دوفصلنامه مطالعات جمعیتی، دوره ۷، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۰ (۲۹۲-۲۵۷)

مقاله مروری

DOI: 10.22034/jips.2021.263638.1091

معرفی مدل‌سازی عامل‌بنیان در تبیین باروری پایین[۱]

محمدجلال عباسی شوازی*، نصیبه اسمعیلی**

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱/۲۵)

چکیده

یکی از اهداف مهم در جمعیت‌شناسی کمک به اتخاذ سیاست‌های مناسب و تأثیرگذار در مواجهه با باروری پایین می‌باشد. این موضوع برای ایران با توجه به تجربه باروری پایین‌تر از حد جانشینی اهمیت ویژه‌ای دارد، و در سال‌های اخیر مطالعاتی با استفاده از روش‌های تحلیلی برای تبیین باروری انجام‌شده است. در این مقاله ابتدا ضمن مروری اجمالی بر این مطالعات، روش‌های تحلیلی تبیین باروری پایین نقد و بررسی می‌شود. عدم وجود یک رابطه خطی، یکنواخت و همگن بین متغیرهای مستقل تأثیرگذار بر باروری پایین و عدم درک عمیق از سیستم پیچیده باروری پایین مواردی هستند که در مطالعات انجام‌شده مشهود است. روش مدل‌سازی عامل‌بنیان به‌عنوان یک ابزار تکنیکی و راهکار مناسب مبتنی بر برنامه‌نویسی کامپیوتری معرفی می‌شود که می‌تواند محدودیت‌های موجود در روش‌های تحلیلی را بر طرف نماید. امکان ایجاد ارتباط بین سطوح خرد و کلان، و نیز مدل‌سازی سیستم‌های پیچیده نقاط قوت روش‌های عامل‌بنیان در تبیین باروری پایین می‌باشند.

کلیدواژه‌ها: باروری پایین، برنامه‌نویسی کامپیوتری، سیستم پیچیده، مدل‌سازی عامل‌بنیان، روش‌های تحلیلی.

---

۱. این مقاله برگرفته از رساله دوره دکتری نویسنده دوم می‌باشد.

* استاد جمعیت‌شناسی، گروه جمعیت‌شناسی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران؛ استاد افتخاری دانشگاه ملبورن، ملبورن، استرالیا.

E-mail: mabbasi@ut.ac.ir

** دانشجوی دوره دکتری جمعیت‌شناسی، گروه جمعیت‌شناسی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران (نویسنده مسئول).

E-mail: nasibeh.esmaeli@ut.ac.ir

مقدمه

یکی از چالش‌های جمعیتی در نیمه دوم قرن بیستم در جهان و ایران رشد سریع جمعیت به‌واسطه باروری بالا بود. امروزه با توجه به اینکه باروری در بسیاری از کشورها به زیر سطح جانشینی کاهش یافته است، دغدغه جمعیتی متمرکز بر مسأله باروری پایین و زیر سطح جانشینی می‌باشد. کشورهای پیشرفته صنعتی، باروری پایین را برای چندین دهه تجربه کرده‌اند (کوهلر و همکاران[۱]، ۲۰۰۲ ؛ کالدول[۲]، ۲۰۰۶). بااین‌حال، این مسأله دیگر تنها مربوط به کشورهای توسعه‌یافته و غربی نیست، زیرا تقریباً بیش از نیمی از جمعیت جهان در کشورهایی با باروری پایین و زیر سطح جانشینی زندگی می‌کنند (ویلسون[۳]، ۲۰۰۴). انتظار می‌رود تا اواسط قرن بیست‌ویکم، سه‌چهارم کشورهای درحال‌توسعه، باروری زیر سطح جانشینی را تجربه نمایند (فریکا و راس[۴]، ۲۰۰۱؛ استارک وکوهلر[۵]، ۲۰۰۲). در اوایل قرن بیست‌ویکم فقط سه درصد از جمعیت جهان در کشورهایی زندگی می‌کردند که کاهش باروری را تجربه نکرده بودند (مورگان[۶]، ۲۰۰۳). ازاین‌رو، با توجه به جهان‌شمولی کاهش باروری و پیامدهای آن، باروری پایین به یک حوزه مهم در تحقیقات جمعیت‌شناسی تبدیل شده است (بونگارتز و بولاتو[۷]، ۲۰۰۰؛ لوتز[۸]، ۲۰۰۶).

مطالعات متعددی به تبیین باروری زیر سطح جانشینی پرداخته‌اند. برخی از آنها، کاهش باروری را به بهبود پایگاه و افزایش استقلال زنان نسبت داده‌اند (میسون[۹]، ۱۹۹۷). مدرنیزاسیون و توسعه‌یافتگی جوامع (نتشتاین[۱۰]، ۱۹۵۳)، به تأخیر انداختن ازدواج و فرزندآوری (بونگارتز [۱۱]، ۲۰۰۲)، عدم امنیت اقتصادی (کوهلر و ارتگا[۱۲]، ۲۰۰۲)، ورود زنان به بازار کار و افزایش مشارکت زنان در نیروی کار (بلاسفلد و هیونیتک[۱۳]، ۱۹۹۱؛ گوستفلون و کالویج [۱۴]، ۲۰۰۶؛

1. Kohler
2. Caldwell
3. Wilson
4. Frejka and Ross
5. Stark and Kohler
6. Morgan
7. Bongaarts & Bulatao
8. Lutz
9. Mason
10. Notestein
11. Bongaarts
12. Kohler & Ortega
13. Blossfeld & Huinink
14. Gustafsson & Kalwij

