

الاستدلال غير الرتيب

Non Monotonic Reasoning

د. مايسة عبده علي (*)

مقدمة

إن مشكلة إيجاد أليات استدلال فعالة قادرة على نمذجة استدلال الحس المشترك البشري هي واحدة من المشاكل الرئيسية للبحث والتنفيذ في مجال الذكاء الاصطناعي. مؤخرا كان هناك اهتمام بمعالجة جيدة لأنساق منطقية تنتهك خاصية الرتبة. وذلك يتم دراسته من خلال سياق استدلال الحس المشترك البشري.

ما يميز الاستدلال الإنساني هي قدرته على التعامل مع المعلومات الناقصة. إننا نواجه باستمرار في الحياة اليومية مواقف، حيث من المعروف أن ليس لها أدلة ذات صلة. وفي الواقع دائما ما يكون هناك ثغرات في معرفتنا، وبالتالي لن تشمل حركتنا بسبب جهل جزئي ببعض المعارف، لذلك ينبغي أن نكون قادرين على استخلاص النتائج حتى إذا لم يكن لدينا دليل كاف ليكفل صحتهم. يبدو واضحا أن مثل هذه الاستنتاجات محفوفة بالمخاطر وقد تبطل في ضوء معلومات جديدة وأكثر دقة.

مع بداية عام ١٩٨٠ دخل الاستدلال غير الرتيب «استدلال القفز إلى النتائج» مجال علوم الحاسب، وبدأ يؤلف مجالا جديدا للبحث الفعال. وترجع بدايته بشكل أساسي إلى أن تمثيل المعرفة واستدلال الحس المشترك باستخدام المنطق الكلاسيكي أصبحت محدودة، حيث تتسم صياغات المنطق الكلاسيكي بالرتابة، وتبدو ضعيفة وبالتالي غير ملائمة لمشكلات مثل هذا الاستدلال.

لذلك تعد دراسة الاستدلال غير الرتيب ذات أهمية كبرى في وقتنا المعاصر، حيث إنه أداة مساعدة في فهم كيف يمكن استخدام برمجة المنطق في صياغة وحل مشكلات عديدة

(*) مدرس المنطق وفلسفة اللغة بقسم الدراسات الفلسفية - كلية البنات - جامعة عين شمس.

في مجال الذكاء الاصطناعي. بالإضافة إلى أنه يستخدم كأداة بسيطة وذات كفاءة في غمجة لغات لمواقف حينها يكون المرء بحاجة إلى التعامل بسرعة ومرونة مع المعلومات الناقصة والمتضاربة.

وقد اعتمدنا في هذا البحث على المنهج التحليلي الذي تقتضيه طبيعة الموضوع من تحليل لمفهوم الاستدلال غير الرتيب وما يتعلق به من مفاهيم كاللزوم القابل للإلغاء والنفي كإخفاق وغيرها.

ويهدف هذا البحث إلى كشف وتحليل بعض المفاهيم المنطقية التي قد ترتبط وتشابك مع بعض المفاهيم الموجودة في حقل الذكاء الاصطناعي باعتباره مجالاً من مجالات تطبيقات المنطق بالإضافة إلى تحليل مفاهيم عدم الرتبة والقابلية للإلغاء والمنطق الافتراضي والقيود بغرض فهمها وتوضيحها وعرضها كما أنه يهدف إلى الإجابة عن التساؤلات التالية:

- (١) هل هناك إمكانية لصياغة استدلال الحس المشترك؟
- (٢) هل المنطق الكلاسيكي ملائم لصياغة استدلال الحس المشترك؟
- (٣) ما العوامل الدافعة لظهور الاستدلال غير الرتيب؟
- (٤) ما استدلال القفز إلى النتائج وماهى صورته؟
- (٥) ماهى مجالات تطبيقاته؟

وسوف نحاول الإجابة عن هذه التساؤلات من خلال النقاط التالية:

- أولاً: استدلال الحس المشترك والذكاء الاصطناعي.
- ثانياً: قصور المنطق الكلاسيكي في صياغة استدلال الحس المشترك.
- ثالثاً: استدلال القفز إلى النتائج نشأته - ماهيته.
- رابعاً: أشكاله.
- خامساً: تطبيقاته.
- الخاتمة وتشتمل على أهم النتائج التي تم التوصل إليها من خلال البحث.

أولاً: استدلال الحس المشترك والذكاء الاصطناعي

تمثيل المعرفة هو مجال الذكاء الاصطناعي وتمثل مهمتها في دراسة وبناء لغات، وصوريات، وأدوات للتعبير عن معارف البرامج الذكية والاستدلال بالمعرفة التمثيلية. وبشكل عملي يلعب المنطق دوراً مهماً في تاريخ الذكاء الاصطناعي منذ بدايته وحتى يومنا الحاضر.

يتضمن 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 فعلياً من خلال حل المشكلة^(١).

حدد مكارثي^(٢) أثناء تحديده للمشكلات الأبستمولوجية في الذكاء الاصطناعي أن المشكلة الأكثر صعوبة هي كيف يمكن أن نعبر عن قواعد تعطى تأثيرات الأفعال والأحداث عندما ترد بشكل متزامن^(٣). أي أنه في استدلال الحس المشترك غالباً ما يقر الشخص ما يفعل من خلال تقييم نتائج الأفعال المختلفة التي يستطيع فعلها وبالتالي ينبغي أن يستخدم البرنامج الذكي العملية نفسها. لكن كيف يمكن التعبير عن تلك المعارف والنتائج المتغيرة باستمرار داخل نسق يتسم بالرتابة والدقة.... داخل نسق استنباطي؟

يستخدم المنطق الكلاسيكي صيغ استدلال آمنة، بمعنى أن كل نتيجة يتم استخلاصها بواسطة صيغ الاستدلال هذه تكون صادقة طالما تنتج وفقاً لقواعد الاستنباط من مقدمات

(1) McCarthy, J., and Patrick, H., "Some Philosophical Problems from the Standpoint of Artificial Intelligence", from: Readings in Artificial Intelligence, edited, By: Webber, B.L. and Nilsson, N.J., Morgan Kaufmann Publishers, Inc. California, 1981, pp. 434,437.

(٢) جون مكارثي (١٩٢٧- ٢٠١١) أستاذ علوم الحاسب بجامعة ستانفورد، اهتم بتطوير الأنظمة التي تظهر مستوى الذكاء الاصطناعي منذ عام ١٩٤٨ وصاغ مصطلح الذكاء الاصطناعي عام ١٩٥٥ حتى أطلق عليه أبو الذكاء الاصطناعي، وابتكر أول لغة برمجة للحوسبة الرمزية «ليزب» LISP. لقد كانت إسهاماته الرئيسية في مجال الذكاء الاصطناعي من خلال استدلال الحس المشترك، وقد كانت له الريادة في ذلك وخصوصاً الاستدلال غير الرتيب. حائز على العديد من الجوائز كجائزة تورنج وجائزة البحوث الممتازة وحاصل على الدكتوراة الفخرية من جامعات متعددة كالسويد ومدريد وكندا. <http://jmc.stanford.edu/general/index.html>.

(3) McCarthy, J., «Epistemological Problems of Artificial Intelligence», from: Readings in Artificial Intelligence, p. 460.

صادقة. وبالتالي لانحتاج لأي قواعد استدلال جديدة آمنة، في حين يعمل استدلال الحس المشترك مع نتائج يتم استخلاصها مع غياب المعرفة أكثر من وجودها، بمعنى أنه عندما يتم اكتساب معارف أكثر فإن النتائج المستخلصة سابقا قد تسحب لأن قواعد الاستدلال التي أدت إليهم ليست فعالة. ويستخدم صناع القرار الذكي هذا الشكل من استدلال الحس المشترك ليستدلوا على أن الأفعال تكون مؤداة من مقدمات لا يمكن أن تجرى بواسطة المنطق الكلاسيكي، لأنهم ببساطة يصنعوا قرارات سواء كانت أم تكن المعلومات كافية^(١).

ومن هنا نأتى للقول بأن هناك مشكلة حقيقية تعوق صياغة استدلالات الحس المشترك داخل الأنساق الذكية من خلال أنساق المنطق الكلاسيكية، وهذا مايعنى بشكل أو بآخر أن الصياغات الاستنباطية قاصرة عن صياغة مثل هذه الأنماط الاستدلالية التي لاغنى عنها في البرامج الذكية.

ثانياً: قصور المنطق الكلاسيكي في صياغة استدلال الحس المشترك

تتمثل المشكلة - بشكل رئيسي - في أن الاستدلال ضروري للسلوك الذكي وعملية صنع القرار في المواقف الواقعية الذي تحول إلى أن يصبح صعباً بل مستحيلًا أن تمثل كاستدلالات استنباطية في نسق منطقي.

وهذا ما عبر عنه «مارفن منسكاى»^(٢) عام ١٩٧٤، حيث ذهب إلى أنه على الرغم من وجود محاولات جادة تعود إلى أرسطو لتمثيل استدلال الحس المشترك من خلال نسق منطقي يجعل انفصال كامل بين قضايا تجسد معلومات محددة، وبين قياسات أو قوانين عامة لاستدلال دقيق. إلا أنه لم يستطع أحد - من وجهة نظر منسكاى - أن يواجه بنجاح نسق مثل هذا مع مجموعة كبيرة من القضايا الواقعية وستستمر هذه المحاولات في الإخفاق بسبب الطابع المنطقي بشكل عام وليس بسبب عيوب في صياغات معينة^(٣).

(1) Marek, V.W. and Nerode, A., "Non-Monotonic Reasoning", Proc. 1993, pp.3-4.

