

النمذجة القائمة على العون "ABM" مقارنة واعدة لمستقبل النمذجة الاقتصادية الكلية

Agent Based Modeling A promising approach for the future of macroeconomic modeling

مزياني مريم¹ ، بوعراب رباح²

¹ جامعة الجزائر 3 (الجزائر)، meziani.meriem70@gmail.com

² جامعة الجزائر 3 (الجزائر)، bouarab.rabah@univ-alger3.dz

تاريخ النشر: 2025/12/26

تاريخ القبول: 2025/06/30

تاريخ الاستلام: 2025/04/29

ملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى تسليط الضوء على أحد أشكال المقاربات الحديثة المعروضة في مجال النمذجة الاقتصادية الكلية وهي النمذجة القائمة على العون، والتي تشكل بديلا للنمذجة النيوكلاسيكية ذات الخلفية النظرية بعد انهيار أسسها بالتزامن مع الأزمة المالية العالمية لـ 2008. تجسد ABM نوعا من الطرح في سياق معالجة أوجه القصور التي تعترى (تحديدا) نماذج التوازن العام الديناميكية العشوائية، كما ويُعتمد في بنائها على تبني وتضمين أسس ومفاهيم من تخصصات عديدة مختلفة، وعلى رأسها مجال الحوسبة، هذا الأخير الذي تُعدّ أدواته الأساس في تطويرها، إلى جانب أنها تسمح بتخفيف التعامل مع المستويات العالية من التعقيد التي تعرضها نماذجها.

كل من الإطار العام التعريفي، خصائص واستخدامات النمذجة القائمة على العون إلى جانب خطوات البناء، وأيضا مختلف التقييمات المعروضة لباحثين وخبراء بالمجال لكل من المزايا وحتى أوجه القصور للمقاربة التي لا يزال العمل والبحث على تطويرها وصقلها ساريا إلى يومنا، يتم التطرق إليه بشيء من التفصيل ضمن صفحات هذا البحث.

الكلمات المفتاحية: ABM/ACE، التعقيد، الخصائص الظاهرة، القواعد السلوكية، طرق التقييم.

تصنيف JEL: C63 ; E70; C15; C180

Abstract:

This study aims to shed the light on one of the modern approaches in the macroeconomic modeling field, which is the Agent Based Modeling that represent an alternative to the neo-classical one with his theoretical background, according to his failing in predicting and dealing with 2008 financial crisis. ABM offers an addition, as a kind of solutions addressing shortages DSGE models (specifically) suffer from. developing such kind of models depend on adopting concepts and bases from other disciplines, especially computing, which, similar to the construction process, works on mitigating and addressing the high level of complexity these models show.

The conceptual framework, characteristics and uses of the ABM, construction steps, as well as evaluations displayed by researchers and experts (both of advantages and shortages), are addressed in some details within this paper.

Keywords: ABM/ACE approach, complexity, emergent properties, behavioral rules, assessment techs.

Jel Classification Codes : E70; C15; C180 ; C63

على غرار النماذج النيوكلاسيكية (NEO) وتحديدًا نماذج التوازن العام الديناميكية العشوائية (DSGE) التي كانت واسعة الاستخدام إلى حين وقوع الأزمة المالية لسنة 2008، فإن مجمل المقاربات الهيكلية ذات الخلفيات النظرية المختلفة والقائمة عموماً على اعتماد قيود في شكل فرضيات مبسطة تسمح بإمكانية الدراسة والتحليل للظواهر ضمن إطار تجريدي مبسّط، تعرّضت إلى انتقادات شديدة لعجزها عن التنبؤ بالأزمة بشكل مسبق وحتى عن تقديم حلول معالجة أو التخفيف من آثارها.

على الجانب المقابل، وعلى النقيض مما سبق بدأت الأبحاث التجريبية تحظى باهتمام واسع متزايد، خاصة مع التطورات الكبيرة في مجال الحوسبة التي ساهمت بدورها (ولا تزال) في تحسين وتطوير تقنيات وأدوات التحليل والتنقيب عن البيانات والتعامل مع البيانات الضخمة، الأمر الذي تسبب في اتساع وزيادة حجم الفجوة ما بين النظرية والتجريب واحتدام الصراع المنهجي القائم في مجال النمذجة ما بين مؤيدي نهج النظرية أولاً مقابل نهج البيانات أولاً، خصوصاً وأن هذا الأخير بدأت جودة مخرجاته في التجلي فيم تعلق بأبحاث النمذجة والتخصيص وحتى التنبؤ. هذه النتائج دفعت بالباحثين إلى ترجيح الجانب التجريبي وتبني مقاربات تقوم على أساسه. إحدى أشكالها الواعدة ما يعرف بالنمذجة القائمة على العون (Agent Based Modelling) التي تدعو وبشكل يمكن وصفه بالمتطوّف إلى تجاهل الارشادات والتوجيهات النظرية المسبقة بشكل كلي كونها ترى أنها مضللة غالباً، واتجه باحثوها بذلك مباشرة نحو بحث مسألة كيفية الاستفادة بأقصى قدر ممكن من المعلومات المعروضة في ضل البيانات المتاحة، إلى جانب الاستعانة بأدوات الحوسبة الحديثة لترجمتها إلى تخصيصات ونماذج تسمح بتمثيل ودراسة الظواهر خصوصاً ذات مستويات التعقيد العالية منها على نحو أفضل.

من أجل الإلمام بمختلف جوانب الموضوع، وبهدف تبيان مضمون المقاربة ودورها في تحسين مجال النمذجة الاقتصادية وتعزيز أداء النماذج، نبحث من خلال مضمون هذه الورقة وعبر اعتماد المنهج الوصفي في البحث الإجابة على الإشكالية التالية:

"ما هو مفهوم النمذجة القائمة على العون؟ وكيف تساهم في تطوير النمذجة الاقتصادية الكلية؟"

إضافة إلى مجموعة أسئلة فرعية تتجسّد في:

- فيم يتمثل نهج التعقيد والأنظمة المعقدة؟
- ما هي مختلف أشكال النماذج القائمة على العون الاقتصادي؟
- ماهي ميزات الـ ABM مقارنة بنماذج الـ DSGE؟
- وفيم تتمثل معيقات اعتمادها كمقاربة متكاملة للنمذجة الاقتصادية؟

المحور الأول: الإطار العام التعريفي للنمذجة القائمة على العون

أولاً: تعريف النمذجة القائمة على العون (ABM):

بعيدا عن مفاهيم الأنظمة المثالية المجردة ومحاولات تطويرها، تم اعتماد مسار بحث جديد يتبنى نهج التعقيد⁽¹⁾ كمنطلق مسلم به، ويدرس كيفية تطوير أساليب وطرق بحث كمية بهدف معالجة الجانب المفاهيمي له بعيدا عن الأدوات التحليلية المحدودة. يعتبر نهج التعقيد نهجا مشتركا في عديد المجالات والتخصصات وخاصة تلك التي تمتاز بالاختلاف والتنوع وصعوبة التقاط والتحكم في خصائصها، لذلك تم تطوير هذا النوع من المقاربات لنمذجة مثل هكذا أنظمة، وهي تُعرف بـ: "محاكاة مونت كارلو" في العلوم الفيزيائية، "النمذجة القائمة على الفرد individual" في علوم الأحياء والبيئة، "الأنظمة متعددة الأعوان" في علوم الكمبيوتر واللوجيستيات، أما في مجال العلوم الاقتصادية فتعرف بـ: "نماذج الاقتصاد المحوسب القائمة على العون (Agent Based Computational Economic)" اختصارا: "ACE". (Turrell A. , 2016, p. 174).

1- التعريف بالمنظور العام:

تعريف 1: "ABM هي تقنية محاكاة محوسبة للتفاعلات بين عدد كبير من العوامل/الأعوان التي تمت ترجمة سلوكياتها إلى خوارزميات، تكون الخصائص السلوكية للعون بمثابة مدخلات، ومن ثم ترتبط المخرجات بالمستوى الكلي الناتج عن تفاعلات الأعوان الجزئية". (Schinckus, 2019, p. 171).

تعريف 2: "النموذج القائم على العون هو برنامج كمبيوتر يخلق عالما اصطناعيا من الأعوان الغير متجانسة، ويسمح بالتحقيق في كيفية التفاعل بين هذه الأعوان، وبين الأعوان وعوامل أخرى (مثل الزمان والمكان) لتشكيل الظواهر التي نراها في العالم الحقيقي...". (Lynne & Nigel, 2016, p. 4).

2- تعريف نماذج الاقتصاد المحوسب القائمة على العون (ACE):

هي تطبيق النمذجة القائمة على العون في الاقتصاد، كما وتعرفه الرائدة في مجال الـ ABM الاقتصادية Leigh.Tesfatsion (2006): "بأنه الدراسة المحوسبة للعمليات الاقتصادية المصممة على شكل أنظمة ديناميكية من الأعوان المتفاعلة" (p.177).

