

من الفضاء المتعلّم إلى الفضاء المؤسّس: إطار من «منهج» لقياس المعنى في الذكاء الاصطناعي

ورقة بحثية علمية — الورقة 04

المؤلف: فوزي مسعود — Faouzi Messeoud

منهج (MANHAJ) — منهج النمذجة الفكرية

الإصدار: 1.0 — أكتوبر 2026

الصفة: ورقة بحثية علمية

حول هذه الورقة

تطبّق هذه الورقة ثلاثة قوانين من منهج النمذجة الفكرية (منهج) — قانون ثنائية اتجاه الفحص، وقانون نقطة الأصل الإحداثية، وقانون الصوابية — على قياس المعنى في الذكاء الاصطناعي. وهي تحدّد الشروط التي يكون بها إطار قياس المعنى مؤسّسًا لا ضمنيًا، وتصوغ هذه الشروط صياغة حاسوبية، وتعيّن التصميم التجريبية التي يمكن بها اختبار ما يترتب عليها. وتندرج الورقة ضمن الأعمال البحثية لمنهج. فهي تواصل الورقة 02، التي أُرست مرحلة قبلية لإنتاج المعنى في الذكاء الاصطناعي وحدّدت التمثيل الإجرائي لحالات المعنى بوصفه مسألة مفتوحة، وتستند إلى الورقة 03، التي فحصت العلاقة بين نقطة الأصل والموضوع في العلوم الإنسانية.

العلاقة الوثيقة بمنهج المرجعية

تطوّر هذه الورقة بُعدًا بحثيًا محدّدًا من المنهجية المعروضة في الوثيقة المرجعية التالية. والورقة الحالية دراسة علمية مستقلة، ولا ينبغي اعتبارها بديلًا عن الوثيقة المرجعية.

Messeoud, Faouzi. *Intellectual Modeling Methodology (MANHAJ) — Reference Document — Version 1.0.*

Zenodo, 15 September 2026. DOI: 10.5281/zenodo.22769627.

الاستشهاد بالورقة

مسعود، فوزي. من الفضاء المتعلّم إلى الفضاء المؤسّس: إطار من «منهج» لقياس المعنى في الذكاء الاصطناعي. ورقة بحثية علمية، الورقة 04، الإصدار 1.0، 2026.

تبدأ الورقة العلمية في الصفحة الموالية.

الملخص

يُقاس المعنى في الذكاء الاصطناعي بواسطة قيم — درجات التشابه، والمسافات، ومؤشرات الانزياح، ونقاط التقييم — نادرًا ما يُفحص مرجعها بوصفه شرطًا لتأويلها. فالمرجع الذي تُقرأ بالنسبة إليه مثل هذه القيمة كثيرًا ما يكون ضمنيًا في التمثيل المتعلم، أو مشتقًا من المخرجات نفسها التي يجري قياسها. والقيمة التي تُحصل في هذه الظروف يمكن أن تُحسب بدقة تامة في حين تبقى شروط تأويلها غير مؤسّسة.

تعالج هذه الورقة المشكلة من أصلها بواسطة ثلاثة قوانين من منهج النمذجة الفكرية (منهج). **فقانون ثنائية اتجاه الفحص** يقتضي أن يُؤسّس إطار القياس قبل القياس، وفق الترتيب: المركزية العقدية — المجال المفاهيمي — نقطة الأصل الإحداثية — إحدائيات المعنى. **وقانون نقطة الأصل الإحداثية** يقتضي أن يُنسب القياس إلى نقطة أصل صريحة مستقلة عن الخاصية المقيسة. **وقانون الصوابية** يقتضي ألا ينتج الإطار غير المقبول أيّ قياس صحيح. وهذه القوانين مجتمعة تستبدل بالقياس الذي تكون شروطه ضمنية قياسًا تكون شروطه مؤسّسة ومصرّحًا بها ومفحوصة.

وتترجم الورقة هذه المقترضات إلى نموذج صوري لفضاء مؤسّس: إطار يُبنى من صيغ مرجعية وصيغ أقطاب مصرّح بها، ويُقرأ بواسطة مرّيز متعلم، ويخضع لاختبار قبول ذي مستويين يفصل القبول المنهجي عن قابلية التشغيل الحاسوبي. وتترتب على ذلك نتيجتان صورتان: الانتقالات بين حالات المعنى لا تتغيّر باختيار نقطة الأصل، في حين تتغيّر الانحرافات عن المرجع؛ والمرجع المشتق من المخرجات المقيسة أعمى بنيويًا عن المكوّن المشترك لانزياحها، مهما كان حجمه. وتثبت الورقة كذلك، بوصفه نتيجة منهجية لمنهج، أن كل تمثيل متعلم يعمل في ظل مركزية عقدية مضمّنة، وتقدّم إجراءً علانيًا لتوصيف مضمون هذه المركزية.

وتحدّد أربعة تصاميم تجريبية كيف يمكن اختبار كل قدرة تجريبيًا، لكلّ منها مرجع مقارنة قوي، وحقيقة مرجعية بشرية مستقلة، واستئصال تجريبي يعزل إسهام مقترضات منهج عن إسهام تقنية التنفيذ؛ ويرد بروتوكولها الإجرائي في الملحق.

الكلمات المفتاحية: منهج؛ الذكاء الاصطناعي؛ قياس المعنى؛ المركزية العقدية؛ المجال المفاهيمي؛ نقطة الأصل الإحداثية؛ قانون الصوابية؛ الفحص القبلي؛ التمثيلات المتعلّمة؛ التقييم؛ الانزياح.

1. مقدمة

1.1. المشكلة بلغة الذكاء الاصطناعي

تمثّل أنظمة الذكاء الاصطناعي المعاصرة اللغة بمتّجهات في فضاءات متعلّمة، وكثير مما يُقال عن المعنى في هذه الأنظمة يُقال بواسطة كمّيات تُحسب في هذه الفضاءات: تشابه مخرجين، وانزياح نموذج من إصدار إلى آخر، والدرجة التي يمنحها مقيّم لإجابة ما. وهذه الكمّيات تُحسب بدقة. أما ما نادرًا ما يُفحص فهو المرجع الذي تُقرأ بالنسبة إليه.

وتتشرك ثلاث مشكلات معترف بها في الممارسة الحالية للذكاء الاصطناعي في هذه البنية.

- **التقييم بالنماذج.** تُستعمل النماذج اللغوية بصورة متزايدة للحكم على مخرجات نماذج لغوية أخرى. وحين يكون مرجع الحكم مشتقًا من أنظمة قريبة من الأنظمة المحكوم عليها، قد يميل التقييم إلى ما يشبهه أصلًا؛ وتوضّح آثار التفضيل الذاتي المؤثقة هذا الخطر (Zheng et al., 2023; Panickssery et al., 2024).

- **الانزياح الجماعي.** يمكن للنماذج المدربة على بيانات مولدة أن تنزاح انزياحًا جماعيًا، فتختفي أطراف التوزيع الأصلي تدريجيًا (Shumailov et al., 2024). وحين يُتّبع الانزياح من إصدار إلى آخر، أو بالنسبة إلى مركز المخرجات الحالية، قد يمرّ انتقالٌ تشترك فيه كل المخرجات دون أن يُلاحظ.

- **المراجع المخترقة.** تُحسب نتائج التقييم وتُنشر على مراجع لم تثبت سلامتها، كما في تلوث مجموعات التقييم ببيانات التدريب (Sainz et al., 2023). فالمقياس يُحسب حسابًا صحيحًا، لكن أساسه لا يُفحص. وفي كل حالة، تُحسب قيمة بدقة بالنسبة إلى مرجع ضمني، أو مشتق من المادة المقيسة، أو مخترق. فالقيمة صحيحة حاسوبيًا وغير محدّدة منهجيًا.

1.2. الفجوة التي تركتها الورقة 02

أرست الورقة 02 من أوراق منهج مرحلة قبلية لعملية إنتاج المعنى في الذكاء الاصطناعي، $A_0 = (R, D, Def, C_a, O)$ ، وتابعت حالات المعنى وانتقالاتها ΔM_t بالنسبة إليها. وقد حدّدت صراحةً التمثيل الإجرائي لحالات المعنى بوصفه حدًا من حدودها (الورقة 02، القسم 12.2): إذ عُرّف ΔM_t تعريفًا صوريًا، لكن الفضاء الذي يُقاس فيه M_t — نقطة أصله ومحاوره ومعايرته — بقي غير محدّد. وبلغت الإحداثيات، كانت الورقة 02 تتابع تغييرًا نسبيًا دون إطار مطلق مصرّح به.

وتقدّم الورقة الحالية هذا الإطار، وبذلك تؤسّس القياس الذي تقوم عليه الورقة 02.

1.3. السؤال المركزي والأطروحة

هل يغيّر التأسيس القبلي لنظام إحداثيات المعنى — على مركزية عقديّة معترف بها، ومجال مفاهيمي، ونقطة أصل مصرّح بها — شروط قياس المعنى في أنظمة الذكاء الاصطناعي، وما القدرات التي تترتب على هذا التغيير ولا يوقّرها القياس ضمنّي المرجع؟

وأطروحة الورقة أن الجواب نعم، وأن هذا التغيير تُحدّثه ثلاثة قوانين من منهج: قانون ثنائية اتجاه الفحص (القانون 2)، وقانون نقطة الأصل الإحداثية (القانون 4)، وقانون الصوابية (القانون 3). أما تقنيات التمثيل المستعملة لتنفيذ هذه القوانين فهي راسخة في بحوث الذكاء الاصطناعي. ويكمن الإسهام في الشروط التي تفرضها هذه القوانين على استعمالها وفي القدرات التي تنتجها هذه الشروط.

1.4. الإسهامات

- **C1 — القياس المؤسّس.** تمييز بين قياس المعنى ضمنّي المرجع والقياس المؤسّس، مشتق من القانونين 2 و4 ومن الترتيب التأسيسي لمنهج.
- **C2 — نتيجة صورية حول المراجع ذاتية الاشتقاق.** برهان على أن المرجع المشتق من المخرجات المقيسة أعمى بنيويًا عن المكوّن المشترك لانزياحها (القضية 2).
- **C3 — البطلان التأسيسي.** حارس تأسيس مشتق من القانون 3، يُدخل إلى القياس في الذكاء الاصطناعي فئة الإطار الذي تكون قياساته باطلة من أصلها، مع فصل صارم بين القبول المنهجي وقابلية التشغيل الحاسوبي.
- **C4 — المركزية المضمّنة.** إثبات أن كل تمثيل متعلّم يعمل في ظل مركزية عقديّة مضمّنة، بوصفه نتيجة منهجية لمنهج، ومؤشر علائقي يجعل توجّدها قابلاً للقياس.
- **C5 — تصاميم تجريبية.** أربعة تصاميم تجريبية لها مراجع مقارنة قوية، وحقيقة مرجعية مستقلة، واستئصالات تجريبية تنسب كل قدرة إلى مقتضيات منهج، ويرد بروتوكولها الإجرائي في الملحق أ.

1.5. النطاق

ينطبق النموذج السوري على كل مرّز يقرن النصوص بمتّجهات. وتُحدّد التجارب لمرّزات الجمل ولمخرجات النماذج اللغوية المرّزة بمرّز خارجي ثابت. ويضمن المجالان المفاهيميان المعتمدان — الأسرة، والمجال الأكاديمي في سيناريو الأستاذ الجامعي من الورقة 02 — الاستمرارية مع الأوراق السابقة لمنهج.

2. الأعمال ذات الصلة

2.1. الاتجاهات المفاهيمية في الفضاءات المتعلّمة

يمكن تحديد اتجاهات توافق تمييزات مفاهيمية في الفضاءات المتعلّمة انطلاقاً من مجموعات من الأمثلة المتقابلة. فقد اشتقت أعمال رائدة مثل هذه الاتجاهات من أزواج من تضمينات الكلمات (Bolukbasi et al., 2016)؛ وتحدّد متّجهات تنشيط المفاهيم اتجاهات في تنشيطات الشبكة انطلاقاً من أمثلة مفاهيم يقدّمها المستخدم (Kim et al., 2018)؛ وتختبر المجسّات الخطية ما إذا كانت معلومة ما قابلة للاسترجاع خطياً من التمثيلات الوسيطة (Alain & Bengio, 2017)؛ وتقرأ مناهج هندسة التمثيلات سلوك النماذج وتوجّهه على امتداد هذه الاتجاهات (Zou et al., 2023). وتستعمل الورقة الحالية اتجاهات من هذا النوع، مبنية من الأقطاب، أداة للتنفيذ.

2.2. الهندسة الضمنية للفضاءات المتعلّمة

التمثيلات المتعلّمة ليست متمركزة حول نقطة أصل ذات دلالة. فالتمثيلات السياقية تشغل منطقة ضيقة متباينة الاتجاه من الفضاء (Ethayarajh, 2019)، وتقوم ممارسة تصحيحية شائعة على طرح متوسط التمثيلات وحذف الاتجاهات المهيمنة (Mu & Viswanath, 2018). ومثل هذه المعالجة اللاحقة تُرسي نقطة أصل مشتقة من البيانات نفسها. وهي تحسّن كثيراً من المهام اللاحقة، لكن المرجع الذي تنشئه هو، بحكم بنائه، خاصية من خصائص المادة الممثّلة لا مرجعاً مصرّحاً به.

2.3. بواقي الفضاء الجزئي وكشف ما هو خارج التوزيع

قياس ما يقع من تمثيل خارج فضاء جزئي رئيسي تقنية راسخة لكشف المدخلات التي تبتعد عن توزيع مرجعي (مثلاً Wang et al., 2022). ويستعمل مؤشر الخروج في القسم 6 هذه التقنية بالنسبة إلى فضاء جزئي مصرّح به، لا مستخرّج من البيانات.

2.4. التقييم بالنماذج، والانزياح الجماعي، والتلوّث

فُحص استعمال النماذج اللغوية مقيّمين، بما له من آثار موثّقة للموضع والتفضيل الذاتي، فصفاً منهجياً (Zheng et al., 2023; Panickssery et al., 2024). وقد ثبت أن التدريب التكراري على بيانات مولّدة يُفضي إلى انهيار النماذج (Shumailov et al., 2024). وحُدّد تلوّث مجموعات التقييم بوصفه تهديداً لصلاحية التقييمات المنشورة (Sainz et al., 2023).

2.5. ما تضيفه هذه الورقة

توفّر هذه الخطوط البحثية أدوات للتمثيل وتوثّق إخفاقات في التقييم. ومن بين الأعمال المذكورة هنا، لا يحدّد أيّ منها الشروط التي يكون بها مرجع القياس مقبولاً؛ ولا يشترط أيّ منها أن يكون المرجع مؤسساً في تأطير معترف به ومستقلاً عن الخاصية المقيسة؛ ولا يعامل أيّ منها المرجع المخترق بوصفه مُبطلاً لكل القياسات المشتقة منه. وبصورة أعم، لا نعلم بأعمال تؤسّس قياس المعنى في الذكاء الاصطناعي على أساس مرتّب من هذا النوع. وهذه الشروط هي إسهام القوانين 2 و4 و3 من منهج. فالأدوات مستعملة؛ والشروط جديدة.

3. الأساس المنهجي

3.1. المركزية العقدية

المركزية العقدية هي التأطير الأعلى الذي يتشكل ضمنه حقل فكري أو إنساني، وضمنه تكتسب المفاهيم والقيم والعلاقات والتأويلات مواقعها (الورقة 01، القسم 2.1؛ الوثيقة المرجعية، القسم 6.2). وهي في منهج التأطير الأعلى لكل وجود إنساني عاقل. ولا تُختار على نحو ما يُختار متغير تجريبي، بل يُعرّف عليها وتُحدّد. وليست متغير قياس ولا محور إحدائيات. وهي بالنسبة إلى حقل البحث كنظام التشغيل بالنسبة إلى تطبيق طُوّر ضمنه: فنظام التشغيل ليس أحد متغيرات التطبيق، لكنه يحدّد الشروط التي يُبنى فيها التطبيق ويعمل.

3.2. الترتيب التأسيسي

يفحص منهج الحقل وفق ترتيب تأسيسي:

المركزية العقدية ← المجال المفاهيمي ← نقطة الأصل الإحداثية ← إحدائيات المعنى

يتشكل المجال المفاهيمي ضمن المركزية، $D = D(\Gamma)$ ؛ وترسى نقطة الأصل الإحداثية ضمن المجال؛ وتمثّل إحدائيات المعنى حالات المعنى ضمن المجال المؤطر على هذا النحو (الوثيقة المرجعية، القسم 6.3.4؛ الورقة 01، القسم 2.2). وتعبّر الأسهم عن ترتيب في التأسيس والقبول، لا عن اشتقاق آلي لكل عنصر من سابقه.

3.3. ثلاث مركزيات في سياق الذكاء الاصطناعي

يقتضي تطبيق هذا الترتيب على الذكاء الاصطناعي ثلاث مركزيات لا ينبغي الخلط بينها:

1. Γ_F — مركزية الإطار المؤسّس: التأطير الذي يقع ضمنه الحقل الفاحص، والذي يُفحص المعنى بالنسبة إليه. ويُبنى الفضاء المؤسّس على Γ_F ، التي يُعرّف عليها وتوثّق صراحةً.
2. Γ_L — المركزية المضمّنة في المرمز المتعلّم: التأطير الذي تحمله بيانات الإنتاج البشري التي تتشكل منها المرمز. ويعمل المرمز ضمنها دون أن يكون قد اختارها.
3. Γ_C — مركزية المضمون الممثّل: تأطير المشروع أو النص أو الخطاب الذي يُمثّل معناه. وكما في الورقة 03، تُكتشف بالفحص، ولا يفرضها الفاحص.

3.4. المركزية المضمّنة للأنظمة المتعلّمة

لما كانت المركزية العقدية هي التأطير الأعلى لكل وجود إنساني عاقل، فإن البيانات التي تتعلّم منها أنظمة الذكاء الاصطناعي تحمل التأطير الذي أنتجت فيه. والنظام الذي يعالج مثل هذه البيانات بعددٍ، دون فحص أساسها، لا يعمل خارج كل مركزية. بل يقبل ضمنياً التأطير المضمّن ويعمل تحت توجيهه. ومن ثمّ فإن وجود Γ_L في كل تمثيل متعلّم نتيجة منهجية للترتيب التأسيسي لمنهج، لا فرضية تنتظر التأكيد التجريبي.

وينبع نطاق هذا الحكم من الطريقة التي يعرّف بها منهج المركزية العقدية: بوظيفتها لا بمصدرها. فكل مجموعة من التصورات تقدّم تفسيراً للوجود وللأفراد ولأدوار الفرد تشكل مركزية عقدية، أيّاً كان أصلها ومهما كانت بساطة صورتها. والنظام المتعلّم لا ينتج مثل هذه التصورات من تلقاء نفسه: فتمثيلاتة تتشكل من تصورات مستعارة من تأطير سابق — عبر البيانات، وكذلك عبر اختيار البيانات، وتصميم النموذج، وتحديد أهدافه، وكلها أفعال بشرية. ولذلك ينطبق الحكم على كل تمثيل متعلّم يعمل بعددٍ، أيّاً كان مصدر بيانات تدريبه، لا على التمثيلات المتعلّمة من نصوص كتبها البشر فحسب. وهو حكم من الإطار النظري لمنهج، لا نتيجة تجريبية.

أما ما يبقى مفتوحاً للفحص فهو مضمونها: أيّ التمييزات المفاهيمية يحقّقها التمثيل المتعلّم، وكيف يتوجّه تحقيقه بالنسبة إلى مركزيات مصرّح بها. ويجعل القسم 6.15 هذا المضمون قابلاً للقياس.

