



## مدلسازی عامل محور

احمدرضا اصغرپور ماسوله (استادیار جامعه‌شناسی دانشگاه فردوسی)<sup>۱</sup>  
سیده سمانه امیری (دانشجوی کارشناسی ارشد جامعه‌شناسی دانشگاه فردوسی)<sup>۲</sup>

### چکیده

مدلسازی عامل محور (ABM) یک روش تحلیلی جدید در علوم اجتماعی محسوب می‌گردد که به سرعت توسعه یافته است. در سال‌های اخیر، مدلسازی عامل محور به‌عنوان یک رهیافت روش‌شناسی، نویددهنده‌ای برای تحقیقات علوم اجتماعی در نظر گرفته شده است. مدلسازی عامل یعنی روشی محاسباتی که محقق را قادر می‌سازد با استفاده از مدل‌های محتوی عامل‌های متعامل درون یک محیط، اقدام به خلق، تحلیل و آزمایش کند. مدل‌های عامل محور این امکان را برای محققان فراهم می‌کنند که ایده‌های خود را تبدیل به مدل کنند و آزمایش‌ها و تحلیل‌هایی بر روی عامل‌هایی که در محیط باهم تعامل می‌کنند انجام دهد.

کلیدواژه: روش‌شناسی، جامعه‌شناسی عامل محور محاسباتی، مدلسازی عامل محور

<sup>۱</sup> [Asgarpour@um.ac.ir](mailto:Asgarpour@um.ac.ir).

<sup>۲</sup> [Saman.amiri680@yahoo.com](mailto:Saman.amiri680@yahoo.com). [www.socioconf.com](http://www.socioconf.com)



### مقدمه

استراتژی‌های پژوهشی، روش‌های متفاوتی برای پاسخگویی به پرسش‌های پژوهش به دست می‌دهند. در علوم اجتماعی چهار استراتژی پژوهشی اصلی وجود دارد که یکی از آن‌ها استراتژی پس‌کاوی است. در استراتژی پس‌کاوی، مدل‌ها نقش حیاتی ایفا می‌کنند. از مدل‌ها، برای توصیف‌های انتزاعی از توالی‌های منظم یا وقایع تحت مطالعه استفاده می‌شود و سپس برای بساختن تصاویری از مکانیسم‌ها. فرآیند بساختن مدلی از ساختار یا مکانیسم ممکن، می‌تواند بسیار دشوار و مستلزم دانش گسترده و بهره‌گیری از تخیل و خلاقیت باشد. فرآیند اثبات وجود یک مکانیسم یا ساختار از جهت دیگری نیز دشوار است، زیرا مستلزم هوشمندی و مهارت است. پیوند میان یک مدل فرضیه‌ای و فرآیند اثبات وجود آن، بیشتر به استدلال بر مبنای شواهد مربوط است تا پرداختن به آزمون آماری فرضیه‌ها. (بلیکی، ۱۳۹۰).

عموما پدیده‌های طبیعی و اجتماعی که با آن‌ها سروکار داریم چندان ساده نیستند. بسیاری از سیستم‌ها از عناصری تشکیل شده‌اند که بسیار ناهمگون‌اند و خودمختاری دارند. تعداد این عناصر و گوناگونی ویژگی‌ها و رفتارهای آن‌ها آن قدر زیاد است که نمی‌توان فرآیندها را با استفاده از معادلات شبیه‌سازی نمود. اگر هم چنین کاری امکان‌پذیر باشد بسیار دشوار خواهد بود. ساده‌تر آن است که معادلات و فرآیندها را کنار بگذاریم و به جای آن‌ها عناصر را یک به یک یا گروهی تعریف کنیم. سپس روشن کنیم که این‌ها چگونه با هم در تعامل هستند و چگونه در طول زمان تغییر می‌کند. با این تعریف‌ها سیستم را اجرا می‌کنیم تا ببینیم چه رخ خواهد داد. (اپستین، ۲۰۰۶).

مدل‌های عامل محور این امکان را فراهم می‌کنند که بدون گیر افتادن در پیچیدگی‌های ریاضی، محققان ایده‌های خود را تبدیل به مدل کنند و آزمایش‌ها و تحلیل‌هایی بر روی عامل‌هایی که در محیط با هم می‌کنند انجام دهد (گیلبرت، ۲۰۰۸).

جامعه‌شناسی محاسباتی به معنی استفاده از روش‌های محاسباتی برای مدل کردن پدیده‌های اجتماعی است. استفاده از شبیه‌سازی به‌مثابه روشی برای کندوکاو درباره پدیده‌های اجتماعی در سال‌های اخیر و به‌واسطه پیشرفت رایانه‌های نیرومند کوچک و علوم رایانه و فناوری اطلاعات، رایج شده است. شبیه‌سازی رایانه‌ای فرآیندی است که طی آن بازنمود انتزاعی ساده‌شده‌ای از بخشی از جهان اجتماعی طراحی می‌شود تا به بیشترین حد ممکن با داده‌ها تطبیق کند (اسکاتزونی، ۱۳۹۲).

[www.socioconf.com](http://www.socioconf.com)



مدل‌سازی عامل محور (ABM)، دسته‌ای از مدل‌های محاسباتی است که برای شبیه‌سازی کنش‌ها و تعاملات عامل‌های مختار (شامل افراد و نهادهای جمعی همچون سازمان‌ها یا گروه‌ها) و سنجش تأثیرات آن‌ها بر سیستم به‌عنوان یک کل کاربرد دارد. این روش، عناصری از نظریه بازی، سیستم‌های پیچیده، پیدایش، جامعه‌شناسی محاسباتی، سیستم‌های عامل چندگانه و برنامه‌نویسی تکاملی را با یکدیگر ترکیب می‌نماید (والکر و استیون، ۲۰۰۵). مروری بر ادبیات گذشته درباره مدل‌های عامل محور و سیستم‌های عامل پیچیده نشان می‌دهد که ABM ها در حوزه‌های علمی غیر محاسباتی شامل زیست‌شناسی، بوم‌شناسی و علوم اجتماعی نیز استفاده می‌شوند (موآز و آمیر، ۲۰۱۱).

مدل‌سازی عامل محور نیز یک روش تحلیلی جدید در علوم اجتماعی محسوب می‌شود که از استراتژی پس‌کاوی استفاده می‌کند. مدل‌سازی عامل محور روشی محاسباتی است که محقق را قادر می‌سازد تا با استفاده از مدل‌های محتوی عامل‌های متعامل درون یک محیط، اقدام به خلق، تحلیل و آزمایش کند (گیلبرت، ۲۰۰۸).