3- نماذج الاقتصاد المحوسب الكلية القائمة على العون: (Macro ACE):

تعتمد النهج "التصاعدي" أين يتم القيام بحساب المتغيرات الكلية من خلال جمع الكميات الفردية عبر الأعوان، وفي نفس الوقت تعمل على التقاط (وبشكل صريح) التفاعل بينهم على المستوى الجزئي. (أنظر (Gatti & Dawid, 2018, pp. 4-8) لأنواع MABM، ومعايير تصنيفها).

ثانيا: خصائص النمذجة القائمة على العون: متعددة، وتشمل كل من:

1- العون (Agent): لا تزال قضية حصر المفهوم الدقيق لهذا المصطلح في إطار ABM مطروحة للبحث والمناقشة (North & Macal, 2005)، ذلك أنها تمثل منهجية عامة ما يجعل بعض المفاهيم بها تختلف باختلاف السياقات الأدبية المتناولة، وحتى باختلاف وجهات النظر بالنسبة للمتخصصين في نفس المجال.

من بين المحاولات لتقديم تعريف عام و شامل للعون: نجد تعريف (Tesfatsion, 2006) أين قدمته على أنه: "عبارة عن مجموعة من البيانات المجمعة والأساليب السلوكية التي تمثل كيانا يشكل جزءا من عالم مبني من الناحية الحاسوبية، من أمثلة ذلك في مجال العلوم

الاقتصادية نجد: الأفراد (مستهلكين/عمال)، مجموعات اجتماعية (عائلات، شركات، وكالات حكومية)، قد تكون أيضا منظمات أكثر تعقيدا (بنوك، أسواق، صناعات، بلدان... إلخ). يمثل العون أيضا في مجالات أخرى مثل: البيولوجيا (الغابات، الثروة الحيوانية، الأسماك داخل المياه الضحلة... إلخ)، في الفيزياء (الذرات، الجزيئات... إلخ)، الكيانات المادية (الطقس، المناطق الجغرافية، المجرات، السيارات في حركة المرور... إلخ). يمكن أن يتكون الأعوان أيضا من أعوان آخرين مما يسمح بالبناء الهرمي بشرط أن يُنظر إليهم على أنهم وحدة من الخارج". (p177) في تعريف آخر أيضا، يُنظر إلى العون على أنه: "تمثيل تجريدي لكيان مستقل موزع، وسلوكيات وخصائص العون هي قرار المصمم". (Heath & al, 2009, p. 3).

يتميز الأعوان بمجموعة من الخصائص والقدرات، تم عرضها بشكل مختصر من قبل (LYNN و NIGEL GILBERT و HAMILLE) في كتابهما في أربع مكونات أساسية (Hamill & Gilbert, 2016, p. 5) :

- أ - التصور: أين يمكن للأعوان رؤية آخرين في جوارهم وبيئتهم.
- ب - الأداء: إمكانية التحرك والتواصل.
- ج - الذاكرة: إمكانية تذكر الأفعال والحالات السابقة.
- د - السياسة: أن تكون أفعالهم وتصرفاتهم محددة بقواعد معينة (يتم تفصيلها في العناصر اللاحقة).

أما من الناحية المفصلة فنجد (ودائما في إطار العون) كل من الخصائص التالية:

❖ **عدم التجانس:** وهو جوهر الاختلاف بين النماذج النيوكلاسيكية ونماذج ABM، أين يتم تمثيل الأعوان المختلفة بشكل صريح، وكذا نمذجة الاختلافات بين الأعوان من نفس النوع (من حيث القرارات، التفضيلات، القواعد السلوكية، مستويات الانتاجية المختلفة، اختلاف أحجام الشركات وأنشطتها...).

❖ **التفاعلات:** تتم بين الأعوان بعضهم البعض، وهي تتمثل في الإجراءات التي يتخذها عون أو مجموعة من الأعوان بناء على ما يقوم به آخرون (Bookstaber, The End of Theory, 2017)، وتُبنى على قضايا الاهتمام، المعتقدات، الثقافة والرغبة للأعوان.

- تختلف التفاعلات من حيث النوع: فهي تشمل تفاعلات مباشرة (ذاتية) وهي ما يقوم به العون بناء على ما قام به أعوان آخرون، وتفاعلات أخرى غير مباشرة لا تشترط القرب والتواصل الذاتي. من أمثلة التفاعلات نجد تلك القائمة على العلاقات السوقية (مثل تلك المعتمدة على متغيرة السعر أين يتم تمثيل التبادل المادي للسلع بين البائعين والمشتريين)، وعلاقات غير سوقية (تمثل تبادلا للمعرفة، المعلومات... وغيرها).

- تُبنى التفاعلات غالبا على صرح جزئي يضم بروتوكولات صريحة، وتكون غالبا ضمن جيرة محلية محدودة تمتد لاحقا عبر خاصية الشبكة التي تميز هذه النماذج إلى غاية التأثير على البيئة، هذه الأخيرة تؤثر بدورها وتتأثر بتفاعلات الأعوان الأمر الذي يؤدي إلى توليد الديناميكيات في النماذج وظهور الخصائص الناشئة، من جهتها فإن الاستعانة بنظرية الشبكات في البحث يسمح أيضا بإدراج مستويات عالية من التعقيدات التي يسببها عدم التجانس إضافة إلى تلك التفاعلات.

❖ **الاستقلالية ("التوجيه الذاتي"):** من هذا المنظور، يمكن للأعوان العمل بدرجة معينة من الاستقلالية في النظام الذي يشكلونه إذ لا توجد سيطرة مركزية عليه (من الأعلى إلى الأسفل)، بمعنى أن يكون النموذج غير مقيد بمتطلبات اتساق معينة (تركز علوم الكمبيوتر بشكل خاص على هذه الخاصية. (GATTI & al, Agent-Based Models in Economics A Toolkit, 2018)

❖ **العقلانية المحدودة:** في عالم واقعي أين لا يعرف الأعوان النموذج الذي يعملون فيه، وإنما بعض المعلومات المحدودة فقط حول النظام بأكمله يصبح تطبيق الإجراءات الروتينية وبشكل عام "الاستدلال أكثر انعكاسا لكيفية تصرف الأعوان من العقلانية". (Bookstaber, The End of Theory, 2017, p. 75)

❖ يلجأ منمدجوا ال ACE عموما إلى اعتماد مفاهيم العقلانية المحدودة في تصميم قرارات وسلوكيات الأعوان، تلك المفاهيم التي تم طرحها على الساحة الاقتصادية من قبل "SIMON" (1959) (Vignes, 2014)، تشمل الاستخدام غير الفعال للمعلومات (الغير كاملة) في تكوين معتقدات الأعوان، غياب الفهم الشامل لآليات عمل السوق، القدرات الحاسوبية المحدودة، وغيرها (تتيح هذه النماذج اعتماد قضايا التحسين أيضا ضمن توقعات عقلانية ولكنها ليست شرطا).

تثير هذه المسألة (العقلانية المحدودة) بدورها قضية التعلم من جديد، لكن بدلا من مناقشة دور التعلم والاستفادة من التجارب والخبرات السابقة لوجهة النظر المتطرفة للعقلانية والتي يتخذها النيوكلاسيك كحجة لإبقاء الأعوان في مستويات عالية من العقلانية، تضيف الABM ميزة جديدة تسمح لها بالتحقيق في كيفية عمل الأعوان هؤلاء الذين يتميزون بدرجات مختلفة من القدرات، بدءا بأعوان "بمستويات ذكاء معدومة" وانعدام للتكيف كما تصفهم (EPSTEIN, 2006) (لديهم سلوك عشوائي تماما والذي غالبا ما نجده في الكيانات المادية في الفيزياء (كالذرات، الجزيئات...))، وصولا إلى خوارزميات أكثر تعقيدا (مثل الشبكات العصبية، الخوارزميات الجينية... إلخ) (p.1599). وبذلك تعرض الABM ميزة التحقيق الشامل للأنظمة من حيث أنه: "بينما تفترض النمذجة النيوكلاسيكية ضمنا أن اليد الخفية لآدم سميث تتطلب أصابع عقلانية، فإن ABM تسمح بالتحقيق في كيفية عمل أنواع مختلفة من تلك الأصابع، بدءا من الأكثر غباء إلى الأكثر خبرة". (GATTI & al, 2018, p. 17)

❖ **القواعد السلوكية:** يتفاعل الأعوان عبر مجموعة من الأساليب السلوكية، وهي الطرق التي يعكف الممدجون على ضبطها باستخدام قواعد محددة بما أنه قد تم في الأساس التخلي عن أهداف التعظيم تحت قيود العقلانية من أجل إضفاء الطابع الواقعي على نمذجة الABM. يصمم الممدجون مجموعة من الطرق كحالة أولية تعمل على بيانات الأعوان ويحددون درجة مرونتها (مجموعة قوانين ومعايير مقيدة للتفاعلات)، درجة الاستقلالية، أخذ القرارات، الأفعال، كمية المعلومات أو ما يطلق عليه "بالحمل المعرفي" (North & Macal, 2005, p. 88) ومختلف أنواع أساليب السلوكيات. هذه الأخيرة تم تصنيفها بحسب (Tsfatsion, 2006) أيضا إلى "عامة موضوعة اجتماعيا" (مثل مختلف البروتوكولات واللوائح التنظيمية: قوانين مكافحة الاحتكار، بروتوكولات السوق...)، وأساليب "سلوكية خاصة" (مثل استراتيجيات الإنتاج والتسعير، خوارزميات التعلم لتحديث الاستراتيجيات...) (p.179).

