Journal of the Faculty of Arts (JFA)

Volume 82 | Issue 1 Article 2

1-1-2022

The Nature of Computer Simulation in the Social Sciences

mena Sity Youssef Fanous
Department of Philosophy, Faculty of Arts, Cairo University, Egypt, menasity@cu.edu.eg

Follow this and additional works at: https://jfa.cu.edu.eg/journal

Part of the Philosophy Commons

Recommended Citation

Fanous, mena Sity Youssef (2022) "The Nature of Computer Simulation in the Social Sciences," *Journal of the Faculty of Arts (JFA)*: Vol. 82: Iss. 1, Article 2.
DOI: 10.21608/jarts.2021.72050.1135
Available at: https://jfa.cu.edu.eg/journal/vol82/iss1/2

This Original Study is brought to you for free and open access by Journal of the Faculty of Arts (JFA). It has been accepted for inclusion in Journal of the Faculty of Arts (JFA) by an authorized editor of Journal of the Faculty of Arts (JFA).

طبيعة المحاكاة الحاسوبية في العلوم الاجتماعية (*)

د/ مينا سيتي يوسف فانوس

مدرس فلسفة العلوم، قسم الفلسفة،

كلية الآداب، جامعة القاهرة

المستخلص :

زاد خلال السنوات الأخيرة اهتمام باحثو العلوم الاجتماعية باستخدام تقنيات المحاكاة الحاسوبية لدراسة ظواهر مثل: توافق المجموعات العرقية وانفصالها، وتناقل المعايير الاجتماعية، وانتشار الإشاعات وتأثيراتها على البورصة والأسواق المالية الافتراضية والسياسات التنظيمية وغيرها. وخدمت كبديلًا للتجارب الفعلية في بعض الأحيان. وهذا مفيد في الميدان الاجتماعي بشكل خاص؛ بالنظر إلى صعوبة تطويع البشر وسلوكياتهم بحرية وفقًا لتقدير المُجرب. كما خدمت كتقنية للتحقيق في الديناميكيات التفصيلية للنظم، وكأداة إرشادية لتطوير الفروض والنماذج. وتناقش هذه الدراسة طبيعة عمليات المحاكاة الحاسوبية الشائع استخدامها في العلوم الاجتماعية وتاريخها وأنواعها وأغراض استخدامها. كما تتعرض لمشكلات تطبيقها داخل هذه الحقول ومزاياها أيضًا. وتخلص هذه الدراسة إلى أنه على الرغم من كثرة تحديات ذلك التطبيق الميثودلوجية؛ تحظى عمليات المحاكاة الحاسوبية بأهمية كبرى عند دراسة مشكلة الانبثاق، وعند قيامها بدور الأداة التجريبية الافتراضية.

الكلمات المفتاحية: الأوتوماتا الخلوية، الانبثاق، المحاكاة القائمة على الوكيل، المجتمع الاصطناعي، النظم المعقدة.

(*) **مجلة كلية الآداب جامعة القاهرة المجلد (٨٢) العدد (١) يناير ٢٠٢٢.**

The Nature of Computer Simulation in the Social Sciences

Abstract

In recent years, social science researchers have been more interested in using computer simulation techniques to study phenomena such as the compatibility and separation of ethnic groups, the transmission of social norms and the spread of rumors and their effects on the stock exchange, virtual financial markets, regulatory policies, and others. Computer simulation has served as a substitute for actual experiments at times. This is particularly beneficial in the social field given the difficulty of manipulating humans and their behaviors freely at the discretion of the experimenter. It has also served as a technique for investigating detailed dynamics of systems, and as a guiding tool for developing hypotheses and models. This study investigates the nature, history, types, and uses of computer simulations commonly used in the social sciences. It also addresses the problems of its application within these fields and their advantages. This study emphasizes that despite the many methodological challenges of that application, computer simulations are of great importance when studying the problem of emergence and when they function as a virtual experimental tool.

Keywords: cellular automata, emergence, agent-based simulation, artificial society, complex systems.

المقدمة

لقد كان معظم العلم حاسوبيًّا لعدة عقود؛ إذ كان لأجهزة الحاسوب دورًا مركزيًّا وجوهريًّا في النشاط العلمي. وأحد أغراض المحاكاة الحاسوبية الحصول على فهم أفضل لبعض معالم العالم الاجتماعي. ومن الأمثلة المعروفة جيدًا نسبيًّا استخدام المحاكاة في البحث الديمغرافي؛ إذ يبتغي المرء معرفة كيف

سيتغير حجم سكان بلد وهيكلها العمري خلال السنوات أو العقود القليلة القادمة. فيمكن استخدام نموذج يتضمن معدلات الخصوبة والوفيات الخاصة بالعمر للتنبؤ بالتغيرات السكانية بعد عقد من الزمن في المستقبل بدقة معقولة. كما يمكن استخدام عمليات محاكاة الاقتصادات الوطنية لتدريب الاقتصاديين، وأحد الاستخدامات المرتبطة بالمحاكاة الترفيه. فإن بعض عمليات المحاكاة التي تباع كألعاب قريبة للغاية من كونها محاكاة اجتماعية.

ومع ذلك، فإن السبب الرئيس وراء زيادة اهتمام علماء الاجتماع بالمحاكاة الحاسوبية هو قدرتها على المساعدة في الاكتشاف والصياغة. فيمكن لعلماء الاجتماع بناء نماذج بسيطة للغاية تُركز على بعض الجوانب الصغيرة للعالم الاجتماعي، واكتشاف عواقب نظرياتهم في «المجتمع الاصطناعي artificial society» الذي شيدوه. وينبغي عليهم للقيام بذلك أخذ النظريات المُعبر عنها سابقًا في شكل نصي، وصياغتها في مواصفات يمكن برمجتها على حاسوب. وتعد عملية الصياغة، التي تنطوي على دقة حول ما تعنيه النظرية والتأكد من أنها كاملة ومتماسكة، درب قيم للغاية في حد ذاته. وفي هذا الصدد يصبح للمحاكاة الحاسوبية دورًا شبيهًا –إلى حد ما في العلوم الاجتماعية– لدور الرياضيات في العلوم الفيزيائية.

استُخدمت الرياضيات أحيانًا كوسيلة للصياغة في العلوم الاجتماعية، لكنها لم تنتشر أبدًا باستثناء ربما في بعض أجزاء من الاقتصاد. وهناك عدة أسباب تجعل المحاكاة أكثر مناسبة لصياغة العلوم الاجتماعية من الرياضيات. أولًا: لغات البرمجة أكثر تعبيرًا وأقل تجريدًا من معظم التقنيات الرياضية، على الأقل بالنسبة إلى تلك التي يمكن لغير المتخصصين الوصول إليها. ثانيًا: تتعامل البرامج بسهولة أكبر مع العمليات الموازية والعمليات التي لا تحظى بترتيب محدد جيدًا من الإجراءات، بخلاف نظم المعادلات الرياضية. ثالثًا: البرامج موديولارتية، يمكن إجراء تغيرات كبيرة في جزء واحد دون الحاجة إلى تغيير أجزاء أخرى من البرنامج. بينما غالبًا ما تفتقر النظم الرياضية إلى هذه

الموديولارتية. ومن السهل بناء نظم محاكاة تتضمن وكلاء غير متجانسين، على سبيل المثال؛ محاكاة منظورات مختلفة لأشخاص تجاه عوالمهم الاجتماعية، ومخزونات مختلفة من المعارف، وقدرات مختلفة... وهكذا. الخلاصة؛ استُخدمت المحاكاة للتجربة والبرهنة والاكتشاف في العلوم الاجتماعية.

يُشير التاريخ المختصر لأبحاث محاكاة العلوم الاجتماعية إلى أن العديد من المقاربات المُستخدمة في المحاكاة الاجتماعية المعاصرة طوِّرت أصلًا في مجالات مثل: الفيزياء والذكاء الاصطناعي. وعلى الرغم من اختلاف موضوع العلوم الاجتماعية عن موضوع العلوم الطبيعية والقضايا المختلفة المُهمة في نمذجة المجتمعات مقارنة بنمذجة تجمعات الجسيمات الفيزيائية على سبيل المثال؛ فإن تقنيات هذه العلوم والتقنيات الهندسية قد أثبتت كونها مفيدة للغاية. هذا من ناحية، ومن ناحية أخرى تحتاج بعض القضايا الخاصة بالعلوم الاجتماعية المحاكاة الحاسوبية لفهم المجتمعات البشرية.

أحد معالم أبحاث المحاكاة الاجتماعية أنه حتى عندما يكون الوكلاء Agents مُبرمجين بقواعد بسيطة؛ فقد يكون سلوك الوكلاء معًا معقدًا للغاية. وتقوم معظم المناهج الإحصائية التقليدية لتحليل النظم الاجتماعية على افتراض علاقة خطية بين المتغيرات. أي إن التأثير على متغير تابع متناسب مع حاصل جمع مجموعة من المتغيرات المستقلة. ولكنه افتراض مقيد للغاية. ولقد طور حقل جديد متعدد التخصصات يدعى نظرية التعقد complexity theory نتائج عامة حول النظم غير الخطية (يمكن أن تقود الشروط الابتدائية فيها إلى حالات نهائية مختلفة إلى حد كبير). ويُعتقد أن عوامل غير خطية مماثلة تسبب انهيارات سوق البورصة.

يصعب من وجهة نظر العالِم على وجه العموم، أو عالِم الرياضيات على وجه الخصوص، دراسة النظم غير الخطية؛ لعدم إمكانية فهم معظمها من الناحية التحليلية. وغالبًا ما لا توجد مجموعة من المعادلات التي يمكن حلها

للتنبؤ بخصائص النظام. والطريقة الوحيدة الفعالة لاستكشاف السلوك غير الخطي هي محاكاته عن طريق بناء نموذج ثم تشغيل المحاكاة. وحتى عندما يمكن للمرء تحصيل بعض أوجه الفهم حول كيفية عمل النظم غير الخطية؛ فإنها تظل غير قابلة للتنبؤ. ومهما درس المرء أسواق الأسهم أو خواص الرمال؛ سيظل من المستحيل (مبدئيًّا) التنبؤ بتوقيت الانهيار المالي أو الانهيار الرملي الأرضي. ويحظى هذا ببعض الدروس للتفسير في العلوم الاجتماعية. فعلى سبيل المثال، غالبًا ما تكون الفلسفة التقليدية للعلوم الاجتماعية مستعدة للغاية للربط بين التفسير والتنبؤ. بينما توضح نظرية التعقد أنه حتى لو كان لدينا فهم كامل للعوامل التي تؤثر على العمل الفردي؛ يظل هذا غير كافٍ للتنبؤ بسلوك المجموعة أو السلوك المؤسسي. وتصبح هذه الرسالة أقوى إذا صرحنا بالافتراض المعقول القائل بإنه ليس الفعل الاجتماعي هو المعقد بهذا المعنى فحسب، وإنما الإدراك الفردي أيضًا.

هناك دليلٌ قويٌّ على أن المحاكاة الحاسوبية يتم التعرف عليها بشكل متزايد كأداة مهمة في العديد من مجالات وحقول العلوم الاجتماعية. وقد صدر خلال السنوات الأخيرة عدد من المجلات الجديدة المُخصصة لهذا الحقل. ونُشرت أعداد خاصة ومراجعات مستفيضة لدراسات في مجلات مؤثرة وقياسية، وولدت في الوقت نفسه جمعيات دولية جديدة مع عدد متزايد من الأعضاء، وأُطلقت الكثير من مراكز ومعاهد الأبحاث بشكل ناجح، كما تُنظم العديد من ورش العمل والمؤتمرات كل عام. ونُشر خلال هذه السنوات عدد من الأوراق والكتيبات والكتب المؤثرة حول المحاكاة في العديد من المجالات.

ويعد الاقتصاد الحوسبي القائم على الوكيل حقلًا معترفًا به للغاية، خصوصًا من قِبَل الاقتصاديين التطوريين والمؤسسين والتطبيقيين. وهناك في الجغرافيا والدراسات الحضرية يوجد تلقيح متبادل بين عمليات المحاكاة الحاسوبية والمناهج والأدوات الأخرى، مثل: نظم المعلومات الجغرافية والمسوحات والبيانات الإحصائية. كما استُخدمت المحاكاة الحاسوبية أيضًا في

الأنثروبولوجيا والإيكولوجيا والدراسات البيئية، وفي الدراسات التنظيمية والإدارية وهندسة الأعمال. واستخدم علماء مجالات الذكاء الاصطناعي والروبوتات المحاكاة لاستكشاف النظم التعاونية الذكية وتصميمها. لتشكل المحاكاة منظورًا بحثيًّا جديدًا وملهمًا في العلوم الاجتماعية؛ نظرًا لإمكانية استخدام الحاسوب كأداة لإضفاء الطابع الصوري على النماذج التوليدية للظواهر الاجتماعية، وبناء النظريات واستكشافها واختبارها. كما تعرض المحاكاة –عن طريق نشر الحواسيب– فرصًا لإنتاج أنماط المعرفة التي يصعب تحقيقها دون هذه الأداة واختبارها. وتعد المحاكاة القائمة على الوكيل سبيلًا لمواجهة التعقد، ولتطوير سيناريوهات غنية ومتباينة في الوقت نفسه، بعواقب إيجابية متعددة على مستوى الواقعية والأساس الإمبريقي للنماذج.

استُخدمت عمليات المحاكاة الحاسوبية في الفيزياء منذ أربعينيات القرن العشرين فصاعدًا، كما استُخدمت أجهزة الحاسوب في الذكاء الاصطناعي في وقت مبكر من أواخر خمسينيات القرن العشرين. ومع ذلك قاومت بعض الحقول الإنسانية والاجتماعية تلك المناهج، وما زالت تفعل، فبقدر ما هو شائع تعني هذه الحقول بالمناهج السائدة المقبولة فحسب. فإن تطوير النماذج الحاسوبية وعمليات المحاكاة الحاسوبية في تلك العلوم عادة ما كان أمرًا حديثًا نسبيًّا للغاية. وقوبلت محاولات استخدام العلوم الحاسوبية للتنبؤ بالسلوك الاجتماعي والاقتصادي بشكوك عالمية في ستينيات وسبعينيات القرن العشرين. وبشكل عام؛ يمكن القول: إنه ما زالت عمليات المحاكاة الحاسوبية غير مقبولة عند بعض علماء الاقتصاد.

لقد حظيت المحاكاة الحاسوبية في العلوم الاجتماعية بولادة متعثرة. ومع ذلك تغير الوضع بشكل راديكالي في أوائل التسعينيات، نتيجة لتطوير النماذج متعددة الوكلاء التي وعدت بمحاكاة أفراد مستقلين وللتفاعلات الواقعة بينهم. ولقد انبثقت هذه الفرص من التقنيات المستوردة من دراسة الديناميكيات غير

الخطية، ومن أبحاث الذكاء الاصطناعي. علاوة على ابتكار نماذج تسمى الأوتوماتا الخلوية cellular automata، سنتناولها بالتفصيل فيما بعد.

يعود تاريخ أول استخدام للمحاكاة الحاسوبية في حقل علم الاجتماع إلى الستينيات. وظهرت خلال السبعينيات تطورات جديدة في تقنيات العتاد الصلب hardware والعتاد المرن software، قادت الميثودلوجيات القائمة في المجالات الأخرى إلى مزيد من عمليات استخدام النماذج الحاسوبية الأكثر تعقدًا وتطورًا. خلال هذه الفترة عرف "جاي رايت فوريستر Jay Wright Forrester" ديناميكيات النظم المستخدمة على نطاق واسع لتعريف عمليات المحاكاة الحاسوبية في العلوم الاجتماعية، بأنها نموذج لتحليل متغيرات نظام كلِّي[١]. وحاليًا عملت التقنيات المشتقة من الذكاء الاصطناعي ونظريات النظم التكيفية المنظمة ذاتيًّا على ارتقاء أنواع جديدة من النماذج، مثل: الأوتوماتا الخلوية، والنظم متعددة الوكلاء، والخوارزميات الجينية.

تضاعفت الفرص الجديدة لبناء نماذج المحاكاة الحاسوبية على مدى السنوات القليلة الماضية، واستُوحي ذلك جزئيًّا من التقدم غير العادي في الأعتدة الصلبة والمرنة الحوسبية، وجزئيًّا أيضًا من تأثيرات المجالات الأخرى خصوصًا الفيزياء والذكاء الاصطناعي والبيولوجيا النظرية. وشهد منتصف الثمانينيات زيادة الاهتمام في جميع أنحاء العالم بإمكانية استخدام المحاكاة في علم الاجتماع وبقية العلوم الاجتماعية الأخرى؛ إذ أدرك عالم الاجتماع كون المحاكاة تطرح إمكانية تشييد نماذج موجهة للعمليات، ويمكن فيها تمثيل بعض ميكانيزمات الحياة الاجتماعية. يبلغ حقل المحاكاة الحاسوبية من العمر قرابة عشرين عامًا فحسب، وبالتالي لا يوجد تقليد راسخ يمكن الاعتماد عليه، علاوة على وجود تنوع كبير من مقاربات المحاكاة للاختيار من بينها. توفر المحاكاة إمكانية وجود طريقة جديدة للتفكير في العمليات الاجتماعية والاقتصادية، بناء على الأفكار المتعلقة بانبثاق السلوك المعقد من الأنشطة البسيطة نسبيًّا[٢].

وتقع هذه الأفكار، التي تكتسب رواجًا ليس في العلوم الاجتماعية فحسب ولكن أيضًا في الفيزياء والبيولوجيا، تحت اسم نظرية التعقد.