گلدین[۱]، ۲۰۰۶؛ بیورکلوند[۲]، ۲۰۰۶)، تغییر ترجیحات باروری (بونگارت، ۲۰۰۲؛ بیلاری و همکاران[۳]، ۲۰۰٤)، برابری جنسیتی (میلز و همکاران[٤]، ۲۰۰۸ ؛ میلز و همکاران، ۲۰۱۱؛ میسون[٥]، ۱۹۸۷؛ مکدونالد[٦]، ۲۰۰۱، ۲۰۱۳)، افزایش سطح تحصیلات (لوتز و کی سی[۷]، ۲۰۱۱) و اجرای سیاست‌های جمعیتی توسط دولت‌ها (کالدول[۸]، ۱۹۹۳) از عوامل تعیین‌کننده باروری پایین قلمداد شده‌اند. نتایج تحقیقات نشان داده است که نگرش‌ها و ارزش‌های فرزندآوری عامل مؤثری در فرآیند تصمیم‌گیری باروری است. کاهش ارزش فرزند، افزایش هزینه و کاهش منافع ناشی از داشتن فرزند زیاد را نیز می‌توان به‌عنوان دلایل دیگر کاهش باروری مطرح نمود (فریدمن، ۱۹۸۷[۹]؛ گلدشتاین[۱۰]، ۲۰۰٦؛ ناک و کلاس[۱۱]، ۲۰۰۷؛ بوهلر[۱۲]، ۲۰۰۸؛ کاگیتکیباسی و اتکا[۱۳]، ۲۰۱۵؛ اولیویرا[۱٤] ، ۲۰۱٦).

ایران از اوایل دهه ۱۳۸۰ باروری حد جانشینی و پایین‌تر از آن را تجربه کرده است. مطالعات انجام‌شده در مورد سطح و روند باروری در ایران حاکی از آن است که در سه دهه اخیر باروری کاهش چشمگیری داشته است (عباسی شوازی و همکاران، ۲۰۰۹). میزان باروری کل در اوایل دهه ۱۳٤۰ حدود ۷ فرزند برای هر زن در سن باروری بوده، که با کاهش اندک در نیمه اول دهه ۱۳۵۰ به حدود ٦/۵ فرزند کاهش یافت (عباسی شوازی، ۱۳۸۱؛ عباسی شوازی و مکدونالد[۱۵]، ۲۰۰٦). در زمان انقلاب میزان باروری کل به ۷ فرزند برای هر زن رسید، ولی متأثر از توسعه بهداشت در روستاها و انجام گسترده واکسیناسیون در مراکز بهداشت در دهه ۱۳٦۰، میزان مرگ‌ومیر کودکان کاهش پیدا کرد. بهبود احتمال بقاء نوزادان، به تقاضای کمتر برای فرزند منجر

1. Goldin
2. Bjorklund
3. Billari et al
4. Mills et al
5. Mason
6. McDonald
7. Lutz and K.C
8. Caldwell
9. Freedman
10. Goldstein
11. Nauck & Klaus
12. Buhler
13. Kagitcibasi & Ataca
14. Oliveira
15. Abbasi-Shavazi & McDonald

شد و به‌تبع‌آن تقاضا برای خدمات تنظیم خانواده افزایش یافت. ارائه خدمات تنظیم خانواده به‌صورت گسترده و رایگان در مراکز بهداشتی، افزایش سطح تحصیلات زنان، بالارفتن سن ازدواج، توسعه و آبادانی روستاها، هنجار شدن دو فرزند برای خانواده‌ها در جامعه، زمینه‌های کاهش باروری را در ایران به وجود آورد (عباسی شوازی و همکاران، ۲۰۰۳؛ آقاجانیان و مهریار[1] ۱۹۹۹)، و میزان باروری در سال ۱۳۷۵ به ۲/۷ فرزند و در سال ۱۳۷۹ به سطح جانشینی (۲/۱ فرزند) رسید (عباسی شوازی، ۱۳۸۱). میزان باروری کل در ایران در سال ۱۳۸۵ به پایین‌تر از سطح جانشینی و حدود ۱/۹ فرزند رسید و سپس در سال ۱۳۹۰ به حدود ۱/۸ فرزند کاهش یافت (عباسی شوازی، حسینی چاوشی،۱۳۹۰؛ ۱۳۹۲)، ولی مجدداً با اندکی افزایش در سال ۱۳۹۵ به ۲/۰۱ فرزند افزایش یافت. سپس از سال ۱۳۹۷ به بعد میزان باروری کل روند کاهشی یافت و در سال ۱۳۹۸ به حدود ۱/۸ فرزند رسید (مرکز آمار ایران، ۱۳۹٦، سازمان ثبت احوال ایران، ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸).