تتضمن ABM بصفة عامة نوعين من قواعد السلوك الخاصة بالأعوان وهي: (لتفاصيل أنظر (North & Macal, 2005, p. 87)

أ- **قواعد المستوى الأساسي:** التي تمثل الاستجابات السلوكية للبيئة.

ب- **قواعد لتغيير السلوك:** والمتمثلة في التكيف.

يعد تصميم القواعد السلوكية جانبا حاسما في نمذجة ABM/ACE وموضع الصعوبة في حد ذاته كونها تُعرض النموذج لانتقادات شديدة، خاصة فيم يتعلق بعدم وجود أسس مشتركة ودقيقة لنمذجة تلك السلوكيات (وجود عدم تجانس كبير في تصميم النماذج)، ومع ذلك لا تزال هذه القضية محل بحث وتطوير منها ما تم القيام به من محاولات لضم بعض الأسس التي تعرضها أدلة من علم النفس والاجتماع (علم الاقتصاد السلوكي)، كذلك الاستعانة ببعض السلوكيات الراسخة في الأدلة التجريبية، قد يتم اعتماد أيضا بعض قواعد التعظيم الضمنية... وغيرها.

2- الخصائص/الظواهر الناشئة (Emergent Properties):

ينتج عن الديناميكيات المتولدة من تفاعلات الأعوان غير المتجانسة ظواهر/خصائص جديدة على المستوى الكلي، تشمل علاقات ومتغيرات الاقتصاد الكلي (مثل منحنيات فيليبس و OKUN، المجمعات الكلية مثل GDP البطالة... إلخ)، والتي تنتج من دراسة الديناميكيات الجزئية ويكون تأثيرها مختلفا عن ما يقوم به كل فرد على حدى على المستوى الجزئي.

يعرف (Gatti & Dawid, 2018) هذه الخصائص الناشئة بأنها: "عبارة عن هياكل مجمعة مستقرة ومنظمة تنبثق من قواعد

سلوكية تكيفية بسيطة". (p.4)

لا تدفع السلوكيات الجزئية وحدها تلك الخصائص الكلية على الظهور/النشوء وإنما "الدمج" أيضا بين تلك السلوكيات والتفاعلات هو الذي يؤدي إلى تطورها، هذا الأخير الذي وصفه كل من EPSTEIN و Bookstaber بأنه يفاجئ جميع الأعوان وحتى مصممي النماذج أنفسهم، وقد يصل حتى إلى تطور ظواهر يصعب فهمها (Bookstaber, The End of Theory, 2017, p. 103).
بالإسقاط على دراسة الأزمات فهي تُصنف أيضا وضمن هذا المنظور بكونها "خاصية ظاهرة/ناشئة ماكروسكوبية تنشأ ليس بسبب الصدمات الخارجية، وإنما نتيجة التفاعلات للأعوان المعقدة وغير المتجانسة على المستوى الجزئي للنظام الاقتصادي" (Turrell & al, 2018, p. 7).

3- اللاخطية: والتي تميز التفاعلات في أنظمة ال ABM حتى وإن كانت السلوكيات خطية، وذلك بسبب التغذية الراجعة بين مختلف مستويات الاقتصاد، وكذا تشكل السيروتات التراكمية وغيرها... الأمر الذي يصعب عملية تتبعها تحليليا. (Dosi & Roventini, 2019)

4- البيئة: ما يحدد البيئة يعتمد على ما يتم نمذجته، وبشكل عام يمكن أن تمثل البيئة محتوى مكاني: مثل مواقع جغرافية أو أسواق إلى غير ذلك، كما يمكن أن تمثل أعوانا في حد ذاتها (بنك مركزي، دفتر شروط البورصة...). (للمزيد أنظر GATTI & al, Agent-Based Models in Economics A Toolkit, 2018, p. 11).

هناك تأثير متبادل بين الأعوان و البيئة، حيث تؤثر هذه الأخيرة على ما يفعله كل عون، وهو ما يدعو (Bookstaber, The End of Theory, 2017, p. 98) بالوظيفة المعرفية "، أما الوظيفة الثانية فهي "المتلاعبة" وتمثل ما يفعله كل عون بعد ذلك وتأثيره على البيئة.

5-قابلية التوسع: إضافة لكونها تسمح بمستويات عالية من عدم التجانس، فإنه يمكن إدراج وتضمين العديد من التفاصيل والهياكل (ودراسة آثارها) في حال احتاج الممذجون وصناع السياسات إلى ذلك، ما يعكس المرونة الكبيرة لهذه النماذج وإمكانية تقديمها لرؤى أكثر عمقا وتفصيلا. (Turrell A. , 2016).

6-الجدة الذاتية والمستمرة: هي امتداد لخاصية قابلية التوسع، إذ يتم تضمين مختلف التغيرات التي تطرأ على الأنظمة الاجتماعية والاقتصادية (المتميزة بعدم الثبات في طبيعتها والتغير المستمر) في نماذج ال ABM والتقاط الخصائص الناشئة عن ذلك، هذه الأخيرة يتم إدراجها أيضا (من جديد) من خلال العمليات الديناميكية عبر الزمن وتتبع آثارها أيضا، الأمر الذي يؤدي من جهته لتعريض الأعوان لمشكلة عدم تأكيد حقيقي، ويدعم فرضية التوقعات المحدودة. (Fagiolo & Roventini, 2012).

7-الديناميكيات: تقود التفاعلات بين الأعوان الغير متجانسين في أنظمة ال ABM إلى توليد الديناميكيات، هذه الأخيرة التي تنتج عن تغير السلوكيات باستمرار عبر العمليات التكيفية. يشرح Bookstaber في كتابه آلية توليد الديناميكيات من خلال التفاعلات بطريقة مفصلة وبسيطة أنظر مثال حركة المرور (Bookstaber, The End of Theory, 2017, p. 102)). تجدر الإشارة كذلك إلى أنه يتم الاعتراف أيضا بدور العوامل الخارجية في تشكيل مختلف الديناميكيات الاجتماعية في هذه الأنظمة، ولا يتم اعتبارها مجرد انحرافات عن النظام (GATTI & al, Agent-Based Models in Economics A Toolkit, 2018).

8-ديناميكيات عدم التوازن: في أنظمة ال ABM يتم التركيز بشكل صريح على ديناميكيات خارج التوازن، أو بعبارة أدق السماح بحرية الديناميكيات الناتجة عن التفاعلات ومتابعة تطورها عبر الزمن دون قيود مفروضة من أعلى إلى أسفل، رغم ذلك فإن هذه الخاصية لا تنفي احتمالية ظهور وضعيات توازنية والتي تعد بحسب هذه المقاربة خاصية ناشئة داخلية تنتج من تفاعلات الأعوان في النظام (Napoleitano & al, 2012)، بذلك يصبح التوازن العام فيه "لا يتطلب أن يكون كل عنصر في حد ذاته في حالة توازن، بل أن

تكون التوزيعات الاحصائية التي تصف الظواهر الكلية مستقرة ". (GATTI & al, Agent-Based Models in Economics A Toolkit, 2018, p. 8).

تسمح نمذجة هذه الخاصية بإعطاء تحليل واقعي يمتد على طول الرحلة لكيفية تصرف الاقتصاد، وليس نظام يكون مجرد أو حتى حبيس حالة أو وضعية تحليل مرجعية (بدائية / نهائية) التي تعرضها المقاربة النيوكلاسيكية، كذلك إمكانية دراسة مسألة الانتقال من توازن إلى آخر ووضعيات التوازنات المتعددة.