(٢) مارفن مينسكاى (١٩٢٧ - ٢٠١٦) عالم رياضيات وعالم كمبيوتر، عمل أستاذاً فخرياً في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا. له العديد من المؤلفات منها: مجتمع الذهن عام ١٩٨٥، التفكير بالحس المشترك، الذكاء الاصطناعي. ينظر إلى المخ باعتباره آلة لها وظيفتها التي يمكن دراستها وتكرارها في الحاسب - الذي سيعلمنا بدوره فهم أفضل للمخ الإنساني والوظائف العقلية العليا). (<http://www.csail.mit.edu/node/2682>).

(3) Minsky, M., « A Frame for Representing Knowledge », from: Mind Design II Philosophy=

لكنه يرى أن هناك بعض الحالات البسيطة التي يمكن الحصول فيها على مثل هذه الأنساق، ولكن عندما نقرب من الواقع تصبح العقبات ساحقة. مشكلة إيجاد بديهيات مناسبة، ومشكلة تعيين وقائع قى ضوء افتراضات منطقية صحيحة دائما ما تكون - إلى حد كبير - أصعب مما هو معتقد بوجه عام. مجرد بناء قاعدة معرفية هي مشكلة بحثية، حيث إننا مازلنا نعرف القليل جدا عن محتويات وبنية المعرفة الحسية المشتركة. أدنى نسق معرفي حسي يجب أن يعرف شيئا عن السبب والتأثير والزمن والغرض والمكان والعملية وأنماط المعرفة ويحتاج أيضا سبل لاكتشاف وتمثيل واستخدام مثل هذه المعرفة. لذلك يلخص «منسكاي» عدم قدرة الأنساق الكلاسيكية على تمثيل المعرفة الحسية المشتركة على النحو التالي^(١):

- ١- الاستدلال المنطقي ليس مرنا بما فيه الكفاية ليكون أساس للتفكير.
 - ٢- الشك في جدوى تمثيل المعرفة العادية بفعالية في صورة عديد من القضايا الصغيرة بصرف النظر عن القضايا الصادقة.
 - ٣- استراتيجية الفصل التام لمعرفة محددة عن القواعد العامة للاستدلال هو أمر متطرف للغاية. نحن بحاجة إلى طرق أكثر مباشرة للربط بين أجزاء المعرفة لتقديم المشورة حول كيفية استخدامها.
 - ٤- المعتقد منذ وقت طويل أنه من الضروري إتاحة جميع المعارف للاستنباط في صورة عبارات تصريحية لكن يبدو هذا أقل الحاحا عندما نتعلم طرق التعامل مع الأوصاف الهيكلية والإجرائية.
- إذا قمنا بتحليل أسباب قصور المنطق الكلاسيكي في التعبير عن استدلال الحس المشترك نرى أنها تتمثل في:

إن المنطق الكلاسيكي يتسم بخاصية الرتابة كما سبق وذكرنا وهذا ما يعنيه مينسكاي بعدم مرونته كأساس للتفكير، حيث يعد مينسكاي من أوائل من أشاروا إلى رتابة Monotonicity النسق المنطقي باعتباره مصدر المشكلة. عادة في تفكيرنا العادي بالحس المشترك يكون لدينا معلومة جزئية

= Psychology Artificial Intelligence, edited by:- Haugeland, J., 2nd. Ed., Massachusetts Institute of Technology, 1997, p.137.

(1) Ibid, pp. 138, 141.

فقط عن موقف معين ونجربى كثير من الافتراضات حول كيف تكون الأشياء عادة لكي تضطلع باستدلال آخر. على سبيل المثال إذ نتعلم أن توتى طائر، فإننا نفترض عادة أنه يمكنه أن يطير. بدون مثل هذه الافتراضات سيكون من المستحيل تقريبا الاضطلاع بأبسط مهام الاستدلال البشرى. بوجه عام، لا يمكن اختزال الاستدلال الإنسانى إلى مجموعة من الوقائع واشتقاق نتائجهم، لكنه ينطوى أيضا على عمل افتراضات ونظريات حول العالم والعمل وفقا لهم^(١).

وهذا ما أكده بشكل أو بآخر جون مكارثى عندما ذهب إلى أن ليس كل استدلال بشرى يمكن ترجمته إلى استنباط فى نسق صورى للمنطق الرياضى، وبناء عليه ينبغى رفض المنطق الرياضى باعتباره صورية للتعبير عن ما ينبغى أن يعرفه الروبوت عن العالم^(٢).

كما أقى مكدرموت وديول عام ١٩٧٨ للتأكيد على افتقاد المنطق الكلاسيكى أدوات لوصف كيفية تنقيح نظرية صورية لتتعال مع أنماط عدم الاتساق المتسببة من قبل المعلومات الجديدة، وذلك يرجع إلى أن المشكلة العامة لإيجاد واختيار ما بين تنقيحات بديلة يعد أمرا صعبا للغاية، وهى مشكلة لا بد من مجابتهها، وذلك لأن البشر والنماذج الحوسبية معرضين لتدقق مستمر من المعلومات الجديدة^(٣). وذلك لأننا نتعامل مع المعرفة الحسية التى تتزايد وتتراكم باستمرار، والتى تحتاج إلى لغات صورية تحوز كل مفرداتها وتتعامل مع تدفق المعلومات المستمر والمتغير، والذى يحتاج إلى أنساق تتسم بعدم الرتابة تستطيع أن تتعامل مع الاستثناءات، ومن خلال كل ماسبق نلاحظ أن الأنساق الاستنباطية المتسمة بالرتابة ليست ملاءمة للتعامل مع مثل هذا النمط من المعرفة، وذلك لخضوعه لعدد من القيود تبدو متطابقة مع أوجه القصور التى سبق وحددها «مينسكاى» من قبل.

يمكن إيجازها فيما يلى^(٤):

أ- لا يمكن أن تحوذ اللغة - أى لغة - على كل ما نرغب فى قوله عن العالم والفئة المتناهية

- (1) Bochman, A., «Logic in Non-Monotonic Reasoning, Non-Monotonic Reasoning. Essays Celebrating its 30th Anniversary, College Publ., 2011, pp.2,4.
- (2) MaCarthy,J., «Epistemological Problems of Artificial Intelligence», p. 461.
- (3) McDermot,D. and Doyle,J., «Non -Monotonic Logic I», Massachusetts Institute of Technology Artificial Intelligence Laboratory, August, 1978, p. 4.
- (4) Geneserth,M. and Nilsson, N., Logical Foundations of Artificial Intelligence, Morgan Kaufmann Publishers, Inc., 1988, pp. 115-116.

من الجمل لا يمكن أن تكون أكثر من وصف تقريري للأشياء كما هي بالفعل. أى قاعدة عامة قد تهتم باطار يخضع لعدد غير محدود من الاستثناءات والقيود.

ب- قواعد الاستدلال للمنطق العادي (مثل الوضع بالوضع) هي سليمة، وهكذا الاستنباط من الفئة الأساسية للاعتقادات لا ينتج معرفة جديدة عن العالم. فى حالة إضافة معلومات جديدة إلى الفئة الأساسية للاعتقادات لا يمدنا المنطق العادي بأى اشارات حول كيفية فعل ذلك. نحن بحاجة إلى طرق للاستدلال بعبارات مؤقتة تجعلنا نتوقع إمكانية تنقيحات لاحقة لقاعدة المعرفة.

ج- اللغات المنطقية المستخدمة ملائمة للتعبير فقط عن تلك العبارات التى نرغب فى أن تؤخذ باعتبارها صادقة تماما أو كاذبة تماما. وغالبا ما يكون لدينا معلومات عن مواقف معروف أنها غير مؤكدة.

إذن من كل ما سبق يمكن القول أن صياغة استدلال الحس المشترك فى الأنساق الذكية كان حافزا بل محركا أساسيا للبحث عن آليات جديدة تتواءم مع طبيعة المعرفة الإنسانية التى تنمو وتتغير بشكل مستمر ومتدفق، والتى اصطدمت عند صياغتها من خلال الأنساق الاستنباطية بعدم قدرة مثل هذه الأنساق على التعامل مع طبيعة هذه المعرفة المتجددة والمتغيرة التى تتسم بعدم الرتابة، وهذا ما لا يتفق وطبيعة الأنساق الاستنباطية التى تتسم بالرتابة والصدق مما دفع الباحثين فى مجال الذكاء الاصطناعى إلى البحث عن أنساق منطقية ذات صيغة غير رتبية للتعامل مع طبيعة هذه الاستدلالات الحسية، وكان هذا هو بداية ظهور ما يسمى بالاستدلال غير الرتيب Non-Monotonic Reference أو استدلال القفز إلى النتائج Jump to Conclusions

ثالثا: استدلال القفز إلى النتائج

فى السبعينيات أتى مكارثى برؤية جديدة حول فهم استدلال الحس المشترك باعتباره قفز إلى النتائج. كان الهدف من شعار الجديد «القفز إلى النتائج» هو أن يميز استدلال فرضى وسريع للمعلومات الناقصة. هذا النمط من المنطق أطلق عليه اسم «غير رتيب» (غير رتيب بمعنى أن النتائج المستخلصة من المعرفة الناقصة قد تكون مرفوضة بعد إضافة معلومات

جديدة) - بشكل رئيس - داخل مجتمع الذكاء الاصطناعي أو يطلق عليه اسم «قابل للإلغاء» Defeasible داخل مجتمع المنطق الفلسفي^(١).

فما هي طبيعة هذا الاستدلال وما هي المشكلات التي واجهته؟ هذا ما سنحاول توضيحه وعرضه فيما يلي:

تعريفه:

الاستدلال غير الرتيب عبارة عن نظرية لصنع واختيار الافتراضات بشكل مبدئي، هذه الافتراضات هي فقط افتراضات ولذا ينبغي التخلي عنهم متى نتعلم وقائع جديدة حول الظروف التي تتعارض معهم^(٢).