بیشتر پژوهش‌های صورت‌گرفته در حوزه باروری پایین در ایران، به افزایش سطح تحصیلات زنان به‌عنوان یکی از عمده‌ترین متغیرها در تحلیل کاهش باروری اشاره داشته‌اند (عباسی شوازی و همکاران، ۲۰۰۷؛ کلانتری و همکاران، ۱۳۸۹؛ شهبازی، ۱۳۷۷؛ مطیع حق‌شناس، ۱۳۸۲؛ عباسی شوازی و علی‌مندگاری، ۱۳۸۹؛ ترابی، ۱۳۹۱؛ صادقی و اسمعیلی، ۱۳۹۹). پس از تحصیلات، سن ازدواج به‌عنوان تعیین‌کننده کاهش باروری در بیشتر مطالعات اعلام شده است (محمودیان، ۱۳۸۳؛ کنعانی، ۱۳۸۵؛ عباسی شوازی و همکاران، ۲۰۰۹). افزایش استقلال زنان (عباسی‌شوازی و خواجه صالحی، ۱۳۹۲؛ عباسی شوازی و علی‌مندگاری، ۱۳۸۹)، ارائه، گسترش و اثربخشی برنامه‌های تنظیم خانواده (عباسی شوازی و همکاران ، ۲۰۰۹؛ عرفانی و مک کوییلان [2]۲۰۰۸)، توسعه‌یافتگی (ضیایی بیگدلی و همکاران، ۱۳۸۵؛ محمودیانی و صادقی، ۱۳۹۳)، تغییر در ارزش‌های فرزندآوری (رازقی نصرآباد و سرایی، ۱۳۹۳)، تحولات خانواده (عباسی شوازی و همکاران، ۲۰۰۷، ۲۰۰۳؛ عباسی شوازی و عسکری ندوشن، ۱۳۸٤)، تغییر در الگوهای فرزندآوری (حسینی‌چاوشی و همکاران[3]، ۲۰۰٦)، ناامنی اقتصادی (عباسی شوازی و خانی، ۱۳۹۳؛ عباسی شوازی، رازقی نصرآباد و حسینی چاووشی، ۱۳۹۹)، تأثیر شبکه‌های

1. Aghajanian & Mehryar
2. McQuillan
3. Hosseini-Chavoshi et al

اجتماعی (عباسی شوازی و دوراهکی، ۱۳۹۶؛ ۱۳۹۷؛ صادقی و محسن آبادی، ۱۳۹۶)، و تأثیر نگرش زوجین در مورد دین‌داری (مدیری و رازقی نصرآباد، ۱۳۹٤) از جمله عوامل دیگر کاهش باروری در ایران ذکر شده‌اند.

در مجموع، مطالعات انجام‌شده از روش‌های آماری به جز شبیه‌سازی که در این مقاله ابزارهای تحلیلی[۱] نام برده می‌شود در استخراج نتایج بهره برده، و زوایایی از باروری پایین را روشن نموده‌اند. بااین‌حال روش‌های تحلیلی به‌دلیل وابستگی به روابط ریاضی در توصیف سیستم‌های پیچیده با محدودیت روبه‌رو هستند و برای برطرف کردن این مانع نیازمند ساده‌سازی روابط حاکم بر مسأله می‌باشند. بررسی یافته‌های مطالعات باروری پایین عدم وجود یک رابطه خطی و یکنواخت[۲] بین باروری پایین و عوامل تأثیرگذار بر آن را آشکار می‌کند. به‌عنوان مثال، نتایج برخی از این مطالعات بیانگر عدم وجود یک رابطه یکنواخت و خطی[۳] بین باروری و درآمد، آموزش، توسعه، مشارکت زنان در نیروی کار و یا برابری جنسیتی می‌باشند. ازاین‌رو، با اتکا بر روش‌های تحلیلی و آماری موجود دیگر نمی‌توان فرایند باروری پایین را با دقت و گستردگی لازم از طریق متغیرهای مستقلی که بر باروری تأثیر می‌گذارند تبیین نمود. استفاده از روش‌های شبیه‌سازی و مدل‌سازی به‌منظور غلبه بر محدودیت‌های موجود در روش‌های تحلیلی برای مطالعات باروری به‌عنوان گزینه‌ای مناسب پیشنهاد شده است (جیلیو[٤] و همکاران، ۲۰۱۳). این سبک از مدل‌سازی می‌تواند پارامترهای مؤثر بر رفتار باروری و تعاملات موجود بین زنان در سطح خرد را از طریق کدنویسی پیاده‌سازی نماید، و سپس بر مبنای مدل ساخته‌شده در سطح خرد، به نتیجه‌گیری در سطح کلان بپردازد.

در این مقاله، ابتدا محدودیت‌های موجود در روش‌های تحلیلی برای تبیین باروری پایین معرفی می‌شوند. سپس، با توجه به تمرکز مقاله بر مدل‌سازی‌های عامل‌بنیان، مبانی نظری مدل‌سازی در جمعیت‌شناسی با رویکرد پیدایش و تکامل مدل‌ها بررسی می‌شوند. در ادامه، مدل‌سازی عامل‌بنیان به‌عنوان یک سبک در مدل‌سازی معرفی می‌گردد، و ضرورت استفاده از آن در مطالعات مربوط به حوزه باروری پایین مورد بررسی و نقد قرار می‌گیرد.

---

۱. Analytical Tools (منظور استفاده از روش‌های آماری به جز شبیه‌سازی می‌باشد).

2. Monotonic relationship

3. Monotonic

4. Giulio et al

محدودیت‌های موجود در روش‌های تحلیلی و ورود به مدل‌سازی

مطالعات صورت‌گرفته در حوزه باروری پایین به‌طور قابل‌توجهی مبتنی بر روش‌های تحلیلی[1] می‌باشند. به‌دلیل محدودیت‌هایی که در ابزارهای تحلیلی وجود دارد نمی‌توان با این ابزار به بررسی عمیق‌تر مسائل در دنیای واقعی پرداخت. ازجمله این محدودیت‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- پارامترهای مدل باید قابل مدیریت باشند؛
- رفتار باید خطی باشد؛
- روابط بین متغیرها مشخص باشد؛
- ساخت مدل ذهنی از مسأله ساده باشد؛
- عدم توانایی در مواجهه با یک سیستم که دارای تعداد زیادی پارامترهای نایقینی[2] باشد (بورشچف[3]، ۲۰۱۳).

