مفهوم المنطق الهجين ونظرية ألعابه

د/ محمد سيد محمد أبوالعلا

أستاذ مساعد – كلية الآداب – جامعة بورسعيد

ملخص البحث:

المنطق الهجين نوعٌ من أنواع المنطق غير الكلاسيكي التي تركز على المحمول وعلى علاقة المنطق بالحاسب الآلي، لكنه لم يحظَ بالاهتمام كغيره من أنواع المنطق غير الكلاسيكية كالمنطق الغائم، والمنطق الماصدقي، ومنطق اللا اتساق، .... وغيرها، ربما لم يلقَ هذا الاهتمام لحداثته نسبيًا، أو لتعلقه بشكلٍ مباشر بالمنطق الزمني وعلاقته الوثيقة بالحاسب الآلي. يقع المنطق الهجين بين اللغة الأساسية الموجهة ومنطق الدرجة الأولى، ويركز على القوة التعبيرية للجملة وعبارات المنطق الموجه، لكنه يختلف عن المنطق الموجه في إقحام عامل الزمن الذاتي في تقويم البرامج، الأمر الذي يمكّننا من فهم التحديدات عن طريق دمج المفاهيم الدلالية البحتة بنظرية البرهان، وكذلك إضافة المسميات التي يتم تفسيرها على أنها أسماء للعالم. ويسلط هذا البحث الضوء على تعريف المنطق الهجين، وسبب تسميته بهذا الاسم، والحاجة التي دعت إليه، وعلاقته بدلالات العوالم الممكنة عند "**سول كريبك**"، وعلى إسهامات "**أرثر بريور**" مؤسس المنطق الزمني فيه، وعلى الفرق بينه وبين اللغات الهجينة، والمنطق الموجه الهجين، ونهج التسمية، ثم تحديد الدلالات ونظرية ألعاب المنطق الهجين، وبداية نشأتها في نهج "**تارسكي**" الدلالي، وارتباطها بأنظمة الأجهزة والبرامج التي يعتمد عليها الحاسب الآلي، والتي نشأت عن معادلات التفاضل والتكامل، ونظم الدعم الهجينة التي تستخدم في حل مشكلات نظم العمل المحوسبة، ومدى اعتماد الألعاب المنطقية على علم الدلالات النظرية النموذجية وأنساق البرهان، ومنطق الألعاب التفاضلي، ولعبة "**باريك**" كنموذجٍ لها.

الكلمات المفتاحية:المسمى، إجراءات الإشباع، نهج التسمية،منطق الألعاب التفاضلي.

Hybrid Logic Notion and it's Game Theory

The Abstract:

Hybrid logic is a type of non-classical logic that focuses on the predicate and the relationship of logic to the computer, but it has not received attention like other types of non-classical logic such as Fuzzy logic,Extensional logic,Inconsistency logic,etc.maybe because of its relative modernity, or because it is directly related to temporal logic and its close relationship with computers.Hybrid logic falls between basic language-Modal and first-order logic,and focuses on the expressive power of the sentence and the propositions of The Modal logic,but it differs from The Modal logicin introducing the subjective time factor into the program evaluation, which enables us to understand the determinations in the Modality;Hybrid logic enables us to understand definitions, by integrating purely semantic Notions with proof theory,by adding nominals that are interpreted as names for the world.This research sheds light on the definition of Hybrid logic, the reason for calling it this name, the need for using it,its relationship to semantics ofThe possible worlds of Saul Kripke,the contributions of Arthur Prior,the founder of temporal logic in Hybrid Logic,the difference between it and hybrid languages,hybrid Modal logic, the nominal approach,then defining semantics and hybrid logic game theory, the beginning of its emergence in the semantic approach of Tarski, and its connection to the hardware and software systems on which the computer depends, which arose from differential and integral equations,finally the hybrid support systems that are used to solve problems in computerized work systems, and the extent to which logic games rely on model theoretical semantics and proof systems,differential game logic, and the Barrick game as a model for it.

Key Words:nominal, Satisfaction Operators, labelled approach, (dGL)differential game logic.

إشكالية البحث:

للمنطق الرياضي أهميةٌ كبرى في العمليات التي يقوم بها الحاسب الآلي، تتعدى هذه العمليات نطاق المنطق الكلاسيكي ثنائي القيمة إلى منطق الاحتمال، والمنطق الموجه من بين أنواع المنطق يقوم بهذا الدور، كونه يتناول مفاهيم العوالم الممكنة من جهة، ويركز على محمول القضية من جهةٍ أخرى، والعوالم الممكنة كمفهومٍ تتعدى نطاق الزمن الحالي إلى نطاق الماضي والمستقبل، وعندما تتناول دلالات المنطق الموجه لحظات الزمن لا تشير مباشرةً إلى العوالم الممكنة في اللغة الصورية، ولا تُدخل في نطاقها الأسوار الزمنية التي لا يمكن معالجتها داخل المنطق الكلاسيكي، مثل:"قبل، بعد، خلال، ..."، وبالتالي يفتقد المنطق الموجه إلى القدرة التعبيرية الدقيقة، وهذا أمرٌ يستدعي قيام نوعٍ جديد من المنطق يجمع بين نظرية الاحتمال واللغة التعبيرية الصورية التي تعد فرعًا جديدًا نسبيًا من فروع الذكاء الاصطناعي، هذا المنطق هو **المنطق الهجين**.

ومن ثم يحاول الباحث أن يجيب عن عددٍ من التساؤلات التي تتعلق بهذا الموضوع أهمها:

أ- ما المقصود بالمنطق الهجين وما علاقته بالمنطق الكلاسيكي؟

ب-ما الحاجة التي دعت إلى ظهور **المنطق الهجين؟**

ج- ما هي أبرز إسهامات "**أرثر بريور**" Arthur Prior*(١٩١٤-١٩٦٩) في **المنطق الهجين؟**

د- ما الفرق بين اللغات الهجينة و**المنطق الهجين؟**

ه- ما المقصود بالمنطق **الموجه الهجين؟**

و- ما المقصود بتحديد الدلالات ونظرية ألعاب **المنطق الهجين؟**

وهذه الأسئلة سوف يجيب عنها الباحث داخل صفحات هذا البحث.

*عندما قام **بريور** بالبحث في أنساق"**كلارنس إرفنج لويس**"Lewis C.L (١٨٨٣-١٩٦٤) الموجهة، وجد أن بعضها يحتاج لبعض التعديلات أوالإضافات في كثيرمن أفكارها؛ لذلك أعاد **بريور**النظرإلى النسق٣والأنساق الأخرى التي تلته في كتابه المنطق الرمزي، ورأى أن هذه الأنساق بينها تداخلات وتشابهات كبيرة، وأنها تحتاج لإعادة صياغة في بعض الجوانب، لذلك قام **بريور** بتحديد التعريفات، وقواعدالاستنباط والبديهيات للأنساق الخمسة عند **لويس**.
انظر: عباس محمد خليفة: **النسق المنطقي للمنطق الجهة عند كلارنس إرفنج لويس**، رسالة ماجيستير غير منشورة، إشراف: د.ماهر عبد القادر محمد، كلية الآداب، جامعة الإسكندرية، ٢٠١٧، ص١٣٥.

مقدمة:

ظهر ما بين عامي١٩٦٠و١٩٧٠م اتجاهان في مرحلة ما قبل المعاني في معالجة اللغات الطبيعية للحاسب الآلي يربط بينهما عدم البحث عن أي معنًى في الجملة؛ أي عدم محاولة بناء تمثيل رمزي لعلاقتها بالعالم، ويتمثل الاتجاه الأول في استخدام قواعد النحو التحويلي لتوليد عدد من العبارات بواسطة تطبيق قواعد تحويلية متتابعة حتى تجد جملة تطابق الجملة المعطاة أصلًا، إلاَ أن مثل هذا المنهج فقد فائدته نتيجة للانفجار التجميعي combinatorial explosion بسبب العدد الهائل من التحويلات التي يمكن أن تستمد من البنية الأولية. أما الاتجاه الثاني فقد استخدم الكلمات الدالة Key Words أو تتابع من الكلمات كأنماطٍ لاستخراج المعلومات من الجمل المراد تحليلها(١).

وقد قام بعض علماء الحاسب الآلي بإنشاء بعض البرامج التي تحول عبارات من اللغة الطبيعية إلى شكلٍ من الترابط الفكري، ويمكن للجزء الرئيسي في البرنامج إما أن يعيد صياغة الجمل الداخلة إليه، أو أن يقوم باستنتاجات عن العالم الفكري الذي يكونه بالتمعن إما في أشياءٍ معينة موجودة في هذا العالم، أو في دوافع الناس التي تسكنه(٢).

وقد أصبح من المعلوم عدم إمكانية فصل أساليب الحاسوب عن الجانب المنطقي من الناحية التطبيقية، ولأن المنطق في حد ذاته ليس أسلوبًا فكريًا من الوجهة النظرية فحسب، بل هو أسلوب تطبيق يتحدد من خلال استعمالات العلوم المختلفة، وتتجلى تطبيقات هذه العلوم من خلال معطيات الانسان في تخزينه لهذا الحاسوب للمعلومات التي يحتاجها الإنسان حين بحثه عن المشكلات بطريقة منطقية(٣).

(١) آلان بونيه:**الذكاء الاصطناعي واقعه ومستقبله**، ترجمة: على صبري فرغلي، عالم المعرفة، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت، ١٩٩٠، ص ص٣٨-٣٩.

(٢)**المرجع السابق**، ص٤٩.

(٣)محمد وادفل: **إسهامات الرياضيات والمنطق في مستقبل الحاسوب**، كلية العلوم الإنسانية والعلوم الاجتماعية، جامعة قسنطينة، العدد ٩، الجزائر، ٢٠١٨، ص٢٦٩.

وقد ظهر **المنطق الهجين**Hybrid Logic في الحقبة الزمنية المذكورة آنفاً*باعتباره تطورًا غير مسبوق يضيف قدرةً تعبيرية لعبارات وقضايا المنطق الموجه Modal Logic التي تغيرت بشكلٍ كبير في السنوات الماضية، وقد ساهمت خلالها مجموعة من التطبيقات الجديدة في علوم الحاسب الآلي النظرية، وتمثيل المعرفة، واللغويات الحاسوبية.

والعلاقة بين المنطق وعلوم الحاسب الآلي لم تعد تخفى على أحدٍ من المهتمين سواء بعلوم الحاسب أو بالمنطق، والمنطق الهجين هو أحد هذه الأنواع التي يتوجب علينا إلقاء الضوء عليها كما سنرى داخل صفحات هذا البحث.

أولًا: المنطق الهجين وعلاقته بالمنطق غير الكلاسيكي:

يعد **المنطق الهجين** في الوقت الحاضر مجالًا نشطًا للبحث في المنطق الرياضي غير الكلاسيكي، علوم الحاسب الآلي(CS)، والذكاء الاصطناعي (AI)، ويتم تمثيله عادةً عن طريق دمج(جمع) عدة أنواعٍ من المنطق غير الكلاسيكي، منها المنطق الزمني الخطي Linear(LTL)Temporal Logic، والمنطق الزمنيTense، لكنه يركز على المنطق الزمني الخطي أكثر، وهو حاليًا أكثر النماذج الصورية استخدامًا لمواصفات

*عقد **ريتشارد مونتاجيو** Richard Montague(١٩٣٠-١٩٧١)في خريف عام ١٩٦٧ سيمنارًا لمناقشة التداوليات، في هذا السيمنار كان **"هانز كامب"**Hans Kamp لا يزال باحثًا للدكتوراه،قدم خلاله ما يعرف الآن بالمنطق ثنائي الأبعادtwo-dimensional logic، والذي استخدمه في تحليل المؤشر الدلالي الزمني **"الآن"** Now، وفي الرابع من ديسمبر من العام نفسه أرسل **"كامب"** ملاحظاته على السيمنار لأرثر **بريور**، وهو ما دفع **بريور** للتفكير والتأمل بشدة، محاولًا الإجابة عن استفسارات **"كامب"** فيما تبقى من شهر ديسمبر، وفي أثناء هذا الشهر أرسل ثمانية خطابات إلى **"كامب"**، ونشرت نتيجة نشاط **"بريور"** في بحثٍ باسم **"الآن"** في مجلة **العقل** Nousعام ١٩٦٨،على الرغم من أن **"كامب"** لم ينشر في الموضوع إلا بعد صياغة الخصائص الصورية للمؤشر الدلالي **"الآن"** عام١٩٧١، إلا أن بحثه يعد نقطة انطلاق للدراسة التقنية technical أو التعابير الفنية لمنطق المؤشرات الدلالية الزمني temporalindexical، الذي ظهر في مجلة **"النظرية"** Theoria، الآن أصبح لمنهج **"كامب"** تأثيرٌ كبير خاصة بعد استخدامه للدلالات ثنائية الأبعاد، لكن التفاعل بين **"كامب"** و**"بريور"** في السنوات الأربع التي تلت هذه الواقعة لا يجب إغفاله؛ حيث إن خطابات **"بريور"** وبحثه **"الآن"** قدما مناقشة معقدة، وإجابة تفصيلية لعمل **"كامب"**، وبقيا على صلةٍ بالاهتمامات الجديدة، كما أنهما يعدان مثالًا رائعًا على استخدام **"بريور"** للمنطق الهجين لتحليل الدلالة الزمنية temporal reference في اللغة الطبيعية natural language.

انظر:

Blackburn,Patrick&Jørgensen, Klaus Frovin.**Arthur Prior and' Now'**.Synthese (2016) 193:3665-3676, Springer Science+Business Media Dordrecht,2015,PP.3665-3666.

الأنظمة التفاعلية reactive systems، وقد تم اقتراح استخدامه لأول مرة لتحديد خصائص البرامج في أواخر السبعينيات(٤).

لكن قبل معرفة **المنطق الهجين** يجب أولًا معرفة الفرق بين المنطق الكلاسيكي والمنطق غير الكلاسيكي كون **المنطق الهجين** ينتمي إلى هذا النوع الأخير.

أ- **المنطق الكلاسيكي:**

تم إنشاؤه لوصف مبادئ الاستدلال في الرياضيات؛ وبالتالي يشار إليه بصفتي "**الأبيض**" و"**الأسود**"؛ حيث نتوقع من النظريات الرياضية أن تكون دائمًا إما صادقة أو كاذبة، ويجب أن تضمن الأسباب المؤدية إليها ذلك دون أي غموض، ومن ثم فهو يعترف بقيمتين منطقيتين فقط، ويسمى أحيانًا المنطق ثنائي القيمة.

وتعتمد النماذج التي نبنيها في المنطق الكلاسيكي على مبدأ مفاده أن اللغة التي نفكر بها تستخدم الجمل، ويتم بناء هذه الجمل من التقريرات الأساسية حول العالم باستخدام كلمات أو عبارات خاصة مثل: "ليس"، "غير صحيح"، "و"، "أو"، "يتضمن"، "إذا ..... إذن"، "من الثابت أن ...."، يمكننا أن نستنتج أن..."، "إذا وفقط إذا"، "يساوي"، "كل"، "بالنسبة لكل"، "أي"، "بعض"، يوجد".

تقبل معظم هذه الكلمات والعبارات معانٍ بَديهِيَّة، وتضفي نماذجنا طابعًا صوريًا على هذه المعاني؛ وللقيام بذلك، نقوم أولًا بتعريف مفهوم اللغة الرمزية، ثم نحدد المعنى الصوري لرموزها، وهو ما يسمى علم الدلالة(٥).

ب- **المنطق غير الكلاسيكي:**

المنطق غير الكلاسيكي يسمى أحيانًا المنطق(البديلalternative)، وهو نظام أو نسق صوري يختلف بشكلٍ كبير عن الأنساق المنطقية القياسية، مثل منطق القضايا ومنطق المحمول، وهناك عدة طرق يظهر فيها دور المنطق غير الكلاسيكي، تشمل

(4)Babenyshev,Sergey&Rybakov.Vladimir.**Decidability of Hybrid LogicwithLocal Common Knowledge Based on Linear Temporal Logic LTL**.Logic and Theoryof Algorithms, 4th Conference on Computability in Europe, CiE 2008Athens, Greece, June 15-20, 2008 ProceedingsSpringer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008,P.32.

(5)Wasilewska,Anita.**Logics for Computer Science: Classical and Non-Classical**. Springer Nature Switzerland AG 2018,corrected publication,2019.P15.

الماصدقات، والتعديلات، والاختلافات، والغرض منه هو السماح ببناء نماذج مختلفة من النتائج وحالات الصدق المنطقية، وفلسفة المنطق تركز بشكلٍ كبير على المنطق غير الكلاسيكي، لكن المصطلح له أيضًا معانٍ أخرى بالإضافة إلى ذلك؛حيث تستخدم بعض أجزاء علوم الحاسب الآلي النظرية المنطق غير الكلاسيكي، اعتمادًا على التخصص؛ فعلى سبيل المثال، تعتبر الدوال المنطقية الأساسية في علوم الحاسب الآلي (وAND، أوOR، ليسNOT، وما إلى ذلك) كلاسيكية جدًا بطبيعتها، كما هو واضح؛ نظرًا لأنه يمكن وصفها بالكامل في جداول الصدق الكلاسيكية، ومع ذلك، في المقابل لا تستخدم بعض طرق الإثبات المحوسبة المنطق الكلاسيكي في عملية الاستدلال الخاصة بها(٦).

وإذا تناولنا المنطق الموجه بشيءٍ من الدقة نجد أنه ينطوي على شيءٍ غريب؛ فعلى الرغم من أن التقريرات هي حجر الزاوية في دلالات الجهة، إلا أنها لا تنعكس بشكلٍ مباشر في تركيب العبارة الموجهة؛ حيث نقوم بتقييم الصيغ داخل النماذج في بعض الحالات، ونستخدم الجهات لفحص التقريرات التي يمكن الوصول إليها، لكن بناء العبارة الموجهة لا يمكننا من فهم التحديدات نفسها؛ فهو لا يسمح لنا بتسميتها، ولا يسمح لنا بالتفكير في المساواة بين الحالات؛ بحيث يمكن القول إن بناء العبارة والدلالات الموجهة لهما نمطٌ مختلف في المنطق الهجين(٧).

إذًا المنطق الهجين ينتمي إلى المنطق غير الكلاسيكي كونه ينتمي إلى منطق الجهة، لكن ما المقصود بمفهوم المنطق الهجين، ومن أين أتت هذه التسمية؟

ثانيًا: تعريف المنطق الهجين وتطوره وسبب تسميته:

أ- **تعريف المنطق الهجين:**

يشمل مصطلح **المنطق الهجين** عددًا من فروع المنطق، والذي نتج عن إضافة قوة تعبيرية لمنطق الجهة التقليدي.

(6)https://academic-accelerator.com/encyclopedia/non-classical-logic.
(7)Blackburn.Patrick,deRijke.Maarten&Venema.Yde.**Modal Logic**. Cambridge University Press,New York, U.S.A,2002,P.434.

وقد ظهر المنطق الموجه الهجين الحديث إلى حيز الوجود في تسعينيات القرن العشرين، ولكنه مستمد مباشرةً من عمل "**آرثر بريور**" في المنطق الزمني في ستينيات القرن نفسه، وتتم صياغة دلالات العوالم الممكنة من حيث الحالات وعلاقات إمكانية الوصول، والتي تعد في الأساس مفهومات نظرية أساسية في الرسم البياني، ولكن اللغات الموجهة تعتمد على إجراءات الجهة –الضرورة والإمكان– التي لا تشير إلى الحالات.

تتحدث البنيات constructs الموجهة عن لحظاتٍ مؤقتة من الزمن لها دلالات تقريبية approximation semantics مثل الصيغ الزمنية "**قبل**"، و"**بعد**"، ومع ذلك فإننا عادة نُدخل لحظاتٍ من الوقت في لغتنا كما في العبارة: "**يُغلق باب الترشح للانتخابات غدًا في الساعة الثالثة عصرًا.**" يقدم المنطق **الموجه الهجين** إشارةً مباشرةً إلى العوالم الممكنة في اللغة الصورية، على غرار "**الساعة ٣:٠٠ مساءً**" الزمنية المذكورة للتو، وهذا ما يؤدي إلى زيادة التعبيرية expressiveness من خلال دمج المفاهيم الدلالية البحتة بنظرية البرهان Proof، أما عن آلية القيام بذلك فتتضمن أسماءً وحروفًا افتراضية تكون صحيحة في عالمٍ واحد محتمل تمامًا؛ ومن ثم يمكن اعتبار المسمى nominal* "**اسمًا**" name للعالم الفريد الذي يكون فيه صحيحًا؛ لذا يضيف **المنطق الهجين** المسميات، ويفسرها على أنها أسماء للعالم(٨).