لا يوجد تعريفٌ دقيقٌ للمحاكاة الحاسوبية، وإنما عددٌ من التعريفات المتفاوتة. فقد عرف "بول همفريز Paul Humphreys" المحاكاة بأنها "أي منهج منفذ حاسوبيًّا لاستكشاف خواص النماذج الرياضية عندما تكون المناهج التحليلية غير متوفرة"(٣). ولقد انصب تركيزه على الخواص الحاسوبية لعمليات المحاكاة، ولا سيما تناقضها مع المقاربات التحليلية والاستنباطية، وكذلك تحقيقها على جهاز حاسوبي. ويستثني من ذلك الحالات التي تتوفر فيها الحلول التحليلية، وكذلك حالات المحاكاة المادية. بينما يطرح "ستيفان هارتمان Stephan Hartmann" تعريفًا مختلفًا إلى حد ما، قائلًا: "تقلد المحاكاة عملية عن طريق عملية أخرى"(٤). ويُشير مصطلح «عملية» في هذا التعريف فحسب إلى بعض الأمور أو النظم التي تتغير حالتها بمرور الزمن. فإذا شُغلت المحاكاة على جهاز حاسوبي، تسمى حينئذ محاكاة حاسوبية. هنا نجد أن تعريف "هارتمان" يستوعب الحالات التي تكون فيها المناهج التحليلية متوفرة. علاوة على استبعاد تعريفه الحسابات الحاسوبية التي تحقق في نموذج دون عملية تقليد، على سبيل المثال العمليات التي تساعد فحسب الحسابات التي تكون فيها المناهج التحليلية غير متاحة. وأخيرًا تعد عملية التنفيذ على جهاز حاسوبي جانبًا هامشيًّا في عمليات المحاكاة بالنسبة إلى "هارتمان"، بينما نجده عاملًا مهمًّا وبارزًا بشكل أكثر مركزية بالنسبة إلى "همفريز". ويعترض "ريتشارد هيوز Richard Hughes" بأن تعريف "هارتمان" غير مؤهل حقًّا لعمليات المحاكاة التي تستخدم نموذجًا لتقديم بنية نظام بدلًا من ديناميكياته(٥).

لا يقترح "هيوز" تعريفًا محددًا لعمليات المحاكاة الحاسوبية؛ كونه يعتقد أن عمليات المحاكاة الحاسوبية تناسب بشكل طبيعي تصوره الدلالي البرهاني التأويلي للتمثيل العلمي الذي يدافع عنه بطريقة أخرى(٦). فبحسب تصوره الذي يتضمن الدلالة والبرهان والتأويل كمكونات: "عناصر موضوع النموذج (نظام

فيزيائي يعرض نوعًا معينًا من السلوك مثل المغناطيسية) يتم الدلالة عليها عن طريق عناصر النموذج؛ ومن ثم تسمح لديناميكا النموذج الداخلية بالبرهنة على النتائج (إجابات عن أسئلة محددة) داخل النموذج؛ ومن ثم يمكن تأويل تلك النتائج بعد ذلك من ناحية موضوع النموذج"(٧).

ويمكن تنفيذ البرهنة عن طريق نموذج فيزيائي (في حالة عمليات المحاكاة التناظرية) أو عن طريق استنباط منطقي أو رياضي، كالبرهان الرياضي التقليدي، أو عن طريق محاكاة حاسوبية. فضلًا عن أنه تبعًا لـ"هيوز"، وعلى عكس تصور "هارتمان"، "يسمح التصور الدلالي البرهاني التأويلي بأكثر من طبقة تمثيل"(٨). وعمومًا تظهر قوة هذا التصور في تأكيده البنيات الإبستمولوجية المشتركة للأنشطة المختلفة عن طريق الإشارة إلى خطوة برهانية متشابهة، تكشف محتوى النموذج وموارده الإبستمولوجية (وكانت هناك بعد ذلك تحليلات وسعت فكرة البرهان أو الاستكشاف، بحيث تشمل التجارب الفكرية وبعض أنواع من التجارب، وفكرة ذات صلة تقول بإن عمليات المحاكاة الحاسوبية حجج).

اقترح "همفريز" عام ٢٠٠٤ تعريفًا آخر لعمليات المحاكاة الحاسوبية، بُني بناء على فكرة القالب النظري، تلك التي تم تعريفها ضمنيًّا كعلاقة عامة بين الكمِّيات المشخصة لنظام. ويمكننا جعل قالب نظري أقل عمومية من خلال تحديد بعض متغيراته. فعندما تصبح النتيجة قابلة للحوسبة، ينتهي بنا المطاف إلى قالب حوسبي. فعندما يمنح قالب حوسبي تأويل، وافتراضات بناء، وتبرير مبدئي، يصبح نموذجًا حوسبيًّا. وأخيرًا، يعرض "همفريز" التوصيف التالي:

"يطرح النظام (ظ) محاكاة أساسية للموضوع أو العملية (ع) فقط في حالة ما إذا كان (ظ) جهازًا حاسوبيًّا ماديًّا ينتج، عبر عمليات زمنية، حلولًا لنموذج حاسوبي... ويمثل (ع) بشكل صحيح، إما استاتيكيًّا أو ديناميكيًّا. علاوة على أنه إذا النموذج الحاسوبي المُستخدم من قِبَل (ظ) يمثل بشكل صحيح بنية

النظام الفعلي (ف)؛ فسنجد حينئذ أن (ظ) يوفر محاكاة أساسية للنظام (ف) فيما يخص (ع)" [٩].

وتبعًا لـ"همفريز" هناك تمييز مهم يقع بين عملية المحاكاة الحاسوبية لسلوك النظام وتلك الخاصة بديناميكياته؛ لأنه حتى عندما يمثل النموذج الحاسوبي –مبدئيًّا– بنية النظام وديناميكياته؛ فإن طريقة حوسبة حلوله قد لا تتبع العمليات العلِّيَّة المقابلة[١٠]. فحقًّا الغرض في عملية المحاكاة الحاسوبية ليس أن يحاكي الإجراء الحاسوبي بالضبط العمليات العلّيَّة؛ وإنما أن يولد – بكفاءة– المعلومات المستهدفة التي يستطيع من خلالها المستخدم بناء تمثيل ديناميكي ملائم للعمليات العلّيَّة المستهدفة في النهاية. ولأسباب خاصة بالكفاءة الحاسوبية، يُقطع التمثيل زمانيًّا ومكانيًّا على المستوى الحاسوبي، كما قد يحدث مع استخدام المعالجة المتوازية، أو أي إجراء بهدف تقطيع جزئي للديناميكيات الفيزيائية الفعلية.

هكذا طُرحت التعريفات الرئيسة لعمليات المحاكاة الحاسوبية بشكل نقدي؛ فعرفها "همفريز" من ناحية المناهج الحاسوبية المُنفذة، وعرفها "هارتمان" من ناحية تقليد عملية عن طريق عملية أخرى، وهناك تصور "هيوز" للدلالة والبرهان والتأويل للتمثيل النظري، وأخيرًا تعريف "همفريز" ٢٠٠٤ المُركز على فكرة القالب الحاسوبي.

ويمكن القول مبدئيًّا، إن المحاكاة نوع خاص من النمذجة. وتعد عملية بناء نموذج طريقة معترف بها لفهم العالم، شيئًا نفعله طوال الوقت، ولكنه أمر صقله العلم بشكل عام، والعلوم الاجتماعية بشكل خاص، وأضفى عليه طابعًا صوريًّا. ويعد النموذج تبسيطًا – أصغر أو أقل تفصيلًا أو أقل تعقدًا أو كل ذلك معًا – لبعض البنيات أو النظم الأخرى. فمن المعترف به أن نموذج الطائرة طائرة، حتى لو كان أصغر بكثير من طائرة حقيقية، ولا يحوي أيًّا من نظم تحكمها المعقدة. والنماذج الإحصائية هي الأكثر صلة بالعلوم الاجتماعية، وتُستخدم للتنبؤ بقيم المتغيرات التابعة. وعلى شاكلة النماذج الإحصائية تمتلك

عمليات المحاكاة مُدخلات ومُخرجات يتم ملاحظتها أثناء عمل المحاكاة. وغالبًا ما تكون المُدخلات هي السمات اللازمة لجعل النموذج يتطابق مع بعض الإعدادات الاجتماعية المُحددة، وتصبح المُخرجات هي سلوكيات النموذج عبر الزمن.

وهناك مجموعة متنوعة من عمليات المحاكاة الحاسوبية ونماذجها، وتتضمن هذه العمليات استخدام أجهزة الحاسوب لتمثيل سلوك نظم والتحقيق فيها. وقد تكون الآلات الحاسوبية رقمية أو تناظرية. وفي كلتا الحالتين، قد تكون الحسابات حتمية أو غير حتمية. وفي النهاية يمكن تجميع أنواع مختلفة من النماذج الحاسوبية الرياضية والفيزيائية عبر العلم، كالنماذج القائمة على المعادلة، والنماذج القائمة على الوكيل، والنماذج المزدوجة أو النماذج متعددة المقاييس وغيرها، واستخدام جميع المناهج الحاسوبية المُهمة أو الأطر الرياضية لتنفيذ عمليات محاكاة حاسوبية.

تقوم عمليات المحاكاة الحاسوبية في العلم على استخدام أجهزة الحاسوب. والحاسوب هو جهاز مادي يمكن استخدامه بشكل موثوق فيه لتنفيذ العمليات المنطقية والرياضية. وتوافق المحاكاة الحاسوبية الاستخدام الفعلي للحاسوب للتحقيق في نظام فيزيائي مادي (ظ)، وذلك عن طريق توليد وصف لبعض حالات إحدى المسارات المحتملة لـ(ظ) في فضاء حالة خاص بنموذج حاسوبي لـ(ظ). ونظرًا لوجود أنواع مختلفة من أجهزة الحاسوب؛ فقد تتوافق عمليات المحاكاة الحاسوبية مع أنواع مختلفة من الأهداف والدوافع. كما يدل كل ذلك على ضرورة أن تكون تحليلات الفشل والنجاحات التنبؤية أو التفسيرية لعمليات المحاكاة الحاسوبية متجذرة في الغالب في التفاصيل التقنية للممارسات الحسابية.

نحن سنفترض أن هناك بعض ظواهر العالم الفعلي التي أنت كباحث مهتم بها، وسنطلق عليها الهدف. والمستهدف هو إنشاء نموذج لهذا الهدف، أبسط للدراسة من الهدف نفسه. ونتمنى أيضًا أن النتائج المستخلصة حول

النموذج ستكون قابلة للتطابق مع الهدف؛ لأن الاثنين متشابهان بما فيه الكفاية. ولكن لما كانت قدرات نمذجتنا محدودة، فسيكون النموذج دائمًا أبسط من الهدف. وعادة ما يكون الهدف في العلوم الاجتماعية كيانًا ديناميكيًّا، يتغير بمرور الوقت ويتفاعل مع بيئته. ويعني هذا ضرورة أن يكون النموذج ديناميكيًّا بالمثل. ويمكننا تمثيل النموذج نفسه بوصفه برنامجًا حاسوبيًّا، ولكن نحن في حاجة إلى فحص كيفية تطوُّر سلوك النموذج بمرور الزمن. إحدى طرق القيام بذلك استخدام منهج تحليلي. ويستلزم ذلك اشتقاق بنية النموذج المستقبلية من التعيين بالتفكير.

وقد يكون هذا التفكير التحليلي في حالة النماذج المعقدة، خصوصًا إذا كان التعيين غير خطي، صعبًا للغاية أو مستحيلًا. وعادة ما تكون المحاكاة في هذه الحالات هي السبيل الوحيد. وتعني المحاكاة تشغيل النموذج للأمام عبر زمان (مُحاكٍ)، ومراقبة ما يحدث. ودائمًا ما تكون الشروط الابتدائية، أي الحالة التي يبدأ منها النموذج، مُهمة. فغالبًا ما تختلف الديناميكيات للغاية اعتمادًا على الشروط الابتدائية الدقيقة المستعملة. وبينما يُشدد بعض المنمذجين الإحصائيين أو المحاكيين على الرغبة في الفهم، ويؤكد غيرهم أهمية صنع تنبؤات؛ يبدأ المرء إذن بتحديد اللغز، وهو سؤال جوابه غير معروف، وسيصبح هدف البحث بأكمله. ويقودنا هذا إلى تعريف الهدف للنمذجة. وعادة ما ستكون هناك حاجة إلى بعض الملاحظات حول الهدف لتوفير البارامترات والشروط الابتدائية لنموذجنا. ومن ثم، يمكن للمرء بعد ذلك صنع بعض الافتراضات وتصميم النموذج، ربما في هيئة برنامج حاسوبي. ويتم إنجاز المحاكاة نفسها عن طريق تنفيذ هذا البرنامج، ويُسجل ناتج المحاكاة. إننا نحتاج إلى ضمانة أن النموذج منفذ بشكل صحيح، ويعمل على نحو ما هو مقصود. وهذا هو التحقق verification، أي استئصال أكبر قدر من الأخطاء. تأتي بعد ذلك خطوة التأكد من الصحة validation، وهي ضمان أن سلوك النموذج مطابق لسلوك الهدف. وفي النهاية يحتاج المرء إلى معرفة

درجة حساسية النموذج تجاه التغيرات الطفيفة التي قد تقع في البارامترات والشروط الابتدائية.

إنه بحث واقع على «المجتمعات الاصطناعية» كمختبرات، نحاول فيها زرع بنيات اجتماعية معينة في الحاسوب، بهدف اكتشاف الآليات المحلية الأساسية أو الميكرو الكافية لتوليد البنيات الاجتماعية الماكرو والسلوك الجماعي موضع الاهتمام. وتتضمن عملية بناء النموذج إما كتابة برنامج حاسوبي خاص أو استخدام واحدة من عدة حزم أو صناديق عدة جاهزة بالفعل للمساعدة في تطوير عمليات المحاكاة. وتستخدم العلوم عمليات المحاكاة لأغراض متعددة: كالإثبات والتنبؤ والتفسير الكلي أو الجزئي أو المحتمل وصياغة السياسات.

كيف دخلت المحاكاة الحاسوبية في الأصل حقل العلوم الاجتماعية؟ يعد العالم السياسي "روبرت أكسلورد Robert Axelrod" هو الرائد في دراسة الظواهر الاجتماعية بمساعدة الحاسوب. ففي عام ١٩٨٠ أطلق "أكسلورد" مسابقة بين الخبراء في نظرية المباراة من حقول مختلفة(١١). وتمثل التحدي في التوصل إلى استراتيجية لمباراة معضلة السجين(١٢) المعادة ليتم لعبها في بطولة حاسوبية. جمع "أكسلورد" استراتيجيات مجموعها خمس عشرة، وكان على المشاركين اللعب لمائتي جولة في كل البطولة. وتبين في نهاية البطولة أن الاستراتيجية الرابحة من أبسط وأقدم استراتيجيات التعاون البشري، ألا وهي واحدة بواحدة. وكانت عمليات المحاكاة الحاسوبية مفيدة لهذا الغرض بالتحديد، بوصفها تمكن العلماء من التركيز على الجوانب التكرارية للتفاعلات الاستراتيجية، وليس على جودة الاستراتيجيات في حد ذاتها.

هكذا أصبح بالإمكان دراسة أية استراتيجيات تبقى، وأيها تنقرض، وأيها تتعايش. ويمكن عبر المحاكاة الحاسوبية تمثيل الوكلاء بشكل أكثر واقعية من ذي قبل، على سبيل المثال كأفراد ذوي عقلانية محدودة ولديهم قيود تعلم وذاكرة. تدرس عمليات المحاكاة كيفية انبثاق الظواهر الاجتماعية وتطورها عبر

تفاعلات الأفراد وبيئتهم عن طريق تحليل كيفية وقوع ديناميكيات الظواهر الاجتماعية المعاد إنتاجها، بعد أن وقعت في العالم الاجتماعي. ويمكن عبر المحاكاة الحاسوبية تمثيل دور المتغيرات الفردية والبنيوية والمؤسساتية في هيئة واقعية معينة، يُزعم أنها تساعد على أسر تعقد ترابطها. لا تساعد عمليات المحاكاة الحاسوبية على تجنب الأخطاء الشائعة في الحدس فحسب، بل قد تكشف أيضًا عن جوانب ذات الصلة بالنظام التي تم التقليل من شأنها أو تجاهلها. كما تحظى بوظائف إرشادية: فإنها تثير حدسنا، ويمكن أن تساعدنا على استكشاف فروض جديدة، وتمكننا من التصوير العياني لنتائج مشكلة بطرق فعالة.

ومع ذلك نلاحظ أن الحماس تجاه عمليات المحاكاة المرحب به في بعض حقول العلوم الاجتماعية؛ لم يتم تشاركه بالإجماع. فقد نُظر إلى عمليات المحاكاة في الاقتصاد بنظرة شك، ولم يُشجع على تبنيها دائمًا.

فقد رأى بعض الاقتصاديين أن المحاكاة لا تقدم نوع الفهم الذي يُنظر إليه باعتباره مشروعًا في المجتمع الاقتصادي، وغالبًا ما يعتبرون هذه الميثودلوجية خيارًا ثانويًّا على أحسن الأحوال. ويفسر هذا أيضًا –بشكل جزئي– لِمَ في العلوم الاجتماعية الأخرى التي لا يوجد فيها التزام قوي بنظرية موحدة، تُستخدم النماذج القائمة على الوكيل بشكل متزايد، إذ تسمح هذه النماذج بدرجة أكبر من المرونة في القواعد السلوكية المنسوبة للوكلاء. ويمثل هذا بالنسبة إلى العديد من علماء الاجتماع ميزة وليس عائقًا. ومع ذلك عادة ما اعتبرت هذه المرونة في الاقتصاد مشكلة من حيث كون اختيار الافتراضات السلوكية مسألة عينية وليست موجهة، ومقيدة بالنظرية الموحدة.

ولما كانت عمليات المحاكاة الحاسوبية قد أصبحت أدوات شائعة بشكل متزايد في العلوم الاجتماعية؛ ولدت شعبيتها ردود فعل مختلطة بين علماء الاجتماع. يكتب المدافعون عنها عن مزاياها، وينظرون إليها بوصفها أداة قوية ستحول العلوم الاجتماعية من خلال تحقيق الدقة والصرامة في النظريات

الاجتماعية. ويمكننا عبر استخدام سرعة وقوة الحواسيب الحديثة فحص عواقب القواعد المعقدة ودراسة ديناميكيات النظم الكبيرة. مما يجعلها الأداة المُفضلة للتعامل مع التعقيدات المتأصلة في مجال العلوم الاجتماعية. ومن ناحية أكثر عمومية تجعل عملياتها العلوم الاجتماعية أكثر انسجامًا مع التطورات الأخيرة في العلوم الرياضية والطبيعية. بينما عبر معارضو استخدامها في العلوم الاجتماعية عن قلقهم من أن أهم جوانب العلوم الإنسانية والاجتماعية لا يمكن أسرها بواسطة أداة صورية، وبالتالي لا يمكن لعمليات المحاكاة الحاسوبية أن تصف بالكامل ثراء العمليات النفسية والاجتماعية. فالبشر، خصوصًا في السياق الاجتماعي، معقدون للغاية بحيث لا يمكن فهمهم عن طريق برنامج محاكاة. ففي الواقع الاجتماعي تعتمد نتيجة ومحصلة معظم العمليات على عدة عوامل.

