

УДК 303.09:316.4

Москотіна, Р. (2019). Агентно-орієнтоване моделювання та соціологія: точки перетину. *Соціологічні студії*, 1(14), 38–44.
DOI: <https://doi.org/10.29038/2306-3971-2019-01-38-44>

Агентно-орієнтоване моделювання та соціологія: точки перетину

Руслана Москотіна –
*аспірант, факультет соціології,
Київський національний університет
імені Тараса Шевченка, Київ, Україна*

Ruslana Moskotina –
*PhD student, Faculty of Sociology,
Taras Shevchenko National
University of Kyiv, Ukraine*

E-mail: rmoskotina@ukr.net
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2195-3121>

DOI: <https://doi.org/10.29038/2306-3971-2019-01-38-44>

Received: April, 2019
1st Revision: April, 2019
Accepted: May, 2019

У статті здійснено загальну характеристику агентно-орієнтованого підходу як такого, що потенційно міг би використовуватись у соціології. Він виник завдяки теорії клітинних автоматів та теоретико-ігровому підходу. Показано, що агентне моделювання дає змогу поєднати мікро- й макрорівень аналізу, при цьому не зводячи явища та процеси макрорівня до сукупності дій і взаємодій на мікрорівні. Цей вид моделювання передбачає проведення своєрідного експерименту з моделлю: задавши характеристики агентів та середовища їх перебування, правила дій і взаємодій агентів одне з одним та із середовищем, можемо спостерігати, до яких наслідків на макрорівні це призведе. Агентно-орієнтоване моделювання є сенс застосовувати в соціологічному дослідженні тоді, коли потрібно надати теоретичне пояснення соціальним явищам чи процесам або ж коли потрібно прогнозувати їх.

Ключові слова: експеримент із моделлю, агент, клітинні автомати, теоретико-ігровий підхід.

Moskotina Ruslana. Agent-Based Modeling and Sociology: Points of Intersection. This article talks about the agent-based modeling as a relatively new approach. This approach based on the ideas of the theory of cellular automata and the game theoretical approach. The agent-based modeling helps us to link micro-level of analysis and macro-level of analysis; moreover, we cannot reduce macro-level phenomena to the set of actions and interactions at the micro-level. Agent-based modeling is a type of simulation which involves conducting an experiment with the model. The agent-based model consists of three components: agents, environment and rules. By setting the characteristics of the agents and their environment and by setting the rules of agents' actions and interactions we can observe the effects on the macro-level of analysis. Agent-based modeling can be used at least in two cases: when we want to provide a theoretical explanation of social phenomena or when we need to predict this phenomena. But before using agent-based modeling we need to think about the desired level of empirical realism of the model.

Key words: experiment with model, agent, cellular automata, game theoretical approach.

Москотина Руслана. Агентно-ориентированное моделирование и социология: точки пересечения. В статье дается общая характеристика агентно-ориентированного подхода, который потенциально мог бы использоваться в социологии. Он возник, благодаря идеям, заложенным в теорию клеточных автоматов и теоретико-игровой подход. Агентное моделирование позволяет совместить микро- и макроуровень анализа, не сводя при этом явления и процессы макроуровня к совокупности действий и взаимодействий на микроуровне. Этот вид моделирования предусматривает проведение своеобразного эксперимента с моделью. Задав характеристики агентов и среды их обитания, правила их действий и взаимодействий агентов друг с другом и со средой, можно наблюдать, к каким последствиям на макроуровне это приведет. Агентно-ориентированное моделирование желательно применять в социологических исследованиях в тех случаях, когда необходимо предоставить теоретическое объяснение социальным явлениям или процессам или же спрогнозировать их.

Ключевые слова: эксперимент с моделью, агент, клеточные автоматы, теоретико-игровой подход.