3.5. القوانين الثلاثة

قانون ثنائية اتجاه الفحص (القانون 2). يتناول الفحص القبلي أساس الحقل ومراجعته ومقاربتة؛ ويعمل الفحص البعدي ضمن حقل قبل أساسه، متّجّهاً إلى الظواهر والتفاصيل والنتائج (الوثيقة المرجعية، القسم 8.2). والاتجاهان متكاملان، لكن الاتجاه القبلي هو الأسبق.

قانون الصوابية (القانون 3). مسألة الجواز في تأسيس المقاربة تسبق مسألة التفاصيل: ما لا يجوز لا تصحّ تفاصيله (الوثيقة المرجعية، القسم 8.3). والصوابية متميّزة عن الصلاحية العلمية. فقد يستعمل البحث أدوات صحيحة ضمن حقل دون أن يكون قد فحص صوابية أساس هذا الحقل.

قانون نقطة الأصل الإحداثية (القانون 4). يتحدّد موقع المعنى ضمن مجال مفاهيمي بالنسبة إلى نقطة أصل إحدائية مرجعية؛ وانحراف موقع P_i عن الموقع المرجعي P_0 هو $V_i = P_i - P_0$ ، مقيساً وفق المحاور والوحدات التي تحدّدها الدراسة (الوثيقة المرجعية، القسم 9.1).

3.6. نقطة الأصل والموضوع

تميّز الورقة 01 (القسم 2.2) والورقة 03 (القسم 3.3) بين ثلاث صور للعلاقة بين نقطة الأصل وموضوع البحث: نقطة أصل مستقلة عن الموضوع؛ ونقطة أصل مرتبطة بموقع الموضوع أو حالته؛ ونقطة أصل مرتبطة بخاصية من خصائص الموضوع، قد تصير المعيار الوحيد الذي يُحكم به على الموضوع. وتبيّن الورقة 03 (القسم 3.4) أن الدوران ينشأ حين يصير التصرّور المعتمد لموضوع ما المرجع النهائي الذي يُقيّم به هذا الموضوع، دون فحص مستقل لأساسه. ويمنح القسم 6 هذا الدوران صورة حاسوبية دقيقة.

4. شروط القياس

4.1. الملف التنفيذي ونظام تشغيله

لنأخذ ملفاً تنفيذياً طُوّر بلغة VB.NET ويعمل تحت نظام Windows. ثمة ثلاث طبقات معنية:

الطبقة	في البرمجيات	في قياس المعنى في الذكاء الاصطناعي
--------	--------------	------------------------------------

الملف التنفيذي	ما يُشغّل ويُلاحَظ	المخرجات وتمثيلات المتعلّمة
----------------	--------------------	-----------------------------

بيئة التطوير والشيفرة المصدرية	VB.NET	المجال المفاهيمي
--------------------------------	--------	------------------

نظام التشغيل	Windows	المركزية العقدية
--------------	---------	------------------

تعمل الممارسة الحالية في قياس المعنى على الملف التنفيذي مباشرة. فهي تحسب المسافات والانزياحات والدرجات على المخرجات وتمثيلاتهما، وتصلح الإخفاقات الملاحظة سلوكاً بعد سلوك. وهذا يشبه الهندسة العكسية: فقد يبلغ إصلاحات موضوعية فعّالة، لكنه لا يبلغ الشروط التي أنتجت السلوك. بل إن بحوث قابلية التفسير كثيراً ما تصف عملها نفسه بأنه هندسة عكسية، والتشبيه دقيق من هذه الجهة.

ويقتضي منهج أن يُطرّف الملف التنفيذي أولاً: في أيّ بيئة طُوّر، وتحت أيّ نظام تشغيل يعمل. فبدون هذا التأطير يمكن ترقيع الملف التنفيذي، لكن لا يمكن معالجته منهجياً من جذره.

وينطبق التشبيه في اتجاهين. فهو ينطبق على المضمون الممثل، الذي يجب التعرف على مركزيته Γ_C قبل قياس معناه. وينطبق كذلك على نموذج الذكاء الاصطناعي نفسه، الذي هو ملف تنفيذي بُني في ظل المركزية المضمنة Γ_L لبياناته (القسم 3.4).

4.2. الإحداثيات النسبية والمطلقة

في التصميم بمساعدة الحاسوب، يمكن إدخال نقطة بالنسبة إلى الموقع الحالي ($20,40@$) أو بإحداثيات مطلقة ($20,40$). فالإدخال النسبي لا يتوقف على نقطة أصل الرسم؛ أما الإدخال المطلق فيتوقف عليها. والتميز نفسه يصدق على المعنى:

- **الانتقال ΔM_t** بين حالات متعاقبة كمية نسبية، مستقلة عن نقطة الأصل (القضية 1، القسم 6.13)؛
 - **الانحراف D_t** عن مرجع مصرّح به كمية مطلقة، لا توجد إلا بعد التصريح بنقطة أصل.
- وقد تابعت الورقة 02 المعنى بكميات نسبية. ومعظم متابعة المعنى في الذكاء الاصطناعي نسبية كذلك: مخرج مقابل مخرج، وإصدار مقابل إصدار، ومخرج مقابل مركز المخرجات. ولا تملك إطاراً مطلقاً مصرّحاً به.

4.3. أنظمة الإحداثيات المعطاة والمعرفة

يوفر برنامج AutoCAD نظام إحداثيات عامّاً (WCS)، يعطيه البرنامج، ويتيح تعريف نظام إحداثيات خاص بالمستخدم (UCS) لمشروع معين، بنقطة أصل ومحاور تُختار وفق متطلبات هذا المشروع قبل بدء الرسم. ويوافق الفضاء المتعلم نظام WCS: نظام إحداثيات أُعطي، ولم يُعرف للبحث الجاري. ويوافق الفضاء المؤسس نظام UCS: نظام إحداثيات يُعرف قبل القياس، وفق متطلبات البحث — أي وفق مركزيته ومجاله المفاهيمي. ويضيف منهج ما لا يتضمنه نظام UCS وحده: اشتراط أن يكون تعريف نظام الإحداثيات مؤسساً في مركزية معترف بها ومفوضاً من حيث قبوله.

4.4. القياس ضمنّي المرجع والقياس المؤسس

نسَمّي **القياس ضمنّي المرجع** الذي لا يُفحص مرجعه بوصفه شرطاً لتأويله: فهو غير مصرّح به، أو يتطابق مع البنية المتعلمة للنظام، أو مشتق من المخرجات المقيسة. والمجموعات المرجعية الثابتة ومعايير التقييم المصرّح بها مستعملة على نطاق واسع، ونقد هذه الورقة لا يتّجه إليها في حدّ ذاتها. بل يتّجه إلى ممارسات القياس التي لا تفحص صراحةً كيف أُسس المرجع، وهل هو منسجم مع المجال المفاهيمي للمعنى المقيس، وهل هو مستقل عن الخاصية المقيسة.

ونسَمّي **مؤسساً القياس** الذي أُرسي إطاره وفق الترتيب التأسيسي في القسم 3.2 واجتاز اختبار القبول في القسم 6.14.

4.5. اختلاف ضروري في الشروط، واختلاف محدّد في النتائج

تختلف شروط القياس المؤسس والقياس ضمنّي المرجع اختلافاً ضرورياً: وهذا يترتب على التعريفات وعلى القانونين 2 و 4. أما نتائجهما فتختلف بطرق محدّدة. فالقضية 1 تبين أن الانتقالات متطابقة أيّاً كانت نقطة الأصل. والقضية 2 تبين أن قدرة الكشف تتباين بين مرجع ذاتي الاشتقاق ومرجع مستقل. وتحدّد التصاميم التجريبية في القسم 8 كيف يمكن اختبار القدرات الإضافية التي يُنتظر أن يوفرها القياس المؤسس زيادةً على القياس ضمنّي المرجع.

5. من القانون إلى الاختبار

5.0. الحجة المركزية

يمكن أن يُحسب قياس المعنى بدقة تامة في حين تبقى شروط تأويله غير مؤسّسة: فلا شيء في القياس يحدّد إلام تشير القيمة ضمن المجال، ولا هل كان الإطار الذي أنتجها مقبولا. ويعالج منهج هذه المشكلة من أصلها. فقوانينه تقرّر أن القياس يسبقه التأسيس، وثلاثة منها تترجم هذا الترتيب التأسيسي إلى مقتضيات لا يستوفيهما القياس ضمنى المرجع:

- **قانون ثنائية اتجاه الفحص (القانون 2)** يقتضي أن يؤسّس إطار القياس قبل القياس؛
- **قانون نقطة الأصل الإحداثية (القانون 4)** يقتضي أن يُنسب القياس إلى نقطة أصل صريحة مستقلة عن الخاصية المقيسة؛
- **قانون الصوابية (القانون 3)** يقتضي ألا ينتج الإطار غير المقبول أيّ قياس صحيح.

وهذه المقتضيات هي إسهام الورقة. أما التقنيات الحاسوبية المستعملة لتنفيذها — الاتجاهات المفاهيمية، والإسقاط على فضاء جزئي، والمقاييس الباقية، وكشف التداخل — فهي أدوات تنفيذ راسخة. ويقدم منهج الشروط التي تحكم استعمالها، وهذه الشروط تنتج القدرات المعروضة أدناه.

وتوطّر المركزية المضمّنة للأنظمة المتعلّمة (القسم 3.4) الحجة كلّها: فأطر القياس المستعملة في الممارسة الحالية ليست محايدة، لأنها ترث تأطير البيانات التي تعلّمت منها. والسؤال ليس هل للإطار مركزية، بل هل مركزيته معترف بها ومصرّح بها ومفحوصة.

ويُصاغ كل حكم أدناه على أحد ثلاثة مستويات:

- **[منهجي]** — ما يترتّب على قوانين منهج ونظرياته وترتيبه التأسيسي؛
- **[حاسوبي]** — كيف ينفذ النموذج هذه المقتضيات وما يوفّره، بما في ذلك الخصائص المبرهن عليها انطلاقاً من النموذج؛
- **[فرضية تجريبية]** — نتيجة منتظرة تتعلّق بالأداء والأثر العملي، بُنيت التصميم التجريبية في القسم 8 لاختبارها. ولا تُقدّم الأحكام من هذا المستوى بوصفها نتائج ثابتة؛ ولا تصير معطيات تجريبية إلا بعد إجراء التجارب.

ولكل قانون، يذكر هذا القسم القانون، والمقتضى الذي يفرضه، والآلية التي تنفّذه، والقدرة التي تنتج عنه، والتصميم التجريبي الذي يختبره.

5.1. قانون ثنائية اتجاه الفحص (القانون 2)

القانون. يتناول الفحص القبلي أساس الحقل ومراجعته وشروطه قبل أن يمضي العمل البعدي داخله (الوثيقة المرجعية، القسم 8.2).

المقتضى. يؤسّس إطار القياس وفق الترتيب التأسيسي الكامل:

المركزية العقدية ← المجال المفاهيمي ← نقطة الأصل الإحداثية ← إحداثيات المعنى

يُعرّف على المركزية Γ_F وثوئق؛ وينشكّل المجال $D(\Gamma_F)$ ضمنها؛ وتشتق الصيغ المرجعية والأقطاب والمعايرة من التعريفات الإجرائية ضمن $D(\Gamma_F)$ ؛ وكل ذلك يسبق القياس. **[منهجي]**

تبني الممارسة الحالية أطر القياس من الأمثلة أو البيانات المتاحة وتوّل القيم الناتجة بعد ذلك. ويعكس القانون 2 هذا الترتيب. واستقلال الإطار عن المخرجات المقيسة يترتّب على هذا العكس، لكن المقتضى أقوى من الاستقلال:

فالإطار المستقل عن المخرجات، لكنه مأخوذ دون تصريح من مجال أو مركزية غير المصرّح بهما، لا يستوفي القانون 2. [منهجي]

الآلية. الإطار المؤسس F في القسم 6.3، الذي يمكن ردّ كل عنصر فيه إلى خطوة الترتيب التأسيسي التي اشتق منها.

القدرة.

- لا يتشكّل بناء الإطار بالمخرجات المقيسة. [حاسوبي]
- يحمل كل محور معنى مفاهيمياً مصرّحاً به ضمن $D(T_F)$ ، بحيث تكون كل قيمة إحدائية قابلة للتأويل بلغة المجال لا بلغة المرز. [حاسوبي]
- يُنتظر أن تتوافق المحاور المرتبة تأسيسياً مع تمييزات المجال المفاهيمي توافقاً أوثق من المحاور المبنية من أمثلة ملائمة أو المستخرجة من البيانات. [فرضية تجريبية — تختبرها E3]

5.2. قانون نقطة الأصل الإحدائية (القانون 4)

القانون. يتحدّد موقع المعنى ضمن مجال مفاهيمي بالنسبة إلى نقطة أصل إحدائية مرجعية؛ والانحراف هو $V_i = P_i - P_0$ (الوثيقة المرجعية، القسم 9.1).

المقتضى. نقطة الأصل صريحة ومستقلة عن الخاصية المقيسة. فنقطة الأصل المرتبطة بالخاصية المقيسة تُنتج قياساً دائرياً (الورقة 01، القسم 2.2؛ الورقة 03، القسمان 3.3–3.4). [منهجي]

ومتابعة المعنى الحالية في الذكاء الاصطناعي نسبية في غالبيتها. وبلغة القسم 4.2، فهي تعمل بإحداثيات نسبية ولا تملك إطاراً مطلقاً مصرّحاً به. ويقدم القانون 4 هذا الإطار.

الآلية. نقطة أصل مصرّح بها p_0 تُحسب من الصيغ المرجعية؛ وإحداثيات مطلقة M_t^F وانحراف D_t بالنسبة إلى p_0 ؛ وانتقالات ΔM_t^F على امتداد محاور مصرّح بها (الأقسام 6.5–6.9).

القدرة.

- يضيف الإسناد المطلق بُعداً للقياس تفقده المتابعة النسبية: موقع كل حالة معنى بالنسبة إلى مرجع مصرّح به، إلى جانب تغييرها عن الحالة السابقة. فالانتقالات لا تتغيّر بتغيّر نقطة الأصل (القضية 1)؛ ونقطة الأصل تحكم الانحراف. [حاسوبي]

- المرجع المشتق من المخرجات المقيسة أعمى بنيوياً عن المكوّن المشترك لانزياحها، مهما كان حجمه (القضية 2). أما المرجع المستقل عن المخرجات فلا يعاني هذا العمى: إذ يسجّل المكوّن المشترك بقدر ما يمثل المرز التغيّر وبقدر ما يكون إسقاطه على المحاور المعتمدة، $U^T \delta$ ، غير صفري. وتتعلّق القضية 2 بالانتقال التمثيلي؛ أما أن هذا الانتقال يوافق انزياحاً دلاليّاً فيثبت باستقلال، بالتحقّق البشري في E2. وهذه هي الصورة الحاسوبية للدوران الذي حدّده القانون 4 والورقة 03. [حاسوبي]

- في مقابل مرجع خارجي ثابت، مستقل هو أيضاً عن المخرجات، تكمن القدرة المميزة للإطار المؤسس فيما يضيفه القانون 4 زيادةً على الاستقلال: نقطة أصل مصرّح بها ضمن مجال مؤسس، وانحراف مفكّك على امتداد محاور مصرّح بها. فالإطار المؤسس لا يحدّد فقط أن المعنى ابتعد عن المرجع، بل يحدّد على امتداد أي بُعد مفاهيمي من المجال قد تحرك. [حاسوبي]. أما أن هذه القدرة تعطي نسبة مفاهيمية أفضل مما يعطيه مرجع المقارنة القوي فهي [فرضية تجريبية — تختبرها E2].

- في الانزياح الجماعي الطبيعي، يُنتظر أن يمثل المكوّن المشترك حصة معتبرة من الانزياح الكلي، وفي هذه الحالة يمسّ العمى الذي أثبتته القضية 2 ممارسة المتابعة الفعلية. [فرضية تجريبية — تختبرها E2]

5.3. قانون الصوابية (القانون 3)

القانون. ما لا يجوز لا تصح تفاصيله (الوثيقة المرجعية، القسم 8.3).

المقتضى. طبقت الورقة 02 القانون على الانتقالات بين حالات المعنى. وتطبق هذه الورقة على المستوى الأسبق، مستوى إطار القياس نفسه. فإذا لم يكن الإطار مقبلاً، فإن القياسات المنتجة ضمنه — الانتقالات، والانحرافات، وتقديرات الانغلاق — ليست تفاصيل صحيحة، مهما كانت دقتها الحاسوبية. **[منهجي]**

وليس لهذا المقتضى نظير في الممارسة الحالية، حيث تُحسب المقاييس وتُعلن بصرف النظر عن حال المرجع الذي أنتجها. ويدخل منهج إلى قياس المعنى فئة **البطان التأسيسي**: إذ تُبطل عائلة كاملة من النتائج من أصلها، دون حاجة إلى فحص كل نتيجة على حدة.

القانون والحارس. يحدد قانون الصوابية ما لا يمكن عدّه صحيحاً: القياسات المنتجة ضمن إطار غير مقبول. والحارس التأسيسي هو الآلية الحاسوبية التي تتفد شروط القبول المحددة في هذه الورقة. والاثان يقعان على مستويين مختلفين. فإذا أخفق الحارس في كشف خلل ما، فإن القانون لا يُنقض بذلك؛ بل يدلّ الإخفاق على أن شروط القبول محدّدة تحديداً ناقصاً، أو منفذة تنفيذاً ناقصاً، بالنسبة إلى هذا الخلل. ولذلك تختبر التجارب الحارس بوصفه تنفيذاً للقانون 3، لا القانون 3 نفسه. **[منهجي]**

نوعان من الإخفاق. يمكن أن يخفق الإطار منهجياً أو حاسوبياً، ويعامل النموذج هذين الإخفاقين بوصفهما متميزين:

الفحص	الشروط	الطبيعة	يثبت بواسطة
القبول المنهجي $Adm_M(F)$	C (الانسجام مع $(D(F))$ ، E (التصريح)، I_{doc} (المصدر الموثق)	تأسيسية	فحص موثّق وفق بروتوكول مكتوب
قابلية التشغيل الحاسوبي $Op_{comp}(F)$	Q (قدرة المحاور على التمييز)، I_{comp} (انعدام التداخل) أو شبه التكرار مع المخرجات)، Cal (كفاية مادة المعاييرة)	تمثيلية	الحساب
Adm_M	Op_{comp}	الحالة	النتيجة
0	—	بطلان تأسيسي	كل القياسات ضمن F باطلة؛ ويُعاد الإطار للمراجعة. [منهجي]
1	0	مقبول، غير مشغل	الأساس سليم، لكن المرمز لا يحقّق الإطار أو البيانات لا تسمح بتشغيله؛ والقياسات ضمن F غير قابلة للتأويل. والإخفاق في التمثيل لا في الأساس. [منهجي]
1	1	مشغل	يمضي القياس.

والحالة الثانية نتيجة في حدّ ذاتها: فهي تحدّد موضع قصور في التمثيل المتعلّم بالرجوع إلى أساس سليم، وهو ما لا يستطيعه القياس ضمنى المرجع لافتقاره إلى إطار مؤسّس.

الآلية. حارس تأسيسي يقيّم $Adm_M(F)$ قبل أي ترميز و $Op_{comp}(F)$ بعد الترميز، ويحجب القياس أو يقنّده وفق الجدول أعلاه (القسم 6.14).

القدرة.