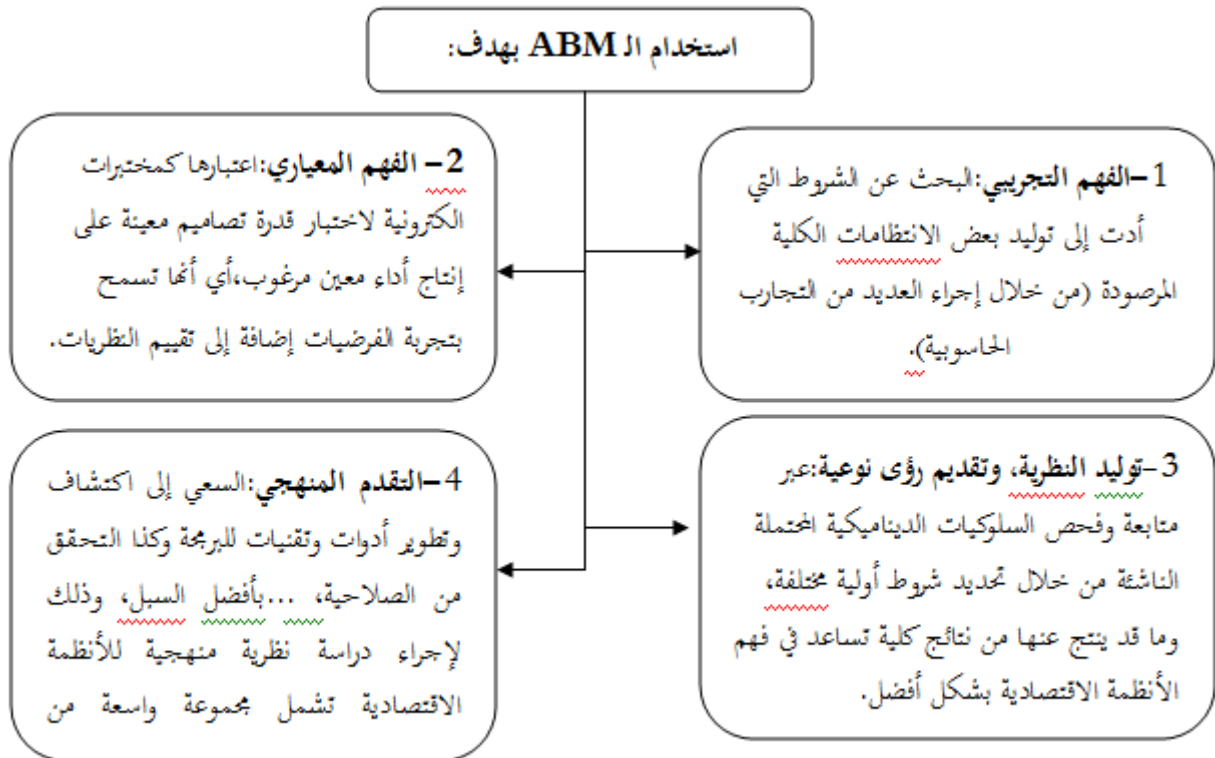
المحور الثاني: استخدامات النمذجة القائمة على العون

تم اعتماد تطبيق الـ ABM في سياق تخصصات مختلفة ولدراسة قضايا ومواضيع متنوعة، بدءا بالفيزياء أين تم تطويرها لأول مرة (أنظر (Turrell A. , 2016, p. 175) لتفاصيل حول المراحل التطورية للمقاربة)، حيث تنوعت الأبحاث فيها من دراسة لـ (الأنظمة الكهربائية، المغناطيسية، حركة الجسيمات وحتى الأبحاث النووية...)، وصولا إلى علم الأحياء (الأبحاث الطبية وظواهر انتشار العدوى والأوبئة)، العلوم الاجتماعية والاقتصادية (دراسة الأسواق والأزمات ومختلف المعاملات المالية...). الأنظمة الطبيعية أيضا كان لها نصيب من المقاربة (نمذجة زوال مختلف الحضارات القديمة، مواضيع الهجرة للأفراد، الطيور، الأسماك... إلخ). أظهرت الـ ABM كذلك قدرات جيدة في تقييم ومراقبة حركة المرور وأنظمة النقل، الطيران والملاحة وحتى حالة الطقس... لمزيد من الأمثلة أنظر (Turrell A. , 2016, p. 177)

بشكل عام يتم تصنيف استخدام الـ ABM نظرا لتنوعها ومرونتها الشديدة بناء على عدة معايير، تمت محاولة حصر البعض منها من خلال مراجعة عينة أبحاث ومسوحات قام بعرضها عديد الباحثين في المجال:

أولا: بحسب الهدف الذي يسعى إليه الباحث :

الشكل (1): مخطط يوضح أهداف الاستعانة بنماذج الـ ABM من قبل الباحثين



المصدر: (Tessfatsion, 2006, p. 180)

ثانياً: وفقاً للطبيعة المساعدة فيم يتعلق بالنمذجة التحليلية: يعرض (GATTI & al, 2018) في هذا الصدد أيضاً 3 استخدامات متنوعة لـ ABM (p.27):

- 1- الحساب العددي لنتائج النماذج التحليلية (مما يسمح بتجنب مختلف أشكال التلاعبات).
- 2- السماح بالتحقيق في بدائل مختلفة لفرضيات النموذج: وذلك من خلال الانطلاق من نموذج تحليلي مرجعي والسماح بالانحراف عن بعض فرضيات النموذج الأساسية، هذه الأخيرة التي لطالما تم اعتمادها لتجنب الصعوبات التحليلية (رغم أنها تجعل النموذج وإلى حد كبير أبعد ما يكون عن الواقع).
- تجدر الإشارة إلى أن الاستخدام 1 و 2 يتطلبان وجود نموذج مرجعي تحليلي على عكس الحالة الثالثة أين:
- 3- الاستخدام الثالث هو بديل: يقوم على استكشاف وتوفير نماذج محاكاة (بدون مرجعية تحليلية) مبنية على فرضيات واقعية لمعالجة سلوكيات الأنظمة بشكل أفضل.

بناءً على ذلك يتم اعتبار كل من الاستخدام 1 و 2 كمكمل للنماذج التحليلية (GATTI & al, Agent-Based Models in Economics A Toolkit, 2018) هذا الاعتقاد الذي لطالما كان سائداً قبل الأزمة العالمية لسنة 2008 أين استحوذت نماذج الـ DSGE على التحليل الاقتصادي الكلي، في حين تتجه الأنظار حالياً إلى تعزيز تطوير وإثراء الـ ABM لتصبح مقارنة أساسية بديلة ومعتمدة.

ثالثاً: بناءً على الغرض من المحاكاة:

بصفة عامة تختلف أغراض المحاكاة بناءً على مستوى الفهم المتعلق بالنظام قيد الدراسة. قام كل من Brian Heath, Raymond Hill, (2009) و Frank Ciarallo في محاولة لعرض تقييم شامل للمقاربة (الاستخدامات، المزايا، فرص التحسين، طرق وتقنيات التحقق من الصلاحية... إلخ) بإجراء دراسة استقصائية تم خلالها جمع بيانات لـ 279 مقالة وتحليلها، وذلك من 29 منفذ نشر لمختلف التخصصات وميادين التطبيق وعلى مدى 10 سنوات (1998-2008)، وتم خلالها حصر 3 أغراض رئيسية للمحاكاة (مولّد، وسيط ومُتنبئ) (أنظر (Heath & al, 2009, p. 7):

- 1- في حال تم إظهار مستويات عالية من الفهم للنظام تستخدم المحاكاة "كمُتنبئ" تعمل على إعطاء تنبؤات واضحة.
- 2- في حال تقديم مستويات متوسطة للفهم حول النظام يتمثل دور المحاكاة في إعطاء نظرة تقريبية للنظام (تسمح بإمكانية طرح النظريات واختبارها)
- 3- وفي حالة معرفة جزء يسير فقط حول النظام الواقعي (تعمل المحاكاة "كمولّد" لتوليد الفرضيات والنظريات). تكون هذه الأدوار الثلاثة متصلة وغير متعارضة، ويمكن أن تضم دورين معا يتم تحديد الأساسي منها من خلال النسبة الغالبة للدور الذي يلعبه.

من خلال مسحهم أيضاً، توصل الباحثون إلى أن نسبة 39.8 % من نماذج الـ ABM في المقالات المدروسة كانت عبارة عن مولّدات (وخصّت بنسبة كبيرة مجال العلوم الاجتماعية والاقتصاد بـ 66.2 % و 65.8 % على التوالي)، 60.8 % وسطاء و 0 % مُتنبئين. كما استُخلص أيضاً أن المحاكاة في العلوم الاجتماعية يغلب عليها دور المولّد والذي يعود إلى كونها من العلوم التي لا تزال في مرحلة تطوير وصقل نظرياتها لتحديد آليات عمل الأنظمة فيها بشكل كامل (Heath & al, 2009, p. 9).

رابعاً: بناء على طريقة تحديد القواعد السلوكية: من الناحية المفاهيمية تم عرض 4 طرق رئيسية لتنفيذ ABM في وصف النظم الاقتصادية (Schinckus, 2019, p. 173):

أ- **النهج الاستنتاجي أو (ABM العقلاني تماماً):** هو باختصار المنهجية الكلاسيكية القائمة على العون الممثل، أين يتم تعظيم القيود النظرية بشكل عقلائي لتحديد القواعد السلوكية للتفاعل وهو ما يمثل دوال الهدف في النموذج، ومن ثم يتم اعتماد مبدأ التجميع لاستنتاج السلوك الكلي للنظام (على الرغم من أنها تخالف مبدأ الـ ABM القائم على نهج التعقيد وخصائصه، إلا أنها معتمدة وبشكل واسع).

ب- **النهج التكتيفي:** وهو الإطار العام لمنهجية ABM الذي تم تطويره في معهد ⁽²⁾ SANTAFE يضم الخصائص الداعية إلى الواقعية في نمذجة الأنظمة والبعد عن التجريد، يتم وصف السلوك الاقتصادي الكلي من خلال القيام بتكرار المحاكاة لمرات عديدة لسلوكيات الأعوان، والتي يتم وصفها بإتباع قواعد محلية بسيطة (الاستدلال). في هذه الحالة "تعمل ABM التكتيفية كوسيط بين الفهم النظري والظاهرة المدروسة".