Постановка проблеми. Мабуть, ключовим питанням, на яке намагаються дати відповідь соціологи, є питання про те, хто є носієм соціальної реальності. Так, у соціології з'явилися два методологічні підходи – соціальний номіналізм та соціальний реалізм. Соціальний номіналізм виходить із того, що основним суб'єктом соціального життя виступає окремий індивід (Фетисов, 1999, с. 168). А соціальні явища або процеси, характеристики соціальних груп і спільнот можна просто вважати сумою характеристик та дій окремих індивідів. До речі, кількісний аналіз даних із використанням математично-статистичних методів традиційно ґрунтується на ідеях соціального номіналізму. А сутність соціального

реалізму «полягає в тому, що за основу суспільного життя взято суспільство, різноманітні соціальні групи та інститути» (Фетисов, 1999, с. 168). Тобто, із погляду соціального реалізму, суспільство, соціальні явища та процеси, соціальні групи й спільноти, соціальні інститути неможливо звести до суми характеристик і дій індивідів. Вони виникають як результат взаємодії індивідів й отримують своєрідну автономію, можна сказати, живуть своїм власним життям (Гофман, 2005, с. 22). Позиція соціального реалізму закладена в агентно-орієнтоване моделювання. Цей метод використовується в багатьох галузях знань, зокрема таких, як економіка, політологія, епідеміологія, соціальна психологія, соціологія, демографія тощо. Але в українській соціології агентно-орієнтований підхід як інструмент вивчення соціальної реальності практично не використовується. А втім, агентне моделювання дає змогу по-іншому поглянути на взаємозв'язок між мікро- та макрорівнем аналізу й, зокрема, на сутність явищ і процесів, які спостерігаємо на макрорівні.

Аналіз наукових публікацій. Основні ідеї та положення агентно-орієнтованого моделювання викладено в працях Т. Шеллінга, Р. Аксельрода, Дж. Епштейна, Р. Акстела, Н. Гілберта, К. Троїтча, Дж. Міллера, С. Пейджа. Робіт, у яких розглянуто необхідність застосування агентно-орієнтованого моделювання в соціології та про специфіку його застосування в емпіричних соціологічних дослідженнях, не так уже й багато. Серед основних можна виокремити праці М. Мейсі, Р. Уїллера, Е. Брух, Дж. Атвелла.

Мета цієї статті – окреслення специфіки агентно-орієнтованого моделювання як методу, що потенційно міг би застосовуватись у соціології. Відповідно до мети можемо виокремити такі **завдання**:

- 1) розглянути історію появи агентно-орієнтованого моделювання та коротко схарактеризувати його основні ідеї;
- 2) дати визначення поняття «агентна модель» й охарактеризувати структурні елементи агентних моделей;
- 3) визначити особливості застосування агентних моделей в емпіричних соціологічних дослідженнях.

Виклад основного матеріалу. Насамперед розпочнемо з огляду історії виникнення агентно-орієнтованого моделювання. З одного боку, це дасть змогу краще зрозуміти основні ідеї, закладені в цей метод, а з іншого – відшукати точки дотику між соціологією й агентним моделюванням. Можна сказати, що своїй появі агентно-орієнтоване моделювання зобов'язане клітинним автоматам і теоретико-ігровим моделям. Теорія клітинних автоматів, передусім, пов'язана з такими прізвищами, як Дж. фон Нейман, С. Улам, Дж. Конвей. Дж. Фон Нейман і С. Улам створили перший клітинний автомат, таку собі теоретичну машину, спрямовану на створення копії самої себе та представлену у вигляді дошки, розміщеної на клітинки. А Дж. Конвей створив досить відомий клітинний автомат, гру під назвою «Життя»¹. До речі, якщо ввести в пошукову систему Google запит «conway's game of life», на екрані з'явиться, по суті, онлайн-варіант цієї гри. Гра відбувається на полі, що являє собою поверхню (дошку), розграфлену на клітинки. У деяких клітинках розміщено фішки. Правила гри такі:

- 1) виживання. Якщо поруч із фішкою розміщено дві або три інші фішки, вона продовжує жити;
- 2) смерть. Якщо біля живої фішки більше ніж три фішки або менше, ніж дві фішки, вона помирає (фішка знімається з дошки);
- 3) народження. Якщо поруч із порожньою клітинкою містяться три фішки, на цю клітинку ставиться нова фішка.

Інколи в результаті гри утворюються конфігурації, статичні або динамічні. Деякі з конфігурацій, які утворюються в результаті гри «Життя», представлено на рис. 1.

