنطقية فتعني صدق مؤكد تماماً told exactly true، على الأقل في الوقت الحالي. (Anderson, 1992, p.512)

مهمة لا يستطيع القيام بها إلا المتخصصون، حيث يفترض معرفة دقيقة بتفاصيل المكونات الداخلية. ولكي تصبح الآلة أكثر يسرًا فى استخدامها؛ تطورت لغات البرمجة مبتعدة عن الآلة صوب الإنسان المستخدم حتى أوشكت أن تحاكى لغته الطبيعية. ويعد المنطق، من خلال لغته الرمزية، مكونًا أساسيًا للعديد من لغات البرمجة، سواء التقليدي منها أو لغات الذكاء الاصطناعي (بسيوني، 1994، ص128).

وتُعالج المدخلات في منطق الارتباط رباعي القيم كالآتي (Anderson, 1992, p.510)**:**

T: just told true

-قيمة المدخلات عندما يتم تقرير صدقها ملائم، ولم يتقرر كذبها بعد.

F: just told false (ditto)

-قيمة المدخلات عندما يتم تكذيبها بشكل نهائي.

None: told neither true nor false

- المدخلات مجهولة القيمة؛ لاهي صادقة، ولا هي كاذبة.

Both: told both true and false

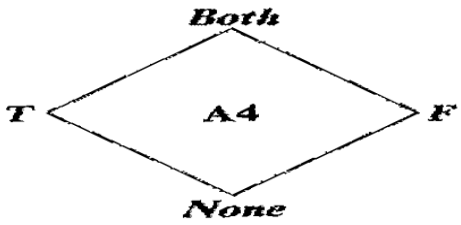
- المدخلات التي تجمع بين قيمتي الصدق والكذب معًا **Both** وهي حالة مثيرة، وتستخدم في حالة الضرورة العملية.

إذن القيم الأربعة هي: (Anderson, 1992, p.511) **T, F, None, Both**

ويمكن تمثيل هذه القيم بطريقتين: الأولى هي طريقة شبكة [*] التقريب؛ Approximation lattice، وفيها يتم التمثيل المعرفي لعملية تقريب الاستنتاجات بناءً على المعطيات المدخلة، ويرمز لها بـ (A4)، والثانية هي الشبكة المنطقية Logical lattice ويرمز لها بـ (L4) وهي شبكة يتم فيها التمثيل المنطقي لآلية الاستدلال في الذكاء الاصطناعي بواسطة العلاقات المنطقية، على النحو التالي:

1- شبكة التقريب Approximation lattice:

شبكة التقريب؛ Approximation lattice، ويرمز لها بـ (A4) وفيها يتم تقريب الاستنتاجات بناءً على البيانات والمعطيات المدخلة، كما هو موضح في شكل رقم (1):



شكل رقم (1) (مخطط شبكة التقريب رباعي القيم) (Anderson, 1992, p.512)

(*) التمثيل المعرفي والمنطقي عن طريق الشبكات؛ هو أحد الطرق التي تستخدمها النظم الخبيرة في معالجة المعارف، اعتمادًا على ما يُعرف بالتدوين البياني أو الرسومي Graphic Notation، وبطريقة هندسية أبعد ما تكون عن الطابع السردي المعتاد، وتعتبر الشبكات إحدى الوسائل العلمية، لتحقيق هذا الغرض. (علي، 1994، ص150)

من المخطط السابق نلاحظ العلاقات بين قيم شبكة التقريب وهي كالآتي:
(Anderson, 1992, pp.511-512)
-القيمة **Both** في القمة لأنها تعطي معلومات أكثر من المطلوب.
-كل من القيمتين صادق/ كاذب **false / true told** متعارضتين، ولكنهما على مستوى واحد في الوسط.

-القيمة **Non** في المستوى الأدنى، لأنها مجهولة القيمة؛ أي أنها لا تعطي أية معلومة.

مثال:

وصف حالة إدخال معلومات إلى قاعدة البيانات، تتعلق بنتائج مسابقة تمت بين بعض الفرق المتنافسة بهدف تتبع ورصد سلسة الفائزين من الفرق خلال إحدى السنوات، كالآتي:

لدينا شخصان يعملان في إدخال البيانات؛ وهما (سامي) و(عبير).