### تاریخچه

رهیافت مدل‌سازی عامل محور شاید بیش‌تر از حد انتظار در جامعه‌شناسی قدمت داشته باشد. این رهیافت با جامعه‌شناسی ریاضیاتی سنتی اتفاق نظر دارد که مدل‌های صوری می‌توانند جامعه‌شناسی را علمی‌تر کنند (کلمن ۱۹۶۴ به نقل از اسکاتزونی، ۱۳۹۲). ایده مدل‌سازی عامل محور به‌عنوان یک مفهوم نسبتاً ساده در اواخر دهه ۱۹۴۰ توسعه یافت. از آنجایی که این روش به شیوه‌های محاسباتی فشرده نیاز داشت، تا دهه ۱۹۹۰ گسترش زیادی پیدا نکرد (اکسلراد، ۱۹۹۷).

همان‌طور که گفته شد، روش‌شناسی تکنیکی مدل‌های محاسباتی عاملان متقابل چندگانه، ابتدا در طی دهه‌ی ۱۹۴۰ توسعه یافت، زمانی که جان ون‌نومان کار بر ماشین‌های خودکار سلولی را آغاز کرد. یک ماشین خودکار، مجموعه‌ای از سلول‌هاست که هر سلول می‌تواند در یکی از حالات از پیش تعریف شده چندگانه، از قبیل جنگل یا کشتزار قرار گیرد. تغییرات در یک حالت از یک سلول بر اساس حالت‌های قبلی گذشته‌ی خود و گذشته‌ی سلول‌های همسایه اتفاق می‌افتد. (جانسون و استروم، ۲۰۰۶).

یکی از ابتدایی‌ترین مدل‌های عامل محور، مدل جدایی‌گزینی توماس شلینگ بود، که در مقاله خود مدل پویایی جدایی‌گزینی را در سال ۱۹۷۱ مطرح نمود. شلینگ مدلی تهیه کرد برای توضیح جدایی‌گزینی مسکونی در شهرهای آمریکا. در آن زمان یکی از مشکلات رایج در شهرهای آمریکا جدایی‌گزینی سفیدپوستان و سیاه‌پوستان در مناطق مسکونی بود. کار شلینگ در ابتدا بسیار ساده بود، اما ویژگی‌های اصلی مدل‌های عامل محور را در خود دارد. عامل‌هایی که در محیطی قرار گرفته و قاعده‌هایی برای تصمیم‌خود دارند و تصمیم‌های آن‌ها منجر به

[www.socioconf.com](http://www.socioconf.com)

نتایجی می‌شود که چندان قابل پیش‌بینی نبوده است. (اکسلراد، ۱۹۹۷). نتیجه‌ی شکفت‌انگیز مدل او این بود که باینکه هر عامل، همسایه‌های خود را که با او متفاوت بودند تحمل می‌کرد، جمعیت نهایتاً در گروه‌های جداشده قرار می‌گرفتند (جانسون و استروم، ۲۰۰۶).

رابرت اکسلراد (۱۹۸۴) نیز سهم عمده‌ای را با انجام مسابقات تکرار شده‌ی دوراهی زندانی در تولید مدل‌های عامل محور انجام داد. اکسلراد پژوهشگرانی از سراسر دنیا دعوت نمود تا استراتژی‌هایی را که برای انجام بازی‌های دوراهی زندانی است در برابر دیگر استراتژی‌های عرضه‌شده، ارائه دهند. برنده در دو آزمون پی‌درپی قانون ساده‌ی Tit – برای Tat (مقابل‌به‌مثل) بود. بازیگران در یک دوراهی زندانی دوفره که استراتژی مقابل‌به‌مثل را دنبال می‌کردند، با همکاری آغاز نمودند. سپس در دوره‌های بعدی، یک بازیگر، کنش بازیگر دیگر را در دوره‌ی قبلی تکرار می‌کرد. در نتیجه، اگر هر دو بازیگر در هر یک دور به همکاری ادامه دهند، هر دو در دوره‌های بعدی نیز همکاری خواهند کرد تا اینکه یک نفر بازی را ترک کند، یا توسط دیگری مجبور به فرار شود. پس از پایان مسابقه، با استفاده از شبیه‌سازی عامل محور، اکسلراد نشان داد که چرا استراتژی‌های Tit – برای Tat (مقابل‌به‌مثل) می‌تواند به‌عنوان استراتژی غالب برای جمعیت‌های متفاوت مطرح شود (جانسون و استروم، ۲۰۰۶).

در دهه ۱۹۹۰، رونق هوش مصنوعی توزیعی<sup>۳</sup> و اشاعه برنامه‌نویسی شیء‌گرا<sup>۴</sup> که مدل‌سازی عامل محور بر آن‌ها مبتنی است، شروع شد. این‌ها به محققان امکان دادند عامل‌ها را به‌عنوان شیء‌های جداگانه یا متمایز در یک برنامه رایانه‌ای تعریف کنند، طوری که بتوانند متغیرها، پارامترها و رفتارهای ناهمگون را در خود جای دهند. عامل‌ها می‌توانند از طریق روندهای ارتباطی، یا مبادله اطلاعات باهم تعامل کنند. آن‌ها می‌توانند به محیط عکس‌العمل نشان دهند، یاد بگیرند، تطبیق پیدا کنند و قوانین رفتاری خود را تغییر دهند. به همین خاطر مدل‌سازان می‌توانند عامل‌های رایانه‌ای خود را به ویژگی‌های عمومی رفتاری و شناختی عامل‌های انسانی تجهیز کنند، و محیط (همان فضای جغرافیایی، قوانین نهادی، و/یا ساختارهای اجتماعی) را طوری برنامه‌نویسی کنند که با درجات گوناگون، در جزئیات به دنیای واقعی اجتماعی شباهت داشته باشد (اسکاتزونی، ۱۳۹۲).

