



دور المنطق الرياضي في بناء النظم الذكية: دراسة تطبيقية على الماتلاب والذكاء الاصطناعي

سارة رمضان الببحاح* و نجلاء جمال العويس

قسم الرياضيات، كلية العلوم، الجامعة الأسمرية الإسلامية، زلiten، ليبيا.

*البريد الإلكتروني: sroav8599@gmail.com

The Role of Mathematical Logic in Building Intelligent Systems: An Applied Study on MATLAB and Artificial Intelligence Integration

Sara R. Albahbah* and Najla J. Alawiss

Department of Mathematics, Faculty of Science, Alasmariya Islamic University, Zliten, Libya.

المخلص

يعد المنطق الرياضي من الركائز الأساسية التي قامت عليها علوم الحاسوب والذكاء الاصطناعي، حيث يشكل الإطار النظري لفهم العمليات الحسابية، وبناء الخوارزميات، وتصميم البرمجيات الذكية. تهدف هذه الورقة إلى إبراز الدور التطبيقي للمنطق الرياضي في تطوير النظم الذكية، مع التركيز على توظيفه داخل بيئة MATLAB، بوصفها منصة تجمع بين النمذجة الرياضية والتحليل البرمجي. كما تتناول الدراسة العلاقة بين المنطق التقليدي والمنطق الضبابي في تمثيل المعرفة واتخاذ القرار داخل أنظمة الذكاء الاصطناعي، وتوضح كيف أسهم المنطق الرياضي في تحسين أداء النظم الذكية من خلال دعم عمليات الاستنتاج والتحكم والتحليل. خلصت الورقة إلى أن التكامل بين المنطق الرياضي والبرمجيات التطبيقية يمثل مسارًا واعدًا في بناء أنظمة أكثر دقة ومرونة، تجمع بين التفكير الرمزي والقدرة الحسابية العالية.

الكلمات الدالة: المنطق الرياضي، برمجيات ماتلاب، الذكاء الاصطناعي، المنطق الرمزي، التطبيقات الحاسوبية.

Abstract

Mathematical logic is a fundamental pillar of computer science and artificial intelligence, providing the theoretical framework for understanding computational processes, building algorithms, and designing intelligent software. This paper aims to highlight the practical role of mathematical logic in developing intelligent systems, focusing on its application within the MATLAB environment, a platform that combines mathematical modeling and computational analysis. The study also examines the relationship between traditional logic and fuzzy logic in

knowledge representation and decision-making in artificial intelligence systems and explains how mathematical logic has improved the performance of intelligent systems by supporting inference, control, and analysis. The paper concluded that the integration of mathematical logic and application software represents a promising path in building more accurate and flexible systems that combine symbolic thinking with high computational power.

Keywords: *Mathematical Logic, MATLAB Software, Artificial Intelligence, Symbolic Logic, Computational Applications.*

1. المقدمة

يشكل المنطق الرياضي الإطار الفكري الذي تعتمد عليه النظم الذكية في تمثيل المعرفة وتنظيم العلاقات بين المتغيرات. فمنذ نشأة الحاسوب، ارتبط المنطق ارتباطاً وثيقاً بالخوارزميات وبني القرار البرمجية، وقد نشأت هذه العلاقة من الترابط التاريخي بين الرياضيات وعلوم الحاسوب، حيث أسهمت المفاهيم الرياضية والمنطقية في تشكيل الأسس النظرية للحوسبة الحديثة وتطوير الخوارزميات ولغات البرمجة ونظم معالجة المعلومات (حسن، د.ت.). إذ تستند معظم لغات البرمجة إلى العمليات المنطقية مثل AND و OR و NOT. وقد تطور هذا الارتباط مع ظهور أدوات تحليل رياضي متقدمة مثل MATLAB، التي مكّنت الباحثين من تحويل المفاهيم المنطقية إلى نماذج محاكاة عملية يمكن اختبارها وتحليلها.

في الوقت ذاته، شهد الذكاء الاصطناعي تطوراً نوعياً اعتمد فيه على مبادئ المنطق الرياضي، خصوصاً في مجالات تمثيل المعرفة، وأنظمة الاستنتاج، والتعلم الرمزي. ومع تطور المنطق الضبابي (Fuzzy Logic) - بوصفه امتداداً للمنطق الكلاسيكي - أصبح بالإمكان تمثيل القرارات التي تتعامل مع درجات من الحقيقة، لا الحقيقة المطلقة فقط، وهو ما أتاح بناء أنظمة ذكية قادرة على محاكاة التفكير البشري بدرجات عالية من المرونة.