هو عبارة عن اشتقاق نتائج معقولة - لكن ليست معصومة من الخطأ - من قاعدة معرفية ترى بصورة مجردة كمجموعة من الصياغات في منطق مناسب. أي من هذه النتائج ينظر إليها على أنها مؤقتة، ويمكن سحبها بعد صياغة جديدة مضافة إلى قاعدة المعرفة^(٣) إن العنصر الإضافي في الاستدلالات غير الرتبية التي تصيغ استدلالات المعرفة المشتركة - وليس موجودا في أنماط المنطق الكلاسيكي - هو استخدام قواعد استدلال ليست آمنة، وهي تستخدم ليس لأنها آمنة أو ليست آمنة ولكن لأنها عادة ما تعطى نتائج مفيدة لصنع القرار الذي لا يمكن الحصول عليه بطريقة أخرى^(٤).

كيف تكون القاعدة ليست آمنة؟

لكي تكون القاعدة ليست آمنة يعني أن توجد هناك تفسيرات - أو أمور العالم - التي ترتبط بمقدمات القاعدة، وليست بالنتائج: أي أن نستخدم مثل هذه القواعد عندما نتوقع استثناءات نادرة، وتستخدم بشكل مميز عندما يجب استخلاص النتائج واتخاذ القرارات في حين معرفتنا وخبرتنا السابقة محدودة للغاية، وغير منضبطة أو غير مصاغة لتستخلص قرار من خلال الاستدلال المنطقي الكلاسيكي. توفر لنا صورية استدلال الحس المشترك طريقة مبدئية

(1) Vince, M. and Sefranek, J., «From Deduction to Knowledge Representation», Organon F20(Supple-Mentary issue 2), 2013, p. 221.

(2) Bocham, A., «Logic in Non-Monotonic Reasoning», p.5.

(3) Reiter, R., «Non-Monotonic Reasoning», Annual Review of Computer 2.1, 1987, p. 148.

(4) Marek, V.W. and Nerode, A., "Non-Monotonic Reasoning", p.4.

للقفز إلى النتائج قائمة على مقدمات التي هي مجرد أحكام التجربة (قياسات تقريبية)^(١)
 .Rules of Thumb

فالأنساق المنطقية غير الرتبية عبارة عن أنماط من المنطق فيها تقديم بديهيات جديدة يمكن أن تبطل مبرهنات قديمة. وتعد مثل هذه الأنماط من الأنساق هامة جدا في نمذجة اعتقادات العمليات الفعالة التي - تعمل في حضور معلومة ناقصة - يجب أن تجرى، وهكذا تنقح تنبؤات في ضوء ملاحظات جديدة^(٢).

أى أن هذا النمط من الاستدلال هو حتما قابل للإلغاء، أى أنه قد يفشل في الحفاظ على الصدق في ظل كل الظروف الذي يعتبر دائما المطلب القياسي للاستدلال المنطقي. إن خاصية عدم الرتبة هذه قد ظهرت في محاولات تمثيل الاستدلال حول الأفعال والتغير، حيث أن برنامج الحاسب لكي يكون قادر على أن يعمل على نحو ذكي في العالم ينبغي أن يمتلك تمثلا عام للعالم، ينبغي أن يقرر ما الذي يفعله من خلال الاستدلال بلغة صورية على أن استراتيجية بعينها ستحقق هدفها المنشود^(٣).

إذن فالاستدلال غير الرتيب يعبر عن سيماينطيقا غير رتبية بالإضافة إلى منطق، حيث توفر لنا السيماينطيقا المحتوى الماصدقى للنظرية في سياق معين لاستخدامه أى النتائج غير الرتبية للنظرية، في حين يحدد لنا المنطق الأساسى بدلالاته المنطقية المعنى أو المحتوى المعلوماتى للنظرية حيث أنه مسئول عن توفير المعنى لتواعد الصورية^(٤).

وتتعامل المشكلة الرئيسية في الاستدلال غير الرتيب مع أنه غالبا ماتكون الافتراضات الفرضية غير متوافقة الواحد مع الآخر أو مع الوقائع المعروفة، وفي مثل هذه الحالات من الصراع يجب أن يكون لدينا خيار مسبب أى أن اختيار الافتراضات يجرى من خلال تحديد الأفضليات بين الخيارات المقبولة^(٥).

جاءت صياغة مثل هذا النمط من الاستدلال حول الأفعال وتمثيل المعرفة لتعالج مشكلات جوهرية تركزت في ثلاث مشكلات رئيسية هي:

(1) Frankish, F., «Non-Monotonic Reasoning», p. 4

(2) McDermott, D. and Doyle, J., «Non - Monotonic Logic I», p. 3.

(3) Bochman, A., «Logic in Non- Monotonic Reasoning», pp.2-3.

(4) Bocham, A., «Two Paradigms of Non -Monotonic Reasoning», ISAIM, Chicago, 2006, p.3.

(5) Ibid.

مشكلة الإطار: Frame Problem

تعني مشكلة الإطار بمشكلة التعبير عن المعلومات حول ما يظل غير متغير من خلال الحدث^(١) أى كيف يمكن أن تمثل كمية كبيرة من اللا-تغييرات عندما نستدل على الفعل^(٢) وتثار من خلال سياق الاستدلال التنبؤى، وهو نمط من الاستدلال أساسى لصياغة السلوك الذكى. ينطوى التنبؤ على استدلال حالات لاحقة من حالات سابقة. فى هذا الوضع لا ترد التغييرات فحسب ولكنها ترد لسبب. علاوة على ذلك عادة مانفترض أن معظم الأشياء ستظل غير متغيرة من خلال أداء الفعل. افتراض الجمود هذا هو الذى يربط الاستدلال حول الفعل والتغير بالاستدلال غير الرتيب. فهى تحدد ما يبقى على حاله حول العالم بمرور الوقت والأفعال التى تؤدى^(٣).

عادة ما يحتوى تمثيل الإجراء (الفعل) على تمثيل للمتطلبات الأساسية والأثار المترتبة على الإجراء، محاولة تمثيل هذه الجوانب أدت إلى مشكلات مرتبطة بشكل وثيق بمشكلة الإطار، ومنها مشكلة التقييد ومشكلة الشعب

مشكلة التقييد: Qualification problem

يتمثل محتواها فى كيفية تقييد الظروف العادية (المتطلبات الأساسية) للإجراء. فى العادة نفترض أنه لا ورود لشروط استثنائية عندما يكون الإجراء مقصوداً^(٤). فمثلاً إذا قامت بإدارة مفتاح التشغيل فى السيارة تتوقع أن تبدأ السيارة، بطبيعة الحال هناك عديد من الشروط لها أن تكون صادقة كى تكون هذه العبارة صادقة: يجب أن تكون البطارية حية، والاسترتر يجب أن يعمل، ويجب أن يكون هناك غاز فى الخزان... إلخ. قائمة مفتوحة من القيود، وبالرغم من ذلك دون معرفة معينة عن معظم هذه الحقائق عادة ما نفترض أن إدارة مفتاح التشغيل سيجعل السيارة تبدأ^(٥). وأيضاً ينبغى أن يركز تمثيل الإجراء على الآثار المترتبة على الإجراء فى ظل

(1) MaCarthy, J., «Epistemological Problems of Artificial Intelligence», p.461.

(2) Brewka, G.& Niemela, Land Truszczyński, M., «Non-Monotonic Reasoning», Foundations of Artificial Intelligence3, 2008, p.240

(3) Bochman, A., «Logic in Non- Monotonic Reasoning», p. 3.

(4) Vince, M. and Sefranek, J., «From Deduction to Knowledge Representation», p.222.

(5) Bochman, A., «Logic in Non- Monotonic Reasoning», p.4.

الشروط العادية. الحاجة لأن نجرد التمثيل من الآثار غير المباشرة الممكنة للإجراء هو محتوى مشكلة التشعب.

مشكلة التشعب: Ramification problem

تتعلق بضرورة مراعاة حساب العديد من التأثيرات المشتقة (التشعبات) للأفعال، التأثيرات التي تنشأ من خلال الخصائص المنطقية والسببية للموقف. افترض أن لدينا حقبة لها مفتاحين للقفل، وتفتح إذا كان كل من القفلين مفتوحا. إذن يحدث فعل الفتح لمفتاح واحد تأثير غير مباشر لفتح الحقبة إذا وفقط إذا كان المفتاح الآخر مفتوحا^(١).

نلاحظ أن المشكلات الثلاث مرتبطة ببعضها البعض، وكأنها سلسلة من الإجراءات المترتبة على بعضها البعض فلا يمكن فصلها إلا بغرض التوضيح، فهي معا بمثابة متطلبات أساسية للقيام بالفعل أو الإجراء في عملية تمثيل المعرفة بالاستدلال في البرنامج الذكي تتعلق الأولى بطبيعة المعلومات حول الحدث ما هو ثابت منها وما هو متغير في حين ترتبط الثانية بما قد يترتب على المعلومات المتغيرة من شروط استثنائية، وتتعلق الثالثة بالتأثيرات الناتجة عن الأفعال. ومن هنا نأق لنرى كيف تأتي أشكال الاستدلال غير الرتيب لمعالجة واستيعاب مثل هذه المشكلات، ولكن قبل أن نعرض لهذه الأشكال لابد وأن نذهب لإلقاء الضوء على طبيعة الدراسات في الاستدلال غير الرتيب.

أثيرت الدراسات في الاستدلال غير الرتيب نهجين مختلفين أطلق عليهما الاستدلال غير الرتيب التفضيلي Preferential والاستدلال غير الرتيب التفسيري Explanatory. يشمل النهج التفسيري أنماط المنطق الافتراضي ومنطق الجهة غير الرتيب بالإضافة إلى برجة المنطق فيما يتعلق بالنفي كإخفاق. في حين بدأ النهج التفضيلي مع «جابي» عام ١٩٨٥ من زاوية منطقية، ومع شوهام عام ١٩٨٨ من زاوية الذكاء الاصطناعي، وهو يشمل علاقات الاستدلال غير الرتيب والنظرية العامة لتغيير الاعتقاد^(٢).