1-**أدخلت عبير المدخلات الآتية إلى قاعدة البيانات:**

(فاز الفريق الأول سنة 1971)، وهي معلومة صادقة T True

(فاز الفريق الثاني سنة 1971)، وهي معلومة كاذبة F False

2-ولكن إن قام سامي بإدخال معلومات خطأ إلى قاعدة البيانات **في وقت لاحق**:

ستصبح البيانات كالتالي:

(فاز الفريق الأول سنة 1971) هنا أصبحت المعلومات تحمل قيمتي الصدق والكذب في آن معًا (Both) (True, False) وهي الحالة المثيرة التي أشرنا إليها.

هنا يستشعر الذكاء الاصطناعي ضرورة وجود قيم جديدة مثل: (both)(Non) (one)، وبدلًا من اكتفائه بتقديم تقرير عن تلك الحالة، أصبح يتعامل مع تلك الحالات الاستثنائية، وفي تلك الحالة نكون أمام **إجراءين اثنين** (Anderson, 1992, p.511) :

-**الإجراء الأول:** يتم فيه معالجة القيم **T, F, Both** عند إدخال البيانات لأول مرة كمدخلات جديدة، ويتم التعامل مع القيمة **Non** عند غياب أي معلومة عن المدخلات.

-**الإجراء الثاني:** يتم في حالة تحديث قاعدة البيانات، ويتم فيه ترتيب كل عنصر في جدول طبقًا لكل قيمة من القيم الأربع: (told true) أو (told false) أو (both) أو (Non) بحيث يستطيع الذكاء الاصطناعي تحديث قاعدة بياناته وفقًا لتحديث المعطيات. وقائمة قيم الصدق هذه التي يتم إدخالها في الحاسوب تُسمى **set-up:**

Told true - Told false – Both – Non

وتتم معالجة البيانات في نظام الذكاء الاصطناعي طبقاً لهذه القيم، وقد تتغير وفقًا لما يستجد من مدخلات كالآتي(Anderson, 1992, p.512) :

-مدخلات مقررة الصدق **T**

-مدخلات مقررة الكذب **F**

-مدخلات تأخذ قيمة الصدق والكذب معًا **Both**

-مدخلات مجهولة القيمة **Non**

وفي تلك الحالة يتحول الذكاء الاصطناعي من كونه متلقٍ للمدخلات فقط إلى كونه مجيب عن أسئلة بواسطة استدلال الارتباط، وتكون تلك الإجابة **بأربعة طرق:**

Yes-1 / نعم **No-2 / لا**

Yes & No (Both)-3 / نعم ولا معًا **I don't know-4 / لا أعرف**

وبواسطة استدلال الارتباط يتمكن الذكاء الاصطناعي من تحديث قاعدة بياناته ذاتيًا عند حدوث تناقضات؛ بحيث يتم معالجة ثغرات قاعدة البيانات كالآتي:

-لو كانت القيمة كاذبة **F** ثم تم تقرير صدقها تتحول إلى القيمة **Both**

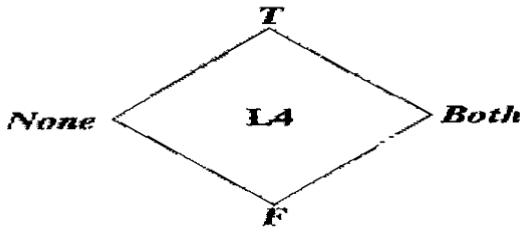
- لو كانت القيمة صادقة **T** ثم تم تقرير كذبها فيما بعد؛ تتحول إلى القيمة **Both**

-لو كانت القيمة مجهولة **Non** ثم تم تقرير صدقها فيما بعد تتحول إلى القيمة صادقة **T**

-لو كانت القيمة مجهولة **Non** ثم تم تقرير كذبها، فيما بعد، تتحول إلى القيمة كاذبة **F**

2- الشبكة المنطقية Logical lattice:

الشبكة المنطقية Logical lattice (L4)، وهي شبكة يتم فيها التمثيل المنطقي لآلية الاستدلال في الذكاء الاصطناعي بواسطة العلاقات المنطقية، كما هو موضح في شكل رقم (2):



شكل رقم (2) (مخطط الشبكة المنطقية رباعية القيم)(Anderson, 1992, p.516)

من المخطط السابق نلاحظ العلاقات بين قيم الشبكة المنطقية الآتي:

(Anderson, 1992, p.516)

-قيمة الصدق المؤكد **told true** في الأعلى (بوصفه أفضل تقدير تقريبي للصدق)

-قيمة الكذب المؤكد **told false** في الأسفل (بوصفه أسوأ تقدير للكذب)

-كل من القيمتين **Non** و**Both** يقعان في مستوى وسط بين قيمتي الصدق T والكذب F وهذا الترتيب يعبر عن الآتي:

- أن قيمتي Non وBoth في مستوى أدنى من مستوى الصدق T.

