نامه انجمن جمعیت‌شناسی ایران / سال پانزدهم، شماره ۳۰، پاییز و زمستان ۹۹، ۷-۴۰

مقاله پژوهشی

سیر تکاملی جمعیت‌شناسی از ابتدا تا ظهور مدل‌سازی عامل محور

محمدجلال عباسی شوازی[۱]، نصیبه اسمعیلی[۲]

چکیده

امروزه کاربرد مدل‌سازی عامل محور به منظور تجزیه و تحلیل مسائل جمعیتی مورد توجه جمعیت‌شناسان قرار گرفته و جایگاه جمعیت‌شناسی در شناخت عمیقتر روندهای جمعیتی را ارتقاء بخشیده است . هدف از مقاله حاضر، بررسی سیر تکاملی جمعیت‌شناسی از ابتدا تا پیدایش و استفاده از مدل‌سازی عامل محور در مطالعات جمعیتی است. با مرور ادبیات موضوع، عدم توانایی پارادایم‌های جمعیتی در برقراری ارتباط بین سطوح خرد و کلان به عنوان یک محدودیت در تحلیل مسائل پیچیده جمعیتی روشن می‌شود. امروزه با توجه به توسعه ریاضیات و تولید نرم‌افزارها و پردازنده‌های قوی، مدل‌سازی عامل محور در بین جمعیت‌شناسان اهمیت ویژه‌ای دارد. سیاست‌گذاری مبتنی بر مدل‌سازی عامل محور به عنوان یک راهکار کارآمد با قابلیت تحلیل روابط بین سطح خرد و سطح کلان، احتمال تحقق اهداف دنبال شده به‌وسیله سیاست‌گذاریهای کلان را افزایش می‌دهد. این مقاله، با مرور سیر تکاملی پارادایم‌های مختلف و بیان ضرورت بهره‌گیری از رویکرد مدل‌سازی عامل محور در فرآیند تحلیل مسائل جمعیت‌شناسی، جایگاه مدل‌سازی عامل محور به همراه نقاط قوت وضعف آن در مقایسه با سایر پارادایم‌ها را بررسی و معرفی می‌کند. در پایان پیشنهاداتی برای استفاده از مدل‌سازی عامل محور در تحلیل مسائل جمعیتی ایران ارائه می‌شود.

واژگان کلیدی: مدل‌سازی عامل‌محور، پارادایم، سیاست‌گذاری، سطوح خرد و کلان، جمعیت‌شناسی

تاریخ دریافت:۱۳۹۹/۱۰/۰۵ تاریخ پذیرش:۱۴۰۰/۰۱/۲۵

۱ استاد گروه جمعیت‌شناسی دانشگاه تهران؛ mabbasi@ut.ac.ir

۲ دانشجوی دکتری جمعیت‌شناسی دانشگاه تهران؛ (نویسنده مسئول) n.esmaeli@gmail.com

DOI: :http//dx.doi.org/10.22034/jpai.2021.521779.1173

مقدمه و بیان مسأله

جمعیت‌شناسی علمی است با پیشینه غنی که به مطالعه، تحلیل و پیش‌بینی تغییرات جمعیتی در طول زمان و مکان می‌پردازد. شروع این رشته همزمان با کار گرانت[۱] به حدود ۳۶۰ سال پیش باز می‌گردد، و از آن تاریخ تا زمان حاضر این رشته یک سیر تکاملی را طی نموده است (شی[۲]،۲۰۰۰؛ کریگر[۳]، ۱۹۸۸؛ کریگر،۲۰۱۵). گرانت در شکل‌گیری جمعیت‌شناسی دو گام اساسی برداشت. گام نخست استفاده از آمارگیری فردی[۴] با الهام گرفتن از ویلیام پتی[۵]، در بررسی تغییرات باروری و مرگ‌ومیر به صورت علمی بود که منجر به پایه‌ریزی حسابان سیاسی[۶] شد. مفهومی که در ادامه مورد توجه متفکران اروپایی واقع شد و به توسعه این مکتب فکری منجر گردید. در گام دوم گرانت مفهوم احتمالات را که اولین بار هوگینز[۷] مطرح نموده بود، در مطالعات جمعیت‌شناسی وارد کرد و ازآن در تخمین احتمال مرگ‌ومیر در جمعیت شهر لندن استفاده نمود (کُرژو[۸]، ۲۰۱۲؛ ۲۰۰۷؛ کُرژو و همکاران؛ ۲۰۱۷؛ ۲۰۱۴). نقطه عطف دیگر در جمعیت‌شناسی که پنجره جدیدی از دنیای ریاضیات و آمار در حوزه جمعیت‌شناسی گشود، مربوط به ورود احتمال معرفتی[۹] توسط بیز[۱۰] و لاپلاس[۱۱] به حوزه جمعیت‌شناسی است. این رخداد برای محققان امکان پاسخگویی به سوالات و مسئله‌های اساسی در ارتباط با وقایع جمعیت‌شناسی را میسر نمود و بستر استفاده از روش حداقل مربعات[۱۲] که از علم نجوم گرفته شد در جمعیت‌شناسی فراهم گردید. در طول قرن نوزدهم این روش در بین جمعیت‌شناسان محبوبیت قابل‌توجهی به دست آورد (کُرژو، ۲۰۱۲؛ ۲۰۰۷؛ سیلورمن[۱۳]، ۲۰۱۸). جمعیت‌شناسی

---

1 Graunt
2 Xie
3 Kreager
4 Statistical individual
5 William Petty
6 Political Arithmetick
7 Hogines
8 Courgeau
9Epistemic probability
10 Bayes
11 Laplace
12 The least-squares method
13 Silverman

در مسیر رشد و تعالی خود شاهد پیدایش شاخه‌های جدید در علوم ریاضیات همزمان با شکل‌گیری و کشفیات جدید در علوم زیستی بوده است. این همزمانی بستر بسیار مناسبی برای گسترش جمعیت‌شناسی در حوزه‌هایی فراهم نمود که در آنها به دلیل نبود ابزار تکنیکی و عملی مناسب با بن‌بست روبرو شده بود (کریگر، ۲۰۱۵؛ کُرژو و همکاران، ۲۰۱۴؛ ۲۰۱۷).

تحولات اولیه در جمعیت‌شناسی که در فوق ارائه شد بر این فرض استوار بودند که متغیرهای به کار گرفته شده در تحقیق از ساختار ریاضی خاصی پیروی نمایند. از آنجایی که این ساختارها لزوما در دنیای واقعی مشهود نیستند خطای کل نگر[1] در نتایج اجتناب‌ناپذیر خواهد بود (کُرژو، ۲۰۰۷؛ سیلورمن، ۲۰۱۸). با گذر از دوره ورود ریاضیات و آمار به جمعیت‌شناسی و آمیخته شدن علم جمعیت‌شناسی با ابزار تکنیکی، اولین پارادایم به لحاظ روش‌شناختی در جمعیت‌شناسی با نام پارادایم مقطعی[2] مطرح شد. بر اساس اشکالات روش‌شناختی در پارادایم‌ها در هر مقطع زمانی از یک سو و مسیر تکاملی جمعیت‌شناسی از سوی دیگر، پارادایم‌های جدید با هدف ترمیم نقاط ضعف در پارادایم‌های موجود ظهور پیدا کردند. پس از پیدایش پارادایم مقطعی، در ادامه پارادایم کوهورت [3]و سپس پارادایم تحلیل واقعه[4] و نهایتاً پارادایم چندسطحی[5] مطرح شدند. هر یک از این چهار پارادایم به دنبال بررسی فرآیندهای اصلی تحت تاثیر مولفه‌های پویا در جمعیت‌شناسی (مرگ‌ومیر، باروری و مهاجرت) هستند. ذکر این نکته لازم است که هر پارادایم روابط بین فرآیندها در جمعیت‌شناسی را به صورت ویژه‌ای مورد توجه قرار می‌دهد. با توجه به نقاط قوت وضعف پارادایم‌های جمعیتی از یک سو و نیاز جمعیت‌شناسی به ابزار توانمند در تجزیه و تحلیل دقیق رفتارهای جمعیتی در جوامع بزرگ با توجه به جزئیات رفتاری افراد، در کنار پیشرفت‌های چشمگیر در حوزه‌های نرم افزاری و علوم داده‌کاوی زمینه را برای ظهور پارادایم مدل‌سازی[6] در جمعیت‌شناسی مهیا نمود (کُرژو و همکاران؛ ۲۰۱۷؛ ویکلنز[7]،۲۰۰۵).

---

1 Ecological fallacy
2 Cross-sectional paradigm
3 Cohort paradigm
4 Event-history paradigm
5 Multilevel paradigm
6 Model-based paradigm
7 Willekens

چالش‌ها و محدودیت‌های موجود در پارادایم‌های پیشین در تجزیه و تحلیل سیستم‌های پیچیده به عنوان محرکی سبب حرکت جمعیت‌شناسی به سمت پارادایم مدل‌سازی به واسطه توانایی آن در بررسی سیستم‌های پیچیده به دلیل لحاظ تعاملات اجتماعی[1] موجود بین افراد در یک جمعیت درسطح خرد و توجه به تاثیر فرآیندهای سطح کلان بر این تعاملات در سطح خرد گردید. پارادایم مدل‌سازی مسائل جمعیتی و شبیه‌سازی آنها با توجه به روابط بین سطوح خرد و کلان در جمعیت‌شناسی و سایر علوم اجتماعی بسیار جذاب و تاثیرگذار است (برچ[2]،۲۰۰۲ ؛ چتو[3]،۲۰۰۳؛ پتری[4]، ۲۰۱۲؛ اسکوزانی و بیرو[5]، ۲۰۰۵؛ ۲۰۱۰؛ اسکوزانی، ۲۰۰۸؛ ۲۰۱۰).

در بحث پارادایم مدل‌سازی، مدل‌سازی‌های مبتنی بر عامل به دلیل در نظر گرفتن تمام پیچیدگی‌های موجود در سطح خرد و تعاملات بین عامل‌ها و در نتیجه شکل‌گیری یک رفتار نوظهور در سطح کلان بسیار مورد توجه مدل‌سازان در جمعیت‌شناسی قرار گرفته است. مدل‌سازی عامل محور را به دلیل توانایی خاص در ترکیب سطوح خرد و کلان به عنوان بستری برای نقش‌آفرینی علم جمعیت‌شناسی در حوزه سیاست‌گذاری می‌توان تلقی نمود. این سبک از مدل‌سازی به دلیل توانمندی‌های ذاتی مسیر جمعیت‌شناسان را برای کاوش عمیق‌تر در سیستم-های پیچیده اجتماعی و تلاش برای طراحی و بازسازی مدل‌های پیچیده‌تر هموار می‌نماید (بیلاری و پرسکاویتز[6]، ۲۰۰۳؛ ۲۰۰۵؛ بیلاری و همکاران، ۲۰۰۶؛ بیلاری و همکاران، ۲۰۰۷ ؛ بیلاری، ۲۰۱۵؛ بیجاک و همکاران، ۲۰۱۴؛ برچ ، ۲۰۰۲؛ برچ، ۲۰۰۳؛ ۲۰۱۸؛ سیلورمن و همکاران، ۲۰۱۳؛ ۲۰۱۱).

این مطالعه به صورت نقادانه پارادایم‌های جمعیتی را از ابتدا تا عصر حاضر مورد توجه قرار می‌دهد. نکته مهم در این بررسی، توجه به فرآیند شکل‌گیری، حوزه‌های کاربرد و نقاط فراز و نشیب پارادایم‌ها در طول زمان می‌باشد. بدیهی است که نگرش نقادانه و جامع می‌تواند ذهن

1 Social Interaction
2 Burch
3 Chattoe
4 Petri
5 Squazzoni and Boero
6 Billari and Prskawetz

محقق را نسبت به شناسایی نقاط ضعف و قوت پارادایم‌ها روشن نموده و بستر مناسبی برای معرفی پتانسیل‌های موجود در مدل‌سازی‌های عامل محور به عنوان یک نقطه عطف در جمعیت-شناسی فراهم نماید.