تسعى هذه الورقة إلى دراسة الدور العملي للمنطق الرياضي في بناء النظم الذكية من خلال التركيز على بيئة MATLAB باعتبارها أداة تطبيقية تجمع بين الرياضيات والبرمجة. كما تسعى إلى توضيح العلاقة التكاملية بين المنطق الرياضي والذكاء الاصطناعي، وإبراز أهمية هذا التكامل في بناء خوارزميات أكثر كفاءة، وفي دعم مسار تطوير الأنظمة الذكية القادرة على الاستدلال والتعلم واتخاذ القرار.

2. الإطار النظري والتطبيقات العملية

1.2. الإطار النظري

يعد المنطق الرياضي الأساس البنائي الذي انطلقت منه علوم الحاسوب والذكاء الاصطناعي، إذ يستخدم في توصيف العمليات الحسابية والتحكم في تدفق الأوامر داخل البرمجيات. فالخوارزميات الحاسوبية هي في جوهرها ترجمة تطبيقية لجمل منطقية تعبر عن شروط أو علاقات بين متغيرات. وقد بيّنت الأدبيات المتخصصة أن تطبيقات المنطق الرياضي في الحاسوب تمتد من تصميم الخوارزميات ولغات البرمجة إلى التحقق من صحة البرامج وبناء أنظمة الاستنتاج الآلي (إبراهيم، 2016). يركز علم الحاسوب على نوعين أساسيين من المنطق:

— منطق القضايا (Propositional Logic)، الذي يُستخدم لتحديد صدق الجمل الشرطية مثل if-then

— منطق المسندات (Predicate Logic)، الذي يتيح التعبير عن العلاقات العامة بين الكائنات والمتغيرات.

ومن خلالهما يمكن صياغة الخوارزميات البرمجية التي تتخذ قرارات بناءً على شروط منطقية واضحة. وقد أظهرت دراسات حديثة أن تطبيقات المنطق في برامج الحاسوب لا تقتصر على بناء الشروط البرمجية فقط، بل تمتد إلى تنظيم عمليات المعالجة والاستدلال واتخاذ القرار داخل النظم الحاسوبية (محمد وآخرون، 2024). وقد تطور هذا الربط النظري ليصبح جزءاً جوهرياً من كل لغة برمجة حديثة، بما في ذلك MATLAB وPython وProlog وغيرها.

2.2. التطبيقات العملية في MATLAB

تعد بيئة MATLAB من أبرز الأدوات البرمجية التي توظف المنطق الرياضي في النمذجة والتحليل. فهي تسمح باستخدام المعاملات المنطقية مثل (&, |, ~) للتحكم في تنفيذ الأوامر وفقاً لنتائج القضايا المنطقية. وتستخدم المصفوفات المنطقية (Logical Arrays) لتمثيل الشروط داخل الأنظمة الرياضية والمحاكاة، مما يمكن الباحث من تحليل النظم التي تعتمد على قرارات منطقية متتابعة.

إضافة إلى ذلك، يحتوي MATLAB على أدوات متقدمة ضمن ما يعرف بـ Fuzzy Logic Toolbox، الذي يمكن الباحثين من بناء أنظمة منطق ضبابي قادرة على اتخاذ قرارات في بيئات غير دقيقة. على سبيل المثال، يمكن تمثيل قاعدة منطقية ضبابية على النحو التالي:

إذا كانت درجة الحرارة مرتفعة والرطوبة منخفضة، فإن سرعة المروحة تكون عالية.

تُترجم هذه القاعدة داخل MATLAB إلى نظام تحكم ضبابي يقوم بحساب درجة الانتماء (Membership Function) لكل متغير، ويستخدم عمليات منطقية ضبابية مثل AND وOR وNOT لتحديد المخرجات. ويعتمد هذا النوع من الأنظمة على المفاهيم الأساسية للمنطق الضبابي التي طُورت



لمعالجة الغموض وعدم الدقة في البيانات الواقعية، مما جعله أداة فعالة في تصميم أنظمة التحكم الذكية وتطبيقات الذكاء الاصطناعي الحديثة (Saatchi, 2024).

بهذا الشكل، يتحول المنطق الرياضي من إطار نظري إلى نموذج محاكاة عملي يمكن تطبيقه على أنظمة تحكم حقيقية في الروبوتات أو المحركات أو المناخ الصناعي. وقد عرضت تطبيقات حديثة في MATLAB Simulink نماذج متقدمة للمنطق الضبابي في مجالات الروبوتات والتحكم والنمذجة الرياضية، مؤكدة أهمية دمج المنطق الضبابي مع البيئات البرمجية التطبيقية الحديثة (Huang et al., 2023).