Власне, теорія клітинних автоматів (зокрема гра «Життя») показує, що утворені конфігурації не є простою сумою клітинок, із яких вони складаються. Вони починають існувати самі по собі та виступають самостійними одиницями.

Як уже сказано, теоретико-ігрові моделі теж зіграли свою роль у становленні агентно-орієнтованого підходу. Фундаментальною моделлю в теорії ігор можна назвати дилему в'язня². Дилему в'язня³ сформульовано в 1950 р. й пов'язано з прізвищами М. Флада, М. Дрешера та А. Такера (до речі, завдяки

¹ *Игра «Жизнь» (обзор Гарднера)*. Отримано 15.05.2019 з https://life.written.ru/game_of_life_review_by_gardner

² *Дилемма заключенного*. Отримано 15.05.2019 з <https://4brain.ru/blog/дилемма-заключенного/>

³ *Теория игр и Равновесие Нэша*. Отримано 15.05.2019 з <https://vlast.kz/obsshestvo/23192-teoria-igr-i-ravnovesie-nesha.html>

останньому дилема в'язня й отримала таку назву). Суть її полягає в такому. Нехай є двоє осіб, яких заарештовано на місці злочину, проте доказів, щоб засудити їх, недостатньо. Тож їх розділяють і кожному з них пропонується певна умова. Якщо злочинці промовчать, кожному з них дадуть строк ув'язнення, що становить шість місяців. Якщо ж обоє зізнаються в скоєнні злочину, вони отримають строк ув'язнення, що становить два роки. А якщо один зі злочинців промовчить, а інший зізнається в скоєнні злочину, то той, хто промовчав, отримає строк ув'язнення п'ять років, а того, хто зізнався, відпускають. Усі зазначені умови представлено в табл. 1 нижче.