إن الفكرة الرئيسية التي تكمن خلف هذه الدراسات هي تصنيف صوريات غير رتيبة، والتعرف على خصائص منطقية عديدة ينبغي أن تستوفيها الأنساق غير الرتيبة. وذلك يعني

(1) Ibid.

(2) Bocham, A., «Two Paradigms of Non -Monotonic Reasoning», p.1.

أن كل نسق منطقي غير رتيب قائم على نسق أساسي ما رتيب. ولا ينبغي بالضرورة أن يكون المنطق الأساسي الريب منطقا كلاسيكيا، ولكنه ينبغي أن يكون وفقا للتطبيق المقصود. مثلا إذا كانت المعلومات غير متسقة فليس معنى ذلك أن تكون مرفوضة تماما، فهنا يكون المنطق فوق المتسق هو المنطق الأساسي ويكون أفضل اختيارا من المنطق الكلاسيكي^(١). أي لابد من وجود أساس منطقي رتيب يتواءم مع طبيعة الإجراء.

وهذا يعني أن العديد من الصوريات غير الريبية لها مكونين: أحدهما عبارة عن إطار منطقي والآخر يحدد أي النماذج الممكنة التي ينبغي أن تعتبر أنها النماذج المقصودة.

وهذا ما أكدته - بشكل أو بآخر - ماكنسون بقوله: «إنه ل ذو أهمية أن نضع في الاعتبار عندما نضع أنماط تغيير الاعتقاد أو الاستدلال غير الريب، فإننا لانعترض على أي مبادئ كلاسيكية - فهذا مشروع مختلف عن الارتباطيين أو الحدسيين - ينبغي ألا نرى أنفسنا نختلق أنماط منطق غير كلاسيكي لكن نقدم استخدامها أكثر إبداعا للمنطق الكلاسيكي»^(٢).

ويتميز الاستدلال غير الريب باعتباره نمطا من أنماط استدلال الحس المشترك بأنه استنتاجي ومقصود كمكمل للاستنباط. هذه الطبيعة الاستنتاجية تميزه عن غيره من استدلالات الحس المشترك كالاستدلال الاستقرائي والاحتمالي.

وعلى الرغم من أنه استنتاجي فهو قابل للإلغاء، حيث تعتمد النتائج التي يقرها على الدليل المتاح، فإذا تغير الدليل فما يمكن استدلاله قد يتغير والنتائج المشتقة سابقا قد تسحب^(٣).

وبناء عليه يعتبر استدلال الحس المشترك كل من أقوى وأضعف من الاستدلال الاستنباطي. فهو يعد أقوى لأنه يميز نتائج أكثر، ويعتبر أضعف لأن هذه النتائج ليست مثبتة بيقين أي أنها قابلة للإلغاء متى جاءت معلومة أخرى تعني - بشكل جيد - أن النتائج السابقة المستدل عليها بحاجة لأن تكون مسحوبة.

(1) Arieli, O.& Avron, A., «General Patterns for Non -Monotonic Reasoning:From Basic Entailment To Plausible Relations», Logic Journal of IGPL, Vol. 8, No. 2, 2000, p.120

(2) Makinson, D., «Ways of Doing Logic: What Was Different About AGM 1985?», Journal of Logic Computation, Vol. 13, No. 1, 2003, p. 8.

(3) Bell, J., «Non-Monotonic Reasoning, Non-Monotonic Logics and Reasoning about Change», Artificial Intelligence Review, Vol. 4, 1990, p. 80.

ويقوم الاستدلال غير الرتيب على مجموعة من المبادئ منها:

١- مبدأ اللزوم القابل للإلغاء: Principle Defeasible Entailment

عبارة عن إجراء افتراضات معقولة على أساس المعلومات المتاحة، فمثلا يمكن استنتاج الطيور الحمراء تطير من الطيور تطير على أنها نتيجة غير رتيبة في غياب معلومات مضادة، ويستند إلى فكرة تشترط أن الحالات المعرفية لقاعدة افتراضية ينبغي أن تكون منشئة لقاعدة من خلال المجموعة المطابقة للزوميات المادية، أي يمكن اشتقاق الطيور الحمراء تطير من الطيور تطير بالنسبة لقواعد افتراضية لا تحتوي على معلومات متضاربة حول الاحمرار، أي إنه يميز اللزوم القابل للإلغاء عبر عبارات استثناء^(١).

أي أن اللزوم القابل للإلغاء يرتبط بقواعد الإلغاء، وهي عبارة عن قواعد يمكن أن تهزم من خلال دليل مضاد، فمثلا تقوم الفكرة في مثال الطيور على: إذ نعرف أن شيئا ما هو طائر إذن قد نستنتج أنه يطير ما لم يكن هناك دليل آخر يقترح أنه قد لا يطير^(٢).

٢- مبدأ الأبعاد: Abduction Principle

يرتبط الأبعاد بالحدوس (التخمينات) التي تمثل قاعدة الأسباب أو الوقائع التي لا تتطلب تفسير ولكن هي فقط لتفسير الدليل، وليس لها علاقة بالحالة الطبيعية للافتراضات^(٣).

٣- مبدأ التقليل إلى أدنى حد: The Minimization Principle

ليس مبدأ تفضيل محجم للمعلومات السلبية ولكنه نتاج ثانوي لشرط أنه يمكن قبول القضايا المنفية دون أي تفسير آخر بينما دائما ما تتطلب التقريرات الإيجابية تفسير^(٤).

٤- مبدأ النفي كإخفاق (كافتراض): The Principle of Negation as Failure

يمكن افتراض ليس إذا يفشل البرهان على أي زمن محدود أي إذ جملة ما ولتكن أ ليست مدونة في قاعدة بيانات ولتكن د، إذن من الطبيعي أن نفترض أن نفي أ يكون في د^(٥).

(1) Bocham, A., «Two Paradigms of Non-Monotonic Reasoning», p.4.

(2) Maher, M. & Rock, A. & Antoniou, G. & Billington, D. & Miller, T., «Efficient Defeasible Reasoning, Systems», International Journal On Artificial Intelligence Tools, Vol.10, No.4, 2001, p.485.

(3) Bocham, A., Op. Cit., p.5.

(4) Loc. Cit.

(5) Vince, M. and Sefranek, J., «From Deduction to Knowledge Representation», p.221.

من هنا نرى أن الاستدلال غير الرتيب آتى ليعالج مشكلات تمثيل المعرفة بالنسبة للمعرفة الحسية المشتركة، ولكننا عندما سنعرض لصور وأشكال هذا الاستدلال سنجد أنهم يتسموا بعدم التفرد، وهذا ما عبر عنه ماكنسون بقوله: «لا نتوقع أن نجد علاقة تالي غير رتيب - في كل السياقات - ستكون دائماً صحيحة بالنسبة للمرء لكي يستخدمها، لكن نتوقع بالأحرى أن نجد عائلات متعددة من مثل هذه العلاقات بعضها يركز على الشروط التي تستوفيهم أحياناً، وتحقق في استيفائهم أحياناً أخرى ويهتم البعض الآخر بطرق إنتاجهم رياضياً من البناءات الأساسية.»^(١)

وفيما يلي نبدأ بعرض موجز لصور الاستدلال غير الرتيب أو استدلال القفز إلى النتائج:

رابعاً أشكال استدلال القفز إلى النتائج

آتى استدلال القفز إلى النتائج في صور عديدة منها الاستدلال الفرضي مع رايتز^(٢) والاستدلال ذاتي المعرفة مع مور، والقيد مع مكارثي.

١- الاستدلال الفرضي، Default Reasoning

عادة ما يستخدم الاستدلال الفرضي في فهم أنساق اللغة الطبيعية والذكاء الاصطناعي بصفة عامة. ويستخدم مصطلح الاستدلال الفرضي للإشارة إلى عملية الوصول إلى نتائج قائمة على نماذج استدلال لها الصورة: في غياب أي معلومة مضادة، نفترض أي إذا معلومة بعينها لا يمكن استنباطها من قاعدة معرفية معينة، إذن نستنتج مثل هذا الاستدلال يمثل صورة استدلال معقول، وهو مطلوب عادة كلما كان يجب أن تكون النتائج مستخلصة على الرغم من غياب المعرفة الكلية حول العالم^(٣).

(1) Makinson, D., «Bridges Between Classical and Non-Monotonic Logic», Logic Journal of IGPL, Vol. 11, No.1, 2003, p.73.

(٢) رايموند رايتز (١٩٣٩ - ٢٠٠٢) أستاذ علوم الحاسب في جامعة تورنتو، وزميل الجمعية الملكية بكندا. له إسهامات عديدة في مجال الذكاء الاصطناعي، وتمثيل المعرفة وقواعد البيانات. أحد الأباء المؤسسين للاستدلال غير الرتيب، ومن أعماله في هذا المجال: المنطق الفرضي، واستدلال العالم المغلق، وأنساق صلاحية الصدق (https://www.aaai.org/ojs/index.php/aimagazine/article/view/1684).

(3) Reiter, R., "On Reasoning By Default", TINLAP 7 Proceedings of The Workshop on Issues in Natural Language Processing, 1978, p.210.