ومن خلال **المنطق الهجين** أصبح بالإمكان إقحام عامل الزمن الذاتي في تقويم البرامج أو حتى في قضايا اللغة الطبيعية، وتيسرت إمكانية ابتداع أنماط متعددة من المنطق الزمني تنحدر كلها من المنطق الرياضي أو منطق الموجهات، ولعل الخاصية الأساسية لهذا المنطق هي إضافة إجراءات Operators أو مُعاملات للجهة توجه المحمولات، وتسمح بإعطاء توضيحات عن الزمن؛ ذلك أن بعض القضايا التي تتضمن بعض الأسوار الزمنية، مثل (قبل، بعد،

*المسمى nominal: يشير مصطلح **"الاسمي أو المسمى"** في اللغويات إلى الفئة المستخدمة لتجميع الأسماء والصفات معًا استنادًا إلى الخصائص المشتركة. الدافع وراء التجميع الاسمي هو أن الأسماء والصفات تشترك في العديد من اللغات في عددٍ من الخصائص الشكلية والنحوية.

(٨)Brauner,Torben.**Hybrid Logic and Its Proof- Theory**, Applies Logic Series37,Springer Science+Business Media B.V. 2011,Springer Dordrecht ,Heidelberg,London ,New York,2012,P.1.

خلال، ... إلخ) لا يمكن معالجتها ضمن المنطق الكلاسيكي كما هو الحال في القضية السابقة مثلًا:

"**يُغلق باب الترشح للانتخابات غدًا في تمام الساعة الثالثة عصرًا**".

ففي هذه القضية مثلًا يتم إغلاق باب الترشح للانتخابات بمحورٍ زمني: في زمن **قبل** الساعة الثالثة عصرًا يمكن التقدم للترشح في الانتخابات، وفي **ز+١** يتم إغلاق باب الترشح، وكان لابد إذن من ابتداع منطقٍ يمذج عبارات الماضي والمستقبل. وتكمن أهمية المنطق الزمني في قوته التعبيرية في وصف مختلف فئات الخصائص التي تحمل على موضوعٍ معين أو تُسند إليه؛ فهو يقترح تمثلًا زمنيا ملموسًا يشترك مع قواعد البرهان، كما أنه يقترح كذلك منطقًا يدعمه نظامٌ زمني يقحم أسوارًا زمنية تسمح بالانتقال من كيف؟ إلى متى؟. وتتنوع مجالات اهتمامات المنطق الزمني المعاصر لتشمل التشخيص الطبي(سيناريوهات تطور الحالة)، أو فهم التاريخ من خلال تقديم تصورٍ معين للماضي، كما أنه يُسعف في كل ما يتعلق بالتخطيط وتصور المستقبل، وقد كانت له إسهاماتٌ قيمة عند تطبيقه على اللغة الطبيعية[٩].

وتتحدد اللغة ليس فقط بدراستها كنظام مجرد، ولكن كذلك بالنظر لكيفية استعمالها لنقل المعلومات، وصياغة فرضيات قدرتنا المعرفية لفهمها؛ فكيف نستعمل المعلومة الزمنية المعطاة في النصوص أو في الخطاب للبرهنة حول تدفق الزمن؟ الجواب عن هذا التساؤل يقتضي تأويلًا دينامي يتوسل بالدلالات الدينامية بدلًا من الدراسة الدلالية الجامدة، وهذا يستوجب تبني صيرورةٍ دينامية للتأويل، والمحافظة على المعلومة الزمنية داخل عالم مستمر ومتحول، وهو ما تقترحه الضلاليات الدينامية للإحالة الزمنية[١٠].

([٩]) يوسف السيساوي: **الزمن والمنطق**، سلسلة أبحاث المؤتمر السنوي الدولي"**كيف نقرأ الفلسفة**."، ج٤، الإسكندرية، ٢٠١٨، ص ص٤٥٢-٤٥٣.

([١٠]) **المرجع السابق**، ص٤٥٤.

ويرى "**بريور**" أن الفلسفة بما في ذلك المنطق، لا تتعلق في المقام الأول باللغة، بل بالعالم الحقيقي. ... الصوري، أي أن النظرية القائلة بأن المنطق يدور حول الرموز فقط وليس الأشياء، هي نظرية خاطئة، رغم أنه من المهم "**إضفاء الطابع الصوري**" قدر الإمكان، أي ذكر الحقائق حول الأشياء بلغةٍ صارمةٍ ذات بنيةٍ معروفة وصريحة[11].

وقد قدم "**روبرت بول**"Robert A Bull*تعريفًا تامًا دقيقًا للمنطق الهجين عام١٩٧٠في مقالٍ له في مجلة "**النظرية**" Theoria في ذكرى رحيل "**بريور**".

وتناول"**بول**" نمطًا ثالثًا من الرموز القضوية يكون فيه الرمز القضوي صادقًا تمامًا في فرع ("**سياق الأحداث**" Course of events) تقسيم نموذج الوقت، وهذه الفكرة في تصنيف الرموز القضوية طبقًا لتقييدات تفسيرها طورها بعد ذلك عددٌ من المؤلفين.

وأعاد "**سولمون باسي**"Solmon Passy**(١٩٥٦–) و"**تينكو تينشيف**" Tinko Tinchev في بلغاريا ابتكار آلية **المنطق الهجين** من جديدٍ في ثمانينيات القرن

([11])"**Arthur Prior**";
Copeland,B. Jack, "**Arthur Prior**", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Winter 2022 Edition), Edward N. Zalta &Uri
Nodelman (eds.),https://plato.stanford.edu/archives/win2022/entries/prior/.

*__روبرت أ. بول__: باحث أكاديمي من جامعة **كانتربري**.ساهم في البحث في موضوعات: منطق الترتيب الصفري Zeroth-order logic والمنطق الديناميكي Dynamic logic (المنطق الموجه).

__سولومون إسحاق باسي__Solmon Passy (من مواليد ٢٢ ديسمبر١٩٥٦) هو عالم وسياسي ومبتكر بلغاري، ومؤسس ورئيس النادي الأطلسي البلغاري (منذ عام ١٩٩٠)، وزير الخارجية في ٢٠٠١- ٢٠٠٥ حكومة **ساسكوبورجوتسكي، ورئيس منظمة الأمن والتعاون في أوروبا (OSCE) عام ٢٠٠٤. مثل بلغاريا في مجلس الأمن التابع للأمم المتحدة، وكان رئيسًا له (بين سبتمبر٢٠٠٢ وديسمبر ٢٠٠٣)، ورشحته بلغاريا لمنصب الأمين العام لحلف شمال الأطلسي (٢٠٠٩).وشغل **باسي** منصب رئيس اللجنة البرلمانية للشؤون الخارجية (٢٠٠٥-٢٠٠٩) والشؤون الخارجية والدفاع والأمن (٢٠٠١) كما كان عضوًا في البرلمان في ثلاثة دورات تشريعية في الفترة بين (١٩٩٠ - ٢٠٠٩) والنائب الأول لرئيس أوروبا الوسطى والشرقية لرابطة حلف الأطلسي (ATA)، باريس (١٩٩٦-١٩٩٩) ورئيس لجنة الشفافية والمساءلة بالجمعية البرلمانية لمنظمة الأمن والتعاون في أوروبا (٢٠٠٦-٢٠٠٩). وفي الثمانينيات، كان **باسي** نشطًا في الحركات المناهضة للمؤسسة والمؤيدة للديمقراطية. وقد حصل على درجة الدكتوراه في المنطق الرياضي، الأمر الذي أهله للحصول على اللقب الفخري "**الدكتور باسي**"، عمل في جامعة صوفيا والأكاديمية البلغارية للعلوم (١٩٧٩-١٩٩٤) أستاذًا في مجال الحاسب الآلي.كما شارك **باسي** وزوجته **جيرجانا** في تأليف شاحن USB العالمي للاتحاد الأوروبي (GMS) (٢٠٠٨-٢٠١٤) راعي مشروع قانون إلغاء عقوبة الإعدام. وفي الثمانينيات، كان زعيمًا للحركات الخضراء في بلغاريا، ومعارضة النظام الشيوعي وقمعه ضد الأقلية العرقية التركية في البلاد، وفي سن الخمسين أجرى **باسي** أولى رحلاته على متن طائرة "**المقاتلة فالكون**" F-16 Falcon Fighter التابعة للقوات الجوية الأمريكية، للتدريب على مهمة قتالية لتدمير مخبأ للإرهابيين، خلال تدريب مشترك بين بلغاريا والولايات المتحدة، واختبر أقصى درجات تسريع الطائرات والقدرة على المناورة بنجاح.واليوم، يعد الدكتور **باسي** رائدًا في وضع إطار قانوني وطني لاستكشاف الفضاء، ومؤيد متحمس لعضوية بلغاريا في منظمة الفضاء الدولية. وكالة الفضاء الأوروبية. أحدث مشروع لـ Passy's هو تأمين الوصول العام الشامل إلى الإنترنت عبر شبكة

الماضي، تلك الآلية التي ابتكرها "**بريور**" في الأساس في ستينيات القرن نفسه، وبدلًا من المنطق الموجه العادي أصبح المنطق الهجين يحتل مكانًا يتعلق بمنطق القضايا الديناميكي Propositional Dynamic الأكثر تعبيرية(١٢).

وفي التسعينيات تعد أبرز الإسهامات في **المنطق الهجين** تلك التي قام بها "**فالنتين جورانكو**"Valentin Goranko*(١٩٥٩-) من خلال تقديمه للمقيِّد "binder↓"(١٣).

أما المحاولة الأولى لتطبيق اللغات الاسمية على المنطق الموجه التقليدي فقد ظهرت قبل ذلك في الثمانينيات؛ حيث تم تحديد الحد الأدنى من المنطق الموجه الطبيعي مع الأسماء، وتم ذكر العديد من الخصائص الأخرى(١٤)، ومنذ ذلك الحين، تمت دراسة **المنطق الهجين** المعروف حاليًا على نطاقٍ واسع من قِبل عدد من الأشخاص، ولا سيما "**باتريك**

Wi-Fi في كامل أراضي الاتحاد الأوروبي (يونيو ٢٠١٢).وقد زار **باسي** القارة القطبية الجنوبية أربع مرات، بما في ذلك عندما كان وزيرًا للخارجية، وتشرف بتسمية قمة **باسي** في جزيرة ليفينجستون باسمه، ووفقًا لأبحاث ألفا، يُعدُّ باسي البلغاري الأكثر شهرة من أصل يهودي.

انظر:https://www.europeanleadershipnetwork.org/person/solomon-passy

تم الدخول عليه بتاريخ: ١٥ /٢٠٢٣/٩.

****تينكو تينشيف**:عالم بلغاري شهير في مجال المنطق الموجه، تمثل نتائجه بداية فرع جديد ومتطور من المنطق الموجه هو المنطق الهجين، الذي يجمع بين المحمول ومنطق المحمول، وقد شارك في تأليفعدة أبحاث مع **سولومون باسي**.

(12)Indrzejczak,Andrzej.**Op.Cit**,PP.16-17.

***فالنتين فيودوروف جورانكو** Valentin Goranko: فيلسوف وعالم منطق بلغاري سويدي، ولد في الثاني والعشرين من سبتمبر عام ١٩٥٩ في صوفيا، وأصبح حاليًا أستاذ المنطق والفلسفة النظرية في قسم الفلسفة بجامعة ستوكهولم، حصل على درجة الماجستير في الرياضيات عام ١٩٨٤، وعلى درجة الدكتوراه في المنطق الرياضي عام ١٩٨٨في كلية الرياضيات وعلوم الكمبيوتر بجامعة صوفيا **"سانت كليمنت أوهريدسكي"**.دارت أطروحته للدكتوراه حول **"التعريف والاكتمال في المنطق الموجه المتعدد"** تحت إشراف **ديميتر فاكاريلوف**، والذي تتلمذ في هيلينا راسيوواعلى يد **أندريه موستوفسكي** Andrzej Mostowsk، والذي تتلمذ بدوره على يدي كلٍ من **كازيميرز كوراتوفسكي** Kazimierz Kuratowski و**ألفريد تارسكي** Alfred Tarski...ولديه أكثر من ثلاثين عامًا من الخبرة في التدريس الأكاديمي، كما قام بتدريس العديد من الدورات الجامعية والدراسات العليا في المنطق والرياضيات وعلوم الكمبيوتر في العديد من الجامعات في بلغاريا، وجنوب إفريقيا، والدنمارك، والسويد، وأشرف على عددٍ كبير من طلاب الماجيستير والدكتوراه.

انظر: https://www2.philosophy.su.se/goranko/about.html .

تم الدخول عليه بتاريخ: ١٢ /٢٠٢٣/١٢.

(13)Brauner,Torben.**Hybrid Logic and Its Proof- Theory**,P.17.

(14)George Gargov& Gornako.**Modal Logic with Names**.Journal of Philosophical Logic,22:607 - 636,
Kluwer Academic Publishers,Netherlands,1993,P.608.

بلاكبيرن"*Patrick Blackburn وآخرون. وتبين أن هذا المنطق لا يتمتع بخاصية النموذجية المحدودة finite model property**، وأنه كمنطق غير قابل للتقرير، كما تم تقديم نتائج تعبيرية مختلفة لعددٍ من الجوانب النظرية النموذجية(١٥).

إن المزج بين نظرية الاحتمال واللغات التعبيرية الصورية أصبح مجالًا فرعيًا جديدًا بعض الشيء من مجالات الذكاء الاصطناعي، ويُطلق عليه عادةً "**البرمجة الاحتمالية**"؛ فقد تم تطوير عشرات اللغات البرمجية الاحتمالية والتي يستمد الكثير منها قدرته التعبيرية من اللغات البرمجية العادية وليس من المنطق الإسنادي (أي منطق المحمول)(١٦).

ولكن لماذا يسمى **المنطق الهجين** بهذا الاسم؟ وما الحاجة التي دعت إليه؟

ب- سبب تسمية المنطق الهجين بهذا الاسم والحاجة التي دعت إليه:

يرجح أن سبب تسمية المنطق الهجين بهذا الاسم يرجع إلى أمرين:

أولًا:- بسبب اهتمام **بريور** بالعلاقة بين السلاسل series الزمنية التي قال بها "**جون ماكتاجارت**" J. M. E. McTaggart(١٨٦٦-١٩١٧م)، على سبيل المثال العلاقة

---

*__باتريك بلاكبيرن__: أستاذ الفلسفة، بجامعة **روسكيلد**(RUC) بالدنمارك.ولد في هونج كونج، وتربى في نيوزيلندا، ومنذ عام ١٩٨١ سافر ودرس وعمل في أوروبا، ثم أصبح أستاذًا للفلسفة في جامعة **روسكيلد** في الدنمارك منذ عام ٢٠١١، وتركز أبحاثه على المنطق وتطبيقاته في العلوم المعرفية وعلوم الكمبيوتر والفلسفة، لكنه يهتم بشكلٍ خاص بالتطبيقات التي لها علاقة باللغة الطبيعية (أي اللغات البشرية العادية، مثل الدنماركية أو الصينية)، والمنطق الذي يستلهم من هذا المصدر.(وخاصة عائلة المنطق الموجه الهجين الزمني).تأثر بآرثر بريور، **ريتشارد مونتاجيو**، **هانز كامب** Hans Kamp، **ويوهان فان بينثيم** Johan van Benthem.

انظر: https://www.patrickblackburn.org/biography.html .

تم الدخول عليه بتاريخ: ١٢ / ١٢/ ٢٠٢٣م

بدأت النظرية النموذجية بدراسة اللغات الصورية وتفسيراتها، وأنواع التصنيف التي يمكن أن تقوم بها لغة صورية معينة،وأصبحت نظرية النموذج السائدة الآن فرعًا متطورًا من الرياضيات، ولكن نظرية النموذج بمفهومها الواسع، هي دراسة تفسير أي لغة، صورية أو طبيعية، عن طريق الهياكل النظرية، مع تعريف **ألفرد تارسكي للصدق كنموذج، وبهذا المعنى الأوسع تلتقي نظرية النموذج بالفلسفة في عدة نقاط، على سبيل المثال في نظرية النتيجة المنطقية وفي دلالات اللغات الطبيعية.

انظر:

"**Model Theory**";

Hodges,Wilfrid,"**Model Theory**",The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Fall 2023 Edition), Edward N. Zalta & Uri Nodelman (eds.),https://plato.stanford.edu/archives/fall2023/entries/model-theory.

(15)Brauner,Torben.**Hybrid Logic and Its Proof-Theory**,P.17.

(١٦) ستيوارت راسل:**ذكاء اصطناعي متوافق مع البشر**، ترجمة مصطفى محمد فؤاد، أسامة إسماعيل عبد العليم، مؤسسة هنداوي، المملكة المتحدة،٢٠١٧، ص٢٨٤.

بين السلسلتين الزمنيتين "أ"،"ب"؛ حيث ترمز السلسلة "أ" إلى الماضي والحاضر والمستقبل، وترمز السلسلة "ب" إلى السابق واللاحق، ويرجح أن **بريور** قد استمد فكرته من خلال متابعته لهذا التحليل(١٧).

وقد استند **ماكتاجارت** إلى السمات الخاصة بالزمان، وليس على الصعوبات المحيقة به، والصعوبات الخاصة بالاتصال واللاتناهي، والتي تلاشت بالتقدم الحديث في الرياضيات البحتة وحساب اللامتناهي، وكذلك لأن حججه قد صيغت في صورة استدلالاتٍ منطقية، تعتمد على وجود طريقين لترتيب الأحداث في الزمن؛ فنحن يمكن أن نتحدث عنها بوصفها ماضيًا، أو حاضرًا، أو مستقبلًا، ونحن أيضًا يمكن أن نتحدث عنها بوصفها سابقة أو لاحقة أو متآنية بعضها مع بعض.

والطريقة الأولى لا يمكن أن تُرد إلى الثانية، ما دامت الثانية لا تتيح مجالًا لمرور الزمن، والأحداث ماضٍ للأحداث اللاحقة لها، وحاضر للمتآنية معها، ومستقبل للسابقة عليها، وما حاول **ماكتاجارت** إثباته هو أن هذه الخصائص الثلاث غير متسقة بعضها مع بعض، ويستحيل التوفيق بينها بطريقةٍ لا تؤدي إلى ارتداد لا نهائي أو دورانٍ منطقي(١٨)؛ أي أن سبب تسمية **بريور** له بالمنطق الهجين أنه يجمع بين السابق واللاحق، أو يخلط بينهما أو يمزجهما معًا؛ لهذا سمي بالمنطق الهجين.

وقد ناقش **بريور** من خلال السابق واللاحق نسقين منطقيين: يهدف حساب التفاضل والتكامل I-calculus إلى التقاط خصائص السلسلة "ب"، واعتبر المتغيرات التي يكون مداها اللحظات أو المتغيرات اللحظية instant-variables بدائية أو أولية، أما حساب التفاضل والتكامل"ز"T ففحص فيه الأزمنة، وتناول من بينها المتغيرات التي يكون مداها القضايا؛ وبناءً على ذلك اقترح **بريور** طريقة لتطوير حساب التفاضل والتكامل داخل حساب التفاضل والتكامل الزمني "ز"، ولهذا السبب سمح باستخدام متغيراتٍ لحظية مع المتغيرات القضوية، وسمى هذه الخطوة "**الدرجة الثالثة من الاشتباك الزمني المنطقي**"؛

(17)Areces Carlos.**Hybrid Logics**.Balder ten Cate,Informatics Institute،University of Amsterdam, Netherlands,2006,P.3.

(١٨) يمنى طريف الخولي: **الزمان في فلسفة العلم**، مؤسسة هنداوي، المملكة المتحدة، ٢٠١٤، ص ص٢٧-٢٨.

حيث يتم التعامل مع المتغيرات اللحظية على أنها تمثل قضايا (خاصة)". من هذا المنظور، ينطبق مصطلح الهجين على "**الخلط**" confusion بين المصطلحات (المتغيرات اللحظية)، والصيغ (المتغيرات القضوية)[١٩].

ثانيًا:-أن سبب تسمية المنطق الهجين بهذا الاسم هو أن اللغات الهجينة تقع بين اللغة الأساسية الموجهة ومنطق الدرجة الأولى*، سواء من حيث قوة مصطلحاتها التعبيرية، أو من حيث التقنيات المستخدمة لتحليلها، وبالتالي يتمتع المنطق الهجين بالخاصية الموجهة بشكلٍ واضح، بالإضافة إلى تمتعه بميزاتٍ واضحةٍ من منطق الدرجة الأولى، كما أن اللغات الهجينة الأكثر تعبيرًا تتضمن متغيرات ومقيدات binders بالإضافة إلى عناصر المجال، وهي السمات المميزة التقليدية للغات الدرجة الأولى، في حين أن المسميات التي تميز المنطق الهجين ليست سوى ثوابت من الدرجة الأولى، ومن ثم تقدم إجراءات الإشباع Satisfaction Operators والمسميات شكلًا مقيدًا من الإطراد أو المساواة equality، الحالة "م" في النموذج يمكن أن تكفي المسمى "ي" إذا وفقط إذا كانت مساويةً لدلالة "ي"، والنموذج "م" يكفي @ ي ج إذا وفقط إذا كانت دلالة "ي" و"ج" متطابقتان[٢٠]، ويمكن رد المنطق الهجين إلى منطقٍ من الدرجة الأولى من خلال المساواة، كما يمكن رد (جزء من) منطق الدرجة الأولى من خلال المساواة مرةً أخرى إلى(جزءٍ من) المنطق الهجين[٢١].