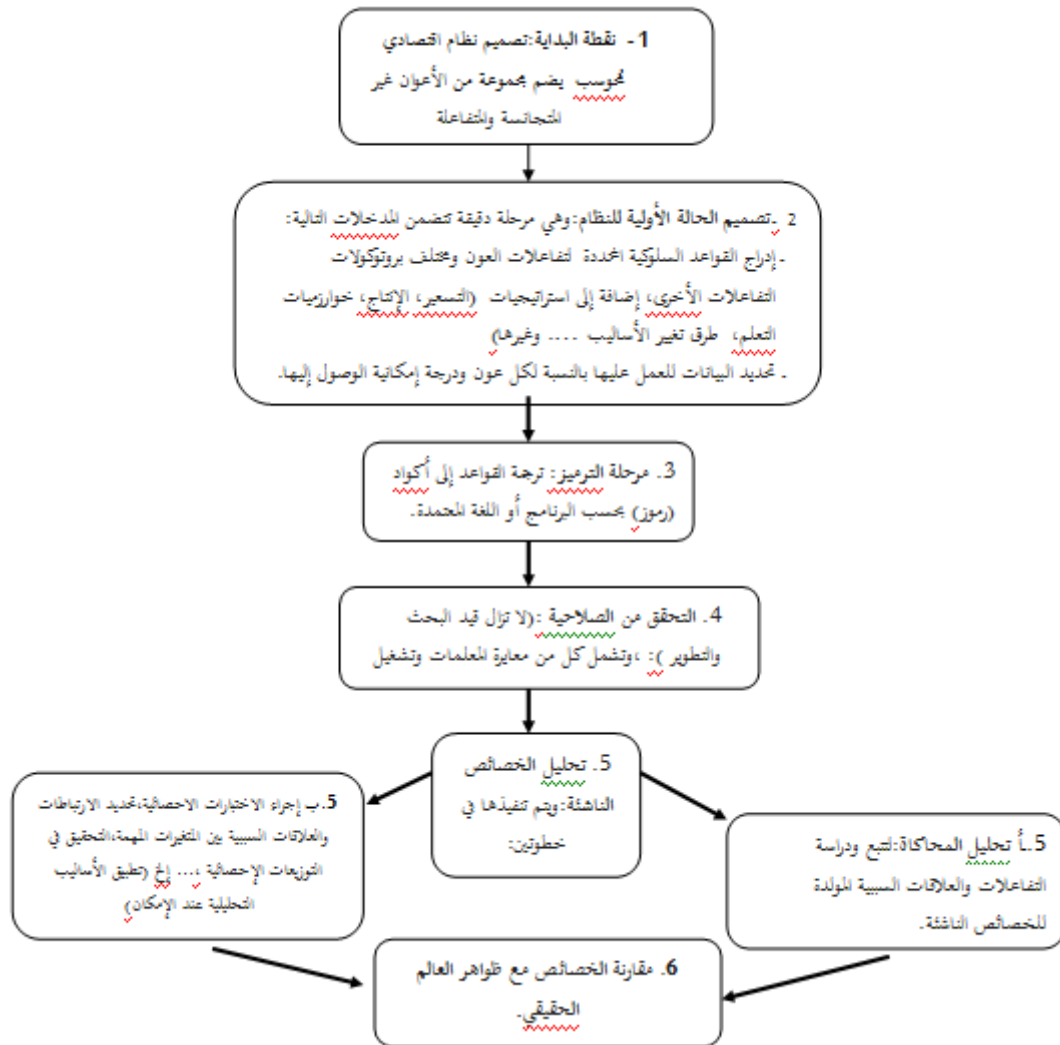
ج- **النهج المجازي (الفيزياء الاقتصادية القائمة على العون من أسفل إلى أعلى):** أين يتم اعتماد نقل مصطلحات ومفاهيم لظواهر مشابهة مستمدة من مجالات الأحياء والعلوم الفيزيائية وتطبيقها، بالإضافة إلى استعمال تقنياتها لرصد التفاعلات والسلوكيات والتعقيدات التي تعرضها الأنظمة الاقتصادية (على الرغم من وجود العديد من الاختلافات خاصة فيم يتعلق بمادية الأجسام (Schinckus, 2019)

د- **النهج الظاهري:** يهدف من خلاله الباحثون إلى إعادة إنتاج انتظام كلي مهم ملاحظ، (ما يُطلق عليه بالظاهرة) وذلك من خلال تطوير خوارزميات للأسس الجزئية تحدد القواعد السلوكية التي يتم اتباعها، والتي يُفترض أنها قادرة على إنتاج ذلك السلوك الكلي المرصود (الانتظام)، هذا الأخير الذي يتم استخدام خصائصه الإحصائية في نفس الوقت لتقييد (معايرة) تلك القواعد من أجل الحفاظ على الخصائص التجريبية المرصودة. (ibidp. 179).

المحور الثالث: خطوات البناء والبرامج المستعملة

أولاً: خطوات البناء لنماذج ABM

الشكل (2): مخطط يوضح خطوات بناء نماذج ACE:



المصدر: (Gatti & Dawid, 2018) و (Tsfatsion, Leigh, 2006)

ثانياً: البيانات والبرامج المستعملة:

يعتمد هذا النوع من الأبحاث وبشكل أساسي على توافر البيانات بقدر كبير وبترددات عالية، يسمح توفير ذلك بعرض مستويات عالية من الدقة في وصف الأنظمة. ساهمت المصادر المتنوعة (مثل المحركات البحثية السجلات الاجتماعية، تدفقات الحركات التجارية وشبكات النقل، دواوين الإحصاء وغيرها...)، ومن ثم تطوّر ما يعرف بعلم البيانات (وبخاصة مرحلة تجميع، تنظيم، وتخزين قواعد البيانات) في تسهيل الحصول على البيانات واستعمالها.

أما بالنسبة للبرمجيات، فكون النماذج هي في الأصل عبارة عن خوارزميات يتم تطويرها بناء على نظرة المصمم العامة حول إشكالية معينة وبخصائص محددة، فإن الحاجة إلى اعتماد برمجيات وبرامج تطوير مختلفة يعد أمراً ضرورياً، هذا الجانب الذي أصبح أيضاً أسهل نسبياً مع التطورات الأخيرة في عالم الحواسيب والبرمجة، من خلال القيام بإعداد حزم خاصة وكذا برمجيات جاهزة لنمذجة الـ ABM

، مما يسمح للباحثين وحتى للطلبة من ذوي الخبرة المحدودة في هذا المجال من تصميم وتطوير نماذج خاصة بهم ومعالجة مختلف القضايا بشكل أسهل. وكأمثلة عن أشهر البرمجيات الخاصة بتطوير أنظمة الـ (ABM) نجد:

- بيئات نماذج أولية قائمة على العون مخصصة: **Netlogo, Starlogo, Repast, Repast simphony** ...
 - بيئات برامج ABM كبيرة الحجم يمكن استعمال: **Repast, Anylogic2006, Swam, Repast simphony**
 - البرامج الرياضية للأغراض العامة **Matlab, Mathematica...**
 - لغات البرمجة العامة: **C++, Python, Java, R, ...**
- يمكن أيضا الاستعانة في بعض الأحيان بالحواسيب المكتبية لتطوير تطبيقات الـ (ABM) مثل (**Excel**) وذلك لنماذج أولية بسيطة تضم أنواع محدودة من الأعوان بسلوكيات مقيدة وقابلية ضعيفة للتوسع. (للمزيد حول البرمجيات أنظر (North & Macal, 2005, p. 94;95) و (Lynne & Nigel, 2016, p. 12).

المحور الرابع: تقييم المقاربة ودورها في تحسين مجال النمذجة الكلية

بناء على ما تم تناوله أعلاه يمكن حصر بعض من ميزات وحدود تطبيق المقاربة فيم يلي:

أولا: ميزات المقاربة:

❖ دراسة/تتبع طرق عمل الأنظمة الاقتصادية المعقدة (ديناميكياتها): الخصائص التي تعرضها المقاربة بشكل عام هي في حد ذاتها ميزات لها. يسمح عدم خضوع أنظمة الـ (ABM) لمتطلبات اتساق معينة (أي توفر خاصية الاستقلالية، عدم التجانس، اللاخطية) بدراسة الأنظمة المعقدة بمختلف أجزائها الجزئية المترابطة والشديدة التفاعل، والناجمة عن سلوكيات غير متوقعة وغير متحكم بها للعون مع قابليتها الكبيرة للتغير (خاصية التعلم وتراكم الخبرات ودراسة نتائجها)، الأمر الذي يعمل على إنتاج انتظامات كلية ومنها سلوكيات ناشئة متنوعة. (Neugartb, 2011). من ضمن ذلك نجد مسألة التوازنات فعوض التركيز على حالة مرجعية واحدة معينة (والتي تكون في الأصل نادرة أو غير موجودة مطلقا)، تعمل الـ (ABM) على تتبع تطور الديناميكيات وملاحظة ما إذا كانت ستظهر توازنات مع الوقت، وضيعات انتقال بين توازنات مختلفة، أو في وضعية معاكسة تتبع حالات عدم التوازن الديناميكي، كل ذلك يعرض ضمن مفهوم الخصائص الناشئة للنظام.