مدل‌سازی عامل محور به توسعه مدل‌هایی در جامعه‌شناختی کمک می‌کند که واجد عناصری شبیه به تعامل و رفتار در جامعه واقعی هستند. در واقع مدل‌های عامل محور به فهم پیش‌فرض‌های دیدگاه‌های کارکردگرایانه و رهیافت‌های کلان‌تر شبیه‌سازی (مانند پویایی سیستم) کمک می‌کند. پیش‌فرض‌هایی مانند این که الگوهای

<sup>۲</sup>. distributed artificial intelligence  
<sup>۳</sup>. object-oriented programming



اجتماعی ساختاری و رفتار کلان از سطح تعامل اجتماعی شکل می‌گیرند. این مدل‌ها به فهم شرایط ظهور الگوهای اجتماعی خاص کمک می‌کنند (اسکاتزونی، ۱۳۹۲)

### مدل‌سازی عامل محور

مدل‌ها، کنش‌ها و تعاملات عامل‌های پیچیده را برای بازتولید و پیش‌بینی پدیده‌های پیچیده، شبیه‌سازی می‌کنند. این تلاش، مرحله‌ای از مراحل مختلف پیدایش، از سطوح خرد سیستم‌ها به سطوح کلان است. یک اصل کلیدی در مدل‌سازی این است که، قوانین رفتاری ساده، رفتار پیچیده‌ای را تولید می‌کند. اصل اساسی دیگر این است که کل همیشه بزرگ‌تر از مجموع اجزا است.

اغلب مدل‌های عامل محور از عناصری تشکیل شده‌اند: (۱) عامل‌های بی‌شماری که در مقیاس‌های متنوع تعیین شده‌اند؛ (۲) ابتکارات و خلاقیت در امر تصمیم‌گیری؛ (۳) قوانین یادگیری یا فرآیندهای انطباق؛ (۴) وضعیت جغرافیایی (مکان‌شناسی) مشخص برای تعامل عامل‌ها؛ (۵) یک محیط غیر وابسته به عامل‌ها (اکسلراد، ۱۹۹۷).

### محرك‌های مدل‌سازی عامل محور

ممکن است برخی سؤال کنند که به رویکردهایی همچون مدل‌سازی عامل محور چه نیازی داریم؟ آیا مدل‌های معادله محور کافی نیستند؟ عده دیگری نیز ممکن است معتقد باشند که مدل‌سازی عامل محور رویکرد جدیدی نیست. برای برخی از مسائل، مدل‌های معادله محور ابزارهای بسیار خوبی برای مطالعه موضوع مربوطه هستند. هرچند، برای موضوعی مانند تعاملات استراتژیک، نیاز به تفاوت قائل شدن میان عامل‌های چندگانه وجود دارد. نظریه بازی سنتی در نشان دادن تعاملات به وسیله تعداد کمی از بازیگران و استفاده از مدل‌های معادله محور بسیار موفق بوده است. متأسفانه، نظریه بازی سنتی بیشتر محدودکننده بوده است؛ به بیان دیگر در این رویکرد، عامل‌ها به داشتن توانایی‌های شناختی نیاز دارند، قوانین بازی ثابت هستند، و ساختار تعاملات بر اساس شبکه‌ای انعطاف‌ناپذیر یا کاملاً تصادفی قرار دارد. اما بر اساس مطالعات تجربی آشکار است که افراد دارای عقلانیت محدود هستند، قوانین بازی تغییر می‌یابد، و تعاملات اجتماعی ساختارهای پیچیده‌ای دارند. قابل ذکر است که مدل‌سازی عامل محور از اوایل دهه ۱۹۸۰ به‌طور وسیعی در بازی‌ها به کار می‌رود.

درواقع، مدل‌های واحدهای فردی از قبیل مکانیسم‌های آماری و شبیه‌سازی‌های خرد مدتی پیش توسعه یافته بود. اما این روش‌ها این‌طور فرض می‌کنند که هیچ‌گونه تعامل یا تعامل تصادفی میان عامل‌ها وجود ندارد. یک رکن اساسی در مدل‌سازی عامل محور، امکان وجود ساختارهای پیچیده تعاملات اجتماعی است. در برخی سیستم‌ها، ویژگی‌های بزرگ مقیاس به ساختار تعاملات میان عامل‌ها و شبکه‌های اجتماعی حساس هستند. در مدل‌های معادله محور خیلی اوقات این‌طور فرض می‌شود که عامل‌ها به‌طور ضمنی به‌خوبی با یکدیگر ترکیب شده‌اند، این رویکردها فرصت بررسی حساسیت ساختار تعاملات را از دست می‌دهند.

[www.socioconf.com](http://www.socioconf.com)



هر رویکرد مورد استفاده برای دستیابی به اطلاعات برای آزمون نظریه‌های علوم اجتماعی، مزیت‌ها و ضررهایی دارد. برخی روش‌ها برای آزمون فرضیه‌های دقیق بر اساس استدلال و تصمیم‌گیری (آزمون‌های آزمایشگاهی انفرادی) مفید هستند. بعضی از روش‌ها، اطلاعات جزئی درباره‌ی زمینه‌ی یک جریان به‌خصوص فراهم می‌کند (مطالعات موردی). برخی روش‌ها نیز، به‌طور کلی اطلاعات زیادی از محرک‌های شخصی نتیجه می‌گیرند (تحقیق پیمایش). روش‌های دیگر داده‌ها را از افراد بسیاری به دست می‌آورند، اما هر نقطه‌ای از داده‌ها مقدار محدودی از اطلاعات درباره‌ی فرآیندهای شناختی اساسی را تولید می‌کنند (داده‌های سرشماری و داده‌های بازار مالی گسترده). روش‌ها در قابلیت اندازه‌گیری فرآیندهای پویا مانند یادگیری و تکامل فرهنگی نیز تفاوت دارند (جانسون و استروم، ۲۰۰۶).

به‌واسطه مدل‌سازی عامل محور، محقق می‌تواند به‌روشنی فرآیندهای تصمیم‌گیری شبیه‌سازی شده‌ی عامل‌ها را در سطح خرد توصیف کند. ساختارهای سطح کلان، نتیجه‌ای از کنش‌های عامل‌ها و تعاملات آن‌ها با عامل‌های دیگر هستند. رشد چنین مدل‌هایی به استفاده از اطلاعاتی نیاز دارد در خصوص اینکه چگونه عامل‌ها تصمیم‌گیری می‌کنند، چگونه آن‌ها نتایج آینده را پیش‌بینی می‌کنند، و همچنین چگونه آن‌ها گذشته را به یاد می‌آورند، عامل‌ها چه چیزی را باور دارند یا از چه چیزی چشم‌پوشی می‌کنند؟ چگونه آن‌ها اطلاعات را مبادله می‌کنند؟ و آیا ساختار تعاملات عامل (مبادله، خویشاوندی، سازمان) بر پدیده‌های مقیاس سطح کلان تأثیر می‌گذارد؟ (جانسون و استروم، ۲۰۰۶).