3.2. المنطق الرياضي والذكاء الاصطناعي

يعتبر الذكاء الاصطناعي أحد أكثر المجالات استفادة من المنطق الرياضي، ولا سيما في تمثيل المعرفة (Knowledge Representation) والاستنتاج المنطقي (Logical Inference). في الأنظمة الخبيرة، تستخدم قواعد منطقية من الشكل: إذا تحقق الشرط (A) و (B)، إذن النتيجة (C). يُنفذ النظام هذه القواعد باستخدام خوارزميات استنتاج (Inference Engines) مبنية على منطق القضايا أو المسندات. وقد أكدت الدراسات الحديثة أن التقنيات المنطقية تمثل ركيزة أساسية في بناء الأنظمة الذكية والأنظمة متعددة الوكلاء، لما توفره من آليات رسمية لتمثيل المعرفة والتنسيق بين الوكلاء واتخاذ القرار والاستدلال الآلي (Boella et al., 2021).

أما في الأنظمة الحديثة، فقد تطور الدمج بين المنطق الرمزي والشبكات العصبية فيما يُعرف بـ الذكاء العصبي الرمزي (Neuro-Symbolic AI)، وهو مجال بحثي ناشئ يسعى إلى توحيد دقة المنطق الرياضي مع مرونة التعلم الآلي.

وقد أظهرت المراجعات العلمية الحديثة أن دمج المنطق الرمزي مع الشبكات العصبية العميقة يمثل أحد الاتجاهات الواعدة في الذكاء الاصطناعي، إذ يجمع بين القدرة على التعلم من البيانات وإمكانية التفسير والاستدلال المنطقي، مما يساهم في بناء أنظمة أكثر شفافية وموثوقية (Negro & Pons, 2022).

3. منهجية البحث

اعتمد هذا البحث على المنهج الوصفي التحليلي، الذي يهدف إلى دراسة المفاهيم النظرية للمنطق الرياضي وربطها بالتطبيقات البرمجية الحديثة، مع التركيز على بيئة MATLAB كنموذج تطبيقي. تم جمع المادة العلمية من عدد من المراجع الأكاديمية والدوريات المتخصصة في مجالات المنطق الرياضي والذكاء الاصطناعي.



اعتمدت الدراسة في الجانب التطبيقي على اختيار أمثلة برمجية مستمدة من مشروع التخرج الأصلي، وذلك لكونها تمثل تطبيقات مباشرة لمفاهيم منطقية رياضية تمت دراستها نظريًا، مثل الاستلزام المنطقي والتكافؤ والعلاقات الشرطية. وقد تم اختيار هذه الأمثلة بعناية بحيث تحقق التوازن بين الوضوح الرياضي والبساطة البرمجية، وتُظهر بصورة عملية كيفية تحويل القواعد المنطقية إلى خوارزميات قابلة للتنفيذ داخل بيئة برمجية حاسوبية.

أما من حيث أداة التنفيذ، فقد استُخدمت بيئة (MATLAB (Matrix Laboratory، وهي بيئة برمجية عالية المستوى طُوّرت أساسًا لمعالجة المصفوفات والعمليات الرياضية، وتُستخدم على نطاق واسع في التحليل العددي، النمذجة، والمحاكاة الرياضية. وتتميز MATLAB بدعمها المباشر للعمليات المنطقية والرمزية، مما يجعلها أداة مناسبة لتمثيل العلاقات المنطقية وتحليلها برمجياً. وقد أتاح ذلك تنفيذ الأمثلة المختارة بطريقة تبرز الانتقال من الصياغة المنطقية المجردة إلى التطبيق الحاسوبي العملي.

جرى تحليل العلاقة بين المفاهيم المنطقية الأساسية - كالاستلزام والتكافؤ والمنطق الرمزي - وبين آليات تمثيلها في البرمجة الحاسوبية. وتم تنفيذ مجموعة من الأمثلة العملية في MATLAB لتوضيح كيفية تحويل القواعد المنطقية إلى تعليمات برمجية فعالة يمكنها محاكاة التفكير المنطقي البشري.