([19])Areces Carlos.**Op.Cit**,P.3.

*منطق الدرجة الأولىFirst Order Logic(FOL):يعرف بمنطق المحمول أو حساب المحمول من الدرجة الأولى، وهو نسق صوري يستخدم في المنطق الرياضي وعلوم الحاسب، للتعبير عن جمل عن الموضوعات وعلاقاتها، ويمتد منطق الدرجة الأولى إلى منطق القضايا عن طريق تقديم الأسوار، والمتغيرات، والمحمولات، والدالات، في منطق الدرجة الأولى تمثل المتغيرات موضوعات، والمحمولات تعبر عن خصائص أو علاقات بين الموضوعات، وتحدد الأسوار نطاق المتغيرات، أما منطق الدرجة الثانية Scond Order Logic(SOL) فيعرف أيضًا بمنطق الدرجة الأعلى، ويتوسع في منطق الدرجة الأولى، من خلال السماح بتسوير المحمولات والدالات، وفي منطق الدرجة الثانية لا يمكن تسوير الموضوعات فقط، وإنما يمكن تسوير الخصائص والدالات والعلاقات بين الموضوعات. انظر:
https://poe.com/chat/2n52ln3l75j6qkz1x6t.

([20])**Ibid**,PP.3-4.

([21])**Hybrid logic;**
Braüner,Torben,"**Hybrid Logic**", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Winter 2022 Edition),Edward N.Zalta & UriNodelman (eds.),<https://plato.stanford.edu/archives/win2022/entries/logic-hybrid/>.

ثالثًا: المنطق الهجين وعلاقته بدلالات العوالم الممكنة عند كريبك:

في دلالات العالم الممكن(**دلالات كريبك**) Saul Kripke(١٩٤٠-٢٠٢٢) للمنطق الموجه تكون أي صيغة إما صادقةً أو كاذبة في أي عالم (في المنطق الموجه ثنائي القيمة)[٢٢]. ونظرية "**كريبك**" الموجهة تفتح الباب أمام إمكانية استخدام تقنيات نظرية موجهة جيدة تم تصميمها للمنطق الماصدقي بالقدر نفسه الذي يلائم فيه منطق الجهة، وربما من خلال الوصول إلى هذه التقنيات يمكننا إثبات اتساق المنطق الموجه، وبعض النتائج الأخرى ما بعد المنطقية metalogical[٢٣].

وقد قام "**كريبك**" بتصنيف دلالات العوالم الممكنة على النحو التالي: نُعرف القضية (...) على أنها رسمٌ تفصيليٌ مجاله "**ك**" [مساحة منطقية للعوالم الممكنة]، ومداها المجموعة {ص، ك}. و(القضية من الناحية الحدسية هي شيءٌ ما يمكن أن يكون صادقًا أو كاذبًا في كل عالم؛ ثم نطابق القضايا(...) المتساوية أو المتكافئة تمامًا، أي تلك التي لها قيمة الصدق نفسها في كل عالم، لكن لاحظ أن كل قضية (...) تحدد مجموعة فريدة من العوالم:(مجموعة كل العوالم المرسومة تفصيليًا في ص)، وعلى العكس من ذلك تحدد كل مجموعة من العوالم قضية ما(دالتها المميزة)، وبالتالي يمكن أيضًا تعريف القضية ببساطة باعتبارها مجموعة فرعية من "**ك**".

ويمكن تمييز مفهومات العالم الممكن ماصدقيًا، ودلالات العالم الممكنة تمثل منطق المفهومات، لاسيما النظرية النموذجية (وبالتالي المجموعة النظرية) لنظرية الموجهات، ومع ذلك فإن تفرد المعنى بسيطٌ للغاية (حتى التكافؤ)، وبالتالي ليست مناسبة لحل مشكلة تحليل جمل الاعتقاد.

يقول "**رودلف كارناب**" Rudolf Carnap(١٨٩١-١٩٧٠): "**إن الجمل الموجهة، مثل: "من الضروري أن تكون ق" مفهومية فيما يتعلق بالفقرة ق. على الرغم من أن**

(22)Didier Galmiche&Yakoub Salhi.**A family of Gödel hybrid logics**.Journal of Applied Logic 8 (2010) 371–385,Elsevier B.V.All rights reserved,2010,P.371.
(23)https://translate.google.com.eg.

الجمل المتعلقة بالاعتقاد، مثل: "يعتقد أحمد أن ق" ليست مفهومية ولا ماصدقية بالنظر إلى ق". كما انتقد **كارناب** "**منهج التسمية**" naming method(أودلالات الدلالة الآن) الذي اتبعه "**جوتلوب فريجه**" Gottlob.Frege(١٨٤٨-١٩٢٥)؛ لأنه سيؤدي إلى مضاعفة الأسماء إلى ما لا نهاية، وسينتهي بنا الحال إلى تناقض المسميات، بالنسبة لكارناب لم يكن الماصدق مسألة دلالات منطقية، وإنما مسألة معرفة واقعية. أما المعنى عند "**بريور**" فهو استقلالٌ مفهومي عن الحقائق العرضية التي تحدد الماصدق بشكلٍ فريد إن وجد، ولكن ليس العكس(٢٤).

وفي دلالات منطق الجهة القياسية لكريبك ترتبط قيمة صدق الصيغة بالنقاط الموجودة في المجموعة؛ أي إنه يتم تقييم الصيغة "**محليًا**" Locally عند نقطةٍ ما، ويتم أخذ النقاط لتمثيل العوالم الممكنة، ومن هذه النقاط: الأوقات، والمواقع Locations، والحالات المعرفية، وحالات الحاسب الآلي، أو أي شيءٍ آخر، ومن ثم قد يكون للرمز القضوي في دلالات **كريبك** قيم صدق مختلفة في نقاطٍ مختلفة، وعادةً ما يتم أخذ هذه النقاط لتمثيل العوالم، والأزمنة، والحالات المعرفية، والحالات الموجودة في الحاسب الآلي أو أي شيءٍ آخر، وهو ما يسمح لنا بإضفاء الطابع الصوري على عبارات اللغة الطبيعية التي ترتبط بها قيم الصدق؛ على سبيل المثال: الأوقات في العبارات التي يكون لها قيم صدق مختلفة في أوقاتٍ مختلفة يمكن صياغتها بوضوح في منطق الجهة التقليدي بشكلٍ عادي باستخدام رموز قضوية عادية، وبعض عبارات اللغة الطبيعية الآن تكون صادقة في وقتٍ واحد بالضبط، في عالمٍ محتمل، أو في أي شيءٍ آخر، على سبيل المثال العبارة:

إنها الساعة الثانية ظهرًا يوم٦ أكتوبر عام١٩٧٣.

التي كانت صادقةً في الساعة الثانية ظهرًا يوم٦ أكتوبر عام١٩٧٣، لكنها كاذبة في جميع الأوقات الأخرى، وفي حين يمكن صياغة النوع الأول من العبارات في منطق الجهة التقليدي؛ فإن النوع الثاني من العبارات لا يمكن صياغته، والسبب هو وجود نوعٍ

(24)Duzi,Marie.**Towards anExtensional Calculus of Hyperintensions**,The Author. Journal compilation, Institute of Philosophy SAS,Organon F 19 (2012),20-45,2012,P.23.

واحد متاح للرمز القضوي؛ أي الرموز القضوية التقليدية، والتي لا تقتصر علـــى كونهـــا صادقةً في نقطةٍ واحدةٍ بالضبط في دلالات **كريبك**[٢٥].

وهناك مثالٌ واضح على **المنطق الهجين** نفترض فيه أن هناك شُرطيًا يقيس سرعة سيارة تسير على طريقٍ سريع بحدٍ أقصى١٢٠ كم/ ساعة، وأن سرعة السيارة كانت١٢١ كم/ ساعة طبقًا للقراءة الموجودة على شاشة رادار السرعة الموجود لديه، لكنه لا يعـــرف إذا ما كانت السيارة مسرعةً أم لا؛ لأن دقة الرادار المتاح لديه تبلغ ± ٢ كم/ ساعة، كـــان من الممكن أن يعرف إذا ما كانت السيارة مسرعة أم لا إذا كانت القراءة تبلغ ١٢٢ كم في الساعة، أو إذا كان يستخدم أحد طرازات الرادارات الأحدث بدقة تبلغ ±١كم في الساعة.

ومن الطبيعي أن نصوغ معرفة الشُرطي بسرعة السيارة في شكل مجموعـــةٍ مـــن السرعات المتوافقة مع المعلومـــات التـــي لديـــه، وهـــي فـــي هـــذه الحالـــة الفاصـــل الزمني(١١٩،١٢٣) كم/ ساعة. إن افتقاره إلى معرفة ما إذا كانت السيارة تسير بســـرعةٍ نتج عنه وجود سرعات ضمن هذا النطاق تتجاوز الحد الأقصى للسرعة، وسرعات أخرى لا تتجاوز ذلك الحد؛ فإذا كانت القراءة على الرادار الخاص به تبلغ ١٢٢ كم/ساعة؛ فسيتم تمثيل معرفته بالفاصل الزمني(١٢٠، ١٢٤)، وسيعرف أن السيارة كانت مسرعة، أما إذا كان يستخدم أحدث طراز للرادارات؛ فسيتم تمثيل معرفته بالفاصل الزمني(١٢٠، ١٢٢)، وسيعرف مرةً أخرى أن السيارة كانت مسرعة[٢٦].

والحالة الأخيرة مثيرةٌ للاهتمام؛ لأنها مثالٌ على كيفية تحسين المعرفة مـــن خـــلال الجهد المعرفي epistemic effort؛ أي إن إجراء مزيدٍ مـــن البحـــث باســـتخدام أدواتٍ أفضل يمكن أن يؤدي إلى زيادة معرفة الفرد، كمفهوم الجهد المعرفي الذي تقدمه وتناقشه أعمال الطوبولوجيا التقليدية.

([25])Brauner,Torben.**Hybrid Logic and Its Proof- Theory**,PP.1-2.

([26])Wang.Yi N. **A Two-Dimensional Hybrid Logic of Subset Spaces**.Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2009,P.196.

وتتمثل الفكرة الأساسية في التوسع في المنطق المعرفي epistemic* logicالتقليدي باستخدام إجراءٍ يقوم بقياس التحسينات في معرفة الأداة، ونمذجة المعرفة كمجموعةٍ مفتوحة داخل الفضاء الطوبولوجي، أو بعض تعميماتها، ويتزامن هذا مع المنطق المعرفي التقليدي؛ حيث يتم تعريف المعرفة في حدود علاقات سهلة الوصول.

إذن فالمنطق الهجين نتيجة إضافة المسميات والآليات المرجعية referential mechanisms الأخرى إلى المنطق الموجه، وكذلك الأداة الواضحة لاستخدامها لتوسيع القوة التعبيرية كما في الطوبولوجيا(٢٧).

إن الهدف الرئيس للمنطق الهجين هو إضافة المزيد من القوة التعبيرية على منطق الجهة العادي بهدف التمكن من إضفاء الطابع الصوري على النوع الثاني من الجمل.

ويضيف المنطق الهجين نوعًا ثابتًا من الرموز القضوية يسمى الأسمية، مثل تلك الموجودة في دلالات **كريبك**، كل مسمىً منها يكون صادقًا في نقطةٍ واحدةٍ بالضبط. بعبارةٍ أخرى، يتم تفسير المسمى من خلال مجموعةٍ من النقاط تكون فيها المجموعة الفردية صادقة وليس المجموعة العشوائية arbitrary، بعد ذلك يتم إضفاء طابع الصورية على جمل اللغة الطبيعية من النوع الثاني، مثل جملة:**(الساعة الثانية ظهرًا يوم٦ أكتوبر١٩٧٣عبرت القوات المسلحة المصرية الضفة الشرقية لقناة السويس)** باستخدام الرمز الاسمي وليس الرمز القضوي العادي(والذي يستخدم لإضفاء الطابع الصوري على جملةٍ مثل جملة عبور القناة المذكورة).

*المنطق المعرفي epistemic logic: هو حقل فرعي من فلسفة المنطق معنِيٌ بالمناهج المنطقية للمعرفة والاعتقاد والمفاهيم ذات الصلة.وعلى الرغم من أن أي منطق له تفسير معرفي يمكن أن يسمى منطقًا معرفيًا، إلا أن النوع الأكثر انتشارًا من المنطق المعرفي المستخدم في الوقت الحاضر هو المنطق الموجه.ويتم تمثيل المعرفة والاعتقاد من خلال إجراءات الجهةK، و B، غالبًا مع رمز إشاري للأداة التي تحمل الموقف، والصيغ Kaϕ، وBaϕ تقرأ "الأداة a تعرف فاي"، و"الأداة a يعتقد أن فاي"على التوالي. كما يسمح المنطق المعرفي بالاستكشاف الصوري لآثار المبادئ المعرفية. انظر:

"**Epistemic Logic**";

endsvig, Rasmus, John Symons, and Yanjing Wang, "**Epistemic Logic** ،"*The Stanford Encyclopedia of Philosophy*) Winter 2023 Edition), Edward N. Zalta&Uri Nodelman (eds.), URL> = https://plato.stanford.edu/archives/win2023/entries/logic-epistemic.</

(27)Wang.Yi N. **Op.Cit**,PP.196-197.

والمسمى يكون صادقًا عند نقطةٍ واحدةٍ بالضبط؛ أي إنه يمكن اعتبار المسمى حـدًا يشير إلى نقطةٍ ما، على سبيل المثال: إذا كان (أ) مسمىً يرمز إلى الجملة "**إنها الساعة الثانية ظهرًا يوم٦ أكتوبر١٩٧٣**"؛ فإن المسمى (أ) يمكن اعتباره حدًا يشير إلى "**الساعة الثانية ظهرًا يوم٦ أكتوبر١٩٧٣**"، وهكذا.

والحد يكون نوعًا محددًا من الرمز القضوي في المنطق الهجين، في حين أنه في منطق الدرجة الأولى يكون برهانًا لمحمول[٢٨].

ويتضمن **المنطق الهجين** آليات إضافية أكثر من المسميات، على سبيل المثال هناك عدد من الخيارات لإضافة المزيد من الآليات، مثل "**إجراءات الإشباع**"، والدافع لإضافة إجراءات الإشباع هو القدرة على إضفاء الطابع الصوري على جملةٍ تكون صادقة في وقتٍ معين، أو في عالمٍ محتمل، أو أي شيءٍ آخر. على سبيل المثال، يمكن إضفاء الطابع الصوري على الجملة "**عبرت القوات المسلحة المصرية الضفة الشرقية لقناة السويس**" التي كانت صادقةً الساعة الثانية ظهرًا يوم٦ أكتوبر عام١٩٧٣؛ أي إن القوات المسلحة المصرية عبرت قناة السويس في تمام الساعة الثانية يوم٦ أكتوبر عام١٩٧٣.

ويتم صياغة هذه الجملة في شكلٍ صوري من خلال الصيغة "@ أ ق"؛ حيث يرمز الحرف المسمى "أ" إلى "**الساعة الثانية ظهر السادس من أكتوبر عام١٩٧٣**" على النحو السابق، ويكون الرمز "**ق**" رمزًا قضويًا عاديًا يشير إلى القضية "**عبرت القوات المسلحة المصرية الضفة الشرقية لقناة السويس**". والجزء "أ" من الصيغة "**@ أ ق**" يسمى إجراء الإشباع.

وبشكلٍ عام إذا كان "أ" مسمىً، وكانت "ϕ" صيغة عشوائية؛ فإنه يمكن بناء الصيغة الجديدة "@أϕ"(في بعض الأدبيات المنطقية المصطلح الرمزي "أ: ϕ يستخدم بدلًا من @ أϕ). والصيغة من الشكل @ أϕ تسمى جملة إشباع، وجملة الإشباع "@أϕ" تعبر عن أن الصيغة ϕ تكون صادقةً في نقطةٍ معينة؛ أي النقطة التي يشير إليها المسمى "أ".

(28)Brauner,Torben.**Op.Cit**,P.3.

لقد أضفنا مزيدًا من القوة التعبيرية إلى المنطق الموجه العادي في شكل مسميات وعامل إشباع، وبشكلٍ غير صوري يكون للمسمى "أ" حالات صدق، هي:

"أ" يكون صادقًا بالنسبة للنقطة "ع"

إذا وفقط إذا كان

مرجع "أ" متطابقًا مع "ع".

وجملة الإشباع "@أϕ" تحتوي على حالة الصدق:

"@أϕ" تكون صادقةً بالنسبة للنقطة "ع"

إذا وفقط إذا كانت

"ϕ" صادقة بالنسبة لمرجع "أ"[٢٩].

فالمنطق الهجين إذن نموذجٌ مطور من المنطق الموجه، إلا أنه يختلف عن المنطق الموجه الغائم fuzzy modal logic؛ فالمنطق الموجه الغائم مزيجٌ من المنطق الغائم والمنطق الموجه؛ بحيث قد يكون للصيغة قيمة صدقٍ في عالمٍ معين بخلاف الصدق والكذب (كما في المنطق الموجه متعدد القيم). وفي الأدبيات المنطقية توجد أنواعٌ مختلفة من المنطق الموجه الغائم، على سبيل المثال، تلك القائمة على المنطق الغائم الأساسي، المنطق الموجه محدود القيمة، والمنطق الغائم الموجه الذي يعتمد على منطق "**كورت جودل**"Kurt Gödel(١٩٠٦-١٩٧٨) وتطوراته النهائية.

وقد تم إدخال المنطق الهجين للتعبير عن نسبية صدق عوالم النموذج، والذي يمكن الحصول عليه عن طريق إضافة نوع جديد من الرموز القضوية إلى المنطق الموجه تسمى الاسميات، وإجراء جديد يسمى إجراء الإشباع، الذي يسمح لنا بالانتقال إلى العالم المسمى بالاسمية.

وهناك عائلة من **المنطق الهجين الغائم** التي تستند إلى منطق "**جودل**" وتطوراته النهائية، ومن دوافع مثل هذا المنطق الارتباط بين **المنطق الهجين** ومنطق الوصف وقدرتهما على الاستدلال بالمعرفة غير الدقيقة[٣٠].

([29])**Ibid**,P.3.

([30])Didier Galmiche&Yakoub Salhi.**Op.Cit**,P.371.

إن منطق "**جودل**" وتطوراته النهائية تجعله منطقًا بين المنطق الكلاسيكي والحدسي، أي تجعله منطقًا وسيطًا ذا دلالاتٍ تعتمد على نماذج "**سول كريبك**" الخطية linear Kripke models قدمه "**جودل**" أولًا ثم قام "**مايكل دومت**" MichaelDummett(١٩٢٥-٢٠١١) بعد ذلك بتحديد بديهياته.

ويمكن الحصول على نسق "**ديفيد هيلبرت**" Hilbert David(١٨٦٢-١٩٤٣)الاستنباطي لهذا المنطق عن طريق إضافة:أ← ب□← أ إلى بديهيات المنطق الحدسي(٣١).

وعلى الرغم من أن المحاولات الأولى في هذا المجال ترجع إلى أبحاث "**آرثر بريور**" في منطق الجهة والمنطق الزمني في أواخر الخمسينيات وبداية الستينيات من القرن الماضي، إلا أن الدراسات الجادة والمنهجية بدأت في التسعينيات، والتي يبدو من خلالها أن **المنطق الهجين** الموجه المعاصر(MHL)* أحد أكثر الفروع ديناميكية للمنطق الموجه الحديث، وأنه يضفي مزيدًا من التحسينات على النتائج الكلاسيكية(٣٢).

إذن يمكننا القول أن **مصطلح المنطق الهجين** يشير إلى عائلةٍ من ماصدقات اللغة الهجينة الأساسية مع أدواتٍ تسمح بطريقةٍ أو بأخرى بالإشارة الواضحة إلى الحالات الفردية لنموذج **كريبك**.

رابعًا: إسهامات أرثر بريور:

يتميز إسهام **بريور** بإضافة المسميات التي هي رموز قضوية لنمطٍ جديد مفسر بطريقةٍ مقيدة تتيح الرجوع إلى النقاط الفردية في نموذج "**سول كريبك**"(٣٣).