### مزیت‌های مدل‌سازی عامل محور

روش مدل‌سازی عامل محور برای علوم مختلف به‌خصوص علوم اجتماعی مزیت‌هایی دارد: (۱) عموماً فهم علمی واقعیت را آسان‌تر می‌کنند. چون به‌جای تحقیق بر واقعیت، می‌توان روی مدل‌ها تحقیق نمود (هارتمان و فریگ ۲۰۰۶ به نقل از اسکاتزونی، ۱۳۹۲). (۲) مدل‌ها، کارکرد آموزشی دارند، دانشمندان با دست‌کاری در مدل، جنبه‌ها و واقعیت‌هایی را کشف می‌کنند و این‌چنین در مورد واقعیت هدف چیزهایی می‌آموزند. در این موارد خود مدل، موضوع تحقیق می‌شود. (۳) جامعه‌شناسان با استفاده از مدل‌های صوری بحث خود را انضباط می‌دهند و گفتگوی علمی را از حالت اقناع روایتی خارج و تبدیل به نقدی سازنده و معنادار می‌کنند. (۴) مدل‌ها، تمرین‌های اولیه نظریه‌ها هستند و پیوندی جدی با واقعیت تجربی دارند. هنگامی که آزمودنی‌ها، روایت گونه توصیف شده‌اند و نظریه‌ها انتزاعی هستند، آزمون‌پذیری و مقایسه آزمودنی‌ها دشوار است. (۵) مدل‌سازی می‌تواند انباشتی بودن یافته‌های علمی را در سطح بین فردی تضمین کند (مانیکاس، ۲۰۰۶). یکی از اهداف اصلی

www.socioconf.com



جامعه‌شناسی عامل محور محاسباتی تغییر تمرکز جامعه‌شناسی از نظریه‌های کلان پدیده‌های اجتماعی و داده‌های توصیفی به مدل‌های صوری خاص است (بوکانان ۲۰۰۷، به نقل از اسکاتزونی، ۱۳۹۲). در تحلیل پدیده‌های اجتماعی پیچیده، داشتن دقت، وضوح و قدرت تمییز صحیح الزامی است (هدستروم ۲۰۰۵). (۶) جامعه‌شناسی عامل محور از مرزهای محدود جامعه‌شناسی ریاضیاتی فراتر می‌رود. جامعه‌شناسی ریاضیاتی به‌ناچار ساده‌سازی‌های زیادی انجام دهد تا بررسی‌های ریاضی امکان‌پذیر شوند. به همین خاطر است که جامعه‌شناسی عامل محور می‌تواند مجدداً اعتماد جامعه‌شناسان را، که از محدودیت‌ها و افراط‌های جامعه‌شناسی ریاضیاتی خسته شده‌اند، به دست آورد (اسکاتزونی و بوئرو ۲۰۰۵). (۷) مدل‌سازی، بینش جامعه‌شناختی ما را در نگاه به واقعیت تمرین می‌دهد. مدل، صرفاً بازتاب و بازتولید واقعیت نیست. بلکه از ما می‌خواهد عناصر انتزاعی و اصلی واقعیت را بشناسیم. (۸) جامعه‌شناسان را آموزش می‌دهد از طریق تعمیم، تبیین کنند. تعمیم یعنی مشاهده ویژگی‌های مشترک در موقعیت‌های تجربی متفاوت. تعمیم برای پیشرفت هر رشته علمی الزامی است. (۹) امکان بررسی تجربی اعتبار تحلیل‌های جامعه‌شناختی را فراهم می‌کند. آزمون تجربی فرض‌ها و یافته‌ها با استفاده از مدل‌ها آسان‌تر است. اما انجام این کار با قضیه‌هایی که به شکل ناقص ساخت یافته‌اند و صوری نشده‌اند، دشوار است. وقتی مدل راهنمای ماست، جمع‌آوری داده‌های جالب و مناسب هم آسان‌تر است. (۱۰) مدل این امکان را می‌دهد زمانی که به هر دلیلی نمی‌توانیم داده‌های واقعی جمع‌آوری کنیم (به‌عنوان مثال ممنوعیت‌های اخلاقی، محدودیت در زمان و منابع) با داده‌های مصنوعی کار کنیم. این مورد مزیت اختصاصی مدل‌سازی عامل محور است. (۱۱) مدل‌ها می‌توانند محل همکاری گروه‌های کاری از رشته‌های علمی مختلف باشند و به همین خاطر برای همکاری‌های بین‌رشته‌ای مفید هستند. (اسکاتزونی، ۱۳۹۲).

### ایده‌های اصلی جامعه‌شناسی عامل محور محاسباتی

جامعه‌شناسی عامل محور محاسباتی حول شش ایده ذیل می‌گردد: (آ) اولویت مدل‌ها بر نظریه‌های بزرگ و دیدگاه‌های توصیفی؛ (ب) اتخاذ رهیافت مؤلف در تبیین؛ (پ) رهیافت عمل‌گرایانه به پیوند میان خرد و کلان؛ (ت) جستجوی فضایی غیرانحصاری در میانه استقرا و قیاس، و داده‌ها و نظریه؛ (ح) تمرکز بر پویایی، فرآیند و تغییر؛ (خ) تمایل به پژوهش میان‌رشته‌ای و موضوع محور (اسکاتزونی ۲۰۱۰).

### • اولویت مدل

مدل تصویری است ساده‌شده، در مقیاس کوچک‌تر، با جزئیات کم‌تر، با پیچیدگی کم‌تر از هدفی تجربی. ممکن است این هدف تجربی یک ساختار، سیستم یا پدیده‌ای اجتماعی باشد (گیلبرت و ترویج ۲۰۰۵).

[www.socioconf.com](http://www.socioconf.com)



### • رهیافت مولد

مدل‌های عامل‌محور ابزاری برای فهم مکانیسم‌های اجتماعی هستند. ایده اساسی این است که رفتار کلان سیستم‌های اجتماعی را با رهیافت پایین به بالا، و نه با مجموعه‌ای از متغیرها و روابطی از قبل تعریف‌شده، بهتر می‌توان درک کرد. ویژگی مدل‌سازی عامل‌محور در این نکته نهفته است که الگوهای اجتماعی را از طریق رایانه بررسی می‌کند (کاستلانی و هافرتی ۲۰۰۹، به نقل از اسکاتزونی، ۱۳۹۲).