كما استندت الورقة إلى منهج المقارنة بين الجانب النظري والتطبيقي، لإبراز التكامل بين المنطق الرياضي كإطار فكري، وبيئة MATLAB كأداة حوسبية تترجم هذا المنطق إلى نماذج عملية. وتم توظيف نتائج الدراسات السابقة لدعم التحليل النظري، مع الاستفادة من مشروع التخرج الخاص بالباحثة في عرض الأمثلة التطبيقية التي تُبرز العلاقة بين المنطق والذكاء الاصطناعي.

ولم تهدف الدراسة إلى إجراء مقارنة مباشرة بين MATLAB وأدوات برمجية أخرى مثل Python، وإنما اقتصر التركيز على MATLAB باعتباره نموذجًا تطبيقيًا يوضح قابلية ترجمة المنطق الرياضي إلى تعليمات برمجية. ومع ذلك، يمكن الإشارة إلى أن المفاهيم المنطقية نفسها قابلة للتنفيذ في لغات برمجة أخرى، وهو ما يفتح المجال أمام دراسات لاحقة تُعنى بالمقارنة بين بيئات برمجية مختلفة من حيث الكفاءة وسهولة التطبيق في مجال المنطق والذكاء الاصطناعي.

4. النتائج والمناقشة

تظهر التطبيقات الآتية كيفية انعكاس المفاهيم المنطقية في بيئة MATLAB على سلوك الأنظمة الذكية. وقد اختيرت الأمثلة التالية، لتوضيح العلاقة بين المنطق الرياضي والبرمجة التطبيقية في

سياقات مختلفة.

في هذا الجزء، تُعرض مجموعة من الأمثلة البرمجية التي تم تنفيذها ضمن باستخدام بيئة MATLAB، بهدف إبراز كيف يمكن تحويل المفاهيم المنطقية النظرية إلى نماذج حسابية قابلة للتنفيذ. توضح هذه النماذج العلاقة الوثيقة بين المنطق الرياضي وبنية لغات البرمجة، وكيف يساهم في بناء نظم ذكية يمكنها التحليل واتخاذ القرار بناءً على قواعد منطقية دقيقة.

مثال (1): تمثيل العلاقة المنطقية $p \rightarrow q \equiv \sim p \vee q$

كود MATLAB:

```
% تمثيل جدول الصدق للعلاقة (P ⇒ Q) ⇔ (¬P ∨ Q)
% القيم الممكنة للمتغيرين P و Q
;[P = [true, true, false, false
;[Q = [true, false, true, false
% حساب الطرفين
implication = ~P | Q; % (P ⇒ Q) = ¬P ∨ Q
equivalence = implication == implication; % التكافؤ بين الطرفين نفسه (دليل التماثل)
% عرض النتائج في جدول
;(((disp(' P Q (P⇒Q) (¬P∨Q) ((P⇒Q)⇔(¬P∨Q)
for i = 1:4
...,((fprintf('%5d %5d %7d %7d %12d\n', P(i), Q(i), implication(i), (~P(i) | Q(i)
;(((implication(i) == (~P(i) | Q(i)
end
```

يظهر المثال (1) بوضوح كيف يمكن برمجة العلاقات المنطقية داخل MATLAB لتوليد جداول صدق وتحليل صدقية العلاقات بين المتغيرات. كما يُبرز هذا المثال كيف يمكن تحويل العلاقات المنطقية إلى عمليات حسابية برمجية دقيقة داخل MATLAB. هذا التطبيق يعد ترجمة عملية لمفهوم التكافؤ المنطقي والاستلزام. من خلال المقارنة بين القيم الناتجة، يمكن التأكد من صحة العلاقات واستنتاج توافقها المنطقي، مما يربط مباشرة بين الفكر الرياضي المجرد وبين التنفيذ البرمجي الفعلي. كما يبرز المثال دور MATLAB كأداة قوية في محاكاة التفكير المنطقي، وهي نفس الفكرة التي تُستثمر لاحقاً في تصميم أنظمة الذكاء الاصطناعي المعتمدة على المنطق الرمزي. ويتم تشغيل الكود في MATLAB كما في الشكل (1).

```

1  (P Q) Q (¬P Q) العلاقة للصدق %
2
3  القيم الممكنة للمتغيرين P و Q %
4  P = [true, true, false, false];
5  Q = [true, false, true, false];
6
7  حساب الطرفين %
8  implication = ~P | Q; % (P Q) = ¬P Q
9  equivalence = implication == implication; % (دليل التماثل) بين الطرفين نفسه
10
11 عرض النتائج في جدول %
12 disp(' P      Q      (PQ)      (¬PQ)      ((PQ)Q(¬PQ)) ');
13 for i = 1:4
14     fprintf('%5d %5d %7d %7d %12d\n', P(i), Q(i), implication(i), (~P(i) | Q(i)), ...
15             implication(i) == (~P(i) | Q(i)));
16 end