أما عن إسهامات **بريور** في المنطق الموجه، وخاصةً في التحليل النمطي للزمن؛ فقدكانت معروفة جيدًا، لدرجة أنه يُنظر إليه عادةً على أنه مخترع المنطق

(31)**Ibid**,P.371.

*(MHL): اختصارًا للجملة "Contemporary modal hybrid logic"والتي تعني المنطق الهجين الموجه المعاصر.

(32)Indrzejczak,Andrzej.**Natural Deduction,Hybrid Systems and Modal Logics**,Trends in Logic30,**Natural Deduction,Hybrid Systems and Modal Logics**,Springer Science+Business Media B.V.2010,P.363.

(33)Brauner,Torben.**Hybrid Logic.**Handbook of Philosophical Logic,Vol.17,2nd ed, edited by Dov M. Gabbay and Franz Guenthner,Springer Science+Business Media, Inc,2014,P.1.

الزمني(TL)[٣٤]. أو الأب الروحي للمنطق الزمني الحديث؛ لأن أولى إسهاماته كانت في المنطق الصوري للأزمنة، كما كانت له إسهاماتٌ عديدة في المذهب الحتمي وعدة مقالات تتعلق بفلسفة الوقت، والتي كانت بمثابة الباعث الأكبر لصياغته للمنطق الزمني، مع سعيه لمناقشة المنطق الزمني والمنطق الزمني الهجين[٣٥].

اهتم **بريور** في منطقه الزمني ببحث المسائل الزمنية الأساسية المرتبطة بمنطق التسوير هادفًا إلى تحقيق فهمٍ عميق لكيفية الجمع بين التسوير والإجراءات الزمنية Temporal operators، ومن ثم وصف العلاقة بين الوجود في الزمن وبين الأسوار[٣٦]، كما كانت تأملاته حول الحتمية determinism والقضايا الأخرى المتعلقة بفلسفة الزمن دافعًا رئيسًا لصياغته للمنطق الزمني بهدف مناقشة المنطق الزمني والمنطق الزمني الهجين بشكلٍ أكبر حيث قدم تعريفًا رسميًا للمنطق الزمني الهجين، ووجد أن لغة المنطق الزمني الهجين هي ببساطة لغة المنطق الهجين باستثناء أن هناك إجراءين موجهين، وهما G وH، بدلًا من الإجراء الموجه المفرد "□"، ويُطلق على الإجراءين الموجهين الجديدين اسم "**إجراءات زمنية**"، كما أن دلالات المنطق الزمني الهجين هي نفسها دلالات المنطق الهجين[٣٧].

أما الإجراء G فيتم تأويله: "سيكون الحال دائمًا"، والإجراء H يتم تأويله: "**كان الحال دائمًا**"، ويضاف إلى هذين الإجراءين إجراءان مكملان هما "F" و"P"؛ حيث يشير الإجراء"F" إلى كلمة Future، ويتم تأويله إلى :"**سيكون الحال في المستقبل**"؛ أي إنه علامة على المستقبل، ويشير الإجراء"P" إلى كلمة Past والتي تعني "كان الحال في الماضي"؛ أي إلى الماضي، وبإضافة هذه الإجراءات الأربعة إلى قضايا المنطق العام نحصل على منطق القضايا الزمني[٣٨].

([34])Areces Carlos.**Op.Cit**,P.6.

([35])Brauner,Torben.**Hybrid Logic**,P.11.

([٣٦])عمرو أحمد السيد: **نسق منطق الجهة المكمم عند روث باركان ماركوس**، مجلة كلية الآداب، جامعة سوهاج، العدد السابع والخمسون، الجزء الثاني [المجلد الأول]، أكتوبر، ٢٠٢٠، ص ص٥٢٧-٥٢٨.(بتصرف).

([37])Brauner,Torben.**Hybrid Logic**,PP.11-12.

([٣٨])يوسف السيساوي: **مرجع سابق**، ص٤٥١.

ويعتبر **بريور** أحد أهم المروجين لتطبيق بناء الجملة الموجهة لإضفاء الطابع الصوري على مجموعةٍ واسعة من الظواهر، واستطاع أن يبتكر بالتعاون مع "**كارو آرثر ميرديث**"Carew Arthur Meredith*(١٩٠٤-١٩٧٦) نسخةً من دلالات العوالم الممكنة تقريبًا في الوقت نفسه ولكن بشكلٍ مستقلٍ عن عمل "**رودلف كارناب**" في الدلالات الموجهة، وقبل عدة سنوات من نشر "**سول كريبك**" ورقته البحثية الأولى حول هذا الموضوع.

ومن المثير للاهتمام أن هذا الجزء من عمل **بريور** يرتبط بالفعل ارتباطًا وثيقًا بالمنطق الهجين، وفي الوقت الحاضر، أصبحت وجهة النظر القائلة بأن المنطق الموجه يمكن اعتباره جزءًا من منطق الدرجة الأولى أو منطق الدرجة الثانية أمرًا شائعًا(٣٩).

وبمجرد ملاحظة دلالات العوالم الممكنة للإجراءات، وعند قراءة الأعمال السابقة لبريور، يجب أن نضع في اعتبارنا أنه في ذلك الوقت، كانت معظم البديهيات الموجهة تأتي فقط من البديهيات. ومع ذلك، في كتابه الثاني(غير المنشور) "**حرفة المنطق الصوري**" The Craft of Formal Logic (الذي اكتمل عام ١٩٥١) يتكلم عن التشابه بين العلامات الموجهة والكمية quantity في المقطع التالي:

"**بالنسبة للتشابه في السلوك بين العلامات الموجهة والعلامات الكمية، يمكن تقديم تفسيرات مختلفة. قد يكون الأمر، على سبيل المثال، أن العلامات الموجهة هي مجرد إجراءات تسويرية عادية تعمل على موضوعٍ خاص؛ أي الحالات الممكنة للأمور. . . لن**

*كارو آرثر ميرديثCarew Arthur Meredith: منطقي وعالم رياضيات أيرلندي، ولد في ٢٨يوليوعام١٩٠٤بأيرلندا، والتحق بمدارسها حتى حصل على منحة دراسية إلى وينشستر في إنجلترا، انتقل من وينشستر إلى كلية ترينيتي حيث درس الرياضيات، وقد حصل على مرتبة الشرف الأولى في الجزء الأول من تريبوس(امتحان أكاديمي نشأ في جامعة كامبريدج في كامبريدج، انجلترا، يشمل جميع الاختبارات المتعددة المطلوبة لتأهيل الطالب الجامعي للحصول على درجة البكالوريوس أو الدورات التي يحصل عليها طلاب المرحلة الجامعية الذين يدرسون الرياضيات، على سبيل المثال، يأخذون في نهاية المطاف امتحان الرياضيات، وطلاب الأدب الإنجليزي يأخذون امتحان اللغة الإنجليزية) عام ١٩٢٣، كما حصل على مرتبة الشرف الأولى بامتياز في الجزء الثاني عام ١٩٢٤، وحصل على درجة البكالوريوس في عام ١٩٢٥. اهتم بالمنطق الرياضي بشكلٍ عام، والمنطق البولندي بشكلٍ خاص، وعمل محاضرًا في الرياضيات في كلية ترينيتي منذ عام ١٩٤٣وحتى تقاعده عام ١٩٦٤، وبعد التقاعد أمضى **ميرديث** بضع سنوات في كورنوال بانجلترا، لكنه عاد إلى أيرلندا وتوفي بها في ٣١ مارس عام١٩٧٦. انظر:
Meredith.David.**In Memoriam Carew Arthur Meredith**.Notre Dame Journal of Formal Logic,Vol. XVIII, Number 4,October,1977,P.1.

(39)Areces Carlos.**Op.Cit**,P.6.

يكون دقيقًا تمامًا وصف نظريات من هذا النوع بأنها "اختزال الجهة إلى كمية "،إنها تختزل الفروق الموجهة في الفروق الكمية، لكن المتغيرات التي ترتبط بها الأسوار تحتفظ بشيءٍ من الجهة–في مغزاها – فهي تشير إلى "الاحتمالات"possibilities، و"الفرص"chances، و"الحالات الممكنة" possible states of affairs، و"المجموعات الممكنة لقيم الصدق "وما شابه ذلك"(٤٠).

أما بالنسبة لإسهامات "**بريور**" في المنطق الزمني؛ فقد طوّر واحدًا من أكثر الأساليب الكلاسيكية والأساسية للمنطق الزمني، والذي يمكن فهمه بشكلٍ عام على أنه تمثيل للقضايا مع المعلومات الزمنية في أطر منطقية.

وفي المنطق الكلاسيكي والمنطق الموجه، اعتدنا التعامل مع الصيغ من النوع "¬ **ق**"، وق←**ل**"، "□ **ق**"، أو "◊ **ق**" من بين صيغٍ أخرى؛ حيث "**ق**"، و**ول**" متغيرات تشير إلى أي قضايا، و"←" تشير إلى اللزوم المادي، و"□"، "◊" إجراءات موجهة تشير إلى الضرورة والإمكان على التوالي. تركيب syntax المنطق الموجه ليس أوسع بكثير من التراكيب الكلاسيكية، وعلينا فقط إضافة بقية الروابط connectives، وتستند دلالاته من ناحيةٍ أخرى إلى فكرة العوالم الممكنة لتقييم الصيغ مثل□Ψ، أو ◊Ψ□:Ψ والتي تكون كافيةً في عالمٍ "**ع**" للنموذج "**م**" إذا وفقط إذا كانت كافيةً في كل عالمٍ "**ع**" يمكن الوصول إليه في "**م**"، في حين أن"**Ψ◊**" تكون كافية في العالم "**ع**" للنموذج "**م**" إذا وفقط إذا كان هناك عالمٌ "**ع**" في "**م**" يمكن الوصول إليه من خلال "**ع**"؛ حيث تكون Ψ كافية(٤١).

وقد تم اتباع مناهج مختلفة في الأدبيات المنطقية كمحاولة لإضفاء بديهيات على المنطق الهجين لفئة من الإطارات frames؛ فعلى سبيل المثال، يمكننا أن نجد في بديهيات المنطق الهجين الإجراء"**@**" بمفرده، و"**@**"، "↓"،"**@**"، و"**∀**"، إلخ. البديهيات بالنسبة ل"**@**" تستخدم قواعد الاستدلال غير المألوفة كما في قواعد استدلال نمط "**جون**

(40)**Ibid**,P.6.

(41)Domínguez,Daniel Álvarez.**Hybrid Logic as Extension of Modal and Temporal Logics**.Humanities Journal of Valparaiso,No 13 (2019): 34-67,Revista de Humanidades de Valparaíso No 13 (2019): 34-67, DOI: https://doi.org/10.22370/rhv2019iss13pp.34-67,P.35.

بوريس" John Burgess(١٩٤٨-)-"**دوف جابـــاي**" Dov Gabbay(١٩٤٥-)"[*]، مثل الاسم و"**بج**" BG وتغطي فقط فئات الإطارات التي يمكن تحديدها بواسـطة الصـيغ البحتة (أي الصيغ الهجينة التي لا تحتوي على متغيراتٍ قضوية، وإنما تحتوي فقط علـى متغيراتٍ اسمية)، ويمكن تغطية فئات أخرى من الإطارات بإضافة مزيدٍ من القواعد غير التقليديةnon-orthodox[٤٢].

ومن الجدير بالملاحظة أن **المنطق الهجين** من الدرجة الأولى يـوفر علـى وجـه التحديد الميزات اللازمة لإثبات نظريات الاستيفاءinterpolation حيث يفشل الاستيفاء في عددٍ من نظريات المنطق الموجه المعروف من الدرجة الأولى[٤٣].

وبما أن المنطق الهجين قريبٌ من المنطق الموجه؛ فسيكون من المثير للاهتمام أن يتمكن المرء من تطبيق النظريات الموجهة على **المنطق الهجين**، والتـي تـوفر طريقـةً لمحاكاة الإجراءات الهجينة باستخدام المنطق الموجه، وبالتالي تطبيق النتائج من المنطـق الموجه على المنطق الهجين[٤٤].

خامسًا: الفرق بين اللغات الهجينة hybrid languages والمنطق الهجين:

تغير المنطق الموجه بشكلٍ كبير في السنوات الماضـية، وقـد سـاهمت خلالهـا مجموعة من التطبيقات الجديدة في علوم الحاسب الآلـي النظريـة، وتمثيـل المعرفـة،

---

[*] **جون بي بورجس**John P.Burgess(١٩٤٨-)أستاذ المنطق وفلسفة الرياضيات بجامعة برينستون.
انظر: https://www.princeton.edu/~jburgess .

دوف جاباي Dov.Gabbay (١٩٤٥-)عالم منطق إسرائيلي، وأستاذ علوم الحاسب الآلي، بكلية العلوم الطبيعية والرياضية والهندسية بلندن كينجز كوليدج King's College London.

قدم **جاباي** نوعًا جديدًا من قاعدة الاشتقاق يسمى بقاعدة اللا انعكاس irrefiexivity rule، بإضافة هذه القاعدة إلى نسق الاشتقاق المحدود التقليديorthodox، حصل من خلالها على نتيجة اكتمال بسيطة نسبيًا، وقد اتبع هذه الفكرة عددًا من المؤلفين(منهم **بورجس**)الذين عملوا على المذاهب الصورية الموجهة التي لها صفات أكثر من بعدٍ واحد. وغالبًا ما تترك مثل هذه القاعدة الانطباع بأن تتصرف بذكاءٍ خارق(ex machine).. ومع ذلك، هناك تعميمٌ واضح، والذي تعامل معه بالفعل **جاباي**.الهدف الآخر من هذا الاشتقاق هو جعل هذا المفهوم العام أكثر وضوحًا، وإثبات نتيجة مجردة حول قواعد مثل قاعدة اللا انعكاس، انظر:

Venema.Yde.**Many-Dimensional Modal Logic**.Published by Universiteit van Amsterdam,Netherlands, 1991,P.3.

([42])Hodkinson,Ian& Paternault, Louis.**Axiomatizing hybrid logic using modal logic**. Journal of Applied Logic,Vol 8,Issue 4,386-396,2010,Elsevier,https://doi.org/10.1016/j.jal.2010.08.005,P.386.

([43])Brauner,Torben.**Hybrid Logic and Its Proof- Theory**,P.17.

([44])Hodkinson,Ian&Paternault, Louis,**Op.Cit**,P.388.

واللغويات الحاسوبية، إلى تطوير لغاتٍ أكثر ثراءً، والتحقيق في موضوعات، مثل: التعقيد الحسابي، وإثبات مبرهنة الآلية automated theorem، وبالإضافة إلى تعمقنا في فهم ماهية المنطق الموجه في الواقع إلى حدٍ كبير، وبفضل نظرية التطابق correspondence أصبح يمكن النظر إلى اللغات الموجهة بشكلٍ مفيدٍ على أنها أجزاء من منطق الدرجة الأولى والثانية أيضًا. ولم يعد يُنظر إلى اللغات الموجهة على أنها أنساق "**غير كلاسيكية**" غريبة كغيرها من اللغات الكلاسيكية؛ فهي مجرد وسيلة للحديث عن البناءات العلاقية relational structures[٤٥].

وتتمتع علاقة التطابق بمجموعة من الخصائص المعروفة، وهي:"الانعكاسية reflexivityالتماثلية symmetry، والمتعدية transitivity، وهو ما ينعكس في حقيقة أن الصيغ:

@ أ أ

@ أ ب← @ ب أ

(@أ ب ∧ @ ب ج) ← @أ ج.

هي صيغ صالحة للمنطق الهجين، ولمعرفة أن مثل هذه الصيغ المنطقية الهجينة تتوافق مع خصائص الانعكاسية، والتماثلية، والمتعدية، تقرأ **@ أ ب** مثل **أ = ب**، إلخ. والصيغة:

(@أ ب ∧ @ أϕ)← @بϕ.

صحيحة، تتوافق هذه الصيغة المنطقية الهجينة مع القاعدة القياسية للاستبدال[٤٦].

وعلى الرغم من أن كل من لغات الدرجة الأولى واللغات الموجهة هي أدوات لوصف البناءات العلاقية، إلا أنها تعمل بشكلٍ مختلف تمامًا؛ فلغات الدرجة الأولى تأخذ وجهة نظر "**خارجية**" للبناءات العلاقية، وتستفيد من المتغيرات الصريحة والتقييد، أما

(45)Blackburn,Patrick& Seligman .Jerry.**Hybrid Languages**.Journal of Logic,Language, and Information 4:251-272, 1995,Kluwer Academic Publishers.Printed in the Netherlands,1995,P.252.

(46)Brauner,Torben.**Op.Cit**,P.4.

اللغات الموجهة فتتخذ وجهة نظر "**داخليـــة**"، وتتجنب تقييد المتغير صـــراحةً مـــن أجـــل الإجراءات(٤٧).

وليس الهدف نشر المنطق الهجين كأداةٍ لتفسير اللغة الطبيعيـــة، ولكـــن ببســـاطة توضيح بعض الظواهر الدلالية؛ فعلى سبيل المثال الجملة:

"**(+) اعتقد بيبرس أن قطز سوف يقتله بعد موقعة عين جالوت**".

تم نطقها في يومٍ معين بعد الخامس والعشرين من شهر رمضان عام ٦٥٨ هـــ، الثالث من سبتمبر عام١٢٦٠م، يأتي الفعل الشرطي لجملة المصـــفوفة matrix clause في زمن الماضي، في حين أن فعل الإنجاز achievement verb في الجملة ذاتها يكون في زمن المستقبل، أما كلمة "**سوف**" فهي الشكل المورفولوجي morphological الـــذي يعبر عن استقبال الفعل في ترتيب تعاقب البناءات زمنيًا.

والاعتقاد حالة تمتد عبر الزمن؛ لنفترض في هذا السياق أن كلمة "**اعتقـــد**" تُفســـر ضمنيًا أنه "**اعتقد خلال الـــ ٢٤ ساعة اللاحقة لموقعة عين جالوت**"؛ ومن ثم يمكن النظر إلى جملة المصفوفة على أنها تنطوي على تسويرٍ كلي universal quantification أو تحديدٍ كمي لفترةٍ معينة من الزمن الماضي؛ فكيف تتفاعل الأزمنـــة المتداخلـــة فـــي (+) دلاليا؟(٤٨).

إن من ضمن ما يميز السلوك البشري الخروج بمعنًى من سياق الكلام، فلـــو أنـــك قابلت أجنبيًا يتحدث بركاكة فإنك تستطيع استنتاج ما يريد التعبير عنه مهما كانت تعبيراته غامضة أو مهما استخدم ألفاظًا في غير مواضعها، ولكن ليس هذا هو الحال إذا أخطـــأت في حرفٍ واحدٍ وأنت تدخل للحاسب الآلي أحد البيانات؛ فهو لن يفهم ولن يستنتج؛ لأنه لا يعرف أصلًا موضوع البرنامج الذي يقوم بتنفيذه(٤٩).

---

(47)Blackburn,Patrick& Seligman .Jerry.**Op.Cit**,P.251.

(48)Tulenheimo.Tero.**Hybrid Logic Meets IF Modal Logic**.J Log Lang Inf (2009) 18:559–591,Springer Science+Business Media B.V. 2009,P.560.

(٤٩) أسامة الحسيني: **الذكاء الاصطناعي ومدخل إلى لغة ليسب LISP**، دار الراتب الجامعية، بيروت، لبنان، ١٩٨٩، ص١٧.

واللغات الموجهة التقليدية على الرغم من كل خصائصها الجيدة التي تتمتع بها، إلا أنها تنطوي على ضعفٍ تعبيريٍ واضح؛ فاللغات الموجهة مثلًا لا يمكنها تسمية النقاط، كما أنه لا يمكننا أن نقول أن هذا الأمر قد حدث في ذلك الوقت، أو أن فردًا معينًا لديه بعض الخصائص، أو أن نتيجتين مختلفتين من العمليات تنقلان من الحالة الحالية إلى حالاتٍ متطابقة، أما المنطق من الدرجة الأولى فيمكنه أن يفعل كل هذا؛ فنحن ببساطة نستخدم الثوابت لتسمية الأفراد محل الاهتمام، ونستخدم رمز المساواة للتفكير في هويتهم، لكن لا توجد آليات مماثلة في قضايا منطق الجهة.

ويمثل هذا النقص التعبيري مشكلة لبعض التطبيقات الأكثر إثارة للاهتمام للمنطق الموجه، وهذا يعني أن منطق الجهة التقليدي ليس قويًا بما يكفي للتعامل مع الدلالات الزمنية للغة الطبيعية بشكلٍ صحيح؛ ذلك لأن الإشارة الزمنية (أي الإشارة إلى أوقاتٍ محددة) تلعب دورًا مهمًا هنا.