وفي العلوم الاجتماعية احتمالية صنع افتراض كاذب أعلى منها في العلوم الطبيعية. ومع الأخذ في الاعتبار تعددية العوامل التي تؤثر على كل عملية اجتماعية، ليس من الممكن أن تكون جميع افتراضات عمليات المحاكاة صحيحة، علاوة على أن العديد من العوامل الحاسمة للتنبؤ من المستحيل عمليًا وبشكل خاص أخذها في الاعتبار داخل عمليات المحاكاة الحاسوبية. فعلى سبيل المثال، قد يعتمد قرار ما على خبرات طفولة شخص وعواطف اللحظة. وستولد عمليات المحاكاة الحاسوبية المُخرَج الذي يعتمد على المُدخل في المحاكاة. وبهذا الصدد لن تتولد أية معرفة عن طريق تشغيل عمليات المحاكاة الحاسوبية لوجود كل المعارف منذ البداية. وتبعًا لمعارضي عمليات المحاكاة الحاسوبية، تقلل عمليات المحاكاة عمومًا من فهمنا للعمليات الاجتماعية عبر عرض سراب من الوصف الدقيق. وعلى أفضل الأحوال يصرف هذا الانتباه عن تلك النظريات التي تستهدف الفهم العميق لطبيعة العمليات الاجتماعية. بينما على أسوأ الأحوال يمكن أن يدمر هذا ثراء التراث الإنساني في العلوم الاجتماعية. ومجال العلوم الاجتماعية مجالٌ بينيٌّ متعدد

التخصصات، يرتكز على الكائن البشري الفرد باعتباره ذا صلة وثيقة بالتأثيرات الثقافية والاجتماعية والتاريخية والاقتصادية والسياسية والبيولوجية، كما يرتكز على المجتمع الذي يمكن وصفه بأنه نظامٌ معقدٌ ذاتي التنظيم، ويصعب استكشاف طبيعته بمساعدة المحاكاة الحاسوبية.

ولتوفير صورة واضحة عن الإشكالية، نتعرض لمجموعة من القضايا الإبستمولوجية والميثودلوجية التي غالبًا ما يتم التعبير عنها من ناحية نزاعات حية على هيئة ثنائيات على النحو التالي: التفسيرات التوليدية في مقابل التفسيرات العلِّيَّة عبر المحاكاة، ومعاني الانبثاق وأشكاله في مواجهة المعاني الأنطولوجية والإبستمولوجية، والتجريد النظري في مقابل الأسس الإمبريقية، والأغراض النظرية في مقابل الأغراض العملية.

ما أفضل مناهج للقيام بأبحاث محاكاة؟ نتناول السؤال في هذه الورقة من منظور تاريخي وفلسفي. ذاهبين إلى أن للنقاش داخل المحاكاة الاجتماعية عدة صلات بالمناقشات التي تردد صداها على مر السنين داخل مجتمع العلوم الاجتماعية الأوسع حول طبيعة المعرفة الاجتماعية والافتراضات الإبستمولوجية والميثودلوجية المناسبة التي يجب أن تقوم عليها أبحاث العلوم الاجتماعية.

أنواع المحاكاة الحاسوبية الاجتماعية

١- الأوتوماتا الخلوية ونماذجها

إن الأوتوماتا الخلوية أداة من الأدوات المُهمة في محاكاة الديناميكيات المعقدة. وأول من عرفها هم "جون فون نيومان John Von Neumann" و"ستانيسلو أولام Stanislaw Ulam" في نهاية الأربعينيات[١٣]، لصنع نماذج محاكية للتطور البيولوجي والتكاثر الذاتي. وبفضل القوة المتزايدة للتقنيات الحاسوبية استُخدمت هذه التقنية لاحقًا في العلوم والهندسة، ثم أصبحت أداة شائعة في العلوم الاجتماعية وبعض العلوم الإنسانية، كونها توفر سبيلًا لدراسة

الظواهر الاجتماعية أو الاقتصادية أو التاريخية أو السياسية عن طريق فحص تفاعلات الأفراد المتكررة التي تقود إلى نشوء الظاهرة موضع الاهتمام.

ويمكن من بعض النواحي تأكيد تشابه الأوتوماتا الخلوية مع النظم متعددة الوكلاء، بمعنى كونها نوعًا معينًا خاصًّا من النظم القائمة على الوكيل التي للوكلاء فيها وظائف مُحددة في الشبكة، ومتجانسين في سلوكهم وطريقة تفاعلهم. إذ تتضمن المحاكاة القائمة على الوكيل مجموعة من الوكلاء ومجموعة من القواعد الواصفة لسلوك هؤلاء الوكلاء. يتفاعل الوكلاء مع بعضهم بعضًا ومع البيئة، وعادة ما تُجلب هذه التفاعلات المحلية ظواهر مفاجئة على المستوى الاجتماعي. وأحد أهداف المحاكاة هنا تحديد نوع الحالة النهائية القصوى للانبثاق Emergence، والتحقق من الخواص المنبثقة لنظام اجتماعي. فإن نوع التفاعل المحدد على المستوى الميكرو يمكن أن يقود إلى تنظيم نهائي للنظام من الاستحالة التنبؤ به عبر تحليل الوحدات الفردية وحدها. وتسمح لنا محاكاة نموذج من هذا النوع بالتحقيق في أي نوع من النظام ينبثق من السلوك الفردي، كدراسة انبثاق الآراء العامة أو تطور التعاون أو ديناميكيات الصراعات المختلفة. جانب إيجابي آخر لهذا المنهج هو بساطته؛ إذ يتم صورنة سلوك كل وحدة بطريقة بسيطة للغاية، ليصبح بالإمكان تطوير تفسيرات للظواهر المعقدة بناء على قواعد قليلة للمكونات الفردية، علاوة على سهولة فهم نتائج المحاكاة؛ لإمكانية تمثيلها في تجسيد مرئي.

وعادة ما يكون الوكلاء في نماذج المحاكاة القائمة على الوكيل مزودين بخواص مُهمة على المستويات الإدراكية المعرفية والاجتماعية. والوكلاء إرشاديون من حيث اتباعهم قواعد سلوكية بسيطة يمكن تأويلها بأنها عادات ومعايير وما شابه. كما أنهم يتكيفون أيضًا؛ كونهم يستجيبون لردود الفعل الآتية من بيئتهم عبر التعلم والتطوُّر. والوكلاء مستقلون، وقادرون على تغيير جوانب بيئتهم لتحقيق أهدافهم، وإن كانت استقلاليتهم مقيدة باعتمادهم على بعضهم بعضًا عن طريق اعتقاداتهم وسلوكياتهم. كما تسمح ميثودلوجيا المحاكاة القائمة

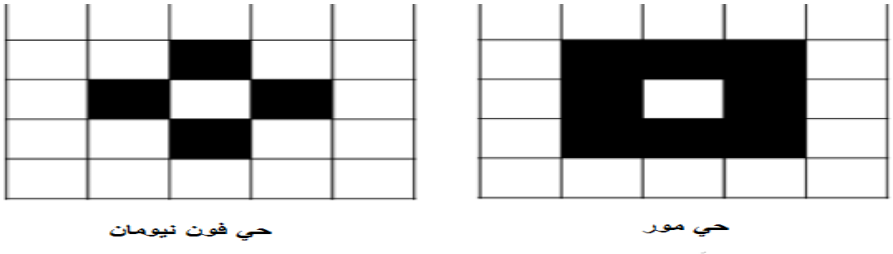
على الوكيل بنمذجة الوكلاء غير المتجانسين الذين يختلفون في اعتقاداتهم وأهدافهم وقواعد سلوكهم. ويمكن تضمين الوكلاء في شبكات، بحيث تصبح ديناميكيات المجموعات نتائج منبثقة من تفاعلات محلية. وتسمح المحاكاة القائمة على الوكيل للوكلاء بتغيير مواقعهم المكانية أو قطع العلاقات مع جيرانهم، والبحث عن علاقات جديدة.

ويُشار أحيانًا إلى النماذج القائمة على الوكيل للعمليات الاجتماعية بتعبير «المجتمعات الاصطناعية»؛ إذ تنبثق في هذه المقاربة البنيات الاجتماعية الأساسية وسلوكيات المجموعات عبر تفاعل الأفراد العاملين في بيئات اصطناعية وفق قواعد توضع في حدود معلومات الوكيل وقدرته الحاسوبية. إنها مختبرات، نحاول فيها زراعة بنيات اجتماعية في الحاسوب، بهدف اكتشاف الميكانيزمات المحلية الأساسية أو الميكروية الكافية لتوليد البنيات الاجتماعية الماكروية والسلوكيات الجماعية موضع الاهتمام. وبشكل عام تتألف هذه المختبرات من ثلاثة مكونات أساسية؛ الوكلاء، والبيئة أو الفضاء، والقواعد.

تتألف الأوتوماتا الخلوية من عدة آلاف أو حتى ملايين من الخلايا المتماثلة المرتبة في شبكة منتظمة. ويمكن وجود الخلايا في خط طويل ذي بُعد واحد أو صف مستطيل أو حتى أحيانًا في مكعب ثلاثي الأبعاد. وقد تمثل الخلايا في حالة عمليات المحاكاة الاجتماعية أفرادًا أو ممثلات جماعية كالبلدان. وربما تكون كل خلية في حالة من بضع حالات (عاملة أو متوقفة، حية أو ميتة، داعمة لأحد الأحزاب السياسية أو غير داعمة، مُنحازة للأصل العرقي أو غير مُنحازة، متعاونة أو غير متعاونة مع الآخرين). ويتقدم الزمن خلال المحاكاة في خطوات، وقد تتغير عند كل خطوة زمنية حالة كل خلية. وتُحدد حالة الخلية بعد أية خطوة زمنية عن طريق مجموعة من القواعد التي تحدد كيفية اعتماد هذه الحالة على الحالة السابقة للخلية نفسها وحالات

خلاياها المجاورة لها. وتستخدم القواعد نفسها لتجديد حالة كل خلية في الشبكة(١٤).

استُخدمت الأوتوماتا الخلوية في العديد من مجالات العلوم الفيزيائية والرياضيات والبيولوجيا، واحتلت أهمية كبيرة في العلوم الاجتماعية. وأفضل استعمال لها هو نمذجة المواقف التي التفاعلات فيها محلية؛ لكون القواعد فيها غالبًا ما تخص حالات الخلايا الأخرى التي في أحياء الخلية، ومن أشهرها حي مور (عبارة عن الخلايا الثماني المحيطة بالخلية كجيران يؤثرون على حالتها)، وحي فون نيومان (عبارة عن الأربع خلايا التي تحيط بالخلية من الشمال والشرق والجنوب والغرب فحسب) (انظر الشكل (١)). وتعد مباراة الحياة Game of life لـ"جون هيرتون كونواي John Horton Conway " أفضل مثال معروف على الأوتوماتا الخلوية.

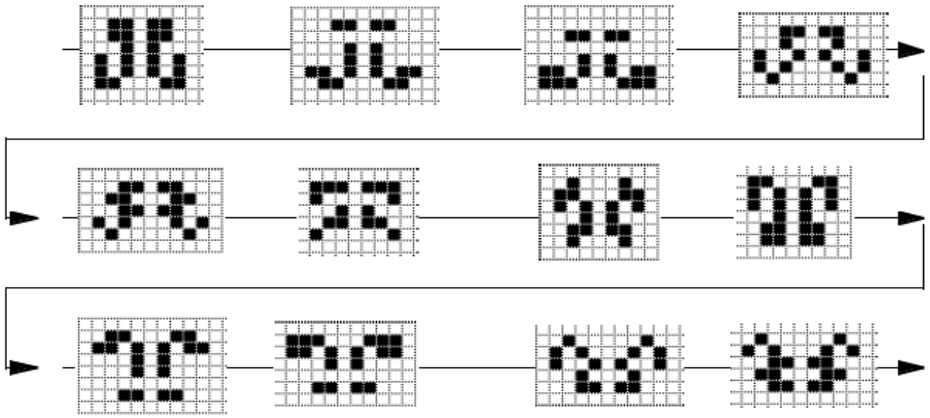


(الشكل (١))

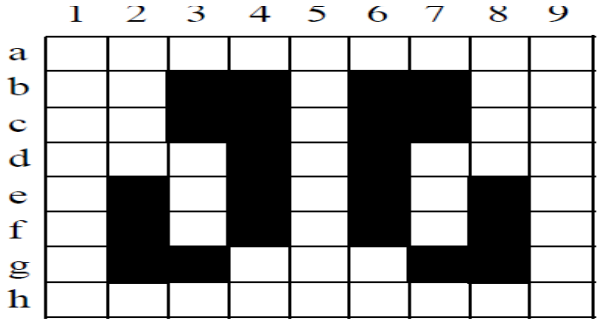
(أ) مباراة الحياة

يمكن للخلية الواحدة أن تبقى على قيد الحياة في مباراة الحياة إذا حظيت باثنين أو ثلاث خلايا حية في حيها القريب الفوري، حي مور، وتموت دون هؤلاء الرفاق؛ إما من الازدحام إذا حظيت بكثير من الجيران الأحياء، أو من الوحدة؛ إذا لم يكن لها سوى قليل للغاية منهما. وبهذا هناك قاعدتان فقط لمباراة الحياة: ١) تبقى الخلية الحية حية، إذا حظيت باثنين أو ثلاثة من جيرانها الأحياء، وفيما عدا ذلك تموت. ٢) تبقى الخلية الميتة ميتة ما لم تحظَ بثلاثة

جيران أحياء، فإذا ما حدث ذلك تصبح حية. وما يثير الدهشة إمكانية أن تتولد العديد من الأنماط المتغيرة لخلايا الحياة والموت عن طريق هاتين القاعدتين فحسب. ويوضح الشكل (٢) تطور نمط صغير من الخلايا عبر ١٢ خطوة زمنية. ولتشكيل انطباع حول كيفية عمل مباراة الحياة في الممارسة دعنا نتبع القواعد باليد للخطوة الأولى، مما يظهر بشكل مُكبر في الشكل (٣). الخلايا السوداء هي «الحية» والخلايا البيضاء هي «الميتة» (انظر الشكل(٣)) [١٥].



الشكل (٢)



الشكل (٣)

تبدو محاكاة الأوتوماتا الخلوية هنا من صميم عمل الحاسوب[١٦]. فإن تنفيذ العملية باليد مضجر للغاية، ويحظى باحتمال كبير لارتكاب الأخطاء. وتعد مباراة الحياة واحدة من عائلة نماذج الأوتوماتا الخلوية التي تقوم جميعها

على فكرة الخلايا الواقعة على شبكة، لكنها تتفاوت في القواعد المستخدمة لتجديد حالات الخلايا وفي تعريفها لأي من الخلايا تعد جيرانًا. فإن مباراة الحياة تستخدم مثلًا على نحو ما رأينا حي مور، بينما من عائلة هذه النماذج أيضًا نموذج التعادل parity model الذي يستخدم حي فون نيومان، وله قاعدة واحدة: تصبح الخلية حية أو ميتة بناء على ما إذا كان مجموع عدد الخلايا الحية فردي أو زوجي. كما أن هناك النماذج الأحادية البعد، فالشبكات المستخدمة حتى الآن ثنائية البعد، ولكن من الممكن أيضًا استخدام شبكات أحادية أو ثلاثية الأبعاد، ولها قواعدها المختلفة(١٧).

وتكمن أهمية هذه النماذج في مدى إمكانية استخدامها لنمذجة الظواهر الاجتماعية. لذا من الشائع للغاية نمذجة الأفراد كخلايا، ونمذجة التفاعل الواقع بينهم باستخدام قواعد الخلايا. فعلى سبيل المثال، يمكن للمرء نمذجة سرعة انتشار المعرفة أو الابتكارات أو التوجهات أو الإشاعات بهذه الطرق سواء بقواعد حتمية أم غير حتمية عشوائية تستخدم نسب احتمالية وقيم توزيع ترجيحية مختلفة وبحسب طبيعة العلاقات الاجتماعية وتفاعلاتها المختلفة، أو الاستعاضة عن الأفراد بكيانات مثل التحالفات السياسية، والسماح للممثلين بالتحرك في أنحاء مختلفة من الشبكة. ويمكن لأكثر من ممثل واحد احتلال خلية في أية لحظة معينة أو بالتأثر بأكثر من مجرد جيرانه المباشرين بحسب التأثير الكلي لحالات جميع الممثلين الآخرين الموجودين في النموذج أو بعض النسب منهم.

(ب) نموذج انعزال حي شيلنج

من المحاولات الأولى المتضافرة لتطبيق الأوتوماتا الخلوية والنمذجة الحاسوبية القائمة على الوكيل(١٨) على العلوم الاجتماعية، والتي لا ينحصر فيها الممثلون في خلية محددة، وإنما يمكنهم التحرك بسهولة وفقًا لقواعد؛ محاولة "توماس شيلنج Thomas Schelling" في مؤلفاته(١٩)، المتمحورة حول قضية الانعزال والتفرقة العنصرية segregation. فقد توقع "شيلنج" العديد من

المواضيع المواجهة في الدراسات المعاصرة المتعلقة بالتعقد الاجتماعي والتطوُّر الاقتصادي. ولكن جهود "شيلنج" في السبعينيات كانت مقيدة بحدود القوة الحاسوبية التي كانت متاحة في ذلك الوقت، لذا نجد "شيلنج" قد استخدم الورقة والقلم وقطع الشطرنج مبدئيًّا. ومنذ العقد الماضي فحسب صنعت الأوتوماتا الخلوية والنمذجة القائمة على الوكيل فروقًا عملية واسعة النطاق بخصوص نموذجه.