نکته این است که مدل‌سازی عامل‌محور با بررسی نتایج کلان حاصل از تعامل‌های عامل‌ها، می‌تواند چنین تبیینی را در مقیاسی بزرگ محقق کند و مزیت‌هایی بزرگ به همراه آورد. بینش جامعه‌شناسی، بدون ارجاع به مدل‌های ملموس، اغلب فعالیتی ضعیف است و در بهترین حالت تنها برای نواغ امکان‌پذیر است. اما با استفاده از مدل‌هایی که امکان جدل سازمان‌یافته و مولد در یافته‌ها را فراهم می‌کنند، بینش جامعه‌شناختی را بهتر می‌توان به کار گرفت. ضمن این که این مدل‌ها قابل تکرار و ابطال نیز هستند. بدون داده، و با تحلیل‌های توصیفی و فرموله نشده، دستیابی به چنین ویژگی‌هایی در بررسی رفتار اجتماعی بسیار دشوار است (اسکاتزونی، ۱۳۹۲).

### • خرد و کلان

بحث درباره پایه‌های خرد سیستم‌های اجتماعی در مقابل ویژگی‌های کلان آن‌ها، در جامعه‌شناسی ریشه‌دار است (سایر ۲۰۰۵). یکی از مهم‌ترین ایده‌های جامعه‌شناسی عامل‌محور محاسباتی، توانایی مدل‌سازی عامل‌محور در تقویت چارچوب‌های انسجامی و پیوند میان خرد و کلان و رفع مناقشه خرد و کلان است. این کار امکان‌پذیر است، چون مدل‌سازی عامل‌محور می‌تواند این بحث را از سطح مبنایی و فلسفی به سطحی عمل‌گرایانه‌تر منتقل کند. محدودیت‌ها و توانایی‌های که صورتی‌سازی در مدل‌سازی عامل‌محور با خود دارد می‌گوید سطوح خرد و کلان بیش از آن که محصولاتی نظری باشند، باید به مفاهیمی روشن و مبتنی بر مدل برگردانده شوند. تأثیراتی که فرآیندهای اجتماعی خرد بر الگوهای کلان بزرگ مقیاس می‌گذارند را می‌توان مورد بررسی قرار داد و جزئیات آن‌ها را شناخت. همین موضوع در مورد تأثیرات خرد الگوهای کلان هم صدق می‌کند (اسکاتزونی، ۱۳۹۲).

### • فرایند و تغییر

یکی معضلات سنتی در جامعه‌شناسی، داشتن روش و ابزارهای مناسب برای فهم طبیعت متکامل ساختار و نهاد‌های اجتماعی است. مدل‌های عامل‌محور ابزاری برای قرار دادن فرآیند، تغییر و پویایی‌های طولانی‌مدت در مرکز جامعه‌شناسی هستند. این مدل‌ها به خاطر توانایی‌شان در بازتولید، سنتز و قابل مشاهده کردن پویایی‌های زمانی-مکانی از طریق رایانه، به جامعه‌شناسان امکان می‌دهند با فرآیندهایی که از تعامل عامل‌ها و تغییر زمانی

[www.socioconf.com](http://www.socioconf.com)



نشأت گرفته، درباره الگوهای اجتماعی بیندیشند. الگوهای اجتماعی، پیامد ساختارهای صلب و یا متغیرهای خطی نیستند، بلکه نتیجه فرآیندهای غیرخطی تعامل اند (اسکاتزونی، ۱۳۹۲).

#### • نادیده نگرفتن سطح میانه

یکی مشکلات مهم جامعه‌شناسی این است که نظریه و کارهای تجربی به ندرت تقویت کننده یکدیگر و حتی قابل فهم از سوی طرفین هستند. رابرت ک مرتون یکی از اولین کسانی بود که بر خطر شکاف افراطی میان نظریه و تجربه در توسعه جامعه‌شناسی تأکید کرد (مرتون، ۱۹۶۸). مدل‌سازی عامل محور به طور بالقوه می‌تواند پیامدهای نوآورانه‌ای برای حل این مشکل داشته باشد، چراکه قادر است شواهد تجربی و نظری را باهم آشتی دهد (اسکاتزونی و بوئرو ۲۰۰۵).

این امتیاز، اهمیت زیادی دارد. چون عموماً از جامعه‌شناسان انتقاد می‌شود که بدون داشتن شانس جمع‌آوری داده‌های تجربی، به بررسی واقعیت می‌پردازند. از سوی دیگر با جمع‌آوری داده‌های «واقعی»، اعتباریابی یافته‌ها در مقابل داده‌های تجربی (اگر وجود داشته باشند) بهبود می‌یابد و فرآیند جمع‌آوری داده‌های تجربی به شکلی موکدتر انجام می‌شود. به علاوه، در فرآیند تجربی اعتباردهی، استخراج دیدگاه‌های نظری از داده‌های تجربی امکان‌پذیر می‌شود (اسکاتزونی، ۱۳۹۲).

#### • فرارشته‌ای بودن

مدل‌های عامل محور احتمال تغییر در مرزهای میان علوم و امکان‌پذیری تحقیقات فرارشته‌ای را افزایش داده است (مثلاً کوهلر ۲۰۰۰). دلیلش این است که این مدل‌ها می‌توانند نکته تمرکز بسیاری از متخصصان باشند و رهیافت‌های منسجم‌کننده را طوری بهبود دهند که دیدگاه‌های مهم همگی در یک مدل گرد هم آیند (اپستین ۲۰۰۸).

#### اهداف مدل‌سازی عامل محور

[پیش‌بینی]، تبیین، راهنمایی در جمع‌آوری داده، تشخیص پویایی‌های اصلی، یافتن مشابهت‌ها در پویایی، کشف سؤالات جدید، ارتقای یک اندیشه علمی، محدود کردن نتایج به دامنه‌ای منطقی، تشخیص زمینه‌های اصلی عدم اطمینان، ارائه گزینه‌های بحرانی در زمان تقریباً واقعی، تشخیص موازنه‌ها/پیشنهاد کارایی‌ها، به چالش گرفتن نظریه‌های موجود با اعمال تغییرات کوچکی در آن‌ها، ارائه ایده بر اساس داده‌های موجود، تربیت مجریان برنامه‌های اجتماعی، انضباط بخشیدن به گفتگوی‌های سیاستی، آموزش عمومی، نشان دادن این که آنچه ساده (پیچیده) است می‌تواند پیچیده (ساده) باشد (اپستین ۲۰۰۸).