ولنتأمل الجملة "**سقط قطز**"،هذا لا يعني أنه في وقتٍ سابقٍ غير محدد تمامًا سقط قطز بالفعل(وهذا هو المعنى الذي يشير إليه منطق التمثيل الزمني بـ "**ق" سقط قطز**)؛ بل يعني أنه في وقتٍ ما محدد ومحدد سياقيًا، سقط **قطز** بالفعل؛ فالمنطق الزمني التقليدي لا يقدم لنا أي آليات mechanisms للتسمية هذه المرة.

هذا المثال لا يمس سوى سطح موضوع مهم؛فالمرجع الزمني temporalreference وفقًا ل"**هانز ريشنباخ**" HansReichenbach(١٨٩١-١٩٥٣)هو أمر أساسي في دلالات الزمن في اللغة الطبيعية[٥٠].

ويرى **ريشنباخ** أن اختيار الترتيب الزمني الذي ينطبق على عالمنا مسألة تجريبية؛ فالترتيب الزمني يمثل صفةً عامة للكون الذي نعيش فيه، والزمان حقيقي بالمعنى نفسه الذي يكون به المكان حقيقيًا، ومعرفتنا للزمان ليست قبلية، وإنما هي نتيجة ملاحظة[٥١]؛

([50])Blackburn.Patrick.**Arthur Prior And Hybrid Logic**. Synthese (2006) 150: 329–372, Springer,https://doi.org/10.1007/s11229-005-5512-y,PP.340-341.

([٥١]) حسين علي حسن: **فلسفة العلم عند هانز ريشنباخ**، الدار المصرية السعودية للطباعة والنشر، القاهرة، ٢٠٠٥، ص١٩٢.

ومن ثم ميز **ريشنباخ** الأزمنة من حيث الإشارة إلى ثلاث نقاط: نقطة الكلام (S)، ونقطة الحدث(E)، ونقطة المرجعية(R)، وقد توافق الكثير مما قاله مع آراء بريور[٥٢].

كذلك ينظر المناطقة إلى منطق الميزات feature logic والأوصاف descriptions على أنهما نوعان من أنواع المنطق الموجه، أو على الأقل يمكن أن يقتربا إلى حدٍ ما من المنطق الموجه، ويحتوي منطق الميزات الحقيقية على آلياتٍ للتأكيد على أن نتيجتين من نتائج التحولات يؤديان إلى التقرير نفسه، ويتيح لنا منطق الوصف تسمية الأفراد والتفكير فيهم، مثل هذه القدرات والتي تعتبر حاسمة تأخذنا إلى ما هو أبعد من أنواع اللغة الموجهة التي نعرفها الآن[٥٣].

ويمكن القول أنه لسوء الحظ، لا توجد آلية داخلية تسمح لنا بالتركيز على حالةٍ معينة نرغب في تقييم الصيغة فيها، إلا أنه من الممكن التغلب على هذا القيد إذا أضفنا إلى المنطق الموجه فئةً جديدةً من المتغيرات القضوية تسمى الاسمية[٥٤].

واللغات الهجينة هي لغات موجهة لها رموز خاصة لتسمية الحالات الفردية في النماذج، تقدم هذه الرموز الاسمية الجديدة على نحوٍ جيد؛ فنحن نضيف ببساطة نوعًا جديدًا من الرموز الذرية atomic symbols الاسمية ={ل، م، ن،....}منفصلة عن مجموعة المتغيرات القضوية، ونسمح لها بالاندماج بحرية داخل الصيغ، على سبيل المثال، إذا كان المسميان "**ق، ل**" متغيرات قضوية، فإن:◊(**م ∧ ق**) ∧◊ (**م ∧ ل**) ←◊ (**ق∧ ل**) (١).

تكون صيغة مصاغة بشكلٍ جيد، أما بالنسبة للتطور المهم الذي لحق اللغات الهجينة نظرًا لأن المسميات تكون حالات فردية في النموذج، فإنها تشير إلى مجموعات مفردة singleton sets. وبعبارة أخرى، فإنها تكون صحيحةً عند نقطةٍ فريدةٍ في النموذج؛ فإذا افترضنا أن "**ن**" نموذجًا، وأن "**ح**" حالة من حالات النموذج "**ن**"؛ وافترضنا

(52)Blackburn.Patrick.**Arthur Prior And Hybrid Logic**. Synthese (2006) 150: 329–372, Springer,https://doi.org/10.1007/s11229-005-5512-y,PP.340-341.
(53)Blackburn.Patrick,deRijke.Maarten&Venema.Yde.**Modal Logic**,P.434.
(54)Costa.Diana&Martins Manuel.A.**Non-dual modal operators as abasis for 4-valued accessibility relations in Hybrid logic.**Journal of Logical and Algebraic Methods in Programming, Elsevier Inc. All rights reserved,2021,P.2.

أن، ن، ح ⊨ ◊(م∧ق)∧◊(م∧ل)؛ فإن الصيغة كلها سوف تتغير، أي أن المعنى كله سيتغير، وبالتالي فإن بعض الحالات اللاحقة ل ح□ من ح سوف تكفي م∧ق، ح□= ح□□، وسوف يكون لدينا ن، ح ⊨◊(ق∧ل)[٥٥].

ومن ثم يتضح أن الهدف الذي سيقودنا إلى المنطق الهجين الأساسي هو توسيع نطاق المنطق الموجه التقليدي عن طريق آلية للإشارة إلى النقاط؛ علاوةً على ذلك، نريد أن نفعل ذلك دون الإخلال ببساطة وأناقة منطق القضايا الموجهة؛ فمنطق القضايا الموجهة ليس جزءًا مخصصًا من المنطق الكلاسيكي، إنه جزءٌ ثابتٌ من المحاكاة الثنائية bisimulation، يمتلك عددًا من الخصائص الجذابة، وإذا قمنا بالتوسع فيها، فيجب علينا أن نحترم هذه الميزات قدر الإمكان.

لكن كيف يتم هذا الإجراء، خصوصًا أن منطق القضايا الموجهة لا يحتوي على عددٍ قليل من الأجزاء المؤثرة؟

ويتم ذلك عن طريق فرز الرموز القضوية واستخدام الصيغ كحدود، وهذا الحل ارتآه "**أرثربريور**"[٥٦].

وبالمثل، غالبًا ما يكون من المهم التفكير فيما يحدث في أوقاتٍ معينة، وعادةً ما تقدم المذاهب الصورية الزمنية temporal formalisms المستخدمة في الذكاء الاصطناعي تعبيرات مثل(ي،ϕ) التي تقرر أن المعلومة "ϕ" تحمل في الوقت المحدد عن طريق "ي"، كي تكون ممكنةً، والمنطق الموجه الذي درسناه حتى الآن لا يحتوي على نظائر لهذه الأدوات المهمة.

إن اللغات الهجينة في أبسط أشكالها هي لغات موجهة تضع هذا الأمر في نصابه الصحيح، تتعامل هذه اللغات مع التحديدات كأشكال من الدرجة الأولى بطريقةٍ بسيطةٍ للغاية، والفكرة الأساسية تتمثل ببساطة في فرز الصيغ الذرية atomic formulas، واستخدام نوع واحد من الذرات – الاسمية – للإشارة إلى التحديدات، ولأن هذه الآلية بسيطة للغاية؛ فإن العديد من الخصائص المميزة للمنطق الموجه–مثل القدرة على اتخاذ

(55)Areces Carlos.**Op.Cit**,P.2.
(56)Blackburn.Patrick.**Arthur Prior And Hybrid Logic**.PP.343-344.

القرار القوي– لا تتأثر بها. في الواقع، يمكن القول إن المنطق الهجين في بعض النواحي أفضل سلوكًا من غيره من نماذج المنطق الموجه العادية؛ فنظرية الاكتمال completeness الخاصة به واضحة بشكلٍ خاص، وهي دليل طبيعي من الناحية النظرية(٥٧).

إن الصيغة: "**↓ ص. ◊ ص**" تكون صادقةً إذا –وفقط إذا– كانت الحالة "**ح**" ترتبط بنفسها، والقراءة البديهية للصيغة السابقة واضحة تمامًا، تقول الصيغة:

"**اتصل بالحالة ص وتأكد من إمكانية الوصول إلى ص**".أما الفرق بين "**↓**"، و"**∀**"؛ فإنه دقيق subtle، لكنه مهم، والرمز"**∀**" عالمي global، بمعنى أن الصيغ التي تحتوي على الرمز"**∀**" لا يتم الاحتفاظ بها ضمن النماذج الفرعية التي تم إنشاؤها، أما على الجانب الآخر فنجد أن الرمز"**↓**" في جوهره رمز محلي local، كما ترد في الأمثلة، يمكن تمييزها في مصطلحات عملية توليد الرموز الفرعية.

مثل "**∀**" نجد أن آداة التقييد "**↓**" قد قدمت بشكلٍ مستقل في عدة مناسبات، على سبيل المثال، تم تمثيلها كجزءٍ من التحقيق investigation في الدلالات الزمنية، وقواعد البيانات الزمنية temporal databases تستخدم للمساعدة في التفكير حول الآلات، وتستخدم كذلك كجزء من معالجة المؤشرات الدلالية indexicality، ومع ذلك، لا يسمح أي من الأنظمة المذكورة للتو بالتفاعل النحوي الحر للمتغيرات ضمنيًا مع منطق القضايا، وهذا ما يجعلنا نستخدم الرمز"**↓**" ولكن في لغاتٍ ليست هجينة بالكامل(٥٨).

وقد تم إدخال المسميات في نتائج المنطق الموجه بواسطة "**بادلر تن كيت**"BadlerTen Cate*، و"**داركو ساريناك**" Darko Sarenac**، ومع ذلك، احتفظت

(57)Blackburn.Patrick,deRijke.Maarten&Venema.Yde.**Modal Logic**,PP.434-435.
(58)Areces.Carlos,**Op.Cit**,P.3.

*"**بادلر تن كيت**" BadlerTenCate أستاذ مشارك في علوم الكمبيوتر النظرية في معهد المنطق واللغة والحساب (ILLC) بجامعة أمستردام، تتركز أبحاثه على تطبيقات مختلفة للمنطق في علوم الكمبيوتر والذكاء الاصطناعي، مع التركيز بشكلٍ خاص على إدارة البيانات وتمثيل المعرفة، بالإضافة إلى نظرية التعلم الحسابي.
انظر: https://theory.amsterdam/author/balder-ten-cate
تم الدخول عليه بتاريخ: ٢٠٢٣/٨/٤.

"داركو ساريناك**"** Darko Sarenac، أستاذ المنطق والفلسفة، بجامعة كولورادو.
انظر: https://scholar.google.com/citations?user=KsCGcmAAAAAJ&hl=en

دراستهما بفكرة تسمية النقاط، لكن من الواضح أن فكرتيهما كانت واهيـــة؛ لأنـــه وفقًـــا للاقتراح الحالي، يمكننا تسمية نقطة من خلال الجمع بين نـــوعين مـــن القـــيم الاســـمية، وبالنسبة للتطبيقات؛ فإن النهج الحالي له مزايا تتعلق بالقوة التعبيرية: على سبيل المثـــال، يمكننا دائمًا التمييز بين نقطةٍ زمنيةٍ مع تنسيقٍ مكانيa spatial coordinate بنوعين من القيم الاسمية، ومع ذلك لا يمكننا القيام بذلك إذا احتفظنا بفكرة تسمية النقاط؛ وهـــذا لأننـــا نحتاج دائمًا إلى التعامل مع بُعدين معًا بواسطة مسمىً واحد، كذلك يوجد اخـــتلافٌ تقنـــي واحدٌ بين المسميات بالنسبة للنقاط، والمسميات بالنسبة للخطوط Lines، وهو مـــا تتـــألف منه بديهية "**تشيرش** Alonzo Church(١٩٠٣-١٩٩٥)-**جـــون بـــاركلي روســـر** John Barkley Rosser(١٩٠٧-١٩٨٩)":

١٥ □ ٢ ق□←١ ◊ ٢ق.إذا اخترنا فكرة المسميات للنقاط، وحاولنا إعطاء نتيجة اكتمال محضة لنتائج إطارات "**كريبك**"، حينئذٍ يجب أن نهتم ببديهية **تشيرش** لمفهوم إنتـــاج المنطق الهجين في هذه الحالة بشكلٍ حدسي؛ لأن الخاصية المقابلة من الدرجـــة الأولـــى (تسمى التقاء) **تشيرش** بالإطار الثنائي الموجه[٥٩].

سادسًا:المنطق الموجه الهجينModal Hybrid Logics :

أ-المنطق الموجه التقليدي والمنطق الهجين:

يتوسع المنطق الهجين في استخدام المنطق الموجه التقليدي مع المسميات التي هي نوعٌ خاص من الرموز القضوية الصادقة في عالمٍ واحدٍ تمامًا، والمســـميات، وإجـــراءات الإشباع التي يولدها المنطق الهجين تجعله مناسبًا تمامًا لتطبيقاتٍ مختلفـــةٍ توجـــد بشـــكلٍ واضحٍ في المنطق الزمني والمنطق المعرفيepistemic للشبكات الاجتماعيـــة social networks، كما يمكن أيضًا اعتبار منطق الوصف الكامن وراء لغة أنطولوجيا الويـــب

(59)Sano.Katsuhiko.**Axiomatizing hybrid products How can we reason many-dimensionally in hybrid logic?**Journal of Applied Logic,Vol.8,459-474, Elsevier B.V. All rights reserved.2010,P.460.

Web Ontology Language، وتطبيقات المعلوماتية الطبيـــة الحيويـــة biomedical informatics أنواعًا من المنطق الهجين(٦٠).

والمعروف عن المنطق الموجه أنه مذهبٌ صوري بسيط يتعامـــل مـــع البنـــاءات العلاقية relational structures (أو الرسوم المتعددة multigraphs)، ولكن المنطـــق الموجه لايمتلك آليةً تمكنه من الإشارة إلى أو التفكير في التعبيرات الفردية individual nodes التي توجد في مثل هذه البناءات، والمنطق الهجين هو منطقٌ موجه تم تحديثـــه؛ بحيث يمكنه التعامل مع هذه التعبيرات الفردية.

إن الصيغ الاسمية التي يقدمها المنطق الهجين نوعٌ ثانٍ من الصيغ الذرية atomic formula والتي تعد من الناحية النحوية صيغًا ذرية عادية، لكن لها خاصية دلالية مهمة؛ فهي صادقة في نقطةٍ واحدةٍ بالضبط في أي نموذج، على سبيل المثال، تســـمي الأســـماء الاسمية هذه النقطة صادقة هناك وليس في أي مكانٍ آخر؛ للتأكيد على أن الصيغة صادقة في تعبيرٍ محدد(٦١).

و**المنطق الهجين** منطق قضوي يمتد إلى المعاملات الموجهة، ومن المفتـــرض أن يتم تمثيل مجموعة من الرموز القضوية العادية، ومجموعة لا حصر لها من المســـميات، ومن المفترض أن تكون المجموعات منفصلة. المتغيرات الوصفية ق، ل، م،. . . مـــداها الرموز القضوية العادية، و "أ، ب، ج ،. . .".مداها المتغيرات الاســـمية، وإلـــى جانـــب الأسماء الاسمية، يتم إضافة المعامل "أ": ويسمى إجراءالإشباع لكل مسمى أ. ويتم تحديـــد صيغ المنطق الموجه الهجين بواسطة القواعد:

س::= ق| أ | س ∧ س | س ← س |⊥ | □س | أ : س.

(60)Halkjær.Asta,Blackburn.Patrick& Villadsen.Jørgen.**Formalizing a Seligman-Style Tableau System for Hybrid Logic.**(Short Paper), Springer Nature Switzerland AG 2020,N. Peltier and V.Sofronie-Stokkermans (Eds.): IJCAR 2020, LNAI 12166, pp.474–481, 2020,P.474.

(61)Norg˙ela.S. **Some Decidable Classes of Formulas of Pure Hybrid Logic**.*Lithuanian Mathematical Journal*, *Vol.*44, *No.* 4, 2004, Published in Lietuvos Matematikos Rinkinys,Vol.44, No. 4, pp. 563–572, October–December, 2007. Original article submitted July 27, 2007,Springer Science+Business Media, Inc.2007, P.462.

حيث إن **ق** رمز قضوي عادي، وأ رمز اسمي، والمتغيرات الوصفية "**θ ،ψ،ϕ**" مداها الصيغ.

إن الصيغ من الشكل "**أ:ϕ**"تسمى صيغ الإشباع، ومن خلالها يتم تعريف النفيNegation، والوصل الصفري nullary conjunction، والفصل disjunction، واللزوم المزدوج bi-impliction كالمعتاد، نفترض أن **ϕ**◊ اختصار ل "**¬□¬ϕ**"، وأيضًا "**ψ [ج/ أ]**"هي الصيغة "**ψ**"؛ حيث يتم استبدال الرمز الاسمي "**ج**" بكل وقائع الرمز الاسمي "**أ**"(٦٢).

والنفي، والوصل الصفري، والفصل، تعرف من خلال الاصطلاحات "**¬ϕ**" التي هي عبارة عن اختصار لـ"**⊥←ϕ**"، و "**T**" اختصارٌ لـ"**¬⊥**"، و "**ϕ∨ψ**" اختصار لـ"**¬(¬ϕ∧¬ψ)**"(٦٣).

ويتم بعد ذلك تعريف النماذج:

تعريف:Λ نموذج التعديد a tuple للمنطق الهجين **(ل، ع، {∨ل}ل∈ل** ؛ حيث

١- **ل** مجموعة غير فارغة.

٢- **ع**علاقة ثنائية من **ل: و.**

٣- بالنسبة لكل **ل**، □ **ل** تكون دالةً بالنسبة لكل رمز قضوي عادي تعين عنصرًا لـ { ٠، ١}.

ويسمى الزوج **(ل، ع)** إطار، ويعتمد النموذج على هذا الإطار، وتسمى عناصر **ل** بالعوالم الممكنة، وتسمى العلاقة **ع** بعلاقة إمكانية الوصول(٦٤).

(62)Brauner,Torben.**Axioms for Classical, Intuitionistic, and Paraconsistent Hybrid logic.** J Logic Lang Inf (2006) 15:179–194, Received: 15 November 2004 / Accepted: 12 December 2005, Springer Science+Business Media B.V. 2006,PP.180-181.

(63)Brauner,Torben.**Two Natural Deduction Systems for Hybrid Logic: A Comparison**. Journal of Logic,Language and Information 13: 1–23, 2004,Kluwer Academic Publishers,Netherlands,2004,P.3.

(64)Brauner,Torben.**Axioms for Classical, Intuitionistic, and Paraconsistent Hybrid logic.**P.181.

ويزعم مؤيدوا المنطق الهجين أن الطريقة الوحيدة لفهم المعنى الحقيقي للنفي: أنه إذا كان غير ممكن تمثل الصيغة **φ** صوريًا بـــ "¬ϕ"؛ فإن هذا لا يعني أنه يجب نفي **φ** بـــ "□¬ϕ"؛ ومن ثم يفسرون الصيغ الموجهة "**الموجبة**"(عندما لا يظهر النفي مباشـــرةً قبـــل الإجراء الموجه) بطريقةٍ كلاسيكية، والفرق الدقيق يتمثل في استخدام العلاقات الإيجابيـــة التي تقدم الأدلة على وجود تحولات، ويفسرون الصيغ "**السلبية**" الموجهـــة(حيث يظهـــر النفي مباشرةً قبل الإجراء الموجه) بطريقةٍ مميزة وباللجوء إلى العلاقات السلبية التي تقدم الأدلة على غياب التحولات(٦٥).

ب- المنطق الموجه والمنطق الموجه من الدرجة الأولى:

يتمثل الاختلاف الأساسي بين منطق القضايا الموجه والمنطق الموجه من الدرجـــة الأولى في عدة أمور، منها:

أ- أن رموز القضايا في منطق القضايا الموجه يمكن أن يكـــون لهـــا قـــيم صدق مختلفة في عوالم مختلفة، أما المحمولات في المنطق الموجه مـــن الدرجة الأولى فيكون لها ماصدقات مختلفة في عوالمٍ مختلفة، وهكذا.

ب- في المنطق الموجه من الدرجة الأولى، تُنسب المحمولات إلى العـــوالم، الأمر الذي يسمح لنا بإضفاء الطابع الصوري على جمل اللغة الطبيعية التـــي تتضـــمن المحمولات، مثل "**مواطن مصري**" على سبيل المثال. وفي الواقـــع إذا كـــان للمحمـــول ماصدقات مختلفة في عوالم مختلفة؛ فإن هـــذا الأمـــر يســـتتبع ملاحظـــة أن "**عصـــام حجي**"(١٩٧٥-) على سبيل المثال مواطن مصري، لكنه ربما لم يعد كذلك الآن؛ لأنه هاجر إلى الولايات المتحدة الأمريكية، وحمل جنسيتها.