```

```

>> logic
P      Q      (PQ)      (¬PQ)      ((PQ)Q(¬PQ))
1      1      1      0      0
1      0      0      1      1
0      1      1      0      1
0      0      0      1      0
تنشيد
التي

```

شكل 1. تمثيل الاستلزام المنطقي باستخدام MATLAB

ما يفعله هذا الكود:

ينشئ كل التوافيق الممكنة لـ P و Q، ويحسب باستخدام (.)، ويقارن الطرفين ليؤكد أنهما دائماً متساويان (أي العلاقة تكافؤ منطقي)، ويعرض النتائج على شكل جدول (كما هو موضح أن النتيجة على شكل جدول في الشكل 1).

في هذا المثال نستخدم MATLAB لتمثيل جدول الصدق للعلاقة المنطقية $(P \Rightarrow Q)$ ومقارنتها بالتعبير المكافئ $(P \vee \sim Q)$. نركز هنا على تحليل القيم المنطقية لكل حالة ممكنة من متغيري P و Q، مما يبرز أهمية جدول الصدق في فهم وتأكد صحة التكافؤ المنطقي. يعكس هذا التطبيق العملي كيف يمكن تحويل المفاهيم النظرية إلى تمثيلات برمجية واضحة تُسهل الدراسة والتحليل باستخدام بيئة MATLAB.

من التطبيقات العملية للمنطق الرياضي في البرمجة استخدام المنطق الشرطي لاتخاذ قرارات داخل البرنامج. المثال (2) يوضح كيف يمكن استخدام العبارات الشرطية – المبنية على منطق (إذا... فإن)، لتصنيف بيانات (مثل درجة الحرارة) إلى حالات محددة. هذه البنية البرمجية تعد صورة عملية للاستلزام المنطقي في بيئة MATLAB.

مثال (2): نظام بسيط لتصنيف درجات الحرارة باستخدام منطق شرطي: نفترض أننا نريد تصنيف درجة الحرارة إلى ثلاث حالات باستخدام منطق رياضي برمجي:

إذا كانت درجة الحرارة > 10 ← "باردة"

إذا كانت بين 10 و 30 ← "معتدلة"

إذا كانت < 30 ← "مرتفعة"

كود MATLAB:

% برنامج بسيط لتصنيف درجة الحرارة باستخدام منطق الشرط

% درجة الحرارة المدخلة

temperature = input('أدخل درجة الحرارة: ');

% التصنيف بناءً على منطق شرطي

if temperature < 10

disp('الجو بارد');

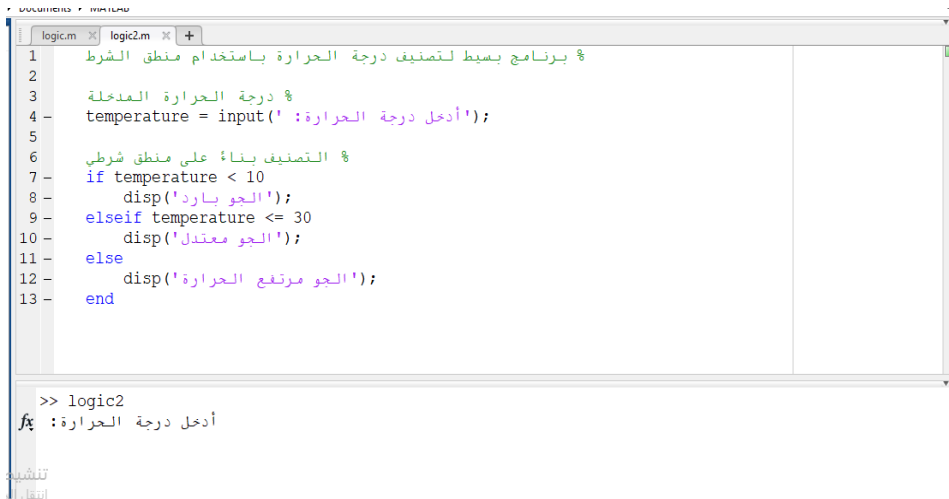
elseif temperature <= 30

disp('الجو معتدل');

else

disp('الجو مرتفع الحرارة');

end



شكل 2. تطبيق المنطق الشرطي في تصنيف القيم باستخدام MATLAB

المنطق الرياضي في هذا المثال حيث أنه يجسد منطقاً شرطياً بسيطاً جداً:

إذا تحقق الشرط ($temperature < 10$)، نستنتج النتيجة "بارد".