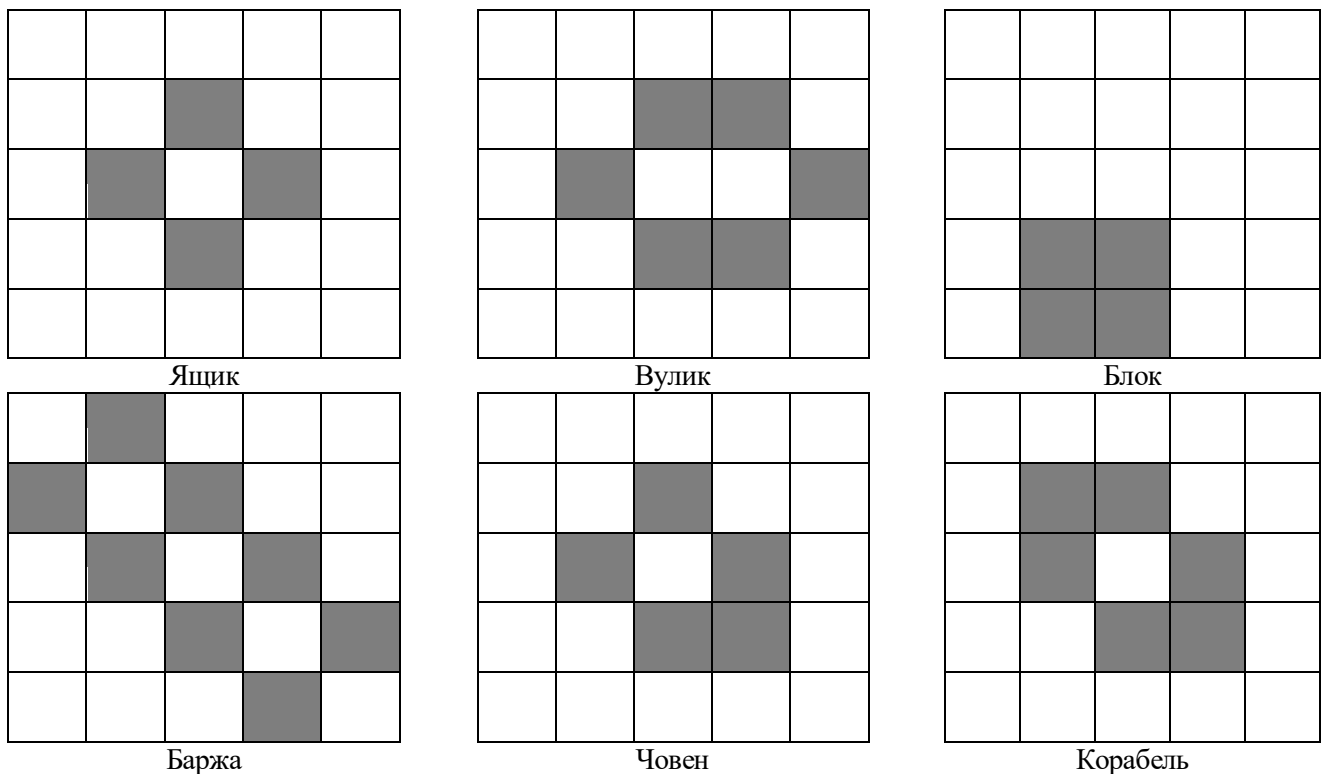


Рис. 1. Приклади конфігурацій, що утворюються в результаті гри «Життя»

Таблиця 1

Ілюстрація умови гри «Дилема в'язня»

	Злочинець 2 мовчить	Злочинець 2 зізнається в скоєнні злочину
Злочинець 1 мовчить	Кожен отримує строк ув'язнення, що становить 6 місяців	Злочинця 2 відпускають, Злочинець 1 отримує 5 років ув'язнення
Злочинець 1 зізнається в скоєнні злочину	Злочинця 1 відпускають, Злочинець 2 отримує 5 років ув'язнення	Злочинці отримують строк по 2 роки ув'язнення кожен

Очевидно, що для обох злочинців найкращим рішенням буде промовчати. Так вони отримають строк ув'язнення по шість місяців кожен (це колективна вигода від такого рішення). Але в цьому випадку вони приймають рішення не разом, а окремо, і кожен із них думає не про колективну, а лише про власну вигоду. Тож і міркування кожного зі злочинців виглядатимуть таким чином. Якщо співник промовчить, то краще буде зізнатись у злочині, адже так можна вийти на свободу (бо якщо промовчати, то можна отримати шість місяців ув'язнення). А якщо співник зізнається в скоєнні злочину, то краще також зізнатися, щоб отримати менший строк ув'язнення. Отже, якщо виходити з того, що злочинці орієнтовані на те, аби мінімізувати свій термін ув'язнення, обоє зізнаються в скоєнні злочину й у результаті отримають по два роки ув'язнення кожен. Тобто дилема в'язня демонструє, що інколи колективна та індивідуальна вигода можуть вступити у конфлікт.

Варіантом дилеми в'язня для більш ніж двох учасників є так звана трагедія общин, сформульована біологом Г. Хардіном¹. Сутність її полягає в тому, що індивіди, маючи доступ до ресурсу, «спокушаються негайною вигодою, яка, однак, потім спричиняє відтерміновані витрати, що лягають на плечі всіх учасників» (Муздыбаев, 2007, с. 106). Ці витрати пов'язані з тим, що ресурс із часом поступово виснажується, а потім і зовсім стає непридатним для використання. Для кращого розуміння сутності трагедії общин буде наведено реальний кейс – азіотаж із купонами від Ebay. 7 листопада 2013 року Ebay запустив акцію з купівлі сертифікатів (купонів) на 450 рублів. Один купон коштував 90 рублів, одна особа могла купити декілька таких купонів. Використати їх можна було до 25 грудня 2013 р. Але знайшлися ті, хто знайшов «діру» в системі генерації купонів і, скориставшись цим, почали отримувати їх нечесним шляхом (або за 90 рублів «купували» більше, ніж один купон, або взагалі отримували їх безкоштовно). Це призвело до низки проблем. По-перше, особа могла купити купон, який уже виявився використаним (і це підштовхувало її отримувати купони нечесним шляхом). По-друге, той, хто отримував купони нечесним шляхом, міг натрапляти на вже використані купони. По-третє, потрібно було якнайшвидше використати свої купони, доки їх не використав хтось інший, оскільки купони не були прив'язані до конкретного аккаунту. Тобто якщо спочатку прибуток від нечесного отримання купонів був більшим, ніж від їх купівлі, то надалі цей прибуток почав зменшуватися аж доки цього ж дня акцію не закрили, оскільки жоден із купонів уже не був робочим. Трагедія общин, як і дилема в'язня, демонструє, як індивідуальна та колективна вигоди можуть вступати в конфлікт. Тобто, як бачимо, і дилема в'язня, і трагедія общин є яскравими ілюстраціями того, що ми не можемо звести колективну вигоду до сукупності індивідуальних вигод.