با توجه به نقاط ضعف روش‌های تحلیلی که در فوق به آنها اشاره شد، این ابزار در تحلیل سیستم‌های پیچیده[4] مانند باروری پایین با انبوهی از پارامترها که بر عملکرد سیستم اثرگذار هستند روبرو می‌شود. در این‌گونه سیستم‌ها رفتارها معمولاً غیرخطی بوده و روابط بین متغیرها عموماً واضح نیستند، و بنابراین نمی‌توان به‌طور قطعی در مورد نحوه تأثیر مؤلفه‌های سیستم بر روی یکدیگر اظهار نظر نمود. تنوع در نوع وابستگی بین متغیرها در سیستم‌های واقعی گواهی بر این ادعا است. به‌عنوان نمونه می‌توان به وابستگی‌های زمانی، علّی و معلولی اشاره کرد. با تمرکز بر واقعی‌سازی مسأله به‌دلیل ورود پارامترهای بیشتر نقش راه‌حل‌های تحلیلی کم‌رنگ‌تر، و مدل‌های شبیه‌سازی کارآمدتر می‌شود.

با توجه به محوریت مدل‌سازی در این مقاله، در بخش‌های بعد، به بررسی و ریشه‌یابی فلسفی مدل‌سازی و نقش آن در مطالعات جمعیتی پرداخته می‌شود. دراین‌راستا، علم مبتنی بر مدل و پیدایش و تکامل مدل‌ها طی زمان و همگام با پیشرفت‌های نرم‌افزاری مورد بحث قرار می‌گیرند.

---

1. Analytical Solution

۲. Uncertainty (پارامترهایی که مقدار دقیقی ندارند و از طریق توزیع‌های احتمالی مقدارگیری می‌کنند).

3. Borshchev

٤. 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.

مبانی نظری مدل‌سازی در جمعیت‌شناسی

در قرن بیستم، علوم اجتماعی از جمله جمعیت‌شناسی، تحت تأثیر دیدگاه تجربی‌گرایانه منطقی[۱] از علم قرار داشت. مطابق این دیدگاه، نظریه، خلاصه‌ای از آنچه در یک زمینه شناخته می‌شود، مبتنی بر تعمیم‌های معتبر تجربی یا قوانین است. بسیاری از نظریه‌پردازان علوم اجتماعی به تجربی‌گرایی منطقی به‌ویژه در مباحث روش‌شناختی این دیدگاه انتقاد کرده‌اند. بر اساس انتقاداتی که در بحث تعمیم‌پذیری قوانین در تجربه‌گرایی منطقی مطرح شد، دیدگاه مبتنی بر مدل[۲]، در تقابل آگاهانه با تجربه‌گرایی منطقی فلسفه حاکم بر علوم اجتماعی در نیمه دوم قرن بیستم توسعه یافت. این دیدگاه بر مشاهده تجربی تأکید دارد و یک بینش جدید در فلسفه علم محسوب می‌شود که به‌عنوان دیدگاه معنایی[۳] و توصیفی شناخته شده است. این رویکرد ریشه در آثار رونالد گیر[۴] (۱۹۹۹–۱۹۸۸)، فیلسوف آمریکایی دارد. ناتان کیفیتز[۵] نیز ایده علم مبتنی بر مدل را در سال ۱۹۷۱ به جمعیت‌شناسی معرفی نمود ولی این ایده، هرگز تبدیل به جریان اصلی در این رشته نشد (برچ[۶]، ۲۰۰۲). وی در مقاله‌ای در سال ۱۹۷۵، استدلال می‌کند که بیشترین دانش جمعیت‌شناسی با استفاده از مدل‌های انتزاعی[۷] تولید شده است. سیلورمن[۸]، بیجاک[۹]، فرانک[۱۰]، بیلاری، برچ[۱۱] و بسیاری از جمعیت‌شناسان دیگر در حوزه مدل‌سازی، تکامل جمعیت‌شناسی را علم مبتنی بر مدل می‌دانند که ریشه در برنامه علمی کلاسیک دارد (کارگیو و همکاران[۱۲]، ۲۰۱۷؛ سیلورمن، ۲۰۱۳؛ ۲۰۱۸؛ بیجاک و همکاران، ۲۰۱۸؛ برچ ، ۲۰۰۲ ، ۲۰۰۳، ۲۰۱۸؛ بیلاری و همکاران، ۲۰۰۶).

در بینش حاضر، مدل، نمایشی انتزاعی[۱۳] از دنیای واقعی است که ممکن است حاوی اصول

1. Logical Empiricist View
2. Model-based View
3. Semantic
4. Ronald Giere
5. Nathan Keyfitz
6. Burch
7. Abstract Models
8. Silverman
9. Bijak
10. Frank
11. Burch
12. Courgeau et al
13. Abstract Representation

اساسی باشد که به‌طورکلی به‌عنوان قانون در نظر گرفته می‌شود. این قوانین فقط یک مدل انتزاعی را متبلور می‌سازند. این دیدگاه با بسیاری از قوانین تجربه‌گرایی منطقی مخالف است، که در آن نظریه، مبتنی بر قوانین تجربی است و درست یا نادرست بودن نظریه با تطابق آن با داده‌ها سنجیده می‌شود. البته در رویکرد علم مبتنی بر مدل نیز با داده‌های تجربی مرتبط است اما این تطابق به این دلیل صورت می‌پذیرد، که آیا مدل مورد نظر به اندازه کافی برای یک هدف خاص سازگار است یا خیر؟ (گیر، ۱۹۹۹).