- قيمتا Non وBoth في مستوى أعلى من الكذب F، لأنه من الأفضل أن تظل القيمة مجهولة Non أو أن تتغير حالة القيمة F كاذب إلى قيمة Both معًا، لتحتمل الصدق والكذب معًا، وبذلك يصبح مستوى القيمة أفضل من قيمة كاذب. وعند إدخال T الصدق على F الكاذب، تتحول إلى قيمة أفضل من حيث المستوى. إذن نحن أمام علاقات متحولة ومتحركة باستمرار طبقاً لما يُستحدث من معلومات جديدة متغيرة، تُؤدي بدورها إلى تحول في القيم ذاتها.

علاقات الشبكة المنطقية:

-يقدم منطق الارتباط جداول قيم الصدق الآتية كقواعد للاستدلال في الذكاء الاصطناعي (Anderson, 1992, pp.513-516):

النفي Negation ورمزه "~":

~	None	F	T	Both
	Both	T	F	None

لاحظ أن:(Anderson, 1992, p.513)

- ~ T=F - ~ F=T

- ~ None=Both - ~ Both=None

العطف Conjunction ورمزه "&" :(Anderson, 1992, p.513)

&	None	F	T	Both
None	None	F	None	F
F	F	F	F	F
T	None	F	T	Both
Both	F	F	Both	Both

الفصل Disjunction، ورمزه "V" (Anderson, 1992, p.514):

V	None	F	T	Both
None	None	None	T	T
F	None	F	T	Both
T	T	T	T	T
Both	T	Both	T	Both

لاحظ أن:

-علاقة العطف والفصل للقيم None وBoth هي كالآتي:

- None & Both = F None V Both = T

التضمن Implication، ورمزه " → ":(Anderson, 1992, p.536)

→	None	F	T	Both
None	None	F	T	Both
F	F	F	Both	Both
T	T	Both	T	Both
Both	Both	Both	Both	Both

لاحـــظ أن:

علاقة الارتباط تشمل التضمن مثل: A→B، هي قاعدة مهمة للاستدلال في الذكاء الاصطناعي؛ وتعني؛ (إذا أردت معرفة صدق B تحقق من صدق A)، ولو كانت المقدمة A لا ترتبط بـالنتيجة B ، فهي لا تصلح كقاعدة للاستدلال في الذكاء الاصطناعي(shapiro, 1992, p.554)

ويمكن تمثيل العلاقة السابقة كتالي:(Anderson, 1992, p.536)

A	B	A→B
T	T	T
T	F	Both
T	Both	Both
T	None	T
F	T	Both
F	F	F
F	Both	Both
F	None	F
Both	T	Both
Both	F	Both
Both	Both	Both
Both	None	Both
None	T	T
None	F	F

None	Both	Both
None	None	None

إذن ما هو إسهام منطق الارتباط رباعي القيم في تطوير آلية استدلال الذكاء الاصطناعي؟

الإجابة ببساطة هو الخروج بالذكاء الاصطناعي من دائرة المتلقي لدائرة المفكر، في محاولة لمحاكاة استدلال الذكاء البشري الذي يجد الحلول والبدائل للمعضلات التي قد تواجهه. بمعنى آخر لو لدينا عنصر في قاعدة البيانات له قيمة صدق محددة، يمكن للذكاء الاصطناعي بواسطة الاستدلال القائم على منطق الارتباط أن يقوم بتعديل وتغيير قيمة صدق أو كذب العنصر بناء على ما يتم استحداثه من مدخلات، وربطها مع ذلك العنصر وتقديم قيمة جديدة تختلف عن القيمة السابقة، وبذلك يخرج الذكاء الاصطناعي من دائرة التلقي إلى دائرة التفكير الذي يعتمد على الاستنتاج من المعطيات، وذلك من أهم سمات الذكاء الاصطناعي. فبعد أن كان دوره محصورًا في تقديم تقرير عن وجود ثغرة ما، وبعد أن كان في بداية أمره لا يتقبل تغيير أو تعديل قيم عنصر سابق وإن تم تقرير صدقه أو كذبه في قاعدة البيانات؛ وكان يكتفي بتقديم تقرير يفيد وجود ثغرة ليس في استطاعته حلّها؛ أصبح الذكاء الاصطناعي، مع التطورات الجديدة التي أحدثها منطق الارتباط؛ يفكر، ويستنتج، ويغير القيم بقواعد استدلال الارتباط.