А одна з перших агентних моделей (модель сегрегації) була запропонована Т. Шеллінгом у праці «Динамічні моделі сегрегації» у 1971 р. (Примостка, 2017, с. 124). Ідея Шеллінга полягає в тому, що сегрегація як явище макрорівня зумовлена не стільки свідомим вибором індивідів ворогувати з представниками іншої групи (раси чи етнічної групи), скільки з простим бажанням проживати з представниками своєї групи. Модель сегрегації Шеллінга виглядає таким чином. Нехай є дошка, розмічена на клітинки. У частині клітинок розміщені фішки різного кольору (наприклад чорного та жовтого). При цьому дошка «являє собою місто або квартал, клітинки – будинки, а фішки різних кольорів – представників різних рас» (Зайцев, 2014, с. 39). Ці фішки (агенти) розподілено на дошці випадковим чином. Фішки можуть переміщуватися на вільні клітинки, а можуть залишатися на місці. Фішка залишається на місці в тому випадку, коли частка сусідніх фішок того ж кольору не перевищує певний поріг (тобто ця фішка вважається «задоволеною» своїм розташуванням), в іншому разі вона переміщується на вільну клітинку. Рух фішок завершується тоді, коли всі вони будуть «задоволені» своїм розміщенням. Відзначимо, що чим вищим буде поріг (тобто чим більшим буде бажання агентів проживати з представниками своєї соціальної групи), тим більша ймовірність того, що рух фішок буде нескінченним. Сам Шеллінг дійшов до висновку, що, дійсно, сегрегація породжена саме бажанням індивідів проживати в середовищі представників своєї соціальної групи. Більше того, навіть цілком толерантні агенти сприяють утворенню сегрегованого простору.

Власне, Шеллінг і сформулював основну ідею агентного моделювання, яка передбачає, що явища й процеси, які відбуваються на макрорівні, є результатом дій та взаємодій агентів на мікрорівні. При цьому зв'язок між макро- й мікрорівнем не можна назвати прозорим. Також агентне моделювання наголошує на неможливості звести явища макрорівня до суми дій та взаємодій агентів на мікрорівні. Ця ідея, як уже показано вище, відображена в теоретико-ігровому підході й у теорії клітинних автоматів. Агентне моделювання чимось схоже на звичайний соціологічний експеримент із тією різницею, що учасниками експерименту є люди. А в агентно-орієнтованому моделюванні експеримент проводиться зі штучно створеними дослідником агентами, яким приписуються ті чи інші характеристики. Ставлячи агентів у певні умови й задаючи для них відповідні правила дій і взаємодій, соціолог може подивитися, до яких наслідків це призведе. Важливо відзначити також і те, для агентного моделювання не обов'язково використовувати емпіричні дані й не завжди існує необхідність у детальному емпіричному описі моделі.

Тепер перейдемо до визначення поняття «агентна модель» і спробуємо схарактеризувати структуру агентних моделей. Агентна модель являє собою комп'ютерну програму, де агенти діють у певному

¹ Трагедія общин в реальном мире или купонная лихорадка-2. Отримано 15.05.2019 з <https://m.habr.com/en/company/boxowerview/blog/201590/>

середовищі відповідно до заданих дослідником правил (Bruch&Atwell, 2013). Хоча модель Шеллінга, наведена вище, не була комп'ютерною й він для реалізації своєї моделі використовував папір та монети, усе ж реалізація складніших моделей більш доцільна саме з використанням комп'ютерів і відповідного програмного забезпечення. Із визначення можемо побачити, що агентна модель містить три компоненти – агент, середовище й правила. Розпочнемо з першого компонента моделі – агента. Найбільш доцільно схарактеризувати його через сукупність рис, якими він має володіти. Так, наприклад, Дж. Епштейн називає такі риси, притаманні агентам:

1. Гетерогенність. Ця риса вказує на те, агенти можуть відрізнятися один від одного за однією чи декількома ознаками (наприклад за статтю, віком, рівнем доходу тощо).