استهدف نموذج "شيلنج" التحقيق في دور اختيار الفرد الواقع بخصوص انعزال الأحياء التي إما يسكنها غالبية من السود أو البيض. ويعتبر "شيلنج" دور الاختيار الفردي القائم على التفضيل أحد العلل المحتملة لهذه الظاهرة، وربما حتى أهمها، مقارنة بالعمل المنظم والعوامل الاقتصادية كعلتين أخريين محتملتين قام "شيلنج" بذكرهما(٢٠). استخدم "شيلنج" للتحقيق في هذه الظاهرة نموذج رقعة الشطرنج؛ حيث تمثل حقول الرقعة المنازل. ويمكن تمثيل لون بشرة السكان – على سبيل المثال – عن طريق قطع نقدية تدور إما رؤوسًا أو ذيولًا. ولقد افترض "شيلنج" عتبة تحمل وتسامح معينة تجاه عدد السكان ذوي الألوان المختلفة في الحي قبل أن تنتقل الأسرة إلى مكان آخر. والنتيجة التي كانت مستقرة نسبيًّا بين المتغيرات المختلفة للنموذج الذي فحصه هي انبثاق أحياء منفصلة، حتى لو كانت عتبة تحمل الحد الأكبر للجيران ذوي الألوان المتساوية أكبر من ٥٠%، أو حتى لو كانت عتبة تحمل الحد الأدنى للجيران ذوي الألوان المتساوية أقل من ٥٠%، مما يعني أن الانعزال ينبثق حتى لو كان السكان سعيدين للغاية بالعيش في بيئة متكاملة ذات مجتمع مختلط(٢١).

وعلى الرغم من ارتباط هذا النوع من النماذج بالتفرقة العرقية، فإنه من الممكن تطبيقه بالمثل على العلاقات الواقعة بين عدد من التصنيفات المميزة بشكل كبير؛ ليس البيض والسود فحسب، وإنما الأغنياء والفقراء وغيرها أيضًا. ليشتمل حي التفاعل في بعض الحالات على جميع الخلايا المتواجدة في الشبكة، بحيث تؤثر حالة كل ممثل على كل ممثل آخر. وربما من الصعب

للغاية التنبؤ بسلوك نظم من هذا النوع الذي توجد فيه تفاعلات تبادلية مسبقًا قبل إجراء المحاكاة. فإنه أمر من الصعب للغاية تحليله، ولكن من اليسير محاكاته.

٢- النماذج متعددة الوكلاء (أتمتة متعددة الوكلاء أكثر تعقدًا)

رصدنا حتى الآن كيفية بناء عمليات محاكاة تقود فيها تفاعلات أتوماتيكية بسيطة للغاية على شبكة إلى انبثاق أنماط سلوكية على نطاق كلِّي. ونستكشف الآن كيف يمكن للمرء تطوير أتمتة لمحاكاة اجتماعية أكثر تعقدًا إلى حد ما في معالجتها الداخلية، وبالتالي في سلوكها. وقد أطلق تقليديًّا عليها الوكلاء، وتوجد في الوقت الحاضر دراسات متزايدة حول كيفية تصميمها وبنائها واستخدامها. وكان هدف عمليات المحاكاة تلك تطوير «وكلاء مستقلين»، كالنظم الحاسوبية العاملة في بيئات معقدة وديناميكية وغالبًا غير قابلة للتنبؤ، قادرين على التعلم من العالم الخارجي والتكيف معه.

وترتبط هذه الأنواع من المحاكاة بمفهوم الخاصية المنبثقة بشدة؛ كونها تسمح لنا بتحديد النماذج الحاسوبية القادرة على خلق مجموعة من الخواص الكلِّية من جميع خصائص عناصر النظام. إذ نبدأ بالتعرف على سلوك كل مكون استجابة للتفاعلات الواقعة مع المكونات الأخرى أو من ظروف بيئة معينة، وربما يمكننا بعد عدة تشغيلات اكتشاف أية بنيات قد تنبثق على المستوى الكلِّي، ولم تكن متضمنة في الوحدات المبرمجة بشكل أولي. ويمكننا في العلوم الاجتماعية انطلاقًا من نظرية، عند امتلاك نظرية حول السلوك البشري، ملاحظة ما يحدث إذا ظهرت ظروف محددة. وما يمكننا تعلمه عبر المحاكاة، هو الخواص الماكروية التي تنتجها النظرية المتعلقة بالفاعلين الاجتماعيين.

من الواضح أن نقطة الانطلاق في النمذجة القائمة على الوكيل هي الفرد. وبالتالي يتضمن تعريف النظام متعدد الوكلاء قائمة مفصلة بقواعد سلوك الوكلاء، أي بروتوكولات التواصل وإجراءات صنع القرار التي تأخذ في اعتبارها

التغيرات البيئية وجميع التفاعلات مع الوكلاء الآخرين الموجودين في هذا النظام. ويعني هذا أن النظم متعددة الوكلاء تدفع بأداة قوية لنمذجة التفاعل الاجتماعي. ويمكن الآن للنظم المتعددة الوكلاء المساهمة عن طريق توفير وسائل جديدة لصياغة القواعد الاجتماعية صوريًّا. كما طُبقت في علوم الأركيولوجيا والأنثروبولوجيا. ليقدم هذا النوع من المحاكاة مساهمة مهمة في حل النزاع القائم بين المقاربات الميكروية والمقاربات الماكروية، إذ تقوم المحاكاة متعددة الوكلاء على نظرية السلوك الفردي، ولكننا قد نكتشف في نهاية المحاكاة بنيات انبثقت على المستوى الماكرو وغير متضمنة في الوحدات المبرمجة بشكل أولي. لذا يرتبط مستقبل المحاكاة في العلوم الاجتماعية للغاية بتطور النظم متعددة الوكلاء التي يمكن تطبيقها في حالة المعرفة المحدودة، وتضفي طابعًا صوريًّا إلى حد ما على بعض الجوانب النفسية البشرية والمعارف.

إن الهدف من تشييد الوكلاء إنشاء برامج تتفاعل بذكاء مع بيئتها. ولقد تأثر عتاد الوكلاء المرن كثيرًا بالعمل القائم في الذكاء الاصطناعي، خصوصًا مجال فرعي منه يدعى الذكاء الاصطناعي الموزع distributed artificial intelligence. وقد اختص هذا الفرع بخواص شبكات الوكلاء المتفاعلين وتصميمها، على سبيل المثال كيف يمكن للمرء تصميم مجموعة من الوكلاء لكل منها خبرات مختلفة، للتعاون من أجل حل مشكلة. ولما كان اهتمام الذكاء الاصطناعي الموزع منصب على بناء شبكات من أجل الوكلاء الأذكياء؛ للتحقيق في خواصهم، فهناك الكثير في هذا المجال مرتبط بالمحاكاة الاجتماعية. ويتأثر في الوقت نفسه المهتمون بالذكاء الاصطناعي الموزع بشكل متزايد بأفكار العلوم الاجتماعية، وتفسير كيف يمكن استخدام النماذج التي تضم العديد من الوكلاء لمحاكاة المجتمعات.

(أ) شوجارسكيب Sugarscape

تعد محاكاة شوجارسكيب مثالًا حسنًا على نموذج متعدد الوكلاء، يولد مجموعة من النتائج المُهمة حول انبثاق الشبكات الاجتماعية التي على شاكلة التجارة والأسواق والتمايز الثقافي والتطوُّر. ونماذجه عبارة عن مجتمع اصطناعي يتحرك فيه الوكلاء عبر شبكة خلوية. لكل خلية كمّية «سكر» متجددة بشكل تدريجي، ويستطيع الوكيل فيها الأكل. ومع ذلك، تختلف كمّية السكر في كل موقع مكانيًّا ووفقًا لكمِّية السكر التي تم تناولها بالفعل. وعلى الوكلاء استهلاك السكر للبقاء. وإذا حصدوا سكر أكثر مما يحتاجون في الوقت الحالي، يمكنهم تخزينه، وتناوله في وقت لاحق أو تداوله تجاريًّا مع وكلاء آخرين. ويمكن للوكلاء هنا النظر إلى الشمال والجنوب والشرق والغرب من موقعهم الحالي، ورؤية المسافة التي تختلف رؤيتها عشوائيًّا وفقًا لمواهب الوكلاء الجينية (الوراثية). ويتحرك الوكلاء بحثًا عن السكر بحسب القاعدة القائلة: ابحث عن خلية غير مشغولة يوجد بها أعلى مستوى سكر متاح في حدود رؤيتك كوكيل، ثم تحرك إلى هناك. ولا يختلف الوكلاء في المسافة التي يرونها فحسب، وإنما في معدل أيضهم (تمثيلهم الغذائي) واستهلاكهم للسكر أيضًا؛ فإذا انخفض معدل استهلاكهم إلى الصفر يموتون، ويحل وكلاء جدد محلهم، ويصاحبهم تخصيص أولي عشوائي للسكر[٢٢].

وبالتالي هناك عنصر بقاء للأكثر ملاءمة في هذا النموذج؛ كون هؤلاء الوكلاء غير مناسبين نسبيًّا للبيئة، ولكن حتى الوكلاء الناجحون يموتون بعد تحقيقهم الحد الأقصى لعمرهم وفقًا لتوزيع عشوائي منظم. ولهذا النموذج عدد من معالم المجتمعات؛ كونه يوضح أنه حتى لو بدأ الوكلاء بتوزيع متماثل تقريبًا من الثروة (كمِّية السكر التي يخزنها الوكلاء)؛ يتطور توزيع مختلف لهذه الثروة. وبالإمكان توسيع هذا النموذج لمحاكاة تجارة يتوسطها وكلاء، ويمكن إضافة سلع أخرى غير السكر يقايضها الوكلاء بالسكر فيما بينهم؛ لتحقيق

التوازن. ومن ثم، يمكن الاستفادة منها في التأكد من بعض تنبؤات النظريات الاقتصادية.

(ب) مانتا MANTA

تعد محاكاة مانتا (اختصارًا لنمذجة نشاط كثيب (عش) النمل Anthill)، الخاصة بولادة مستعمرة النمل، المثال الأقرب إلى فكرة الذكاء الاصطناعي الموزع، ولا تُنمذج مجتمعًا بشريًّا، ولكنها مهمة كونها توظف مجموعة مختلفة من أنواع الوكلاء، كالوكلاء المستخدمين لمحاكاة بيئة وكلاء آخرين. تعد ملكة النمل من النوع الأسترالي Ectatomma ruidum فيها أم جميع النمل الذي في مستعمرتها. تكون ملكة النمل في الأيام الأولى للمستعمرة وحيدة أو مع عدد قليل للغاية من النمل، ومع ذلك يتعين عليها الاعتناء بالحضنة بأكملها وإطعامها. والعملية هنا صعبة بطبيعتها، ويثبت ذلك الواقعة القائلة بإنه حتى في ظروف المختبر يموت ٨٦% من مستعمرات النمل الجديدة، وتموت الملكة الأم قبل ولادة عشر نملات شغالات(٢٣).

ويستهدف مؤلفو مانتا محاكاة هذه العملية عن طريق مجتمع النمل الاصطناعي، ونمذجة النمل كوكلاء قادرين على التحرك في جميع أنحاء بيئة عش النمل المحاكى. إذ يقوم النمل بمهام للحفاظ على المستعمرة.

(ج) محاكاة تطور انبثاق المجتمع المنظم (EOS)

ننتقل إلى محاكاة تقوم على وكلاء ذوي قدرات أكثر تعقدًا من ناحية تمثيل المعرفة والاستدلال، ومدى مناسبة المنظورات النظرية المتعلقة بطبيعة العلاقة القائمة بين الميكرو والماكرو. لقد كان كلٌّ من "جيم دوران Jim Doran" "ومايك بالمر Mike Palmer" وآخرين هم مَن قاموا بكامل عمل تطوير مشروع انبثاق المجتمع المنظم Emergence of organized society(٢٤). ولقد كان الهدف من المشروع هو التحقيق في نمو تعقد المؤسسات الاجتماعية خلال فترة العصر الحجري الأعلى القديم في جنوب غرب فرنسا، عندما وقع تحول من مجتمع

صيادي وجامعي ثمار بسيط نسبيًّا إلى مجتمع أكثر تعقدًا ذي مركزية في صنع القرار ومتخصصين، وبه تمايز في الأدوار وإقليمية وعرقية[٢٥].

ويهدف المشروع إلى فحص نظرية محددة حول علل هذا التحول، تأخذ في اعتبارها على محمل الجد تأثير القدرات المعرفية البشرية وقيودها. ومن ثم، قامت المحاكاة الواقعة في قلب هذا المشروع على نموذج حاسوبي يتضمن عدد من الوكلاء يتمتعون بقدرات تمكنهم من التفكير والتصرف وفقًا لبيئتهم الحاسوبية. ويستطيع الوكلاء المنفذون، باستخدام هندسة نظام الإنتاج، تطوير الاعتقادات الخاصة بهم وببقية الوكلاء الآخرين وتخزينها في نموذج اجتماعي يؤثر على كيفية عمل الوكيل في علاقته بالوكلاء الآخرين. فعلى سبيل المثال، تعتمد عضوية وكيل في مجموعة شبه دائمة على أن يكون الوكيل على علم بعضويته في هذه المجموعة، ومن ثم معاملة الزملاء الأعضاء بشكل مختلف عن غير الأعضاء.

يبدأ الوكلاء هنا بلا أي معرفة بالمجموعات أو بالوكلاء الآخرين، ولكن مع الحاجة إلى الحصول على إمدادات مستمرة من الموارد، يمكن تأمين بعضها عن طريق التعاون مع الوكلاء الآخرين. فإذا تلقى الوكيل طلب التعاون مع خطط وكيل آخر، سيفعل ذلك، أو سيحاول تجنيد وكلاء لخطة خاصة به. الوكلاء الذين ينجحون في تجنيد وكلاء آخرين يصبحون قادة المجموعة، ويصبح الوكلاء الآخرون تابعين. وتستمر هذه المجموعات المؤقتة في العمل معًا ما لم يحدث تدخل لعمليات أخرى، كحركة الوكيل خارج نطاق الأعضاء الآخرين.

إنه نظام معقد، وتعد عضوية المجموعة فيه خاصية منبثقة لسلوك الوكلاء وعمليات تفاوضهم. باختصار تسمح المحاكاة للوكلاء بالتفكير حول الخواص الميكروية التي يدركونها في بيئتهم المحلية، وتنبثق الخواص الواقعة على المستوى الماكرو من هذا المنطق وإجراءات الفعل اللاحقة.

٣- محاكاة الخوارزميات الجينية

طرح "جون هولند John Holland" خلال سبعينيات القرن العشرين خوارزميات جينية تعتمد على تناظرات آتية من البيولوجيا، لتحاكي عملية الانتخاب الطبيعي من أجل إيجاد حلول لبعض القضايا الاجتماعية المعقدة، مثل: استنساخ الأفكار وتطوُّر الأعراف وغيرها(٢٦). لتقوم هذه الخوارزميات على نظرية "داروين" في التطور التي بحسبها تطوُّر الأنواع Species قدرتها على التعلم والتكيف مع البيئة الطبيعية المعقدة.

وتقوم نظرية التطوُّر الداروينى في شكلها المعاصر على افتراض أن المعلومات التي يخزنها كل نوع خلال تاريخه التطوُّري متضمنة في كروموسومات كل عضو لتمر من الآباء إلى ذريتهم. وتقع التغيرات في الكروموسومات بطريقتين مختلفتين عبر عمليتي العبور والطفرة. وتخلق هاتان الآليتان عملية التطوُّر. ويوافق العبور عملية اختلاط جيني في التكاثر الجنسي؛ إذ تحتوي جينات الذرية على جينات كل من الأبوين. وتُحدث الطفرات تغيرات في المادة الوراثية التي يمكن أن تتسبب في نشوء صفات جديدة، تمكن الحيوانات من التكيف مع بيئتها بشكل أفضل. وبهذا تستهدف آلية الانتخاب الطبيعي انتقاء الأفراد الذين يستطيعون التكيف بشكل أفضل مع البيئة التي يعيشون فيها. ومن ثم، يتكاثر هؤلاء الأفراد بعد ذلك، وتُمرر صفاتهم الموجودة في جيناتهم إلى ذريتهم، لتنتشر في الأجيال الجديدة اللاحقة.

ويمكننا إيجاد نوعين من التطبيقات للخوارزميات الجينية في العلوم الاجتماعية: نظرية المباراة، والتطوُّر الثقافي. تتعامل نظرية المباراة مع السلوك العقلاني للأفراد المستهدفين اكتساب مزايا ومصالح شخصية؛ إذ يفضل الأناس فيها التعامل مع آخرين إذا كان هذا التفاعل سيجلب بعض المنافع. وسيضمن التطوّر بعد ذلك بقاء هذه الأنماط من التفاعلات المولدة لفائدة أكبر لجميع الأفراد. وعلى وجه الخصوص نجد عمليات محاكاة مُهمة تحلل انبثاق التعاون تبعًا لمعضلة السجين(٢٧). ويمكن في هذه الحالة استخدام نموذج الخوارزميات الجينية بسهولة. وبداية يوجد في عمليات المحاكاة تلك مجموعة من

الاستراتيجيات التي تشكل كروموسومات الخوارزميات. علاوة على وظيفة تقييم ملاءمة كل استراتيجية. ومن الممكن عبر العبور والطفرات، وبعض مرور بعض الأجيال، انتخاب الاستراتيجية الأفضل من ناحية حل مشكلة مُحددة.