به‌عبارتی‌دیگر، از دیدگاه گیر، مدل عبارت است از هرگونه نمایش انتزاعی از بخشی از دنیای واقعی که به‌منظور درک، توضیح، پیش‌بینی یا کنترل ساخته شده است. گیر، سه نوع مدل را از هم متمایز می‌کند:

مدل‌های فیزیکی[1] (برای مثال، یک اتومبیل در یک تونل بادی یا یک مدل فیزیکی از اتم هیدروژن)؛

مدل‌های بصری[2] (برای مثال، یک نمودار انتقال جمعیتی)؛

مدل‌های نظری[3] (به‌عنوان مثال، نظریه تکامل).

مدل‌های فیزیکی، ارتباط چندانی با جمعیت‌شناسی و سایر علوم اجتماعی ندارند. مدل‌های بصری پتانسیل بالایی دارند، اما به اندازه کافی مورد استفاده قرار نمی‌گیرند و حجم گرافیکی در جمعیت‌شناسی محدود به نمایش توزیع‌های فراوانی داده، سری‌های زمانی و ساختارهای سنی به جای فرایندها یا سیستم‌ها است. مدل‌های نظری را می‌توان در زبان معمولی، سیستم‌های منطقی و ریاضی بیان کرد. از دیدگاه گیر، اصطلاح مدل نظری، به یک مدل کلی یا به یکی از نسخه‌های خاص آن اشاره دارد که با مشخص کردن مقادیر منحصربه‌فرد برای همه پارامترها و شرایط اولیه به‌دست می‌آید (گیر، ۱۹۹۹).

در دیدگاه علم مبتنی بر مدل، هیچ تمایز واضحی بین مدل‌ها و نظریه‌ها وجود ندارد. مجموعه‌ای از مدل‌های کوچک مربوط به یک حوزه خاص را می‌توان نظریه نامید. مدل‌ها، تعداد کمی متغیر را شامل می‌شوند و به گونه‌ای ساخته می‌شوند که بخش‌های بسیار محدودی از دنیای واقعی را نشان دهند. اما نظریه می‌تواند به سیستم ایده‌های بسیار کلی (مثلاً نظریه نسبیت یا

1. Physical Models
2. Visual Models
3. Theoretical Models

نظریه انتقال) اشاره داشته باشد که سعی در ارائه سیستم‌های بزرگتر و پیچیده‌تر دنیای واقعی دارد. مدل نظری یک سیستم صوری [1]است و از مجموعه قضایایی [2] تشکیل شده که شامل هدف [3]، متغیرها و روابط بین آنها می‌شود که باید کاملاً واضح و منطقی باشد. یک مدل نظری در تلاش برای بازنمایی یا توضیح برخی واقعیت تجربی ساخته شده است. اما نیازی به آن نیست که از تعمیم تجربی حاصل شود. آنها هرگز نمی‌توانند کاملاً و به معنای واقعی کلمه درست باشند زیرا همیشه نماینده‌های [4] جزئی و تقریبی یک بی‌نهایت از دنیای واقعی پیچیده به‌شمار می‌روند. علم نمی‌تواند حقایق جهانی مربوط به همه پدیده‌های طبیعی را نشان دهد، بلکه مدل‌هایی از واقعیت را بیان می‌کند که درجات مختلفی از وسعت و دقت را نمایش می‌دهند که گیر از آن به‌عنوان «اقع‌گرایی بدون حقیقت[5]» یاد می‌کند. یک مقایسه مفید بین مدل‌های علمی (نظری) و نقشه‌ها توسط گیر بیان شده است، وی نقشه را به‌عنوان بازنمودهای [6] ساده‌ای از محیط فیزیکی تلقی می‌کند، که به‌طور معمول از نظر وسعت و جزئیات [7] با یکدیگر متفاوت هستند، اما همه نمایانگرهای انتزاعی واقعیت هستند.

در بینش حاضر، همه مدل‌ها تقریبی هستند، زیرا دارای تعداد محدودی از متغیرها هستند. هیچ مدلی نمی‌تواند ویژگی‌های بی‌شمار دنیای واقعی را منعکس کند، و سرانجام، هر مدلی قرار است با مراجعه به هدفی ارزیابی شود که برای آن طراحی یا ساخته شده است. برازش [8] یک مدل با بخشی از دنیای واقعی، موضوعی برای بررسی تجربی است. این تحقیق تجربی است که مدل و داده‌ها را به هم پیوند می‌دهد. تصمیمات در مورد اینکه آیا مدل‌ها متناسب با جهان واقعی هستند یا خیر، براساس قضاوت علمی، نه بر اساس معیارهای کاملاً منطقی، صورت می‌پذیرد (برچ، ۲۰۰۲ و ۲۰۰۳).