در این مقاله از دو زاویه مختلف اما مرتبط با یکدیگر به تحولات علم جمعیت‌شناسی در دهه‌های اخیر پرداخته می‌شود. یک دیدگاه به معرفی و بررسی یک فرایند چهار مرحله‌ای می-پردازد که در آن جایگاه ویژه‌ای برای جمعیت‌شناسان در جهت رشد و اعتلای این علم مشخص می‌نماید. در این ساختار استفاده از دانش جمعیت‌شناسی با هدف ارائه پیشنهادهای سازنده برای اجرایی شدن سیاست‌های جمعیتی به عنوان یک حلقه مفقوده در این علم معرفی می‌شود. برای نیل به این هدف علم مدل‌سازی عامل محور به عنوان یک ابزار تکنیکی توانمند در بازسازی این حلقه مفقوده مورد استفاده قرار می‌گیرد.

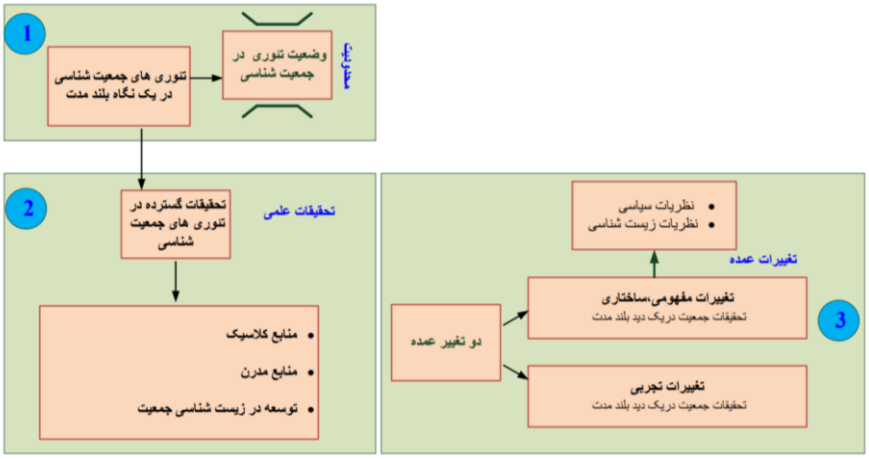
مقاله حاضر، در گام آغازین به بررسی مراحل تکامل نظریه‌های جمعیت‌شناسی پرداخته و در گام دوم نظریه گرانت در جمعیت‌شناسی در سطح کلان را مورد توجه قرار می‌دهد. سپس با اشاره به دیدگاه دمنی در مورد وظایف جمعیت‌شناسان، در گام سوم، پارادایم‌های موجود در جمعیت‌شناسی را مرور می‌کند، و در گام چهارم به این سوال پاسخ می‌دهد که چگونه و چرا جمعیت‌شناسی در مسیر تکامل خود، به مدل‌سازی و شبیه‌سازی‌های مبتنی بر عامل رسید؟ در نهایت مدل‌سازی عامل محور به تفصیل بررسی و معرفی می‌شود.

۱. مراحل تکامل نظریه‌های جمعیت‌شناسی با نگاه بلند مدت[1]

کریگر (۲۰۱۵) در فرایند مطالعات جمعیتی با دیدگاه بررسی بلند مدت در بعد نظری، سیر تاریخی نظری دانش جمعیت‌شناسی را در یک ساختار مانند آنچه در شکل (۱) مشاهده می‌شود معرفی کرده است. کریگر بیان می‌کند که انجام هر تحقیقی بدون آگاهی از وضعیتی که یک شاخه علمی در طول زمان با عبور از آن تکامل می‌یابد امکان‌پذیر نیست. در الگوی عنوان شده مطابق با شکل (۱) جهت ایجاد نگاهی بلند مدت به جمعیت‌شناسی اولین گام انجام تحقیقات

1 long view

گسترده در تئوری‌های جمعیتی است که آمیخته با تئوری‌های سیاستی و تئوری‌های تجربی و نظری مثل تئوری تکاملی داروین[1] است. هسته اصلی تفکرات جمعیت‌شناسی بر اساس رویکردهای تجربی و ساختاری شکل گرفته است.



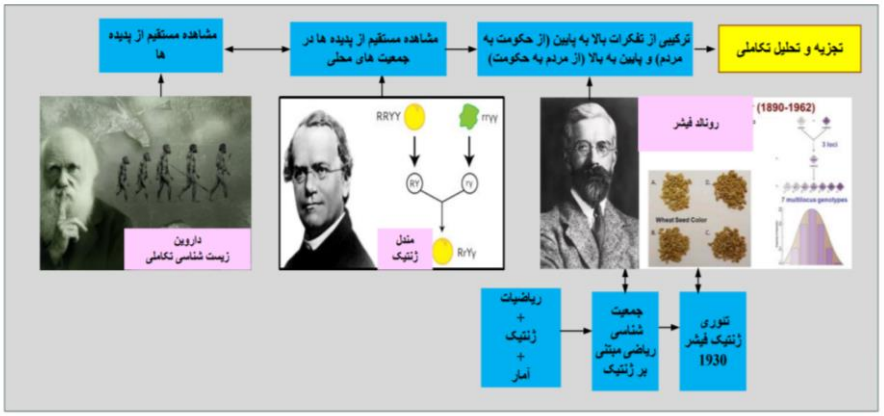
شکل ۱: فرآیند تکامل نظریه‌های جمعیت‌شناسی در نگاه بلند مدت

منبع: ترسیم شده بر اساس مطالعات نویسندگان

جمعیت‌شناسی جهت پاسخ به بسیاری از چالش‌های جمعیتی از یافته‌های علوم زیستی و تجربی استفاده می‌نماید که از آن تحت عنوان جمعیت‌شناسی ترکیبی یا تجزیه و تحلیل تکاملی[2] نام می‌برند. این شاخه جمعیت‌شناسی بر اساس تئوری تکاملی داروین مبتنی بر مشاهدات مستقیم از پدیده‌ها بوجود آمد. با نگاهی به شکل (۲)، می‌توان به صورت شماتیک روند شکل‌گیری این تئوری را از ابتدا تا انتها درک کرد. پس از تحول ایجاد شده در علم زیست‌شناسی بواسطه تئوری داروین و تلفیق با یافته‌های علم ژنتیک به‌وسیله مندل[3]، فضایی نو در زیست‌شناسی و سایر علوم تجربی ایجاد شد. نتایج حاصل از مطالعات ژنتیک که به‌وسیله

1 Darwin
2 Evolutionary synthesis
3 Mendel

مندل بدست آمده بود، با کمک فیشر[1] از طریق ورود علم ریاضیات و آمار جلوه‌ای جدید به خود گرفت (کریگر، ۲۰۰۹). نتیجه به دست آمده از کارهای مندل و فیشر در قالب مدل تکامل یافته داروین سبب پیدایش حوزه‌ای جدید، تحت عنوان تجزیه و تحلیل تکاملی شد که در بسیاری از موارد جمعیت‌شناسان را در تحلیل مسائل جمعیتی یاری می‌نماید (کریگر، ۲۰۱۵).



شکل ۲: روند تجزیه و تحلیل تکاملی در جمعیت‌شناسی

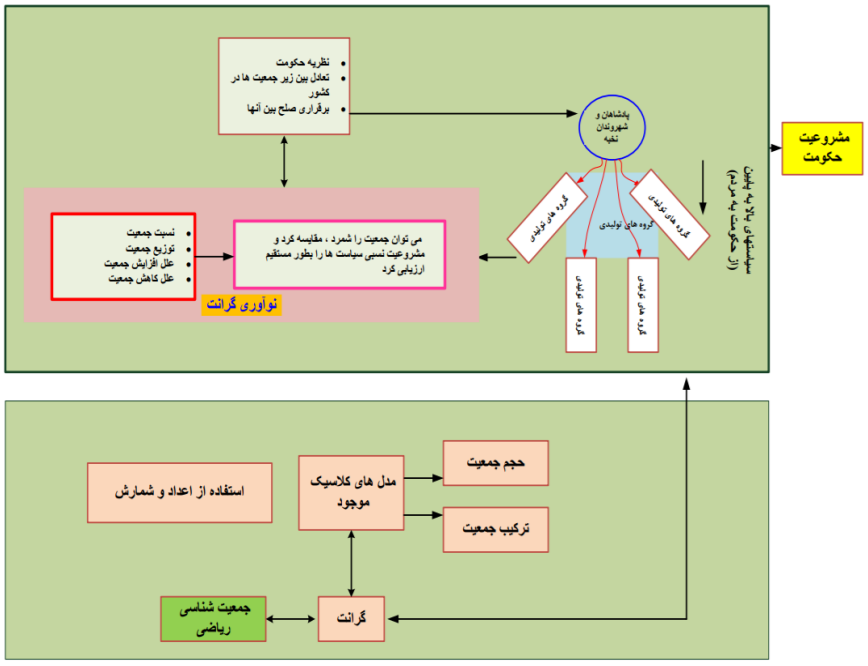
منبع: ترسیم شده بر اساس مطالعات نویسندگان

۲. مسیر رشد جمعیت‌شناسی و تمرکز در سطح کلان

دانش احتمالات اولین بار توسط هوگینز (۱۶۵۷) به حوزه جمعیت‌شناسی وارد شد. وی از احتمالات برای پیش‌بینی احتمال مرگ‌ومیر در شهر لندن استفاده کرده بود. در ادامه، جان گرانت (۱۶۶۲) به عنوان آغازگر پیدایش جمعیت‌شناسی ریاضی، علم آمار را برای بررسی مسائل مرگ‌ومیر مورد توجه قرار داد که سبب ظهور جمعیت‌شناسی ریاضی[2] شد. گرانت در قرن هفدهم بنا به درخواست حکام، شروع به جمع‌آوری آمار از جامعه و تحلیل شرایط جامعه و ارائه گزارش به حکام نمود که هدف از این کار ارزیابی نظر مردم در مورد سیاست‌های

1 Fisher
2 Population Arithmetic

حکومتی بود. با توجه به اهمیت موضوع در بررسی سیر تاریخی جمعیت‌شناسی در شکل (۳) نحوه مشارکت و اثرگذاری گرانت در جمعیت‌شناسی آورده شده است (کریگر، ۱۹۸۸).



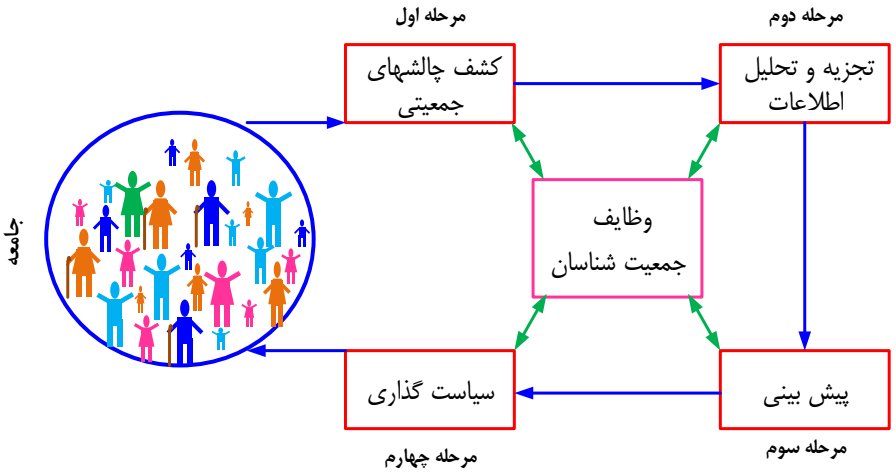
شکل ۳: روند تحقیقاتی و مطالعاتی انجام شده توسط گرانت در حوزه جمعیت‌شناسی

منبع: ترسیم شده بر اساس مطالعات نویسندگان

بیز[1] در سال (۱۷۶۳) همزمان با تئوری‌های لاپلاس[2] (۱۷۷۴) تحولات شگرفی در دانش احتمالات بوجود آورده و ابزار نیرومندی برای جمعیت‌شناسان فراهم نمود. این ابزار جمعیت-شناسان را در پاسخ گویی به بسیاری از سوالات در حوزه‌های آماری و احتمالی توانمند ساخت. با استفاده از آمار در کنار احتمالات امکان بررسی دقیق‌تر مسائل جمعیت‌شناسی که همراه با عدم

1 Bayes
2 Laplace

قطعیت[1] بودند فراهم شد. در همین زمان روشهای مانند حداقل مربعات که در علم ستاره‌شناسی ظهور پیدا کرده بود به علم جمعیت‌شناسی کمک نمود (کُرژو،۲۰۱۲). پیشرفت‌ها در آمار و احتمالات همراه با ظهور روش خطای مربعات به جمعیت‌شناسان امکان پیش‌بینی های دقیق‌تری را داد. با توجه به دیدگاه دمنی در مورد وظایف جمعیت‌شناسان که به صورت دیاگرام در شکل ۴ ترسیم شده است، اولین وظیفه جمعیت‌شناسان کشف مساله می‌باشد. تجزیه و تحلیل اطلاعات پس از کشف مساله دومین گامی است که در دیدگاه دمنی به آن اشاره می‌شود. وی معتقد است جمعیت‌شناسانی که بتوانند دراین دو مرحله به مهارت لازم دست یابند قادر خواهند بود وارد گام سوم یعنی پیش‌بینی و در نهایت گام چهارم که ارائه پیشنهاد در حوزه سیاست‌گذاری است، شوند. با توجه به تقسیم بندی ارائه شده، مطالعات گرانت، در مرحله اول ودوم قرار گرفته و سیر تکاملی به وجود آمده به وسیله بیز و لاپلاس در دانش احتمالات در نمودار دمنی در موقعیت شماره سه قرار می‌گیرد.