يوجد بالمثل بعض الدراسات التي تطبق نظرية التطوُّر على الانتقال الثقافي[٢٨]. وتدرس كيفية انبثاق الثقافات وتحولات عدد كبير من التفاعلات الميكروية التي تنطوي على انتشار أو اختفاء أجزاء ثقافية[٢٩]. ووحدة التحليل في هذه الحالات هي الجزء الثقافي. ومنذ السبعينيات استمر النقاش حول علاقة العمليات الجينية الوراثية بالعمليات الثقافية. وركز حقل البيولوجيا الاجتماعية على تطبيق نظرية الانتخاب الطبيعي على السلوكيات البشرية. وحاول علماؤه استخدام مفاهيم داروينية جديدة لدراسة آليات تطوُّر الممارسات الثقافية، معتبرين الثقافة البشرية نتاج عمليات تشبه الانتخاب التطوُّري.

تحديات صحة عمليات المحاكاة الحاسوبية الاجتماعية وقابليتها للقياس

تواجه عمليات المحاكاة الحاسوبية عقبات أقوى بكثير في العلوم الاجتماعية منها في معظم العلوم الطبيعية. وسنفحص فيما يلي عددًا من هذه العقبات المشتركة. بداية من الصعب في العلوم الاجتماعية إيجاد أية نظريات أساسية مؤيدة إمبريقيًّا بشكل قوي، وتغطي الظواهر بالكامل في مجالها. ليصبح التحدي الأول هو اختيار النظرية أو مجموعة النظريات الصحيحة، فعادة ما يكون لدى المرء مجموعة مختلفة من النظريات للاختيار من بينها. ولقد كانت الطريقة المثلى التي يتعامل بها علماء الاجتماع مع هذا الوضع هي الاختيار البرجماتي من الذخيرة النظرية ما قد يرونه مناسبًا، ومن ثم النظر إلى أسئلتهم المطروحة من زوايا مختلفة مُقترحة من نظريات مختلفة، وفي النهاية تجميع كل هذا في صورة شاملة معقولة.

من المحتمل وجود نظريات شمولية مفضلة في العلوم الاجتماعية، لكنها لا تستطيع منافسة شمولية تطبيق بعض النظريات الفيزيائية التي تصدق حتى على بعض حالات لم تختبر بعد بشكل مباشر، أو عندما لا تكون هناك

إمكانية لذلك. ومن ناحية أخرى يمكن تقريبًا تأييد بعض هذه النظريات الاجتماعية المفضلة في بعض السيناريوهات المختارة، بينما يبقى صدقها العام أو على الأقل قابليتها للتطبيق الإمبريقي في بقية الحالات الأخرى موضع شك.

أحد الأسباب المُهمة لهذا الوضع هو عدم توفر الإجراءات القياسية الموثوقة، فمن الصعب تأييد نظرية دون القدرة على قياس مقاديرها المركزية. وسبب آخر هو ندرة المبادئ أو القوانين (المناظرة للقوانين الطبيعية) المصاحبة للنظرية، مما يعني أن جزءًا كبيرًا من العمل التفسيري للنماذج – بناء على تلك النظرية أو غيرها – يُنفذ عن طريق الافتراضات المساعدة وقواعد خاصة بكل موقف. ليصبح الاعتماد على الصحة النظرية غير كافٍ. فإن علوم اجتماعية كعلم الاجتماع والتاريخ والسياسة تواجه صعوبات عند تطوير النماذج الصورية؛ لصعوبة توفر قوانين أساسية لديناميكيتها. علاوة على رفض بعض علمائها أن تقوم على إبستمولوجيا صُممت لتناسب العلوم الطبيعية وحدها. ولا يعتقدون في ضرورة أن تهدف العلوم الاجتماعية إلى وضع نظريات ونماذج وتنبؤات رياضية وما إلى ذلك.

ولقد اختلف باحثو المحاكاة الحاسوبية حول الدور الذي يمكن أن تلعبه المحاكاة داخل هذا الإطار النظري، منهم مَن اعتبر المحاكاة الحاسوبية منهجًا لبناء النظرية واستكشافها، كما لو أن المحاكاة بديل كامل عن التحليلات الإمبريقية. واعتقدوا في القيمة الجوهرية المضافة للمجتمعات الاصطناعية باعتبارها تقوية للأسس النظرية للعلوم الاجتماعية، وأن مشكلات تطوير هذه العلوم تكمن في ضعف الركائز النظرية. وبالتالي يمكن الاستفادة من تركيبية المحاكاة في تجميع جوانب الطبيعة المعقدة للحياة الاجتماعية كافة. بينما أنكر آخرون أن تكون المحاكاة الحاسوبية أداة تجريبية ذاتية وشاملة، واعتقدوا أن الغرض من العلوم الاجتماعية الحاسوبية هو في المقام الأول تفسير الظواهر الإمبريقية عن طريق اللجوء إلى البيانات الإمبريقية. ورأوا أن المحاكاة الحاسوبية مجرد أداة تسمح للعالم الاجتماعي بتفسير الظواهر الإمبريقية،

وينبغي استخدامها بجانب أدوات ومناهج أخرى. وظن هذا الفريق أن المشكلة تكمن في فائض التصورات والنماذج النظرية.

فمن المشكلات الرئيسة في العلم – بشكل عام – الفشل في سحب استدلالات صحيحة من أفكارنا النظرية. وتعد هذه المشكلة حادة وخطيرة خصوصًا عندما يتعلق الأمر بالظواهر الاجتماعية والإنسانية التي تنطوي على مستويات مختلفة من التنظيم. كما هو الحال عند محاولة الاستدلال على سلوك الجماعات أو المؤسسات أو الأفكار من سمات الأفراد المشكلين لهذه المجموعات ودوافعهم. فإن سمة التنظيم ليست ببساطة مجرد تجميع لخصائص أعضائها، وربما لا تحمل أفعال بلد أية علاقة بشخصيات مواطنيها، خصوصًا عندما يتعلق الأمر بالتنبؤ بما ستفعله مجموعات الأشخاص.

وهناك بعض المعالم المميزة للعلوم الاجتماعية عن معظم العلوم الطبيعية في هذا السياق، فإن العلوم الاجتماعية متعددة المقاربات والبراديمات غير القابلة للقياس بشكل متبادل في الوقت نفسه. فقد اختار علماؤها التعددية في منظورات كيفية التحقيق علميًّا في الموضوعات نفسها، أي الظواهر الاجتماعية التي تنطوي على بناء اجتماعي وبناء نفسي وتوازن طبع وتطبع، وما إذا كان التبرير في النهاية اجتماعيًّا أم داخليًّا (طبيعيًّا أم قاريًّا). علاوة على تضمن العلوم الاجتماعية مقاربات كيفية كالمناهج الهيرمنيوطيقية. ومن الآمن عدم إمكانية تجاهلها تمامًا، ولا إمكانية معالجتها دائمًا بمناهج كمِّية أو صورية (كلغة البرمجة). كون جميع الأوصاف الصورية تتشارك الأخطاء الإبستمولوجية نفسها: إما بخسارة معلومات مهمة؛ لكون القوة التعبيرية للغات الصورية محدودة مقارنة باللغة الطبيعية، أو بإضافة افتراضات تعسفية في شكل قرارات نمذجة. إذ يجبر نموذج المحاكاة مؤلفه على تقديم آليات مفصلة لجميع العمليات المتضمنة في النموذج، وإلا فلن يعمل. وإذا كانت بعض الآليات غير معروفة، فقد لا تصل النتائج سوى إلى مستوى التخمين النظري.

قد تؤثر جميع هذه المعالم على صحة عمليات المحاكاة الاجتماعية. وعلى أية حال العلوم الاجتماعية علوم إمبريقية بشكل ما، وبالتالي يجب أن تسهم عمليات المحاكاة الاجتماعية بشكل مباشر أو غير مباشر في فهمنا للظواهر الاجتماعية الموجودة في العالم الإمبريقي. لذا دعنا نطرح مجموعة من الأسئلة الخاصة بهذا الموضوع: كيف نعرف أن المحاكاة تحاكي بالفعل الظاهرة المستهدفة بشكل صحيح؟ هل محاكاة انعزال حي شيلنج قابلة للتكذيب إمبريقيًّا؟ هل نتائجه صحيحة؟ هل لها قيمة علمية؟ هل تزيد عملية تكرار نتائج المحاكاة هنا من الدعم الاستقرائي للنتائج أم أنها مجرد وسيلة للتحقق من عتاد المحاكاة المرن وتوضيح أخطاء البرمجة؟ لِمَ يستمر العلماء في إنتاج وفرة من دراسات عمليات محاكاة (كتطور تعاون أكسلورد) فشلت في أن تكون قابلة للتطبيق إمبريقيًّا؟ هل لهذا علاقة بالتوجه الوضعي المنتشر في العلوم الاجتماعية والاعتقاد الدوجمائي بتفوق مناهج العلوم الطبيعية التي تتألف عملية تأكد جزء كبير من صحة نظرياتها ونماذجها من الاختبار الإمبريقي لعواقبها عن طريق التجربة والملاحظة؟ أي عملية التحقق أو التكذيب أو بشكل أعم التأييد، هل تتطلب عمليات المحاكاة الحاسوبية مقاربات جديدة للصحة واختبار ما إذا كانت نتائجها تأسر جزء من الظواهر الاجتماعية التي تفسرها بشكل كافٍ؟

لبناء المحاكاة الحاسوبية وتشغيلها يتم ترجمة افتراضات النظرية (إن كانت هناك نظرية) أو القواعد وتحويلها إلى شفرة حاسوبية. ويستخدم الباحث بعد ذلك الحاسوب لاشتقاق الآثار المترتبة على الافتراضات المنفذة وتحليلها. ومقارنة بمناهج المنطق الصوري والمناهج الرياضية تميل المحاكاة الحاسوبية إلى تزويد الباحث بمزيد من مرونة اختيار افتراضات النمذجة، مما يجعل المحاكاة منهجًا للاختيار عند عدم توفر الحلول التحليلية. وعلى الرغم من أن المناهج التحليلية تحظى بميزة توفير أدلة وبراهين صورية، فإنها غالبًا ما تفرض على الباحث صنع افتراضات نظرية مقيدة حول سلوك البشر وتصورهم

للبيئة وعملية اتخاذ القرارات الفردية على سبيل المثال. بينما تعد المحاكاة منهجًا قويًّا لدراسة الآثار المترتبة على النظريات القائمة على افتراضات أكثر أريحية، بهدف تطوير نظريات أكثر واقعية أو الإجابة عن بعض الأسئلة من نوعية: ماذا لو، أو دراسة ما إذا كانت التنبؤات المُهمة لنظرية قد تغيرت بتعديل إحدى الفروض.

إذن الصحة جزء مهم من نشاط إجراء عمليات محاكاة حاسوبية في العلوم الاجتماعية. وبالعودة إلى محاكاة نموذج "شيلنج" – على سبيل المثال – نجد أن بإمكان مناهج البحث الاجتماعي الإمبريقية المعتادة اختبار افتراضاته، كعتبة تحمل الأفراد للجيران وانتقالهم إلى حي آخر في محاولة تجاوز هذه العتبة أو اختبار توقع التغيرات المستقبلية للحي. وعلى الرغم من أن النموذج يختص بعلة واحدة من العلل المحتملة لانعزال الحي فحسب، فإنه مفيد في تقدير الوزن النسبي لهذه العلة مقارنة بعلل أخرى فعلية محتملة. وربما ترجع متانة محاكاته إلى أن وقوع تغيرات كبيرة في البارامترات المدخلة الخاصة بعتبة التسامح وحجم السكان وغيرها؛ لا تقود إلى نتيجة مختلفة إلى حد كبير، فالمحصلة في كل الأحوال هي انعزال الحي.

لا تحتاج عملية المحاكاة تلك إلى أسر السيناريوهات الفعلية بكل تفاصيلها، وإنما السيناريوهات الممكنة أو المخالفة للواقع counterfactual فحسب. فعادة ما لا يتحدث الباحثون كثيرًا عن كيفية ربط نماذجهم بالعالم الفعلي، وإنما يتعاملون مع نماذج مثل الذي لـ"شيلنج" باعتبارها "عوالم مخالفة للواقع موثوق فيها"(٣٠)، لا يقصد بها إثارة أية ادعاءات إمبريقية مُحددة، وإن كانت تخبرنا شيئًا عن العالم الفعلي. إنها عادة ما تلعب دورًا مهمًّا في عملية الاختبار الإمبريقي غير المباشر؛ كونها تُسهل عملية تحديد مضامين النظريات أو القواعد التي تعارض نظريات أو قواعد أو استبصارات أخرى بديلة، وكذلك تسهل التنبؤات النظرية كمرشحات مفضلات للاختبارات الإمبريقية.

وبناء عليه؛ استخدام مصطلح الصحة هنا بمعنى عملية مواجهة النظرية بالدليل الإمبريقي بهدف نهائي يتمثل في تطوير تفسير صادق وواقعي بالكامل للظاهرة أمرًا مقيدًا للغاية. ولم تصنع بعض عمليات المحاكاة المعروفة في العلوم الاجتماعية لتحقيق هذا الهدف. فعادة ما استُخدم نموذج "شيلنج" لإثبات أنه حتى في المدن ذات التسامح غير الواقعي يمكن أن ينقسم السكان فيها إلى مناطق متجانسة عرقيًّا. ليصبح هذا النموذج مثالًا للعواقب غير المقصودة الناشئة عن التفاعل الاجتماعي. بينما لم يخدم النموذج القائم على افتراضات واقعية حول متى ولِمَ ينتقل الأفراد إلى حي آخر هذا الهدف بشكل أفضل.

وعلى النقيض من نموذج "شيلنج" لا يعد نموذج "أكسلورد" متينًا، ولا بالإمكان التعرف على العوامل الدافعة للظاهرة المنبثقة، المتمثلة في التعاون المستقر، إمبريقيًّا؛ لعدم إمكان قياس بارامترات المكافأة دائمًا، وعدم إمكان وصف الكثير من الروابط العلِّيَّة التي تهم العلوم الاجتماعية رياضيًّا، بخلاف نموذج "شيلنج" الذى حظي بحدس حسن عند انتقاء أمثلة الحالات التي تعمل فيها النماذج الرياضية حقًّا. وعلى الرغم من الواقعة القائلة بإن عمليات محاكاة معضلة السجين المعادة لـ"أكسلورد" (كنموذج لتطوُّر التعاون) قد اتضح فشلها إمبريقيًّا تمامًا بحلول منتصف التسعينيات، علاوة على ما تلقته من نقد من نظرية المباراة؛ استمر تمريرها بوصفها نموذجًا يحتذى به لعمليات المحاكاة الاجتماعية حتى الوقت الحاضر. ويبدو أن هناك فهمًا حدسيًّا داخل المجتمعات العلمية يستخدم بشكل معتاد هذه النماذج، وإن كان من الصعب العثور هنا على معايير واضحة. وقد يكون هذا هو السبب في التقدم المحدود نسبيًّا لعمليات المحاكاة الحاسوبية في العلوم الاجتماعية، أو ربما نحن في حاجة إلى فهم ما بعد وضعي لمفهوم الصحة.

وترتبط مشكلة الصحة أيضًا بعدم احتواء معظم البيانات الإمبريقية في العلوم الاجتماعية على كمَّيات قابلة للقياس، وعندما تفعل غالبًا ما يكون من الصعب قياسها بدقة. فليس من الممكن ببساطة صب أي شيء يمكنك وصفه

باللغة الطبيعية في شكل نموذج رياضي. بينما عادة يتم توقع إجابة دقيقة كمَّيًّا من عمليات المحاكاة الكمَّية المطبقة عمليًّا. فإن تكلفة الوصول إلى حل خاطئ، مثلًا عن طريق استخدام افتراض كاذب، عالية. وهناك حاجة إلى تأسيس هذا النوع من المحاكاة على نظرية مختبرة جيدًا، بينما في معظم ميادين العلوم الاجتماعية لم تتقدم النظريات بما فيه الكفاية حتى تصبح أساسًا للمحاكاة الكمَّية. وما يجعل من الصعب الحصول على إجابات كمَّية موثوقة من عمليات المحاكاة الحاسوبية في ميدان اجتماعي أنه لا يوجد سوى عدد قليل للغاية من المفاهيم العلمية الاجتماعية التي يمكن قياسها كمَّيًّا، مثل: عدم المساواة أو سعادة الفرد. ربما يمكن التغلب على بعض مشكلات القياس هنا عن طريق أساليب ومناهج إحصائية، كقياس الباحثين لآراء الأفراد حول موضوع من الموضوعات، والتعبير عنها بنسب مئوية. ولكن تبقى هناك صعوبة تكذيب النماذج عن طريق أدوات القياس الإشكالية تلك. وعادة ما تأتي العلاقات القائمة بين المتغيرات في شكل تبعية عشوائية. علاوة على صعوبة العثور على المتغيرات المحورية.

ويحاول المرء هنا بناء أبسط نموذج ممكن له خواص كيفية للظواهر من أجل نمذجتها. والهدف هو محاولة القبض على جوهر الظواهر المنمذجة فحسب، وتجاهل التفاصيل. ولا توجد خوارزمية بسيطة تُشير إلى كيفية تحقيق ذلك. لذا عادة ما تكون عملية بناء هذا النموذج مجرد فعل استبصاري. ليلاحظ الباحث أحيانًا عن طريق اللعب بالنموذج أن سلوك النموذج يشبه بعض الظواهر الفعلية. ونظرًا لكون سلوك النظم لا يعتمد عادة على تفاصيل خاصة بالعناصر الفردية، فقد يثبت التمثيل بنماذج موجودة في مجالات علوم أخرى كونه مفيدًا في بناء نموذج داخل مجال آخر. فعلى سبيل المثال – وعلى نحو ما رأينا سابقا – توفر نماذج السلوك التعاوني في البيولوجيا استبصارات غنية لفهمنا للمعالم المحورية لانبثاق التعاون الواقع في المجتمعات البشرية.