میهان [9] (۱۹۸۶) استدلال می‌کند که تجربه‌گرایی منطقی (اثبات گرایی) که به‌دنبال جستجوی تجربی جهانی تعمیم‌ها می‌باشد، عمدتاً در علوم اجتماعی محکوم به شکست است. وی به جای

1. Formal System
2. Propositions
3. Objects
4. Representations
5. Realism without Truth
9. Representations
7. Scope
8. Fit
9. Meehan

آن، استفاده از «سیستم‌ها» و «مدل‌ها» را معرفی می‌کند و این سؤال را مطرح می‌کند که آیا این سیستم‌ها به اندازه کافی شبیه به بخشی از دنیای واقعی هستند تا پژوهشگر را به هدفش برسانند؟ شبیه‌سازی به‌عنوان یک مدل انتزاعی می‌تواند در تحلیل نحوه عملکرد، تبیین و پیش بینی سیستم‌های موجود در دنیای واقعی مورد استفاده قرار بگیرد (برچ، ۲۰۰۳). با توجه به پیچیدگی حاکم بر سیستم‌های اجتماعی و جمعیتی، مدل‌سازی کامپیوتری به‌عنوان راهکاری کاربردی معرفی می‌شود. مدل استفاده شده در کامپیوتر همان سیستم شبیه‌سازی شده بر اساس روابط ریاضی است که به‌وسیله زبان‌های برنامه‌نویسی در محیط‌های نرم‌افزاری پیاده‌سازی می‌شود. هر مدل توصیفی به زبان ریاضی و منطق از یک فرآیند اجتماعی ارائه می‌دهد که هدف خاصی را دنبال می‌نماید و عملکرد آن با استناد به میزان تحقق هدف مورد نظر در مدل‌سازی ارزیابی می‌گردد.

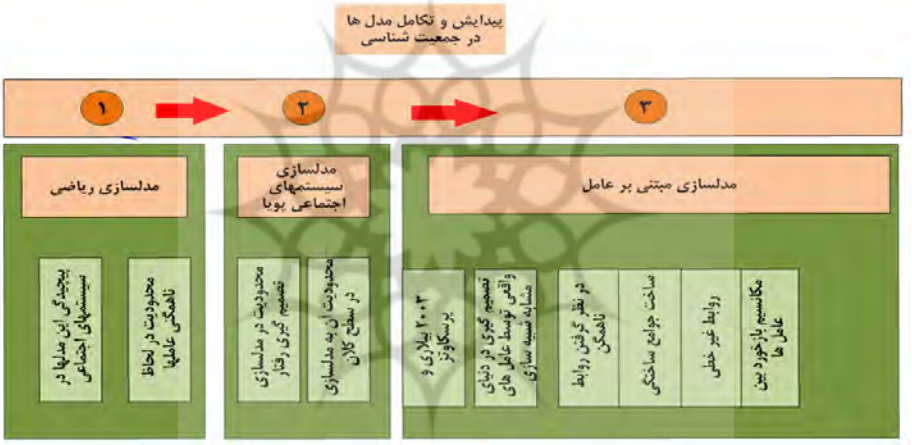
پیدایش و تکامل مدل‌ها در جمعیت‌شناسی

جمعیت‌شناسی ابتدا شاهد رشد مدل‌های ریاضی بوده است که در آنها یک مدل برای یک هدف خاص ساخته می‌شود و عملکرد آن با صراحت با استناد به آن هدف قضاوت می‌شود. این مدل‌ها قادر به اندازه‌گیری روابط بین عامل‌های ناهمگن نبودند. همچنین در این سبک مدل‌سازی روابط پیچیده بین متغیرها به چند رابطه ساده تقلیل داده می‌شود و استفاده آن برای سیستم‌های پیچیده نامناسب می‌باشد. یوجین و مهمان[1] در سال ۱۹۸٦ یک پارادایم سیستم معرفی نمودند که در آن برای ارزیابی مدل‌ها بر سازگاری منطقی با داده‌ها تأکید شده است (برچ، ۲۰۰۲). رابرت هانمن[2] (۱۹۸۸) مدل‌سازی سیستم‌های اجتماعی پویا را به‌عنوان یک ابزار نظری بالقوه برای جمعیت‌شناسان و دیگر دانشمندان علوم اجتماعی ارائه کرد که در آن به‌جای مطالعه تک‌به‌تک عامل‌ها و افراد به مطالعه ویژگی‌های سیستم پرداخته می‌شود. این مدل‌سازی در سطح کلان و کلّیت رفتار سیستم در طول زمان و چگونگی تغییرات آنها کاربرد دارد (برچ، ۲۰۰۲ و ۲۰۱۸).

در ادامه به‌دلیل پیشرفت‌های مهم در فن‌آوری اطلاعات، سخت‌افزار و همچنین تکنولوژی نرم‌افزاری، مدل‌سازی عامل‌بنیان به‌عنوان یک ابزار قدرتمند در مدل‌سازی از پایین به بالا معرفی شدند. این مدل‌ها قادر به در نظر گرفتن مکانیسم باز خورد بین عامل‌ها بوده و برخلاف مدل‌های

1. Eugene & Meehan
2. Robert Hanneman

ریاضی قادر هستند عوامل ناهمگن و روابط غیرخطی را وارد مدل نمایند. ازسوی‌دیگر، این سبک مدل‌سازی این امکان را فراهم می‌کند که جوامع ساختگی را به‌صورت نرم‌افزاری ساخت که الزاماً به جوامع کنونی شباهت ندارند. چنین جوامع ساختگی می‌توانند به‌عنوان آزمایشگاه محاسباتی جهت تجزیه و تحلیل نظریات و سیاست‌ها مورد استفاده قرار بگیرند. در مدل‌سازی عامل‌بنیان تلاش می‌شود فرآیند تصمیم‌گیری در دنیای واقعی توسط عامل‌های مشابه شبیه‌سازی گردد. این مدل‌سازی در سال ۲۰۰۳ توسط بیلاری و پرسکاوتز[1] به جمعیت‌شناسی معرفی شد (بیلاری و پرسکاوتز،۲۰۰۳؛ سینگ و همکاران[2]، ۲۰۱۵). در شکل ۱ نحوه پیدایش و تکامل مدل‌ها در جمعیت‌شناسی به‌صورت شماتیک نشان داده شده است. در ادامه مقاله به معرفی مدل‌سازی عامل‌بنیان و نحوه شکل‌گیری این سبک از مدل‌سازی پرداخته خواهد شد.