[www.socioconf.com](http://www.socioconf.com)



## روش‌شناسی و روش

روش‌شناسی برای تقویت منطقی تحقیق در زمینه‌های نظریه‌سازی، دست‌یابی به نتایج قابل آزمون و بهبود انباشتگی علمی اهمیت دارد. روش‌شناسی، چارچوبی برساختی است شامل اصول، قوانین، و فعالیت‌هایی که مقبولیت اجتماعی یافته‌اند و معرف چگونگی انجام (و در نتیجه تدریس) پژوهش هستند. روش‌شناسی مانند هر حوزه علمی دیگری در جامعه‌شناسی عامل محور محاسباتی هم کاربرد دارد. (اسکاتزونی، ۱۳۹۲).

از سال ۲۰۰۰ به این سو، دانشمندان حوزه مدل‌سازی عامل محور، به‌طور روزافزونی تلاش کرده‌اند تا تحقیق خود را مستحکم‌تر کنند. در این زمان تأکید بر متفاوت بودن مدل‌سازی عامل تغییر یافت به تأکید بر یگانگی و تقویت متقابل در کنار دیگر روش‌های تحقیق مانند روش‌های کمی، کیفی و پژوهش آزمایشی. به نظر من قبول این دیدگاه جدید به معنی کنار گذاشتن ادعای نوآوری نیست. بلکه گامی است ضروری برای کمک به تبیین معضلات تجربی، انجام تحقیق در مرزهای دانش، و نهادینه کردن جامعه‌شناسی عامل محور محاسباتی. همکاری متقابل با روش‌ها ضروری است چون جامعه‌شناسی عامل محور محاسباتی نقطه ارجاعی برای نوآوری فرارشته‌ای است (اسکاتزونی، ۱۳۹۲).

یکی از مهم‌ترین مزایای مدل‌سازی عامل محور، امکان بررسی، بازتولید، ایجاد و بسط مدل‌ها توسط همکاران است. این فعالیت‌ها برای رسیدن ابطال‌پذیری بین ذهنی و انباشتگی در علم الزامی است. تکرارپذیری عبارت است از فرآیند بررسی دقیق و مستقل یک مدل توسط دیگر محققان. تکرارپذیری در مرکز علم تجربی و علم آزمایشگاهی قرار دارد. همان‌طور که اکسلراد (۱۹۹۷) گفته است تکرارپذیری «یکی از ویژگی‌های اساسی علم انباشتی» است. این همان چیزی است که جامعه‌شناسی عامل محور محاسباتی را مشابه علوم آزمایشگاهی می‌کند، گویی دانشمندان حوزه مدل‌سازی عامل محور با استفاده از جوامع مجازی آزمایش انجام می‌دهند (اسکاتزونی، ۱۳۹۲).

دو مفهوم راستی آزمایی و اعتبار‌یابی نیز که در رابطه با تکرارپذیری است در مدل‌های شبیه‌سازی بسیار مهم هستند (سارگنت، ۲۰۰۰). راستی آزمایی، شامل اشکال‌زدایی از مدل است برای اطمینان یافتن از اینکه مدل به‌درستی کار می‌کند. درحالی‌که اعتبار‌یابی تضمین می‌کند که مدل به‌درستی ساخته شده است (ارمرود و روسول، ۲۰۰۹).

شبیه‌سازی‌های کامپیوتری، و خصوصاً مدل‌های عامل محور، باید به‌عنوان یک نوآوری معرفت‌شناختی در نظر گرفته شوند، زیرا آن‌ها یک رهیافت مولد را برای مدل‌سازی و تبیین پدیده‌های اجتماعی رواج می‌دهند، و

[www.socioconf.com](http://www.socioconf.com)

همچنین آن‌ها یک الگوی عامل محور را برای علوم اجتماعی تقویت می‌کنند. یک رهیافت مولد بر پایه مؤلفه‌های زیر می‌باشد:

۱. هدف مدل، پدیده‌ای کلان از یک شی موردعلاقه، یک نظم تجربی آماری مفروض، یا یک واقعیت روشمند است؛
۲. مدل مجموعه‌ای از فرضیات نظری در مورد جمعیتی از عامل‌ها، قوانین، محدودیت‌ها و ساختارهای تعامل را دریافت می‌کند، به طوری که مدل‌سازان معتقد به سیستمی هستند که فرآیندهای علی مولدی که برای مسئولیت پدیده‌ها فرض گرفته شده‌اند را ترسیم می‌کنند؛
۳. شبیه‌سازی مدل به ما اجازه می‌دهد که مجموعه‌ای از داده‌های مصنوعی را تولید کنیم، که به وسیله مجموعه‌ای از شاخص‌ها کنترل می‌شوند، و همچنین برای تنظیم و واری فرضیه‌های اولیه به کار می‌روند؛
۴. سپس این داده‌ها با شواهد و داده‌های تجربی مقایسه می‌شوند، یا برای روشمند کردن واقعیاتی که هدف تبیینی مدل‌سازان هستند.

فرض معرفت‌شناسی این است که اگر ما قادر به تولید یا رشد یک پدیده کلان به وسیله مدل‌های محور، بر اساس مفروضات محتمل تجربی و نظری پایه‌های خرد باشیم، سپس ما می‌توانیم این مفروضات را به طور کافی ملاحظه کنیم، حتی اگر شرایط لازم برای تبیین آن وجود نداشته باشد. بنابراین، مدل شبیه‌سازی به عنوان تدبیری برای یافتن تبیین‌هایی برای پدیده‌های اجتماعی کلان در نظر گرفته شده‌اند. این وضعیت نوعی از استاندارد شبیه‌سازی اجتماعی است (اسکاتزونی، ۲۰۰۶).

### ابعاد مهم روش‌های تحقیق تجربی

چندین رویکرد و تکنیک تجربی که محققان در اجتماع مدل‌سازی عامل محور استفاده می‌کنند، وجود دارد. سه بعد از نظام‌های اجتماعی برای ملاحظه تکنیک‌های تجربی اهمیت دارند: تعداد افراد، فرآیندهای شناختی، و پویایی‌ها (جانسون و استروم، ۲۰۰۶).