ومن الأمثلة الدالة على الاستدلال الفرضي، والتي أوردتها رايتز، وتعد بمثابة مثالا قياسيًّا للاستدلال غير الرتيب في مجال الذكاء الاصطناعي المثال التالي:

الجملة «تطير الطيور» ليست مترادفة مع الجملة «كل الطيور تطير»، وذلك لأن هناك استثناءات. في الواقع هناك أغلبية ساحقة للعديد من الاستثناءات - النعام والبطريق والبط البكيني والفراخ، وغيرها... إلخ - تبدو كقائمة مفتوحة النهاية. ومع ذلك إذا أخبرنا فقط عن طائر بعينه - ولتقل تويتى - دون اخبار أى شيء آخر عنه، فسنكون مبررين في افتراض أن تويتى يمكنه أن يطير دون معرفة أنه ليس واحدا من الطيور المستثناة. بمعنى آخر نتعامل مع تويتى كطائر نمطى أو استثنائى^(١).

يرى رايتز أنه يمكن تمثيل الجملة السابقة «تطير الطيور» من خلال نماذج الاستدلال التالية:

«عادى، تطير الطيور»

«نمطيا، تطير الطيور»

«إن س طائر، إذن افترض من خلال الافتراض أن س يطير»

يرى رايتز أن ما هو مطلوب هو طريقة تسمح لتويتى أن يطير عن طريق الفرض. كيف يمكن تفسير هذا الفرض؟ هو أن يعنى شيئا ما مثل «إذا كان س طائر، إذن في غياب أى معلومة مضادة، نستنتج أن س يمكن أن يطير». من أين تأتى المشكلة؟ تكمن في تفسير العبارة «في غياب أى معلومة مضادة»، يلجأ رايتز إلى أن يفسرها على النحو التالي: «من الاتساق أن نفترض أن س يمكن أن يطير» فتصبح: «إذا كان س طائر ومن الاتساق أن نفترض أن س يمكن أن يطير و إذن نستنتج أن س يمكن أن يطير»^(٢). يمكن تمثيل ذلك صوريا بالقاعدة الفرضية التالية:

(س) طائر: من الاتساق أن يطير

(س) يطير

(1) Reiter, R., «Non-Monotonic Reasoning», p. 149.

(2) Reiter, R., «A Logic For Default Reasoning», Artificial Intelligence, Vol. 13, North-Holland Publis-Hing Company, 1980, p.81.

يرمز رايتر إلى عبارة من الاتساق أن نفترض بالرمز M ، ويقدم للاستثناءات بصورية من الدرجة الأولى المعيارية على النحو التالي:

(س). (س) بطريق يلزم أن (س) لا يطير

وتقرأ: بالنسبة لأي س وس بطريق إذن س لا يطير

(س). (س) نعم يلزم أن (س) لا يطير

وتقرأ: بالنسبة لأي س وس نعم إذن س لا يطير

يلاحظ أنه إذا تويتى يطير مستخلصة من خلال الفرض إذن التقرير بأن تويتى يطير له حالة الاعتقاد، أي إنه عرضة لأن يتغير، قل من خلال الاكتشاف التالي أن تويتى بطريق إذن نعيد تفسير القاعدة الفرضية السابقة لتصبح: «إذا س طائر ومن المتسق أن نعتقد أن س يمكن أن يطير إذن قد يعتقد المرء أن س يمكن أن يطير»^(١).

وهو المعنى نفسه المقصود من الاستدلال غير الريب الذى يعنى سحب النتائج عند إضافة أو ظهور معلومات جديدة تضاف إلى المقدمات وتغير من النتائج، وهذا ما ليس متاحا فى المنطق الكلاسيكى الذى لا يمكن تغير النتائج فيه مطلقا لأنها يقينة وليس معنى ذلك الاستغناء عن المنطق الكلاسيكى أو القول بعدم أهميته بل على العكس فهو عنصر فعال ومقوم أساسى فى الاستدلال غير الريب، وهذا ما فعله رايتر عند صياغة الاستثناءات فى مثال الطيور.

فى الاستدلال الفرضى نميز بين نوعين من المعرفة، صياغات منطق المحمول المعتادة (وتسمى بديهيات أو وقائع) وبين أحكام التجربة المسماة افتراضات Defaults. لذلك تتكون النظرية الافتراضية من مجموعة من الوقائع التى تمثل بعض المعلومات ولكنها عادة ما تكون معلومات ناقصة حول العالم وومجموعة من الافتراضات التى تجيز نتائج معقولة لكنها ليست بالضرورة صادقة، وهذا يعنى أن بعض النتائج قد تكون منقحة عندما تتوفر معلومات أكثر^(٢).

إذن من خلال الاستدلال الفرضى نفهم استخلاص نتائج عقلانية - من معلومات أقل من قاطعة - فى غياب دليل يجعل هذا الاستدلال غير قابل للتصديق. فما يجسد الاستدلال الفرضى

(1) Ibid.

(2) Antoniou, G., Non -Monotonic Reasoning, Massachusetts Institute (Technology, London), 1997, p. 19.

هو قابليته للإلغاء: أى نتيجة مشتقة بالفرض يمكن أن تبطل من خلال تقديم دليل جديد^(١). فالاستدلال بالفروض غير رتيب لأن تعلم معلومات أكثر قد يدفعنا لسحب نتيجة قد سبق واستنتجناها. فالفرض للوهلة الأولى عبارة عن تبرير لنتيجته، هذا التبرير قابل للإلغاء: الواقع الصريح الذى يناقض النتيجة سيبطل التبرير. أى قضية - إذا كان معتقد فيها - ستبطل الفرض يطلق عليها هازم للفرض Defeater of Default^(٢).

٢- الاستدلال ذاتي المعرفة: Auto-Epistemic Reasoning

عبارة عن صورة هامة من استدلال الحس المشترك، نصل من خلاله إلى نتيجة - من تمثيل ناقص لمعلومة كاملة - فى ظل افتراض أنه بما أن معلوماتنا كاملة سنعرف إذا كانت النتيجة كاذبة. فالاستدلال ذاتي المعرفة ليس قابل للإلغاء، حيث لا يمكن أن تبطل نتائجه بتقديم دليل جديد، ومع ذلك فهو استدلال غير رتيب لأن نتائجه مشتقة من خلال استعمال أى قاعدة ذاتية المعرفة تتغير بشكل غير رتيب فيما يتعلق بالسياقات التى تكون فيها القاعدة متضمنة^(٣).

وهذا ما أوضحه مور عندما ذهب إلى أن كل من الاستدلال الفرضي والاستدلال ذاتي المعرفة غير رتيب لكنهما مختلفين:

الاستدلال الفرضي غير رتيب لأنه يستخدم مصطلح من الفلسفة وهو أنه قابل للإلغاء وبمعنى أن نتائجه مؤقتة، ولذلك بمجرد تقديم معلومة أفضل يمكن سحب هذه النتائج فى حين يتميز الاستدلال ذاتي المعرفة بعدم قابليته للإلغاء، أى إذا اعتقدت حقيقة فى أنك تعرف بالفعل كل أمثلة الطيور التى لا يمكن أن تطير، فلا يمكن أن تتمسك - بشكل متسق - بهذا الاعتقاد، وفى الوقت نفسه تقبل أمثلة جديدة للطيور التى لا يمكنها أن تطير^(٤).

فالاستدلال ذاتي المعرفة يجرى فقط استدلالات صحيحة بشرط أن تكون المقدمات

(1) Lukasiewicz, W., «Non-Monotonic Reasoning: Formalization of Commonsense Reasoning, Ellis Horwood Limited, England», 1990, p.84.

(2) Brewka, G. & Niemela, I. and Truszczynski, M., «Non-Monotonic Reasoning», p. 8.

(3) Lukasiewicz, W., Op.Cit., pp.84-85.

(4) Moore, R.C., «Semantical Considerations on Non-Monotonic Logic, Artificial Intelligence, Proceedings of the Eighth International Joint Conference on Artificial Intelligence, Karlsruhe, West Germany, August 8-12, 1983, p. 274.

صادقة، والنتائج تتبع من قوة المنطق الذي يكمن خلفها. ويتميز بأنه غير رتيب لأن العبارات ذاتية المعرفة هي حساسة للسياق أو فهرسية أى أنها تشير بوضوح إلى المعرفة الكاملة بالسياق الذي يحتويهم وبالتالي يتغير معناهم اعتمادا على ما هو معروف^(١).

وهذا ما قام مور بتوضيحه فيما يلي^(٢):

إذا لدينا نظرية لها البديهتان التاليتان

(تويتى) طائر

(كل س) ((س) طائر ومن الاتساق أن ((س) يمكن أن يطير) تستلزم (س) يمكن أن يطير)

إذن من الاتساق أن ب لا تعنى فحسب أن ب متسقة، إنها تعنى أن ب متسقة مع النظرية غير الثابتة التى تحتوى فقط على هاتين البديهتين. فى هذه النظرية نتوقع أن (تويتى) يمكن أن يطير لأن تكون مبرهنة. إذا نغير النظرية عن طريق إضافة (تويتى) لا يمكن أن يطير باعتبارها بديهية إذن نغير معنى من الاتساق أن ب ليكون أن ب متسقة مع النظرية غير الرتبة التى تحتوى فقط على البديهيات:

(تويتى) لا يمكن أن يطير

(تويتى) طائر

(كل س) ((س) طائر ومن الاتساق أن ((س) يمكن أن يطير) تستلزم ((س) يمكن أن يطير)

ولا نتوقع أن (تويتى) يمكن أن يطير لأن تكون مبرهنة. عامل الإجراء يغير معناه مع السياق.

وقد عبر لوكاشفيتش عن هذا من خلال تمييزه بين نوعين مختلفين من الآليات هما بمثابة صورتين للاستدلال ذاتى المعرفة احدهما اتفاقات صريحة والأخرى آراء ذاتية وذلك من خلال طرحه للمثال التالى^(٣):

(1) Etherington, D.W., Reasoning With Incomplete Information «Investigations of Non-Monotonic Reasoning», The University of British, Columbia, 1986, p. 33.