2. Агенти діють у певному просторі. Цим простором може бути n -вимірна решітка або ж динамічна соціальна мережа (Epstein, 1999).

3. Наявність локальних інтеракцій. Це означає, що агенти схильні взаємодіяти одне з одним (більшою мірою – зі своїми сусідами) (Epstein, 1999).

4. Автономність. Хоча агенти й схильні взаємодіяти один з одним та дії одних агентів можуть впливати на дії інших, усе ж вони мають своєрідну «свободу вибору». Це означає, що рішення агенти приймають самостійно й незалежно один від одного.

5. Обмежена раціональність. Ця риса вказує на те, що агенти не знають усієї інформації про агентів і середовище, у якому перебувають, а отже, приймають рішення на основі власних обмежених знань.

М. Мейсі та Р. Уїллер зазначають чотири характеристики, якими мають володіти агенти (цей набір характеристик перекликається із тими, що зазначені Епштейном):

1. Автономність. Як уже сказано вище, ця риса вказує на прийняття агентами рішень незалежно один від одного.

2. Взаємозалежність. Як уже зазначено, агентно-орієнтоване моделювання розглядає агентів як таких, котрі взаємодіють один з одним, а отже, дії одних агентів можуть впливати на дії інших.

3. Агенти дотримуються простих правил. Складність соціальних явищ і процесів на макрорівні ще не означає когнітивної складності індивідів (Macy&Willer, 2002, p. 146). Нерідко для того, щоб згенерувати макроструктури, достатньо задати для агентів дуже прості правила дій та взаємодій (Macy&Willer, 2002, p. 146).

4. Агенти здатні адаптуватися й спиратися на минулий досвід. Це означає, що, з одного боку, агентне моделювання не розглядає індивідів як суто ірраціональних (адже вони здатні навчатися та використовувати набуті знання), а з іншого – агенти не є повністю раціональними й не прораховують усі свої дії (адже вони можуть імітувати поведінку інших агентів, якщо є така необхідність).

Тож, як можемо побачити, агенти взаємодіють з іншими агентами та можуть зазнавати впливу від них, але все ж уміють самостійно приймати рішення; володіють обмеженими знаннями, проте демонструють здатність до інтелектуальної діяльності. Слід також додати, що агентами можуть бути як окремі індивіди, так і соціальні групи або спільноти, соціальні інститути, країни тощо.

Перейдемо до розгляду наступного компонента агентної моделі – середовища. Ним є місце, де діють та взаємодіють агенти (як уже сказано вище, середовищем може виступати n -вимірна решітка чи динамічна соціальна мережа). Роль середовища може бути суто формальною, тобто просто інформувати про місцезнаходження агента, його близькість/віддаленість від інших агентів (Грушецький, 2014, с. 22–23). А в деяких випадках агенти певним чином взаємодіють із середовищем, впливаючи на нього та/або зазнаючи впливу від нього.

Якщо казати про правила – третій компонент агентних моделей – вони якраз і визначають дії й взаємодії агентів один з одним та із середовищем. Правила можуть бути як локальними, так і глобальними. Локальні правила стосуються частини агентів або їх дій/взаємодій у конкретних ситуаціях. А глобальні стосуються всіх без винятку агентів і не залежать від ситуації.