ج- يجب مقارنة المحمولات ذات الماصدقات المختلفة في عـــوالم مختلفـــة بالمحمولات التي يتم أخذها بشكلٍ طبيعي ليكون لها الماصدق نفسه في جميـــع العـــوالم، كما في قولنا مثلًا "**أكبر من خمسة**"، إنما صدق هذا المحمول في أي عالم يعبـــر بشـــكلٍ

(65)Costa.Diana& Martins Manuel.A.**Op.Cit**,P.2.

طبيعي عن مجموعة من الأعداد أكبر من العدد خمسة، ومن ثم يمكن إضفاء الطابع الصوري على المحمولات من النوع الأخير في منطق الدرجة الأولى العادي.

د- يتضمن المنطق الموجه من الدرجة الأولى عددًا من المشيرات غير القاطعةnon-rigid designators وهي حدود يمكن أن تحدد أفرادًا مختلفين في عوالم مختلفة، ويمكن تحفيز المشيرات غير القاطعة بعدة طرق مختلفة، لكن أفضل طرق التحفيز تتلخص في أن المشيرات غير القاطعة تسمح لنا بإضفاء الطابع الصوري على جمل اللغة الطبيعية التي تتضمن حدود مشيرات غير قاطعة، مثل: "**عدد الكواكب**" و"**الفريق الفائز ببطولة كأس العالم في كرة القدم**".

ويشير الحد الأول في المثال إلى مشيرٍ غير قاطع؛ لأنه يحدد الرقم تسعة؛ نظرًا لوجود تسعة كواكب في عالمنا، ولكن ربما يكون قد حدد رقمًا آخر؛ لأنه قد يكون هناك عدد آخر من الكواكب إذا كان التاريخ الطبيعي مختلفًا، أو إذا تم تعريف فكرة الكوكب بشكلٍ مختلف. وبالمثل، فإن تحديد مشير المثال الثاني يكون"**الفريق الفائز ببطولة كأس العالم في كرة القدم**"، ومن الواضح أن هوية الفريق الفائز ببطولة كأس العالم في كرة القدم هي أيضًا مسألة عرضية، وأن المنطق الهجين من الدرجة الأولى يتضمن استخدامًا مقيدًا للمشيرات غير القاطعة(٦٦).

ويمكن تحويل المنطق الهجين إلى منطق من الدرجة الأولى من خلال المساواة و(جزء من) منطق الدرجة الأولى بالمساواة يمكن تحويله مرةً أخرى إلى (جزءٍ من) **منطق هجين**. إن التحويل من المنطق الهجين إلى منطق الدرجة الأولى يعد امتدادًا للتحويل القياسي المعروف من منطق الجهة إلى منطق الدرجة الأولى.

ه- تحتوي لغة الدرجة الأولى على رمزٍ محمولي ذا مكانٍ واحدٍ يتوافق مع كل رمز قضوي عادي للمنطق الموجه، والرمز المحمولي ذو المكانين يتوافق مع الجهة، والرمز المحمولي ذو المكانين يتوافق مع المساواة، ولا تحتوي اللغة على رموزٍ ثابتة أو دالات، ومن المفترض أن يتم إعطاء مجموعة لا نهائية من متغيرات الدرجة الأولى

(66)Brauner,Torben.**Hybrid Logic and Its Proof- Theory**,PP.127-128.

المتغيرات الوصفية أ، **ب**، **ج**، . . . مداها متغيرات الدرجة الأولى، ولا توجد رموز دالة أو ثوابت؛ لذا يتم تحديد صيغ اللغة من الدرجة الأولى التي نلاحظها من خلال القواعد:

س::= ق*(أ) / ع(أ،ب)/ أ= ب/س∧ س/ س ← س/⊥ / ∀ أ س.

حيث يكون مدى **ق**الرموز القضوية العادية للمنطق الهجين، ومدى "أ، **ب**" متغيرات الدرجة الأولى، مع مراعاة أنه وفقًا للقاعدة السابقة بالنسبة لكل رمز قضوي عادي **ق** للغة الموجهة هناك رمز أصلي مطابق لمكان محمولي واحد **ق*** في لغة الدرجة الأولى، وسيتم تفسير الرمز المحمولي **ق***بحيث يربط تفسير الرمز القضوي الموجه **ق** بالعوالم، وفي القواعد أعلاه، **ع** رمز محمولي معين سيتم تفسيره باستخدام علاقة إمكانية الوصول (بالاسم نفسه)(٦٧).

و– من الجدير بالملاحظة أيضًا أن **المنطق الهجين** من الدرجة الأولى يوفر على وجه التحديد الميزات اللازمة لإثبات مبرهنات الاستيفاء interpolation theorems: وبينما يفشل الاستيفاء في العديد من أشكال المنطق الموجه المعروف من الدرجة الأولى؛ فإن نظراءه في المنطق الهجين يتمتعون بهذه الخاصية(٦٨).

وفقًا للمذهب النقدي، فإن الأهمية الأنطولوجية لمنطق الدرجتين الثالثة والرابعة هي الأهمية الأنطولوجية نفسه المنطق الدرجة الأولى السابق واللاحق؛ ونظرًا لأن منطق الدرجتين الثالثة والرابعة يشتمل على تناظرات مباشرة لأوليات الدرجة الأولى على وجه الخصوص، تعتبر المسميات تشبيهًا مباشرًا لمتغيرات الدرجة الأولى، ويعتبر الرابط "∀" تشبيهًا مباشرًا للسور من الدرجة الأولى؛ لكن هذا النقد فلسفي، وليس مناقشة تقنية. إن النتيجة التقنية والرياضية، على وجه الدقة، هي أن المنطق السابق واللاحق ومنطق الدرجة الثالثة، وكذلك منطق الدرجة الرابعة في ضوء الافتراضات المناسبة حول بنية الزمن لهم القوة التعبيرية نفسها بمعنى أن هناك ترجمات تحافظ على الصدق في كلا

(67)**Ibid**,PP.7-8.
(68)**Hybrid logic;**
Braüner,Torben,"**Hybrid Logic**", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy,Op.Cit*.

الاتجاهين بين أنواع المنطق المختلفة، لكنها لا تقدم في حد ذاتها إجابة عن السؤال الفلسفي حول ما إذا كانت أنواع المنطق المختلفة لها المضمون الأنطولوجي نفسه أم لا.

لكن من الواضح أن وجهة نظر **بريور** حول المنطق تختلف في عدد من النواحي عن وجهات النظر التي يتبناها معظم المناطقة المعاصرين، ولا سيما المناطقة الذين يميلون إلى النظرية الموجهة(٦٩).

سابعًا:المنطق الموجه الهجين ونهج التسمية labelled approach:

للمنطق الهجين نظرية برهان أكثر منهجية من المنطق الموجه رغم البداهة الواضحة للأخير، ومع ذلك، تظل هناك حاجةٌ إلى بعض العمل لتطوير منطق هجين في إطار ثنائي الأبعاد، وكذلك لالتقاط العلاقة بين البعدين؛ أي عضوية المجموعة(٧٠).

ويضع "**جون ماكارثي**" John McCarthy(١٩٢٧-٢٠١١) و"**باتريك هايز**" P. J. Hayes* حدًا لحجة الموقف** situation argument في صياغتيهما، تمامًا كما كان موقفهما من المنطق الموجه من الدرجة الأولى، وهو ما يظهر في عددٍ من الأمثلة التي قدماها؛ فقد ارتأيا أن حجة الموقف غير طبيعية، كما أنها تتعارض مع ممارسة اللغة الطبيعية، فأضافا حجةً إضافية لكل رمزٍ محمولي للموقف، على سبيل المثال: "**يحيى يحب مريم**" يجب التعبير عنه على أنه **حب (ي، م، ظ)**؛ حيث تشير **ظ** إلى الموقف؛ ولهذا السبب قدما الاختصارات abbreviations التي يتم فيها وضع حدٍ لهذه الحجة الإضافية،

(69)Brauner,Torben.**Hybrid Logic**,P.16.
(70)Wang. Yi N.**Op.Cit**,P.196.

*__باتريك هايز__: عالم رياضيات بجامعة إدنبرة باسكتلندا.

** تم تطوير دلالات الموقف كبديل لدلالات العوالم الممكنة؛ ففي دلالات الموقف، يتم تقييم التعبيرات اللغوية فيما يتعلق بالعوالم الجزئية، وليس الكاملة. لا يوجد إجماع حول ماهية المواقف، تمامًا كما لا يوجد إجماع حول ماهية العوالم أو الأحداث المحتملة، ووفقًا للبعض؛ فإن المواقف هي كيانات منظمة تتكون من علاقات وأفراد تتوقف عليهم تلك العلاقات، ووفقًا لبعضهم الآخر؛ فإن المواقف هي تفاصيل، وعلى الرغم من القضايا الأساسية التي لم يتم حلها، فإن التحيز الذي توفره دلالات الموقف أدى إلى بعض الأساليب الجديدة لمجموعة متنوعة من الظواهر في دلالات اللغة الطبيعية.
انظر:

"**Situations in Natural Language Semantics**"
Kratzer, Angelika,"**Situations in Natural Language Semantics**",*The Stanford Encyclopedia of Philosophy*) Fall 2023 Edition), Edward N. Zalta&Uri Nodelman (eds.), URL> = https://plato.stanford.edu/archives/fall2023/entries/situations-semantics.</

ومع ذلك لا يمكنهما القيام بذلك في جميع المواقف؛ لأنهما يحتاجان أحياناً إلى الإشارة إلى المواقف بشكلٍ صريح.

وقد لاحظا تشابه حجة الموقف التي قدماها مع مسميات **بريور**:

إن استخدام متغيرات الموقف مماثلة لاستخدام اللحظات الزمنية في حسابات الموقف الكلي التي يسميها **بريور** حسابات U-T؛ إذن يتضح أن المعالجة الحديثة لأفكار **بريور**، والتي أصبحت معروفة باسم **المنطق الهجين** توفر بالضبط العناصر اللغوية التي بدا أن **مكارثي** و**هايز** يبحثان عنها(٧١).

وأهم بناءين دلاليين في حساب الموقفهما: الموقف، والطلاقة fluent. والموقف هو الحالة الكاملة للكلي في لحظةٍ من الزمن، والطلاقة هي دالة مجالها مجموعة المواقف، أما الطلاقة القضوية فهي عبارة عن تدفقات مداها مجموعة قيم الصدق{الصدق، الكذب}، والطلاقة الموقفية هي تلك التي يكون مداها مجموعة المواقف نفسها.

نبدأ بالنظر في الطلاقة القضوية، إن الفكرة الأساسية في حساب الموقف هي أن معنى كل تعبير طليق أو سلس، وإذا قمنا بمساواة المواقف بالعوالم الممكنة في دلالات **كريبك**، ثم الجمل في منطق كمي موجه يعبر عن الطلاقة القضوية. على سبيل المثال، الجملة "**يحيى يمشي**" يقدَّم معناها تقليديًا على أنه مجموعة من العوالم الممكنة التي تكون فيها الجملة "**يحيى يمشي**" صادقة، هذه المجموعة بالطبع تحدد بشكلٍ فريد القضية بطلاقة أو بسلاسة.

إن الفكرة الرئيسية للمنطق الموجه هي أن كل جملة منطقية موجهة من الدرجة الأولى تعبر عن طلاقة قضوية، ويتم ذلك دون الإشارة صراحةً إلى المواقف، وفي المنطق الموجه التقليدي لا يمكن للمرء في الواقع الإشارة إلى المواقف(التي يطلق عليها تقليديًا "**العوالم**") في النماذج، أما في منطق التسوير الهجين(QHL) فتعبر كل جملة عن

(71)Blackburn,Patrick, Kamps.Jaap, and Marx .Maarten.**Situation Calculus as Hybrid Logic: First Steps**.Brazdil and A. Jorge (Eds.):EPIA 2001, LNAI 2258,Published in"Pavel Brazdil Alipio Jorge (Eds.).**Progress in Artificial Intelligence**,Springer-Verlag Berlin Heidelberg,2001,P.255.

طلاقةٍ قضوية أيضًا، ولكن بالإضافة إلى ذلك، يمكن للمرء أن يشير إلى المواقف، ويشير إلى أن الصيغة تُحمل على موقفٍ معين(٧٢).

أ- **نهج التسمية ونهج النحو القياسي:**

يعد نهج التسمية labelled approach في المنطق الهجين أفضل نهجٍ لإضفاء الطابع الصوري على المنطق الموجه من النهج النحوي القياسي standard syntactical approach، ومازال اهتمامنا في المنطق الهجين يتركز على صيغ التسمية الخارجية، لكن المشكلة الرئيسية تتمثل في تطبيق مناهج البرهان العادية على منطق الجهة المعياري، وانطلاقًا من حقيقة أنها مناسبة بالكاد للتعامل مع المعلومات التي تقع ضمن نطاق الإجراءات الموجهة، لكن نهج التسمية يساعد في التغلب على هذه المشكلة، ولكن في حالة التسمية الوسيطة medium labelling، يكون النجاح محدودًا، ويبدو أن نهج التسمية القوي يقدم إطارًا نحويًا موحدًا يمكن مقارنته بالإطار الدلالي الناجح الذي توفره النماذج العلاقية relational models، لكن نهج التسمية الداخلية، الموجود في المنطق الهجين، أقوى حتى ونحن نركز على هذا النهج باعتباره الاقتراح النهائي.

ب- **نهج التسمية وإثراء لغة الموضوع:**

تتكون التسمية الداخلية بشكلٍ عام، من إثراء enrichment لغة الموضوع التي يتم الحصول عليها عن طريق فرز sorting (الذرات atoms) وإضافة الإجراءات و/ أو الجهات الجديدة، أما بالنسبة للفرز؛ فإن أهم الابتكارات الأساسية والأكثر أهمية هو إدخال المسميات- المتغيرات، وهي أسماء لحالات في النموذج، هذه هي الخطوة الأساسية لأننا بهذه الطريقة نقدم منظورًا محليًا للغة لم يكن متاحًا في اللغات المعيارية الموجهة(٧٣).

لكن ما الذي نحصل عليه من خلال مساعدة هذا الإثراء؟ هل يوجد لدينا بعض المزايا الجوهرية مقارنةً باللغات المعيارية الموجهة على وجه الخصوص؟ هذا السؤال مثيرٌ للاهتمام بشكلٍ خاصٍ في سياق الفرز؛حيث إنه من المعروف أننا لا نحصل على مزيدٍ من التعبيرية expressiveness في حالة اللغات ذات الترتيب الأول أو الدرجة

(72)**Ibid**,PP.255-256.
(73)Indrzejczak,Andrzej**,Op.Cit**,P.364.

الأولى – إذا استخدمنا أنواعًا عديدة من المتغيرات – وقد نحصل فقط على صياغةٍ أبسط وأكثر إحكامًا للأشياء التي يمكن التعبير عنها بالفعل بلغةٍ قياسيةٍ مفردة، ومع ذلك، في سياق اللغات الموجهة، يؤدي استخدام عدة أنواع من المتغيرات (القضوية) إلى تغيرات حقيقية في القوة التعبيرية، وبالتالي إلى مزيدٍ من التحسينات، لذلك، يتم إنشاء اللغات الموجهة الهجينة بشكلٍ أساسي كأدوات لإصلاح حالة عدم التماثل asymmetry بين عناصر البناءات العلاقية والقدرات abilities اللغوية.

ويمكن القول باختصار أن التمثيل بالنسبة للغات الهجينة يمنحنا المزايا التالية:

١- لغة أكثر تعبيرًا.

٢- سلوكًا أفضل في نظرية الاكتمال completeness.

٣- نظرية برهان أبسط وأكثر طبيعية.

٤- حسن السلوك في القدرة على اتخاذ القرار، والتعقيد، والاستيفاء interpolation، وغيرها من السمات الهامة.

وهو مايعني أن لدينا مزيدًا من الصلاحيات في المنطق المُصاغ بلغةٍ غنية، لكن الحقيقة الأكثر أهمية هي أن اللغات الهجينة تسمح لنا بتحديد العديد من خصائص الإطار التي لا يمكن التعبير عنها في اللغات المعيارية الموجهة.

إن تطبيق طرق البرهان القياسية على المنطق الموجه أمرٌ معقد بسبب الصعوبات التي تواجهه في التعامل مع الجمل التي تقع ضمن نطاق الإجراءات الموجهة، أما في المنطق الهجين الموجه؛فهناك أدوات طبيعية، وهي المسميات، وإجراءات الإشباع للتعامل مع هذه المشكلة من خلال تقسيم كل جملة موجهة في المنطق الهجين الموجه MHL إلى أجزاءٍ منفصلة؛ أحدهما يحمل معلومات عن بنية النموذج، في حين يعطينا الآخر مباشرةً الجملة التي كانت في السابق في نطاق إجراءات الإشباع[٧٤].

ثامنًا: تحديد الدلالات ونظرية ألعاب المنطق الهجين:

([74])**Ibid**,PP.364-365.

الصـــــدق والصـــــحة validity– أو الصـــــدق المـــــادي material truth والصدقالمنطقيlogical truth، على التوالي هما أهم خاصيتين دلاليتين يتعامل معهمـــا المنطق؛ فمن الناحية الدلالية يتم استخدام المنطـــق فـــي تقـــديم تأكيـــدات أو تقريـــرات assertions حول النماذج، وأهم جزء من تحديد دلالات المنطق يتعلق بمعرفة المواقـــف التي تكون فيها الصيغة المنطقية كذا وكذا صادقة بالنسبة لنموذج معين؛ فالصدق المنطقي يعني إذن الصدق فيما يتعلق بجميع النماذج المتعلقة بالدلالات، ويُوصف الصـــدق أحيانًـــا بأنه صدقٌ مادي، ومن ثم يرتبط مفهومه بسياقٍ محتمل، وبالنسبة لبعض أنـــواع المنطـــق المختلفة تقبل مفاهيم الصدق والصحة التعميم، وبالتالي في منطق الدرجة الأولـــى يكـــون الصدق(في النموذج) حالة خاصة من الإشباع (في النموذج وفي ظـــل تحديـــد متغيـــر)؛ والصدق المنطقي مثالٌ للإشباع في كل نموذج وفي ظل تحديدات المتغير.

وعادةً ما يقر المنطق بوجود طرقٍ مختلفة من الناحية المفاهيمية لمفـــاهيم الصـــدق والصحة المناسبة له، على سبيل المثال، الطريقة الأكثر شـــيوعًا لتحديـــد دلالات منطـــق الدرجة الأولى التي اتبعها "**الفرد تارسكي**" Alfred Tarski(١٩٠١–١٩٨٣) تتمثـــل فـــي تحديد شروط الإشباع لصيغه المتعلقة بالنموذج، وتحديد المتغير من خلال تكراره في بنية الصيغة.

لكن هناك نهجٌ جديد بديل لنهج **تارسكي** في تحديد الـــدلالات يتمثـــل فـــي دلالات نظرية الألعاب game-theoretical semantics، والتي تجسد شروط الإشباع نفســـها من حيث وجود استراتيجية رابحة للاعبٍ معين في لعبةٍ دلالية، مرتبطة بصيغةٍ، ونموذج، ومتغيرٍ محدد(٧٥).

وقد أصبح من الثابت أن نظرية وتطبيق المناهج الصـــورية فـــي تحليـــل أجهـــزة وبرامج الحاسب الآلي أمرٌ معتاد، وقد ظل هذا المجال نشطًا لأكثر مـــن ثلاثـــين عامًـــا، ومؤخرًا نال هذا المجال الكثير من النجاح صناعيًا وتجاريًا.

(75)Majer Ondrej,Pietarinen.Ahti-Veikko&TulenheimoTero.**Games:Unifying Logic,Language, and Philosophy**. Logic, Epistemology, and the Unity of Science, Vol.15,Springer Science + Business Media B.V,2009,P.154.

كما يتم كذلك تصميم أنظمة الأجهزة Hardwar systems والبرامج بشكلٍ تقليدي على أنها أنظمة بحتة منفصلة أو غير مترابطة discrete: تأخذ متغيرات الحالة قيمها في مجموعاتٍ غير منفصلة(نهائيةfinite أو قابلة للعد countable)، ويتم تصميم انتقالات الحالة على أنها تحدث بطريقةٍ منفصلةٍ ومتدرجة، ونموذج النظام الأولي هو نموذج آلي ذو حالة محدودة، وتشكل رياضياته النظرية الأساسية لعلم الحاسب الآلي، وفي المجال المنفصل تم إثراء أجهزة الحالة المتسلسلة هذه بعدة طرق مختلفة لدمج ميزات أنظمة الحاسب الآلي التفاعلية والمتزامنة والموزعة، وعند الانتقال إلى أنظمة الوقت الحقيقي والأنظمة الهجينة Hybrid Systems، سعى الباحثون في تقاليد علوم الحاسب الآلي بالمثل إلى توسيع المناهج الصورية من خلال إثراء نماذج الأنظمة والمنطق الصوري للتعامل مع متغيرات الحالة ذات القيمة الحقيقية، وانتقالات الحالة التي تصمم التطور وفقاً للمعادلات التفاضلية differential equations[٧٦].