بالطبع تختلف المجموعات البشرية والاجتماعية عن مجموعات العلوم الطبيعية وكياناتها فيما يخص سلوك النظم المعقدة، ولكن الاكتشافات الخاصة بها تحظى بأهمية عند بناء نماذج الظواهر الاجتماعية. وتوفر إمكانية أن تكون بضعة متغيرات قليلة محورية حول الخواص الكيفية لسلوك النظام وسائل يمكن عبرها وصف الظواهر الاجتماعية والنفسية المعقدة بطرق بسيطة نسبيًّا. وعندما يوجد نموذج أو فئة عامة من نماذج المحاكاة الاجتماعية للظواهر الاجتماعية؛ من الممكن تغيير جميع افتراضات النموذج بشكل منظم، وملاحظة آثار تغيير الافتراضات العامة للنموذج وقيم متغيرات محددة. ويُلاحظ المرء عادة في هذا الإجراء أن إسقاط بعض الافتراضات أو استبدالها بافتراضات أخرى قد لا يكون له تأثير كبير على سلوك النظام. ومع ذلك تعد بعض الافتراضات الأخرى حاسمة ومحورية لسلوك النظام، لدرجة أنه حتى التغيرات الطفيفة في قيمها تقود إلى تغيرات راديكالية في ديناميكيات النظام. وبعبارة أخرى؛ قد تبسط عمليات المحاكاة الحاسوبية بشكل كبير عملية بناء النموذج عن طريق استبعاد متغيرات وافتراضات النموذج غير الضرورية.

وبناء عليه؛ أكد "إيكهارت أرنولد Eckhart Arnold" أنه بخلاف العلوم الطبيعية قد لا تكون الخطوة الأخيرة في سلسلة نماذج (المحاكاة هنا في العلوم الاجتماعية) القائدة من النظرية للواقع الإمبريقية ببساطة نموذجًا للبيانات أو الظواهر، وإنما تأويل هيرمنيوطيقي للبيانات. ويعني بالهيرمنيوطيقا هنا الاشتمال على تأويل نتائج الإدراك البشري وفهمها من قِبَل وكيل بشري. وبسبب صعوبات القياس الكمَّي، ومن أجل استخلاص استنتاجات صحيحة، يجب أن يكون النموذج متينًا فيما يخص تغيرات قيم بارامتراته المُدخلة في نطاق عدم دقة القياس. وكلما زاد حجم عدم دقة القياس – في الحالات التي يأخذ فيها التأويل الهيرمنيوطيقي مكان القياس – أو نطاق التأويلات المقبولة، يجب أن يكون النموذج أكثر متانة[٣١].

من المشكلات الأخرى التي تواجه صحة نماذج عمليات المحاكاة ونتائجها النهائية في العلوم الاجتماعية؛ أنه ما زالت الكثير من المفاهيم الاجتماعية مُعرفةً بشكل متعدد وغامض، ولم تطوِّر التخصصات إجماعًا على معاني شق كبير من مصطلحاتها. فعلى سبيل المثال يظل مصطلح «الرأي» غامضًا في قطاع عريض من الدراسات. وتُشير معظم مساهمات عمليات المحاكاة الاجتماعية إلى الخواص المؤثرة اجتماعيًّا لآراء الأفراد أو الوكلاء دون إدراج تعريف للمفهوم. وربما أحد أسباب إخفاق محاكاة نموذج "أكسلورد" في النشر الثقافي تعريفه للثقافة بأنها: "مجموعة من السمات الفردية التي تخضع للتأثير الاجتماعي"[٣٢]. إنه تعريف واسع فضفاض، يمكن تطبيقه على أي سياق اجتماعي يمارس فيه الأفراد أي شكل من التأثير على بعضهم بعضًا وعلى جميع أشكال السلوك، بينما عادة ما يعود جزء لا بأس به من الأبعاد السلوكية إلى الآليات النفسية المختلفة، وليس التأثير على الآراء فحسب. علاوة على أن هناك فروقًا جوهرية بين مختلف أشكال الإدراك؛ فهناك من ناحية عبارات الاعتقادات حول العالم التي إما أن تكون صادقة أو كاذبة، وعبارات التقييمات التي ليست صادقة ولا كاذبة من ناحية أخرى.

مزايا المحاكاة الحاسوبية في العلوم الاجتماعية

انتاب بعض علماء الاجتماع شكوك حول فائدة عمليات المحاكاة الحاسوبية في دراسة الظواهر الاجتماعية. فإذا كانت عمليات المحاكاة الحاسوبية تتطلب من مُنظرها صياغة كل القواعد والافتراضات قبل إجراء عملياتها، فما الذي يمكن تعلمه من تشغيلها بالفعل؟ ما الميزات الرئيسة التي توفرها هذه العمليات في العلوم الاجتماعية؟ على الرغم من وجود العديد من المكاسب التي يمكن تحصيلها عن طريق هذه العمليات، مثل فرض الدقة على النظرية واختبارها بالنسبة إلى متناقضاتها وما إلى ذلك، تظل الميزة الرئيسة لها في الميدان الاجتماعي الاستبصارات التي توفرها بخصوص الانبثاق وتفسير الديناميكيات الخاصة به.

فقد عانى علماء الاجتماع من واحدة من المشكلات الفلسفية المواجهة عند محاولة فهم المجتمعات ونشوء ظواهرها الكلية: إنها مشكلة فهم الانبثاق(٣٣)، وخصوصًا العلاقات القائمة بين الخواص الميكروية والخواص الماكروية للنظم المعقدة. درس علماء الاجتماع هذه العلاقات منذ تأسيس المجال. فعلى سبيل المثال، أكد "دور كايم" أحد الآباء المؤسسين له، على الطبيعة الخارجية للمؤسسات الاجتماعية والخاصية الماكرو للمجتمع، وأنها تفرض نفسها على الأفراد الموجودين على المستوى الميكرو. وبعد تعريف فئة الوقائع التي نعتها بالوقائع الاجتماعية الخارجية بالنسبة إلى الأفراد، وأن حالات الوعي الجماعي ذات طبيعة مختلفة عن حالات الوعي الفردي، وأن عقلية المجموعات ليست عقلية الأفراد لأن لها قوانينها الخاصة؛ كتب "دور كايم" على حد تعبيره يقول: "إذا أردنا فهم الفكرة التي يكونها المجتمع عن نفسه، وعن العالم الذي يحيط به، فلا بد لنا من دراسة طبيعة هذا المجتمع لا طبيعة أفراده"(٣٤). ومن ثم، هناك تمثيلات اجتماعية يمكن فحصها بشكل مستقل عن الأفراد المشكلين للمجتمع. وتعد تلك التمثيلات فئة من الوقائع ذات خصائص مميزة للغاية، تتألف من سبل التفكير والشعور والفعل الخارجة عن الفرد.

اعتنق "دور كايم" النظرة القائلة بأن تراكب العناصر الفردية يولد مستوى جديدًا من الواقع، ويحتوي قوى جماعية واقعية كالقوى الجماعية المُحددة لنسب الانتحار. ومن المؤكد أن "دور كايم" نفسه لم يستخدم مصطلح الانبثاق، لكن دل عليه بمصطلح Sui generis. وعند هذه النقطة بدأ مصطلح الانبثاق يلعب دورًا، كمفهوم لواقع اجتماعي خلقته الأفعال الفردية، ولكن لا يمكن اختزاله إلى مستواها. ليختلف البناء الاجتماعي عن مجرد مجموع الأفراد. ولقد طُوِّرت نظرة العلاقة بين الفرد والمجتمع تلك بعد ذلك، ووسع المنظرون اللاحقون هذا التقليد الذي أصبح يُعرف «بالكلية الميثودلوجية methodological holism»(٣٥) المؤكدة ضرورة تفسير السلوك الاجتماعي للأفراد من ناحية وظائف هؤلاء الأفراد داخل النظم الاجتماعية الحاكمة لها.

وعلى النقيض يفسر أنصار الفردية الميثودلوجية الظواهر الماكروية عن طريق خواص الأفراد الموجودين على المستوى الميكرو وسلوكياتهم. ويتطلب موقف الفرديين أن تكون جميع مفاهيم النظرية الاجتماعية قابلة للتحليل من ناحية الاهتمامات والأنشطة الخاصة بأعضاء المجتمع الفرادى. فإذا كانت أحداث اجتماعية كالتضخم أو الثورات السياسية أو اختفاء الطبقات الوسطى من صنع البشر؛ فينبغي تفسيرها من ناحية الأفراد ومخاوفهم وأفكارهم وتصرفاتهم الدافعة لهم(٣٦). استمر الجدل بين هذين المعسكرين معظم فترة السبعينيات والثمانينيات. وأصبح من الممكن الآن الذهاب إلى أنه على الرغم من أن هناك بعض أوجه الصواب في كليهما، لم يكن أي منهما مساعدًا أو كاشفًا عن سبيل لتصور العلاقة القائمة بين السلوك الماكرو والسلوك الميكرو.

إن الانبثاق سمة مميزة للنظم المؤلفة من عناصر تتفاعل بطريقة غير خطية. وحتى لو كانت عناصر النظام وتفاعلاتها بسيطة نسبيًّا، قد تؤدي اللاخطية إلى سلوك ديناميكي معقد بشكل مذهل كالتنظيم الذاتي الاجتماعي Self-organization(٣٧). وينتج عن ذلك إمكانية أن يُظهر نظام يتألف من عناصر متفاعلة بسيطة نسبيًّا تعقدًا كبيرًا عن كل عنصر من العناصر على حدة. على سبيل المثال تعد درجة الحرارة خاصية منبثقة عن حركة الذرات، وليس للذرة المفردة الواحدة درجة حرارة، وإنما مجموعة منها تفعل ذلك. ويرتبط هذا الأمر الواقع في تعقد الانتقال من مستويات الوصف الميكرو إلى الماكرو بفكرة الانبثاق بشكل واضح.

وثق انبثاق النظام والفوضى في نظم مثل الأوتوماتا الخلوية حيث العناصر ثنائية بشكل أساسي. وعادة ما تظهر الخواص المنبثقة في هذه النظم على المستوى الماكرو. وبعبارة أخرى؛ يمكن كشف الاضطرادات واللااضطرادات والأنماط من ناحية بعض المتغيرات الماكروية وليست الميكروية. وتستطيع فكرة التنظيم الذاتي حل التناقض الظاهري للتعقد الواقع في العلوم الاجتماعية. ليرجع نجاح عمليات المحاكاة الحاسوبية في جزء كبير منه

إلى قدرتها على توفير تفسيرات بسيطة للظواهر المعقدة التي سبق لها مقاومة الفهم النظري. وحقًّا الإنجاز الرئيس لمقاربة النظم الديناميكية غير الخطية التي طبقت بدرجة كبيرة عن طريق عمليات المحاكاة الحاسوبية اكتشاف كيفية التعقد من البساطة. مما يعزز أمل إمكانية توفير تفسيرات يسهل فهمها ودقيقة للظواهر المعقدة الحاضرة في ميدان العلوم الاجتماعية.

لا يمكن اشتقاق الخواص المنبثقة ببساطة من خواص العناصر الفردية، وبالتالي يصعب التنبؤ بها. ومع ذلك تسمح عمليات المحاكاة الحاسوبية بنمذجة الأفراد وتفاعلاتهم، وملاحظة عواقب هذه التفاعلات على مستوى المجموع. ومن المهم هنا تأكيد أهمية التجسيد المرئي Visualization (تمثيل البيانات المُجمعة كمخرجات للعين المجردة) في هذه المقاربة. ولما كانت عمليات المحاكاة الحاسوبية – التي من هذا النوع – ذات قيمة استكشافية؛ عادة ما لا يعرف الباحث بالضبط نوع الظواهر موضع الاهتمام، وبالتالي يجب قياسها. فإذا كانت نتائج المحاكاة مُجسدة مرئيًّا؛ غالبًا ما يكشف الفحص بالعين المجردة انبثاق الخواص الجديدة الواقعة على المستوى الماكرو. وكلما أصبحت العديد من خواص العناصر والنظام مرئية عن طريق الاستخدام المناسب للأدوات والأشكال والترتيبات المكانية، أمكن ملاحظة الخواص المنبثقة. وفي هذه الحالة لا يخدم التجسيد المرئي دورًا إرشاديًّا استكشافيًّا فحسب، وإنما كبرهان علمي أيضًا.

لا يعني ذلك أن ثنائية الفردية الميثودلوجية والكلية الميثودلوجية لم تعاود الظهور في الدراسات الفلسفية لمجتمعات المحاكاة الاصطناعية بالمثل. فقد طوَّر "جوشوا م إبستين Joshua M Epstein" فكرة عن العلم الاجتماعي التوليدي، وأكد أن النماذج الحاسوبية القائمة على الوكيل تسمح بمقاربة متميزة للعلوم الاجتماعية، يُطلق عليها «توليدية generative». وترتبط هذه الفكرة ارتباطًا وثيقًا بالمقاربة التصاعدية bottom-up لتقنيات النمذجة القائمة على الوكيل على وجه الخصوص. والسؤال المطروح هو: "كيف يمكن للتفاعل

المحلي اللامركزي لوكلاء مستقلين غير متجانسين أن يولد الاضطراد المعطى؟"[٣٨]. وتجيب التجربة التوليدية عن هذا السؤال. وتتضمن هذه التجربة إجراء نموذج محاكاة قائم على الوكيل. وتتشكل البنية العامة للتجربة على النحو التالي: "ضع مجموعة من الوكلاء غير متجانسين ومستقلين في بيئة مكانية ذات صلة، اسمح لهم بالتفاعل وفقًا لقواعد محلية بسيطة، ومن ثم يتولد، أو «ينمو»، الاضطراد الميكروسكوبي من الأسفل إلى الأعلى"[٣٩].

هذه التجربة نفسها بمثابة تفسير للظاهرة المطروحة، وبعبارة أخرى؛ يتوفر تفسير الظاهرة الاجتماعية الماكروية عن طريق توليدها في التجربة الحاسوبية. ليشار الآن إلى هذا الاضطراد الناشئ عمومًا بمصطلح الانبثاق. ولكن متى نتحدث عن حدوث انبثاق؟ يبحث "إبستين" للإجابة عن هذا السؤال في مثال سرب النحل الصانع لخلية عن طريق الادعاء القائل بأنه ليس باستطاعة وصف لنحلة فردية أن يفسر ظاهرة الخلية المنبثقة[٤٠]. ويمكن اعتبار الخلية مثالًا نموذجيًّا على نمط ماكرو مستقر يمكن حتى – افتراضيًّا – توليده عن طريق وسائل المجتمعات الاصطناعية حتى وإن كان في هذه الحالة ليس مجتمعًا بشريًّا قيد التحقيق. وسبق أن رأينا كيف حاكى بالفعل نموذج مانتا مجتمع نمل اصطناعي. ولما كان من الممكن اكتشاف وصف موحدد لهذا النمط الماكرو، يمكن النظر إليه كمثال نموذجي على ظاهرة انبثاقية، كإظهار انبثاق تقسيم العمل داخل عش النمل البسيط. ومن ثم إعادة إنتاج التولد الاجتماعي لمستعمرة النمل. وينطبق الأمر نفسه على الخلية التي أنشأها النمل: فهي ظاهرة ماكروية ناشئة عن تفاعلات محلية.

من الواضح أن النموذج القائم على الوكيل ينتج النتائج عن طريق التفاعلات المحلية الواقعة بين الوكلاء. وبحسب علم "إبستين" الاجتماعي التوليدي ينبغي على قواعد التفاعل تلك أن تكون جزءًا من وصف الأفراد. وفي حالة النحل، يجب أن تتضمن هذه القواعد أن النحلة الفردية، مجتمعة من نحلات أخرى، ستخلق خلية. ليستنتج "إبستين" أنه "بالضبط الوصف الكافي

للنحلة الفردية هو الذي يفسر الخلية"[٤١]، وإلا سيصبح تعريف النحلة ناقصًا. ومن ثم يصبح غرض العلم الاجتماعي التوليدي هو الاختزال، بمعنى تفسير الظاهرة الاجتماعية الماكرو عن طريق تعريف دقيق للمستوى الميكرو. ويتضمن ذلك ضرورة أن تكون الظواهر الاجتماعية متأصلة في تعريف الأفراد. لقد أنكر "إبستين" أن يكون الانبثاق أكثر من مجرد مجموع الخواص الفردية، وذهب إلى أن زراعة (وإنماء) growing المُفسَّر (أو موضوع التفسير) الناتج عن المستوى الماكرو عن طريق النماذج القائمة على الوكيل شرط ضروري لتفسيره، وهذا هو أصل شعاره "إذا لم تزرعها، فإنك لم تقم بتفسيرها"[٤٢].

ومع ذلك نجد ادعاء "إبستين" فرديًّا ميثودلوجيًّا مبالغًا فيه، وعرضة للكثير من الانتقادات. فمن الواضح أن النمل والنحل ليسو بشرًا، وليس تعقد الحشرة الفردية كافيًا لتفسير تعقد ما تفعله مستعمرات الحشرات الاجتماعية، ومع ذلك يستخلص "إبستين" بناء على مماثلة بيولوجية استنتاجًا اجتماعيًّا بضرورة اختزال أي تفسير للوقائع الاجتماعية إلى مستوى أفعال الأفراد. وليست الافتراضات أو القواعد النظرية أو الإمبريقية المعقولة حول الأسس الميكرو شروطًا كافية لتفسيرها حتى لو كانت ضرورية. كما أن تفسيرات الظواهر الاجتماعية كانت متاحة قبل توفر استخدام نماذج المحاكاة القائمة على الوكيل، فقط تتيح الأخيرة تفسيرًا لكيفية حدوث ذلك. فهي خطوة تفسيرية جوهرية، لكنها لا تعني أن الناتج الإمبريقي المراد تفسيره يظهر بالفعل بهذه الصورة. ولا ينبغي اعتبار تفسيرات النماذج القائمة على الوكيل مجرد تطبيقات للفردية الميثودلوجية؛ فكما سبق ورأينا يمكن العثور على نماذج قائمة على وكلاء تركز على متغيرات، مثل: تكوين العشيرة، والاتصالات بين الوكلاء، وحرية حركتهم.

لقد كانت الفردية الميثودلوجية أُطروحة حول التفسير، وليس حول الأنطولوجيا. وكان موقف "إبستين" بالضبط هو الموقف المعاكس للانبثاقية الاجتماعية الكلاسيكية. ومع ذلك ما لم يطرحه "دور كايم" ونظريات أنصار

الكلية الميثودلوجية اللاحقة هو نظرية حول الكيفية التي ينبثق عبرها مستوى جديد من الواقع بالضبط. ولهذا تبنى أنصارها موقفًا دفاعيًّا فحسب. فلم يتم تفسير الانبثاق، وإنما مجرد طرحه كنقطة في حاجة إلى تفسير.