شکل ۱: پیدایش و تکامل مدل‌ها در جمعیت‌شناسی

معرفی مدل‌سازی عامل‌بنیان

مدل‌سازی عامل‌بنیان 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 عامل‌بنیان عناصری همانند نظریه

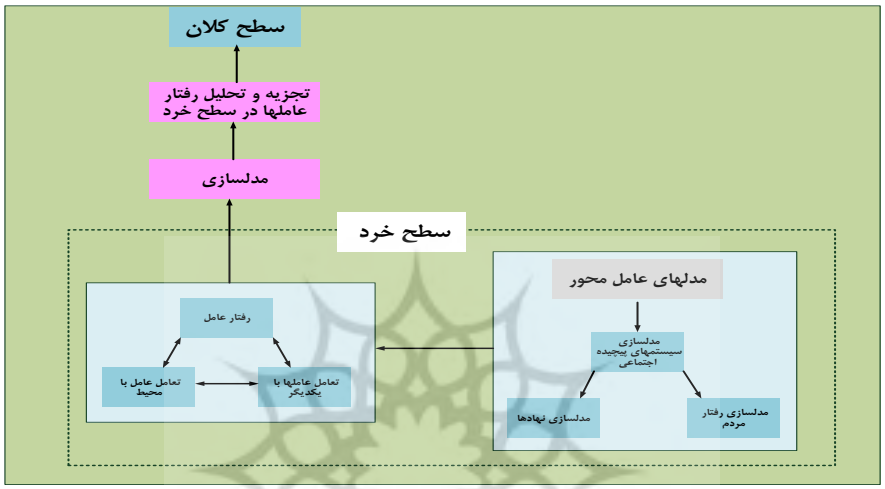
1. Prskawetz
2. Singh et al

بازی[۱]، سیستم‌های پیچیده[۲]، ظهور یافتگی، علوم اجتماعی محاسباتی[۳]، سیستم‌های چند عاملی[٤] و روش‌های مونت کارلو [٥]را با یکدیگر ترکیب می‌کند (روشنی، ۱۳۹۷: ٦۳). عامل‌ها می‌توانند به اطلاعات (گاهی اوقات با توجه به تجربیات گذشته) دسترسی پیدا کرده و تصمیمات جدیدی بگیرند (نشان‌دهنده پیوند با هوش مصنوعی[٦] است). عامل‌ها دارای خصوصیات مختلفی از جمله: مستقل بودن[۷]، ناهمگونی[۸]، فعال بودن[۹]، واکنش‌پذیر[۱۰]، باهوش[۱۱]، عقلانیت محدود[۱۲]، پویا،[۱۳] قدرت یادگیری[۱٤]، تعامل[۱٥] و... هستند (ولدریج[۱٦]، ۱۹۹۵؛ راسل و نوروی[۱۷]، ۱۹۹۵؛ ویز[۱۸]، ۱۹۹۹؛ بانوبی[۱۹]، ۲۰۰۱؛ سینگ و همکاران، ۲۰۱۵). این رویکرد، ابزاری مناسب برای مدل‌سازی سیستم‌ها و پدیده‌های پیچیده است که در آن رفتار مردم و نهادها حائز اهمیت می‌باشد. در این رویکرد مدل‌سازی، بازیگران (عامل‌ها) و رفتارهای آنها در ارتباط با خود و محیط اطرافشان مدل‌سازی می‌شود و می‌توان با استفاده از آن، تأثیر رفتار بازیگران مختلف سیستم و تعامل متقابل آنها با محیط اطرافشان را بر رفتار کلی سیستم سنجید (روشنی، ۱۳۹۷). تصمیم‌گیری در سیستم پیچیده اجتماعی بر عهده عامل‌ها است؛ به‌عبارتی هر عامل دارای مجموعه‌ای از صفات بوده که بر اساس این ویژگی‌ها با سایر عامل‌ها و محیط خود در تعامل است در این مدل‌سازی 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

1. Game Theory
2. Complex Systems
3. Computational Social Science
4. Multy Agent Systems
5. Monte Carlo
6. Artificial [ntelligence
7. Autonomy
8. Heterogeneity
9. Pro-active
10. Reactive
11. Perceptive
12. Bounded Rationality
13. Mobility
14. Learning
15. Interactive
16. Wooldridge
17. Russel & Norvey
18. Weise
19. Bonabeau

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

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[1]، ۱۹۶۶: ۲۰۰۶). شکل ۲ به‌صورت شماتیک ارتباط سطوح خرد و کلان در مدل‌سازی عامل‌بنیان را نشان می‌دهد.