شکل ۴: ساختار توصیف کننده دیدگاه دمنی (۲۰۱۵) نسبت به وظایف جمعیت‌شناسان

منبع: ترسیم شده بر اساس دمنی، ۲۰۱۵

1 Uncertainty

لازم به ذکر است آنچه تا این مرحله در علم جمعیت‌شناسی انجام شده بود فقط در سطح کلان[1] بود و مطالعات سطح خرد[2] مورد توجه قرار نگرفته بود. در ادامه ضمن مروری بر پارادایم‌ها در جمعیت‌شناسی با توجه به توانایی آنها در ادغام رویکردهای خرد و کلان در کنار وظایفی که به جمعیت‌شناسان محول شده بر اساس دیدگاه دمنی (۲۰۱۵) پرداخته خواهد شد.

۳. پارادایم‌های جمعیت‌شناسی زمینه‌ای برای بهره‌گیری از مدل‌سازی عامل محور

پارادایم‌ها در دانش‌جمعیت‌شناسی تبیین کننده ارتباط بین مشاهدات جمعیتی با تغییرات باروری، مرگ‌ومیر و مهاجرت می‌باشند که تکامل خود را از زمان گرانت در سال ۱۶۶۲ آغاز کردند و در حال حاضر نیز در حال تکامل هستند. البته این تکامل با بهبود وارتقای پارادایم‌ها همراه بوده است. در دوره‌های پس از گرانت که ریاضیات وارد جمعیت‌شناسی شده بود، اولین نقطه عطف در جمعیت‌شناسی به سال ۱۸۶۳ و تئوری بیکن[3] می‌رسد. تا آن زمان، تفکرات مشاهده محور مبنای تصمیم‌گیری‌ها نبود و بیشتر تفکرات کلیسایی رایج بود و مردم بر اساس درک، دانش خود و باورشان عمل می‌کردند. در این زمان بیکن با ایجاد ایده تفکر و مشاهده تحول شگرفی درعلوم به وجود آورد. او معتقد بود بر روی پدیده‌های اجتماعی باید مشاهده دقیق صورت پذیرد و با استفاده از تجزیه و تحلیل آنها، حقیقت پدیده‌های اجتماعی را آشکار کرد. مبنای تفکر بیکن نیاز به درک طبیعی ویژگی‌های اجتماعی دارد، که اگر این ویژگی‌ها نباشد مشاهدات نتیجه درستی نمی‌دهند. این حقیقت که مشاهدات بر مبنای اصول اجتماعی باشد یک اصل در دوره اول جمعیت‌شناسی بوده است (کُرژو و همکاران، ۲۰۱۴؛ ۲۰۱۷ ؛ سیلورمن، ۲۰۱۸).

۱- پارادایم مقطعی[4]: پارادایم مقطعی بیانگر آن است که عوامل اجتماعی در دوره یا زمان خاصی برروی رفتار و اعمال افراد تاثیر می‌گذارند که ممکن است آثار آن در زمان‌های آینده نیز تداوم یابد. در آغاز برای پیوند عمیق‌تر ریاضیات و جمعیت‌شناسی یک مشکل اساسی وجود

1 Macro level
2 Micro level
3 Bacon
4 Cross-sectional paradigm

داشت و آن ساختار متغیرهای ریاضی بود که با مفاهیم جمعیت‌شناسی سازگاری نداشتند. این امر در توصیف و تبیین رفتار افراد از روی داده‌های جمعیت مشکلات و مسائلی را به وجود می‌آورد. در ابزارهای آماری اولیه فرض بر آن بود که متغیرهای تحت مطالعه دارای یک ساختار ریاضی خاص می‌باشند که این ساختارها در دنیای واقعی لزوما آشکار نیستند (کُرژو،۲۰۰۷؛ کُرژو و همکاران، ۲۰۱۷). این امر می‌تواند به اشتباه کل‌نگر[1] منجر شود، به این معنی که اطلاعات جمعیتی موجود در سطح کلان نمی‌توانند به مطالعه رفتارهای فردی در سطح خرد اعمال شوند (امیر کافی، ۱۳۸۵). داده‌های جمع‌آوری شده در روش مقطعی مبتنی بر یک دوره یا یک مقطع زمانی خاص است.

۲- *پارادایم نسلی (کوهورت)*[2]: برای عبور از محدودیت پاردایم‌های مقطعی، تجزیه و تحلیل کوهورت مطرح شد، که در یک دوره زمانی کار ارزیابی را انجام می‌دهد. تجزیه و تحلیل کوهورت ابتدا توسط کارل مانهایم [3] در سال ۱۹۲۸ و سپس به‌وسیله رایدر[4] در سال ۱۹۵۱ بعد از جنگ جهانی دوم معرفی شد. البته در سال ۱۹۵۹ هنری[5] این تحلیل را فرمول‌بندی نمود، اما استفاده و کاربرد آن در چند دهه بعد، زمانی که تحلیل‌هایی با بازه زمانی طولانی مورد نیاز بود رونق پیدا کرد. در این رویکرد، جمعیت‌شناس می‌تواند تنها یک رویداد را در طول زندگی یک نسل یا گروه در یک جمعیت مطالعه کند. تحلیل کوهورت در یک جامعه و نمونه جمعیتی همگن[6] قابل انجام است، که در آن هر پدیده خارجی و تاثیرگذار باید مستقل باشد. برای حل این مشکل جمعیت‌شناسان به دنبال روندی بودند که در کوهورت‌های ناهمگن[7] نیز قابل استفاده باشد (کُرژو، ۲۰۰۷). نتیجه تلاش‌ها در این حوزه ورود تئوری فرایند تصادفی[8] توسط آد آلن[9] آمارشناس برجسته نروژی در سال ۱۹۷۵ بود. وی یک کاربرد آماری از یک نظریه عمومی از

---

1 Ecological fallacy
2 Cohort paradigm
3 Mannheim
4 Ryder
5 Henry
6 Homogeneous
7 Heterogeneous
8 Stochastic processes
9 Odd Aalen

فرآیندهای تصادفی ایجاد کرد. چون کوهورت یک فرآیند مستقل است هر عامل خارجی باید به صورت مستقل بررسی شود، با استفاده از دانش احتمالات، فرض همگن بودن کوهورت را می‌توان نادیده گرفت (کُرژو، ۲۰۰۷).

انتقادی که تا اینجا می‌توان به دو پارادایم مقطعی و کوهورت مطرح شده وارد نمود، عدم توجه و نادیده گرفتن سطح خرد می‌باشد. به عبارتی در این دو پارادایم سطح کلان به طور خاص مورد توجه بوده است. در ادامه به معرفی پارادایم تاریخچه واقعه پرداخته خواهد شد که در این پارادایم توجه به سطح خرد به عنوان یک وجه تمایز از پارادایم‌های پیشین به شمار می‌آید.

۳- *پاردایم تاریخچه واقعه*[1]: پارادایم تاریخچه واقعه که بر اساس کارهای آد آلن بنا شده‌است این امکان را فراهم می‌سازد که تاریخچه زندگی پیچیده افراد مورد مطالعه قرار گرفته که به نوبت خود امکان شناسایی عوامل جمعیت‌شناختی و غیرجمعیت‌شناختی تأثیرگذار بر رفتار فردی می‌باشد (کُرژو و لا.لی.اِور[2] ۱۹۹۲). البته، این نوع از تحلیل‌ها به حجم زیادی از داده نیازمند هستند. در این روش، افراد از طریق زندگی‌شان مورد مطالعه قرار گرفته و اطلاعات مربوط به ویژگی‌های فردی آنها و رویدادهایی که برای ایشان در دوران زندگی اتفاق می‌افتد جمع‌آوری می‌شود. این بدان معنی است که تحقیقات طولی در این نوع از مطالعات جمعیتی مهم هستند.

در واقع تجزیه و تحلیل تاریخچه واقعه برای بررسی بلند مدت زندگی افراد در جامعه در سطح خرد ظهور پیدا کرد. علیرغم برتری‌ها و فواید این روش نسبت به پارادایم‌های دیگر، اشکال این روش حجم بالای داده‌ها و زمان‌بر بودن آن است زیرا در یک بازه زمانی بلند مدت، باید وقایعی که برای افراد جامعه رخ دهد مطالعه شوند. این روش یک نگرش جامع بوجود می‌آورد و می‌توان با استفاده از این پارادایم، پارامترهای یک فرآیند تصادفی را تخمین زد. این پارامترها بر اساس رفتار افراد در جامعه به دست آمده که قابل پیش‌بینی خواهد بود (کُرژو، ۲۰۰۷؛). با این حال، در مقایسه با پارادایم مقطعی که دچار خطای کلان‌نگر بود، در این پاردایم

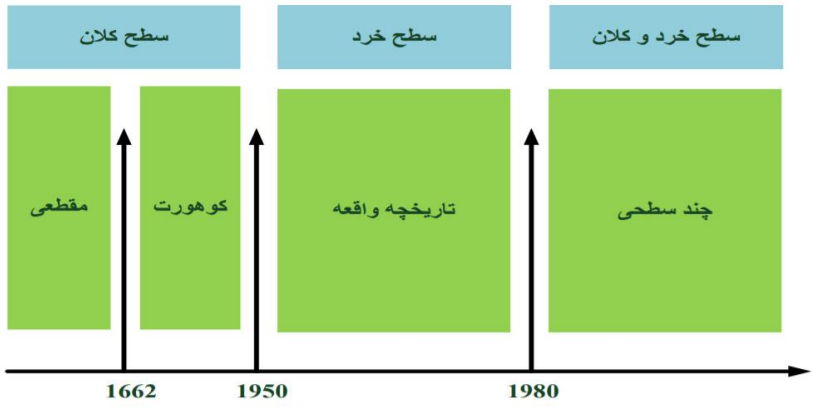
1 Event-history
2 Courgeau and Lelièvre

خطای خردنگر[1] به وجود می‌آید، که در آن تمرکز بر روی ویژگی‌های فردی منجر به نادیده گرفتن بافت وسیع‌تر اجتماع می‌شود (کُرژو، ۲۰۰۷، سیلورمن، ۲۰۱۸).

۴- *پارادایم چند سطحی*[2]: به‌منظور از بین بردن محدودیت‌های مطرح شده در پارادایم‌های قبلی، مفهوم گروه‌های اجتماعی مطرح شد، که خود شامل خانواده‌ها، شبکه‌های اجتماعی، محل کار، وابستگی‌های سیاسی و بسیاری دیگر نیز می‌شود. این روش تحت عنوان پارادایم‌های چندسطحی شناخته می‌شود. این پارادایم که در سال ۱۹۸۳ و به وسیله میسون و گلداشتاین[3] ارائه شد، توانست تا حدی مشکلات روشها قبلی را پوشش دهد. در کنار این مفاهیم، جمعیت شناسان تجزیه و تحلیل‌های چندسطحی را برای پیوند بهتر ارتباط و تاثیرپذیری فرد از محیط اجتماعی مورد توجه قرار دادند (گلداشتاین ۱۹۸۷). با توجه به پیوندهای مستقیم که در این پارادایم، بین افراد و بافت اجتماعی جامعه هدف بر قرار می‌شود، کار تحلیل از سهولت و دقت بیشتری بر خوردار شد (هاک[4]، ۲۰۱۰). در این پارادایم خطای‌های کل‌نگر و جزءنگر از بین می‌روند. رویکرد چند سطحی قادر است مدل‌های مربوط به سطح خرد را به سطح کلان مرتبط سازد، اما این پاردایم نمی‌تواند در جهت عکس عمل کرده و از سطح کلان به سطح خرد برود. با این توضیح می‌توان ادعا کرد که به دلیل عدم وجود رابطه دوطرفه بین سطوح خرد و کلان حلقه ارتباط دهنده این دو سطح باز می‌باشد (کُرژو، ۲۰۰۷؛ سیلورمن ، ۲۰۱۸؛ بیجاک و همکاران، ۲۰۱۴).