افتُرض حتى الآن مستويان تميزيان واضحان: الميكرو والماكرو. وفي الواقع الوضع أكثر تعقدًا من ذلك، فربما تكون الهوية الفردية ظاهرة منبثقة، وربما يصبح من الأفضل في بعض الأحوال الأخرى اعتبار المجتمعات ظواهر منبثقة من تفاعل المؤسسات الاجتماعية. وبالتالي يصبح من الأفضل الأخذ في الاعتبار التسلسل الهرمي لمستويات الانبثاق، وليس التقسيم المباشر بين الميكرو والماكرو.

استمرت عملية تبني موقف أو آخر من هذين الموقفين في معظم عمليات المحاكاة المعاصرة للمجتمعات البشرية، بينما ظهرت في العقود الأخيرة عدة محاولات للتغلب على هذا التعارض الصارم مثل نظرية البنية Structuration Theory لـ "أنتوني جيدنز Anthony Giddens"[٤٣]. وتذهب هذه النظرية إلى وجود علاقة ازدواجية تفاعلية بين المجتمع والوكلاء البشر القابلين للمعرفة. وتنظر إلى الوكلاء باعتبارهم يعيدون إنتاج الخواص البنائية للمجتمع، مما يسمح بإعادة إنتاج الحياة الاجتماعية عبر حيز زمني. ويعني "جيدنز" بالخواص البنائية أمورًا مثل: الممارسات والقواعد والموارد المؤسساتية. وتعد هذه الخواص الوسائل التي يتم عن طريقها إنتاج أو إعادة إنتاج البناء الاجتماعي. وليست الخاصية البنائية متأصلة في المجتمع، وإنما بناء اجتماعي يُنتج عبر أفعال أعضاء المجتمع. ويحتوي الفعل البشري على هذه الخواص البنائية المُضمنة فيه، بحيث إذا تصرف الأشخاص، يسهمون في إعادة إنتاج المجتمع. كما أن البنية الاجتماعية هي التي تقيد الفعل البشري وتمكنه، كونها الوسيط الذي يُنفذ عبره الفعل. وبناء عليه؛ البنية هي نتاج التصرف البشري العارف، وفي الوقت نفسه الوسيط الذي يؤثر على كيفية حدوث التصرف[٤٤]. وبالتالي لا تشكل أفعال الوكلاء الواقعة على المستوى الميكرو وحدها السلوك

المنبثق، وإنما يمكن القول أيضًا: إن السلوك المنبثق الماكرو يؤثر على الأفعال الميكروية للوكلاء بشكل عودي استرجاعي، لا توجد آلية واضحة له. وإنما يتأثر الوكلاء بجيرانهم فحسب.

ولكن هل من الممكن ربط النظرية البنائية بالنظرة الحاسوبية للانبثاق في المجتمعات الاصطناعية المحاكة؟ وبعبارة أخرى؛ لما كانت فكرة البنائية قد سلطت الضوء على قدرة البشر على كشف الخواص الماكروية المستوى والمعالم المنبثقة للمجتمعات التي تشكل جزءًا منها ومن التفكير حولها، فهل يمكن تضمين ذلك داخل عمليات محاكاة المجتمعات الاصطناعية؟ سيصبح من الضروري على وكلاء النظم المعقدة التكيفية مالكة خوارزميات التعلم إدراك كونهم أعضاء في مجموعات، وإدراك ما يعنيه ذلك بشأن تصرفات وأفعال الأعضاء. وربما يمكن ذلك عن طريق تصميم محاكاة الوكلاء فيها قادرون على كشف انبثاق المجموعات والرد على هذا البناء، ولا يكونون أقل في هذا الصدد امتيازًا عن الملاحظ.

لم تعد مقاربة العلة/المعلول التقليدية مناسبة للقبض على الاستبصار القائل بإن العمليات الاجتماعية ناتجة إلى حد كبير داخليًّا؛ إذ تعرض هذه العمليات أنماطًا من التغير حتى في حالة غياب التأثيرات الخارجية، وأحيانًا تعارض هذه التأثيرات. واعتُبرت هذه الديناميكيات الداخلية منذ بداية العلوم الاجتماعية ماهية جوهرية للفكر والسلوك البشري. وأحد العوامل المحورية للتقدم السريع الواقع في نظرية النظم الديناميكية اللاخطية هو الاستخدام الواسع لعمليات المحاكاة الحاسوبية التي لا يمكن حلها بالمناهج التحليلية. ولقد تكيفت أعداد متزايدة من علماء الاجتماع مع هذا البراديم الجديد الذي صاحبه تزايد عدد الباحثين الذين أعادوا تصور نظرياتهم، وبحثوا عن تفسيرات للظواهر المختلفة من ناحية المفاهيم والأدوات الديناميكية.

تقوم مقاربة النظم الديناميكية على أن حالة النظام في وقت معين تحدد إلى أي حد ستكون حالته في وقت لاحق بحسب بعض القواعد. ومع ذلك من

المهم ملاحظة أنه لا ينبغي على قواعد الديناميكيات بشكل عام أن تكون محض حتمية، فربما تشتمل على بعض عناصر العشوائية. كما يتميز النظام الديناميكي ببعض العوامل الخارجية التي قد تغير بشكل جذري مسار الديناميكيات المتولدة داخليًّا. وعادة ما يُطلق على هذه العوامل بارامترات التحكم؛ كونها خاضعة للتحكم الخارجي. وقد تتغير بارامترات التحكم بمرور الوقت، ولكن ليس هذا هو الحال دائمًا.

يمكن النظر إلى المجتمعات كنظم ديناميكية غير ثابتة ولا سلبية، تستمر العمليات الاجتماعية في التطوُّر حتى في حالة غياب التأثيرات الخارجية ودون معلومات جديدة مُدخلة. وبعبارة أخرى؛ قد تقود التغيرات الداخلية أو الواقعة في الظروف الخارجية إلى تأثيرات ديناميكية غير متوقعة. وتعد عمليات المحاكاة الحاسوبية أداة قوية تسمح بدراسة العواقب الديناميكية للنظريات الاجتماعية. كما تتضمن العديد من العلاقات الملاحظة إمبريقيًّا في العلوم الاجتماعية تأثيرات تفاعل بين المتغيرات. ولما كان من المعتاد أن تكون نظم المعادلات الخطية هي وحدها التي يتم حلها عن طريق الوسائل التحليلية، فربما تكون عمليات المحاكاة الحاسوبية هي السبيل الوحيد لفحص الخواص الديناميكية للنظم.

وقد يؤثر الأفراد على حالات الأفراد الآخرين وسلوكياتهم بطريقتين؛ الأولى: عن طريق الاعتماد المتبادل بين الأفراد؛ إذ يكون لاختيارات فرد عواقب مباشرة على فرد آخر. وتصف النماذج النظرية للمباراة هذا النوع من العلاقات. والمثال الأكثر شهرة هنا هو معضلة السجين. وتوفر عمليات المحاكاة الحاسوبية لهذه النماذج العديد من الاستبصارات المُهمة حول عواقب أنماط الاعتماد المتبادل المختلفة، كحل لغز كيفية انبثاق التعاون بين الأفراد. والثانية: عن طريق ممارسة الأفراد تأثيرًا على الأشخاص الآخرين عن طريق الإقناع أو إعطاء الأوامر أو طرح معلومات. وبنيت نماذج الأوتوماتا الخلوية لنمذجة هذا التغير الاجتماعي المنتج عن طريق التأثير الاجتماعي. ولا يعد

النموذج هنا نموذجًا لفرد في نظام اجتماعي، وإنما نموذج لسلوك جمعي. وحاولت نماذج كالذي لشيلنج وصف ظواهر مشابهة بالتركيز على حركة الأفراد ومصالحهم في فضاء اجتماعي.

يمكن التصريح بأن نظرية النظم الديناميكية اللاخطية (نظرية الفوضى) تدين بالكثير من أصولها للمناهج الحاسوبية. ويوجد في العلوم الاجتماعية – في الوقت الحاضر – تقليد طويل من العمليات الاجتماعية المحاكية. ومع ذلك ما زالت عمليات المحاكاة الاجتماعية تكافح من أجل القبول والاعتراف بها داخل مجتمع العلوم الاجتماعية الأوسع. ولا تعد عملية إدخال عمليات المحاكاة الحاسوبية هنا في هذه الفروع ثورة بالمعني الكُوْني (نسبة إلى توماس كُوْن)، مهما كانت التغيرات الدراماتيكية الواقعة في الممارسة العلمية وتوسيع معارفنا عبر عمليات المحاكاة الحاسوبية. فقط إذا كان استخدام هذه العمليات يقود إلى مراجعة المفاهيم الأساسية المؤسسة، حينئذ تصبح ثورة كونية، ولكنها لم تفعل.

إن المحاكاة الحاسوبية أقرب إلى ميثودلوجيا تجريبية. فباستطاعة المرء تشييد نموذج محاكاة وتنفيذه العديد من المرات، مع تغيير الظروف العامل فيه، ومن ثم استكشاف آثار البارامترات المختلفة. ويكاد البحث التجريبي أن يكون غير معروف في معظم مناطق العلوم الاجتماعية، ولكنه يحظى بمميزات واضحة عندما يحتاج المرء توضيح العلاقات والاعتمادات المتبادلة بين الأفراد والمجموعات، وكيفية تفسير التغيرات والتأثيرات والتحولات الاجتماعية وعواقبها الديناميكية. وبهذا أصبحت المجتمعات الاصطناعية أداة ميثودلوجية ذات نطاق استخدام واسع للتحقيق في المجتمعات البشرية. فإنها توفر مختبرًا افتراضيًّا لعرض نمو الظواهر الماكروية الاجتماعية عن طريق استخدام تقنيات النمذجة القائمة على الوكيل المختلفة. وكما هو الحال في حالة التجارب المختبرية، تسمح المحاكاة بتحقيق التحكم من أجل اختبار الفروض.

هكذا اعتبرت المحاكاة بديلًا عن التجريب في العلوم الاجتماعية في بعض الأحيان. وتختلف عن التجريب في أنها لا تدرس الواقع بشكل مباشر، وإنما

تمثيلاته. باختصار لما كان من الصعب للغاية دراسة الظاهرة الاجتماعية الفعلية، نحدد نموذجًا لها أكثر سهولة من حيث الوصول. وبشكل عام يتألف هذا النوع من التجريب من تحديد سيناريوهات مختلفة، والتحكم في عواقب كل تفصيلة. يمكننا في حالة ديناميكيات النظام تنفيذ تجارب عن طريق استكشاف سيناريوهات «ماذا لو» مختلفة مشتقة من قيم مختلفة للبارامترات. كما يمكننا بالمثل مقارنة سلوك النماذج المختلفة بأقل تكلفة. فعلى سبيل المثال يمكننا في نموذج الأوتوماتا الخلوية التحقق في نتيجة التكوينات الأولية المختلفة أو التعريفات المختلفة للحي والجيران أو قواعد الانتقال المختلفة. ويمكننا استكشاف نموذج نظام متعدد الوكلاء عن طريق تغيير التكوين الأولي للبيئة أو لبعض الظروف أو القواعد المحددة لسلوك كل وكيل.

ليست للمحاكاة سوى صياغة نموذج في مجموعة محددة من الظروف المؤسسة. إذا كان بإمكاننا تغيير بعض قيم متغيرات معينة في كل مرة، يمكننا حينئذ التمكن من عمليات محاكاة تستكشف سيناريوهات مختلفة ومواقف مغايرة للواقع عن طريق ربط متغير ببعض القيم الثابتة المختلفة عن تلك الملاحظة عادة. ليظهر على السطح نوع جديد من المنهج العلمي الذي يتوسط – بشكل ما – التجريب الإمبريقي والتنظير التحليلي. وبدلًا من تحديد صحة نظرية وفقًا لنتائجها بالبيانات الواردة من العالم الفعلي، من المهم الأخذ في الاعتبار توسيع المحاكاة لهذه النظرية، لتحديد ما إذا كانت هذه النظرية متينة فيما يخص المغايرات الواقعة في المتغيرات العشوائية وغير المهمة نظريًّا، والتحقيق في أي من عناصر النظرية محوري للديناميكيات الناتجة.

خاتمة

اقترحنا في هذه الدراسة أن للمحاكاة عددًا من الميزات المتاحة أمام بحوث العلوم الاجتماعية، أكثرها وضوحًا كونها متكيفة للغاية مع تطوير النظريات المتعلقة بالعمليات الاجتماعية واستكشافها. ومقارنة ببعض مناهج التحليل الأخرى نجد قدرة عمليات المحاكاة الحاسوبية على تمثيل الجوانب الديناميكية

للتغير حاضرة. كما تساعد على فهم العلاقة القائمة بين سمات الأفراد وسلوكياتهم الواقعة على المستوى الميكرو والخواص الكلِّية للمجموعات الاجتماعية الواقعة على المستوى الماكرو. وبناء عليه؛ من الممكن استخدام المحاكاة للتحقيق في الانبثاق، وكميثودلوجيا تجريبية افتراضية إلى حد ما.

توفر تقنيات المحاكاة الحاسوبية فرصًا جديدة لتطوير البحث الاجتماعي. ومع ذلك يبقى ضعف هذه المحاكاة من ناحية تحديد صحة النموذج المحاكى، كما أن هناك بعض المشكلات في العلوم الاجتماعية بخصوص القياس. وأحيانًا تقوم عملية القياس هنا على الحدس الشخصي للباحثين، مما يعني أن مستوى قبول النموذج الحاسوبي في العلوم الاجتماعية أقل حتمية. وسيصبح أكبر تحديًا يواجه المحاكاة في العلوم الاجتماعية البحث عن أدوات قادرة على تحديد الصلة بين العلم الافتراضي والعالم البشري الإمبريقي المعيش. ربما يمكن حينئذ عن طريق الأدوات الصحيحة والمكملة لبعضها بعض حل مشكلة الصحة الحالية.

أصبحت عملية فهم النظم المعقدة وإدارتها واحدة من التحديات الكبرى التي تواجه البحث العلمي. وهذه الوظيفة موروثة من العلوم الطبيعية؛ نظرًا لاستحالة دراسة بعض الظواهر تحليليًّا وإمبريقيًّا فيها. ولا تسمح دراسة النظم المعقدة بالتنبؤ الدقيق بتطورها، ولكنها تسمح لنا بتحديد الشروط المحددة التي تسبب تغيرًا ذا مغزى في سلوك النظام. مما يمكن فحسب من رؤية العلماء المعالم عبر نافذة، دون السعي إلى تحقيق فهم كامل للظواهر. ولقد ساعدت عملية توفير تصورات للنظم المعقدة على سرعة انتشار منهج المحاكاة؛ كونها الأداة الأكثر ملاءمة لاستكشاف تطور العمليات اللاخطية. فلا تستطيع في هذه الحالات تحديد قوانين عامة كونية؛ لأن السلوك الفوضوي لا يسمح بتفسيرات عامة. وكل ما يمكننا فعله هو الوصول إلى حلول محلية للمشكلة. ولا يمكننا في حقل ديناميكيات النظام معرفة سلوك نظام في كل موقف، وإنما يمكننا فحسب استكشاف ما يحدث في موقف محدد. لذا ما يمكننا القيام به هو

تنفيذ محاكاة بمجموعة من الشروط والبارامترات الأولية، وبالتالي تحديد متى يخضع النظام لتعديل ذي مغزى في سلوكه. علاوة على أنه على الرغم من عدم استطاعة المحاكاة وصف سلوك جميع المكونات بطريقة حتمية مفصلة، فإنها تسمح لنا بملاحظة الشروط المسببة لتغيرات راديكالية.

هناك بعض المواقف التي يمكن تمثيل العمليات فيها لا عن طريق اللغة الطبيعية ولا عن طريق النماذج الرياضية ولغتها. وتعد المحاكاة في هذه الحالات بديلًا صالحًا وصحيحًا، وإن كان يعمل على مستوى أقل عمومية. وترتبط لغة الأوتوماتا الخلوية – على سبيل المثال – بالبعد المكاني ارتباطًا وثيقًا، فغالبية مكونات هذا النموذج رسومية، ومن ثم يصبح لدينا لغة حاسوبية يتمتع فيها العنصر المرئي بأهمية كبرى.

كما تحظى عمليات المحاكاة القائمة على الوكيل بمزايا تميزها عن بقية الميثودلوجيات الأخرى المعتادة في العلوم الاجتماعية. إذ يمكن لعدد هائل من الوكلاء غير المتجانسين إحداث تفاعلات معقدة على مدى فترات طويلة. وتوفر سبيلًا لسد فجوة الميكرو–ماكرو؛ لإزالة بعض الغموض عن عمليات الانبثاق. وقد يكون هؤلاء الوكلاء أفرادًا أو مجموعات منظمة أو شركات أو حتى دول فاعلة، يشكلون تصورات عن محيطهم، ولديهم القدرة على الانخراط في صنع القرار المستقل والتصرفات المتعمدة. فإنها تسمح بأن يكون المرء مرنًا حول خصائص الوكلاء. وبخلاف النماذج الاقتصادية المعيارية يمكن أن تعمل النماذج القائمة على الوكيل بأي عدد من الوكلاء، ومن ثم توفير مزيد من النماذج الواقعية إلى حد ما للعمليات الاجتماعية.

الهوامش :

(1) Forrester, J. W. (1961) *Industrial Dynamics*. MIT Press, Cambridge, MA.
Forrester, J. W. (1969) *Urban Dynamics*. MIT Press, Cambridge, MA.
Forrester, J. W. (1971) *World Dynamics*. MIT Press, Cambridge, MA.

(2) Simon, H. A. (1996) *The sciences of the artificial*. MIT Press, Cambridge, MA, London.

(3) Humphreys, P. (1991). Computer Simulations. In A. Fine, M. Forbes and L. Wessels (eds.). *PSA 1990, Vol. 2*, East Lansing: Philosophy of Science Association, pp. 497–506. P. 500.