- ينفذ الحارس القانون 3 حاسوبيًا: لا يُعلن أي قياس بوصفه مؤسسًا انطلاقًا من إطار لم يجتز القبول. [حاسوبي]

- يُنتظر أن يكشف الحارس خللاً تأسيسيًا — مصدرًا غير مصرّح به واستيرادًا غير مصرّح به من تأطير آخر — لا تكشفه المقاييس المعيارية ولا إجراءات التدقيق الراسخة، ويُنتظر أن تكون الاستنتاجات المستخلصة ضمن مثل هذه الأطر غير موثوقة في ضوء حقيقة مرجعية مستقلة. [فرضية تجريبية — تختبرها E1]

5.4. المركزية المضمّنة

الأساس. يعمل كل تمثيل متعلّم في ظل مركزية مضمّنة Γ_L (القسم 3.4). [منهجي]

الآلية. يُحقّق إطاران للمفهوم نفسه، مؤسّسان على مركزيّتين معترف بهما، بواسطة المرمّز نفسه؛ ويقارن مؤشر التوجّه θ مدى قوة تحقيق المرمّز للتمييزات الخاصة بكلّ منهما، بالنسبة إلى التمييزات التي يشتركان فيها (القسم 6.15).

القدرة. يصير مضمون Γ_L قابلاً للقياس علائقيًا: إذ يُعرّف توجّه تحقيق المرمّز بين مركزيّات مصرّح بها بالمؤشر θ . [حاسوبي] أما أن هذا التوجّه غير صفري في المرمّزات الفعلية ويتغيّر بين مرمّزات تشكّلت من مدوّات مختلفة فهو [فرضية تجريبية — تختبرها E4]؛ ونسبة هذا التغيّر سببياً إلى بيانات التدريب تقتضي المقارنة المضبوطة الموصوفة في القسم 8.6.

5.5. التكامل

يحدّد القانون 2 متى وبأيّ ترتيب يُؤسّس إطار القياس؛ ويحدّد القانون 4 كيف يُسند القياس داخله؛ ويحدّد القانون 3 ما يترتّب حين يخفق الإطار. وتحدّد المركزية العقدية المجالّ الذي تعمل ضمنه القوانين الثلاثة، ويصير نظيرها المضمّن Γ_L موضوعاً للقياس. وهي مجتمعةً تستبدل بالقياس الذي تكون شروط تأويله ضمنية قياساً تكون شروطه مؤسّسة ومصرّحاً بها ومفحوصة.

الحكم	المستوى
يجب تأسيس إطار القياس وفق الترتيب التأسيسي الكامل	منهجي
يجب أن تكون نقطة الأصل صريحة ومستقلة عن الخاصية المقيسة	منهجي
الإطار غير المقبول لا ينتج أي قياس صحيح	منهجي
كل تمثيل متعلّم يعمل في ظل مركزية مضمّنة	منهجي
لا يتشكّل الإطار المؤسّس بالمخرجات المقيسة	حاسوبي
الانتقالات لا تتغيّر بتغيّر نقطة الأصل؛ ونقطة الأصل تحكم الانحراف	حاسوبي
المرجع المشتق من المخرجات أعمى عن المكوّن المشترك للانزياح	حاسوبي
ينسب الإطار المؤسّس الانزياح إلى أبعاد مفاهيمية مصرّح بها	حاسوبي
هذه النسبة تتجاوز ما يعطيه مرجع خارجي ثابت	فرضية تجريبية (E2)
الانزياح المشترك معتبر في الظروف الطبيعية	فرضية تجريبية (E2)
يكشف الحارس خللاً تأسيسياً تفوّته الفحوص المعيارية	فرضية تجريبية (E1)

تتوافق المحاور المرتبة تأسيسياً مع تمييزات المجال	فرضية تجريبية (E3)
يُوصَف مضمون المركزية المضمنة علانقياً	منهجي (فحص)
يُقاس توجه المرمز بين مركزيات مصرح بها بالمؤشر O	حاسوبي
يتغير التوجه بين مرمزات تشكّلت من مدونات مختلفة	فرضية تجريبية (E4)

6. النموذج الصوري للفضاء المؤسّس

6.1. الغرض والمبادئ الحاكمة

يقدم هذا القسم البناء الصوري الذي تُنفذ به مقتضيات القسم 5. ويحكمه مبدآن.

1. المركزية العقدية شرط لا متغير. فهي تحكم أيّ التعريفات يمكن أن تدخل الإطار، لكنها لا تظهر كمياً عددية في أي معادلة (الورقة 01، القسم 2.1).
2. القبول المنهجي وقابلية التشغيل الحاسوبي معرّفان على موضوعين مختلفين. يُعرّف $\text{Adm}_M(F)$ على الأساس والصيغ ومصدرها الموثق، باستقلال عن المرمز. ويُعرّف $\text{Op}_{\text{comp}}(F)$ على الصيغ المرمزة والمخرجات المرمزة. ويضمن هذا الفصل البنيوي ألا تُستنتج الصلاحية المنهجية للإطار أبداً من نجاح تنفيذه الحاسوبي، وألا تُخلط به.

6.2. الفضاء المتعلّم

ليكن $\mathcal{X}$ مجموعة المخرجات والصيغ الممكنة، وليكن

$$\varphi: \mathcal{X} \rightarrow \mathbb{R}^n$$

مرمّزاً متعلّماً. حالة المعنى في الفضاء المتعلّم هي $m_t = \varphi(o_t)$. ونقطة أصل $\mathbb{R}^n$ هي المتّجه الصفري، الذي يتحدّد موقعه بالنسبة إلى المعاني بالتدريب ولا يُصرّح به انطلاقاً من أي مجال مفاهيمي: إنه نقطة أصل ضمنية. وليكن $O_T = \{o_1, \dots, o_T\}$ المخرجات المقيسة المتاحة عند الزمن T .

6.3. الإطار المؤسّس

الإطار المؤسّس هو

$$F = (\Gamma_F, R, D(\Gamma_F), \text{Def}, \mathcal{E}_B, H, P_0, A, \kappa)$$

حيث:

- Γ_F المركزية العقدية المعترف بها للإطار (القسم 6.4)؛
- R المرجع؛
- $D(\Gamma_F)$ المجال المفاهيمي المتشكّل ضمن Γ_F ؛
- Def مجموعة التعريفات الإجرائية ضمن $D(\Gamma_F)$ ؛

- $\mathcal{E}_B = (E_0, \{E_k^+, E_k^-\}_{k=1}^d, \mathcal{P})$ مجموعة البناء والمعايرة، حيث تحتوي E_0 صيغاً مرجعية للمعنى المرجعي، وتحتوي E_k^+ و E_k^- صيغ القطبين الموجب والسالب للمحور k ، وتحتوي $\mathcal{P} = \{P_1, \dots, P_m\}$ مجموعات إعادة الصياغة، تضم كل منها صيغاً مختلفة لفظياً لمعنى واحد مصرح به؛
- H مجموعة التحقق المؤلفة من صيغ محجوزة من داخل المجال، مكتوبة وفق البروتوكول نفسه الذي كُتبت به $\mathcal{E}_B$ ؛
- p_0 نقطة الأصل الإحداثية، وقراءتها p_0 ؛
- $A = \{u_1, \dots, u_d\}$ محاور التمثيل، في ترتيب مصرح به ضمن Def ، مع $d \ll n$ ؛
- $\kappa = (\kappa_1, \dots, \kappa_d)$ معاملات المعايرة.

ولتكن $\mathcal{E}_{all} = \mathcal{E}_B \cup H$.

قاعدة البناء. تُكتب كل صيغة في $\mathcal{E}_{all}$ انطلاقاً من Def ضمن $D(\Gamma_F)$ وتوثق قبل القياس. وتُحسب P_0 و A و κ والعنبتان ρ و ε من $\mathcal{E}_B$ وحدها. وتُستبعد H من كل خطوة بناء ومعايرة. ولا يُحسب أي عنصر من عناصر الإطار من 0_T .

التحقق. التحقق على H تشخيص يُعلن، لا خطوة بناء. فإذا رُوجع الإطار بعد فحص نتائجه على H ، صارت H مادة بناء، وكُتبت مجموعة تحقق جديدة وفق البروتوكول نفسه؛ ولا تُوصف بأنها محجوزة إلا مجموعة لم تؤثر نتائجها في الإطار.

6.4. المركزية العقدية في النموذج

الموقع. المركزية العقدية بالنسبة إلى الإطار كنظام التشغيل بالنسبة إلى تطبيق طُور ضمنه. ولا تدخل Γ_F في أي تعبير عددي من النموذج؛ بل تحكم أي التعريفات، ومن ثم أي الصيغ، يمكن أن تدخل الإطار.

الدور الصوري. لتكن $\mathcal{D}$ مجموعة التعريفات الإجرائية المرشحة. تُحدث المركزية Γ على $\mathcal{D}$ علاقة قبول،

$$\Gamma \vdash d,$$

ونقرأ: **التعريف** d يكتسب معناه ضمن التأطير Γ . والمجال المفاهيمي هو مجموعة المفاهيم التي تقبل Γ_F تعريفاتها الإجرائية؛ والتعريفات الإجرائية تحقق $\{d \in \mathcal{D} : \Gamma_F \vdash d\}$ ؛ وكل صيغة $e \in \mathcal{E}_{all}$ تحقق تعريفاً ما $d \in Def$. والترتيب التأسيسي

$$\Gamma_F \rightarrow D(\Gamma_F) \rightarrow P_0 \rightarrow U, K \rightarrow M_t^F$$

يعبر عن ترتيب في التأسيس والقبول.

التعرف. يتعرف إجراء Rec على المركزية التي يتشكل ضمنها مجال الإطار: بالنسبة إلى الإطار المؤسس، مركزية الحقل الفاحص؛ وفي التوصيف العلائقي في القسم 6.15، مركزيتا التأطيرين المصدرين F_A و F_B ، كل منهما يُتعرّف عليها من مصادرها الخاصة. وينتج Rec ثلاثة أنواع من البيانات:

1. **التأطير المصدر:** المراجع العليا — نصوص، أو مبادئ مقننة، أو تصورات راسخة — التي تتشكل ضمنها مفاهيم المجال؛
2. **أثر الاشتقاق:** لكل $d \in Def$ ، الأثر الذي يُقبل به تحت Γ_F ؛
3. **العناصر المميزة:** تعريفات أو تمييزات مقبولة تحت Γ_F لا تُقبل، أو تكتسب معنى مختلفاً، تحت تأطير بديل.

ويتميز النوع الثالث من البيانات التعرف عن التوثيق: فهو يبين أن الإطار يحمل التمييزات الخاصة بمركزيته لا مضموناً عاماً يتوافق مع أي تأطير.

سوء التعرّف والاستيراد المضمّن. يقع سوء التعرّف حين تكون التعريفات المستعملة فعلاً مشتقة من تأطير غير Γ_F المصرّح بها. ويقع الاستيراد المضمّن حين تتشكّل التعريفات أو الصيغ بالنظام المتعلّم نفسه — مثلاً حين تُصاغ Def أو $\mathcal{E}_{all}$ بمساعدة النظام الخاضع للتقييم — فتدخل Γ_L الإطار الذي يُفترض أن يفحصها.

عدم التحدّد. إذا لم يُثبت Rec المركزية Γ_F ، فالإطار غير مؤسّس. ويمكن حساب قياساته، لكن بمنزلة القياس ضمّنٍ المرجع فقط.

المركزية المضمّنة. بمقتضى القسم 3.4، يعمل المررّز φ في ظل مركزية مضمّنة Γ_L و Γ_L غير قابلة للملاحظة المباشرة؛ ويُوصف مضمونها علائقيّاً في القسم 6.15.

6.5. نقطة الأصل الإحداثية

قراءة نقطة الأصل هي متوسط موقع الصيغ المرجعية:

$$p_0 = \frac{1}{|E_0|} \sum_{e \in E_0} \varphi(e).$$

وتتطابق نقطة أصل الفضاء المؤسّس مع هذه القراءة للمعنى المرجعي، لا مع المعنى المرجعي نفسه، الذي يُعرّف منهجياً عبر R و Def . فنقطة الأصل مصرّح بها في تعريفها ومتعلّمة في قراءتها.

6.6. محاور التمثيل

لكل محور k ، مركزا القطبين والاتجاه الخام هي

$$c_k^+ = \frac{1}{|E_k^+|} \sum_{e \in E_k^+} \varphi(e), \quad c_k^- = \frac{1}{|E_k^-|} \sum_{e \in E_k^-} \varphi(e), \quad a_k = c_k^+ - c_k^-.$$

ونُجعل الاتجاهات الخام متعامدة ومعيّرة بإجراء غرام-شميت (Gram-Schmidt) وفق الترتيب المصرّح به:

$$\tilde{u}_k = a_k - \sum_{j < k} \langle a_k, u_j \rangle u_j, \quad u_k = \frac{\tilde{u}_k}{\|\tilde{u}_k\|} \quad (\tilde{u}_k \neq 0),$$

ونُجمع في $U = [u_1 \dots u_d] \in \mathbb{R}^{n \times d}$ مع $U^\top U = I$. ونسبة المكوّن المتعامد هي

$$\gamma_k = \frac{\|\tilde{u}_k\|}{\|a_k\|}, \quad 0 \leq \gamma_k \leq 1, \quad a_k \neq 0.$$

إذا كان $a_k = 0$ ، فالمحور k غير معرّف؛ وإذا كان $a_k \neq 0$ و $\tilde{u}_k = 0$ ، فإن $\gamma_k = 0$ و u_k غير معرّف. وفي الحالتين لا يستوفي المحور الشرط Q (القسم 6.14.2). والتعامد خاصية لنظام التمثيل ولا يقرّر استقلال المعاني الممثّلة (الورقة 01، القسم 3.4). والبناء القائم على الأقطاب تقنية تنفيذ؛ ولا يفرضه منهج. ولا يُستعمل المحور غير المعرّف أبداً إحداثيّة تشغيلية: فهو لا يدخل U ولا K ، ولا تستعمله أي كمّية مقيسة ضمن الإطار $(D_t, \Delta M_t^F, M_t^F)$ ، والقيمة التي تسندها قاعدة الأرضية في القسم 6.15 إلى مثل هذا المحور لا تخدم إلا التحليل التشخيصي لتحقيق المررّز، ولا تجعل المحور تشغيليّاً.

6.7. المعايرة

معامل معايرة المحور k هو

$$\kappa_k = 1/2 \langle a_k, u_k \rangle.$$

التمهيدية 1. كلما كان $\tilde{u}_k \neq 0$ ، فإن $\langle a_k, u_k \rangle = \|\tilde{u}_k\|$ ، ومن ثم $\kappa_k = 1/2 \|\tilde{u}_k\| > 0$.

البرهان. $a_k = \tilde{u}_k + \sum_{j < k} \langle a_k, u_j \rangle u_j$ و u_k متعامد مع كل u_j حيث $j < k$ ؛ إذن $\| \tilde{u}_k \| = \langle a_k, u_k \rangle = \langle \tilde{u}_k, u_k \rangle$. ■

وعلى محورهما، يفصل بين مركزي القطبين وحدتان بالضبط، $\langle a_k, u_k \rangle / \kappa_k = 2$. فوحدة كل محور تُعرّف بالأقطاب المصرّح بها في المجال، لا بتوزيع المخرجات المقيسة: المنهجية تُرسي المحور، والبحث داخل المجال يُرسي معايرته (الورقة 01، القسم 4.1).

6.8. حالة المعنى وتوزيع الوظائف

مع $K = \text{diag}(\kappa_1, \dots, \kappa_d)$ ، تكون حالة المعنى في الفضاء المؤسّس

$$M_t^F = K^{-1} U^T (\varphi(o_t) - p_0) \in \mathbb{R}^d.$$

ومتوسط إحدائيات الصيغ المرجعية صفر،

$$\frac{1}{|E_0|} \sum_{e \in E_0} K^{-1} U^T (\varphi(e) - p_0) = K^{-1} U^T (p_0 - p_0) = 0,$$

بحيث تتطابق نقطة أصل الفضاء المؤسّس مع قراءة المعنى المرجعي، وهو ما يجعل قانون نقطة الأصل الإحداثية إجرائياً. ويدخل M_t^F في تمثيل الورقة 01 بوصفه مكّون المعنى فيه، $P_t = (t, x, M_t^F)$. والانتقال بين حالات متعاقبة هو

$$\Delta M_t^F = M_{t+1}^F - M_t^F = K^{-1} U^T (\varphi(o_{t+1}) - \varphi(o_t)).$$

العنصر يحكم

المحاور U والمعايرة K	الانتقالات ΔM_t^F ، في أبعاد مصرّح بها وبوحدات مصرّح بها
نقطة الأصل p_0	الانحراف D_t (القسم 6.9) ومؤشر الخروج r_t (القسم 6.10)

6.9. الانحراف عن المرجع

لمّا كانت إحدائيات نقطة أصل الفضاء المؤسّس صفراً، فإن انحراف الحالة t عن قراءة المعنى المرجعي هو

$$D_t = M_t^F.$$

و $\| D_t \|$ هو البعد عن القراءة المرجعية بوحدات معايرة، ومكوّنات D_t تنسب الانحراف إلى المحاور المصرّح بها. وهذه هي الصورة الإجرائية لـ $V_t = P_t - P_0$ في قانون نقطة الأصل الإحداثية؛ ويتجنّب الرمز D_t الالتباس بمتغيّر الصلاحية V_t في الورقة 02.

6.10. مؤشر الخروج

لـ $\varphi(o_t) \neq p_0$

$$r_t = \frac{\| (I - UU^T)(\varphi(o_t) - p_0) \|}{\| \varphi(o_t) - p_0 \|},$$

و $r_t = 0$ حين $\varphi(o_t) = p_0$ وفي جميع الحالات $0 \leq r_t \leq 1$.

يدلّ r_t على الخروج عن التمثيل المصرّح به للمجال. وقد تعكس القيمة المرتفعة حركةً نحو معانٍ خارج $D(\Gamma_F)$ ، أو أبعداً من $D(\Gamma_F)$ لا تلتقطها المحاور المصرّح بها. فـ r_t مؤشر خروج، لا مقياس انتماء إلى المجال؛ وتُفحص علاقته بالانتماء في E3.

6.11. العتبات المعيارية

عتبة الخروج. ρ مئين أعلى مصرّح به لـ $\{r(e): e \in E_0 \cup \bigcup_k (E_k^+ \cup E_k^-)\}$ ، محسوب من ε_B ؛ ويُعلن سلوكه على H .

عتبة التغير. ε مئين أعلى مصرّح به لـ

$$\{\|K^{-1}U^T(\varphi(e) - \varphi(e'))\|: e, e' \in P_i, e \neq e', P_i \in \mathcal{P}\},$$

أي لمقادير الانتقال بين إعدادات صياغة المعنى المصرّح به نفسه. وهكذا تُشتق عتبة «لا تغيّر مكتشف في المعنى» من إعادة صياغة مصرّح بها بدل أن تُفترض.

شروط المعيارية. يقتضي ρ أن يكون $|E_0 \cup \bigcup_k (E_k^+ \cup E_k^-)| \geq N_\rho$ ؛ ويقتضي ε أن يكون $|P_i| \geq 2$ لكل $P_i \in \mathcal{P}$ و $\sum_i |P_i| \geq N_\varepsilon$. ويُصرّح مسبقاً بـ N_ρ و N_ε ومستويات المئين، وتُفحص بتحليل الحساسية. وإذا لم يتحقّق شرط معيارية، فالعتبة المقابلة غير قابلة للحساب ولا يستوفي الإطار الشرط Cal .