#### • تعداد افراد

تعداد افراد، برای بررسی اینکه رفتار یک شخص تنها از نظر کیفی، از رفتار اشخاص چندگانه متفاوت است، ضروری می‌باشد. زمانی که از یک شخص برای مصاحبه یا آزمون شخصی فردی استفاده می‌کنند، محقق برکنش‌های آن شخص به طور مشخص تمرکز کند (جانسون و استروم، ۲۰۰۶).



### • فرآیندهای شناختی

هرچند اکنون، برخی از دانشمندان رفتاری از تصویرسازی ذهنی مغناطیسی تصاویر فعالیت ذهن استفاده می‌کنند، هنوز هم این تکنیک به ما این اجازه را نمی‌دهد که دلایل افراد را مستقیماً مشاهده کنیم (ریلینگ و همکاران، ۲۰۰۲). ما تنها می‌توانیم کنش‌های افراد را مشاهده کنیم. هرچند، با اجرای آزمون‌های طراحی شده دقیق، بتوان مشاهدات را تبیین نمود. آزمون نظریه‌های شناختی ممکن، یک فرآیند زمان‌بر است. بیشتر تکنیک‌های تجربی، اطلاعات دقیقی درباره‌ی فرآیندهای شناختی اساسی تولید نمی‌کنند (جانسون و استروم، ۲۰۰۶).

### • پویایی‌ها

یک مشکل بنیادی در بررسی‌های جامعه‌شناختی، چگونگی نتیجه‌گیری مشاهدات از یک سیستم اجتماعی در طول زمان است. آمارها در طول زمان می‌توانند از داده‌های سرشماری یا آمارهای دیگر در سطح مجموعه‌ی مرتبط بافاصله‌های زمانی بین یک ماه تا ده سال جمع‌آوری شوند (گیسون و همکاران، ۲۰۰۰).

### معرفی نرم‌افزارهای مدل‌سازی عامل محور

مدل‌سازی‌های عامل محور مانند شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای انجام می‌شوند، یعنی هم توسط نرم‌افزارهای رایج و هم توسط نرم‌افزارهای مخصوص مدل‌سازی. این نرم‌افزارها می‌توانند برای بررسی چگونگی تأثیر تغییر در رفتار فرد بر رفتار کلی سیستم استفاده شوند (اکسلراد، ۱۹۹۷).

ساخت مدل‌های عامل محور عموماً با استفاده از زبان‌های برنامه‌نویسی گرا مانند جاوا و سی انجام می‌شود. علاوه بر این‌ها بسته‌های نرم‌افزاری تخصصی هم برای مدل‌سازی عامل محور تهیه شده‌اند که ری پست و نت لوگو مشهورترین و پرکاربردترین آن‌ها هستند. ری پست توسط تیمی در دانشگاه شیکاگو توسعه داده شده است و با زبان‌های بسیاری مانند جاوا، ++C، Microsoft.NET، و پیتون قابل توسعه است.

نت لوگو مشهورترین ابزار مدل‌سازی عامل محور است. این ابزار توسط تیمی در دانشگاه نورت وسترن (شیکاگو، ایالات متحده) توسعه داده شده است. نت لوگو یکی از آسان‌ترین و پرکاربردترین نرم‌افزارهای تخصصی برای شبیه‌سازی عامل محور است. این نرم‌افزار در دانشگاه نورت وسترن از سال ۱۹۹۹ به‌طور مداوم به‌روز می‌شود.

### نتیجه‌گیری

پیشرفت‌های به‌دست آمده در زمینه‌ی رایانه، امکان انجام محاسبات پیچیده و باز تولید مجازی سیستم‌های پیچیده را فراهم نموده است. این پیشرفت‌ها می‌توانند خلأی را که جامعه‌شناسی همواره از آن ضربه خورده است تا حد زیادی جبران نماید. این خلأ ناشی از ناتوانی در تحلیل درونی سیستم‌ها است (دولارف، ۱۹۹۸). جامعه‌شناسی

[www.socioconf.com](http://www.socioconf.com)



همواره یا در مسیر توصیف‌های خرد جزئیات مربوط به تعداد اندکی آزمودنی بوده یا در سطح کلان به بررسی همبستگی‌ها میان متغیرها پرداخته است. توصیف آماری، عموماً تنها در یک سطح حرکت می‌کنند و نمی‌توانند ناهمگونی‌ها و فرآیندها را و همچنین تغییر ماهیت در آزمودنی‌ها را در طول زمان و مکان در نظر گیرند. از سوی دیگر، بررسی‌های کیفی گرچه همواره ایده‌های خوبی با خود دارند، اما قابل تعمیم نیستند و نمی‌توان به سادگی میان یافته‌های کمی خرد و جریان‌های کلان اجتماعی رابطه برقرار نمود.

جامعه‌شناسان همواره مورد اتهام بوده‌اند که نمی‌توانند آنچه ادعای آن را دارند، بررسی کنند. کلیت جامعه، یا خرده سیستم‌های اجتماعی آن دور از دسترس جامعه‌شناسان قرار گرفته‌اند. از سوی دیگر، پراکندگی و ضدیتی که در حوزه‌های مختلف فکری و روشی در جامعه‌شناسی باهم دارند مانع شده است تا انباشت، حداقل تا حدی شبیه آنچه در علوم طبیعی رخ داده است، در جامعه‌شناسی به دست آید (گر، ۱۹۹۹؛ مانیکاس، ۲۰۰۶).

جامعه‌شناسان باید سعی کنند تا جایی که می‌توانند خود را با پیشرفت‌های صورت گرفته در دیگر علوم همراه کنند و حتی المقدور از آن پیشرفت‌ها استفاده کنند. شبیه‌سازی اجتماعی می‌تواند در این مسیر، ابزار کمکی بسیار مفیدی باشد (اسکاتزونی، ۲۰۱۲). شبیه‌سازی اجتماعی زمینه مناسبی برای وارد شدن جامعه‌شناسان در فعالیت‌های بین‌رشته‌ای است.

شبیه‌سازی عامل محور می‌تواند برخی از مهم‌ترین چالش‌های پیش روی محقق جامعه‌شناس را حداقل تا حدی آسان نماید. به عنوان مثال، در یک سیستم اجتماعی تمایل داریم، تا جایی که می‌توانیم ناهمگونی‌های میان عناصر سیستم را در نظر آوریم. این امر در این روش به آسانی انجام می‌شود. علاوه بر این می‌توان نقش تعامل اجتماعی میان عامل‌ها را به طور واقعی وارد مدل کنیم و برون داد کلان انواع خاصی از تعامل‌های اجتماعی میان عامل‌ها را بررسی نماییم.