ومن أهم سمات الأنظمة الخبيرة في الذكاء الاصطناعي هو التعليل القائم على استخدام القواعد، المشار إليها سابقًا؛ للوصول إلى استنتاجات تقريبيه تكون أقرب للثبات؛ بهدف استنتاج المعلومات الناقصة؛ فبعض المعلومات تكون أحيانًا ذات طبيعة ضمنية، وهو ما يسمى تقريب المعلومات Approximation the information، وكذلك يقوم الذكاء الاصطناعي بعملية تصحيح تلقائي أو ذاتي للتغلب على الظروف الاستثنائية التي قد يواجها (Anderson, 1992, p.553) .

فبمجرد الانتهاء من بناء قاعدة المعرفة عن طريق تمثيل المعارف اللازمة لحل مشكلة ما، تبدأ مرحلة بناء برنامج تحكم control program للمساعدة في معالجة المعارف داخل القاعدة – والتي تمثل الشق الأساسي فى أي نظام ذكي – وذلك بغرض الاستدلال واتخاذ القرار لحل المشكلات. وهذا البرنامج عبارة عن لوغاريتم يتحكم فى بعض عمليات الاستنتاج المنطقي ويطلق عليه عادة آلة الاستدلال (محمد فهمي طلبة، وآخرون، 1994، ص123).

لقد استفاد الذكاء الاصطناعي من تطبيق نموذج منطق الارتباط المتعدد القيم الذي قدّم طفرة نوعيّة في التكنولوجيا؛ بهدف تبسيط تعقيدات التراكيب التصميمية لقيمتي (0 & 1) في المنطق الكلاسيكي ثنائي القيمة. حيث تمثل المحمولات في هذا المنطق فئات محددة القيمة؛ فإذا قلت عبارة مثل "فاطمة سعيدة" فإن فاطمة لابد وأن تكون سعيدة حتى يمكن أن تنتمي لفئة السعداء، وإلا إذا لم تكن سعيدة فإنها تنتمي إلى فئة اللاب سعداء، ولا يمكن أن تكون سعيدة وليست سعيدة في الوقت نفسه (النويهي،2001، ص20). ولكن في منطق الارتباط رباعي القيم ليس هناك ما يمنع أن يكون الشخص سعيدًا وليس سعيدً في آن واحد.

ومن أهم أهداف منطق الارتباط تبسيط تلك التعقيدات؛ بهدف حل المشكلات التي تمتد من مستوى لغة الآلة إلى المستويات العليا من اللغات الطبيعية، وتمثيل المعرفة، الأمر الذي تتطلب معالجة اللغة الطبيعية بشكل يمكن معه احتواء هذه المشكلات، على المستوى الإلكتروني والبرامجي، وكأساس لعملية بناء وتطوير تكنولوجيا وأدوات الذكاء الاصطناعي من أجل أن يسير قدمًا نحو تحقيق أهدافه الرئيسة في محاكاة المفاهيم الإنسانية وقدرات الإنسان العقلية والمعرفية، وتطبيقها في مجال الذكاء الاصطناعي.

وإذا كان الذكاء الاصطناعي - بحكم تعدد مجالاته وتطبيقاته - يحتاج إلى صورنة أنماط التفكير الأقل دقة واكتمالاً، فقد استطاع استدلال الارتباط صورنة هذه الأنماط، وبالتالي أسهم في تطوير الاستدلال الكلاسيكي، الذي ينتقل من أحكام "معروفة" نفترض صحتها إلى أحكام أخرى تلزم عنها، وأصبح منطق الارتباط رباعي القيم قادرًا على حلّ المشكلات التي عجز الاستدلال الكلاسيكي عن حلّها عندما تكون المعلومات غير مكتملة، أو غير دقيقة أو قد يطرأ عليها تعديل ما، أو تغيير(Thomason, 2018, p.8) .