(2) Moore, P.C., Loc. Cit.

(3) Lukaszewicz, W., «Non-Monotonic Reasoning: Formalization of Common Sense Reasoning», p.84.

مالر يكن اسمك في قائمة الفائزين، افترض أنك خاسر

في هذا المثال نستند على ملاحظة أن قوائم أسماء الفائزين تكون كاملة، حيث إنها تحتوي ضمناً على دليل عن الخاسرين. وهذا يعني أن القاعدة لا تشير إلى معلومات ناقصة ولكنها تشير إلى تمثيل ناقص لمعرفة كاملة تقريباً. ونتيجة لذلك القاعدة صحيحة منطقياً: إذا كان صحيحاً أن اسمك ليس في القائمة، إذن يجب أن يكون صحيحاً أنك خاسر. لا يمكن أن يبطل هذا الاستنتاج بتوفير دليل أفضل لأنه ليس هناك إمكانية لوجود مثل هذا الدليل. في هذه اللحظة من الإعلان عن القائمة معرفتنا عن الواقع الفعلي كاملة ولا يمكن تمديدتها بجزء جديد من المعلومات. ومع ذلك فالقاعدة غير رتيبة ولا يمكن أن تصاغ بدقة في أي نسق منطقي يتمتع بخصوصية الثبات وذلك لأن القاعدة تشير إلى غياب دليل ما وهكذا تعتمد على السياق الذي تعمل في إطاره. وقد يحدث أن تضمن القاعدة في سياق أكبر يجعل بعض الاستنتاجات السابقة القابلة للاستنتاج غير مشتقة. على سبيل المثال:

١- قائمة الفائزين تتكون من توم وبييل

تسمح لنا القاعدة باستدلال أن جون خاسر، ومع ذلك إذا (٢) استبدلت بـ (١)

٢- قائمة الفائزين تتكون من توم وبييل وجون، هذه النتيجة لا يمكن اشتقاقها.

إذن يوضح هذا المثال نوع الاستدلال ذاتي المعرفة الصريح. إذا لم تكن على قائمة الفائزين قد تستنتج أنك خاسر، لأن هناك اتفاق صريح أن قوائم الفائزين دائماً كاملة. في حين تستند الاستدلالات ذاتية المعرفة الذاتية على آراء ذاتية تمثل الاستدلال ذاتي المعرفة الذاتي^(١):

مثال اعتبر أن السبب للاعتقاد في أن صديقي توم ليس شاعر عظيم - كأمر واقع - حيث لم يخبرني أحد أن ذلك ليس كذلك. وبناء عليه بما أنني أعتقد أنني أعرف الشعراء البارزين في بلدي، أعتقد أنني سأعرف إذا كان توم أحدهم. بالضبط إن فقدان هذه المعلومة هو ما يدعم نتيجتي.

وهناك مثلاً آخر على هذا النوع من الاستدلال الذاتي أورده مور. اعتبر السبب في اعتقادي بأنني ليس لدى أخ أكبر هو ببساطة أنني أعتقد إذا لدى أخ أكبر بالتأكيد سأعرف عنه، وبما أنني لا أعرف أي أخوة أكبر فينبغي أن لا يكون لدى^(٢).

(1) Ibid, p.85.

(2) Moore, R.C., «Semantical Considerations on Non-Monotonic Logic», p. 273.

من هنا نتساءل عن المنطق الذى تصاغ فيه الاستدلالات ذاتية المعرفة؟

هذا المنطق هو منطق ذاتي المعرفة يصيغ اعتقادات الفاعل التى تنعكس على اعتقاداته الخاصة. ويمكن التعبير عنه بعبارات مثل «إذا لم تعتقد في ب إذن ك صادقة» السمة المميزة له أنه غير ثابت بمعنى أن فئة الاعتقادات التى تكون مبررة على أساس فئة المقدمات لا تتزايد بالضرورة بشكل ثابت كما تتزايد فئة المقدمات. على سبيل المثال افترض أن فاعل ما يأخذ كمقدمة «إذا لم تعتقد في ب إذن ك صادقة»، ولا تعتقد في ب. فى ظل هذه الظروف، فهو بالتأكيد يستلزم أن يعتقد في ك إذا كان له أن يتخذ كاعتقاد المقدمة الإضافية ب - بطبيعة الحال - فهو لن يستلزم أن يعتقد في ك ما لم يوجد تبرير إضافي^(١).

تكمّن الفكرة فى المنطق ذاتي المعرفة فى تمديد اللغة المنطقية من خلال عامل إجراء المعرفة أو الاعتقاد Lp الذى يفسر على أنه «أعتقد فى ب» و«أعرف ب». وتستند الفكرة البديهية فى المنطق ذاتي المعرفة على الاستبطان (التفكير الذاتى) Introspection (الذى يعنى افتراضات قائمة على معرفة واعتقادات المرء الذاتية)^(٢).

مثال:

«هل ستقيم ستونز حفلا موسيقيا فى نيو كاسل الأسبوع المقبل؟ لا، لأنه خلاف ذلك قد سمعت عنه».

أولا من الواضح أنى ليس لدى أى معرفة محددة أن ستونز لن تقيم حفل موسيقى فى نيو كاسل الأسبوع المقبل. بهذا المعنى، معرفتى غير مكتملة، ومن خلال إعطاء إجابة سلبية، أجرى تخمين (حدس)، هذا الحدس يستند إلى انعكاس على المعرفة التى لدى (إذا كان يحدث شيء هام فى مدينتى إذن فسأعرفه).

لنستمر مع المثال افترض أننى أشتري صحيفة هيرالد نيو كاسل فى الصباح بعد المحادثة السابقة، وأقرأ العنوان الرئيسى: حفل القرن: ستونز فى نيو كاسل الأسبوع المقبل!

لقد تغير الوضع، الآن أعرف أن ستونز تقيم حفل موسيقى، لذلك اجابتنى على السؤال

(1) Moore, R.C., «Autoepistemic Logic», from: Non-Standard Logics for Automated Reasoning, Edited by: Smets, P. & Mamdani, A. & Prade, H., Academic Press Limited, 1988, p.105.

(2) Antoniou, G., Non-Monotonic Reasoning, p.107.

السابق ستكون بنعم. هذا يعني أن الاستنتاج القديم الذي استنتجته من خلال الاستبطان لم يعد صحيحا ويجب تنقيحه. وبناء عليه فاستدلالى غير رتيب (معلومات جديدة أبطلت النتيجة السابقة). لاحظ، على الرغم من مصطلحى الطويل الأجل المعرفة لم يتغير: ما زلت أستطيع أن أناقش «إذا شيء ما هام مجرى فى مدينتى، إذن سأعرفه». الاختلاف الوحيد هو أننى أعرف الآن أن الحفل الموسيقى سيقام، ولذا لا يمكننى أن أستنتج العكس استنادا إلى الاستبطان^(١).

تقدم دلالات المنطق ذاتى المعرفة فى ضوء ما يعرف بالتوسعات Expansions وهى أجزاء المعرفة التى تعرف «رؤى العالم» المتوافقة مع معرفة معطاه ومستندة إليها. أحد الخصائص الرئيسية للتوسعات هى الاستقرار stability: مجموعة مغلقة بشكل استنباطى ولتكن E من صياغات منطق ذاتى المعرفة يطلق عليها مستقرة إذا توافرت فيها الشروط التالية^(٢):

ب تتضمن أن $L p$ تنتمى إلى E

ب لا تنتمى إلى E تتضمن أن نفى $L p$ تنتمى إلى E

يعكس مفهوم الاستقرار بوضوح الاستبطان أى الاستدلال ذاتى المعرفة: إذا أ فى معرفتى إذن أعرف أ، أعرف أننى أعرف... إلخ على الجانب الآخر إذا لا أعرف ب، إذن أعرف أننى لا أعرف ب.

وهذا ما أكده مور عندما ذهب إلى أن صدق اعتقادات الفاعل معبر عنها كمنظرية ذاتية المعرفة قضوية تحدد من خلال: أى الثوابت القضائية تكون صادقة فى العالم الخارجى، وأى الصياغات يعتقد فيها الفاعل^(٣).

أى أن هذه الصورة الاستدلالية ونمط المنطق الذى يكمن خلفها تعتمد بشكل أساسى على المعرفة الذاتية للفاعل، والتى قد تتغير من خلال معلومات جديدة تضاف إليه قد تعدل من معرفته فى ظل سياق أكبر.

٢- القيد: Circumscription

قدم مكارثى القيد - الصورية الثالثة من الاستدلال غير الرتيب - وهو عبارة عن قاعدة

(1) Ibid, p. 109.

(2) Ibid, p. 110.

(3) Moore, R.C., «Semantical Considerations on Non-Monotonic Logic», p274.

للحدس يمكن أن تكون مستخدمة من خلال شخص أو برنامج للقفز إلى نتيجة بعينها أعنى الموضوعات التي تكون موضحة أن لها خاصية بعينها ولتكن ب بالاستدلال من وقائع معينة ولتكن أ تكون هي كل الموضوعات التي تستوفي ب. علاوة على ذلك يمكن أن يستخدم القيد- عموماً- للحدس أن التتابعات (س، و، ص، ي) التي يمكن أن تظهر لتستوفي العلاقة ب (س، و، ص، ي) وتكون كل المجموعات التي تستوفي هذه العلاقة. وبالتالي يمكن تقييد فئة المجموعات ذات الصلة^(١).

وتقوم الفكرة الحدسية للقيد على أننا نعرف بعض الموضوعات في فئة معينة، ولدينا بعض الطرق لتوليد المزيد لذا نقفز منها لاستنتاج أن هذا يعطى كل الموضوعات في الفئة، وهكذا نقيّد إلى الفئة التي بها موضوعات نعرف كيف نتيجها^(٢).