المنطق هنا شبيه بقواعد منطقية من الشكل: $p \Rightarrow q$

والنتيجة تكون بإدخال درجة الحرارة المطلوبة (كما ما هو موضح في الشكل 2).



في هذا المثال نطبق المنطق الشرطي (If - Elseif - Else) لتصنيف درجة الحرارة المدخلة إلى ثلاث حالات: بارد، معتدل، أو مرتفع الحرارة. يعتمد التصنيف على تقييم منطقي لحالة المتغير temperature وفق شروط محددة. يظهر هذا التطبيق كيف يُستخدم المنطق في البرمجة لاتخاذ قرارات مبنية على مدخلات معينة، وهو من أبسط وأوضح أشكال استخدام المنطق في الحياة العملية من خلال البرمجيات.

في المثال (3) ننتقل إلى تحليل علاقات منطقية أكثر تعقيداً تتضمن ثلاث قضايا: r, q, p ، ونستخدم MATLAB لبناء جدول الصدق للتحقق من صحة التكافؤ بين تعبيرين منطقيين مركبين، مما يساعد على استكشاف الروابط المنطقية العميقة بين العبارات. كما يظهر هذا المثال كيفية استخدام المنطق الشرطي في البرمجة لاتخاذ قرارات تلقائية بناءً على قيم المتغيرات. مثال (3): للتحقق من صلاحية عبارة منطقية مركبة: نفترض أن لدينا ثلاث قضايا منطقية: p : الطالب ذاكر جيداً، q : الطالب حضر المحاضرات، r : الطالب نجح في الاختبار.

نقوم بحساب الطرف الأيسر من العلاقة المنطقية: $((p \wedge q) \rightarrow r) \Leftrightarrow (\sim r \rightarrow (\sim p \vee \sim q))$ وهي قاعدة تستخدم في الاستدلال المنطقي وتعرف باسم قانون المعكوس المعاكس (المعاكس الإيجابي) (Contrapositive Equivalence).

كود MATLAB:

```
% جميع التوافيق الممكنة للقضايا الثلاث
;P = [true, true, true, true, false, false, false, false]
;Q = [true, true, false, false, true, true, false, false]
;R = [true, false, true, false, true, false, true, false]
% حساب الطرف الأيسر:  $((P \wedge Q) \Rightarrow R)$ 
:left =  $\sim(P \& Q) \mid R$ 
% حساب الطرف الأيمن:  $(R \Rightarrow (\sim P \vee \sim Q))$ 
:right =  $R \mid (\sim P \mid \sim Q)$ 
% تحقق التكافؤ
;equivalence = left == right
% عرض النتائج
;(disp(' P   Q   R   ((P&Q)⇒R)   (¬R⇒(¬P∨¬Q) تساوي؟'))
for i = 1:8
..., fprintf('%5d %5d %5d %7d %7d %7d\n',
;((P(i), Q(i), R(i), left(i), right(i), equivalence(i))
```

End

```

1 % جميع التوافيق الممكنة للقضايا الثلاث
2 P = [true, true, true, true, false, false, false, false];
3 Q = [true, true, false, false, true, true, false, false];
4 R = [true, false, true, false, true, false, true, false];
5
6 % حساب الطرف الأيسر: (P & Q) & R
7 left = ~(P & Q) | R;
8
9 % حساب الطرف الأيمن: (R & (¬P & ¬Q))
10 right = R | (~P | ~Q);
11
12 % تحقق التكافؤ
13 equivalence = left == right;
14
15 % عرض النتائج
16 disp(' P      Q      R      ((P&Q)&R)      (¬R&(¬P&¬Q))      تساوي ');
17 for i = 1:8
18     fprintf('%5d %5d %5d %7d %7d %7d\n', ...
19         P(i), Q(i), R(i), left(i), right(i), equivalence(i)));
20 end

```

```

>> logic3
P      Q      R      ((P&Q)&R)      (¬R&(¬P&¬Q))      تساوي
1      1      1      1      1      1      1
1      1      0      0      0      0      1
1      0      1      1      1      1      1
1      0      0      0      1      1      1
0      1      1      1      1      1      1
0      1      0      1      1      1      1
0      0      1      1      1      1      1
0      0      0      1      1      1      1
fx >>