إذن منطق الارتباط هو أحد تلك النظم الخبيرة التي يمكن تطبيقها بلغة البرمجة من أجل تمثيل معرفة الإنسان في مجال تخصصي معين، بغرض تأدية مهام مشابهة لتلك التي يقوم بها الإنسان الخبير. ويعمل المنطق هنا بواسطة تطبيق آلية استنتاج، على جزء من الخبرة التخصصية تمّ تمثيلها في شكل معرفي، وهو أحد تلك الوسائل التي يمكن أن تساعد في إحراز المزيد من الكسب باستخدام أقل للإمكانات والموارد، خاصة القدرة البشرية.

5- الصعوبات التي قد تواجه التطبيق:

لا شك أن استثمار إمكانات المنطق العملية قد تم بشكل أفضل وأكبر من خلال النظريات والنماذج المنطقية التي تمّ تطويرها حديثاً. ومنطق الارتباط رباعي القيم هو أحد تلك النماذج التي ساهمت في هذا التطور. إلا أن هناك بعض الصعوبات التطبيقية التي قد تواجه تلك النماذج أحياناً؛ وبصفة خاصة عند محاولة تمثيل المعرفة الأكثر تعقيدًا(McLaughlin; Jordan, 1999, p.2) . لكن بالرغم من وجود مثل هذه التقييدات limitations، وبالرغم من عجز المنطق في بعض الأحيان عن اجتيازها؛ إلا أن هذا لم يقلل من الدور المهم للمنطق فى مجال الذكاء الاصطناعي. من أجل هذا الهدف بادر المناطقة وعلماء الذكاء الاصطناعي بابتكار أنماط منطقية جديدة أكثر تطورًا للتغلب على تلك الصعوبات. على أثر ذلك، سعى العديد من المناطقة لابتكار أنساق صورية متعددة تصلح لتمثيل ومعالجة مفاهيم مختلفة في سبيل مواجهة الصعوبات التطبيقية التي تواجه الأنظمة المنطقية في مجال الذكاء الاصطناعي (Kowalski, 1989, p.486)

خاتمـــة البحث:

لقد أظهر البحث الحالي بعض النتائج التي تُوجز فيما يلي:

- إن المنطـق هـو قلـب الـذكاء الاصـطناعي، ويمثـل لـه الغايـة والوسـيلة فـي آن معًـا؛ فغايـة وهـدف الـذكاء الاصـطناعي هـو بنـاء آلات ذكيـة، قـادرة علـى التفكيـر المنطقـي، أمـا عـن الوسـيلة، فتكمن فـي أن علـم المنطـق بلغاتـه الرمزيـة المتعـددة، وآليـات اسـتدلالاته المتنوعـة هـو صـاحب الـدور الـرئيس فـي عمليـة بنـاء أي نظـام ذكـي. فـالمنطق هـو الوسـيلة المثلـى لتحقيـق أهـداف الـذكاء الاصـطناعي، وعلاقـة علـم المنطـق بعلـم الـذكاء الاصـطناعي هـي علاقـة تمتـد إلـى عقـود زمنيـة بعيـدة أثبـت فيهـا المناطقة، من خلال إسهاماتهم الرائدة، فضل المنطق وأهميته العظمى فى هذا المجال.
- قـدم منطـق الارتبـاط ربـاعي القـيم حلـولًا للتغلـب علـى الصـعوبات التطبيقيـة التـي واجهـت المنطـق التقليـدي ثنـائي القـيم، وبـرز منطـق الارتبـاط كأحـد الـنظم الخبيـرة التـي يمكـن تطبيقهـا بلغـة البرمجـة مـن أجـل تمثيـل معرفـة الإنسـان، بغـرض تأديـة مهـام مشـابهة لتلـك التـي يقـوم بهـا الإنسـان الخبيـر، ويعمـل النمـوذج هنـا بواسـطة تطبيـق آليـة اسـتنتاج، علـى جـزء مـن الخبـرة التخصصـية تـمّ تمثيلهـا فـي شـكل معرفـي، وهـو مـن أهـم الوسـائل التـي يمكـن أن تسـاعد فـي إحـراز المزيـد مـن الكسـب باستخدام أقل للإمكانات والموارد، خاصة القدرة البشرية.
- فعلـى مسـتوى تمثيـل المعرفـة منطقيًـا؛ كـان لمنطـق الارتبـاط دور مهـم، ومـازال، فـى تمثيـل المعرفـة؛ سـواء فـي "مرحلـة التجهيـز" للبرنـامج الـذكي، أو فـي مرحلـة تشـغيل هـذا البرنـامج، مـن خـلال آليـات الاسـتدلال وطـرق التفكيـر المتعـددة فـي "مرحلـة التنفيـذ"، وكـذلك "مرحلـة البرمجـة"، التـي يـتم فيهـا إدخـال المعـارف الممثلـة منطقيًـا وكـل أوامـر الاسـتدلال الخاصـة بالبرنـامج الـذكي إلـى جهاز الحاسوب، ليقوم البرنامج بإنجاز المهمة المطلوبة منه.
- ومـن هنـا تبـرز أهميـة الـدور المنطقـي الـذي لعبـه منطـق الارتبـاط فـي مجـال الـذكاء الاصـطناعي؛ الـذي يبـدأ مـن مرحلـة تصـميم النظـام الـذكي باسـتخدام اللغـات المنطقيـة ذات الكفـاءة التعبيريـة العاليـة، ثـم تـأتي مرحلـة أخـرى وهـي البرمجـة التـي يُسـتخدم فيهـا المنطـق بوصـفه لغـة برمجـة تتعامـل مـع المعـارف المطلوبـة، ويختـتم دوره ببنـاء آليـات الاسـتدلال التـي يـتم تطبيقهـا لاسـتنتاج نتـائج عنـد التعامـل مـع المعلومـات المطلوبـة، وعلـى الـرغم مـن أهميـة هـذا الـدور الـذي تلعبـه الـنظم المنطقيـة الخبيـرة فـي مجـال الـذكاء الاصـطناعي، بهـدف مسـاعدة الخبـراء البشـريين، إلا أنهـا ليسـت بـديلاً عـنهم؛ لأن البشـر فـى النهايـة يملكـون مـن المرونـة فـي التفكيـر والاسـتدلال المنطقـي، مـا قـد تفتقـده الآلـة فـي بعـض الأحيـان، ولهـذا تجـد علمـاء الـذكاء الاصـطناعي فـي سـعي دائـم لمحاولـة تطـوير عمليـة الاسـتدلال المنطقـي لـ الآلـة، وجعلهـا قـادرة علـى الـتعلم مـن التجربـة والأخطـاء تمامًـا مثـل البشـر، للحصـول علـى المرونـة المطلوبـة فـى التعامـل مـع كافـة المعطيـات باسـتخدام تقنيـات الذكاء الاصطناعي المختلفة.

قـــائـمـة المـصادر والمـراجـع

المصادر:

1. Anderson, A. R., & Belnap, N. (Mar 1962). ***The pure Calculus of Entailment***, The journal of Symbolic logic, No.1, Vol.27, pp.19-52, U.S.A: Association of Symbolic logic press.
2. ——————————& Et al. (1975). ***Entailment: The Logic of Relevance and Necessity,*** (Vol. 1). U.S.A: Princeton University Press.
3. ——————————————. (1992). ***Entailment. The Logic of Relevance and Necessity,*** (Vol. 2), U.S.A: Princeton University Press.

المـراجع الأجنبية:

4. Dennet, D. (1988). ***When Philosophers Encounter Artificial Intelligence***, U.S.A: Cambridge University Press.
5. Franden, J. (2010). ***Handbook of Modern Sensors***. (4th ed.). New York, USA: Springer Press.
6. Krose, B., van der Smagt, P., (1996). ***an introduction to "Neural Networks"*** (8th ed.). Amsterdam: university of Amsterdam press.
7. Madbouly, M. (1996). ***Use of Expert Systems for Assessment of Internal Control of Accounting*** .Alexandria, Egypt: Institute of Graduate Studies & Research, University of Alexandria.
8. O'Connor, J. & Robertson, F., (2009). ***School of Mathematics and Statistics***, Scotland: University of St Andrews press.
9. Read, S., (2012). ***Relevant Logic: A Philosophical Examination of Inference***, 8th ED, U.K: Basil Blackwell press.
10. Shapiro, S. (1992). ***Relevance logic in computer science. In A. Anderson***, *Entailment, The Logic of Relevance and Necessity,* vol.2, U.S.A: Princeton University Press, pp.554-563.
11. Wang & Goertzel. (2006). ***Introduction to Aspects of Artificial General Intelligence***. Washington DC, USA: AGIRI press.