Коротко схарактеризувавши структуру агентних моделей, маємо сенс перейти до визначення специфіки використання агентно-орієнтованого моделювання в соціології. Досить детально це описано в роботі Е. Бруха та Р. Атвелла «Агентні моделі в емпіричних соціальних дослідженнях». А в цій статті лише тезово окреслено основні моменти, на які варто звернути увагу під час планування дослідження з використанням методу агентного моделювання. Одним із ключових запитань, на яке має відповісти

соціолог у випадку застосування агентного моделювання, є запитання про рівень бажаного емпіричного реалізму моделі (тобто якою мірою модель є базованою на емпіричних даних і відповідає емпіричній реальності). Агентні моделі можуть бути абстрактними, «де агенти визначаються одним атрибутом, мають прості детерміновані правила взаємодії та існують у високостилізованому середовищі» (Bruch&Atwell, 2013). Прикладом абстрактної моделі може виступати модель сегрегації Шеллінга, наведена вище. Вона надає уявлення про вплив бажання індивіда співіснувати з представниками своєї соціальної групи на сегрегацію. А є так звані моделі реалізму високої розмірності, які прив'язані до якомога більшої кількості емпіричних даних і нерідко є досить складними. Прикладом може виступати дослідження MIDAS (Models of Infectious Disease Agent Study). Дослідники мали на меті розробити модель, яка була б максимально наближеною до реальності. Ця модель потім використовувалася для прогнозування спалахів епідемій інфекційних хвороб і вивчення різноманітних сценаріїв реагування на них (Bruch&Atwell, 2013). Хоча моделі реалізму високої розмірності дають змогу максимально точно відтворити соціальну реальність, усе ж їх розробка та валідація – досить клопітка праця.

Між цими двома полюсами (абстрактні моделі й моделі реалізму високої розмірності) розміщені такі агентні моделі, «які включають один чи більше вимірів реалізму, але зберігають інші аспекти абстрактної моделі» (Bruch&Atwell, 2013). Це моделі реалізму низької розмірності. Так, Хйодстром та Оберг присвоюють агентам характеристики шведської молоді столичного району Стокгольму й аналізують вплив соціальних зв'язків на рівень безробіття (Bruch&Atwell, 2013). Тобто ці дослідники використовують у своїй моделі емпіричні дані, але разом із тим вона містить риси абстрактної моделі.

Здавалося б, навіщо потрібні абстрактні агентні моделі та моделі реалізму низької розмірності. Адже вони не мають на меті максимально точно описати емпіричну реальність. Моделі реалізму високої розмірності видаються кращими, адже вони «наближають» дослідника до соціальної реальності. Але так здається лише на перший погляд. Е. Брух і Р. Атвелл вважають, що далеко не завжди моделі реалізму високої розмірності можуть виявитися корисними для соціолога. І наводять декілька підтверджень цієї думки:

1. Зібрані емпіричні дані досить рідко бувають повними. Як би соціологи не старалися, вони не зможуть отримати всієї інформації про агентів, середовище їх перебування, особливості взаємодії між ними. Тож варто дуже добре продумати, які саме дані потрібно зібрати. Не виключаються ситуації, коли дані, необхідні дослідникові, просто не вдається зібрати або до них не буде доступу.

2. Агентне моделювання якраз і призначене для того, щоб «зробити припущення про важливість механізмів, для яких немає даних (й оцінити потенційну цінність збору цих даних)» (Bruch&Atwell, 2013).

3. Інколи збір якомога більшої кількості емпіричної інформації про характеристики агентів, особливості їх взаємодії, правила їх дій, середовище може призвести до надмірного ускладнення моделі. Та далеко не завжди соціологу потрібні складні моделі для пояснення сутності соціальних явищ і процесів.

Тож у погоні за якомога більшою відповідністю моделі емпіричній реальності можна упустити мету, заради якої проводилося дослідження. Однак це не означає, що моделі реалізму високої розмірності взагалі непотрібні. Ступінь бажаного емпіричного реалізму моделі залежить від мети та завдань дослідження. Якщо потрібне теоретичне пояснення соціального явища або процесу, найбільш доцільним буде застосування абстрактних моделей або моделей реалізму низької розмірності. А якщо завдання дослідника – прогноз певного соціального явища або процесу, у такому разі є сенс використовувати моделі реалізму високої розмірності.