مساهمات عديدة برزت لإثراء مسألة البحث في التوازن للـ (ABM)، وبشكل خاص: أوضاع ظهور التوازنات من عدمها (عن طريق استكشاف مساحة المعلومات المحددة لكل منها (أنظر 2011 ASHRAF ET AL)، اختبار صحة نماذج التوازن (GURERA ET AXTELL)، الانتقال بين أوضاع التوازن وعدم التوازن (ما يعرف بانتقالات الطور) (GUOLDI ET AL 2013)، نموذج (D.GATTI 2013)... إلخ، أنظر: (Fagiolo & Roventini, 2012) و (Vignes, 2014) لإجراء مسح. وقد استُخلص من تلك المساهمات العديدة نتائج جد هامة وخاصة ما تعلق منها بالقيود المالية والتي اتضح بأنها "هي المحددات الرئيسية لظهور نظام التوازن أو عدم التوازن" (Fagiolo & Roventini, 2012, p. 11).

❖ إعادة إنتاج الخصائص وشرح الأزمات: إضافة أخرى للمقاربة وهي إظهارها لمقدرة عالية على مطابقة، تكرار، وشرح مختلف الظواهر الاقتصادية بمستوياتها الكلية: (الدورات، الفقاعات، عدم الاستقرار في الأسواق، الإنتاجية، تقلبات البطالة...) (Dosi &

(Roventini, 2019)، وكذا الجزئي: إعادة إنتاج توزيعات حجم الشركات والفوارق بين إنتاجياتها، معدلات النمو... إلخ، وذلك من خلال السلوكيات الناتجة المرصودة.

كذلك الأمر بالنسبة للعملية العكسية والتي تخص التحقيق في التفاعل بين المستويين "ما يعرف بجوهر العلاقة الجزئية الكلية" (GATTI & al, Agent-Based Models in Economics A Toolkit, 2018, p. 15)، وتمثل في:

أ- العثور على الآثار الإجمالية للسلوكيات الفردية وهياكل التفاعل.

ب- العثور على الظروف على المستوى الجزئي التي تؤدي إلى بعض الظواهر الكلية المرصودة.

نفس الشيء بالنسبة للحقائق التجريبية (من إعادة إنتاج لمختلف الارتباطات، الهياكل، التأخيرات، كيف تنشأ الاحصائيات وخصائص التوزيعات على مستويات مختلفة من التجميع. (Gatti & Dawid, 2018).

❖ ABM كأداة مناسبة لدراسة الأزمات والتحقيق في آثارها:

إنّ تضمّنها لنهج الشبكة وما يميزه من عرض لمختلف الروابط وآليات الانتشار وقنوات التوزيع... إلخ، يتيح إمكانية دراسة مختلف التقلبات الداخلية، دوافعها، آثارها...، وبذلك تساعد في دراسة عدم الاستقرار ومختلف الاضطرابات التي قد تنشأ، ومن ثم محاولة تجنبها أو على الأقل الحد من آثارها عبر سياسات وإجراءات حكومية مناسبة.

❖ توسيع مجموعة الأسئلة:

يسمح الاستكشاف التجريبي (المضبوط) الذي توفره المقاربة بإعادة فحص النظريات وتقييمها، وحتى إمكانية صياغة نظريات جديدة معقولة وواضحة المعالم، كما يفتح كذلك المجال أمام الباحثين للبحث الإبداعي وتقييم قدرتهم على فهم الأنظمة "ما يسمح باتخاذ نهج استقرائي مفتوح للتعلم" (Tsfatsion, Leigh, 2006, p. 201).

❖ السياسات:

وضوح الهيكل الاقتصادي الذي يسمح بإجراء فحص دقيق للديناميكيات على المستوى الجزئي، يجعل من ABM أداة فعالة بالنسبة للسياسات (صناعة، تتبع آثار، مقارنة وتحليل نتائج) أكثر دقة، تنوع وتفصيل، وبذلك يمكن استخدامها كمختبرات حسابية لتحليل تلك السياسات في ظل محتوى السياقات المؤسسية المختلفة". (Napoletano & al, 2012, p. 12) مثل النمو الاقتصادي، السياسات المالية والنقدية، سلوكيات البنوك في ظل اعدادات وأطر تنظيمية مختلفة... إلخ.

ميزة أخرى في هذا الصدد، وهي القدرة على التحليل وبشكل مشترك على كل من الأجلين الطويل والقصير (هذا الأخير الذي لطالما ركزت عليه الدراسات النيوكلاسيكية في تحليلها، كونه يُعتبر مقرا يضم أنواعا مختلفة من الاحتكاكات، ويؤثر بدوره على المدى الطويل من خلال عدة عوامل (حجم الاستثمارات مثلا، قوى النمو، الانفاق على الأبحاث...)). (Dosi & Roventini, 2019).

❖ تحليل الأسواق: بالنسبة للأسواق أيضا، فقد ساعدت المنهجية على فهم وتحليل ديناميكياتها بشكل أفضل وأعمق انطلاقا من تفاعلات الأعوان الجزئية ومعاملاتهم المختلفة، وكذلك دراسة العوامل التي تؤدي إلى استقرار الأسواق.

تمت دراسة وتحليل كل من أسواق السلع والخدمات (على سبيل المثال (Vignes, 2014)، كذلك الحصة الأكبر من الأبحاث كانت متعلقة بالأسواق المالية (Turrell A. , 2016)، سوق العمل أيضا كان له نصيب أين عرضت بعض المساهمات باعتماد نظرية الشبكات للبحث في مسائل متنوعة كالتعيين (قنوات البحث عن وظائف) وكذلك تأثير البعد المكاني وغيرها. أنظر (Vignes, 2014, p. 16).

❖ مقارنة بين خصائص النمذجة الـ NEO كلاسيكية والنمذجة القائمة على العون:

يلخص الجدول التالي بعضا من خصائص ABM مقابل نماذج التوازن العام الديناميكية العشوائية:

الجدول (1): مقارنة بعض الخصائص بين كل من ABM ونماذج DSGE:

الخاصية	DSGE	ABM
عدم التجانس	++	++++
التنبؤ	++	+
الاتساق الداخلي (السلوك الجزئي للغاية)	++++	+++
الاتساق الخارجي (مواءمة البيانات)	++++	+
فرضيات مقيدة للسلوكيات	++++	+(ممكنة ولكن ليست شرطا)
المرونة في الاستعمال	+	++++
قابلية التوسع لضم مواصفات أكثر ثراء	(تقييدات تحليلية)	++++

المصدر: تم اعداده بالاعتماد على (Turrell & al, 2018)

ثانيا: حدود المقاربة:

❖ صعوبة تحديد القواعد السلوكية وفرضياتها المخصصة:

مع غياب الاتساق النظري، الشروط الكلاسيكية المقيدة، ونظرا للمرونة الكبيرة التي تميز هذا النوع من النماذج وبالعكس التخصصات من العلوم الطبيعية، الفيزيائية... إلخ، والتي تتميز سلوكياتها بمستويات عالية من الدقة، يصبح المصمم أمام مشكلة وجود درجات عديدة من الحرية في تصميم السلوكيات الخاصة بالأعوان وتفاعلاتهم في الأنظمة الاقتصادية، وتجعله يواجه مشكلة اختيار المكونات الصحيحة التي ينبغي تضمينها في النموذج لمعالجة القضية محل البحث. تمثل هذه القضية إحدى نقاط ضعف المقاربة، ومع ذلك يتم اعتماد مجموعة من الاجراءات كنوع من الحلول المؤقتة: أنظر (Napoletano & al, 2012, p. 7). إحداها تتمثل في اللجوء إلى المتاح من الأدبيات التي تعالج قضايا الاقتصاد السلوكي في تصميم القواعد السلوكية للأعوان، طرق أخرى تعمل على اختبار القواعد السلوكية القادرة على إعادة إنتاج مجموعة من الحقائق الواقعية الملاحظة على مستويات مختلفة من التجميع، أيضا إمكانية الاستعانة بإجراء المسوحات والتي تعتبر أداة جيدة لبحث العوامل المشتركة فيم يتعلق بتصميم السلوكيات وغيرها...

صعوبة تحديد القواعد السلوكية يؤدي بدوره إلى عدة مشاكل مترابطة منها المعايير والإفراط في تحديد المعلومات (overfitting):

أ- مشكلة **overfitting**: حيث يتم حقن عدد كبير جدا من المعلومات في تخصيص القواعد السلوكية بذلك يكون النموذج عرضة

لمطابقة أي حقيقة محتملة "يمكن صنع النموذج ليلائم أي شيء" (Bookstaber, The End of Theory, 2017, p. 100)، وكنتيجة لذلك تظهر العديد من الأسئلة المهمة: من حيث كيفية تفسير تلك المعلومات وأيها التي ينبغي استخدامها

(Vignes, 2014). تم الرد على هذا الانتقاد من خلال كون:

- ABM تعمل على إعادة إنتاج العديد من الحقائق في وقت واحد وهو ما يعمل على تحديد مجموعة معينة من المعلومات (تقييدها).