6.12. تصنيف الانتقالات

لنرمز بـ in_t إلى الشرط $r_t \leq \rho$. وتُضبط الحدود كما يلي: الانتقال بين حالتين قابلتين للتأويل هو **تغيّر مكتشف في المعنى** إذا كان $\|\Delta M_t^F\| \geq \varepsilon$ ، ولا **تغيّر مكتشف في المعنى** إذا كان $\|\Delta M_t^F\| < \varepsilon$. وهاتان الفئتان لا تكافئان الشرطين $\Delta M_t = 0$ و $\Delta M_t \neq 0$ في الورقة 02، ولا تُقدّمان على أنهما كذلك. فع $\|\Delta M_t^F\| < \varepsilon$ لا يقرّر أن المعنى لم يتغيّر؛ بل يقرّر أنه لم يُكتشف أي تغيّر عند الدقة ε ، المعيارية بوصفها التغيّر الذي تُحدثه إعادة صياغة معنى واحد مصرّح به (القسم 6.11). ولذلك يُبقي النموذج ثلاث حالات متميّزة: لا تغيّر ($\Delta M_t^F = 0$)، وتغيّر دون دقة الكشف ($0 < \|\Delta M_t^F\| < \varepsilon$)، وتغيّر مكتشف ($\|\Delta M_t^F\| \geq \varepsilon$). وتُعلن الحالتان الأوليان معاً بوصفهما «لا تغيّر مكتشف في المعنى»، مع تسجيل قيمة $\|\Delta M_t^F\|$ ، بحيث لا يضيع التمييز أبداً.

العلاقة بالورقة 02. تختبر الورقة 02 الشرط $\Delta M_t = 0$ في الخطوة التي تقرّر فيها هل أنتج الانتقال معنى جديداً. وفي الفضاء المؤسّس تُنفّذ هذه الخطوة عند الدقة المصرّح بها ε : إذ يتلقّى كاشف الانغلاق في الورقة 02 الانتقالات المصنّفة «لا تغيّر مكتشف في المعنى» بين حالات قابلة للتأويل، والانغلاق المثبت عليها هو **انغلاق مكتشف عند الدقة ε** . ولا يغيّر هذا وظيفة كاشف الانغلاق — الذي يظلّ يقتضي غياباً مستمراً لمعنى اشتقاقي جديد (الورقة 02، القانون 7) — ولا قانون الصوابية: فصلاحية الانتقال V_t في الورقة 02 تُقيّم على كل انتقال، مهما كان مقداره، بحيث يبقى التغيّر الذي هو دون دقة الكشف خاضعاً لفحص الصلاحية. وتكون الحالة قابلة للتأويل إذا كان $r_t \leq \rho$ ، والحالة الحديثة $r_t = \rho$ قابلة للتأويل.

يعرّف القانون 7 انتهاء إنتاج المعنى ببلوغ ثابت: تبلغ دالة المعنى الثابت C ، ويكون اشتقاقها صفرًا لأنها ثابتة. فالتغير الصفري بين حالتين نتيجة لهذا الشرط لا تعريف له، إذ قد ينعدم التغير لحظةً دون أن يكون الثابت قد بُلغ. ومن ثمَّ يُحكم على الانغلاق من خلال الحالة: فعلى امتداد نافذة الاستمرار، تبقى حالة المعنى عند ثابت واحد في حدود الدقة ε ، والانتقالات المصنّفة «لا تغير مكتشف في المعنى» علامة لازمة لهذا الشرط، لا علامة كافية.

التصنيف	$\ \Delta M_t^F \ $	in_{t+1}	in_t
تغير مكتشف في المعنى ضمن التمثيل المصرّح به لـ $D(I_F)$	$\ \Delta M_t^F \ \geq \varepsilon$	داخل	داخل
لا تغير مكتشف في المعنى، يُحال إلى كاشف الانغلاق في الورقة 02	$\ \Delta M_t^F \ < \varepsilon$	داخل	داخل
خروج عن التمثيل المصرّح به؛ لا يُؤوّل بوصفه تغيّرًا في المعنى ضمن $D(I_F)$	—	خارج	داخل
عودة؛ لا تُؤوّل بوصفها تغيّرًا في المعنى؛ ويصير M_{t+1}^F الحالة القابلة للتأويل التالية	—	داخل	خارج
خارج التمثيل المصرّح به؛ لا يُؤوّل ضمن $D(I_F)$	—	خارج	خارج

يحدّد هذا التصنيف هل تغير المعنى بالنسبة إلى التمثيل المصرّح به. وهو يكمل صلاحية الانتقال V_t في الورقة 02، التي تحدّد هل التغير صحيح.

6.13. الخصائص الصورية

المرمّز φ ثابت في كامل هذا القسم الفرعي.

القضية 1 (عدم تغير الانتقالات بتغير نقطة الأصل). إذا استبدلت بـ p_0 قراءةً أخرى مصرّح بها p_0' ، مع بقاء U و K دون تغيير، فإن

$$M_t^{F'} = M_t^F + K^{-1}U^T(p_0 - p_0'),$$

ومن ثمَّ

$$\Delta M_t^{F'} = \Delta M_t^F.$$

البرهان. الحدّ المضاف لا يتوقّف على t ويزول بالطرح. ■

فالانتقالات إحداثيات نسبية ومستقلة عن نقطة الأصل؛ والانحرافات إحداثيات مطلقة وتتوقّف عليها. ومن ثمَّ فإن أثر تغيير مصرّح به لنقطة الأصل قابل للحساب ومعلوم، بما ينسجم مع الورقة 01 (القسم 2.2)، التي تجيز تغيير نقطة الأصل بشرط التصريح به.

القضية 2 (عمى المرجع المشتق من المخرجات عن الانزياح المشترك).

الفرضيات. (A1) المرمّز φ ثابت. (A2) المحاور U والمعايرة K ثابتة، محسوبة من $\mathcal{E}_B$ وحدها. (A3) متتاليتان من المخرجات لهما الطول نفسه T ، مفهرستان بالفهرس نفسه $t = 1, \dots, T$ ، تحقّقان

$$\varphi(o_t') = \varphi(o_t) + \delta_t, \quad t = 1, \dots, T,$$

مع متوسط انزياح $\bar{\delta} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \delta_t$. (A4) يُحسب المرجع المشتق من المخرجات لكل متتالية من المتتالية نفسها:

(A5) تُحسب القراءة المرجعية المصرّح بها p_0 من صيغ لا ترد في أيٍّ من المتتاليتين، ومن ثمَّ فهي نفسها للثنتين.

المنطوق. تحت (A1)–(A5)، في فضاء التمثيل الكامل:

(i) بالنسبة إلى المرجع المشتق من المخرجات،

$$\varphi(o_t') - \tilde{p}_0' = (\varphi(o_t) - \tilde{p}_0) + (\delta_t - \bar{\delta});$$

(ii) بالنسبة إلى المرجع المصرّح به،

$$\varphi(o_t') - p_0 = (\varphi(o_t) - p_0) + \delta_t;$$

(iii) في الإحداثيات المؤسّسة، تتغيّر الانحرافات بالنسبة إلى $\tilde{p}_0$ بمقدار $K^{-1}U^T(\delta_t - \bar{\delta})$ ، وتتغيّر الانحرافات بالنسبة إلى p_0 بمقدار $K^{-1}U^T\delta_t$ ؛ وبأخذ المتوسط على t ، يكون التغيّر الأول صفراً والثاني $K^{-1}U^T\bar{\delta}$.

البرهان. بمقتضى (A3) و(A4)، يعطي أخذ المتوسط $\tilde{p}_0' = \tilde{p}_0 + \bar{\delta}$ ، ومنه (i). وبمقتضى (A5)، p_0 هي نفسها للمتاليتين، ومنه (ii). وبمقتضى (A1) و(A2)، فإن التطبيق $K^{-1}U^T$ هو التطبيق الخطي نفسه للمتاليتين؛ وبتطبيقه على (i) و(ii) وأخذ المتوسط على t نحصل على (iii). ■

النتائج. (a) $\sum_t (\varphi(o_t) - \tilde{p}_0) = 0$: متوسط الانحراف بالنسبة إلى مرجع مشتق من المخرجات صفر بحكم البناء. (b) **الإزاحة المنتظمة**: إذا كان $\delta_t = \delta$ لكل t ، فإن الانحرافات بالنسبة إلى $\tilde{p}_0$ لا تتغيّر مهما كان مقدار δ ، والانتقالات كذلك لا تتغيّر؛ ولا تسجّل الإزاحة إلا الانحرافات بالنسبة إلى نقطة أصل مستقلة. (c) **الانزياح غير المنتظم**: إذا اختلفت قيم δ_t ، فإن الانحرافات الفردية بالنسبة إلى $\tilde{p}_0$ تتغيّر فعلاً، بمقدار $\delta_t - \bar{\delta}$ ؛ وما يختفي هو متوسطها، الذي يكون صفراً لكل انزياح. ومن ثمّ يسجّل المرجع المشتق من المخرجات تشتت الانزياح حول متوسطه، لكنه لا يسجّل أبداً المكوّن المشترك $\bar{\delta}$ نفسه. وعليه فإن «أعمى عن المكوّن المشترك» يعني في هذه الورقة أعمى عن $\bar{\delta}$ ، لا غير حسّاس لكل تغيّر فردي.

شروط التسجيل. يصدق المنطوقان (i) و(ii) في الفضاء الكامل: وفيه يسجّل المرجع المصرّح به المكوّن المشترك $\bar{\delta}$ كاملاً، ولا يسجّل المرجع المشتق من المخرجات شيئاً منه. وفي الإحداثيات المؤسّسة، يسجّل المرجع المصرّح به المكوّن المشترك إذا وفقط إذا كان $U^T\bar{\delta} \neq 0$ (مع كون K قابلة للعكس). ومكوّن $\bar{\delta}$ المتعامد مع المحاور المعتمدة لا يظهر في الإحداثيات؛ ولا يُسهم إلا في مؤشر الخروج r_t . ومن ثمّ فإن الاستنتاجات المصاغة بالإحداثيات تتعلّق بالمكوّن المسقط $U^T\bar{\delta}$ ، لا بالانزياح الكامل.

النطاق. تتعلّق القضية بالانتقال التمثيلي تحت مررّ ثابت. والمررّ خارجي بالنسبة إلى الأنظمة المولّدة وثابت عبر الحالات، بحيث تُررّز مخرجات نماذج مولّدة مختلفة، أو إصدارات نموذج ما، أو أجيال التدريب الذاتي، جميعها بالمررّ φ نفسه، وتنطبق القضية عليها مباشرة. ولا تشمل الحالات التي تُستعمل فيها التمثيلات الداخلية لنموذج مولّد مررّاً. أما أن الانتقال التمثيلي يشكّل انزياحاً دلاليّاً فيثبت باستقلال، بالتحقّق البشري (القسم 8.4). والمرجع المشتق من المخرجات لا يحلّ إلا محلّ نقطة الأصل: إذ تُوضع $\tilde{p}_0$ مكان p_0 مع إبقاء φ و U و K ثابتة. وهذه هي حالة المرجع R1 في القسم 8.2.

والقضية 2 هي الصورة الحاسوبية لما تصفه الورقة 03 بالعلاقة الثالثة بين نقطة الأصل والموضوع: حين يُشتق المرجع من الخاصية الخاضعة للتقييم، يفقد التقييم قدرته على كشف تغيّر هذه الخاصية.

6.14. قبول الإطار

6.14.1. القبول المنهجي

$$\text{Adm}_M(F) = C \wedge E \wedge I_{\text{doc}}, \quad C, E, I_{\text{doc}} \in \{0,1\},$$

ويثبت بفحص موثّق وفق بروتوكول مكتوب Π :

• **C (الانسجام):** يُعرَّف على Γ_F عبر Rec بأنواع بيناته الثلاثة؛ و $Def \subseteq \{d: \Gamma_F \vdash d\}$ ؛ وكل صيغة في $\mathcal{E}_{all}$ تحقق تعريفاً في Def ؛ ولا تُستورد أي مادة مرجعية من تأطير آخر دون تصريح. ويكون $C = 0$ في حالات عدم التحدد، أو سوء التعرّف، أو الاستيراد غير المصرّح به.

• **E (التصريح):** كل مجموعة في $\mathcal{E}_{all}$ موثقة، وكل صيغة يمكن ردّها إلى R و Def عبر سجلّ البروتوكول.

• **I_{doc} (الاستقلال الموثق):** مصدر كل تعريف في Def وكل صيغة في $\mathcal{E}_{all}$ مسجلّ، ولم يُنتج أيّ منها بالنظام الخاضع للتقييم، ولم يُشتق من مخرجاته، ولم يُصنّع بمساعدته.

و يُعرّف Adm_M على $(\Gamma_F, R, D(\Gamma_F), Def, \mathcal{E}_{all})$ وسجّلات المصدر. ولا يتوقّف على φ ولا على O_T .

6.14.2. قابلية التشغيل الحاسوبي

$$Op_{comp}(F) = Q \wedge I_{comp} \wedge Cal, \quad Q, I_{comp}, Cal \in \{0,1\},$$

وكلها محسوبة.

Q (قدرة محاور الإطار المشغّل على التمييز). لكل محور يحقّق $\tilde{u}_k \neq 0$ و $|E_k^\pm| \geq 2$ ، لتكن الانحرافات المعيارية لـ $\{\{\varphi(e) - c_k^\pm, u_k\}: e \in E_k^\pm\}$ ، ولنعرّف نسبة الفصل المتعامد

$$S_k^\pm = \frac{\langle a_k, u_k \rangle}{\sigma_k^+ + \sigma_k^-},$$

المعرّفة حين $\sigma_k^+ + \sigma_k^- > 0$ ، و $S_k^\pm = +\infty$ حين $\sigma_k^+ + \sigma_k^- = 0$.

عندئذ

$$Q = \bigwedge_{k=1}^d (a_k \neq 0 \wedge \tilde{u}_k \neq 0 \wedge \gamma_k \geq \gamma_{\min} \wedge S_k^\pm \geq S_{\min}).$$

يستبعد الشرطان $a_k \neq 0$ و $\tilde{u}_k \neq 0$ الحالات المنحلّة؛ ويمكن المضمون الإجرائي لـ Q في العتبتين $\gamma_{\min}$ و $S_{\min}$. ويقع كل محور في حالة واحدة بالضبط من الحالات التالية، وتُسجّل الحالة لكل محور:

المحور	الشرط	الإسهام في Q	المعنى
مميّز	معرّف، مادة كافية، $\gamma_k \geq \gamma_{\min}$ و $S_k^\pm \geq S_{\min}$	يستوفي Q بالنسبة إلى المحور k	المحور تشغيلي
دون العتبة	معرّف، مادة كافية، عتبة غير مستوفاة	$Q = 0$	لا يميّز المرمّز المحور بما يكفي للاستعمال التشغيلي
غير معرّف	$a_k = 0$ ، أو $\tilde{u}_k = 0$	$Q = 0$	لا يوجد اتجاه تشغيلي
مادة غير كافية	أقل من صيغتين في أحد القطبين، بحيث يتعذّر حساب $\sigma_k^\pm$	$Q = 0$	قدرة التمييز غير محدّدة؛ ويُستكمل الإطار قبل أن يمكن تقييمها

ويعبّر $Q = 0$ في الحالة الأخيرة عن أن قابلية التشغيل لم تثبت، لا عن أنه ثبت أن المحور غير مميّز. وتتعلّق هذه الحالة بمادة بناء الإطار، وتُحلّ باستكمالها لا بمراجعة المحور. وفي كل حالة يكون فيها $Q = 0$ ، يبقى التوصيف العلائقي في القسم 6.15 متاحاً، لأنه يقتضي $Adm_M = 1$ لا $Op_{comp} = 1$ (القسم 6.14.3).

I_{comp} (الاستقلال الحاسوبي). مع $\text{dup}(e, o)$ ، حيث $0 \leq \text{dup}(e, o) \leq 1$ ، مقياس مصرّح به لشبه التكرار (مثلاً مزيج من تداخل المتتاليات اللفظية n-gram وتشابه التضمينات)،

$$I_{comp} = [\mathcal{E}_{all} \cap O_T = \emptyset] \wedge \left[\max_{e \in \mathcal{E}_{all}, o \in O_T} \text{dup}(e, o) < \tau \right].$$

وتستهدف العتبة τ التكرار، لا القرب الدلالي المشروع بين مخرجات من داخل المجال وصيغ من داخل المجال.

Cal (قابلية حساب المعايير). $Cal = 1$ إذا تحققت شروط المعايير في القسم 6.11، و0 خلاف ذلك.

ويعرّف Op_{comp} على $\varphi(\mathcal{E}_{all})$ و O_T . ويُقيّم Q و Cal مرة واحدة لكل إطار وممرّز؛ ويُعاد تقييم I_{comp} كلما تراكمت المخرجات. ويتعلّق I_{doc} بمصدر المادة المرجعية؛ ويتعلّق I_{comp} بالتطابق بين المادة المرجعية والمخرجات. وقد يستوفي الإطار I_{doc} ولا يستوفي I_{comp} ، مثلاً حين يعيد النظام الخاضع للتقييم إنتاج نص مرجعي صادفه أثناء تدريبه.

6.14.3. حالات الإطار وقاعدة البطلان

يُقيّم Adm_M أولاً، قبل أي ترميز؛ ويُقيّم Op_{comp} بعد الترميز.

$Adm_M(F)$	$Op_{comp}(F)$	الحالة	منزلة القياسات ضمن F
0	لا يُقيّم	بطلان تأسيسي	باطلة بوصفها قياسات مؤسّسة. وإذا كان $C = 0$ بسبب عدم التحدّد، فلا يمكن حساب القياسات إلا بمنزلة القياس ضمنّي المرجع.
1	0	مقبول، غير مشغّل	غير قابلة للتأويل ضمن F . الأساس سليم؛ والإخفاق في التمثيل (Q)، أو في التطابق مع المخرجات (I_{comp})، أو في عدم كفاية مادة المعايير (Cal).
1	1	مشغّل	تمضي القياسات.

قاعدة البطلان (القانون 3). إذا كان $Adm_M(F) = 0$ ، فإن كل كمّية محسوبة ضمن F — M_t^F و ΔM_t^F و D_t و r_t ، وتصنيف الانتقالات، وأي تقدير للانغلاق — باطلة بوصفها تفصيلاً منهجياً، مهما كانت دقتها الحاسوبية. وإذا أخفق I_{comp} عند الزمن T ، فإن القياسات التي تشمل مخرجات ابتداءً من تلك النقطة تكون غير قابلة للتأويل إلى أن يُحلّ التطابق.

القياسات ضمن الإطار وقياسات تحقّقه. القياسات ضمن الإطار هي M_t^F و ΔM_t^F و D_t و r_t وتصنيف الانتقالات. وقياسات تحقيق الممرّز للإطار هي ملف التحقق $\mathcal{R}(\varphi; F)$ ، وتصنيف التحقق، ومؤشر التوجّه $\mathcal{O}$ (القسم 6.15). وعدم قابلية القياسات للتأويل في إطار مقبول غير مشغّل يخصّ القياسات ضمن الإطار؛ ولا يمنع قياس كيفية تحقيق الممرّز للإطار، لأن إخفاق Q هو بالضبط ما يسجّله مثل هذا القياس. ومن ثمّ يقتضي التوصيف العلائقي $Adm_M = 1$ ولا يقتضي $Op_{comp} = 1$. ويقس Adm_M و Op_{comp} و $(\mathcal{R}, \mathcal{O})$ ثلاثة أمور متميّزة: القبول المنهجي، وقابلية التشغيل الحاسوبي، والعلاقة بين الإطار والممرّز.

6.15. التوصيف العلائقي للمركزية المضمّنة

الأطر والمحاور. لتكن Γ_A و Γ_B مركزيّتين، كلّ منهما معترف بها عبر Rec ، وليكن F_A و F_B إطارين للمفهوم نفسه مؤسّسين عليهما، لكّلاً منهما $Adm_M = 1$. ولا تُقدّم أيّ من المركزيّتين على الأخرى ولا تُفرض عليها: فالتوصيف يصف الممرّز بالنسبة إلى التّأطيرين. وتنقسم محاور كل إطار إلى

• **محاور مشتركة** A_{sh} : تمييزات تُحدّد مرة واحدة، بتعريف مقبول تحت المركزيتين بمضمون الأقطاب نفسه، وتُصاغ صياغةً منفصلة داخل كل إطار وفق البروتوكول نفسه، بحيث تلتقط آثار جودة الكتابة والأسلوب على مستوى الإطار؛

• **محاور مميزة** A_{dist} : تمييزات مشتقة من العناصر المميزة لكل مركزية، لا نظير لها في الإطار الآخر.