(4) Hartmann, S. (1996). TheWorld as a Process: Simulations in the Natural and Social Sciences. In *Modelling and Simulation in the Social Sciences from the Philosophy of Science Point of View*, ed. by R. Hegselmann, Ulrich Mueller, and Klaus G. Troitzsch, 77–100. Kluwer. P. 83.

(5) Hughes, R. I. G. (1999). The Ising Model, Computer Simulation, and Universal Physics. In M. S. Morgan and M. Morrison (eds.), *Models as Mediators* , Cambridge: Cambridge University Press. pp. 97–145. P. 130.

(6) *Ibid*, p. 132.

(7) *Ibid*, p. 125.

(8) Hughes, R. I. G. (2010). *The Theoretical Practices of Physics: Philosophical Essays*. Oxford: Oxford University Press, p. 79.

(9) Humphreys, P. (2004). *Extending ourselves: computational science, empiricism, and scientific method*. Oxford University Press. P. 110.

(10) *Ibid*, p. 111.

(11) Axelrod, R. (1980). More effective choice in the Prisoner's Dilemma. *Journal of Conflict Resolution, 24*(3), 379–403.

(١٢)يُمكننا لمزيد من التفاصيل حول نظرية المباراة ومعضلة السجين، الرجوع إلى:

روزنبرج، أليكس وماك شي، دانييل. (٢٠١٨). *فلسفة البيولوجيا: مدخل معاصر*، ترجمة: مينا سيتي، القاهرة: المركز القومي للترجمة، العدد ٢٧٨٢، ص ص ٣٢٥–٣٣٧.

(13) Schiff, J.L. (2008). *Cellular automata: a discrete view of the world*, 1st edn. Wiley, Hoboken, p. xi.

(14) Gilbert, N. and Troitzsch, K.G. (2005), *Simulation for the Social Scientist* (2nd Edition), Open University Press, Milton Keynes, UK, pp. 130-131.

(15) *Ibid*, pp. 131-133.

(١٦)على الرغم من أن "كونواي" قد نفذ مباراته عن طريق استخدام أطباق العشاء على بلاط أرضية مطبخه.

(١٧)يُمكننا لمزيد من التفاصيل الرجوع إلى:

Gilbert, N. and Troitzsch, K.G. (2005), *Simulation for the Social Scientist Op.Cit*, pp. 134-135.

(١٨) يستخدم مصطلح «الوكيل» بشكل متكرر في العلوم هذه الأيام. ويبدو أن المعنى الأصلي للوكالة شخص ينوب عن شخص آخر. ولكن أصبح غالبًا عند استخدام الأشخاص المصطلح في الذكاء الاصطناعي نجدهم يشيرون به إلى كيان يعمل بشكل متواصل ومستقل ذاتيًا في بيئة تقع بها عمليات أخرى، ويوجد بها وكلاء آخرون. ولا تعد هذه الخاصية الموحدة المفترضة بين مستخدمي المصطلح في الذكاء الاصطناعي دقيقة. ومع ذلك، أخذ المصطلح في الانتشار يعني عدم حاجة نشاطات الوكلاء توجيه أو تدخل إنساني ثابت، وإنما هم وكلاء آليون. وأصبح الوكيل هو الكيان الذي ينظر إلى حالته بوصفها مؤلفة من مكونات عقلية مثل: الاعتقادات والقدرات والاختيارات والالتزامات. على سبيل المثال، اقترح "دانييل دينيت" «الموقف القصدي» الذي ينسب فيه للنظم كيفيات عقلية مثل: المقاصد وحرية الإرادة (Dennett, D. C. (1987). *The intentional stance*. Cambridge, MA: MIT Press.). وليست المسألة بالنسبة إلى "دينيت" ما إذا كان النظام قصديًّا بالفعل، وإنما إذا كان يمكننا اعتباره كذلك. وعلى الرغم من هشاشة فكرة الوكالة في الذكاء الاصطناعي، فإن عزو معالم معينة مثل: المقاصد والرغبات وغيرها لآلة أو برنامج حاسوبي أصبحت مسألة مشروعة؛ نظرًا للحاجة إلى هذه الكيفيات العقلية. فليس لدينا معرفة حسنة بعمل النظم المعقدة التي على شاكلة الربوتات، لذا غالبًا ما يكون من الأنسب توظيف هذه المصطلحات العقلية ونسبها إليها.

(19) Schelling, T. C. (1969). Models of segregation. *American Economic Review* 59:488–493.
Schelling, T. C. (1971a). Dynamic models of segregation. *Journal of Mathematical Sociology* 1:143–186.
Schelling, T. C. (1971b). On the Ecology of Micromotives, *The Public Interest* 25 (Fall): 61- 98.
Schelling, T. C. (1978). *Micromotives and Macrobehaviour*. New York: W. W. Norton.

(20) Schelling, T. C. (1971a). Dynamic models of segregation. *Op.Cit*, p. 144.

(21) *Ibid.*

(22) Gilbert, N. and Troitzsch, K.G. (2005), *Simulation for the Social Scientist*, *Op.Cit*, p. 191.

(23) *Ibid*, p. 193.

(24) Doran, J. E., Palmer, M., Gilbert, N. and Mellars, P. (1994) The EOS project: modelling Upper Paleolithic social change. In N. Gilbert and J. E. Doran (eds), *Simulating Societies: The Computer Simulation of Social Phenomena*, pp. 195–222. UCL Press, London.

(٢٥)يُمكننا لمزيد من التفاصيل الرجوع إلى:

Cohen, M. N.,(1985). Prehistoric Hunter-Gatherers: The Meaning of Social Complexity. In *Prehistoric Hunter-Gatherers: The Emergence of Cultural Complexity*, edited by T. D. Price and J. A. Brown, pp. 99–22. Academic Press, New York.

Mellars, P. (1985). The ecological basis of social complexity in the Upper Palaeolithic of south-west France. In Price, T. D. and Brown, J. (eds), *Prehistoric Hunter-gatherers: The Emergence of Social Complexity*, 271–97. New York: Academic Press.

Doran, J. E. (1992). A computational investigation of three models of specialization, exchange and social complexity. J.-C. Gardin and C. S. Peebles (eds.), *Representations in archaeology*, Indiana University Press, pp. 315–328.

(26) Holland, J. H. (1975). *Adaptation in Natural and Artificial Systems*. University of Michigan Press, Ann Arbor, MI.

(27) Axelrod, R. (1987). The evolution of strategies in the iterated prisoner's dilemma. In L. Davis (ed.), *Genetic Algorithms and Simulated Annealing*. Pitman, London.

Epstein, Joshua M. (1998). Zones of Cooperation in Demographic Prisoner's Dilemma. *Complexity* 4(2): 36-48.

Riolo, R. (1997). The Effects of Tag-mediated Selection of Partners in Evolving Populations Playing the Iterated Prisoner's Dilemma. *Santa Fe Institute Working Paper* 97-02-016, Santa Fe, NM.

(28) Reynolds, R. (1994) Learning to cooperate using cultural algorithms. In N. Gilbert and J. E. Doran (eds), *Simulating Societies: The Computer Simulation of Social Phenomena*, pp. 223–244. UCL Press, London.

(29) Lustick, I. (2000). Agent-based modelling of collective identity: Testing constructivist theory. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 3(1), 1.

(30) Sugden, R. (2009). Credible Worlds, Capacities and Mechanisms, *Erkenntnis* 70:3-27. P. 3.

(31) Eckhart, A. (2010). *Tools or toys?* Stuttgart: Institute of Philosophy, University of Stuttgart. P. 21.

(32) Axelrod, R. (1997). The dissemination of culture: A model with local convergence and global polarization. *Journal of Conflict Resolution*, 41(2):203–226. p. 204.

(٣٣)يرجع الظهور الاصطلاحي للانبثاق إلى "جورج هنري لويس George Henry Lewes"
Lewes, G. H. (1875) *Problems of Life and Mind*. vol. 2. London: Kegan Paul, Trench, Turbner, & Co.)، ويمكن إيجاد الأفكار الأساسية الخاصة بفكرة الانبثاق قبل ذلك تحت مسميات مختلفة. وتعد عملية صياغة تعريف واضح للانبثاق مشكلة مارسها فلاسفة العلم لبرهة من الزمان. حتى اكتشاف ميكانيكا الكوانتم لم تكن هناك قوانين علمية معروفة يمكنها اختزال التفاعلات الكيميائية إلى العمليات الذرية التحتية. وهذا

هو ما أهل الانبثاقية كفلسفة علم. ولكن مع تقدم ميكانيكا الكوانتم سرعان ما قلت مناشدة الانبثاقية. ولقد قاد هذا على وجه الخصوص أعضاء الوضعية المنطقية إلى اعتناق نظرة عالية الشك حول الانبثاقية. فقد كان يعتقد أنها اعتراف بالجهل العلمي (Hempel, C. G., and Oppenheim, P. (1965) On the Idea of Emergence in *Aspects of Scientific Explanation and other Essays in (the Philosophy of Science*, pp. 258–264, New York: Free Press.، أو أن علمًا معاصرًا كميكانيكا الكوانتم قد دحضها وأثبت فشلها، أو استبعادها من التفسيرات بواسطة تفسيرات ميكروية أكثر أساسية. وذهب "إرنست ناجل" إلى أن خاصية الشيء تعد منبثقة إذا كان من المستحيل استنباط هذه الخاصية من المعرفة الكاملة بالمكونات وعلاقاتها Nagel, E. (1961) *The Structure of Science*. New York: Harcourt, Brace and World.). ولم يعد الانبثاق صفة أنطولوجية متأصلة في بعض الظواهر، وإنما مؤشر على نطاق معرفتنا في وقت محدد. وهكذا تسبب التقدم العلمي في تحويل فكرة الانبثاق البادية كادعاء أنطولوجي إلى ادعاء إبستمولوجي. ومع ذلك، أصبح الوضع مختلفًا الآن في كيمياء منتصف القرن العشرين؛ فبسبب التقدم العلمي عاودت فكرة الانبثاق إلى الظهور مرة أخرى. كما قادت النظم الديناميكية غير الخطية والنظم التكيفية المعقدة والنظرية الحاسوبية إلى ظهور الانبثاق في النظم ذاتية التنظيم أيضًا.

(٣٤)دوركايم، إميل. (١٩٨٨). *قواعد المنهج في علم الاجتماع*، ترجمة: محمود قاسم والسيد محمد بدوي، الإسكندرية، دار المعرفة الجامعية، ص ٣٣.

(35) O'Neill, J. (1973). *Modes of individualism and collectivism.* London: Heinemann.

(36) Watkins, J. W. (1955). Methodological individualism: a reply. *Philosophy of Science*, 22: 58–62. p. 58.

(٣٧)تعرف المقاربة النظرية التي طوِّرت في الأصل داخل البيولوجيا، وأصبحت مؤثرة للغاية بعد ذلك بعد أن أخذت في اعتبارها قدرة الأشخاص على الإدراك والتفكير حول المؤسسات والتفاعل معها على محمل الجد، بنظرية التنظيم الذاتي. وتركز هذه النظرية على الكائنات الحية أو الوحدات ذاتية الإنتاج والصيانة. وتتألف من شبكة عمليات تخلق المكونات التي تحدد باستمرار عبر تفاعلاتها شبكة العمليات التي أنتجتها.

(38) Epstein, J. M. (1999). Agent-based computational models and generative social science. *Complexity, 4*(5), 41–60. p. 41.

(39) *Ibid*, p. 42.

(40) *Ibid*, p. 55.
(41) *Ibid*, p. 55.
(42) Epstein, J. M. (2007). *Generative social science: Studies in agent based computational modeling*. New Jersey: Princeton University Press, p. 9.
(43) Giddens, A. (1984). *The Constitution of Society.* Cambridge: Polity Press.
(44) *Ibid*, p. 25.

المصَادر والمرَاجع

أولًا: المصَادر والمرَاجع باللغةِ العربيَّة

١. دوركايم، إميل. (١٩٨٨). *قواعد المنهج في علم الاجتماع*، ترجمة: محمود قاسم والسيد محمد بدوي، الإسكندرية، دار المعرفة الجامعية.

٢. روزنبرج، أليكس وماك شي، دانييل. (٢٠١٨). *فلسفة البيولوجيا: مدخل معاصر*، ترجمة: مينا سيتي، القاهرة، المركز القومي للترجمة، العدد ٢٧٨٢.

ثانيًا: المصَادر والمرَاجع باللغةِ الإنجليزيَّة

1. Axelrod, R. (1980). More effective choice in the Prisoner's Dilemma. *Journal of Conflict Resolution, 24*(3), 379–403.
2. Axelrod, R. (1987). The evolution of strategies in the iterated prisoner’s dilemma. In L. Davis (ed.), *Genetic Algorithms and Simulated Annealing*. Pitman, London.
3. Axelrod, R. (1997). The dissemination of culture: A model with local convergence and global polarization. *Journal of Conflict Resolution*, 41(2):203–226.
4. Cohen, M. N. (1985). Prehistoric Hunter-Gatherers: The Meaning of Social Complexity. In *Prehistoric Hunter-Gatherers: The Emergence of Cultural Complexity*, edited by T. D. Price and J. A. Brown, pp. 99–22. Academic Press, New York.
5. Dennett, D. C. (1987). *The intentional stance*. Cambridge, MA: MIT Press.
6. Doran, J. E. (1992). A computational investigation of three models of specialization, exchange and social complexity. J.-C. Gardin and C. S. Peebles (eds.), *Representations in archaeology*, Indiana University Press, pp. 315–328.
7. Doran, J. E., Palmer, M., Gilbert, N. and Mellars, P. (1994) The EOS project: modelling Upper Paleolithic social change. In N. Gilbert and J. E. Doran (eds), *Simulating Societies: The Computer*

Simulation of Social Phenomena, pp. 195–222. UCL Press, London.

8. Eckhart, A. (2010). *Tools or toys?* Stuttgart: Institute of Philosophy, University of Stuttgart.
9. Epstein, J. M. (1998). Zones of Cooperation in Demographic Prisoner's Dilemma. *Complexity* 4(2): 36-48.
10. Epstein, J. M. (1999). Agent-based computational models and generative social science. *Complexity*, *4*(5), 41–60.
11. Epstein, J. M. (2007). *Generative social science: Studies in agent based computational modeling*. New Jersey: Princeton University Press.
12. Forrester, J. W. (1961) *Industrial Dynamics*. MIT Press, Cambridge, MA.
13. Forrester, J. W. (1969) *Urban Dynamics*. MIT Press, Cambridge, MA.
14. Forrester, J. W. (1971) *World Dynamics*. MIT Press, Cambridge, MA.
15. Giddens, A. (1984). *The Constitution of Society.* Cambridge: Polity Press.
16. Gilbert, N. and Troitzsch, K.G. (2005), *Simulation for the Social Scientist* (2nd Edition), Open University Press, Milton Keynes, UK.
17. Hartmann, S. (1996). TheWorld as a Process: Simulations in the Natural and Social Sciences. In *Modelling and Simulation in the Social Sciences from the Philosophy of Science Point of View*, ed. by R. Hegselmann, Ulrich Mueller, and Klaus G. Troitzsch, 77–100. Kluwer.
18. Hempel, C. G., and Oppenheim, P. (1965) On the Idea of Emergence in *Aspects of Scientific Explanation and other Essays in the Philosophy of Science*, pp. 258–264, New York: Free Press.
19. Holland, J. H. (1975). *Adaptation in Natural and Artificial Systems*. University of Michigan Press, Ann Arbor, MI.

20. Hughes, R. I. G. (1999). The Ising Model, Computer Simulation, and Universal Physics. In M. S. Morgan and M. Morrison (eds.), *Models as Mediators*, Cambridge: Cambridge University Press. pp. 97–145.
21. Hughes, R. I. G. (2010). *The Theoretical Practices of Physics: Philosophical Essays*. Oxford: Oxford University Press.
22. Humphreys, P. (1991). Computer Simulations. In A. Fine, M. Forbes and L. Wessels (eds.). *PSA 1990, Vol. 2*, East Lansing: Philosophy of Science Association, pp. 497–506.
23. Humphreys, P. (2004). *Extending ourselves: computational science, empiricism, and scientific method*. Oxford University Press.
24. Lewes, G. H. (1875) *Problems of Life and Mind*. vol. 2. London: Kegan Paul, Trench, Turbner, & Co.
25. Lustick, I. (2000). Agent-based modelling of collective identity: Testing constructivist theory. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 3(1).
26. Mellars, P. (1985). The ecological basis of social complexity in the Upper Palaeolithic of south-west France. In Price, T. D. and Brown, J. (eds), *Prehistoric Hunter-gatherers: The Emergence of Social Complexity*, 271–97. New York: Academic Press.
27. Nagel, E. (1961) *The Structure of Science*. New York: Harcourt, Brace and World.
28. O'Neill, J. (1973). *Modes of individualism and collectivism.* London: Heinemann.
29. Reynolds, R. (1994) Learning to cooperate using cultural algorithms. In N. Gilbert and J. E. Doran (eds), *Simulating Societies: The Computer Simulation of Social Phenomena*, pp. 223–244. UCL Press, London.
30. Riolo, R. (1997). The Effects of Tag-mediated Selection of Partners in Evolving Populations Playing the Iterated Prisoner's

Dilemma. *Santa Fe Institute Working Paper* 97-02-016, Santa Fe, NM.

31. Schelling, T. C. (1969). Models of segregation. *American Economic Review* 59:488–493.
32. Schelling, T. C. (1971a). Dynamic models of segregation. *Journal of Mathematical Sociology* 1:143–186.
33. Schelling, T. C. (1971b). On the Ecology of Micromotives, *The Public Interest* 25 (Fall): 61- 98.
34. Schelling, T. C. (1978). *Micromotives and Macrobehaviour*. New York: W. W. Norton.
35. Schiff, J.L. (2008). *Cellular automata: a discrete view of the world*, 1st edn. Wiley, Hoboken.
36. Simon, H. A. (1996) *The sciences of the artificial*. MIT Press, Cambridge, MA, London.
37. Sugden, R. (2009). Credible Worlds, Capacities and Mechanisms, *Erkenntnis* 70:3-27.
38. Watkins, J. W. (1955). Methodological individualism: a reply. *Philosophy of Science*, 22: 58–62.