- أن تكون قيم تلك المعلومات لها مغزى اقتصادي على المستويين.

- يتم أيضا اعتماد بعض تقنيات التحقق من الصلاحية. (Napoletano & al, 2012, p. 8)

صعوبة تفسير النتائج:

قضية أخرى تثار في هذا الإطار وهي: **المفاضلة بين كل من الدقة الوصفية والقوة التفسيرية** (Giorgio & Andreai, 2017)، فاعتماد الأول على حساب الثانية يؤدي إلى تعقيدات كبيرة تؤدي بدورها إلى صعوبة نوعاً ما في فهم تأثير مدخلات النموذج على مخرجاته، هذه الأخيرة والتي على عكس النتائج النيوكلاسيكية التحليلية، تكون عبارة عن سلاسل زمنية محاكاة ويكون من الصعب تدوينها في شكل معادلات، كما أن التحقق من صحة نتائجها (المحاكاة) يمثل في حد ذاته تحدياً آخر للمقارنة (Turrell & al, 2018).

بشكل عام يعود القرار للمصمم في طريقة صياغة وتطوير النموذج بشرط التأكد من أن التعقيدات التي ينطوي عليها لا تعيق تحديد وفهم العلاقات السببية القائمة بين المتغيرات على مختلف المستويات.

ب- المعايرة: (تعديل النموذج ليتطابق الحقائق الموجودة): لا تزال تمثل قضية مفتوحة للبحث والتطوير، ذلك أنها لا تعتمد طرق ومعايير موحدة، فهي تختلف عبر النماذج وعبر التخصصات وتتطلب توفر قدر كبير من البيانات.

❖ **التحقق من الصلاحية:** يعد جانباً مهماً من جوانب بناء النموذج، "يعمل على التأكد من أنه يعرض تمثيلاً مناسباً لنظام الاهتمام الحقيقي لمجموعة معينة من الأهداف" (Heath & al, 2009, p. 5)، هناك عدة طرق معتمدة للتحقق من الصلاحية في نماذج ABM والتي مهما كان نوعها فإن الهدف الأساسي لها هو "تقييد مجموعة الملاحظات الحرة" (Giorgio & Andreai, 2017, p. 16)، (أنظر كل من (Fagiolo & Roventini, 2012)، (Dosi & Roventini, 2019)، (Giorgio & Andreai, 2017) وغيرهم يعرضون طرق متنوعة لدراسة الصلاحية للنماذج (AB)).

بشكل أكثر إثارة للاهتمام يعرض (Heath & al, 2009) جانباً مهماً عند القيام بالتحقق من صلاحية ABM أنظر (p.5):

1- الجانب الأول: هو القيام بالتحقق من بعض أجزاء نموذج المحاكاة، وأهمها "المفاهيمي والتشغيلي":

1-أ- الجانب المفاهيمي: ويعبر عن جانب المدخلات في النظام (الفرضيات الخاصة بالسلوكيات والتفاعلات للنموذج والتي تجعله يمثل تقريباً مناسباً للواقع).

1-ب- الجزء التشغيلي: ويتعلق بمخرجات المحاكاة والتحقق من صحتها مقابل بيانات العالم الواقعي، "إذ يتم تقييد مساحة الملاحظات والشروط الأولية إلى مجال يسمح لها بتكرار الحقائق الواقعية" (Dosi & Roventini, 2019, p. 21)، كذلك تكرار ديناميكيات السلاسل الزمنية، مطابقة العلاقات السببية في البيانات... إلخ.

2- بالنسبة للجانب الثاني: فهو متعلق بنوع التقنيات المستخدمة غالباً للتحقق من الصلاحية، (تم عرض من خلال المسح نوعان من تقنيات التحقق أنظر (Heath & al, 2009, p. 6):

أ- **احصائية:** وتتمثل في استخدام الأدوات والأساليب الإحصائية وخاصة اختبار الفرضيات للتحقق من صحة بعض أجزاء النماذج.

ب- **غير احصائية:** تعتمد على التقييمات النوعية مثل رأي الخبراء ومقارنة السلوكيات، وبذلك فهي تتطلب أن يكون المقيّم على معرفة بالمجال المعتمد للدراسة (هناك أبحاث يتم فيها اعتماد النوعين أي خليط من التقنيات).

وبشكل عام، لاحظ كل من الباحثين الثلاثة من خلال المسح أيضاً وجود نسب ضعيفة للتحقق من الصلاحية في النماذج الخاصة بالأنظمة الاجتماعية بنسبة 27.9% والاقتصادية 20.3% فقط، كما وكان الغالب فيها اعتماد التقنيات غير الاحصائية بشكل كبير نظراً لتعقيد أنظمتها، الأمر الذي يصعب من التقاط الاحصاءات وتحليلها.

❖ قضية الاعتماد وصعوباته: وتعود إلى:

- قواعد ومعايير التقييم المتنوعة والمختلفة بين التخصصات وحتى بين النماذج ذاتها لنفس التخصص يعيق إلى حد ما من القبول الواسع لها من قبل المراجعين، وبشكل خاص في التخصصات الاجتماعية والاقتصاد أين لا تغطي الأعمال بشكل عام التي لا تعتمد على دليل رياضي صارم وواضح (مثل نماذج DSGE) بقبول واسع.

- أدوار المحاكاة لنماذج ABM، أين يتم اعتبارها في مجال العلوم الاقتصادية غالباً كمولدات أو وسطاء فقط، في حين الغرض الشائع من بناء النماذج هو إنتاج تنبؤات موثوقة ودقيقة الأمر الذي لا يزال ضعيفاً حالياً، نظراً لتعقيد تلك الأنظمة وصعوبة الحصول على معلومات كافية حولها.

- من بين الأمور الأخرى التي اعاققت اعتمادها أيضاً هو أنه تم تطويرها وعرضها على أنها تمثل إصلاحاً شاملاً لنماذج ال DSGE (Turrell & al, 2018)، مع ذلك هناك اعتراف واضح لفائدة تلك المقاربة، والذي يتجلى من خلال عرض بعض المساهمات في إطار النهج النيوكلاسيكي مضافاً إليه بعض الخصائص المميزة لـ ABM (مثل نماذج تنظر في بعض أشكال عدم التجانس بين الأعوان HANK، نماذج العقلانية المحدودة أين تكون المعلومات غير كاملة RANK، ضم بعض أشكال الاحتكاكات المالية، نماذج تتميز بأكثر من نوع واحد من التوازن... إلخ) وكلها تخففة لفرضيات ال DSGE الغير عقلانية في محاولة لتضييق الهوة بين كلا المقاربتين.

برغم ذلك يرى الباحثون أن نهج التصحيح هذا لن يؤدي إلا إلى طريق مسدود مستقبلاً وأن العديد من ميزات ABM تبقى بعيدة عن تناول ال DSGE. من منظور آخر فإن أغلبهم: على غرار Vignes, Leigh Tesfatsion, Delli Gatti, Schinckus، يرون أن هذا النهج التصاعدي المعقد ما هو إلا مكمل للنهج الاختزالي على الرغم من العديد الاختلافات بينهما، هذه النظرة والتي سادت بشكل عام بين الباحثين إلى غاية وقوع الأزمة، قد تغيرت مؤخراً إلى حدّ الدعوة إلى اعتماد **ABM كمقاربة بديلة للنمذجة الاقتصادية الكلية** وقائمة في حد ذاتها، ذلك وخاصة مع تزايد الأعمال و الأبحاث في المجال والتي حققت نتائج إيجابية إلى حد بعيد، منها حتى الحاصلة على جوائز نوبل للاقتصاد مثل نموذج "Thomas Schelling" سنة 2005 في نظرية الألعاب، نموذج "Elinor Ostrom" سنة 2009 لعمليها في الحوكمة الاقتصادية القائمة على العون للأنظمة الاقتصادية المعقدة، "angor & deoton" لسنة 2015 لمساهمته في الأسس الجزئية القائمة على العون للاستهلاك والرفاهية والفقراء... (Schinckus, 2019)، ما يعطي دفعا للمزيد من البحث والتحسين لمثل هكذا مقاربة.

الخلاصة:

تم التطرق من خلال هذا البحث إلى تقديم نظرة عامة حول مقارنة ABM وبعض من أهم خصائصها، والتي تمثل (في حد ذاتها) نوعاً من الطرح في سياق المعالجة لبعض من القضايا الاشكالية للنمذجة الكلية، بشكل خاص تلك المتعلقة بالتعقيد ودراسة الأنظمة المعقدة، مستويات التجريد العالية ومشكل عدم الاستقرار الذي يميز بشكل عام الأنظمة الاجتماعية والاقتصادية.