مستويات البيانات. يُحدّد التمييز k مرة واحدة. ونسخة المحور (k, f) هي التمييز k داخل الإطار f . ومجموعة الصيغ (k, f, w) هي مجموعة صيغ الأقطاب التي كتبتها مجموعة الكتاب w لنسخة المحور (k, f) .

الفصل الخام. يُعرّف الفصل الخام على الاتجاه الخام لكل نسخة محور، باستقلال عن ترتيب جعل المحاور متعامدة. وتبقى ثلاث كمّيات متميّزة:

• **متجه الفرق الخام** $a_k = c_k^+ - c_k^-$ (القسم 6.6)، وهو غير معيّر؛ وطوله $\|a_k\|$ هو المسافة بين مركزي القطبين؛

• **الاتجاه الخام الأحادي** $v_k = a_k / \|a_k\|$ ، المعرّف حين $a_k \neq 0$ ، مع $\|v_k\| = 1$ ؛

• **تشبّثا القطبين** s_k^+ و s_k^- : الانحرافان المعياريان للإسقاطات $\langle \varphi(e), v_k \rangle$ على E_k^+ و E_k^- وعلى $e \in E_k^-$ و $e \in E_k^+$ التوالي، محسوبين من الصيغ المجمّعة لمجموعتي الكتاب، مع الحد الأدنى المصرّح به على الأقل لكل قطب.

وبسط الفصل هو المسافة بين القطبين على امتداد اتجاههما الخاص. ولما كان $\|a_k\| = \|c_k^+ - c_k^-\|$ ، فيمكن كتابته على نحو مكافئ بوصفه الفرق بين متوسطي إسقاط القطبين،

$$\|a_k\| = \langle c_k^+, v_k \rangle - \langle c_k^-, v_k \rangle.$$

ويكون الفصل الخام عندئذ:

• إذا كان $a_k \neq 0$ و $s_k^+ + s_k^- > 0$:

$$\bar{s}_k = \min \left(\frac{\|a_k\|}{s_k^+ + s_k^-}, S_{\max} \right);$$

• إذا كان $a_k \neq 0$ و $s_k^+ + s_k^- = 0$: $\bar{s}_k = S_{\max}$ ؛

• إذا كان $a_k = 0$: $\bar{s}_k = S_{\text{floor},k}$.

يستعمل البسط a_k غير المعيّر، لا v_k أبداً؛ ولا يدخل الاتجاه الأحادي إلا عبر الإسقاطات التي تعرّف $s_k^\pm$. ويُستعمل التعريف نفسه للقيمة الملاحظة، ولكل قيمة مبدّلة في اختبار التحقّق، وفي مؤشر التوجّه.

و $S_{\max}$ سقف مصرّح به، و $S_{\text{floor},k}$ تعرّفه قاعدة الأرضية أدناه. وكل قيمة تحقّق $0 < \bar{s}_k \leq S_{\max}$ ، بحيث يكون $\log \bar{s}_k$ منتهياً.

تحقّق المحور. تكون نسخة المحور **متحقّقة** إذا كان فصل قطبيها دالاً إحصائياً وفق اختبار تبديل يحترم الطريقة التي أنتجت بها الصيغ، مع ضبط معدل الاكتشافات الزائفة عبر نسخ المحاور لمرمّز واحد. ويُحدّد تصميم الاختبار في الملحق أ.7. ويرمز v_{dist} و v_{sh} إلى نسبتي نسخ المحاور المشتركة والمميّزة المتحقّقة. ويُعلن تصنيف التحقّق إلى جانب مؤشر التوجّه ولا يدخل فيه.

ثلاثة شروط متميّزة. تفصل قاعدة الأرضية بين ثلاثة شروط لا يستلزم أحدها الآخر:

• **فصل ملاحظ صفري:** $a_k = 0$ ، أي يتطابق مركزا القطبين. ولا يستلزم ذلك أن المرمّز يدمج الصيغ داخل كل قطب.

- **الانهيار في φ :** يقرن المرمز كل صيغ نسخة المحور بالنقطة نفسها عدديًا، ويُعرّف ذلك بشرط ملاحظ مستقل،

$$\max_{e, e' \in E_k^+ \cup E_k^-} \|\varphi(e) - \varphi(e')\| \leq \eta_{\text{coll}},$$

حيث η_{coll} تفاوت عددي مصرّح به. ولا يثبت الانهيار إلا بهذا الشرط، ولا يُستنتج أبدًا من التوزيع الصفري.

- **أرضية غير قابلة للتقدير:** التوزيع الصفري التبدلي لنسخة المحور لا يسمح بتقدير مستوى الصدفة — فوسيطه صفر، أو تبقى أقل من N_{null} قيمة صفرية صالحة. وهذه خاصية للاختبار تحت البروتوكول، لا بيّنة على المرمز.

قيمة المحور ذي الفصل الصفري. تتلقّى نسخة المحور التي $a_k = 0$ قيمةً مصرّحًا بها لمستوى الصدفة $S_{\text{floor},k}$ ، تُقدّر من توزيعها الصفري التبدلي الخاص أو، إن تعذّر ذلك، من التوزيعات الصفرية المجمّعة للإطارين. وتُحدّد القاعدة، والحالات التي يتعدّر فيها تطبيقها، في الملحق أ.8. والقيمة تشخيصية فقط: فهي تدخل ملف التحقق ومؤشر التوجّه، ولا تجعل المحور غير المعرّف محورًا تشغيليًا (القسم 6.6).

ملف التحقق. ملف تحقق المرمز بالنسبة إلى إطار هو

$$\mathcal{R}(\varphi; F) = (\{\bar{S}_k\}_k, \{\gamma_k\}_k, \bar{r}_H, \nu_{\text{sh}}, \nu_{\text{dist}}),$$

حيث $\bar{r}_H$ متوسط مؤشر الخروج على H . وتقيس المكونات خصائص مختلفة: $\bar{S}_k$ **تحقق** كل تمييز؛ و γ_k **بنية الإطار**؛ و $\bar{r}_H$ **تغطية المجال**؛ و $\nu_{\text{sh}}, \nu_{\text{dist}}$ نسبة التمييزات المتحقّقة أصلًا.

مؤشر التوجّه. يجمع مؤشر التوجّه الفصول الخام بمتوسطات هندسية داخل كل خلية (إطار $\times$ نوع محور)، تُحسب بوصفها متوسطات حسابية لـ $\log \bar{S}_k$ على كل نسخ المحاور في الخلية. وتدخل كل نسخة محور، متحقّقة أو غير متحقّقة، المقارنة بقيمتها $\bar{S}_k$ ؛ ولا يُستبعد أي محور، حتى لا يبدو أي إطار أحسن تحقّقًا بحذف تمييزات يمثلها المرمز تمثيلًا ضعيفًا. ودرجة التحقق المميز لإطار ما هي

$$\text{Real}(\varphi; F) = \frac{1}{|\mathcal{A}_{\text{dist}}|} \sum_{k \in \mathcal{A}_{\text{dist}}} \log \bar{S}_k - \frac{1}{|\mathcal{A}_{\text{sh}}|} \sum_{k \in \mathcal{A}_{\text{sh}}} \log \bar{S}_k,$$

ومؤشر التوجّه هو

$$\mathcal{O}(\varphi; F_A, F_B) = \text{Real}(\varphi; F_A) - \text{Real}(\varphi; F_B) = \log \frac{G_{\text{dist}}^A / G_{\text{sh}}^A}{G_{\text{dist}}^B / G_{\text{sh}}^B},$$

حيث يرمز G إلى المتوسط الهندسي لـ $\bar{S}_k$ على المحاور المشار إليها. و $\mathcal{O}$ هو التفاعل بين الإطار ونوع المحور في تصميم 2×2 . ولا يحدّد تصنيف التحقق، ومن ثمّ إجراء التعدّد، إلا ν_{dist} و ν_{sh} ولا يدخل في Real ولا في $\mathcal{O}$.

شروط التعريف. يكون المتوسط الهندسي لخلية (إطار $\times$ نوع محور) معرّفًا حين تحتوي الخلية نسخة محور واحدة على الأقل وتكون لكل نسخة محور فيها قيمة $\bar{S}_k$ ، وهو ما يصدق على كل نسخة يكون فيها $a_k \neq 0$ وعلى النسخة التي يكون فيها $a_k = 0$ بعد إسناد أرضيتها. ويكون $\mathcal{O}(\varphi; F_A, F_B)$ معرّفًا إذا فقط إذا كانت الخلايا الأربع — $\mathcal{A}_{\text{dist}}$ و $\mathcal{A}_{\text{sh}}$ في F_A وفي F_B — معرّفة. ولا يُستعمل نتيجة أساسية إلا إذا احتوت كل خلية، زيادة على ذلك، الحد الأدنى المصرّح به n_{cell} من نسخ المحاور على الأقل، بعد استبعاد الأزواج المشتركة التي تخفق في حكم التكافؤ (الملحق أ.6). ومن ثمّ يكون المؤشر في حالة واحدة بالضبط من أربع حالات: **معرّف أساسي**؛ **معرّف لكنه وصفّي** (خلية دون n_{cell} ، أو قيم أرضية مجمّعة فوق السقف المصرّح به في الملحق أ.8)؛ **غير قابل للحساب وفق قاعدة الأرضية** (أرضية مطلوبة يتعدّر إسنادها)؛ أو **غير معرّف** (خلية فارغة). وتُعلن الحالة دائمًا مع المؤشر، ولا تسمح إلا الحالة الأولى بتوصيف Γ_L .

المحاور المميّزة الضعيفة. لمّا كان كل محور يدخل بقيمته، فإن المحاور المميّزة الضعيفة التحقق أو غير المتحقّقة تخفّض $\text{Real}(\varphi; F)$ بمقدارها الفعلي، الذي يقع قرب مستوى الصدفة $S_{\text{floor},k}$. ومن ثمّ يبقى $\mathcal{O}$ قابلاً للتأويل في هذه الحالة: فالإسهام السالب للمحاور المميّزة لإطار ما يسجّل أن المرّمز يسطّح التمييزات الخاصة بهذا الإطار. أما القيمة القريبة من الصفر، $\mathcal{O} \approx 0$ ، فلا تحدّد وحدها تأويلها، لأنها قد تنشأ بأكثر من طريقة: فقد تكون المحاور المميّزة للإطارين ضعيفة في حين تكون المحاور المشتركة قوية (تسطيح التأطيرين كليهما)، أو قد تكون فصول الإطارين متقاربة ببساطة عند أي مستوى (غياب التوجّه التفاضلي). ولا تتميز الحالتان إلا بمستويات الفصل في كلّ من الخلايا الأربع — المتوسطات الهندسية G_{dist}^A و G_{sh}^A و G_{dist}^B و G_{sh}^B — مع v_{sh} و v_{dist} . وتُعلن هذه القيم الخاصة بالخلايا دائماً مع $\mathcal{O}$ ، ولا تُؤوّل قيمة $\mathcal{O}$ أبداً بدونها.

مستويات الحكم. تُبقى أربعة أحكام حول المركزية المضمّنة متميّزة في كامل الورقة: (1) وجود Γ_L في كل تمثيل متعلّم نتيجة منهجية لمنهج (القسم 3.4)؛ (2) مضمونها مسألة فحص وتوصيف؛ (3) توجّه تحقيق المرّمز بين مركزيات مصرّح بها، المقيس بـ $\mathcal{O}$ ، نتيجة حاسوبية يعرفها النموذج؛ (4) نسبة هذا التوجّه إلى بيانات تدريب المرّمز استنتاج سببي، لا يثبت التغيّر بين المرّمزات وحده، لأن المرّمزات تختلف أيضاً في البنية والأبعاد والأهداف والمعالجة المسبقة؛ وهو يقتضي مقارنة مضبوطة بين مرّمزات متقاربة في البنية والأهداف لكنها مختلفة في بيانات تدريب موثّقة.

التأويل. يُثبت $\mathcal{O} > 0$ توجّهاً نسبياً لتحقيق المرّمز نحو التمييزات الخاصة بـ F_A ، مقارنةً بالتمييزات الخاصة بـ F_B ، بالنسبة إلى المفاهيم والمحاور المفحوصة. فهو يصف Γ_L بالنسبة إلى زوج مصرّح به من المركزيات؛ ولا يحدّد Γ_L تحديداً كاملاً. وضعف تحقيق تمييزات إطار ما يتعلّق بالمرّمز، لا يقبل المركزية التي أُسّس عليها الإطار، الذي يثبتته Adm_M باستقلال عن φ . والتوجّه الصفري لا يمسّ وجود Γ_L ، الذي يثبت منهجياً.

6.16. الأطر غير المتحقّقة بوصفها حالة تشخيصية

تحدّد الحالة $(\text{Op}_{\text{comp}} = 0, \text{Adm}_M = 1)$ مع إخفاق Q تمييزاتٍ يقتضيها مجال سليم منهجياً ولا يحقّقها المرّمز. ولمّا كان الأساس يثبت باستقلال عن φ ، فإن الإخفاق يُنسب إلى التمثيل لا إلى الإطار. وهكذا يعمل الإطار المؤسّس أداة تشخيصية للتمثيل المتعلّم، ويُسهّم في التوصيف العلائقي لـ Γ_L .

6.17. تعريف قبلي وقراءات بعدية

الإطار المؤسّس قبلي في تعريفه — المركزية، والمجال، والمرجع، والأقطاب، ووحدات القياس — وبعدي في قراءاته، لأن p_0 و $c_k^\pm$ و U و $\varphi(o_t)$ تُحسب عبر المرّمز المتعلّم. فأساس الفضاء المتعلّم ضمني؛ وأساس الفضاء المؤسّس معترف به ومصرّح به ومفحوص، مع ثبوت قبوله المنهجي باستقلال عن ترميزه. والمرّمز المتعلّم يوفّر المادة الخام للقياس؛ ومنهج يوفّر الإطار.

6.18. تسلسل النموذج

الخطوة العملية	نتيجة الإخفاق
1 التعرف على Γ_F عبر Rec	عدم التحدد: منزلة القياس ضمنى المرجع
2 $Def \subseteq \{d: \Gamma_F \vdash d\}, R, D(\Gamma_F)$	—
3 مجموعتا الصيغ المصرّح بهما $\mathcal{E}_B$ و H ، مع سجلات المصدر	—
4 $Adm_M(F) = C \wedge E \wedge I_{doc}$	بطلان تأسيسي
5 ترميز $\mathcal{E}_B$: $\rho, \kappa_k, \gamma_k, u_k, \tilde{u}_k, a_k, p_0$	—
6 $Op_{comp}(F) = Q \wedge I_{comp} \wedge Cal$	مقبول، غير مشغّل (يبقى التحقق مقيساً)
7 التحقق على H (تشخيص يُعلن)	—
8 $\Delta M_t^F, r_t, D_t, M_t^F$ تصنيف الانتقالات	—
9 كشف الانغلاق وصلاحية الانتقالات (الورقة 02)	—

6.19. التقابل بين منهج والعناصر الصورية

المصدر المنهجي	العناصر الصورية
نظرية المركزية العقيدة	$\mathcal{R}(\varphi; F); \Gamma_L$ ؛ المركزية المضمّنة C ؛ الشرط Rec ؛ $D(\Gamma_F)$ ؛ $\Gamma \vdash d$ و O
قانون ثنائية اتجاه الفحص (القانون 2)	قاعدة البناء (القسم 6.3)؛ تقييم Adm_M قبل أي ترميز
قانون نقطة الأصل الإحداثية (القانون 4)	M_t^F ؛ p_0 بنقطة أصل عند الصفر؛ D_t ؛ I_{doc} و I_{comp} ؛ القضيتان 1 و 2
قانون الصوابية (القانون 3)	حالات الإطار وقاعدة البطلان (القسم 6.14.3)
نظرية المعنى (الوثيقة المرجعية، القسم 6.3.4)	r_t ؛ M_t^F ؛ الخروج والعودة في تصنيف الانتقالات

6.20. الرموز

الرمز	المعنى
$\Gamma_F, \Gamma_L, \Gamma_C$	مركزيات الإطار المؤسّس، والمرمّز المتعلّم، والمضمون الممثل
Γ_A, Γ_B	مركزيتان مصرّح بهما في التوصيف العلائقي
$\Gamma \vdash d$	التعريف d مقبول ضمن التأطير Γ
Π, Rec	إجراء التعرف؛ البروتوكول المكتوب للفحص المنهجي
O_T, n, φ	المرمّز المتعلّم؛ بُعد فضاءه؛ المخرجات المقيسة عند الزمن T

الرمز	المعنى
$\mathcal{E}_{\text{all}}, H, \mathcal{E}_B$	مجموعة البناء والمعايرة؛ مجموعة التحقق؛ اتحادهما
$\mathcal{P}, E_k^{\pm}, E_0$	مجموعات الصيغ المرجعية وصيغ الأقطاب وإعادة الصياغة
p_0	قراءة المعنى المرجعي (نقطة أصل الفضاء المؤسّس)
v_k, a_k	متّجه الفرق الخام (غير المعيّر) بين القطبين؛ اتجاهه الأحادي
$\tilde{u}_k, u_k, U$	اتجاهات المحاور المتعامدة والمعيّرة؛ مصفوفة المحاور
$s_k^{\pm}$	تشتت القطبين على امتداد v_k (الفصل الخام)
γ_k, d	عدد المحاور؛ نسبة المكوّن المتعامد
K, κ_k	معاملات المعايرة؛ مصفوفة المعايرة
$D_t, \Delta M_t^F, M_t^F$	حالة المعنى، والانتقال، والانحراف في الفضاء المؤسّس
ε, ρ, r_t	مؤشر الخروج؛ عتبة الخروج؛ عتبة التغيّر
$N_{\varepsilon}, N_{\rho}$	الحد الأدنى من مادة المعايرة لم ε و ρ
$\gamma_{\min}, s_{\min}, s_k^{\perp}$	نسبة الفصل المتعامد وعتبات الشرط Q
$S_{\text{floor},k}, s_{\max}, \bar{s}_k$	الفصل الخام؛ سقفه؛ أرضيته
$N_{\text{pool}}, N_{\text{null}}$	الحد الأدنى من القيم الصفرية الصالحة؛ الحد الأدنى من الوسائط الخاصة بالمحاور
$\eta_{\text{coll}}, \lambda_{\text{pool}}$	للأرضية المجمّعة؛ سقف قيم الأرضية المجمّعة في كل خلية؛ تفاوت الانهيار
H_m, q, m_w, m, B	التبديلات؛ نسخ المحاور في عائلة الاختبارات؛ الكتاب لكل نسخة محور؛ مستوى معدل الاكتشافات الزائفة؛ المجموع التوافقي
$n_{\text{cell}}, \mathcal{A}_{\text{dist}}, \mathcal{A}_{\text{sh}}$	المحاور المشتركة والمميّزة؛ الحد الأدنى من نسخ المحاور في كل خلية
$v_{\text{sh}}, \bar{r}_H, \mathcal{R}(\varphi; F)$	ملف التحقق؛ متوسط الخروج على H ؛ نسبتا المحاور المتحقّقة
v_{dist}	
$\text{Real}(\varphi; F)$	درجة التحقق المميّز؛ مؤشر التوجّه
$\mathcal{O}(\varphi; F_A, F_B)$	
τ, dup	مقياس شبه التكرار؛ عتبه
$I_{\text{doc}}, E, C, \text{Adm}_M$	القبول المنهجي وشروطه
$Q, \text{Op}_{\text{comp}}$	قابلية التشغيل الحاسوبي وشروطها
$\text{Cal}, I_{\text{comp}}$	
V_t	صلاحية الانتقال (الورقة 02)

7. التكامل مع الورقة 02

يُكمل الفضاء المؤسَّس الإطار الحاسوبي للورقة 02 في أربع نقاط.