---

1 Atomic fallacy
2 Multilevel Approach
3 Mason and Goldstein
4 Hox



شکل ۵: پارادایم‌های جمعیت‌شناسی

منبع: بر اساس مطالعات نویسندگان

جمعیت‌شناسی در طول قرن‌ها در یک فرآیند مستمر از طریق مجموعه‌ای از پارادایم‌ها پیشرفت کرده است. هر پارادایم جدید رویکردهای قبلی را به عنوان نقطه شروع خود به‌کار برده است، کاستی‌های آن‌ها را شناسایی کرده و راهکاری به منظور غلبه بر محدودیت‌های روشها پیشین ارائه کرده‌است. با بیان این موضوع، پارادایم‌های جدید، مدل قدیمی را حذف نکرده‌اند بلکه با شناسایی نقاط ضعف و محدودیت‌های آن‌ها در جهت ارتقای روشها پیش از خود بر آمده‌اند. به عنوان نمونه، تجزیه و تحلیل‌های مقطعی وکوهورتی امروزه همچنان در زمینه‌های خاصی مورد استفاده قرار می‌گیرند، و هنوز هم هنگامی که پرسش تحقیقاتی مطرح‌شده مرتبط با این دو پارادایم است، این رویکردها به عنوان گزینه‌های مناسب از سوی جمعیت‌شناسان مورد استفاده قرار می‌گیرند. در جمعیت‌شناسی، این موضوع توسط کُرژو و همکاران (۲۰۱۷)، به عنوان یک انباشتگی[1] از دانش توصیف شده است، که در آن پارادایم‌های جدید دیدگاه‌های جدیدی را به وجود آورده‌اند، در حالی که بینش ارائه شده توسط پارادایم‌های پیشین را حفظ کرده‌اند.

1 Cumulativity

پارادایم‌ها، ایستا نیستند، به عبارتی هر پارادایم می‌تواند در طول زمان تحت پالایش مداوم قرار بگیرد. به علاوه، این چهار پارادایم فعلی هنوز برای حل انواع خاصی از سوالات تحقیق تلاش می‌کنند. نکته قابل توجه دیگر این است که پیوند بین سطوح خرد وکلان ضرورتاً یکطرفه نیست بلکه در حالت واقعی این ارتباط دو طرفه است. پارادایم‌های چند سطحی فقط می‌توانند تأثیر افراد را روی سطح کلان بسنجند و نمی‌توانند رابطه و اثر متقابل سطوح کلان بر روی افراد را مورد ارزیابی قرار داده و بر اساس چالش‌های مطرح شده در پارادایم تحلیل چند سطحی، پارادایم مدل‌سازی در جمعیت‌شناسی مطرح گردید که با استفاده از این پارادایم می‌توان تاثیر و رابطه متقابل بین سطوح خرد و کلان را مورد بررسی قرار داد (کُرژو، ۲۰۰۷؛ کُرژو و همکاران؛ ۲۰۱۷؛ زین و همکاران ، ۲۰۰۹؛ ویکلنز ،۲۰۰۵؛ بیلاری و پرسکاویتز، ۲۰۰۳؛ ۲۰۰۵؛ بیلاری و همکاران، ۲۰۰۶، بیلاری و همکاران، ۲۰۰۷؛ بیلاری ،۲۰۱۵؛ پتری، ۲۰۱۲؛ اسکوزانی و بیرو، ۲۰۱۰؛ ۲۰۰۵؛ اسکوزانی، ۲۰۰۸؛ ۲۰۱۰؛).

با توجه به موارد فوق، می‌توان اینگونه نتیجه‌گیری نمود که در زمان حاضر مدل‌سازیهای مبتنی بر عامل به عنوان یک تکنیک بین رشته‌ای در حال رشد و توسعه هستند. نقطه قوتی که در پارادایم مدل‌سازی وجود دارد و آن را نسبت به پارادایم‌های مرور شده متمایز می‌سازد، امکان برقراری ارتباط بین سطوح خرد و کلان و به تبع آن ایجاد امکان مشارکت جمعیت‌شناسان در سطوح کلان برای سیاست‌گذاری است. این موضوع به طور ویژه جمعیت‌شناسان را در رسیدن به گام چهارم فرآیندی که دمنی در سال ۲۰۱۵ معرفی کرد، یاری می‌کند.

۴. مروری بر پارادایم مدل‌سازی به عنوان فصلی جدید در جمعیت‌شناسی

مرور ادبیات در بخش‌های قبلی ضرورت استفاده از مدل‌سازی در علم جمعیت‌شناسی را با توجه به محدودیت‌های پارادایم‌های موجود و همچنین ورود علم جمعیت‌شناسی به حوزه‌های سیاست‌گذاری آشکار نمود. در این خصوص می‌توان به آثار افرادی از جمله سیلورمن (۲۰۱۸)، کُرژو و همکاران (۲۰۱۷)، بیلاری و همکاران (۲۰۰۶)، برچ (۲۰۰۲؛۲۰۰۳؛ ۲۰۱۸) بیجاک و همکاران (۲۰۱۴) و بسیاری از جمعیت‌شناسان دیگر در حوزه مدل‌سازی اشاره نمود که تکامل

جمعیت‌شناسی را در ورود و استفاده از علم مدل‌سازی می‌دانند. برای رسیدن به نگرشی عمیق به این حوزه نوظهور و بین‌رشته‌ای با توانمندی برقراری ارتباط بین سطوح خرد وکلان لازم است مروری بر علم مدل‌سازی با تاکید بر چالش‌ها و توانمندی‌های پیش روی این شاخه از جمعیت‌شناسی ارائه شود.

۱- دلایل استفاده از مدل‌سازی و شبیه‌سازی‌ها در جمعیت‌شناسی: مدل‌سازی عامل‌محور دسته‌ای از شبیه‌سازی‌ها بوده، که قادر به حل مسائل و چالش‌هایی در علم جمعیت‌شناسی هستند که سایر روشها و پارادایم‌های جمعیتی مرور شده در مواجهه با آنها ناتوان هستند. این چالش‌ها را می‌توان به سه دسته تقسیم نمود که عبارتند از:

الف) مورد اول وجود عدم قطعیت در پیش‌بینی‌های مرتبط با جمعیت‌شناسی است. سه فرآیند اصلی تغییرات جمعیت شامل مرگ‌ومیر، باروری و مهاجرت هر سه همراه با میزان قابل‌توجهی از عدم قطعیت[1] می‌باشند (الهو و اسپنسر[2]، ۲۰۰۵؛ کُرژو، ۲۰۱۲؛ هاجینال[3]،۱۹۵۵؛ اورال[4]؛ ۲۰۰۷). با این حال، سطوح نسبی عدم قطعیت بین آن‌ها متفاوت است. جمعیت‌شناسان همواره در مطالعات خود با چالش‌های قابل توجهی روبرو هستند که ناشی از متغیرهای تصادفی[5] در داده‌ها و مدل‌ها می‌باشد. به دلیل وجود عدم قطعیت در بسیاری از پارامترهای تعریف شده در حوزه جمعیت‌شناسی، شاخه جمعیت‌شناسی آماری به طور قابل‌توجهی در دهه‌های اخیر رشد یافته است. کُرژو (۲۰۱۲) در مقاله خود از این موضوع با نام "بازگشت واریانس"[6] به جمعیت‌شناسی یاد می‌کند.

استفاده از توزیع‌های تصادفی و متغیرهای تصادفی در مدل‌های جمعیتی نمونه‌هایی از این موضوع هستند. مشکل عدم قطعیت، یکی از مهم‌ترین محدودیت‌ها در پارادایم‌های موجود در جمعیت‌شناسی است که منجر به ظهور روشها شبیه‌سازی و مدل‌سازی در این رشته شده است

---

1 Uncertainty
2 Alho and Spencer
3 Hajnal
4 Orrell
۵ متغیرهایی که مقدار دقیق‌شان مشخص نیست و از طریق توزیع‌های احتمالی مقدارگیری می‌کنند.
6 Return of the variance

(آلبرگ[1]، ۱۹۹۵؛ اسمیت،[2] ۱۹۹۷؛ لوتز[3]، ۲۰۱۲). عدم قطعیت را می‌توان با استفاده از روشها احتمالاتی در مدل‌ها جهت شبیه‌سازی وارد نمود. اما لازم است در مورد عدم قطعیت‌ها اطلاعاتی موجود باشد، مثلا با داشتن واریانس نایقینی‌ها (همان عدم قطعیت‌ها) می‌توان از توزیع‌های احتمالاتی برای پیش‌بینی یا تخمین آنها استفاده نمود.

ب) برای تحلیل و ارزیابی بسیاری از مسایل جمعیتی نیاز به انجام شبیه‌سازی‌ها احساس می‌شود. بررسی بسیاری از مسائل در حوزه جمعیتی نیاز به یک حجم بزرگ از داده‌ها دارند که عملاً دسترسی و جمع‌آوری داده‌ها در این حجم کار بسیار دشواری است. این موضوع به عنوان دومین چالش در جمعیت‌شناسی قابل توجه است که شبیه‌سازی‌ها با تولید داده‌های تصادفی ابزاری برای مواجهه با این مسأله هستند (ویکلنز،[4] ۲۰۰۵؛ کاریگو، ۲۰۰۷). برای رویارویی این چالش می‌توان با استفاده از روشها داده‌کاوی بدون در اختیارداشتن تمام داده‌ها با یک حجم کوچک از اطلاعات دانش مورد نیاز برای شبیه‌سازی را بدست آورد.

ج) وجود مدل‌های پیچیده در مقابل مدل‌های ساده برای توصیف بسیاری از پدیده‌های جمعیتی به عنوان یک چالش به شمار می‌رود. به عبارتی می‌توان بسیاری از مسائل پیچیده را با یک مدل ساده مورد ارزیابی قرار داد. در عمل این سوال در ذهن ایجاد می‌شود که آیا می‌توان یک فرایند پیچیده را با یک مدل ساده مورد ارزیابی قرار داد؟ این موضوعی است که مدل‌سازی‌ها می‌توانند به آن پاسخ بدهند (اسمیت[5]، ۱۹۹۷؛ ۲۰۰۳؛ کُرژو و همکاران،۲۰۱۷).

بطور خلاصه، با توجه به چالش‌های فوق، میتوان از مدل‌سازی‌ها به عنوان ابزاری برای ورود عدم قطعیت به مدل‌های جمعیتی و همچنین تولید داده‌های تصادفی جهت بررسی دقیق و جامع مسائل جمعیتی استفاده نمود.

۲- *مدل‌سازی عامل محور*: مباحث و کارهای مرور شده تا این بخش نشان داد که جمعیت‌شناسی در طول زمان چه روند و مسیری را برای تعالی خود طی نموده است. در این

1Ahlburg
2 Smith
3 Lutz
4 Willekens
5 Smith

مسیر چالش‌های مختلفی مورد توجه قرار گرفت که علم جمعیت‌شناسی همزمان با رشد سایر علوم و با استفاده از دانش‌های نوظهور در جهت ترمیم خود برآمد. یکی از این چالش‌ها ارتباط سطوح کلان و خرد با یکدیگر است که زمینه ورود نرم افزارها و تکنیکهای مدل‌سازی و شبیه-سازی در جمعیت‌شناسی را فراهم نمود. به دلیل پیشرفت‌های مهم در فن‌آوری اطلاعات، سخت‌افزار و همچنین تکنولوژی نرم‌افزاری، مدل‌سازی عامل محور به عنوان یک ابزار قدرتمند در مدل‌سازی از پایین به بالا معرفی شدند. در بخش‌های پیش رو به تعریف و بیان ویژگی‌های مدل‌سازی عامل محور پرداخته می‌شود.