```

شكل 3. تمثيل العلاقة العكسية (Contrapositive) باستخدام الجداول المنطقية في MATLAB

يوضح هذا المثال كيف يمكن توظيف MATLAB لبناء جدول صدق كامل لثلاث قضايا، ومقارنة تعبيرين منطقيين مركبين للتحقق من صحة التكافؤ بينهما، ويظهر كيف يمكن استخدام الاستلزام والنفي والاقتران والفصل بطريقة مركبة، تُظهر النتائج أن القيم المنطقية للطرفين متطابقة في جميع الحالات، مما يدل على أن العبارتين متكافئتان منطقياً. مثل هذا التطبيق يعزز فهم الطالب للعلاقات المنطقية المركبة ويمكنه من اختبار صدقها عملياً باستخدام البرمجة، وهو ما يعكس أهمية البرمجيات في التعليم المنطقي والتحليل الرياضي.

وهكذا تُظهر الأمثلة السابقة كيف يمكن للعقل الرياضي أن يترجم إلى تعليمات برمجية دقيقة، حيث يلتقي المنطق النظري بالتنفيذ العملي باستخدام MATLAB، لا نكتفي بفهم العلاقات المنطقية مجردة، بل نُخضعها لاختبارات تحليلية مباشرة، مما يعزز الإدراك العقلي والقدرة على

التفكير المنهجي. وهكذا، يصبح المنطق الرياضي أداة حية، تتحرك بين الفكر والتقنية لخدمة الفهم العميق والبرهان الواضح.

ومن خلال هذا المثال يتضح أن المنطق الرياضي لا يقتصر على الإثباتات النظرية، بل يمكن تمثيله برمجيًا لتأكيد صحة العلاقات المنطقية وتحليلها بدقة رقمية.

1.4. مقارنة بين الأداء البرمجي والأداء المنطقي للأمثلة التطبيقية

من خلال الأمثلة التطبيقية المعروضة، يمكن ملاحظة الفرق بين الصياغة المنطقية المجردة والصياغة البرمجية التنفيذية. فالمنطق الرياضي يركز على بناء العلاقات والاستنتاجات باستخدام الرموز والقضايا، بينما تقوم الأداة البرمجية، مثل MATLAB، بتحويل هذه العلاقات إلى تعليمات قابلة للتنفيذ تعتمد على بنية خوارزمية محددة.

ويظهر هذا الانتقال من المنطق إلى البرمجة أن الأداة الحاسوبية لا تُغني عن المنطق، بل تعتمد عليه اعتمادًا مباشرًا في تنظيم الأوامر واتخاذ القرارات داخل البرنامج. وعليه، فإن العلاقة بين المنطق الرياضي وبيئة MATLAB هي علاقة تكامل، حيث يمثل المنطق الإطار النظري، وتمثل البرمجة الوسيلة التطبيقية لتنفيذه.

تسهم الأمثلة البرمجية المعتمدة في هذه الدراسة في توضيح الكيفية التي تُبنى بها النظم الذكية على أسس منطقية واضحة. فآليات اتخاذ القرار المستخدمة في الأمثلة، مثل التحقق من الشروط والاستلزام المنطقي، تمثل اللبنات الأساسية لأنظمة الذكاء الاصطناعي المعتمدة على القواعد (Rule-Based Systems).

كما تُبرز هذه الأمثلة أن النظم الذكية لا تعتمد فقط على البيانات، بل تحتاج إلى منطق منظم يحدد كيفية تفسير هذه البيانات والتصرف بناءً عليها. ومن هذا المنطلق، فإن تحويل المفاهيم المنطقية إلى نماذج برمجية يعد خطوة جوهرية في تصميم أنظمة قادرة على الاستنتاج واتخاذ القرار، وهو ما يعد أحد الأهداف الأساسية للذكاء الاصطناعي.