إن جميع النُّظم القائمة على اللغات البرمجية الاحتمالية لديها القدرة على تمثيل المعرفة المعقدة غير المؤكدة والتفكير فيها، وتتضمن التطبيقات نظام "**تري سيكل**" الخاص بشركة مايكروسوفت، الذي يُقيّم ملايين لاعبي ألعاب الفيديو كل يوم؛ ونماذج لجوانب المعرفة البشرية التي لم يكن لها تفسير في السابق باستخدام أي فرضية آلية، مثل القدرة على تعلم فئات عناصر بصرية جديدة من أمثلة فردية، والمراقبة العالمية للأحداث الزلزالية من أجل معاهدة الحظر الشامل للتجارب النووية، وهي المعاهدة المسئولة عن اكتشاف التفجيرات النووية الخفية[٧٧].

والأنظمة الهجينة هي أنظمة ديناميكية تجمع بين الديناميكيات المنفصلة والديناميكيات المستمرة(سيتم تعريفها من خلال الألعاب)، وهذه الأنظمة الهجينة مهمة لأنظمة النمذجة التي تستخدم أجهزة الحاسب الآلي للتحكم في الأنظمة المادية، وتجمع هذه الأنظمة بين التبديل الشرطي وعدم الحتمية والتكرار، وعلى الرغم من أن هذه الأنظمة

([76])Davoren.J.M,&Nerode Anil.**Logics for Hybrid Systems**.Proceedings of the IEEE, VOL. 88, NO. 7, JULY, 2000,PP.985-986.

([٧٧]) ستيوارت راسل:**مرجع سابق**، ص٢٨٤.

غير قابلة للتقرير، إلا أنها مع ذلك محور العديد من أساليب التحقق الناجحة؛ فهي تتمتع ببديهياتٍ كاملة بالنسبة للمعادلات التفاضلية في المنطق الديناميكي التفاضلي dynamic logicdifferential(dL)، والذي يتوسع في المنطق الديناميكي للبرامج المنفصلة التقليدية ليشمل الأنظمة الهجينة[٧٨].

وتستخدم نظم الدعم الهجينة في حل مشكلات نظم العمل المحوسبة، والهدف منها مساعدة الإدارة في حل المشاكل الإدارية بصورةٍ أفضل وأسرع، ويتم ذلك بعدة طرق منها ما يلي:

أ- استخدام كل آداة بصورةٍ مستقلةٍ لحل جانب مختلف من المشكلة.

ب- استخدام عدة أدوات غير محكمة التكامل، وهذا الأسلوب يتضمن بصورةٍ رئيسة انتقال البيانات من نظامٍ إلى آخر(مثلًا من نظام معلومات تنفيذي إلى نظام دعم القرارات لمعالجات أخرى).

ج – استخدام عدة نظم (أدوات) بطريقةٍ متكاملةٍ بإحكام؛ أي أن الأداة تظهر للمستخدم وكأنها نظام هجين، حيث إن انتقال المعلومات والنشاطات الأخرى مبرمج في نظام دعم الإدارة.

بالإضافة إلى أداء المهام المختلفة في عملية حل المشكلة، فإنه يمكن استعمال أنظمة (الأدوات) لدعم بعضها البعض؛ فالنظم الخبيرة Expert Systems مثلًا يمكن أن تستخدم لتعزيز النمذجة وإدارة البيانات لنظام دعم القرارات.

لقد أصبح واضحًا أنه مع مرور الزمن سيتم بناء كل أنواع نظم دعم الإدارة الهجينة، وأن محتويات هذه الأنظمة لن تحوي هذه النظم فقط، بل تحوي علم الإدارة والإحصائيات، والعديد من الأدوات المحوسبة[٧٩].

وتتمتع الألعاب Games بتقاليدٍ طويلة ومتنوعة في المنطق بناءً على مفاهيم السلوك العقلاني والتفكير الاستراتيجي؛ فهي تقدم نهجًا طبيعيًا مثمرًا للمنطق، مكملًا

(78)Platzer.Andre.**Differential Game Logic for Hybrid Games**. School of Computer Science, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA,USA,2012,P.1.

(٧٩)علاء عبد الرازق السالمي: **نظم المعلومات والذكاء الاصطناعي**، دار المناهج للنشر والتوزيع، ط١، الأردن، ١٩٩٩، ص ص٩٢-٩٣.

للنموذج المشتركcommon paradigm لعلم الـدلالات النظريـة النموذجيـة وأنسـاق البرهان، وتعود دلالات الألعاب إلى "**ياكو هينتيكـا**" Jaako Hintikka(١٩٢٩–٢٠١٥)، الذي صمم لعبةً مكونة من لاعبين(٨٠).

وبعد ذلك في الآونة الأخيرة ثبت أن الألعاب والمنطق يتفاعلان بشكلٍ مثمر بعـدة طرق، وبالأخص استخدام المنطق لتحديد خصائص الألعـاب الهجينـة والتحقـق منهـا، وأسلوب التحقق من الألعاب الهجينة مستوحى من منطق لعبة "**باريـك**" Parikh*. ويقـوم منطق الألعاب بتعميم المنطق الديناميكي (الانفصال القضوي) على الألعاب المنفصلة التي يتم لعبها في مساحات حالةٍ محدودة. ومنطق الألعـاب التفاضـلي differential game logic(dGL) يعمم المنطق الديناميكي التفاضلي (dL) على الألعاب الهجينة، وفي الوقـت نفسه، يعمم منطق الألعاب على الأنظمة الهجينـة بمسـاحات الحالـة غيـر المعـدودة والديناميكيات المتفاعلة المنفصلة والمستمرة(٨١).

ويشبه منطق الألعاب التفاضلية dGL المنطـق الـديناميكي التفاضـلي العشـوائي stochastic differential dynamic logic*(SdL) بعض الشيء؛ لأن كلاهما يعـالج

(80)Freiman.Robert. **Games for Hybrid Logic From Semantic Games to Analytic Calculi**.in Alexandra Silva, Renata Wassermann,Ruy de Queiroz (Eds.)**Logic, Language,Information,and Computation,**
27th International Workshop,Springer Nature Switzerland AG ,2021,P.133.

*نسبة إلى **روهيت باريك** ParikhRohit، وللكاتب مقالٌ بعنوان "منطق الألعاب وتطبيقاته" The Logic of Games and its Applications.**باريك** عالم رياضيات ومنطق أمريكي، عمل في العديد من المجالات في المنطق التقليدي، بما في ذلك نظرية التكرار ونظرية البرهان، وهو أستاذ في كلية بروكلين بجامعة سيتي في نيويورك ومن خريجي هارفارد، وقد مزج في تفسيره بين الجانب الاجتماعي في صناعة المعنى والسيناريوهات والنمذجة الرياضية. انظر:
https://www.okaz.com.sa/articles/authors/2116228 .

(81)Platzer.Andre,**Op.Cit**,P.1.

***الاستوكاستيكية**: هي أي سلسلة من المعادلات تكون نتائجها محددة احتماليًا، عادةً ما يطبق المصطلح على سلاسل محاولات مرتبة زمنيًا، كمثال اعتبر سلسلة مرتبة زمنية، كرمي نرد متوازن باحتمالات محددة لظهور كل وجه في كل رمية . ثمة نوعان أساسيان للعمليات الاستوكاستيكية [الاتفاقية أو المصادفية]، سلاسل **برنويل**، حيث المحاولات مستقلة عن بعضها البعض، وعمليات **ماركوف**Markov، حيث يمكن أن ترتهن عمليات الاحتمالات الخاصة بنتاج لمحاولة بطريقة شرطية بنتاج المحاولة السابقة عليها، بكونها مستقلة احتماليًا عن نتاجات المحاولات السابقة على المحاولة السابقة مباشرة على المحاولة المعنية.
انظر: **دليل أكسفورد للفلسفة**: تحرير:**تد هوندرتش**، ترجمة: نجيب الحصادي، تحرير الترجمة منصور محمد البابور، محمد حسن أبوبكر، ج٣ من حرف ظ إلى حرف ي، المكتب الوطني للبحث والتطوير، الجماهيرية العربية الليبية الشعبية الاشتراكية العظمى، ٢٠٠٣، ص٤٦٤، والكلمة Stochastic لاتينية وتعني اللاحتمي أو Non Deterministic، ومؤشر **ستو كاستيك** هو مؤشر يقيس كميات المبيعات وكميات المشتريات.
ويطلق عليها أيضًا العشوائية، والمقصود بها حالة عدم الاكتمال الداخلية، حيث لا توجد قيمة نمطية مفردة، أو حالة المعرفة غير التامة (أي الجهل بالموضوع الكلي، أو الرؤية المحددة لنسق بسبب تعقيده).
انظر: صلاح محمود عثمان، فلورنتن سمارانداكه: **الفلسفة العربية من منظور نيتروسوفي**، منشأة المعارف، ط١، الإسكندرية، ٢٠٠٧، ص٩١.

مشكلة كيفية التحقق من خصائص ديناميكيات النظام مع سلوك غير مؤكد جزئيًا، ومع ذلك، فإن كلا النهجين يعالجان عدم اليقين بطرقٍ مختلفة جوهريًا، وينظر المنطق الديناميكي التفاضلي العشوائي SdL بشكلٍ احتمالي لعدم اليقين في ديناميكيات النظام، أما نهج منطق الألعاب التفاضلية dGL فينظر إلى عدم اليقين بشكلٍ عدائي.

كلتا وجهتي النظر حول كيفية التعامل مع السلوك غير المؤكد مفيدة، ولكنهما تخدمان أغراضًا مختلفة اعتمادًا على طبيعة سؤال تحليل النظام المطروح، ويمكن أن يكون الفهم الاحتمالي لعدم اليقين متفوقًا عندما تتوفر معلومات جيدة حول توزيع الاختيارات التي تتخذها البيئة، كلما لم يكن ذلك ممكنًا، أما وجهات النظر المتعارضة فهي أكثر ملاءمة؛ لأنها لا تؤدي إلى توجهاتٍ غير كافية قد تفرضها الافتراضات الاحتمالية التعسفية، أما الأسئلة الأمنية المتعلقة بالأنظمة الهجينة فتؤدي إلى مواقف عدائية بطبيعتها، ويعد تركيب وحدات التحكم للأنظمة الهجينة تطبيقًا آخر يتحول إلى ألعاب هجينة.

لكن هذه الألعاب الهجينة لها أساسات منطقية خاصة بها، ومنطق اللألعاب التفاضلية، والدلالات، وحساب التفاضل والتكامل يحدد ما يشكل الاختلاف الأساسي في إثبات الأنظمة الهجينة مقارنةً بإثبات الألعاب الهجينة، علاوةً على ذلك، ترتبط هذه الدلالات بدلالات الألعاب التشغيلية النظرية للعبة، وإثبات كلًا من التكافؤ، والحتمية[٨٢].

عادةً ما يُطلق على دلالات لعبة "**هينتيكا**" اسم "**أنا**"Me، أو "أنا"I، و"أنت"You، من أجل إثبات صدق الصيغةϕ من منطق الدرجة الأولى في النموذج (ن)، وتستمر الألعاب وفقًا لقواعد الاختزال التدريجي حتى تختزل الصيغة ϕ إلى صيغةٍ ذرية، ويعتمد الشرط الفائز على صدق هذه الصيغة الذرية في النموذج (ن).

([82])Platzer.Andre,**Op.Cit**,P.1.

ويتضح أن (أنا) لديَّ استراتيجية رابحة لهذه اللعبة إذا وفقط إذا كانت ϕ صادقة في النموذج (ن)، والسؤال الطبيعي هو ما إذا كانت هناك خوارزميـــة *algorithm للبحـــث عن الاستراتيجيات الفائزة للعبة ϕ في جميع النماذج، والتي يمكن بالتالي من خلالها إثبات (أو دحض) صحة ϕ. أحد هذه الأساليب هو استراتيجيات الفوز المنفصـــلة التـــي تســـمح للاعبَين بمتابعة خياراتهما ومراجعتها –إذا لزم الأمر– اعتمادًا على قيم صـــدق الجمـــل الذرية في النموذج الحالي، وقد تم عرض هذه التقنية لأول مرة في لعبة "**جيلـــز**" *Giles game التي أشار إليها منطق "**يان لوكاشيفيتش**"Jan Lukasiewicz(١٨٧٨–١٩٥٦).

أثبت "**باتريك بلاكبيرن**" صلة المنطق الهجين بالألعاب عندما صمم لعبـــةً للمنطـــق الهجين تشبه أسلوب حوار "**لورينزن**"،كما قدمت "**سارة نيجـــري**" *Sara Negri(١٩٦٧–) نسق البرهان المسمى بـــ"G3K"**الذي يشبه دلالات المنطق الموجه، ومن خلاله يتعـــين على المرء أن يتتبعجميع النماذج الممكنة التي لا نهاية لهاو(في حالة الإجراءات) العديـــد

*__الخوارزمية__ هي مجموعة متناهية Finite Set من الخطوات الواضحة لحل مشكلةٍ ما، والتي تؤدي إلى نتيجة واضحة بتمييز حالاتها الابتدائية، أو هي مجموعة متناهية من التعليمات يؤدي اتباعها إلى إنجاز مهمة محددة، وقد سميت بهذا الاسم نسبة إلى عالم الرياضيات والفلك العربي المعروف "**محمد بن موسى الخوارزمي**Al-Khwarizmi(٧٨٠-٨٥٠).
انظر: صلاح محمود عثمان، فلورنتن سمارانداكه:**مرجع سابق**، ص١٥٤.

*في السبعينيات قدم **روبن جيلز**Robin Giles(١٩٣٥-) لعبة تجمع بين قواعد الحوارdialogue rules -المعروفة بالمنطق الحواري Dialogical Logic والذي يعود الفضل فيه إلى "**بول لورينزن**" Paul Lorenzen(١٩١٥-١٩٩٤)-على نهج "**لورنزن**" مع مخطط بسيط للرهان على صدق العبارات الذرية، اقترح **روبن جيلز** تفسيرًا للاستدلال المنطقي في النظريات الفيزيائية يجمع بين لعبة حوار على نهج **لورنزن** مع مخطط بسيط للمراهنة على حقيقة البيانات الذرية، والفكرة الأساسية هي أن البيانات الذرية (ممثلة كمتغيرات قضوية) تشير إلى نتائج إيجابية أو سلبية للتجارب التي قد يكون لها نتائج مختلفة عند تكرارها ولكن لها احتمال ثابت للحصول على نتيجة إيجابية. يوافق اللاعبان، أنت وأنا، على دفع ١ يورو للاعب المنافس مقابل كل عبارة غير صحيحة يدلي بها، وقد تختلف المدفوعات اعتمادًا على نتائج التجارب الملموسة، لكن اللاعب يفوز باللعبة إذا كان يتوقع (بالمعنى النظري الاحتمالي) ألا يخسر المال. بشكلٍ عام، تتكون حالات اللعبة من عبارات (صيغ مبنية باستخدام اللزوم والروابط القياسية الأخرى) يقوم بها اللاعبون، وتعتمد الحركات على القواعد الطبيعية للهجوم أو منح العبارات المركبة التي يدلي بها اللاعب المنافس.
وأظهر **جيلز** أن وجود استراتيجيات رابحة للعبة يتوافق مع صحة الصيغ في منطق **لوكاشيفيتش**، **"الاستراتيجيات المنفصلة"** للعبة **جيلز**، تجمع بين الاستراتيجيات العادية لجميع حالات اللعبة التي يتم لعبها على الصيغة نفسها، ويمكن تفسيرها على أنها اشتقاقات في نسق برهان مناظر.على وجه الخصوص، تعكس مثل هذه الاستراتيجيات الاشتقاقات في حساب التفاضل والتكامل المفرط المتتابع hypersequent الذي تم تطويره في نظرية إثبات منطق **لوكاشيفيتش**. انظر:
Femuler C. G&Metcalfe. G.**Gile's Game and the Proof Theory ofLukasiewicz Logic**.Studia Logica ,An International Journal for Symbolic LogicVol. 92, No.1(Jun., 2009), pp. 27-61,2009,P.27.

*سارة نيجري Sara Nigri: فيلسوفة فنلندية، أستاذ الفلسفة النظرية بجامعة هلسنكي.

نسق البرهان "G3K" اختصار ل"إنتاج ماصدقات من حسابات متتابعة في دلالات كريبك**" وتعتمد هذه الطريقة على إنشاء حساب أساسي للتفاضل والتكامل المتسلسل وماصدقاته، ومنه يتم الحصول على قواعد معاملات جهة الضرورة والاحتمال مباشرةً من خلال تفسيرها الدلالي داخل إطارات كريبك".
انظر:
Nigri.Sara.**Proof Analysis in Modal Logic**. Journal of Philosophical Logic (2005) 34: 507–544,Springer,2005,P.510.

من الخيارات الممكنة التي لا نهاية لها، ويتحقق ذلك من خلال الاختزال المفاهيمي إلى الاختيار الأمثل optimal choice، وبالتالي، يمكن صياغة البحث عن استراتيجية فوز منفصلة في حد ذاتها كنظامٍ برهاني. ومن وجهة نظر لعبة حوار **بلاكبيرن** بالإضافة إلى رابطٍ دلالي مباشر، وعلى غرار G3K، يؤدي البحث الفاشل عن استراتيجية فوز منفصلة إلى ظهور نموذجٍ مضاد بشكلٍ مباشر(٨٣).

ويتمتع هذا النسق بخصائص بنائية رائعة؛ حيث إن جميع قواعده قابلة للعكس وجميع القواعد البنائية مقبولة، والقاعدة تكون مقبولة في نسقٍ معين عندما تكون مقدماتها ونتيجتها قابلة للاشتقاق(٨٤).

والألعاب التي نتحدث عنها لا يوجد بها تعادلات؛ أي إنه إذا وصل اللاعب إلى طريقٍ مسدودٍ، فإنه يخسر، أما إذا انتهت اللعبة دون طريقٍ مسدود؛ فإن اللاعب الذي يصل إلى إحدى حالاته الفائزة يكون هو الفائز، وبالتالي يفوز لاعبٌ واحدٌ بالضبط في كل لعبة؛ نظرًا لأن الحالات الفائزة متكاملة.

والألعاب الهجينة هي ألعاب محصلتها صفر، أي إذا فاز أحد اللاعبَين، فهذا معناه خسارة اللاعب الآخر، والعكس صحيح؛ حيث تكون مكافأة اللاعب ±١. يُطلق على اللاعبين كلاسيكيًا، اسم "**زيدٌ**" و"**عمرو**"، وهذه الألعاب هي ألعاب متسلسلة وغير تعاونية؛ أي أن اللاعبَين لا يتفاوضون على عقودٍ ملزمة(بخلاف ما هو مذكور في قواعد اللعبة)، ولكن يمكنهما اختيار التصرف حسب رغبتهما. علاوةً على ذلك، تكون الألعاب متسلسلة (أو ديناميكية)، أي أن اللعبة تستمر في سلسلةٍ من الخطوات، وفي كل خطوةٍ يمكن لأحد اللاعبين تحديد إجراءٍ ما، ويمكن أن يعتمد الإجراء التالي لكل لاعب على نتيجة الإجراء الأخير(من قِبَل اللاعب الآخر أو من نفسه، من تحرك أخيرًا)، وبالتالي، قد يعتمد على تحديد الاختيارات من خلال الحالة السابقة(٨٥).

(83)Freiman.Robert.,**Op.Cit**,P.134.
(84)Nigri.Sara.**Op.Cit**,P.510.
(85)Platzer.Andre,**Op.Cit**,P.2.

ويتم تعريف الألعاب الهجينة لمنطق اللألعاب التفاضلية من خلال القواعد التالية (أ، ب) ألعاب هجينة، **س** متجهvector* للمتغيرات، θ متجه لحدودٍ من البعد نفسه، ه صيغة حسابية من الدرجة الأولى، وϕ هي صيغة للألعاب التفاضلية، عادةً من الدرجة الأولى):

أ، ب:: = س:=θ | ؟ϕ| س′=θ &ه| أ∧ب| أ؛ ب| أ*| أ.

يتم تعريف صيغ منطق الألعاب التفاضلية بالقواعد التالية:(**ϕ، ψ** صيغ لمنطق الألعاب التفاضلية،**θ ي** حدود، **س** متغير، و أ لعبة هجينة):

ϕ، ψ:: = θ١θ≤٢ |ψ | ¬ϕ| ∃س∧ϕ |〈أ〉ϕ.