الف) پیشینه مدل‌سازی عامل محور: مدل‌سازی عامل‌محور را می‌توان در روشها شناخته‌شده فون نیومان[1] (۱۹۶۶)، در رابطه با بازی زندگی جان کانوی[2] و مدل تفکیک معروف شلینگ[3] ریشه‌یابی کرد .این مدل‌سازی، یکی از انواع مدل‌های محاسباتی برای شبیه‌سازی کنش‌ها و تعاملات عوامل درون سیستم است که با هدف ارزیابی آثار هر عامل در سیستم، هر عامل در عوامل دیگر و سنجش عملکرد کلی سیستم طراحی می‌شود. روش‌شناسی عامل محور عناصری همانند نظریه بازی[4]، سیستم‌های پیچیده[5]، ظهور یافتگی، علوم اجتماعی محاسباتی[6]، سیستم‌های چند عاملی[7] و روشها مونت کارلو [8]را با یکدیگر ترکیب می‌کند (روشنی، ۱۳۹۷؛ ۶۳).

در دهه ۱۹۹۰، رونق هوش مصنوعی توزیعی[9] و اشاعه برنامه‌نویسی شیءگرا[10] که مدل‌سازی مدل‌سازی عامل محور بر آنها مبتنی است، شروع شد. این برنامه‌ها به محققان امکان دادند

---

1 Neumann
2 John Conway
3 Schelling
4 Game Theory
5 Complex systems
6 Computational Social Science
7 Multy Agent Systems
8 Monte Carlo
9 Distributed Artificial Intelligence, DAI,
(روشی برای حل مسائل یادگیری، برنامه ریزی و تصمیم گیری پیچیده است)
10 Object-Oriented Programming

عامل‌ها را به عنوان شیءهای جداگانه یا متمایز در یک برنامه رایانه‌ای تعریف کنند، به 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 عمومیِ رفتاری و شناختیِ 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 (ماسوله و امیری، ۱۳۹۳: ۳).

ب) تعریف و ویژگی‌های مدل‌سازی عامل محور: عنصر کلیدی در مدل‌سازی عامل محور "عامل‌ها"[1] می‌باشند. عامل هر نوع جز مستقل (نرم افزار، فرد) در نظر گرفته می‌شود (بانوبی[2]، ۲۰۰۱). البته لازم به ذکر است که به دلیل خصوصیات مختلف مربوط به عامل در حوزه‌های مختلف در تعریف عامل اختلاف نظرهایی وجود دارد. دو تعریف مهم برای عامل در این بخش معرفی می‌شوند. در تعریف اول، ولدریج[3] بیان می‌کند عامل یک سیستم کامپیوتری است که در محیط شبیه‌سازی قرار می‌گیرد و با ایجاد کنش مستقل در محیط در جهت رسیدن به اهداف مورد نظر حرکت می‌کند. به عبارت دیگر، عامل‌ها به صورت فیزیکی به شکل برنامه‌هایی هستند که در قالب برنامه‌های محاسباتی اجرا می‌شوند (ولدریج، ۱۹۹۵).

یک شیوه برنامه‌نویسی است، که ساختار یا بلوک اصلی اجزای آن، شی‌ها می‌باشند. در این شیوه برنامه‌نویسی، برنامه به شی گرایش پیدا می‌کند، به این معنا که داده‌ها و توابعی که بر روی این داده‌ها عمل می‌کنند، تا حد امکان در قالبی به نام شیء و در کنار یکدیگر قرار گرفته، جمع‌بندی شده و یک واحد (یا یک شیء) را تشکیل می‌دهند و نسبت به محیط بیرونِ خود، کپسوله می‌شوند. از این طریق، توابع خارج از آن شیء، امکان ایجاد تغییر در داده‌های درون شیء را نخواهند داشت.

۱مهم ترین جزء یک سیستم پیچیده است که قادر به تصمیم گیری است، همچنین دارای خصوصیت استقلال، حافظه، قابلیت ارتباط، تاثیرگذاری و تاثیرپذیری است.

2 Bonabeau
3 Wooldridge

تعریف دوم برای عامل به‌وسیله راسل[1] ارائه شده است. هر چیزی که بتواند محیط خود را از طریق سنسورها درک کرده و به طور مستقل از طریق محرک‌ها بر روی آن محیط تاثیر بگذارد و تاثیر بپذیرد عامل نامیده می‌شود (راسل و نوروی[2]،۱۹۹۵). یک وجه مشترک در هر دو تعریف صفت استقلال عامل‌ها است بدین معنی که عامل قادر است بدون دخالت انسان و یا دیگر سیستم‌ها عمل نماید. عامل بر اساس وضعیت درونی و رفتار خود تصمیم نهایی را درباره کنش مطلوب اتخاذ و بر مبنای آن عمل می‌کند (ویز[3]، ۱۹۹۹).

همچنین تصمیم‌گیری در سیستم پیچیده[4] اجتماعی بر عهده عامل‌هاست، به عبارتی هر عامل دارای مجموعه‌ای از خصوصیات[5] می‌باشد که بر اساس این ویژگی‌ها با سایرعامل‌ها و محیط خود در تعامل است. بر اساس تعاملات حاکم بین عامل‌ها در سطح خرد، مجموعه‌ای از پاسخ‌ها تحت عنوان خروجی‌ها و رفتار به وجود می‌آیند که از تجمیع این خروجی‌ها سطح کلان شکل می‌گیرد. این الگوی مدل‌سازی چون از سطح خرد آغاز و به سطح کلان منتهی می‌گردد، مدل‌سازی از خرد به کلان یا به مدل‌سازی پایین به بالا نامیده می‌شود. این سبک مدل‌سازی به روشنی چگونگی تولید الگوهای سطح کلان توسط رفتار و تعامل افراد در سطح خرد را مدل می‌کند (اپیستن و اکستل[6]، ۱۹۶۶).

این مدل‌ها قادر به در نظر گرفتن مکانیسم باز خورد بین عامل‌ها بوده و برخلاف مدل‌های ریاضی قادر هستند عوامل ناهمگن و روابط غیرخطی را وارد مدل نمایند. مدل‌های عامل محور امکان تحلیل سیاستی و آزمایش سیاست‌های مختلف را فراهم می‌کنند، بدین معنی که می‌توان مدل را با مقادیر متفاوت به صورت هم‌زمان اجرا کرد و با استفاده از نظر خبرگان علمی امکان پیاده‌سازی و تحلیل سناریوهای مختلف را فراهم نمود. از سوی دیگر این سبک مدل‌سازی این

---

1 Russell
2 Russel and Norvey
3 Weise
۴ در سیستم‌های پیچیده، تعداد اجزاء و تعداد روابط بین آن‌ها زیاد است، در این سیستم‌ها، اثری که اجزاء بر روی هم می‌گذارند می‌تواند بر هویت یا عملکرد سیستم تأثیر بگذارد.
5 Attribute
6 Epstein and Axtell

امکان را فراهم می‌کند که جوامع ساختگی را به صورت نرم افزاری ساخت که الزاماً به جوامع کنونی شباهت ندارند. چنین جوامع ساختگی می‌توانند به عنوان آزمایشگاه محاسباتی جهت تجزیه و تحلیل نظریات و سیاست‌ها مورد استفاده قرار بگیرند (آذر و صادقی، ۱۳۹۱؛ ، منصوری و آذر ، ۱۳۹۶، آذر و همکاران، ۱۳۹۷؛ امیر آذر و همکاران، ۱۳۹۶؛ بیلاری، ۲۰۰۴؛ ۲۰۰۶؛ رامندد و همکاران[1]، ۲۰۰۴؛ ولینسکی و راند[2]، ۲۰۰۵؛ ۲۰۱۶؛ اسکوازونی[3]، ۲۰۱۲؛ سیلورمن و همکاران، ۲۰۱۳؛ تایلر[4] ، ۲۰۱۴؛ یانگ[5]،۲۰۱۵).

۵. ورود مدل‌سازی عامل محور به جمعیت‌شناسی و مراحل پیاده‌سازی آن

مدل‌سازی عامل محور ابتدا در سال ۲۰۰۳ توسط بیلاری و پرسکاویتز[6] به جمعیت‌شناسی معرفی شد. بیلاری آثار متعدد و تاثیرگذاری در زمینه مدل‌سازی عامل محور و چالش‌های بین سطوح کلان و خرد منتشر کرده است. از جمله می‌توان به کتاب معروف بیلاری و همکارانش تحت عنوان "مدل‌های محاسباتی عامل محور و کاربرد آن در جمعیت‌شناسی اقتصاد، علوم اجتماعی و علوم محیطی "در سال (۲۰۰۶)، اشاره کرد. وی در سال (۲۰۰۴) نیز در مقاله‌ای به بلوغ رسیدن چالش‌های دیدگاه خرد و کلان در اروپا را منتشر کرد. "حلقه عروسی یک مدل ازدواج مبتنی بر عامل بر اساس تعامل اجتماعی" نیز عنوان مقاله‌ای است که بیلاری و همکاران در سال (۲۰۰۷) منتشر نمودند. علاوه بر آن، یکی از مقاله‌های تأثیرگذار در حوزه مدل‌سازی عامل محور مربوط به بیلاری می‌باشد که در سال (۲۰۱۵) تحت عنوان "ادغام رویکردهای خرد و کلان در تبیین تغییر جمعیت"[7] منتشر شد. وی در این مطالعه، به دنبال طراحی و ساخت روشی بود که بتواند به مطالعه مسائل تغییر جمعیتی در یک بررسی دو مرحله‌ای بپردازد. برای توصیف ارتباط سطوح خرد و کلان، بیلاری معتقد به یک فرایند دو مرحله‌ای است که به صورت زیر تشریح می‌گردد:

---

1 Rahmandad
2 Wilensky and Rand
3 Squazzoni
4 Taylor
5 Yang
6 Billari and Prskawetz
7 Integrating macro- and micro -level approaches in the explanation of population change

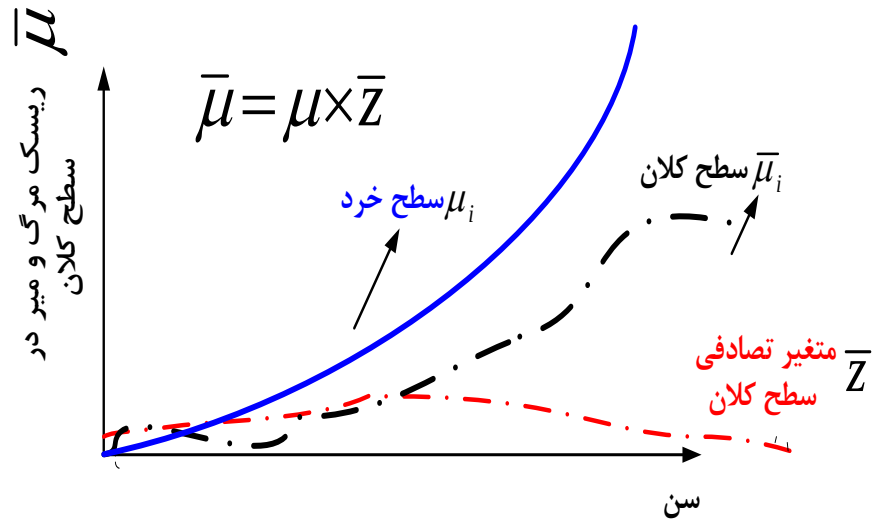
مرحله اول: کشف[1]: در این مرحله که کشف نام دارد با توجه به اندازه‌گیری‌های جمعیتی و روشها ریاضی در این علم به شناسایی چالش‌ها و به عبارتی کشف مساله پرداخته می‌شود. این کار در سطح کلان انجام می‌شود، به عبارتی نتیجه این مرحله همانند مرکز دایره است که سایر روش‌ها و تکنیک‌ها حول آن می‌چرخند که در علم جمعیت‌شناسی به عنوان هسته به شمار می‌رود. این مرحله در کار دمنی به عنوان مرحله کشف حقیقت[2] معرفی گردید. البته این مرحله یک نقطه آغازین در فرایند شبیه‌سازی است و مراحل بعدی مبتنی بر این بخش هستند. اهمیت هسته جمعیت‌شناسی در پژوهش‌های مرتبط با جمعیت‌شناسی در دهه‌های اخیر در مقاله لی[3] مورد توجه قرار گرفته است. او بیان می‌کند: هر چقدر جمعیت‌شناسی به سمت خرد حرکت می‌کند از هسته[4] خود بیشتر رها می‌شود که به عنوان یک چالش در حوزه جمعیت‌شناسی در عصر حاضر به شمار می‌رود. دلیل موضوعیت توجه به جمعیت‌شناسی خرد از دیدگاه لی به مواردی از جمله: الف) دسترسی فزاینده به داده‌های پیمایش ، ب) توسعه روشها آماری جدید، ج) افزایش قدرت محاسبات و فرصت‌های ذخیره‌سازی داده‌ها می‌باشد (لی،۲۰۰۱).