Висновки. Агентно-орієнтоване моделювання – це відносно новий інструмент, що використовується для вивчення соціальної реальності. Своїй появі воно зобов'язане теоретико-ігровому підходу й теорії клітинних автоматів. Серед особливостей агентно-орієнтованого моделювання можемо виокремити такі. По-перше, воно передбачає, що явища й процеси макrorівня не можна звести до простої суми характеристик індивідів на мікрорівні. Зв'язок між мікро- та макrorівнем, цілком може бути неочевидним (тобто інколи дії та взаємодії агентів на мікрорівні призводять до появи досить неочікуваних явищ і процесів на макrorівні). По-друге, агентне моделювання дає змогу провести своєрідний експеримент (а саме – комп'ютерний експеримент): створити агентів із тими чи іншими характеристиками, помістити їх у певні умови й задати правила їхніх дій та взаємодії одне з одним і

середовищем. Результатом стане явище макрорівня. Такий експеримент необов'язково має ґрунтуватися на суто емпіричних даних; до моделі можуть уключатися також і симуляційні дані. По-третє, агентно-орієнтоване моделювання може бути спрямоване як на теоретичне пояснення сутності соціальних явищ і процесів, так і на їх прогноз. Це вже залежить від мети та завдань конкретного дослідження.

Джерела та література

1. Гофман, А. Б. (2005). Существует ли общество? От психологического редукционизма к эпифеноменализму в интерпретации социальной реальности. *Социологические исследования*, 1, 18–25.
2. Грушецький, А. М. (2014). Агентне моделювання: основні ідеї та перспективи. *Наукові записки НаУКМА. Соціологічні науки*, 161, 21–27.
3. Зайцев, И. Д. (2014). Вероятностная оценка результатов агентного моделирования на примере модели сегрегации Шеллинга. *Проблемы управления*, 2, 39–43.
4. Муздыбаев, К. (2007). Социальные дилеммы и способы их решения. *Журнал социологии и социальной антропологии*, X(2), 99–122.
5. Примостка, А. О. (2017). Концептуальні засади агентно-орієнтованого моделювання. *Науковий вісник Ужгородського національного університету*, 11, 124–129.
6. Фетисов, В. Я. (1999). В поисках идентичности. *Журнал социологии и социальной антропологии*, 2(2), 167–181.
7. Macy, M., Willer, R. (2002). From Factors to Actors: Computational Sociology and Agent-Based Modeling. *Annual Review of Sociology*, 28, 143–166. <https://doi.org/10.1146/annurev.soc.28.110601.141117>
8. Bruch, E., Atwell, J. (2013). *Agent-Based Models in Empirical Social Research*. Отримано 15.05.2019 з <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4430112/#R92>
9. Epstein, J. (1999). *Agent-Based Computational Models And Generative Social Science*. Отримано 15.05.2019 з <http://vermontcomplexsystems.org/share/papershreeder/epstein-complexity-1999.pdf>

References

1. Hoffman, A. (2005). Is there a society? From psychological reductionism to epiphenomenalism in the interpretation of social reality. *Sociological studies*, 1, 18–25.
2. Grushetskyi, A. (2014) Agent-based modeling: basic ideas and perspectives. *Scientific notes of NaUKMA. Sociological sciences*, 161, 21–27.
3. Zaitsev, I. (2014). Probabilistic assessment of agent-based modeling results using the Schelling segregation model. *Management problems*, 2, 39–43.
4. Muzdybaev, K. (2007). Social dilemmas and ways of their solutions. *Journal of Sociology and Social Anthropology*, X(2), 99–122.
5. Prymostka, A. (2017). Conceptual framework of agent-based modeling. *Scientific Bulletin of Uzhhorod University*, 11, 124–129.
6. Fetisov, V. (1999). In search of identity. *Journal of Sociology and Social Anthropology*, 2(2). 167–181.
7. Macy, M., Willer, R. (2002). From Factors to Actors: Computational Sociology and Agent-Based Modeling. *Annual Review of Sociology*, 28, 143–166. <https://doi.org/10.1146/annurev.soc.28.110601.141117>
8. Bruch, E., Atwell, J. (2013). *Agent-Based Models in Empirical Social Research*. Retrieved May 15, 2019 from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4430112/#R92>
9. Epstein, J. (1999). *Agent-Based Computational Models And Generative Social Science*. Retrieved May 15, 2019 from <http://vermontcomplexsystems.org/share/papershreeder/epstein-complexity-1999.pdf>