5. الاستنتاجات والتوصيات

خلصت هذه الورقة إلى أن المنطق الرياضي لا يعد علمًا تجريديًا فحسب، بل يمثل الإطار العقلي والمنهجي الذي تقوم عليه النظم الذكية المعاصرة. فقد أوضحت الدراسة أن المفاهيم المنطقية مثل الاستلزام والتكافؤ يمكن ترجمتها إلى عمليات برمجية ضمن بيئة MATLAB، الأمر الذي يُبرز العلاقة الوثيقة بين النظرية الرياضية والتطبيق العملي. كما تبين أن المنطق الرياضي أسهم في تطوير العديد من فروع الذكاء الاصطناعي، وخاصة المنطق الرمزي والمنطق الضبابي، اللذين يستخدمان في بناء



أنظمة قادرة على محاكاة التفكير الإنساني واتخاذ القرار بناءً على قواعد دقيقة. وبعد هذا التكامل بين المنطق والبرمجة مثلاً واضحاً على إمكانية توظيف الأسس الرياضية في تطوير أدوات تحليلية ذكية تخدم مجالات متعددة، من التعليم والبحث العلمي إلى الهندسة والحوسبة المتقدمة. بناءً على ما سبق، يمكن تلخيص أهم التوصيات فيما يلي: (تعميق البحث التطبيقي في مجالات استخدام المنطق الرياضي داخل بيئات البرمجة، خصوصاً MATLAB وPython، لتوسيع فرص الربط بين الرياضيات والذكاء الاصطناعي. الاستفادة من المنطق الرمزي والضبابي في تصميم أنظمة ذكاء اصطناعي تفسر قراراتها للمستخدم، مما يعزز موثوقية التطبيقات الذكية. تشجيع دمج المناهج النظرية والتطبيقية في تدريس المنطق الرياضي، بحيث يدرك الطالب كيف تتحول المفاهيم الرياضية إلى أدوات برمجية واقعية).

تؤكد هذه النتائج أن المنطق الرياضي ليس فرعاً نظرياً فحسب، بل هو لغة عميقة للفكر المنهجي يمكنها أن تبني صلة مباشرة بين المفهوم الرياضي والتطبيق البرمجي الذكي، وهو ما يشكل ركيزة أساسية في مستقبل البحث العلمي والتقني. وفي ضوء النتائج التي توصلت إليها هذه الدراسة، يمكن فتح آفاق بحثية مستقبلية لتوسيع تطبيقات المنطق الرياضي في مجالات الذكاء الاصطناعي المتقدمة، ومن أبرزها توظيف المنطق في أنظمة الروبوتات الذكية. إذ يعد المنطق الرياضي عنصراً أساسياً في بناء خوارزميات اتخاذ القرار والتحكم الذاتي في الروبوتات، خاصة في البيئات التي تتطلب استجابة دقيقة قائمة على قواعد محددة. كما يمكن توجيه الدراسات المستقبلية نحو دمج المنطق الرمزي والمنطق الضبابي في تطوير أنظمة روبوتية قادرة على التفاعل مع البيئة المحيطة واتخاذ قرارات شبه بشرية. إضافة إلى ذلك، يُقترح إجراء دراسات مقارنة بين بيئات برمجية مختلفة، مثل MATLAB وPython، لقياس كفاءة تطبيق المنطق الرياضي في تصميم النظم الذكية والروبوتية. ومن خلال ما تقدم، يتضح أن المنطق الرياضي يمثل جسراً متيناً بين الفكر النظري والتطبيق التقني، وأن استمرارية البحث في هذا المجال تعدّ خطوة أساسية نحو بناء أنظمة أكثر ذكاءً ودقة وشفافية في المستقبل.

المراجع

أولاً: المراجع باللغة العربية

- إبراهيم، حيدر علي (2016). *المنطق الرياضي وتطبيقاته في الحاسوب*. دار الفكر العربي.
حسن، كاظم (د.ت.). *الرياضيات وعلم الحاسب: تفاعل وتوثيق (دراسة تاريخية)*. جامعة دمشق.
محمد، هبه ممدوح مختار؛ النوبي، سهام محمود محمد عيسوي؛ السيد، مایسة عبده علي (2024). منطق هود ودوره في برامج الحاسوب. مجلة بحوث، 4(5)، 163-197.



ثانياً: المراجع باللغة الإنجليزية

- Boella, G., van der Torre, L., & Verhagen, H. (2021). Logic-based technologies for multi-agent systems: A systematic literature review. *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, 35(3).
- Huang, H., Xu, H., Chen, F., Zhang, C., & Mohammadzadeh, A. (2023). An applied type-3 fuzzy logic system: Practical MATLAB Simulink and M-files for robotic, control, and modeling applications. *Symmetry*, 15(2), 475.
- Negro, P., & Pons, C. (2022). Artificial Intelligence techniques based on the integration of symbolic logic and deep neural networks: A systematic review of the literature. *Inteligencia Artificial*, 25(69), 13-41.
- Saatchi, R. (2024). Fuzzy logic concepts, developments and implementation. *Information*, 15(10), 656.