ويوضح مكارثي أن القيد يمكنه أن يصيغ عمليات الاستدلال البشري المتعددة، على سبيل المثال عادة ما يقرأ التفكير بالحس المشترك أنه القفز إلى النتيجة بأن أداة ما يمكنها أن تستخدم لغرضها المقصود ما لشيء ما يمنع استخدامها.

ويشرح مكارثي فكرته عن القيد من خلال مثال توضيحي لمجموعتين من البشر جاءوا ليستقلوا قارباً لعبور النهر، وذلك على النحو التالي:

«يأتي إلى النهر ثلاثة من المبشرين وثلاثة من أكلى لحوم البشر. المقاعد المتاحة في زورق التجديف (القارب) اثنان. إذا كان عدد أكلى لحوم البشر يفوق عدد المبشرين - من أي وقت مضى - على أي ضفة من النهر، فسيؤكل المبشرين. كيف يجوز لهم عبور النهر؟»^(٣) تثار المشكلة مباشرة من تمثيل المعرفة العامة للحس المشترك، حيث إنه لكي نمثل شروط الأداء الناجح للفعل - بشكل تام - ستكون هناك عدد من القيود غير المقبولة واللاعلمية مشتملة في الجمل المعبرة عنهم، وبالتالي يتطلب الأداء الناجح للقارب من أجل عبور النهر أنه إذا كان القارب هو زورق التجديف أن تكون المجاديف ومساند المجاديف حاضرة وسليمة وأن تناسب بعضها البعض، ويمكن إضافة العديد من الشروط الأخرى مما يجعل قواعد نظام استخدام القارب

(1) McCarthy, J., «Circumscription - A Form of Non - Monotonic Reasoning», Stanford Artificial Intelligence Laboratory, feb., 1980, p.2.

(2) McCarthy, J., «Epistemological Problems of Artificial Intelligence», p.461.

(3) McCarthy, J., «Circumscription - A Form of Non - Monotonic Reasoning», p.3.

تكاد من المستحيل أن تطبق. وبعد فإن أى شخص مازال يمكنه أن يفكر في متطلبات إضافية ليست مذكورة بعد^(١).

في مشكلة المبشرين وآكلي لحوم البشر، القارب به مكانين لاثنان من الناس. في بيان المشكلة لاشئ يقال عن كيفية استخدام القوارب في عبور الأنهار، لذا هذه المعلومات من الواضح أنها تأتي من المعرفة المشتركة، وبرنامج الحاسوب قادر على حل المشكلة من وصف الانجليزية أو من ترجمة هذا الوصف إلى منطق. ينبغي أن يكون له المعرفة المشتركة اللازمة. إن أبسط بيان حول استخدام القوارب يقول شيء ما مثل: «إذا القارب على نقطة واحدة من الشاطئ، جانب المياه، ومجموعة أشياء تدخل القارب، والقارب مدفوع إلى نقطة أخرى من الشاطئ، والأشياء تخرج من القارب، اذن سيكونوا على النقطة الثانية من الشاطئ». وبطبيعة الحال هذا البيان صارم جدا ليكون صحيحا، لأن أى شخص سيقبل أنه إذا كان القارب هو زورق تجديف وتسرب أو ليس له مجاديف، فالفعل قد لا يحقق نتيجته المقصودة. قد يحاول امرئ ما تعديل بيان المعرفة المشتركة عن القوارب، لكن هذا يواجه صعوبات عندما يطالب النقاد بقاء ما بأن مكدس العادم العمودى لمدخنة محرك القارب لا يجب أن يكون متحطم من خلال غائط البقر الساقط من مرور الصقور أو حدث ما آخر حيث لا أحد فكر في ذلك من قبل^(٢).

يقول مكارثي في نظريته للقيود باعتباره حلا - من وجهة نظره - لمشكلة التقييد التي تجابه تمثيل المعرفة الحسية في مجال الذكاء الاصطناعي:

«نحن بحاجة أن نكون قادرين على القول أن القارب يمكن أن يستخدم كوسيلة لعبور جسم المياه ما لم شيئا ما يمنع ذلك. وعلى الرغم من ذلك، وبما أننا غير راغبين في أن نحدد مقدما الظروف الممكنة التي تمنع استخدام القارب فمازال هناك مشكلة في اثبات أو على الأقل (الحدس ب) تخمين أن لاشئ يمنع استخدام القارب»^(٣).

القيود طريقة للقفز إلى النتائج، حيث هناك جزء من الحدس يمكن تأكيده من خلال وصف صيغة غير صورية من الاستدلال بشكل مسبق لا تتطابق مع الاستنباط في النسق الرياضى لأنها تنتج نتائج عبارة عن مجرد تخمينات (حدوس)، واحيانا تتسبب في عدم الاتساق،

(1) Ibid, p.2.

(2) MaCarthyJ., « Epistemological Problems of Artificial Intelligence », p.461.

(3) Ibid.

ويمكن أن يستخدمه كل من البشر والروبوتات. كما تتسم حسابات القيد بأن لها بعضا من نجاحات وإخفاقات الاستدلال البشري^(١).

فما هو القيد إذن؟

يشير مكارثي إلى أن القيد ليس استنباطا مستترا وذلك لأن كل صورة من صور الاستنباط لها خاصيتين يفتقر إليهما القيد: التعدى والرتابة. التعدى بمعنى أنه إذا ب تستلزم س، وس تستلزم ع، إذن ب تستلزم ع. بينما الرتابة بمعنى أنه إذا كانت أ تستلزم ب (أهى فئة من الجمل) وأ محتواه فى ج، إذن ج تستلزم ب بالاستنباط. من البديهي ألا يكون القيد رتبيا، بما أنه عبارة عن تخمين بأن الطرق التى نعرف بها إنتاج ب هى كل ما يكون هناك. الفئة الموسعة ج من الجمل قد تحتوى طريقة جديدة لإنتاج ب^(٢). فالقيد عبارة عن قاعدة حدسية يمكن أن تستخدم جنبا إلى جنب مع قواعد استدلال منطق الدرجة الأولى. يفترض قيد المحمول أن كيانات تستوفى محمولاً بعينه فقط إذا كان لديهم الأساس لمجموعة من الوقائع. مجال حدوس القيد أن كل الكيانات المعروفة هى كل ما هو هناك. نصل إلى أن مجال القيد - المسمى بالاستدلال الأدنى - يمكن أن يندرج فى قيد المحمول، ونتيجة تطبيق القيد على مجموعة أمن الوقائع عبارة عن مخطط جملة تقرر أن المجموعات فقط التى تستوفى المحمول ب (س، ز) هى تلك التى لها أن تعمل ذلك تتبع من جمل أ. بإضافة جمل أكثر إلى أ ربما يجعل ب قابل للتطبيق على مجموعات أكثر، وبذلك يكون القيد ليس رتبيا. النتائج المشتقة من القيد هى عبارة عن تخمينات بأن أ تشمل الكل: أى الوقائع ذات الصلة والكيانات التى لها وجود يتبع من أ تكون كل الكيانات ذات الصلة^(٣). حيث أن القيد يسمح لنا بالتخمين أنه لا توجد كائنات ذات صلة موجودة فى بعض الفئات باستثناء تلك التى وجودها يتبع من بيان المشكلة ومعرفة الحس المشترك.

مما سبق يمكن القول أن القيد الذى قدمه مكارثي كشكل من أشكال الاستدلال غير الرتيب هو ببساطة عبارة عن قيد يسمح بالحس بأن الاستثناءات الوحيدة التى تمنع حدوث الفعل (الإجراء) هى تلك التى وجودها يترتب على الوقائع التى فى متناول اليد، والتى تكون

(1) Ibid.

(2) Ma Carthy, J., «Epistemological Problems of Artificial Intelligence», p. 462.

(3) Mc Carthy, J., «Circumscription - A Form of Non - Monotonic Reasoning», p.3.

قابلة للاستنباط، وبناء عليها نستدل على أن الفعل غير قابل للاستخدام، وتعتمد صحة هذه النتيجة على أفعالنا بعد الآخذ في الاعتبار جميع الوقائع ذات الصلة عند إجراء القيد.

خامسا: تطبيقات استدلال القفز إلى النتائج

لقد أتى استدلال القفز إلى النتائج لحل مشكلات تمثيل المعرفة في عديد من مجالات التطبيق في الذكاء الاصطناعي بالإضافة إلى حل مشكلة الاستدلال، حيث إنه يوفر طرق صورية تمكن النسق الذكي من أن يعمل بشكل كاف عندما يواجه معلومات ناقصة ومتغيرة. إنه يوفر - بصفة خاصة - آليات صارمة لاستخلاص نتائج مرة أخرى إذ تبين أنها خاطئة واشتقاق نتائج جديدة بديلة. وبالتالي كان له عديد من التطبيقات في^(١):

١- الاستدلال القانوني، حيث إن معظم التشريعات القانونية عبارة عن قواعد ذات استثناءات.

٢- تشخيص مشكلات الاتصالات السلوكية واللاسلكية، والاحتيال في مجال التأمين.

٣- التشخيص الطبي أي الاستدلال التشخيصي المتضمن في شرح الأعراض.

٤- فهم اللغة الطبيعية، حيث إنها ممتلئة بالغموض والمجال فيها مفتوح لتفسيرات متعارضة.

٥- أنظمة الإرشاد الذكية.

في كل من هذه المجالات يوفر الاستدلال غير الرتيب آليات لدعم هذه العمليات سواء من خلال قواعد أساسية ترشد النسق إلى أكثر أسباب المشكلة عقلانية أو العمل وفق فرضية تركز تقدما.

كما أنه أسهم في تطوير عديد من أساليب البرهان العملي كطريقة النفي كإخفاق بالنسبة لمنطق البرمجة، وأنواع متعددة من أنساق صلاحية الصدق^{(٢)(*)}.