1. **الأساس قبل العملية.** يسبق حارسُ القسم 6.14 الحالة القبلية $A_0 = (R, D, Def, C_a, O)$ في الورقة 02: فقبل فحص صلاحية إنتاج المعنى، يثبت قبول الإطار الذي يُقاس فيه المعنى. وهكذا يعمل القانون 3 على مستويين — الإطار (هذه الورقة) والانتقال (الورقة 02).

2. **متابعة نسبية بأبعاد مصرَّح بها.** يصير ΔM_t في الورقة 02 هو ΔM_t^F ، معبَّرًا عنه على امتداد محاور مصرَّح بها، وبوحدات مصرَّح بها، مع عتبة تغيَّر ε معيارية من إعادة صياغة مصرَّح بها.

3. **المرجع المطلق.** يُضاف الانحراف D_t عن المرجع المصرَّح به، الغائب عن الورقة 02. وبذلك تكتسب متابعة الورقة 02 الإحداثيات المطلقة التي تفتقدها المتابعة النسبية.

4. **انغلاق قابل للحساب.** يصير الانغلاق بمعنى القانون 7 — أي بلوغ ثابت معرفي C — قابلاً للحساب ضمن الفضاء المؤسَّس عند الدقة المصرَّح بها ε : إذ يثبت أن حالة المعنى تبقى عند ثابت عبر نافذة الاستمرار، وتكون الانتقالات المصنَّفة «لا تغيَّر مكتشف في المعنى» في القسم 6.12 العلامة اللازمة لهذا الشرط. وهو انغلاق مكتشف عند الدقة ε ، لا تقرير بأن $\Delta M_t = 0$ تمامًا؛ وثفصل عنه حالات الخروج والعودة، حتى لا يُحسب تغيَّر الإطار انغلاقًا ولا معنى جديدًا. وبذلك يمنح القانون 7 المعالجة الاشتقاقية لنظام الذكاء الاصطناعي معيارًا مؤسَّسًا للتوقف: تنتهي المعالجة حين لا تعود تنتج معنى اشتقاقياً جديداً ضمن المجال المصرَّح به، بدل أن تستمر بلا نهاية أو تتوقف عند حدٍّ اعتباطي.

ويمدّ التسلسل الناتج تسلسل الورقة 02:

المركزية ← الإطار المؤسَّس ← القبول ← حالة المعنى ← الانتقال ← الصلاحية ← الانغلاق

8. التصاميم التجريبية

8.1. المنزلة والمبادئ

هذه الورقة إسهام نظري ومنهجي. وتقوم أحكامها على قوانين منهج وعلى النموذج الصوري؛ والتجارب أدناه تصاميم تحدّد كيف يمكن إثبات كل قدرة مشتقة من القوانين تجريبياً. ويُعرض بروتوكولها الإجرائي — التوسيم، والمعايينة، وإجراءات الاختبار، والتحليل الإحصائي، والثوابت المصرَّح بها — في الملحق أ. وتندرج تطبيقات إثبات المفهوم ضمن الأعمال اللاحقة الخاصة بمنهج.

وتحكم التصاميم أربعة مبادئ. (1) **مرجع مقارنة قوي:** لا يُقارن الإطار المؤسَّس بالمراجع المشتقة من المخرجات والمراجع النسبية فحسب، بل بمرجع خارجي ثابت أيضاً، بحيث يكون ما تختبره التجارب إسهام مقننات منهج، لا إسهام ثبات المرجع وحده. (2) **حقيقة مرجعية مستقلة:** تثبت التغيّرات الدلالية وتمييزات المجال بحكم بشري مستقل عن المقاييس المختبرة. (3) **توقعات محدّدة مسبقاً:** تُذكر النتيجة المنتظرة لكل تجربة مسبقاً. (4) **النسبة عبر الاستئصال التجريبي:** حالة تشترك في تقنية التنفيذ لا في الترتيب التأسيسي تعزل إسهام القوانين.

8.2. حالات المرجع

الرمز	حالة المرجع	مستقلة عن المخرجات	مؤسّسة وفق منهج
R1	مركز مشتق من المخرجات، يحلّ محلّ p_0 مع إبقاء φ و U و K ثابتة	لا	لا
R2	مقارنة من إصدار إلى إصدار (نسبية)	لا	لا
R3	مرجع مقارنة قوي: مجموعة خارجية ثابتة من نصوص من داخل المجال، منتقاة ومكتوبة بأيدي بشرية، تُقارن بالتشابه المعياري	نعم	لا
R3a	استئصال تجريبي: مرجع خارجي ثابت بمحاور مبنية بالتقنية نفسها التي بُني بها R4 انطلاقاً من أمثلة ملائمة	نعم	لا
R4	الإطار المؤسّس	نعم	نعم

تتشارك R3a مع R4 في تقنية التنفيذ ولا تختلف عنها إلا في الترتيب التأسيسي. ومن ثمّ تعزل مقارنة R4 بـ R3a إسهام مقتضيات منهج.

8.3. التجربة E1 — الحارس التأسيسي (القانون 3)

السؤال. هل يكشف تطبيق قانون الصوابية على مستوى إطار القياس خللاً تتركه الفحوص التقليدية غير مكشوف؟
التصميم. تُقارن أطر سليمة بأطر يحمل كلّ منها خللاً معلوماً واحداً: تلوث المرجع بالمخرجات، ومادة مرجعية أنتجها النظام الخاضع للتقييم، واستيراد غير مصرّح به من تأطير آخر، ومحاور غير مميزة. وتُطبّق المقاييس المعيارية، وإجراءات التدقيق الراسخة، والحارس التأسيسي على كل إطار، وتُقارن الاستنتاجات المستخلصة في كل إطار بالحقبة المرجعية (الملحق أ.3).

النتيجة المنتظرة. يكشف الحارس الخلل التمثيلي (التلوث، والمحاور غير المميزة) بفحوصه الحاسوبية، وقد تكشفه أيضاً إجراءات التدقيق الراسخة. أما **الخلل التأسيسي** (المصدر، والاستيراد غير المصرّح به) فيتترك المقاييس المعيارية والفحوص التقليدية دون تأثر، لأنه يتعلّق بمصدر المرجع وانسجامه لا بخصائصه السطحية؛ ويكشفه الفحص المنهجي Adm_M . والاستنتاجات المستخلصة ضمن أطر تحمل خللاً تأسيسياً غير موثوقة في ضوء الحقيقة المرجعية، رغم أن مقاييسها تبدو عادية.

ما استتبته. إذا حصلت النتيجة المنتظرة: أن فئة البطلان التأسيسي، التي يُدخلها القانون 3، توفّر ضماناً يفتقدها القياس التقليدي.

8.4. التجربة E2 — الإسناد المطلق والانزياح (القانون 4)

السؤال. هل يوفّر الإسناد المطلق ضمن إطار مؤسّس كشفاً للانزياح ونسبةً مفاهيمية له تتجاوز ما توفّره المراجع النسبية والمراجع الخارجية الثابتة، وهل المكوّن المشترك للانزياح معتبر في الممارسة؟

التصميم. يُقاس انزياح دلالي مبنّي يُتحقّق منه بحكم بشري، وحالات ضبط حافظة للمعنى (إعادة الصياغة، والأسلوب، والطول)، وانزياح جماعي طبيعي عبر أجيال التدريب الذاتي أو إصدارات النماذج، تحت حالات المرجع R1–R4 (الملحق أ.4).

النتيجة المنتظرة. لا تسجّل R1 المكوّن المشترك للانزياح، كما تقتضي القضية 2؛ وتسجّل R2 التغيّر من خطوة إلى خطوة لكنها لا تسجّل أي انتقال تراكمي بالنسبة إلى مرجع. وتميّز R4 الانزياح الدلالي من التغيّر الحافظ للمعنى بقدر ما تميّزه R3 على الأقل، وتنسب زيادة على ذلك الانزياح إلى أبعاد مفاهيمية مصرّح بها — وهي قدرة لا

تملكها R3. وتتفوق R4 على R3a في النسبة، بحيث يرجع التفوق إلى الترتيب التأسيسي. ويمثل المكون المشترك حصة معتبرة من الانزياح الطبيعي.

ما ستنبته. إذا حصلت النتيجة المنتظرة: أن قانون نقطة الأصل الإحداثية يضيف إسنادًا مطلقًا مفككًا مفاهيميًا إلى ممارسة تعمل بكميات نسبية، وأن المراجع المشتقة من المخرجات تخفق في مكون معتبر عمليًا من الانزياح الفعلي.

8.5. التجربة E3 — الترتيب التأسيسي (القانون 2)

السؤال. هل تقيس المحاور المؤسسة وفق الترتيب التأسيسي الكامل تميزات المجال المفاهيمي بدقة أكبر من المحاور المبنية بدونه؟

التصميم. تُقارن المحاور المؤسسة (R4) بمحاور مبنية بالتقنية نفسها من أمثلة ملائمة (R3a) وبمحاور مستخرجة من البيانات دون إشراف (R4u)، في ضوء أحكام خبراء مستقلين في المجال على عناصر محجوزة، مع ضوابط تفصل الترتيب التأسيسي عن انتقاء الخبراء (الملحق أ.5).

النتيجة المنتظرة. تتفوق R4 على R3a و R4u في التوافق مع أحكام الخبراء وفي الفصل بين العناصر التي من داخل المجال والعناصر التي من خارجه.

ما ستنبته. إذا حصلت النتيجة المنتظرة: أن الترتيب القبلي الذي يقتضيه قانون ثنائية اتجاه الفحص ينتج محاور تقيس التميزات الخاصة بالمجال.

8.6. التجربة E4 — التوصيف العلائقي للمركزية المضمّنة

السؤال. كيف يتوجّه تحقيق مرز متعلم بين إطارين مؤسسين على مركزيّتين مصرّح بهما مختلفتين، وكيف يتغيّر هذا التوجّه بين مرزات تشكّلت من مدوّنات مختلفة؟

التصميم. لمفهومين (مرشّحين: الأسرة والتقدم)، يؤسّس إطاران على مركزيّتين معترف بهما، لكلٍ منهما محاور مشتركة ومحاور مميزة. وتحقّق ثلاثة مرزات تشكّلت من مدوّنات مختلفة الإطارين كليهما، ويُحسب مؤشر التوجّه 0 في القسم 6.15 مع فصوله على مستوى الخلايا ونسب تحقّقه (الملحق أ.6).

النتيجة المنتظرة. توجّه منتظم غير صفري على المحاور المميزة مع تحقّق متقارب للمحاور المشتركة؛ واستقرار عبر مجموعات الكتاب والمفاهيم؛ وتغيّر التوجّه بين المرزات، يُوصف بوصفه تغيّرًا مع مدوّنات تدريبها. ولا يُنتظر من هذا التصميم نسبة سببية للتغيّر إلى بيانات التدريب، لأن المرزات تختلف أيضًا في البنية والأبعاد والأهداف والمعالجة المسبقة. وحين تتوافر مرزات متقاربة في البنية والأهداف لكنها مختلفة في بيانات تدريب موثّقة، توفّر مقارنتها التصميم الأكثر ضبطًا الذي تقتضيه مثل هذه النسبة.

ما ستنبته. إذا حصلت النتيجة المنتظرة: أن مضمون المركزية المضمّنة I_L ، التي يثبت منهج وجودها منهجيًا، يصير قابلاً للقياس علائقيًا.

8.7. من النتائج إلى الأحكام

النتيجة	الإسهام الذي ستثبته النتيجة
E1 كما هو منتظر	القانون 3 مطبقاً على مستوى الإطار يكشف خللاً تأسيسياً — المصدر والاستيراد غير المصرح به — لا تكشفه المقاييس المعيارية ولا إجراءات التدقيق الراسخة
E2 كما هو منتظر	الإسناد المطلق ضمن إطار مؤسس يوفر نسبةً مفاهيمية للانزياح تتجاوز المراجع الخارجية الثابتة، والمراجع المشتقة من المخرجات تحقق في مكوّن معتبر من الانزياح الفعلي
E3 كما هو منتظر	الترتيب التأسيسي للقانون 2 ينتج محاور تقيس التمييزات الخاصة بالمجال
E4 كما هو منتظر	توجّه تحقيق مرّمز متعلّم بين مركزيات مصرّح بها قابل للقياس، ويتغيّر بين مرّمزات تشكّلت من مدوّات مختلفة؛ والنسبة السببية إلى بيانات التدريب تقتضي المقارنة المضبوطة في القسم 8.6
نتائج مخالفة للتوقعات	تحلّل على المستوى الذي تنشأ فيه — التنفيذ، أو القدرة المختبرة، أو النطاق — وتُستعمل لتدقيق المواصفات الإجرائية؛ وتبقى المقترضات المنهجية للقوانين الثلاثة قائمة على المستوى المنهجي، حيث تثبت
	وتحلّل الأطر المقبولة منهجياً غير المشغلة كلّ على حدة بوصفها نتيجة متميّزة: فهي تحدّد تمييزات يقتضيها مجال مؤسس ولا يحقّقها المرّمز (القسم 6.16).

9. المناقشة

9.1. ما الذي يتغيّر حين يؤسس الإطار

يتغيّر موضوع الفحص المنهجي. فالقياس ضمنّي المرجع يفحص التمثيلات المرّمزة والعلاقات المحسوبة داخلها. أما القياس المؤسس فيفحص كذلك الشروط التي تُعدّ بها هذه العلاقات قياساتٍ للمعنى: المركزية التي يتشكّل ضمنها المجال، والمجال نفسه، ونقطة الأصل، والمحاور، ومعايرتها. ويبقى المرّمز لا غنى عنه، لكن منزلة مخرجاته تتغيّر. فهي تُقرأ ضمن إطار مصرّح به لا يتحدّد قبوله بالنجاح العددي للمرّمز.

9.2. نقطة الأصل والإسناد المطلق

الكمّيات النسبية — الانتقالات، والفروق من إصدار إلى إصدار، والمسافات إلى مركز المخرجات الحالية — هي الأدوات المهيمنة في متابعة المعنى في الذكاء الاصطناعي. وتبيّن القضية 1 أن مثل هذه الكمّيات عمياء عن اختيار نقطة الأصل، وتبيّن القضية 2 أن المرجع المبني من المخرجات نفسها أعمى عن انزياحها المشترك. ويقدم قانون نقطة الأصل الإحداثية ما تقتقده هذه الأدوات: موقعاً مطلقاً بالنسبة إلى مرجع مصرّح به، مفكّكاً على امتداد أبعاد مفاهيمية مصرّح بها. وبلغت القسم 4.2، يضيف منهج الإحداثية المطلقة إلى ممارسة لا تعمل إلا بإحداثيات نسبية.

9.3. البطلان التأسيسي بوصفه ضماناً

يُدخل قانون الصوابية إلى القياس في الذكاء الاصطناعي فئة لا تملكها الممارسة الحالية: عائلة من النتائج باطلة من أصلها. فمجموعة تقييم ملوّنة، أو مرجع كتبه النظام الخاضع للتقييم، أو مرجع مستورد من تأطير آخر دون تصريح، قد تنتج مقاييس محسوبة حساباً صحيحاً ولا تُظهر أي علامة على الخلل؛ وقد صنّمت E1 لاختبار مدى صدق ذلك. ولا يفحص الحارس التأسيسي هذه المقاييس واحداً واحداً؛ بل يفحص الإطار الذي أنتجها، وحكمه يسري عليها جميعاً. وهذه هي الصورة العملية للمبدأ القائل إن ما لا يجوز لا تصحّ تفاصيله.

9.4. الملف التنفيذي ونظام تشغيله

تعامل الممارسة الحالية مخرجات أنظمة الذكاء الاصطناعي، والأنظمة نفسها، بوصفها ملفات تنفيذية تُحلَّل وتُصلَح. ويقتضي منهج أن يُوطَّر كلاهما: المضمون بمركزيته Γ_C ، والنموذج بالمركزية Γ_L المضمَّنة في بياناته. ويجعل التوصيف العلائقي في القسم 6.15 المقتضى الثاني إجرائيًا. فهو ينقل سؤال أي تأطير يحقق التمثيل المتعلَّم من مجال الادعاء إلى مجال القياس، مع إبقاء وجود هذا التأطير حيث يضعه منهج: على المستوى المنهجي.

9.5. العلاقة بالتمثيلات المتعلَّمة

لا يحلّ الفضاء المؤسَّس محلّ التمثيلات المتعلَّمة. بل يستعملها مادةً خامًا للقياس ويضع فوقها إطارًا لا توفره هي. وهذا توزيع للأدوار: المررِّز المتعلَّم يولِّد بنية عددية؛ والإطار المؤسَّس يُرسي شروط المرجع التي تُقرأ بها هذه البنية. ومن ثمّ يمكن تقييم مررِّز متعلَّم في ضوء إطار مؤسَّس، وقد صُمِّم مثل هذا التقييم ليبين أين يحقق التمييزات المصرَّح بها وأين لا يحققها — وهي معلومة غير متاحة حين يكون التمثيل مرجعًا لنفسه.

9.6. ثلاثة مستويات من الأحكام

تصوغ الورقة أحكامًا على ثلاثة مستويات. فالأحكام المنهجية تترتَّب على قوانين منهج: يجب أن يُؤسَّس الإطار، ويجب أن تكون نقطة الأصل مستقلة، والإطار غير المقبول لا ينتج تفاصيل صحيحة، وكل تمثيل متعلَّم يعمل في ظل مركزية مضمَّنة. والأحكام الحاسوبية تترتَّب على النموذج: القضيتان 1 و2، والتمهيدية 1، وخصائص دوال القبول. أما الأحكام التجريبية فهي، في هذه المرحلة، فرضيات: صُمِّمت التجارب E1–E4 لاختبارها، ولا تُعرض نتائجها هنا. وإبقاء المستويات متميِّزة يمنح كلاً منها قوته الخاصة: فالأحكام المنهجية والنتائج الرياضية لا تنتظر التجارب، والتجارب، متى أُجريت، ستبيِّن عمليًا أين يكون الفرق المنهجي مؤثراً وبأي قدر.

10. المنزلة المعرفية والنطاق

- **الأدوات والشروط.** الأدوات التمثيلية المستعملة — الاتجاهات المفاهيمية، والإسقاط، والبواقي، وكشف التداخل — راسخة. ويكمن الإسهام في الشروط التي يفرضها منهج على استعمالها وفي القدرات التي تنتجها هذه الشروط.
- **تعريف قبلي، قراءات بعدية.** الإطار المؤسَّس قبلي في تعريفه وبعدي في قراءاته، التي تمرّ عبر المررِّز المتعلَّم. والفرق بين الفضاءين أن أساس أحدهما ضمني في حين أن أساس الآخر مصرَّح به ومفحوص.
- **الفحص المنهجي.** تثبت الشروط E و C و I_{doc} بفحص موثَّق وفق البروتوكولين Rec و Π ، اللذين يُكتبان جزءًا من البروتوكول الإجرائي قبل التجارب، مع مجال الأسرة مثلاً تطبيقاً لهما.
- **النطاق الصوري.** تتعلَّق القضية 2 بالانتقال التمثيلي تحت مررِّز ثابت؛ ولا يظهر في الإحداثيات إلا المكوّن المسقَّط $UT\delta$ من الانزياح المشترك، ويقوم تأويله الدلالي على التحقق البشري.
- **البروتوكول الإجرائي.** إجراءات الاختبار والعتبات وأحجام العينات في الملحق أ قرارات تنفيذية؛ ولا تمسّ الأحكام المنهجية، وتأتي تطبيقات إثبات المفهوم في أعمال لاحقة.
- **الثوابت الإجرائية.** S_{max} ، N_{null} ، N_{pool} ، λ_{pool} ، η_{coll} ، q ، γ_{min} ، S_{min} ، τ ، و N_p ، و N_e ، ومستويات المئين خيارات تنفيذية، تُثبَّت قبل التجارب وتُفحص بتحليل الحساسية.
- **ترتيب المحاور.** يجعل إجراء غرام-شميت المحاور التشغيلية متوقَّفة على ترتيبها المصرَّح به؛ ويُصرَّح بالترتيب ضمن Def ، ويستعمل التوصيف العلائقي الاتجاهات الخام، التي لا تتوقف عليه.