الخصائص الأساسية للمقارنة، والمتمثلة منها في عدم خضوع نماذجها لمتطلبات اتساق معينة مفروضة (عدم وجود سلطة مركزية من أعلى إلى أسفل)، تجعلها تعرضُ نتيجة لذلك كيفية تصرف الأعوان وتفاعلاتهم حقيقةً وليس كيف يجب أن يتصرفوا (مثل ما يفرضه نماذج التعظيم مع توقعات عقلانية)، وكذا التحقيق في النتائج. بذلك تتميز هذه النماذج بخاصية القدرة على تقديم نظرة واقعية أكثر، وأقرب لهيكل وطرق عمل الأنظمة الاقتصادية الحقيقية ودون القلق بشأن التعقيدات التي تصاحبها، أو مما يزيد من تفاقمها (خاصية قابلية النموذج للتوسع وخاصة من حيث امكانية اضافة الاحتكاكات المالية، الانحراف عن فرضية التوازن، اعتبار العلاقات غير الخطية التي تتميز بمستويات عالية من التعقيد وتعجز أمامها الطرق التحليلية غالباً...)، هي ممكنة في إطار النمذجة القائمة على العون.

ميزة أخرى جد هامة، والمتمثلة في إظهار نماذج ال ABM لقدرة عالية على إعادة إنتاج الخصائص وتكرار الواقع، وخاصة تلك المتعلقة منها بدراسة وتحليل الانكماشات العميقة (اضافة لاعتمادها هيكل الشبكة وإمكانية عرض مختلف الروابط)، ما يجعل منها أداة واعدة للتحقيق في كيفية نشوء الأزمات وكذا تقديم وصفات سياسية ملائمة لمختلف الوضعيات وتتبع آثارها، كما يؤمل الذهاب أبعد من ذلك إلى غاية التدقيق في صحة النظريات المعروضة (من مراجعة وتعديل) وحتى البحث في تطوير أخرى جديدة.

تبقى الحاجة فقط الآن إلى تكثيف الجهود من أجل تطوير رؤية كمية خاصة بالمقارنة والعمل على تجاوز مختلف التحديات والصعوبات التي تواجهها، وخاصة ما تعلق منها بتطوير طرق وتقنيات (احصائية وغير احصائية) لبحث مسألة التحقق من الصلاحية للنماذج، وكذا قضية ضبط القواعد الخاصة بسلوكيات الأعوان وتفاعلاتهم وتوحيدها لجعلها مقارنة متكاملة من كل النواحي، خاصة مع تزايد الدعاوى إلى اعتمادها كمقاربة بديلة للنمذجة قائمة في حد ذاتها (وبعد التراجع الذي عرفه أداء النماذج النيوكلاسيكية) عقب الأزمة، الدور الذي يمكن و يؤمل أن يساهم في تقدّمه ودعمه التطورات الراهنة في مجال الحوسبة من تقنيات (البرمجة، التعلم الآلي والذكاء الاصطناعي ...).

الهوامش:

(1): نصح التعقيد: تم تطويره منذ سنوات عدة، يدعو إلى ضرورة اعتبار وتصوّر الاقتصاديات كأنظمة معقدة أساسا، بأشكال وأسواق غنية متنوعة، وإلى وجوب اعتماد وتطوير أدوات قادرة على التعامل مع قضاياها الصعبة من نمذجة وتحليل، والتقاط الترابطات بين الأعوان المختلفة الغير متجانسة، ومختلف التفاعلات (الحقيقية) التي تتم بينها.

تري (Tsfatsion, 2006, p. 178) بأنه يمكن اعتبار النظام معقدا إذا كان يعرض الخاصيتين التاليتين:

أ - يتكون من وحدات متفاعلة غير متجانسة (أفراد بمستويات معرفية وقدرات تعلّمية متفاوتة، مستويات انتاجية مختلفة، شركات بأحجام وأنشطة متنوعة، بنوك، مستثمرون،... الخ).

ب- يعرض خصائص/ظواهر ناشئة (Emergent properties): أين تظهر انتظامات كلية غير متوقعة (قد تكون اختيارات أو غيرها) غير تلك الملاحظة على المستوى الجزئي، والتي تتم أحيانا بشكل مفاجئ وسريع ولا يتم التنبؤ بها. يضيف Richard Bookstaber: (bookstaber, 2017p.38): بأن هذه الظواهر "تنتج عن تفاعلات النظام، وتتطور بطريقة لا يستطيع فيها الأعوان، النموذج، وحتى المصمم نفسه معرفتها".

(2): معهد SANTAFE⁵: مركز بحث وتعليم خاص غير ربحي تم تأسيسه في مدينة نيوميكسيكو 1984. ورشة العمل الأولى الخاصة بالأنظمة التكيفية المعقدة (CAS) في المعهد كانت سنة 1986، أين تم دعوة العديد من الباحثين ضمن مختلف التخصصات وخاصة (الفيزياء وعلم الأحياء) من أجل الاستعانة بمعارفهم وخبراتهم في تطوير وابتكار طرق جديدة للبحث في مختلف القضايا الاقتصادية، ومن خلالها (الورشة) تم تحديد الخصائص الرئيسية "لنهج التعقيد" وإطار البحث العام له بالإضافة إلى عرض العديد من النماذج الأولية.

المراجع:

References in english

1. Bookstaber Richard. (2017). *The End of Theory*. United States of America: Princeton University Press,.
2. Dosi, G., & Roventini, A. (2019). *More is different ... and complex!: The case for agent-based macroeconomics*. LEM Working Paper Series, No.2019/01, Scuola Superiore Sant'Anna, Laboratory of Economics and Management (LEM), Pisa, <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3309603>
3. Epstein, J. M. (2006). Chapter 34 Remarks on the Foundations of Agent-Based Generative Social Science. In L. Tesfatsion, & K. L. Judd (Eds.), *Handbook of Computational Economics* (pp. 1585-1604). Vol. 2. [https://doi.org/10.1016/S1574-0021\(05\)02034-4](https://doi.org/10.1016/S1574-0021(05)02034-4)
4. Fagiolo, G., & Roventini, A. (2012). MACROECONOMIC POLICY IN DSGE AND AGENT-BASED MODELS. *Revue de l'OFCE*, pp. 67-116, <https://doi.org/10.3917/reof.124.0067>
5. GATTI, D., GIORGIO FAGIOLO, MAURO GALLEGATI, MATTEO RICHIARDI, e. (2018). *Agent-Based Models in Economics A Toolkit*. United kingdom: Cambridge University Press.
6. Gatti, D., & Dawid, H. (2018). Agent-Based Macroeconomics. *Working Papers in Economics and Management Faculty of Business Administration and Economics Bielefeld University Germany*, www.wiwi.uni-bielefeld.de
7. Giorgio, F., & Andreai, R. (2017). Macroeconomic Policy in DSGE and Agent-Based Models Redux: New Developments and Challenges Ahead. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, <http://dx.doi.org/10.18564/jasss.3280>, Url:<http://jasss.soc.surrey.ac.uk/20/1/1.htm>
8. Heath, Brian, Hill, Raymond and Ciarallo, Frank (2009). 'A Survey of Agent-Based Modeling Practices (January 1998 to July 2008)'. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 12(4)9 <<https://www.jasss.org/12/4/9.html>>.
9. Dawid, H., & Neugart, M. (2011). Agent-based Models for Economic Policy Design. *Eastern Economic Journal*, 37(1), 44-50. <http://www.jstor.org/stable/41239493>
10. Lynne Hamill, & Nigel, Gilber. (2016). *Agent-Based Modelling in Economics*. UK: Wiley & Sons.
11. Mauro Napoletano, Jean-Luc Gaffard, Zakaria Babutsidze. Agent Based Models A New Tool for Economic and Policy Analysis: A New Tool for Economic and Policy Analysis. 2012. hal-01070338
12. North, M. J., & Macal, C. M. (2005). Tutorial on Agent-based Modeling and Simulation. 2009 Winter Simulation Conference, (pp. 86-98), USA, <http://dx.doi.org/10.1109/WSC.2009.5429318>
13. Schinckus, C. (2019), "Agent-based modelling and economic complexity: a diversified perspective", *Journal of Asian Business and Economic Studies*, Vol. 26 No. 2, pp. 170-188. <https://doi.org/10.1108/JABES-12-2018-0108>

14. Tesfatsion, Leigh. (2006). *Agent-Based Computational Modeling and Macroeconomics*, Iowa State University Digital Repository: <https://dr.lib.iastate.edu/handle/20.500.12876/21816>
15. Turrell, A. (2016). *Agent-based models: understanding the economy from the bottom up*, Topical articles, Quarterly Bulletin 2016 Q4, UK: Bank of England, <https://www.bankofengland.co.uk/>, doi: 10.13140/RG.2.2.17102.05442
16. Turrell, A., Andrew G. Haldane¹, e. (2018). Drawing on different disciplines: macroeconomic agent-based models. *Journal of Evolutionary Economics*, pp. 39-66. DOI:[10.1007/s00191-018-0557-5](https://doi.org/10.1007/s00191-018-0557-5)
17. Gerard Ballot · Antoine Mandel · Annick Vignes (2014). Agent-based modeling and economic theory: where do we stand? *Journal of Economic Interaction and Coordination* 10(2), Springer. DOI:[10.1007/s11403-014-0132-6](https://doi.org/10.1007/s11403-014-0132-6).