الدوريات والمجلات العلمية الأجنبية:

12. Elkan, C. (1996). ***Fuzzy Logic.*** *In The Encyclopedia of Philosophy,* (Vol.3). New York, USA: D.M.Borchert (ed.).

13. Hogger, C.J. & Kowalski, R., A. (1992). ***Logic Programming***, In: Shapiro, S.C., (ed.), Encyclopedia of Artificial Intelligence, vol.1, New York, USA: John-Wiley& Sons.
14. Kowalski, R. (1989). ***The Limitations of Logic and its Role in Artificial Intelligence***, In: Schmidt, J.W., Thanose, C., (eds.), Foundations of Knowledge Base Management, New York, USA: Springer, pp. 477-394.
15. Mares, E., (Nov 13, 2020). ***Relevance Logic***, *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, USA: Stanford University press.
16. Mccarthy, J. (1988). ***Mathematical Logic in Artificial Intelligence, In: Graubad***, S. R., (ed.), The Artificial Intelligence Debate, The MIT Press, Cambridge, pp 297-311.
17. McLaughlin, J. A., & Jordan, G. B. (February 1999). ***Logic Models: A Tool for Telling Your Program's Performance Story***. *paper in Evaluation and Program Planning journal*, Vol. 22, N.1, pp 2-14.
18. Thomason, R. (Nov 2, 2018). ***Logic and Artificial Intelligence***. *Stanford Encyclopedia of Philosophy*. USA: Stanford University press.

القواميس الأجنبية:

19. Audi, R. (1999). ***Relevance logic***, The Cambridge dictionary of Philosophy, 2nd Ed, U.S.A: Cambridge University Press.
20. Cambridge dictionaries online. (2014). Cambridge University Press, Available at: **(http://dictionary.cambridge.org/)**

المراجع العربيـــة:

21. أبادي، محمد، (2004)، ***القاموس المحيط***، تقديم وتعليق: أبو الوفا الشافعي، بيروت: دار الكتب العلمية، بيروت.
22. الأنصاري، ابن هشام (1964)، ***مغني اللبيب عن كتب الأعاريب***، ج2، بيروت: دار إحياء التراث العربي، تحقيق: محي الدين عبد الحميد.
23. بسيوني، عبد الحميد، (1994)، ***مقدمة الذكاء الاصطناعي للكومبيوتر***، القاهرة: دار النشر للجامعات المصرية.
24. البنا، جبر، (2021)، ***أثر تعلم المنطق بمفاهيمه الثلاثة (الصوري والرمزي والضبابي) في تنمية القدرة على البرهان الاستدلالي في الرياضيات***، عمان-الأردن: منشورات جامعة البلقاء التطبيقية.

25.حميدة، مصطفى، (1997)، ***نظام الارتباط والربط في تركيب الجملة***، لبنان: مكتبة لبنان ناشرون والشركة المصرية لونجمان.
26.رور، ماري، (2020)، ***مبادئ المنطق المعاصر***، ترجمة: محمد يعقوبي، القاهرة: دار الكتاب الحديث.
27.زيدان، محمود، (1989)، ***المنطق الرمزي نشأته وتطوره***، الإسكندرية: مؤسسة شباب الجامعة.
28.طلبة، تغريد، (1989)، ***هندسة التحكم الاوتوماتي***، الرياض: مطبعة جامعة الملك سعود.
29.طلبة، محمد، وآخرون، (1994)، ***الحاسب والذكاء الاصطناعي***، المنوفية. دار دلتا للنشر.
30.عبد العزيز، إسماعيل، (د.ت)، ***المنطق الرمزي (مفاهيم ومشكلات)***، القاهرة: دار الثقافة العربية.
31.عبد المطلب، محمد (1995)، ***جدلية الإفراد والتركيب***، مكتبة لبنان ناشرون والشركة المصرية العالمية للنشر لونجمان.
32.ليتش، (2012)، ***اللغة الحديثة والمعاصرة***، ترجمة: (طاهر، أحمد)، الإسكندرية: دار الوفاء للنشر
33.النشار، علي، (2000)، ***المنطق الصوري (منذ أرسطو حتى عصورنا الحاضرة)***، القاهرة: دار المعرفة الجامعية.
34.نصر، السيد، (1997)، ***الحقيقة الرمادية***، القاهرة: الهيئة المصرية العامة للكتاب.
35.النويهي، سهام، (2001)، ***المنطق الغائم (علم جديد لتقنية المستقبل)***، القاهرة: المكتبة الأكاديمية للنشر والطباعة.
36.وهبة، مراد، (1979)، ***المعجم الفلسفي***، القاهرة: دار الثقافة الجديدة.