11. الخاتمة

فحصت هذه الورقة أساس قياس المعنى في الذكاء الاصطناعي. فالقيم التي تعبّر عن المعنى في أنظمة الذكاء الاصطناعي — التشابهات، والانزياحات، والدرجات — تُحسب بدقة بالنسبة إلى مراجع ضمنية، أو مشتقة من المخرجات المقيسة، أو مختزلة. ويعالج منهج هذه المشكلة من أصلها.

وتُحدث ثلاثة قوانين هذا التغيير. فقانون ثنائية اتجاه الفحص يقتضي أن يُؤسّس إطار القياس قبل القياس، وفق الترتيب: المركزية العقدية ← المجال المفاهيمي ← نقطة الأصل الإحداثية ← إحداثيات المعنى. وقانون نقطة الأصل الإحداثية يقتضي نقطة أصل صريحة مستقلة عن الخاصية المقيسة، فيضيف بذلك إحداثيات مطلقة إلى ممارسة تعمل بإحداثيات نسبية. وقانون الصوابية يقتضي ألا ينتج الإطار غير المقبول أيّ قياس صحيح، فيُدخل بذلك فئة البطلان التأسيسي.

وينفذ النموذج الصوري هذه المقترضيات في فضاء مؤسّس يُقرأ عبر مرّز متعلّم. ويبرهن على أن الانتقالات لا تتغيّر بتغيّر نقطة الأصل في حين تتغيّر الانحرافات، وعلى أن المرجع المشتق من المخرجات المقيسة أعمى عن المكوّن المشترك لانزياحها. ويفصل القبول المنهجي عن قابلية التشغيل الحاسوبي، بحيث لا تُستنتج صلاحية الإطار أبداً من نجاح تنفيذه. ويجعل كذلك الانغلاق الاشتقاقي للقانون 7 — أي بلوغ ثابت معرفي — قابلاً للحساب عند دقة مصرّح بها، فيمنح المعالجة الاشتقاقية معياراً مؤسّساً للتوقف. ويثبت أن كل تمثيل متعلّم يعمل في ظل مركزية مضمّنة، ويجعل توجّه هذه المركزية قابلاً للقياس بالنسبة إلى تأطيرات مصرّح بها.

وتحدّد أربعة تصاميم تجريبية، لكلٍ منها مرجع مقارنة قوي، وحقيقة مرجعية مستقلة، واستئصال تجريبي يعزل مقترضيات منهج، كيف تُختبر القدرات الناتجة: كشف الخلل التأسيسي الذي تتركه الفحوص التقليدية غير مكشوف، والنسبة المفاهيمية للانزياح، ومحاور تقيس التمييزات الخاصة بالمجال، وتوصيف علائقي للتأطير المضمّن في التمثيلات المتعلّمة.

ومن ثمّ فإن التمييز بين الفضاء المتعلّم والفضاء المؤسّس ليس تمييزاً بين ترتيبين للمتجهات. إنه تمييز بين مرجع مفترّض ومرجع مؤسّس. فالتمثيل يوفّر إحداثيات؛ والحساب يوفّر نتيجة؛ والإطار المؤسّس يُرسي الشروط التي تكون بها هذه النتيجة قياساً للمعنى.

12. ملاحظة حول التطوير والاستخدام التجاري

«منهج» منهجية أصيلة تطلّ حقوقها الفكرية ونسبتها لمؤلفها.

ويتطلّب كل استخدام لـ«منهج»، أو إدماج له، أو تكييف، أو استغلال، أو تسويق، أو تنفيذ تجاري، الحصول المسبق على ترخيص كتابي من المؤلف في إطار رخصة تجارية مدفوعة.

ولا تُمنح أي رخصة تجارية مجانية. وكل ترخيص باستغلال «منهج» تجارياً يخضع بالضرورة لدفع رسوم الترخيص وللشروط التعاقدية التي يحددها المؤلف.

وتُحدّد شروط الرخصة التجارية، بما في ذلك نطاقها، ومدتها، ومجال استخدامها، والحقوق الممنوحة، والشروط المالية، ومتطلبات النسبة، والأحكام المتعلقة بالملكية الفكرية، في عقد يُبرم مع المؤلف.

ولا يشكّل نشر هذه الورقة العلمية، بأي حال من الأحوال، رخصة تجارية، ولا يمنح أي حق في استغلال «منهج» تجارياً.

ولا يجوز اعتبار أي استخدام تجاري، أو تسويق، أو إدماج في منتج أو خدمة، أو استغلال لمنهج لأغراض تجارية، مرخصاً لمجرد نشر هذه الورقة.

13. المراجع

وثائق «منهج»

1. Messeoud, Faouzi. *Intellectual Modeling Methodology (MANHAJ) — Reference Document — Version 1.0*. Zenodo, 15 September 2026. DOI: 10.5281/zenodo.22769627.
2. Messeoud, Faouzi. *MANHAJ: A Generative Methodological Framework for Intellectual Modeling*. Scientific Research Paper, Paper 1, Version 1.0, October 2026. DOI: 10.5281/zenodo.23138923.
3. Messeoud, Faouzi. *Examining Meaning Production in AI: a MANHAJ Framework*. Scientific Research Paper, Paper 2, Version 1.0, October 2026. DOI: 10.5281/zenodo.23214262.
4. Messeoud, Faouzi. *The Epistemological Foundations of Modern Humanities in Light of the Intellectual Modeling Methodology (MANHAJ): Posterior Inquiry, the Origin Point, and the Problem of Generalizing the Historical Model*. Scientific Research Paper, Paper 3, Version 1.0, October 2026. DOI: 10.5281/zenodo.23558985.

أعمال سابقة للمؤلف

1. مسعود، فوزي. *الربط اللامادي للتونسيين بفرنسا: كيف تُديم فرنسا تبعية التونسيين لها*. الطبعة الأولى. دار العلوي، 2023. ردمك 3-5-9684-9938-978.
2. مسعود، فوزي. *المركزية العقدية والمجال المفاهيمي: نحو فهم أسس الإخضاع الفرنسي للتونسيين*. دار وشمة (تونس)، 2024. ردمك 5-6-9740-9938-978.

الذكاء الاصطناعي والتمثيل

Alain, G., & Bengio, Y. (2017). Understanding intermediate layers using linear classifier probes. *ICLR 2017 Workshop Track*. arXiv:1610.01644.

Bolukbasi, T., Chang, K.-W., Zou, J. Y., Saligrama, V., & Kalai, A. T. (2016). Man is to computer programmer as woman is to homemaker? Debiasing word embeddings. *Advances in Neural Information Processing Systems* 29.

Brown, T. B., Mann, B., Ryder, N., et al. (2020). Language models are few-shot learners. *Advances in Neural Information Processing Systems* 33, 1877–1901.

Ethayarajh, K. (2019). How contextual are contextualized word representations? Comparing the geometry of BERT, ELMo, and GPT-2 embeddings. *Proceedings of EMNLP-IJCNLP 2019*, 55–65.

Golchin, S., & Surdeanu, M. (2024). Time travel in LLMs: Tracing data contamination in large language models. *International Conference on Learning Representations (ICLR 2024)*. arXiv:2308.08493.

Kim, B., Wattenberg, M., Gilmer, J., Cai, C., Wexler, J., Viegas, F., & Sayres, R. (2018). Interpretability beyond feature attribution: Quantitative testing with concept activation vectors (TCAV). *Proceedings of the 35th International Conference on Machine Learning*, PMLR 80, 2668–2677.

Mu, J., & Viswanath, P. (2018). All-but-the-top: Simple and effective postprocessing for word representations. *International Conference on Learning Representations (ICLR 2018)*. arXiv:1702.01417.

Panickssery, A., Bowman, S. R., & Feng, S. (2024). LLM evaluators recognize and favor their own generations. *Advances in Neural Information Processing Systems* 37. arXiv:2404.13076.

Sainz, O., Campos, J. A., García-Ferrero, I., Etxaniz, J., Lopez de Lacalle, O., & Agirre, E. (2023). NLP evaluation in trouble: On the need to measure LLM data contamination for each benchmark. *Findings of the Association for Computational Linguistics: EMNLP 2023*. arXiv:2310.18018.

Shumailov, I., Shumaylov, Z., Zhao, Y., Papernot, N., Anderson, R., & Gal, Y. (2024). AI models collapse when trained on recursively generated data. *Nature*, 631, 755–759. <https://doi.org/10.1038/s41586-024-07566-y>

Wang, H., Li, Z., Feng, L., & Zhang, W. (2022). ViM: Out-of-distribution with virtual-logit matching. *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR 2022)*, 4921–4930.

Zheng, L., Chiang, W.-L., Sheng, Y., et al. (2023). Judging LLM-as-a-judge with MT-Bench and Chatbot Arena. *Advances in Neural Information Processing Systems 36 (Datasets and Benchmarks Track)*.

Zou, A., Phan, L., Chen, S., et al. (2023). Representation engineering: A top-down approach to AI transparency. arXiv:2310.01405.

الإحصاء

Benjamini, Y., & Hochberg, Y. (1995). Controlling the false discovery rate: A practical and powerful approach to multiple testing. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*, 57(1), 289–300. <https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1995.tb02031.x>

Benjamini, Y., & Yekutieli, D. (2001). The control of the false discovery rate in multiple testing under dependency. *The Annals of Statistics*, 29(4), 1165–1188. <https://doi.org/10.1214/aos/1013699998>

Krippendorff, K. (2018). *Content Analysis: An Introduction to Its Methodology* (4th ed.). SAGE Publications.

Owen, A. B. (2007). The pigeonhole bootstrap. *The Annals of Applied Statistics*, 1(2), 386–411. <https://doi.org/10.1214/07-AOAS122>

الملحق أ. البروتوكول الإجرائي (مقترح)

أ.1. منزلة هذا الملحق

يحدّد هذا الملحق البروتوكول الإجرائي الذي يمكن به تنفيذ التصاميم التجريبية في القسم 8. وهو ينتمي إلى مستوى التنفيذ: فلا يضيف شيئاً إلى الأحكام المنهجية للورقة، وخياراته — إجراءات الاختبار، والعتبات، وأحجام العيّات — قرارات تنفيذية تُتّخذ قبل أي تجربة وتُفحص بتحليل الحساسية. وتُثبت قيم الثوابت المصرّح بها، وبروتوكولا التعرّف والفحص Rec و Π ، في وثيقة البروتوكول التي تسبق التجارب.

أ.2. الإعداد والتوسيم

- **المرمّز.** مرمّز رئيسي واحد على مستوى الجملة، خارجي بالنسبة إلى الأنظمة المؤدّة وثابت عبر الحالات، مع مرمّز ثانٍ لاختبار المتانة. وتستعمل التجربة E4 ثلاثة مرمّزات (الملحق أ.6).
 - **الأنظمة المؤدّة.** نموذج لغوي واحد ينتج المخرجات؛ وأجيال التدريب الذاتي أو الإصدارات المتعاقبة للنموذج كما هو محدّد في E2، وكلها مرمّزة بالمرمّز الثابت نفسه.
 - **المجالات.** مجال الأسرة في الورقة 02، الذي يوفّر حالة ملموسة لتوثيق الشرط C ، والمجال الأكاديمي في سيناريو الأستاذ الجامعي من الورقة 02.
 - **توثيق الإطار.** لكل مجال: سجلّ التعرّف على Γ_F الذي ينتجه Rec ؛ وتحديد $D(\Gamma_F)$ ؛ والتعريفات الإجرائية Def ؛ والمجموعات E_0 و $E_K^\pm$ و P و H ؛ وسجلّ بروتوكول يربط كل عنصر بخطوته في الترتيب التأسيسي.
- ويجهل المويّمون حالات المرجع والقيم المقيسة. ومهامّهم: وجود التغيّر الدلالي ومقداره؛ واتجاه التغيّر بالنسبة إلى تمييزات المجال المصرّح بها؛ وحفظ المعنى في عناصر الضبط؛ وانتماء العناصر المحجوزة إلى المجال. ويُعلن الاتفاق بمعامل ألفا لكريبندورف α (Krippendorff, 2018)؛ وتُحلّل العناصر الواقعة دون عتبة محدّدة مسبقاً على حدة.

أ.3. التجربة E1 — الإجراء

- الأطر. أطر سليمة، مؤسّسة وفق الإجراء الكامل؛ وأطر مخترقة، يحمل كلّ منها خلاً معلوماً واحداً:
- (a) **التلوّث:** صيغ مرجعية تتداخل مع المخرجات المقيسة أو تكون شبه مكرّرة لها (I_{comp})؛
 - (b) **المصدر:** صيغ مرجعية أنتجها النظام الخاضع للتقييم (I_{doc})؛
 - (c) **الاستيراد غير المصرّح به:** مادة مرجعية من مجال آخر أو مركزية أخرى دون تصريح (C)؛
 - (d) **محاور غير مميّزة (Q).**
- الفحوص التقليدية.** تُطبّق الإجراءات الراسخة التالية على كل إطار، سليماً كان أو مخترقاً، وتُعلن نتائجها حسب نوع الخلل:

- **تداخل المتتاليات اللفظية (n-gram)** بين الصيغ المرجعية والمخرجات المقيسة (تداخل 13-gram، كما يُستعمل في تحليلات تلوّث النماذج اللغوية الكبيرة؛ Brown et al., 2020)؛
- **كشف شبه التكرار بالتضمينات** بين الصيغ المرجعية والمخرجات، بعتبة تشابه مصرّح بها؛
- **كشف التلوّث بالتعليمات الموجهة**، الذي يختبر هل يُكمل النظام الخاضع للتقييم صيغاً مرجعية سبق أن صادفها (Golchin & Surdeanu, 2024)؛

- **الفحوص التوزيعية للمقاييس المعيارية نفسها:** مقارنة توزيعاتها بين الأطر السليمة والأطر المخترقة.

الإجراء. (1) حساب المقاييس المعيارية — التشابه، والانزياح، وكشف التغير — داخل كل إطار. (2) تطبيق الفحوص التقليدية أعلاه. (3) تطبيق الحارس: $Op_{comp}(F)$ حاسوبياً؛ و $Adm_M(F)$ بواسطة مراجعين مستقلين يطبقان البروتوكول المكتوب، دون علم ببناء الإطار.

المعلومات المتاحة لكل إجراء. تختبر المقارنة الإجراءات، لا الفروق في المعلومات المقدمة لها. فكل إجراء يتلقى مادة الإطار نفسها: مجموعات الصيغ، والمخرجات المقيسة، وتوثيق الإطار — بما في ذلك سجلات المصدر وسجل التعريف الذي ينتجه Rec — متى كان الإجراء قادراً على استعمالها. والخلل نوعان يُحلَّلان على حدة: **خلل مسجل**، يوجد أثره في التوثيق (مثلاً سجل مصدر يبين أن صيغاً أنتجها النظام الخاضع للتقييم)، و**خلل غير مسجل**، يجب العثور على أثره ببحث مستقل (مثلاً استيراد غير مصرح به لا يذكره التوثيق). ويبين كشف الخلل المسجل أن الفحص المنهجي يستعمل معلومات لا تفحصها الفحوص التقليدية؛ ويختبر كشف الخلل غير المسجل هل يستطيع الفحص العثور على ما لا يذكره التوثيق. (4) مقارنة الاستنتاجات المستخلصة في كل إطار بالحقيقة المرجعية في الملحق أ.2.

المقاييس. الفروق في المقاييس المعيارية بين الأطر السليمة والمخترقة؛ ومعدل كشف الحارس ومعدل الإنذارات الزائفة، يُعلنان على حدة للإخفاقات المنهجية (c، b) والحاسوبية (d، a)؛ والاتفاق بين المراجعين على Adm_M ؛ ومعدل خطأ الاستنتاجات في الأطر المخترقة بالنسبة إلى الحقيقة المرجعية.

تأويل النتائج المخالفة. إذا كشفت إجراءات التدقيق الراسخة بعض الخلل التأسيسي، فإن النتيجة تضيق فئة الخلل الذي يكون الحارس ضمانته الوحيدة وتحدد إسهامه بدقة. وإذا كان اتفاق المراجعين على Adm_M ضعيفاً، فإن النتيجة تثبت أن بروتوكول التوثيق يقتضي دقة أكبر؛ وبما يتسق مع القسم 5.3، فإن ذلك يتعلق بتنفيذ شروط القبول، لا بالقانون 3.

أ.4. التجربة E2 — الإجراء

الحالات.

- (i) **انزياح دلالي مبني:** مخرجات معدلة نحو مواقع مصرح بها في المجال أو بعيداً عنها، بمقادير مندرجة، يتحقق الموصِّمون من كلٍّ منها.
- (ii) **حالات الضبط:** تغييرات في الصياغة والأسلوب والطول يؤكد الموصِّمون أنها حافظة للمعنى.
- (iii) **انزياح جماعي طبيعي:** أجيال متعاقبة من التدريب الذاتي أو إصدارات متعاقبة من نموذج، مع عينات موسومة.

المقاييس. تمييز الانزياح الدلالي من التغير الحافظ للمعنى (AUROC) لـ R1–R4؛ والإنذارات الزائفة على حالات الضبط؛ والارتباط بين الانحراف المقيس والمقدار الموسوم؛ والاتفاق بين المحور الذي تنسب إليه R4 الانزياح والاتجاه الذي يحدده الموصِّمون (R4 و R3a؛ أما R3 فلا تقدم نسبة)؛ وبالنسبة إلى الحالة (iii)، حصة المكون المشترك، δ || منسوباً إلى متوسط δ_t ||، في الفضاء الكامل وفي الإحداثيات المسقطة ($U^T \delta$ ||).

تأويل النتائج المخالفة. إذا تقارب أداء R4 و R3a، فإن النتيجة تضع التوقع الحالي في تقنية المحاور بالنسبة إلى هذا المجال وهذا المرمز، وتوجه الانتباه إلى تحديد الترتيب التأسيسي في توثيق الإطار؛ وتبقى قوة القانون 4 في مقابل المراجع المشتقة من المخرجات ثابتة بالقضية 2. وإذا كان المكون المشترك صغيراً في الوضع المختبر، تبقى القضية 2 ثابتة، وتحدد النتيجة أنظمة الانزياح التي تكون فيها نتائجها أوضح.

أ.5. التجربة E3 — الإجراء

الأطر. R4: ترتيب تأسيسي كامل، موثق. R3a: التقنية نفسها، وعدد المحاور نفسه، وعدد الصيغ نفسه، انطلاقاً من أمثلة ملائمة. R4u: محاور مشتقة دون إشراف من بيانات من داخل المجال (المكونات الرئيسية).

الحقيقة المرجعية. يحكم خبراء في المجال على مواقع العناصر المحجوزة وانتمائها إلى الأقطاب. ويضمن الاستقلال بأربع قواعد: لا يشارك الخبراء في كتابة *Def*، ولا صيغ أقطاب R4، ولا الأمثلة الملائمة لـ R3a؛ ويجهلون أي إطار أنتج أي محور؛ ويحكمون على عناصر لا على محاور؛ وتُجمع أحكامهم قبل إسقاط أي إطار على العناصر المحجوزة.