مرحله کشف همان ایده‌ای باید باشد که شوفیلد و کلمن[5]، لی، پرستون[6] و دیگران به عنوان "هسته" جمعیت‌شناسی توصیف می‌کنند. این هسته، شامل اندازه‌گیری، استفاده از روش‌ها رسمی مناسب همراه با دقت در مورد کیفیت داده، تغییر جمعیت، فرآیندهای جمعیتی و ارتباط آن‌ها در طول زمان و مکان می‌باشد. پیشرفت‌ها در مدل‌سازی رسمی پویایی جمعیت در سطح کلان همچنین کشفیات را تشکیل می‌دهند. به عبارت دیگر، جمعیت‌شناسان باید توصیف ریاضی و آماری نحوه کارکرد جهان را در مرکز تحقیقات علمی خود داشته باشند. اهمیت مرحله کشف را بیلاری (۲۰۱۵) در مورد ارتباط سطوح کلان و خرد در مثال زیر نشان داده است. به عنوان مثال در سطح خرد، فرضیه‌ای در مورد مرگ‌ومیر وجود داشت که سال‌ها به

---

1 Discovery
2 Fact finding
3 Lee
4 Core
5 Schofield and Coleman
6 Preston

عنوان یک فرضیه پذیرفته شده مورد استفاده در جمعیت‌شناسی بود. این فرضیه در سطح خرد یک رشد با توزیع نمایی را برای ریسک در ازای افزایش سن افراد متصور می‌شد، اما جمعیت-شناسان هنگامی که این فرضیه را وارد سطح کلان کردند با یک چالش روبرو شدند. به عبارتی، آنها مشاهده نمودند که در سطح کلان روند افزایش ریسک مرگ‌ومیر همانند سطح خرد دیگر روندی نمایی ندارد. لازم به ذکر است که ورود متغیرهای نایقینی به مدل‌ها یک عامل اصلی در این موضوع هستند. این نتیجه یک کشف و نقطه آغازین در فرایند دو مرحله‌ای است که بیلاری معرفی نمود. در شکل (۶) این موضوع به خوبی دیده می‌شود (بیلاری، ۲۰۱۵).



شکل ۶: مقایسه منحنی احتمال مرگ‌ومیر در سطح خرد و کلان

منبع: ترسیم نمودار توسط نویسندگان بر اساس مقاله بیلاری (۲۰۱۵)

همانطور که در شکل (۶) دیده می‌شود $\bar{\mu}_i$ به عنوان احتمال مرگ‌ومیر در سطح کلان به صورت تابعی از μ_i احتمال مرگ‌ومیر در سطح خرد ضرب در متغیر احتمالی $\bar{z}$ به دست می‌آید. متغیر $\bar{z}$ به عنوان متغیر تصادفی است که تاثیر نایقینی‌ها را در مدل وارد می‌کند. با کاهش متغییر

تصادفی $\bar{z}$ در سنین بالا خاصیت نمایی که در سطح خرد وجود داشت در سطح کلان از میان می‌رود. با بررسی بخش انتهایی شکل (۶) این حقیقت قابل رویت است.

مرحله دوم: تبیین[1]: مرحله دوم که توسط بیلاری معرفی شد مرحله توصیف و تبیین نام دارد. در این مرحله یک چارچوب نظری و تجربی برای "دوره زندگی[2]" در سطح خرد به منظور تبیین آنچه کشف شده است ضروری است. لازم به ذکر است که تبیین تغییرات جمعیت که شامل اقدامات و تعاملات انسانی در چارچوب سطح کلان است خود سبب ایجاد تغییرات جمعیتی در سطح کلان می‌شوند. چالش اصلی در این مرحله، جمع‌آوری نتایج مکرر در سطح خرد تا سطح کلان در ارتباط با مولفه‌های تغییر جمعیتی است. بدین معنی که تنها داشتن شناخت در مورد تغییرات جمعیتی نمی‌تواند به نتایج مکرر سطح خرد محدود شود، بلکه نیاز به درک مکانیسم‌هایی دارد که از طریق آن جمع‌آوری رفتار خرد و تغییرات جمعیت در سطح کلان را شکل می‌دهد (هدرستروم و سوئدبرگ[3]، ۱۹۸۸؛ کلمن[4]،۱۹۸۶؛ ۱۹۹۰؛ بیلاری و پرسکاویتز،۲۰۰۳؛ ۲۰۰۵؛بیلاری، ۲۰۱۵).

پارادایم‌های جمعیتی مرور شده، قادر به پاسخگویی به مسائل مربوط به ارتباط سطوح خرد و کلان با یکدیگر نیستند. در مرحله تبیین به عنوان مرحله دوم معرفی شده به وسیله بیلاری می‌توان این مساله را مورد تحلیل و بررسی قرار داد و پاسخ مناسب را در ارتباط این سطوح با یکدیگر یافت. در واقع در مرحله تبیین است که ادغام بین رویکردهای خرد و کلان در مدل‌سازی عامل محور صورت می‌پذیرد. با استفاده از این مدل‌ها می‌توان از سطح خرد به سطح کلان رفت و بالعکس. در واقع حلقه ارتباط دهنده دو طرفه بین خرد و کلان می‌تواند به وسیله این مدل‌ها بیان شوند.

در حالیکه مرحله اول که همان اکتشافات هستند، بسیار ارزشمند هستند، همچنین باید به عنوان نقطه شروع یا به عنوان پدیده هدف در مرحله دوم توضیح داده شود. توضیح تغییر

---

1 Explanation
2 Life course
3 Hedstrom and Swedberg
4 Coleman

اجتماعی در سطح کلان مستلزم سه بخش است (که می‌توان آن را به عنوان مؤلفه‌های کلیدی مرحله دوم دید).

۱) مکانیسم‌های موقعیتی[1]: این مکانیسم به ارتباط و اثرگذاری سطوح کلان و خرد می‌پردازد. مثلا نحوه اثرگذاری کاهش مرگ‌ومیر در جامعه بر سطح باروری در افراد جامعه که در سطح خرد قرار دارند.

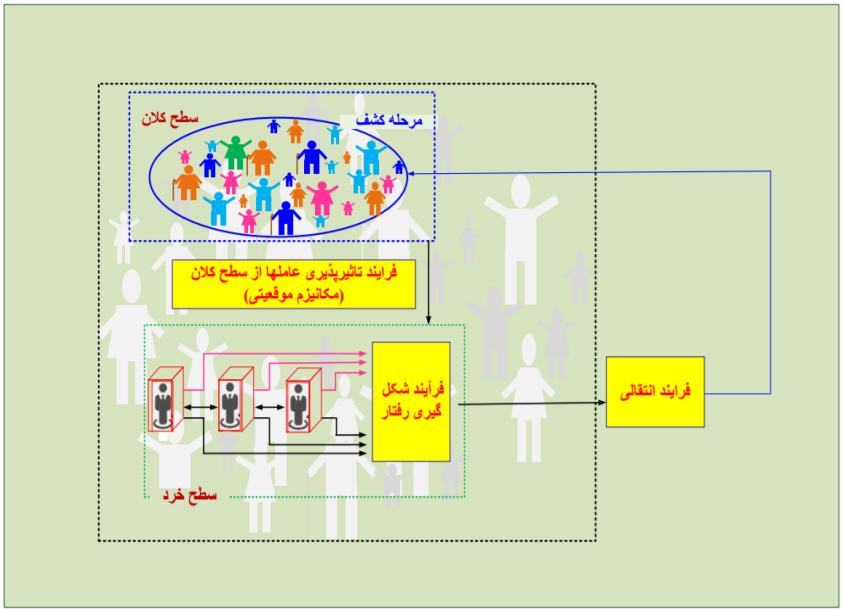
۲) مکانیسم‌های شکل‌گیری رفتار[2]: روش‌هایی که از طریق آن فرآیندها و تعاملات بین عامل‌ها در طول زمان بر رفتار افراد تأثیر می‌گذارد.

۳) مکانیسم‌های انتقالی[3]: روشهایی هستند که با جمع‌آوری نتایج فردی و یا تعامل بین عامل‌ها، مؤلفه‌های جمعیتی در سطح کلان را شکل می‌دهند. در این مرحله است که ادغام بین سطوح خرد و کلان صورت می‌پذیرد و رمز صورت پذیرفتن ادغام، تولید مدل مبتنی بر چارچوب نظری و تجربی و انجام شبیه‌سازی‌هاست. در واقع به کمک ابزار شبیه‌سازی، میتوان حلقه جمعیتی را کامل کرده و سطوح خرد و کلان را با یکدیگر ادغام نمود (بیلاری و پرسکاویتز، ۲۰۰۵؛ بیلاری، ۲۰۱۵).

در یک فرآیند سه مرحله‌ای می‌توان ارتباط بین سطوح خرد و کلان را تبیین نمود. مبنای اثرپذیری سطح خرد از سطح کلان مرحله اول است که در آن افراد جامعه از مولفه‌های جمعیتی موجود در سطح کلان تاثیر می‌پذیرند. این تاثیرپذیری به همراه اثرات متقابلی که افراد جامعه با یکدیگر دارند و مرحله دوم نامیده می‌شوند، در مجموع خروجی‌های سطح خرد را ایجاد می‌کنند. در مرحله سوم، خروجی در سطح خرد از اجماع اثرات افراد بر یکدیگر و اثر سطح کلان بر خرد حاصل می‌گردد، و همان‌طور که در شکل (۷) دیده می‌شود بر سطح کلان اثر می‌گذارد. به عبارتی دیگر، در مرحله سوم با اتصال خروجی سطح خرد به کلان حلقه اثرگذاری و اثرپذیری کامل شده و ارتباط دوطرفه سطوح کلان و خرد متصور می‌شود. این همان نقطه‌ای بود که پارادایم‌های جمعیتی در آن به بن بست رسیده بودند و قادر به بستن حلقه کلان و خرد نبودند.

---

1 Situational mechanisms
2 Action-formation mechanisms
3 Transformational mechanisms



شکل ۷: الگوی توصیف کننده ارتباط بین سطوح خرد و کلان در مدل‌سازی عامل‌محور

منبع: ترسیم شده بر اساس مطالعات نویسندگان

نگاه بیلاری یک دید درون ساختاری می‌باشد، به عبارتی یک نگاه درونی به مساله جمعیت‌شناسی دارد. وی به ساختار مدل‌ها و ارتباط بین سطوح خرد و کلان فقط به دید تجزیه و تحلیل ریاضی نگاه می‌کند و پیشنهادی درباره سیاست‌گذاری‌های کلان بر گرفته از نتایج مدل‌سازی و تجزیه و تحلیل‌ها بیان نمی‌کند. با اینحال، دمنی بیان می‌کند جمعیت‌شناسی باید از طریق سیاست‌گذاری در سطح کلان اثرگذار باشد نه اینکه فقط تاثیر سیاست‌های موجود در بین سطوح خرد و کلان بررسی کند. لذا فرآیند پیشنهاد سیاست‌گذاری خروجی عملیاتی جمعیت-شناسی است که باعث می‌شود کشف حقیقت که دوباره در مرحله اول صورت می‌گیرد با توجه به بازخوردهای این سیاست‌گذاری در سطح خرد، با دقت بیشتر انجام پذیرد، این امر با ابزار قدرتمند و توانمند مدل‌سازی عامل محور محقق می‌گردد.