یکی از اهداف اصلی جامعه‌شناسی عامل محور محاسباتی تغییر تمرکز جامعه‌شناسی از نظریه‌های کلان پدیده‌های اجتماعی و داده‌های توصیفی به مدل‌های صوری خاص است (بوکانان ۲۰۰۷). در تحلیل پدیده‌های اجتماعی پیچیده، داشتن دقت، وضوح و قدرت تمییز صحیح الزامی است. بدون شک در مباحثی که به صورت روایتی بیان می‌شوند و صوری نشده‌اند به دست آوردن این ویژگی‌ها دشوار است (هدستروم ۲۰۰۵). جامعه‌شناسی عامل محور از مرزهای محدود جامعه‌شناسی ریاضیاتی فراتر می‌رود. جامعه‌شناسی ریاضیاتی به ناچار ساده‌سازی‌های زیادی انجام دهد تا بررسی‌های ریاضی امکان‌پذیر شوند. به همین خاطر است که جامعه‌شناسی عامل محور





می‌تواند مجدداً اعتماد جامعه‌شناسان را، که از محدودیت‌ها و افراط‌های جامعه‌شناسی ریاضیاتی خسته شده‌اند، به دست آورد (اسکاتزونی و بوئرو ۲۰۰۵).

منابع

اسکاتزونی، فلامینیو (۱۳۹۲)، جامعه‌شناسی عامل محور محاسباتی، ترجمه احمدرضا اصغرپور ماسوله، مشهد: انتشارات سنبله.

بلیکی، نورمن (۱۳۹۰)، طراحی پژوهش‌های اجتماعی، ترجمه حسن چاوشیان، تهران: نشر نی.

Axelrod, Robert (۱۹۹۷). *The Complexity of Cooperation: Agent-Based Models of Competition and Collaboration*. Princeton: Princeton University Press.

Buchanan, M. (۲۰۰۷) *The social Atom. Why the Rich Get Richer, Cheaters Get Caught, and Your Neighbor Usually Looks Like You*, Bloomsbury, New York.

Castellani, B. and Hafferty, F.W. (۲۰۰۹) *Sociology and Complexity Science. A New Field of Inquiry*, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg.

Durlauf, S. N. ۱۹۹۸, «*What Should Policymakers Know About Economic Complexity?*», *The Washington Quarterly*, ۲۱, ۱, ۱۵۷-۱۶۵.

Epstein, J.M. (۲۰۰۸) Why model? *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, jasss.

Epstein, J. M. ۲۰۰۶, *Generative Social Science. Studies in Agent-Based Computational Modeling*, Princeton, Princeton University Press .

Coleman, Jams. (۱۹۶۴), *Introduction to Mathematical Sociology*, MacMillan Publishing Co., New York.

Gibson, C., M. McKean, and E. Ostrom, editors. ۲۰۰۰. *People and forests: communities, institutions, and governance*. MIT Press, Cambridge, Massachusetts, USA.

Gilbert, Nigel. (۲۰۰۸), *Agent-Based Models*, Sage Publication, London.

Giere, R. N. ۱۹۹۹, *Science without Laws*, Chicago, University of Chicago Press.

Grimm, Volker; Railsback, Steven F. (۲۰۰۵). *Individual-based Modeling and Ecology*. Princeton University Press.

Gilbert, N. and Troitzsch, K.G. (۲۰۰۵) *Simulation for the Social Scientist*, ۲nd edn, Open University Press, Maidenhead.

Hartman, S. and Frigg, R. (۲۰۰۶) Models in science, in *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, Stanford University.

Hedstrom, P. (۲۰۰۵) *Dissecting the Social. On the Principle of Analytical Sociology*, Cambridge University Press, Cambridge, MA.

Hedström, P. ۲۰۰۵, *Dissecting the Social. On the Principles of Analytical Sociology*, Cambridge, MA, Cambridge University Press.

Janssen, Marco & Elinor Ostrom (۲۰۰۶). *Empirically Based, Agent-based models*. Published here under license by the Resilience Alliance.

Manicas, P. (۲۰۰۶) *A Realist Philosophy of Social Science: Explanation and Understanding*, Cambridge University Press, Cambridge.

[www.socioconf.com](http://www.socioconf.com)



- Merton, R.K. (۱۹۶۸) Social Theory and Social Structure, The Free Press, New York.
- Niazi, Muaz, and Amir Hussain. "Agent-based computing from multi-agent systems to agent-based models: a visual survey." *Scientometrics* ۸۹,۲ (۲۰۱۱): ۴۷۹-۴۹۹.
- Ormerod, P.; Rosewell, B. (۲۰۰۹). "Validation and Verification of Agent-Based Models in the Social Sciences". *Epistemological Aspects of Computer Simulation in the Social Sciences*. Lecture Notes in Computer Science ۵۴۶۶. p. ۱۳۰. [doi:10,1007/978-3-642-01109-2\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-642-01109-2_10). ISBN ۹۷۸-۳-۶۴۲-۰۱۱۰۸-۵. [edit](#)
- Rilling, James K., et al. "A neural basis for social cooperation." *Neuron* ۳۵,۲ (۲۰۰۲): ۳۹۵-۴۰۵.
- Sargent, R. G. (۲۰۰۰). "Verification, validation and accreditation of simulation models". ۲۰۰۰ *Winter Simulation Conference Proceedings (Cat. No. 00CH37165)* ۱. pp. ۵۰-۵۹. [doi:10,1109/WSC.2000,899697](https://doi.org/10.1109/WSC.2000.899697). ISBN ۰-۷۸۰۳-۶۵۷۹-۸. [edi](#).
- Sawyer, R.K. (۲۰۰۵) Social Emergence: Societies as Complex Systems, Cambridge University Press, Cambridge, MA.
- Squazzoni, F. and Boero, R (۲۰۰۵) Towards an agent-based computational sociology: good reasons to strengthen cross-fertilization between complexity and sociology, in *Advances in Sociology Research*. Nova Science Publishers, New York.
- Squazzoni, F. (۲۰۱۰) The impact of agent-based models in the social sciences after ۱۵ years of incursions. *History of Economic Ideas*.
- Squazzoni, F. (۲۰۰۶) *Epistemological Aspects of Computer Simulation in the Social Sciences*, Second International Workshop, Brescia, Italy.