المقاييس. ارتباط الرتب بين الإحداثيات المسقطة وأحكام الخبراء؛ وقدرة التمييز على العناصر المحجوزة؛ والفصل بين العناصر التي من داخل المجال والعناصر التي من خارجه بمؤشر الخروج r_t (AUROC).

الضبط. تُثبت معايير المطابقة — العدد، والطول، والتنوع اللفظي — قبل بناء أي من الإطارين. وتجمع أمثلة R3a فرقة منفصلة وفق إجراء معاينة مصرّح به، دون اطلاع على أقطاب R4؛ ويتحقق من المطابقة بعد ذلك موسّمون معّمون، يقيمون أيضاً جودة الإطارين. وبذلك تعزل المقارنة الترتيب التأسيسي عن انتقاء الخبراء دون أن تمنح أيًا من الإطارين ميزة غير مقصودة.

تأويل النتائج المخالفة. إذا تفوّقت R4 على R4u دون R3a، فإن النتيجة تثبت أن المحاور المبنية من أمثلة مصرّح بها أو منتقاة تتفوّق على المحاور المستخرجة من البيانات في هذا الوضع؛ ويقتضي الأثر الإضافي للترتيب التأسيسي، زيادةً على انتقاء الأمثلة، أن تُجعل العناصر المميّزة للترتيب أكثر صراحة في توثيق الإطار. وإذا تفوّقت R4 على R3a دون R4u، فإن البنية المستخرجة من البيانات تلتقط تميزات المجال في هذا الوضع، وتُفحص مقارنة R4 بـ R4u حسب المجال وحسب المحور.

أ.6. التجربة E4 — الإجراء

المفاهيم. مفهومان مرشّحان تختلف تعريفاتهما الإجرائية باختلاف المركزيات: الأسرة، استمراراً لمجال الأسرة في الورقة 02؛ والتقدّم، الذي يتوقّف معناه على السلم الذي يُعرّف به (الورقة 03، القسم 5.1). ولا يُعتمد كلّ منهما إلا إذا أنتج *Rec* عناصر مميّزة تكفي لستة محاور مميّزة على الأقل لكل مركزية.

الأطر. لكل مفهوم، إطاران F_A و F_B ، مؤسّسان على مركزيّتين، كلّ منهما معترف بها عبر *Rec* مع تأطير مصدر، وآثار اشتقاق، وعناصر مميّزة موثّقة. ويستوفي الإطاران $Adm_M = 1$. وتصف التجربة المرمرّ بالنسبة إلى التأطيرين؛ ولا تقيّم التأطيرين.

المحاور. يحتوي كل إطار ستة محاور مشتركة وستة محاور مميّزة على الأقل، بأعداد متساوية في الإطارين. ويُحدّد كل تمييز مشترك مرة واحدة، بتعريف مقبول تحت المركزيّتين بمضمون الأقطاب نفسه، وتُكتب صيغه منفصلة داخل كل إطار وفق البروتوكول نفسه؛ ويحكم موسّمون معّمون هل تعبّر المحاور المشتركة المتقابلة عن التمييز نفسه، وتُستبعد الأزواج الواقعة دون عتبة اتفاق محدّدة مسبقاً مع نظيراتها. وتُشتق المحاور المميّزة من العناصر المميّزة لكل مركزية. ومن ثمّ يتضمّن التصميم الأدنى $m = 48$ نسخة محور لكل مرمرّ (12 نسخة مشتركة و12 نسخة مميّزة لكل مفهوم).

المطابقة وضبط الكتابة.

- تُطابق مجموعات الصيغ بين الإطارين في العدد لكل قطب، والطول، والتنوع اللفظي، والسجل اللغوي.
- تكتب مجموعتان مستقلتان من الكتاب، كلّ منهما متمكّنة من التأطيرين، للإطارين كليهما، بحيث تتوزّع آثار الكتاب بالتساوي (كتابة متوازنة).

- تُسجّل هويات الكتّاب. ويُصرّح مسبقًا بنمط الإنتاج — مستقل أو مزدوج — لكل مفهوم. ويقدم كل كاتب أعدادًا متساوية من الصيغ لقطبي كل نسخة محور يشارك فيها؛ وتستوفي صيغ الكاتب الواحد للقطب الواحد $\tau < \text{dup}$ ؛ ولا تُنتج أي صيغة بتعديل صيغة أخرى للقطب نفسه.
- مع $m = 48$ و $q = 0.05$ ، تعطي شروط الإمكان في الملحق أ.7 أن $B + 1 \geq 4,281$ ، وبالنسبة إلى اختبار تبادل الكتّاب، $m_w \geq 14$ كاتبًا لكل نسخة محور؛ ويُعتمد $B = 10,000$. ويُحدّد العدد النهائي للكتّاب بتحليل القوة الإحصائية.
- يقيم موسّمون معّمون جودة الصيغ، وتُعلن لكل إطار ولكل نوع محور.

المرمّزات. ثلاثة مرمّزات تُختار لاختلاف مدوّنات تدريبها — مثلاً مرمّز متمركز حول الإنجليزية، ومرمّز متعدّد اللغات، ومرمّز ذو تدريب معتبر باللغة العربية. وتغيّر التوجّه بين مرمّزات ذات مدوّنات مختلفة جزءً في حدّ ذاته من توصيف I_L ، وتُعلن بوصفه تغيّراً. وحين يتوافر زوج من المرمّزات متقارب في البنية والأبعاد والأهداف لكنه مختلف في بيانات تدريب موثّقة، يُضاف بوصفه مقارنة مضبوطة.

المقاييس.

- **الرئيسي:** مؤشر التوجّه $O(\varphi; F_A, F_B)$ في القسم 6.15، مع المتوسطات الهندسية G على مستوى الخلايا، ونسبتي التحقّق v_{sh} و v_{dist} ، وعدد نسخ المحاور المنهارة وقيم الأرضية المجمّعة في كل خلية، وتحليلي الحساسية في الملحق 8.
- **الضبط اللفظي:** يُحسب كل فصل أيضاً بمرمّز لفظي (TF-IDF). وبعد تسقيف كلّ منهما على حدة، يحلّ الفصل المعدّل لفظياً $L_k = \log \bar{S}_k^\varphi - \log \bar{S}_k^{\text{lex}}$ محلّ $\log \bar{S}_k$ ليعطي O_{lex} . ولأن O فرق مضاعف، فإن الإزاحات الثابتة بين سلّمي المرمّزين تزول؛ أما الفروق غير الخطية والفروق في تأثير السلّم على المحاور المشتركة والمميّزة فلا تزول، ولذلك يُعلن O_{lex} إلى جانب O بوصفه التوجّه الزائد على ما يبلغه الضبط اللفظي المحدّد.
- **مساعدة:** γ_k وتباين الخروج $\Delta \bar{r} = \bar{r}_H(F_B) - \bar{r}_H(F_A)$ ، يُعلنان على حدة ولا يُدمجان في O .
- **المتانة:** إعادة حساب O بحذف محور واحد في كل مرة؛ وموثوقية التجزئة النصفية لـ $\bar{S}_k$ داخل كل قطب.

التحليل الإحصائي.

- **التقدير الرئيسي.** لكل مرمّز ومفهوم، يُحسب $\bar{S}_k$ لكل نسخة محور من الصيغ المجمّعة لمجموعتي الكتّاب، ويُحسب O وفق تعريفه؛ وتُعلن أيضاً لكل مجموعة كتّاب على حدة.
- **عدم اليقين.** يُسهم الكتّاب في عدة نسخ محاور، فيشكّل الكتّاب والتميّزات تصميمًا متقاطعًا. وتُحصّل فترات الثقة لـ O بإعادة معاينة ثنائية الاتجاه (Owen, 2007) (pigeonhole bootstrap)، يُعاد فيها في كل تكرار معاينة: (1) الكتّاب، مرة واحدة في كل تكرار داخل كل مجموعة كتّاب، ويحمل كل كاتب أُعيدت معاينته جميع صيغه عبر جميع نسخ المحاور؛ (2) التميّزات، باستقلال — التميّزات المشتركة أزواجاً تُبقي نسختها في الإطارين معاً، والتميّزات المميّزة داخل إطارها؛ (3) الصيغ داخل كل كاتب وقطب ونسخة محور. ولا يُعاد معاينة مجموعات الكتّاب.
- **التأكيد بالنموذج.** يُطابق نموذج تأثيرات مختلطة تكون فيه مجموعة الصيغ (k, f, w) وحدة الملاحظة:

$$y_{kfw} = \beta_0 + \beta_F F + \beta_T T + \beta_{FT} (F \times T) + \beta_W W + d_k + a_{kf} + \epsilon_{kfw},$$

حيث $y_{kfw} = \log \bar{S}$ محسوبًا من صيغ المجموعة (k, f, w) ؛ و F و T و W تأثيرات ثابتة للإطار ونوع المحور ومجموعة الكتّاب؛ و d_k مقطع عشوائي لهوية التمييز، تشترك فيه نسختا التمييز المشترك؛ و a_{kf} مقطع عشوائي لنسخة المحور. ولا تدخل الصيغ إلا عبر حساب y_{kfw} . ولأن لوغاريتم الفصل المجمع ليس

متوسط لوغاريتمات الفصول على مستوى المجموعات، فإن β_{FT} و O مقداران مقدّران مترابطان لكنهما متميّزان؛ و O هو الرئيسي، ويُعلن الاتفاق في الإشارة والمقدار بوصفه تأكيدًا.

- نطاق الاستدلال. وحدة الاستدلال هي التمييز. ولا تُعامل الصيغ الآتية من تأطيرات مختلفة أبدًا بوصفها قابلة للتبادل؛ ولا تُفترض قابلية التبادل إلا لتسميات الأقطاب داخل طبقة واحدة، تحت الفرضية الصفرية لاختبار التحقق.

تأويل النتائج المخالفة.

- غياب التوجّه ($0 \approx O$ مع مستويات فصل متقاربة في الخلايا الأربع): يَحَقِّق المرمِّز المضمون المميّز للتأطيرين تحقيقًا متقاربًا بالنسبة إلى هذين المفهومين. وهذا يصف Γ_L بأنها لا تميّز بين التأطيرين في هذين المفهومين، ويوجّه إلى اختيار مفاهيم ذات عناصر مميزة أحد. ولا يمس وجود Γ_L .
- محاور مميزة ضعيفة في الإطارين، ومحاور مشتركة قوية ($0 \approx O$)، ثابت من الفصول على مستوى الخلايا G ومن v_{dist} : يحتفظ المرمِّز بما تشترك فيه التأطيرات ويسطّح ما يميّزها. وهذا في حدّ ذاته توصيف لـ Γ_L .
- مرمِّز منهار بالنسبة إلى مفهوم (ثابت بشرط الانهيار المستقل): يُعلن بوصفه توصيفًا جوهريًا (الملحق أ.8).
- مؤشر غير قابل للحساب وفق قاعدة الأرضية: يُعلن كذلك، دون استخلاص أي استنتاج حول Γ_L .
- توجّه يتغيّر بتغيّر مجموعة الكتاب: تعكس النتيجة الكتابية لا التأطير، ويُدقّق بروتوكول المطابقة قبل التأويل.

7. اختبار التحقق

يُقِيمُ التحقق لكل نسخة محور باختبار تبديل تتبع بنيته نمط إنتاج الصيغ المصرّح به:

- الإنتاج المستقل: تُكتب كل صيغة باستقلال، ويقدم كل كاتب أعدادًا متساوية من الصيغ لقطبي نسخة المحور. وتُبدّل تسميات الأقطاب داخل كل كاتب، مع حفظ عدد الصيغ لكل قطب؛ وتُجمع الطبقات عبر مجموعتي الكتاب.

- الإنتاج المزوج: تُكتب كل صيغة موجبة مع صيغة سالبة مقابلة، ولا تُتبادل التسميات إلا داخل الأزواج.

وفي النمطين، الإحصائية هي الفصل الخام S_k كما عُرّف أعلاه، مع إعادة حساب a_k و v_k و $s_k^{\pm}$ في كل تبديل، لأن الاتجاه نفسه يُقدّر من التسميات. وتحت الفرضية الصفرية القائلة إن المرمِّز لا يفصل بين القطبين، تكون الصيغ قابلة للتبادل بين القطبين داخل كل طبقة. ويدعم البروتوكول هذا الافتراض باشتراط ألا تكون صيغ الكاتب الواحد للقطب الواحد إعادات صياغة متقاربة لبعضها ($\text{dup} < \tau$) وألا تُنتج أي صيغة بتعديل صيغة أخرى للقطب نفسه. وحيث يتعدّر استبعاد الاعتماد داخل الكاتب الواحد، يبادل اختبار تبادل الكتاب، وهو أخشن، مجموعات الأقطاب الكاملة لكل كاتب بوصفها وحدات.

وتكون نسخة المحور متحققة إذا كان فصلها دالًا بعد ضبط معدل الاكتشافات الزائفة بإجراء بنياميني-يكوتيلي عند مستوى مصرّح به q ، عبر كل نسخ المحاور للمرمِّز نفسه (Benjamini & Yekutieli, 2001). وإجراء بنياميني-يكوتيلي هو الإجراء الرئيسي لأنه يضبط معدل الاكتشافات الزائفة تحت اعتماد اعتباطي. فالكتاب يُسهمون في عدة محاور، فتكون الاختبارات معتمدة، والشرط الذي تُضمن تحته صلاحية إجراء بنياميني-هوخرغ (1995) — الاعتماد الانحداري الموجب على مجموعة الفرضيات الصفرية الصادقة — لا يمكن إثباته لهذه الإحصائيات؛ وتُعلن نتائج بنياميني-هوخرغ بوصفها تحليل حساسية. ومع m نسخة محور في عائلة الاختبارات و $H_m = \sum_{i=1}^m 1/i$ ، يجب أن يَحَقِّق عدد التبديلات B

$$\frac{1}{B+1} < \frac{q}{m H_m},$$

ولا يكون اختبار تبادل الكتاب مقبولا إلا إذا كان $q/(m H_m) < 2^{1-m_w}$ ، حيث m_w عدد الكتاب المسهمين في كل نسخة محور. وهذه شروط إمكان؛ أما أحجام العينات فتحدد بتحليل القوة الإحصائية. ويرمز v_{sh} و v_{dist} إلى نسبي نسخ المحاور المشتركة والمميّزة المتحققة. ويُعلن تصنيف التحقق إلى جانب مؤشر التوجّه ولا يدخل فيه.

أ.8. قاعدة الأرضية، والانهياء، والاعتماد

قاعدة الأرضية. لا تُستعمل الأرضية إلا لغرض واحد: إسناد قيمة إلى نسخة محور يكون فيها $a_k = 0$. وتدخل هذه القيمة ملف التحقق ومؤشر التوجّه بوصفها كمية تشخيصية؛ ولا تجعل المحور غير المعروف محورا تشغيليا (القسم 6.6). ولكل نسخة محور، تُقيّم كل قيمة مبدلة وفق جدول الحالات نفسه: القيمة المبدلة التي فيها $a_k \neq 0$ وتشنت صفري تُجعل S_{max} ؛ والتي فيها $a_k = 0$ وتشنت موجب تُجعل 0؛ والتي فيها $a_k = 0$ وتشنت صفري غير معرفة وتُستبعد. وتُسَقَّف كل القيم عند S_{max} . ثم:

1. **الأرضية الخاصة بالمحور.** إذا بقيت N_{null} قيمة صفرية صالحة على الأقل وكان وسيطها موجبا، فإن $S_{floor,k}$ هو هذا الوسيط: الفصل المنتظر من تغيّر المعاينة وحده.

2. **الأرضية المجمعة.** وإلا فإن أرضية نسخة المحور هذه غير قابلة للتقدير، ويُجعل $S_{floor,k}$ مساويا للأرضية المجمعة: وسيط الوسائط الصفرية الموجبة الخاصة بنسخ المحاور الأخرى في الإطارين، للمرّمز والمفهوم نفسيهما، بشرط وجود N_{pool} من هذه الوسائط على الأقل. ولأنها تُحسب عبر الإطارين، فإن الأرضية المجمعة لا تمنح أيّا منهما ميزة.

3. **مؤشر غير قابل للحساب.** إذا احتاجت نسخة محور فيها $a_k = 0$ إلى أرضية وكان متاح أقل من N_{pool} وسيطا خاصا بالمحاور، يُعلن 0 بوصفه غير قابل للحساب وفق هذه القاعدة بالنسبة إلى ذلك المرّمز والمفهوم. ولا يُستخلص من هذه النتيجة أي استنتاج تجريبي حول Γ_L .

الانهيار بوصفه معطى مستقلا. يُعلن عدد نسخ المحاور المنهارة، الثابت بالشرط المستقل أعلاه، لكل خلية (إطار × نوع محور). وإذا كانت معظم نسخ المحاور لمفهوم ما منهارة وفُحصت سلسلة الترميز بحثا عن أعطال تقنية (مدخلات مبتورة، أو فارغة، أو مجمعة في دفعات خاطئة)، يُعلن المرّمز منهارة بالنسبة إلى المفهوم: فهو لا يميّز صيغ أيّ من التأطيرين. ويقوم هذا المعطى على شرط الانهيار نفسه، لا على سلوك التوزيع الصفري.

هيمنة الأرضية المجمعة. لا تحلّ قيمة الأرضية محلّ الفصل الملاحظ إلا حين $a_k = 0$. وإذا تجاوزت نسبة نسخ المحاور التي تحدّد الأرضية المجمعة قيمتها في أي خلية سقفا مصرحا به λ_{pool} ، يُعلن 0 بوصفه وصفاً ويُنَبّه عليه، ولا يُستعمل نتيجة رئيسية لذلك المرّمز والمفهوم، لأن أرضية مشتركة ستهيمن حينئذ على المقارنة.

بنية الاعتماد. يستعمل نوعا الاستدلال وحدتين مختلفتين. فاختبار التحقق يعمل داخل نسخة محور واحدة، على الصيغ، مع قابلية تبادل مقصورة على الكاتب الواحد أو الزوج الواحد؛ أما الاعتماد بين نسخ المحاور، الذي ينشئه الكتاب المسهمون في عدة محاور، فيعالجه إجراء بنياميني-يكوتيلي. وتعامل فترات الثقة لـن الكتاب والتمييزات بوصفها عوامل متقاطعة وتستعمل إعادة المعاينة ثنائية الاتجاه في الملحق أ.6؛ ولا تُعامل أي صيغة بوصفها ملاحظة مستقلة في أيّ من الإجراءات.

ويُعلن تحليلا حساسية: $S_{floor,k}$ مساويا للربيع الأدنى للقيم الصفرية الصالحة، مع الرجوع نفسه إلى الأرضية المجمعة؛ وفصل مؤرّض عند مستوى الصدفة، تُرفع فيه كل قيمة $\bar{S}_k$ تقع دون أرضيتها $S_{floor,k}$ إلى هذه الأرضية.

أ.9. التحليل الإحصائي العام

تُحدّد التوقعات، والعتبات، وعائلات الاختبارات، وخطط التحليل قبل جمع البيانات. وتُحصّل فترات الثقة بإعادة المعاينة (bootstrap) الملائمة لبنية كل تجربة. وتُطبّق تصحيحات المقارنات المتعدّدة عبر حالات المرجع. وتُغيّر تحليلات الحساسية ρ و ε و $\gamma_{\min}$ و $S_{\min}$ و $S_{\max}$ وقاعدة الأرضية. وتُحدّد أحجام العينات بتحليل القوة الإحصائية؛ ولا يُخلط الحد الأدنى من المادة اللازمة لحساب إحصائية ما بالمادة الكافية لدعم الاستدلال. وتُنبت قيم كل الثوابت المصرّح بها في بروتوكول إجرائي قبل التجارب.