نتیجه‌گیری

در مقاله حاضر، ابتدا پارادایم‌های جمعیتی با توجه به مسیر و سیر تکاملی طی شده در جمعیت-شناسی از زمان گرانت به عنوان نقطه شروع تا زمان حاضر مرور شد. چهار پارادایم جمعیتی با توجه به اهمیت و نقاط ضعف و قوت آنها بررسی شدند. مرور ادبیات موضوع بیانگر این است که پارادایم‌های جمعیتی قادر به برقراری ارتباط بین سطوح خرد و کلان نمی‌باشند که این امر منجر به ظهور پارادایم مدل‌سازی‌های مبتنی بر عامل در جمعیت‌شناسی گردید. نهایتا یک ساختار چهار مرحله‌ای تحت عنوان کشف چالش‌های جمعیتی، تجزیه و تحلیل اطلاعات، پیش-بینی و ارائه پیشنهاد در حوزه سیاست جمعیتی معرفی گردید. جهت تحقق ساختار معرفی شده نیاز به ایجاد یک پل ارتباطی بین سطوح خرد و کلان می‌باشد. مدل‌سازی عامل محور به عنوان یک ابزار قوی و کارآمد بستر مناسبی جهت ارتباط بین سطوح خرد و کلان فراهم می‌نماید.

با در نظر داشتن نظریه دمنی در مورد رسالت جمعیت‌شناسان و ابزار لازم برای آن، سیر تکاملی علم جمعیت‌شناسی همراه با رشد سایر علوم به‌ویژه ریاضیات، آمار، احتمالات و علوم تجربی مورد بررسی قرار گرفت. با عنایت به اهمیت مدل‌سازی، در مقاله به مرور مدل‌سازی‌های عامل محور با در نظر گرفتن ارتباط آنها با فرآیند دمنی پرداخته شد. مدل‌سازی‌های مبتنی بر عامل به عنوان تکنیکی معرفی شدند که جمعیت‌شناسان را در پیشنهاد سیاست‌های مناسب و کارآمد در سطح کلان بر اساس خروجی‌های سطح خرد توانمند کرده و بستر مناسب برای تحقق تئوری دمنی فراهم می‌نمایند. در ادامه ویژگی‌ها و کاربردهای مدل‌سازی عامل محور در جمعیت‌شناسی به اختصار معرفی می‌شوند.

- به وسیله مدل‌سازی عامل محور می‌توان بر اساس نظریه‌های اجتماعی و جمعیتی پارامترهای بیشتری از سیستم‌های پیچیده را در ساخت مدل به منظور بررسی مولفه‌های تغییرات جمعیتی لحاظ نمود. از این طریق پس از ساخت مدل درک عمیقی از نظریه‌های جمعیتی حاصل و امکان اصلاح جامع‌تری از این نظریات در علوم اجتماعی میسر می‌گردد.

- روش‌های شبیه‌سازی مبتنی بر عامل می‌توانند به عنوان ابزاری توانمند در کمک به فهم عمیق دنیای پیچیده و در حال تغییر به جمعیت‌شناسان کمک نمایند.
- استفاده از قدرت الگوی چند سطحی برای رسیدن به الگوی واقعی در دنیای پیچیده واقعی با استفاده از مدل‌سازی عامل محور امکان‌پذیر است.
- استفاده از مدل‌سازی و شبیه‌سازی برای ارائه قدرت توضیحی عمیق‌تر مبتنی بر تجزیه و تحلیل دقیق در تحقیقات جمعیت‌شناسی
- مساله مهم دیگر در پیش‌بینی‌های جمعیت‌شناسی بحث عدم قطعیت‌ها می‌باشد. بسیاری از جمعیت‌شناسان برای مثال کیفیتز[1] در سال ۱۹۸۱ بیان می‌کند که پیش‌بینی‌های جمعیت-شناسی برای بیش از یک نسل مناسب نیستند (کیفیتز، ۱۹۸۱). در این بین مدل‌سازی‌های مبتنی بر عامل قادر هستند با تولید سناریو بر این محدودیت فائق شده و افق زمانی پیش-بینی‌های جمعیتی را افزایش دهند. با استفاده از شبیه‌سازی‌های مبتنی بر عامل می‌توان بررسی کرد که چگونه سناریوهای مختلف بر رفتار جمعیت شبیه‌سازی شده در دو سطح فردی و کلان تاثیر می‌گذارند. این سناریوسازی‌ها که توسط خبرگان علمی ارائه می‌شود می‌تواند بر اساس پیش فرض‌های در نظر گرفته شده با استفاده از روش‌ها احتمالاتی تغییرات جمعیتی را برای بیش از یک نسل ارائه نمایند (بیلاری و پرسکاویتز، ۲۰۰۳؛ ۲۰۰۵؛ بیلاری و همکاران، ۲۰۰۶؛ ۲۰۰۷؛ برچ، ۲۰۰۲؛ ۲۰۰۳؛ ۲۰۱۸؛ سیلورمن و برادن[2]، ۲۰۰۷؛ سیلورمن و همکاران ۲۰۱۱؛ ۲۰۱۳؛ سیلورمن، ۲۰۱۸). موضوع و اهمیت سناریوسازی در مدل‌سازی عامل محور و کاربرد آن در علم جمعیت‌شناسی به اندازه‌ای با اهمیت است که در این زمینه همایشی در سال ۲۰۱۵[3] برگزار گردید.
- یکی دیگر از ویژگی‌های قابل توجه در ارتباط با نحوه عملیاتی کردن این سبک از مدل‌سازی در جمعیت‌شناسی است. از آن جایی که در ساخت مدل‌سازی مبتنی بر عامل رفتار هر عامل به صورت کد جداگانه نوشته می‌شود، کدنویسی این روش از مدل‌سازی

1 Keyfitz
2 Bryden
3 Towards Scenarios of U.S. Demographic Change (2015)

بسیار پیچیده و زمان‌بر بوده و نیاز به یادگیری و مهارت در زبان‌های برنامه‌نویسی دارد (گیلبرت و کونت[۱]،۱۹۹۴؛ مولنار[۲]، ۱۹۹۶؛ جورافسکی و مارتین[۳]، ۲۰۰۰؛ گیلبرت، ۲۰۰۸ ؛ گیلبرت و ترویتس[۴]، ۲۰۰۵). تولید زبان‌های برنامه‌نویسی شیءگرا و نرم افزارهای سازگار با زبان‌های برنامه‌نویسی شیءگرا امکان کدنویسی در زمان‌های کوتاه‌تر را فراهم نموده است. به علاوه، امکان لحاظ پیچیدگی‌های بیشتر در سطح خرد با توجه به امکانات نرم‌افزاری میسر گردیده است (بورشچیف،[۵] ۲۰۱۳). باید به این موضوع توجه نمود که برای استفاده از این ابزار در جمعیت‌شناسی نیاز به فراگیری الگوریتم‌های کدنویسی به خصوص کدنویسی به وسیله زبان‌های برنامه‌نویسی شیءگرا ضروری است. برای شکل‌گیری عامل، ساخت قانون[۶] و نحوه تولید ورودی‌های مدل آشنایی با ابزار داده‌کاوی[۷] برای مثال (درخت تصمیم‌گیری[۸]، شبکه عصبی[۹]...) و همچنین آشنایی با الگوریتم‌های هوشمند به منظور پیاده-سازی قوانین استخراج شده در ساخت مدل ضروری است. در جمع‌بندی می‌توان اینگونه بیان نمود که ساخت مدل‌سازی عامل محور ملزم به استفاده و کار با چندین نرم افزار قبل از ساخت مدل می‌باشد که این موضوع بر پیچیدگی‌های مدل‌سازی عامل محور می‌افزاید.

وجود چالش‌های جمعیتی در کشور ایران در حوزه‌هایی مانند ازدواج، طلاق، بیکاری، باروری و فرزندآوری، مهاجرت و... آمیخته با گستردگی روابط اجتماعی بین افراد در کنار ورود تکنولوژی‌ها و ابزار ارتباطی جدید و تغییر سبک زندگی، جمعیت‌شناسان را با یک سیستم پیچیده روبرو ساخته که امکان تجزیه و تحلیل مسائل آن با روش‌ها سنتی به سهولت میسر نخواهد بود. در این میان مدل‌سازی عامل محور با توجه به توضیحاتی که بیان شد به عنوان یک راهکار عملی مورد توجه قرار می‌گیرد. با استفاده از مدل‌سازی عامل محور و امکان مدل‌سازی

---

1 Gilbert and Conte
2 Molnar
3 Jurafsky and Martin
4 Troitzsch
5 Borshchev
6 Rule
7 Data Mining
8 Decision Tree
9 Neural Network

سناریو در این سبک از مدل‌سازی، می‌توان مدل را در سناریوهای استخراج شده از نظرات خبرگان علمی اجرا و بهترین راه کار در مواجهه با مساله را به وسیله شبیه‌سازی معرفی نمود. یک مورد از مزایای این روش عدم تحمیل هزینه‌های مالی و زمانی است که از اهمیت قابل توجهی برخوردار است. با ساخت مدل شبیه‌سازی در هر مساله گویی یک آزمایشگاه محاسباتی در کامپیوتر ساخته می‌شود که می‌توان به کمک آن بهترین راه حل برای مواجهه با مساله را با تولید سناریوهای مختلف انتخاب و بهترین راه حل را در اختیار برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران قرار داد.

برای مثال در ارتباط با کاربرد مدل‌سازی عامل محور در حوزه باروری در ایران می‌توان بیان کرد که دستیابی به باروری پائین‌تر ازسطح جانشینی یکی از چالش‌های جمعیتی کشور در حال حاضر است. سیاست‌ها و برنامه‌های مختلفی برای افزایش باروری به سطح جانشینی ارائه شده است، و مکانیسم و میزان تاثیرگذاری این سیاست‌ها با سوالات زیر روبروست. الف) اگر یک سیاست‌گذاری در حوزه باروری پایین پیشنهاد شود در صورت رخداد سناریوهای مختلف این سیاست‌گذاری منجر به چه نتایجی خواهد شد؟؛ ب) نقش افراد یک جامعه و تعاملات بین افراد به عنوان سطح خرد در مدل‌سازی منجر به چه نتایجی در سیاست‌گذاری‌های تنظیم شده در سطح کلان خواهد شد؟؛ و ج) چگونه می‌توان نظر خبرگان علمی را در قالب سناریوسازی و ارزیابی آن از طریق انجام آزمایش مبتنی بر سناریو به منظور بهبود و تاثیرگذاری هدفمند سیاست‌گذاری‌ها مورد بررسی قرار داد؟ پاسخ به سوالات فوق با استفاده از روش مدل‌سازی عامل محور امکان‌پذیر است که در حال حاضر توسط نویسندگان در حال بررسی و انجام است و نتایج آن در مقالات دیگری منتشر خواهد شد.

منابع:

- آذر، عادل و آرش صادقی .(۱۳۹۱)، " مدل‌سازی عامل بنیان رویکردی جدید در مسائل پیچیده اخلاقی"، ***فصلنامه اخلاق در علوم و فناوری***، سال هفتم، شماره یک ، صص: ۱۶-۶.

- آذر، عادل، سارنج، علیرضا، صادقی مقدم، علی اصغر، رجب زاده ، علی و هاشم معزز. (۱۳۹۷)، " مدل‌سازی عامل‌گرای رفتار سهامداران در بازار سرمایه ایران" ، ***فصلنامه تحقیقات مالی***، دوره ۲۰، شماره دوم، صص: ۱۵۰-۱۳۰.
- آذر فر، امیر، آذر، عادل و سیده زهرا کلانتری .(۱۳۹۶)، " *شبیه سازی تغییرات جمعیتی ایران با استفاده از مدل پایه عامل بنیان*" ***دوفصلنامه مطالعات جمعیتی***، دوره ۳، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۳۹۶، صص: ۳۸-۷.
- اصغر پور ماسوله، احمد رضا و سیده سمانه امیری .(۱۳۹۳)، "مدل‌سازی عامل محور" دومین کنفرانس علوم اجتماعی و جامعه شناسی، ۲۵ دی۱۳۹۳.
- امیر کافی، مهدی.(۱۳۸۵). " اهمیت و منطق مدل‌های چندسطحی در علوم اجتماعی " ***جامعه‌شناسی ایران***، شماره ۴،صص: ۳۸-۷.
- روشنی، سعید. (۱۳۹۷). " کاربرد مدل‌سازی در تحلیل سیستم‌های پیچیده اجتماعی: روش‌شناسی تحلیل سیستم‌های نوآوری "، ***سیاستنامه علمی و فن‌آوری*** ، دوره ۸، شماره ۲،صص ۷۰-۵۹.
- منصوری، سعیده، آذر ، عادل، دیواندری، علی و رسول رمضانیان. (۱۳۹۶). "شبیه‌سازی عامل بینان زنجیره تامین خدمت بانکداری بر مبنای منطق خدمت غلبه خدمت " ***مدیریت بازرگانی***، دوره ۹، شماره ۳ ، صص: ۶۸۸-۶۶۱.
- Ahlburg, D. A. (1995). "Simple versus complex models: Evaluation, accuracy and combining." *Mathematical Population Studies*, 5(3) :281–290.
- Alho, J. M. and B,D. Spencer (2005), *Statistical Demography and Forecasting*. Berlin–Heidelberg. Springer.
- Bijak, J. Courgeau,D. Silverman, E. and R,Franck. (2014). "Quantifying paradigm change in demography." *Demographic Research*, (30) : 912-923.
- Billari, F. Fent ,T. Prskawetz , A, and Scheffran, J.(2007)." The Wedding-Ring An agent-based marriage Model based on social interaction." *Demographic Reserch*, (17): 59-82.
- Billari, F,and Prskawetz, A. (2003). Agent-based computational demography*: Using simulation to improve our understanding of demographic behaviour*", Heidelberg: Physica Verlag.
- Billari, F. (2004). "Becoming an Adult in Europe: A Macro(/Micro)-Demographic Perspective." *Demographic Reserched*, 3(2): 15-44.
- Billari, F.(2015). "Integrating macro- and micro-level approaches in the explanation of population change." *Population Studies*, (69) :11-20.