المجلات والدوريات العربية:

37.بونيه، آلان، (1993)، ***الذكاء الاصطناعي .. واقعه ومستقبله***، ترجمة :على صبري فرغلي، الكويت: سلسلة عالم المعرفة، مجلد 172.
38.السيد، مايسة، (ديسمبر، 2018)، ***الاستدلال غير الرتيب***، *مجلة الجمعية الفلسفية المصرية*، عدد 27، ص ص 13-41.
39.شبكة، ناصر، (2012)، ***الذكاء الاصطناعي ومنطق تمثيل المعرفة «منطق المكونات المادية المتعدد»***، المجلة العربية الدولية للمعلوماتية، المجلد الأول، العدد الثاني، ص ص 19-34.
40.علي، نبيل، ***العرب وعصر المعلومات***، (1994)، الكويت: سلسلة عالم المعرفة، مجلد 184.
*41.*علي، نبيل; حجازي، نادية، (2005)، ***الفجوة الرقمية***، رؤية عربية لمجتمع المعرفة، الكويت: سلسلة عالم المعرفة، مجلد 318.

الرسائل العلمية العربية:

42.حماد، محمد، (2016)، ***نظرية المعنى ودلالتها في المنطق المعاصر***، رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية الآداب - جامعة بنها، بنها.

مواقع من الشبكة الدولية للمعلومات (الإنترنت):

1. https://www.revolvy.com/topic/Ivan
2. http://www.newworldencyclopedia.org/entry/Alonzo_Church
3. http://www.pitt.edu/~belnap
4. https://artsandculture.google.com
5. https://research.com/u/Stuart-c-Shapiro

Application of Relevance logic in Artificial Intelligence and knowledge Representation

Dina Mohamed Mohamed Ali El Hissy
assistant lecturer, Department of Philosophy
Faculty of Women for Arts, Science & Edu, Ain Shams University - Egypt
dina.elhissy@women.asu.edu.eg

***Prof. Dr.* Siham Mahmoud Al Nowaihi**
Professor of Logic and Philosophy of Science
Faculty of Women for Arts, Science & Edu
Ain Shams University - Egypt
seham.elnewhy@women.asu.edu.eg

***Prof. Dr.* Fatima Ismail Mohamed**
Professor of Philosophy of Science
Faculty of Women for Arts, Science & Edu
Ain Shams University - Egypt
fatma.ismail@women.asu.edu.eg

***Dr.* Maysa Abdou Ali El Sayed**
Associate Professor of Logic
Faculty of Women for Arts, Science & Edu, Ain Shams University - Egypt
maysa.ali@women.asu.edu.eg

Abstract

Practical application is one of the most important factors for the success of the scientific theory and the completion of its pillars. Since the theoretical construction alone is not sufficient to complete its pillars in a consistent manner, and serving practical purposes is a primary goal for which Relevance Logic was developed, and from here researchers focused their efforts in establishing a theory describing its tools, techniques, and purposes, and analyzing its structure and applications, as Anderson presented the Relevance model in Artificial intelligence, a model that can be applied as an expert system for artificial intelligence applications and knowledge representation. The importance of this research refers to tracking the developments in the types of logic, the effects of these logical developments, and new techniques of inference on other sciences that have emerged in the era of contemporary technologies. The most important of them is the science of artificial intelligence, in light of the Relevance Logic model presented by Anderson.

Keywords: Relevance Logic, Artificial Intelligence, knowledge representation,