يتم تعريف الإجراء[أ] المزدوج ل〈أ〉 يعرف من خلال [أ]〈¬ϕ أ ϕ≡¬〉. والإجراءات "<، =، ≤، >، □، →، ↔، **∃س**" كالمعتاد،على سبيل المثال: **∀س∃¬ϕ≡¬ϕس**. صيغة〈أ**ϕ**〉 تعبر عن أن زيدًا له استراتيجية رابحة لتحقيق الفوز**ϕ** في اللعبة أ، أي أن زيدًا لديه استراتيجية للوصول إلى صيغةٍ مرضية **ϕ** عندما لعب اللعبة أ، بغض النظر عن الإستراتيجية التي يختارها عمرو، والصيغة [أ]**ϕ** تعبر عن أن زيدًا ليس لديه استراتيجية لتحقيق الفوز **¬ϕ** في اللعبة أ. وهذا يكافئ قولنا إن عمرًا لديه استراتيجية لتحقيق الفوز**ϕ**لأنه بأي طريقةٍ يلعب بها عمرو لمنع زيد من الفوز؛ فهي استراتيجية رابحة بالنسبة إلى عمرو، نظرًا لعدم وجود تعادلات ولا يمكن لعب اللعبة إلى ما لا نهاية، أي إن ألعابنا يتم تحديدها، بمعنى أنه من كل حالة ومن كل شرطٍ فائز **ϕ**، إما أن يكون لزيدٍ استراتيجية رابحة، أو لعمرو استراتيجية رابحة(٨٦).

إن لغة **المنطق الموجه الهجين** هي كما يلي: نبدأ من مجموعتين منفصلتين، لا نهائيتين قابلتين للعد **س**(مجموعة من الأسماء) **وق** (مجموعة من المتغيرات القضوية)، وعادةً ما تسمى المسميات "**ه، و، ي**، . . . متغيرات قضوية "**ق، ل**، . . . "الصيغ **ϕ** مبنية وفقًا للقواعد التالية:

---

*المتجه vector :هو كمية أو ظاهرة لها خاصيتين مستقلتين: الحجم والاتجاه، يتم تمثيلها عادةً بقطعة خطية موجهة يمثل طولها المقدار، واتجاهها في الفضاء يمثل الاتجاه على نطاق واسع: عنصر من الفضاء المتجه، ويشير المصطلح أيضًا إلى التمثيل الرياضي أو الهندسي لمثل هذه الكمية، ومن أمثلة المتجهات في الطبيعة السرعةvelocity، القوة الدافعة momentum، القوة force، المجالات الكهرومغناطيسية electromagnetic fields، والوزن weight.
انظر: https://www.techtarget.com/whatis/definition/vector .
تم الدخول عليه بتاريخ ٢٠٢٣/١٢/١٨م

(86)**Ibid**,PP.2-3.

ϕ ::= ق | ه| ع(ه، و)|ϕ∧ϕ| ϕ∨ϕ| ϕ←ϕ| ¬ϕ| @ه ϕ| □ϕ| ◊ϕ .

تسمى الصيغ ذات الشكل "**ق، ه، ع(ه، و)**" ابتدائية، ويمكننا أن نفكر بشكلٍ بديهي في المسمى "**ه**" باعتباره اسم عالم معين في النموذج، وبالتالي يكون "**ه**" صحيحًا في عالمٍ واحد بالضبط، وتشير الصيغة **@هϕ** إلى حقيقة أن**ϕ** صحيحة في العالم الذي يحمل الاسم **ه**، والعلاقة**ع(ه، و)** تقول أن العالم الذي يحمل الاسم "**ه**" يمكن الوصول إليه من العالم الذي يحمل الاسم **ه**. يتم تعريفه عادةً **@هوϕ**[٨٧].

الخاتمة والنتائج:

المنطق الهجين موضع خلافٍ بين علماء المنطق كونه ينتمي إلى منطقي الدرجة الأولى والثانية معًا، لكن ماليس فيه خلافٌ أنه نوعٌ من أنواع المنطق غير الكلاسيكي المتعددة، كالمنطق الغائم، ومنطق اللا اتساق، والمنطق الماصدقي، والمنطق الخطي، والمنطق الزمني، وغيرها من أنواع المنطق التي تقبل بمبدأ الغموض عمومًا أو بوجود تعدد لقيم الصدق وليس القيم التقليدية "صدق، وكذب"؛ ما جعله يتعلق بشكلٍ مباشر بعلوم الحاسب الآلي، كونه أكثر تطورًا من منطق الجهة الذي يُطلق عليه علماء الحاسب المنطق الشرطي.

يركز المنطق الهجين بشكلٍ كبير على المنطق الزمني الخطي، وقد تم اقتراح استخدامه للمرة الأولى في أواخر السبعينيات، ويشير هذا المنطق مباشرةً إلى العوالم المحتملة في اللغة الصورية من خلال عامل الزمن الذاتي؛ حيث أصبح من الممكن إعطاء توضيحات للزمن تضفي عليه قوةً تعبيرية من خلال التمثيل الزمني الذي يشترك مع قواعد البرهان.

ويمكن في **المنطق الهجين** الانتقال من أسوار تسأل عن الكيفية (كيف؟) إلى أسوارٍ تسأل عن الزمن (متى؟)، ومن خلاله يمكن تقديم تصور للماضي والمستقبل.

ويمكن في **المنطق الهجين** المزج بين نظرية الاحتمال واللغة التعبيرية الصورية؛ لذا يتعلق المنطق الهجين بمنطق القضايا الديناميكي لأنه أكثر تعبيرية.

ويرجح أن سبب تسمية **المنطق الهجين** بهذا الاسم هو خلط "**أرثر بريور**" بين سلاسل الماضي والحاضر والمستقبل التي ترمز إلى السابق واللاحق التي قال بها في تعليقه على "**ماكتاجارت**"، وأثناء عرضه لسلاسل الزمن خلط بين المتغيرات اللحظية

(87)Freiman.Robert.,**Op.Cit**,P.134.

والصيغ التي تعني المتغيرات القضوية. وقيل لأنه منطقٌ يجمع بين ميزات المنطق الموجه ومنطق الدرجة الأولى من خلال اللغات الهجينة.

تميز إسهام "**بريور**" في المنطق الهجين بإضافته للمسميات كرموزٍ قضوية لنمطٍ جديد يفسر النقاط الفردية عند "**سول كريبك**"، وقد كانت إسهاماته في المنطق الموجه والمنطق الزمني الدافع الأساسي لابتكار منطق هجين أو منطق زمني هجين.

يعتبر المنطق منطقاً موجهًا من الطراز الحديث، يمكنه التعامل مع التعبيرات الفردية التي توجد في البناءات العلاقية، والتي عجز عن التعامل معها المنطق الموجه.

الصيغ الاسمية التي يقدمها المنطق الهجين صيغ ذرية عادية من الناحية النحوية، لكنها صادقة في نقطةٍ واحدة فقط في أي نموذج، وهي خاصية دلالية مهمة، كما يمتد المنطق الهجين إلى المُعاملات الموجهة لأنه منطقٌ قضوي، واللغات الهجينة لغات موجهة لها رموزٌ خاصة لتسمية الحالات الفردية في النماذج.

يتم التمييز داخل **المنطق الهجين** بين المنطق الموجه والمنطق الموجه من الدرجة الأولى، من خلال عدة أمور أهمها المشيرات القاطعة، والمحمولات ذات الماصدقات المختلفة، ونسب المحمولات إلى العوالم، ويمكن تحويل المنطق الهجين إلى منطقٍ من الدرجة الأولى من خلال المساواة، والعكس.

يعرض **المنطق الهجين** إلى حساب الموقف من خلال نهج التسمية ما يعرف بمصطلح الطلاقة القضوية التي تعبر عنها الجمل المنطقية الموجهة من الدرجة الأولى، ونهج التسمية أفضل نهج لإضفاء الطابع الصوري على المنطق الموجه.

حدد **تارسكي** شروط إشباع الصيغ المتعلقة بالنموذج، أما **المنطق الهجين** فتقوم استراتيجيته على دلالات نظرية الألعاب التي تجسد شروط الإشباع، كونه أحد الأنظمة القائمة على اللغات البرمجية الاحتمالية، والأنظمة الهجينة ديناميكية، وأسلوب التحقق في الألعاب الهجينة مستوحى من لعبة **باريك**، والألعاب الهجينة لها أساسيات منطقية تتعلق بمنطق الألعاب التفاضلية، والألعاب الهجينة تستمر في سلسلة من الخطوات يمكن في كل خطوةٍ اتخاذ إجراء ما بناءً على الخطوة التي تسبقها.

قائمة المصادر والمراجع:

أولًا: المصادر:

(1) Areces Carlos.**Hybrid Logics**.Balder ten Cate,Informatics Institute،University of Amsterdam, Netherlands,2006**.**

(2) Babenyshev,Sergey&Rybakov. Vladimir.**Decidability of Hybrid Logic with Local Common Knowledge Based on Linear Temporal Logic LTL**. Logic and Theoryof Algorithms, 4th Conference on Computability in Europe, CiE 2008Athens, Greece, June 15-20, 2008 Proceedings Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008**.**

(3) Blackburn.Patrick.**Arthur Prior And Hybrid Logic**. Synthese (2006) 150: 329–372, Springer,https://doi.org/10.1007/s11229-005-5512-y**.**

(4) Blackburn,Patrick&Jørgensen, Klaus Frovin.**Arthur Prior and‘ Now’**.Synthese (2016) 193:3665-3676, Springer Science+Business Media Dordrecht,2015**.**

(5) Blackburn,Patrick, Kamps. Jaap, and Marx .Maarten.**Situation Calculus as Hybrid Logic: First Steps**.Brazdil and A. Jorge (Eds.): EPIA 2001, LNAI 2258,Published in"Pavel Brazdil Alipio Jorge (Eds.).**Progress in Artificial Intelligence**,Springer-Verlag Berlin Heidelberg,2001.

(6) Blackburn,Patrick& Seligman .Jerry.**Hybrid Languages**.Journal of Logic,Language, and Information 4:251-272, 1995,Kluwer Academic Publishers.Printed in the Netherlands,1995**.**

(7) Brauner,Torben.**Axioms for Classical, Intuitionistic, and Paraconsistent Hybrid logic.** J Logic Lang Inf (2006) 15:179–194, Received: 15 November 2004 / Accepted: 12 December 2005, Springer Science+Business Media B.V. 2006.

(8) Brauner,Torben.**Hybrid Logic.**Handbook of Philosophical Logic,Vol.17,2nd ed, edited by Dov M. Gabbay and Franz Guenthner,Springer Science+Business Media, Inc,2014**.**

(9) Brauner,Torben.**Hybrid Logic and Its Proof- Theory**, Applies Logic Series37,Springer Science+BusinessMedia B.V. 2011,Springer,Dordrecht-Heidelberg-London-New York,2012.

(10) Brauner,Torben.**Two Natural Deduction Systems for Hybrid Logic: A Comparison**. Journal of Logic, Language and Information 13: 1–23, 2004,Kluwer Academic Publishers,Netherlands,2004**.**

(11) Costaa.Diana& Martins Manuel. A.**Non-dual modal operators as abasis for 4-valued accessibility relations in Hybrid logic.**Journal of Logical and Algebraic Methods in Programming, Elsevier Inc. All rights reserved,2021**.**

(12) Davoren.J.M,&Nerode Anil.**Logics for Hybrid Systems**.Proceedings of the IEEE, VOL. 88, NO. 7, JULY, 2000**.**

(13) Didier Galmiche&Yakoub Salhi.**A family of Gödel hybrid logics**.Journal of Applied Logic 8 (2010) 371–385,Elsevier B.V.All rights reserved,2010**.**

(14) Domínguez,Daniel Álvarez.**Hybrid Logic as Extension of Modal and Temporal Logics**.Humanities Journal of Valparaiso,No 13 (2019): 34-67,Revista

de Humanidades de Valparaíso No 13 (2019): 34-67, DOI: https://doi.org/10.22370/rhv2019iss13pp34-67.

(15) Freiman.Robert. **Games for Hybrid Logic From Semantic Games to Analytic Calculi**.in Alexandra Silva, Renata Wassermann,Ruy de Queiroz (Eds.)**Logic, Language,Information,and Computation,**27th International Workshop,Springer Nature Switzerland AG ,2021.

(16) Halkjær.Asta,Blackburn.Patrick& Villadsen.Jørgen.**Formalizing a Seligman-Style Tableau System for Hybrid Logic.**(Short Paper), Springer Nature Switzerland AG 2020,N. Peltier and V.Sofronie-Stokkermans (Eds.): IJCAR 2020, LNAI 12166, pp.474–481, 2020**.**

(17) Hodkinson,Ian& Paternault, Louis.**Axiomatizing hybrid logic using modal logic**. Journal of Applied Logic,Vol 8,Issue 4,386-396,2010,Elsevier,https://doi.org/10.1016/j.jal.2010.08.005,

(18) Indrzejczak,Andrzej.**Natural Deduction,Hybrid Systems and Modal Logics**.Trends in Logic30,**Natural Deduction,Hybrid Systems and Modal Logics**,Springer Science+Business Media B.V.2010**.**

(19) Norg˙ela.S. **Some Decidable Classes of Formulas of Pure Hybrid Logic**.Lithuanian Mathematical Journal,Vol.44,No.4,2004,Publishedin Lietuvos Matematikos Rinkinys,Vol.44, No. 4,pp.563–572, October–December, 2007. Original article submitted July 27, 2007,Springer Science+Business Media, Inc.2007.

(20) Platzer.Andre.**Differential Game Logic for Hybrid Games**. School of Computer Science, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA, USA,2012**.**

(21) Sano.Katsuhiko.**Axiomatizing hybrid products How can we reason many-dimensionally in hybrid logic?**Journal of Applied Logic,Vol.8,459-474, Elsevier B.V. All rights reserved.2010**.**

(22) Tulenheimo.Tero.**Hybrid Logic Meets IF Modal Logic**.J Log Lang Inf (2009) 18:559–591,Springer Science+Business Media B.V. 2009**.**

ثانيًا:المراجع العربية والمترجمة إليها:

(١) أسامة الحسيني: **الذكاء الاصطناعي ومدخل إلى لغة ليسب LISP**، دار الراتب الجامعية، بيروت، لبنان، ١٩٨٩.

(٢) آلان بونيه: **الذكاء الاصطناعي واقعه ومستقبله**، ترجمة: على صبري فرغلي، عالم المعرفة، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت، ١٩٩٠.

(٣) حسين علي حسن: **فلسفة العلم عند هانز ريشنباخ**، الدار المصرية السعودية للطباعة والنشر، القاهرة، ٢٠٠٥.

(٤) ستيوارت راسل: **ذكاء اصطناعي متوافق مع البشر**، ترجمة مصطفى محمد فؤاد، أسامة إسماعيل عبد العليم، مؤسسة هنداوي، المملكة المتحدة،٢٠١٧.

(٥) صلاح محمود عثمان، فلورنتن سمارانداكه: **الفلسفة العربية من منظور نيتروسوفي**، منشأة المعارف، ط١، الإسكندرية، ٢٠٠٧.

(٦) علاء عبد الرازق السالمي: **نظم المعلومات والذكاء الاصطناعي**، دار المناهج للنشر والتوزيع، ط١، الأردن، ١٩٩٩.

(٧) عمرو أحمد السيد: **نسق منطق الجهة المكمم عند روث باركان ماركوس**، مجلة كلية الآداب، جامعة سوهاج، العدد السابع والخمسون، الجزء الثاني [المجلد الأول]، أكتوبر، ٢٠٢٠.

(٨) محمد وادفل: **إسهامات الرياضيات والمنطق في مستقبل الحاسوب**، كلية العلوم الإنسانية والعلوم الاجتماعية، جامعة قسنطينة، العدد ٩، الجزائر، ٢٠١٨.

(٩) يمنى طريف الخولي: **الزمان في فلسفة العلم**، مؤسسة هنداوي، المملكة المتحدة، ٢٠١٤.

(١٠) يوسف السيساوي: **الزمن والمنطق**، سلسلة أبحاث المؤتمر السنوي الدولي"**كيف نقرأ الفلسفة**."، ج٤، الإسكندرية، ٢٠١٨.

ثالثًا: المراجع الأجنبية:

(1) Blackburn.Patrick,deRijke.Maarten&Venema.Yde.**Modal Logic**. Cambridge University Press, New York,U.S.A,2002.

(2) Duzi,Marie.**Towards anExtensional Calculus of Hyperintensions**,The Author. Journal compilation, Institute of Philosophy SAS,Organon F 19 (2012), 20-45, 2012.

(3) Femuler C. G&Metcalfe. G.**Gile's Game and the Proof Theory ofLukasiewicz Logic**.Studia Logica ,An International Journal for Symbolic LogicVol. 92, No.1(Jun., 2009), pp. 27-61,2009.

George Gargov& Gornako.**Modal Logic with Names**.Journal of Philosophical Logic,22:607 - 636,

(1) Kluwer Academic Publishers,Netherlands,1993.

(2) Majer Ondrej,Pietarinen.Ahti-Veikko&TulenheimoTero.**Games:Unifying Logic,Language, and Philosophy**. Logic, Epistemology, and the Unity of Science, Vol.15,Springer Science + Business Media B.V,2009.

(3) Meredith David.**In Memoriam Carew Arthur Meredith**.Notre Dame Journal of Formal Logic,Vol. XVIII, Number 4,October,1977.

(4) Nigri.Sara.**Proof Analysis in Modal Logic**. Journal of Philosophical Logic (2005) 34: 507–544,Springer,2005.

(5) Venema.Yde.**Many-Dimensional Modal Logic**.Published by Universiteit van Amsterdam,Netherlands,1991.

(6) Wasilewska,Anita.**Logics for Computer Science: Classical and Non-Classical**. Springer Nature Switzerland AG 2018,corrected publication, 2019.

رابعًا:الرسائل العلمية:

(١) عباس محمد خليفة: **النسق المنطقي للمنطق الجهة عند كلارنس إرفنج لويس**، رسالة ماجيستير غير منشورة، إشراف: د.ماهر عبد القادر محمد، كلية الآداب، جامعة الإسكندرية، ٢٠١٧.

خامسًا:الموسوعات ودوائر المعارف:

(١) **دليل أكسفورد للفلسفة**: تحرير: **تد هوندرتش**، ترجمة: نجيب الحصادي، تحرير الترجمة منصور محمد البابور، محمد حسن أبوبكر، ج٣ من حرف ظ إلى حرف ي، المكتب الوطني للبحث والتطوير، الجماهيرية العربية الليبية الشعبية الاشتراكية العظمى، ٢٠٠٣.

سادسًا: معلومات من شبكة المعلومات الدولية (الإنترنت):

(1) Copeland,B. Jack, "**Arthur Prior**", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Winter 2022 Edition), Edward N. Zalta & Uri Nodelman (eds.), https://plato.stanford.edu/archives/win2022/entries/prior/.
(2) Hodges,Wilfrid,"**Model Theory**",The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Fall 2023 Edition), Edward N. Zalta & Uri Nodelman (eds.),https://plato.stanford.edu/archives/fall2023/entries/model-theory.
(3) endsvig, Rasmus, John Symons, and Yanjing Wang, "**Epistemic Logic** ،"*The Stanford Encyclopedia of Philosophy*) Winter 2023 Edition), Edward N. Zalta&Uri Nodelman (eds.), URL = >https://plato.stanford.edu/archives/win2023/entries/logic-epistemic.</
(4) Kratzer, Angelika,"**Situations in Natural Language Semantics**",*The Stanford Encyclopedia of Philosophy*) Fall 2023 Edition), Edward N. Zalta&Uri Nodelman (eds.), URL = >https://plato.stanford.edu/archives/fall2023/entries/situations-semantics.</
(5) https://academic-accelerator.com/encyclopedia/non-classical-logic
(6) https://www.marefa.org/%D9%84%D9%88%D9%8A%D8%B3_%D9%8A%D9%84%D9%85%D8%B3%D9%84%DA%A4/simplified.
(7) https://stringfixer.com/ar/Marcel_Cohen.
(8) https://quranic.uobabylon.edu.iq/lecture.aspx?fid=19&lcid=88047&fbclid=IwAR0BDNYS248sdr8bkKNB7xhgaUKH-_OMiqnYr2XX0ZM6y28R2ajHpHoMV2U.
(9) http://www.logicmuseum.com/connotation/millconnotation.htm.
(10) https://elmahatta.com/.
(11) https://www.princeton.edu/~jburgess.
(12) https://theory.amsterdam/author/balder-ten-cate/
(13) https://scholar.google.com/citations?user=KsCGcmAAAAAJ&hl=en.
(14) https://www.europeanleadershipnetwork.org/person/solomon-passy.
(15) https://poe.com/chat/2n52ln3l75j6qkz1x6t.
(16) https://www2.philosophy.su.se/goranko/about.html.
(17) https://www.patrickblackburn.org/biography.html.
(18) https://www.techtarget.com/whatis/definition/vector.
(19) https://byjus.com/maths/interpolation.
(20) https://www.okaz.com.sa/articles/authors/2116228.