(1) Antoniou, G., Non-Monotonic Reasoning, p. 5.

(2) Brewka, G. & Niemela, I. and Truszczynski, M., «Non-Monotonic Reasoning», p.9.

(*) تعبر أنساق صلاحية الصدق عن أن كل عبارة لها فئة من التبريرات تمثل سببا للتمسك بالعبارة كاعتقاد. وتستخدم هذه التبريرات لتحديد فئة الاعتقادات الحالية من خلال فحص التبريرات المسجلة =

خاتمة البحث

نستخلص من كل ماسبق الآتي:

إن تمثيل استدلال الحس المشترك داخل الأنساق الذكية إشكالية هامة جدا في مضمار هذا المجال، وتحتاج إلى جهود كبيرة لمجابتها سواء من قبل مجتمع الذكاء الاصطناعي أو مجتمع المنطق الفلسفي.

استدلال الحس المشترك يتسم بالتدفق والتغير لأنه يرتبط بالمعرفة الإنسانية المتغيرة بشكل دائم، وبالتالي يحتاج لصياغته - بشكل صوري - إلى آلية صورية تتواءم مع هذه الطبيعة المتغيرة، وبالتالي لن يكون المنطق الكلاسيكي بنتائجه الرتيبة ملائما لتمثيل هذا النمط من الاستدلال البشري.

تميز استدلال الحس المشترك بالتغير الدائم كان دافعا بل محركا قويا للبحث عن آليات صورية لتمثيله داخل الأنساق الذكية مما أدى إلى ظهور ماسمى باستدلال القفز إلى النتائج أو الاستدلال غير الرتيب الذي يقوم على فكرة جوهرية تتمثل في اشتقاق نتائج مقبولة من قاعدة معرفية ينظر إليها بشكل مجرد باعتبارها مجموعة من الصياغات في منطق ملائم، وهذه النتائج مؤقتة لأنه يمكن سحبها عند إضافة صياغة جديدة إلى قاعدة المعرفة.

إن الاستدلال غير الرتيب هو استدلال قابل للإلغاء، بمعنى أن نتائجه يمكن إبطالها عند ظهور معلومات جديدة تتعارض مع ماسبق قبوله، ولذلك فهو استدلال افتراضي أو فرضي قائم على مجموعة من الافتراضات أي أنه يعتمد على غياب المعلومة أكثر من حضورها.

ليس معنى أنه استدلال غير رتيب أنه يفترق إلى القواعد المنطقية بل على العكس من ذلك فهو يعتمد على عدد من المبادئ المنطقية التي تتواءم مع طبيعته كمبدأ للزوم القابل للإلغاء، ومبدأ النفي كإخفاق. إضافة إلى أنه يعتمد بشكل أساسي على أنماط متعددة من المنطق تعد بمثابة أرضية أو قاعدة يقوم عليها الاستدلال غير الرتيب توفر المعنى لقواعده الصورية.

= لتجد تأييد جيد التكوين متى كان ممكنا لكل اعتقاد، وعندما يتغير الفرض يتم فحص هذه التبريرات مرة أخرى لتجديد مجموعة الاعتقادات الحالية.

نقلا عن (McDermott, D. and Doyle, J., «Non - Monotonic Logic I», p.8).

ليس هناك صورة واحدة للاستدلال غير الرتيب بل هناك صور، وأشكال متعددة له تجلت كلها حول فكرة النتائج غير الرتبية التي تتغير أو تلغى عند ظهور تبريرات أو معلومات جديدة تتعارض معها، ولكنها تختلف في الهيكل البنائي كما ظهر مع رايتير باستخدامه الاستدلال بالفروض في حال غياب المعلومات أو في حال معلومات مضادة تظهر تؤدي إلى سحب النتائج أو إبطالها، في حين اختلف عنه مور حين لجأ إلى الاستدلال ذائق المعرفة الذي يعتمد ليس على غياب المعلومة بل على التمثيل الناقص للمعلومات الكاملة وعلى المعرفة الذاتية للمرء، فهنا لا يتم سحب النتائج لأن هذه الصورة الاستدلالية تعتمد على السياق لذلك فهو غير رتيب تتغير النتائج بتغير السياق والمعرفة الذاتية للمرء.

اختلفت أيضا الصورة مع مكارثي الذي ركز على ما أسماه بالقيود الذي يسمح بصياغة لعدد من الاستثناءات قد تمنع حدوث الفعل ولكن في حدود ماهو متاح وممكن بناء على ماهو معروف من الوقائع وبالتالي تغير من نتيجة الفعل، لذا فهو استدلال غير رتيب.

امتد نطاق الاستدلال غير الرتيب بأشكاله المتعددة ليطبق في عديد من المجالات كالقانون والطب والاتصالات والأنظمة الذكية وغيرها العديد من المجالات التطبيقية التي تعتمد بشكل أساسي على الاستدلالات الحسية.

هذا وإن دل على شيء فإنما يدل على مدى التفاعل والترابط بين المنطق بأدواته المتعددة وبين مجال الذكاء الاصطناعي، ويؤكد بصورة أو بأخرى على جدوى وفعالية الدور الذي يلعبه المنطق في هذا المجال.

كما أنه يحفز على إجراء دراسات عديدة تتناول أنماطا متعددة من المنطق كالمنطق المعرفي، والمنطق الزمني، وغيرها التي تسهم في فهم بنية الأنساق الذكية.

قائمة المراجع

- 1- Antoniou, G., Non-Monotonic Reasoning, Massachusetts Institute (Technology, London), 1997.
- 2- Arieli, O. & Avron, A., «General Patterns for Non-Monotonic Reasoning: From Basic Entailment to Plausible Relations», Logic Journal of IGPL, Vol.8, No.2, 2000.
- 3- Bell, J., «Non-Monotonic Reasoning, Non-Monotonic Logics and Reasoning about Change», Artificial Intelligence Review, Vol. 4, 1990.
- 4- Bocham, A., «Two Paradigms of Non-Monotonic Reasoning», ISAIM, Chicago, 2006.
- 5- Bochman, A., «Logic in Non-Monotonic Reasoning, Non-Monotonic Reasoning. Essays Celebrating its 30th Anniversary, College Publ., 2011.
- 6- Brewka, G. & Niemela, I. and Truszczyński, M., «Non-Monotonic Reasoning», Foundations of Artificial Intelligence 3, 2008.
- 7- Brewka, G., Dix, J. & Konolige, K., A Tutorial on Non-Monotonic Reasoning, from: International Workshop on Non-Monotonic and Inductive Logic, NIL, 1991, pp.1-88.
- 8- Etherington, D. W., Reasoning With Incomplete Information «Investigations of Non-Monotonic Reasoning», the University of British, Columbia, 1986.
- 9- Geneserth, M. and Nilsson, N., Logical Foundations of Artificial Intelligence, Morgan Kaufmann Publishers, Inc., 1988.
- 10- Lukaszewicz, W., «Non-Monotonic Reasoning: Formalization of Commonsense Reasoning, Ellis Horwood Limited, England, 1990.
- 11- Maher, M. & Rock, A. & Antoniou, G. & Billington, D. & Miller, T., «Efficient Defeasible Reasoning Systems», International Journal on Artificial Intelligence Tools, Vol. 10, No. 4, 2001, pp. 483-501
- 12- Makinson, D., «Ways of Doing Logic: What Was Different About AGM 1985?», Journal of Logic Computation, Vol. 13, No. 1, 2003.

- 13- Makinson, D., «Bridges between Classical and Non-Monotonic Logic», Logic Journal of IGPL, Vol. 11, No.1, 2003.
- 14- Marek, V. W. and Nerode, A., « Non-Monotonic Reasoning», Proc. 1993.
- 15- McCarthy., «Circumscription - A Form of Non - Monotonic Reasoning», Stanford Artificial Intelligence Laboratory, Feb., 1980.
- 16- McCarthy, J., and Patrick, H., «Some Philosophical Problems from the Standpoint of Artificial Intelligence», from: Readings in Artificial Intelligence, edited By: Webber, B. L. and Nilsson, N. J., Morgan Kaufmann Publishers, Inc. California, 1981.
- 17- McCarthy, J., «Epistemological Problems of Artificial Intelligence», from: Readings in Artificial Intelligence, edited By: Webber, B. L. and Nilsson, N.J., Morgan Kaufmann Publishers, Inc. California, 1981.
- 18- McDermott. and Doyle., «Non -Monotonic Logic I», Massachusetts Institute of Technology Artificial Intelligence Laboratory, August, 1978.
- 19- Minsky, M., «A Frame for Representing Knowledge», from: Mind Design II Philosophy Psychology Artificial Intelligence, edited by: Haugeland, J., 2nd. Ed., Massachusetts Institute of Technology, 1997.
- 20- Moore, R. C., «Semantical Considerations on Non-Monotonic Logic, Artificial Intelligence, Proceedings of the Eighth International Joint Conference on Artificial Intelligence, Karlsruhe, West Germany, August 8-12, 1983.
- 21- Moore, R. C., «Auto epistemic Logic», from: Non-Standard Logics for Automated Reasoning, Edited by: Smets,P.& Mamdani, A.&Prade,H., Academic Press Limited, 1988.
- 22- Reiter, R., «On Reasoning By Default», TINLAP 7Proceedings of The Workshop on Issues in Natural Language Processing, 1978.
- 23- Reiter, R., «A Logic For Default Reasoning», Artificial Intelligence, Vol. 13, North-Holland Publishing Company, 1980.
- 24- Reiter, R., «Non- Monotonic Reasoning», Annual Review of Computer 2.1, 1987.
- 25- Vince, M.and Sefranek, J., «From Deduction to Knowledge Representation», Organon F20 (Supple- Mentary issue 2), 2013.