- Billari, F.,and Prskawetz , A.(2005)." Studying population dynamics from the bottom-up: the crucial role of agent-based computational demography." *MIMEO:* 1-13.
- Billari, F; Fent,T; Prskawetz ,A .and Scheffran, J.(2006). *Agent –based Computational Modelling Applications in Demography, Application in Demography, Social, Economic and Environment sciences-Physican* –ver lag, A Springer Company.
- Bonabeau, E. (2001). "Agent based modeling: Methods and techniques for simulating human system." *National Academy of Science*,99(3): 7280-7287.
- Borshchev, A. (2013).*The big book of simulation modeling: multimethod modelling with AnyLogic*, North America.
- Burch, T. (2002)." Data, Models, Theory and Reality: The Structure of Demographic Knowledge." *Demographic Research*, 9(11): 21-35.
- Burch, T. (2003)." Demography in a new key: a theory of population theory." *Demographic Research*, 9(11): 263–284.
- Burch, T. (2018). *Model-Based Demography* :Springer Open.
- Chattoe, E. (2003). *The role of agent-based models in demographic explanation*: Springer Press.
- Choate, A,. P, Groth,. T, Hamilton,. C, Jemison,. N, Pavlenko,. M, Riley-Gilbert,. D, Spindler, and F, Sussman,(2015). Towards Scenarios of U.S. Demographic Change: Workshop Report. US Environmental Protection Agency, Washington DC. http://www.globalchange.gov/sites/globalchange/files/USGCRP_Workshop_Report-Towards_Scenarios_of_US_Demographic_Change.pdf
- Clark, S, Birkin, M, Heppenstall, A,.and Rees ,P. (2017)." Using 2011 Census data to estimate future elderly heath care demand". *In: Stillwell J and Duke-Williams O (eds) The Routledge Handbook of Census Resources, Methods and Applications: Unlocking the UK 2011 Census. London: Routledge*, 1-20.
- Coleman, J. S. (1986)." Social theory, social research, and a theory of action." *American Journal of Sociology*, 91(6):1309–1335.
- Coleman, J. S. (1990). *Foundations of Social Theory. Cambridge*: MA: Harvard University Press.
- Courgeau, D., Bijak, J., Franck, R.and Silverman, E. (2014)." Are the four Baconian idols still alive in demography." *Revue Quetelet/Quetelet Journal*, 2(2): 31–59.
- Courgeau, D., Bijak, J., Franck, R.and Silverman, E. (2017*). Model-based demography: Towards a research agenda*. In A, Grow and Van Bavel, J (Eds.), Agent-based modelling and population studies (Springer series on demographic methods and population analysis, 29–51.
- Courgeau, D. and Lelièvre, E. (1992). *Event history analysis in demography*: Oxford: Clarendon Press.
- Courgeau, D. (2007). *Multilevel synthesis: From the group to the individual*: Dordrecht, Springer.
- Courgeau, D. (2012). *Probability and social science: Methodological relationships between the two approaches Methodos series*: Dordrecht: Springer.
- Demeny, P. (2015)." Sub-replacement fertility in national populations: Can it be raised?." *Population Studies*, 69(1): 77-85.
- Epstein, J.M . and Axtell, R. (1996). *Growingn Artifical Societes, Social Sciences from the Bottom Up*, Brooking Institution press Washington, D.C, The MIT Press.

- Epstein, J.M. (2006). *Generative Social Science. Studies in Agent-Based Computational Modeling*: Princeton, Princeton University Press.
- Gilbert, N,. and Conte, R. (1994), S*imulation Societies: The computer simulation of social life*: The Mit Press.
- Gilbert,N ,.and Troitzsch, K.G. (2005*), Simulation for the social Scientist*: 2nd ed. Open University Press, Maidenhead.
- Gilbert,N. (2008), *Agent –Based Models*: Saga publications, London.
- Goldstein, H. (1987). *Multilevel models in educational and social research*, London: Arnold.
- Hajnal, J. (1955). "The prospects for population forecasts." *Journal of the American Statistical Association*, 50(270): 309–322.
- Hedström, P. and Swedberg, R.(1988). "Social mechanisms". *Acta Sociologica*, 39(3): 281-308.
- Hox, J. (2010). *Multilevel analysis: Techniques and applications*: 2nd, Lawrence Erlbaum Associates Publisher London.
- Jurafsky, D.,and Martin, J. H. (2000*) Speech and Language Processing*, An Introduction to Natural Language Processing, Computational Linguistics and Speech Recognition, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Keyfitz, N. (1981). "The limits of population forecasting". *Population and Development Review*, 7(4), 579–593.
- Kreager, P(2009). "Darwin and Lotka: two concepts of population." *Demographic Research* ,21(16): 469–502.
- Kreager, P. (1988). "New light on Graunt." *Population Studies*,42(1): 129–140.
- Kreager, P. (2008). "Aristotle and open population thinking." *Population and Development Review*, 34 (4): 599–629.
- Kreager, P.(2015)."Population theory—A long view." *Population Studies*, (69): 29-37.
- Lee, R. (2001). "Demography Abandons Its Core." *Berkeley, CA.* http://www.demog.berkeley.edu/~rlee/papers/FormalDemog.pdf.
- Lutz, W. (2012). "Demographic Metabolism: A predictive theory of socio-economic change." *Population and Development Review*, 38 (Supplement): 283-301.
- Molnar, P. (1996*)." A microsimulation tool for social forces*", U. Mueller. In K. G. Troitzsch Conference paper.
- Orrell, D. (2007). *The future of everything: The science of prediction*. New York: Thunders Mouth Press.
- Petri,Y.(2012)". Micro and Macro mechanisms*", In The Oxford Hand book of philosophy of the Social Sciences. Oxford University Press, New York*: 21-45.
- Rahmandad, H. & Sterman, J. (2004). "Heterogeneity and network structure in the dynamics of di_usion: comparing agent-based and differential equation models." Cambridge (Massachussets), Massachussets Institute of Technology, 31 p. (MIT Sloan Working Paper 4512-04).
- Russel, S.J.,and Norvey, P.(1995). *Artifical intelligence- A modern approach*: New Jerssy, Prentice Hall.
- Scott, A. (2001). *A computing strategy for SAGE: 1. Model options and constraints. Technical Note 2*, London, ESRC-Sage Research Group.

- Silverman, E .and., Bryden, J. (2007)." From artificial societies to new social science theory". Advances in Artificial Life. 9th European Conference - Lisbon, Portugal.
- Silverman, E., Bijak, J .,Hilton, J,.Cao ,V.and Noble, J.(2013). "When demography met social simulation: a tale of two modelling approaches*." Journal of Artificial Societies and Social Simulation* ,16(4): 1-17.
- Silverman, E. (2018). *Methodological Investigations in Agent-Based Modelling, With applications for the Social Sciences, Springer Open, Social and Public Health*, Sciences Unit University of Glasgow Glasgow, UK.
- Silverman, E., Bijak, J., and Noble, J. (2011)." *Feeding the beast: Can computational demographic models free us from the tyranny of data?*" Institute for Complex Systems Simulation Centre for Population Change School of Social Sciences University of Southampton, MIT Press, :747-754.
- Smith, H. L. (2003). "Some thoughts on causation as it relates to demography and population studies." *Population and Development Review*, 29(3): 459–469.
- Smith, S. K. (1997)." Further thoughts on simplicity and complexity in population projection models." *International Journal of Forecasting*, 13 (4): 557–565.
- Squazzoni, F. (2008),The micro-macro link in social simulation ,*Sociologica*, 1(2):1-26.
- Squazzoni, F.(2010),"The impact of agent based models in the social sciences after 15 years of incursions". *History of Economic Ideas*,18 (2):197-233.
- Squazzoni, F.(2012). *Agent-Based Computational Sociology* .University of Brescia, Italy, A John Wiley & Sons, Ltd, Publication.
- Squazzoni, F., and Boero, R.(2005)," Does Empirical Embeddedness Matter? Methodological Issues on Agent-Based Models for Analytical Social Science", *Artificial Societies and Social Simulation*. 8(4):103-133.
- Squazzoni, F.,and Boero, R. (2010), "Complexity-friendly policy modelling", *Inovation in Complex Social Systems*, (49):290-300.
- Taylor, S.J.E., and Simon. JE. (2014). *Agent-based Modeling and Simulation*, The OR Essentials series Series Standing Order, Brunel University, UK.
- Weise, G .(1999). *Multi agent System: A Modern Approach to Distributed Modern Approach to Artifical Intelligence*, The MIT University.
- Wilensky, U.,and William, R. (2016). "An Introduction to Agent-Based Modeling Modeling Natural, Social, and Engineered Complex Systems with NetLogo." *The MIT Press Cambridge, Massachusetts London, England on Review*, 31 (1): 77–124.
- Willekens, F. (2005)." Biographic forecasting: Bridging the micro–macro gap in population forecasting." *New Zealand Population Review*, 31 (1):77–124.
- Wooldridge, M. ,and Jeninge N.R (1995)."Intelligent Agent: Theory and Practice." *Journal of the Knowledge Engineerings Rewiew*, 10 (2): 115-152.
- Xie, Y. (2000)."Demography: past, present, and future." *Journal of the American Statistical Association* ,95(450): 670–673.
- Yang, Z. (2016), "An Agent-Based Dynamic Model of Politics, Fertility and Economic." *Journal of Systemics Cybernetics and Informatics*, (4): 99-103.

Journal of Population Association of Iran, Vol.15, No.30, Winter 2021

Original Research Article

The evolutionary path of demography from the beginning to the emergence of agent-based modeling

Mohammad Jalal Abbasi-Shavazi[1], Nasibeh Esmaeili[2]

Abstract Application of the agent-based modeling in analyzing population issues has attracted the attention of demographers, and the status of demography in deeper understanding of population trends has been improved. The aim of this paper is to review the evolutionary path of demography from the beginning to the emergence and usage of the agent-based modeling in population studies. The literature review revealed the inability of demographic paradigms in connecting the micro and macro levels as one of the main limitations in the analysis of complicated demographic issues. Today, the agent-based modeling is of particular importance among demographers due to development of mathematics and production of powerful software and processors. Policy making based on the agent-based modeling is an efficient approach with the ability to analyze the micro- and macro-level relationships, increaseing the likelihood of achieving the goals pursued by macro policies. By reviewing the evolution of different paradigms and expressing the need to use the agent-based modeling approach in the process of demographic analysis, this article reviews and introduces the position of the agent-based modeling with its strengths and weaknesses in comparison with other paradigms. Finally, some suggestions for using the agent-based modeling in the analysis of Iran's demographic issues are presented.

Keywords Agent-based modeling, paradigm, policy-making, micro and macro levels, demography

Received: 2020.12.25 Accepted: 2021.04.14

1 Professor of Demography, University of Tehran mabbasi@ut.ac.ir
2 PhD student in Demography, University of Tehran (Corresponding Author), nasibeh.esmaeli@ut.ac.ir

DOI: https://dx.doi.org/10.22034/jpai.2021.521779.1173