شکل ۲: ارتباط سطح خرد و سطح کلان در مدل‌سازی عامل‌بنیان

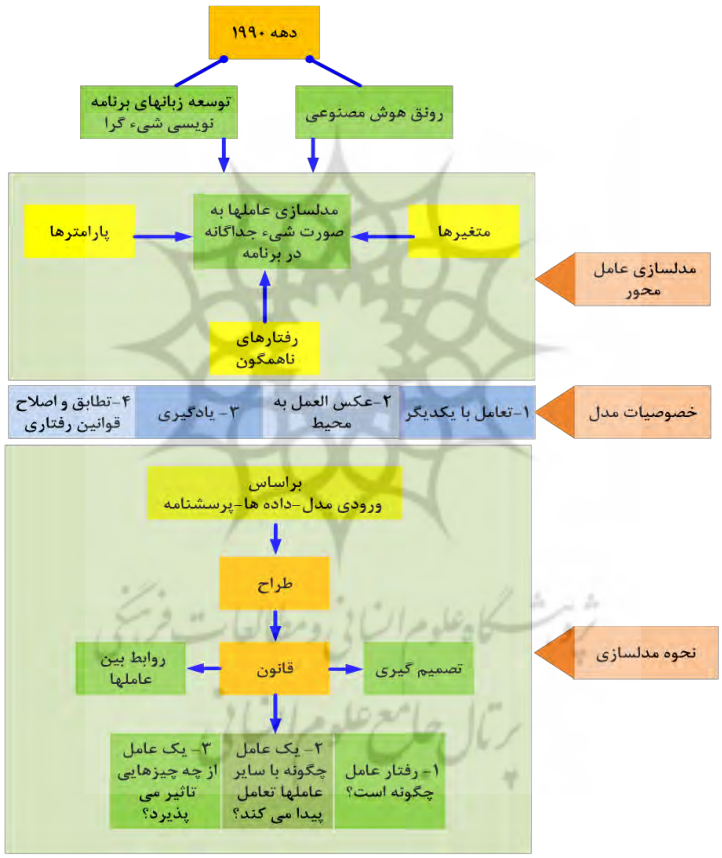
در دهه ۱۹۹۰، رونق هوش مصنوعی توزیعی[2] و اشاعه برنامه‌نویسی شیءگرا[3] که مدل‌سازی عامل‌بنیان بر آنها مبتنی است، شروع شد. این برنامه‌ها به محققان امکان دادند عامل‌ها را به‌عنوان شیءهای جداگانه یا متمایز در یک برنامه کامپیوتری تعریف کنند؛ به‌صورتی‌که بتوانند متغیرها، پارامترها و رفتارهای ناهمگون را در خود جای دهند. عامل‌ها می‌توانند از طریق روندهای ارتباطی، یا مبادله اطلاعات باهم تعامل کنند. آنها می‌توانند به محیط عکس‌العمل نشان دهند، یاد

1. Epstein

۲. Distributed Artificial Intelligence (روشی برای حل مسائل یادگیری، برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری پیچیده است).

۳. Object-Oriented Programming (یک شیوه برنامه‌نویسی است که ساختار یا بلوک اصلی اجزای آن، شیءها می‌باشند. در این شیوه برنامه‌نویسی، داده‌ها و توابعی که بر روی داده‌ها عمل می‌کنند، تا حد امکان در قالبی به نام شیء در کنار یکدیگر قرار گرفته، جمع‌بندی شده و یک واحد (یا یک شیء) را به وجود می‌آورند. از این طریق، توابع خارج از آن شیء، امکان ایجاد تغییر در داده‌های درون شیء را نخواهند داشت).

بگیرند، تطبیق پیدا کنند و قوانین رفتاری خود را تغییر دهند. به‌همین‌خاطر مدل‌سازان می‌توانند عامل‌های رایانه‌ای خود را به ویژگی‌های عمومی رفتاری و شناختیِ عامل‌های انسانی تجهیز کنند، و محیط (همان فضای جغرافیایی، قوانین نهادی، و/یا ساختارهای اجتماعی) را به شکلی برنامه‌نویسی کنند که با درجات گوناگون، در جزئیات به دنیای واقعی اجتماعی شباهت داشته باشد (اصغر پورماسوله و امیری، ۱۳۹۳؛ ۳). مدل‌سازی عامل‌بنیان از مدل‌های کوچک مقیاس‌اند که عملیات و تعاملات میان عوامل مختلف درون سیستم را همزمان بررسی و شبیه‌سازی می‌کند.



شکل ۳: شماتیک معرفی مدل‌سازی عامل‌بنیان

مدل‌سازی عامل‌بنیان به مدل‌سازان این امکان را می‌دهد که بتوانند با استخراج قانون[1] حاکم بر رفتار عامل، فرآیند مدل‌سازی و شبیه‌سازی را انجام داده و رفتار کل سیستم را به‌عنوان خروجی مدل مشاهده و مورد تحلیل و ارزیابی قرار دهند (وکیلی فرد و همکاران، ۱۳۹۳). شکل ۳ به‌صورت شماتیک خصوصیات و نحوه انجام و شکل‌گیری فرایند مدل‌سازی عامل‌بنیان را نمایش می دهد.

در جمع‌بندی مطالب فوق می‌توان این‌گونه بیان نمودکه مدل‌سازی عامل‌بنیان با شروع برنامه‌نویسی شیء گرا و پیدایش هوش مصنوعی مورد توجه محققان واقع شد. در این شیوه مدل‌سازی هر عامل به‌عنوان یک شیء که دارای یک سری خصوصیات و صفات جداگانه است درنظر گرفته می‌شود. عامل‌ها که در برنامه کامپیوتری به‌عنوان شیء درنظر گرفته می‌شوند دارای یک سری قواعد رفتاری بوده و قادرند در اثر تعامل با یکدیگر رفتارهای نوظهوری به وجود آورند. ذکر این نکته حائز اهمیت است که قواعد رفتاری عامل‌ها در مدل توسط مدل‌ساز به‌عنوان ورودی وارد مدل می‌شود. این ورودی‌ها شامل نحوه رفتار، تصمیم‌گیری عامل و نحوه برقراری تعامل عامل‌ها با سایر عامل‌های دیگر است که در نتیجه از تعامل و تصمیم‌گیری عامل‌ها در سطح خرد، رفتار سیستم در سطح کلان شکل می‌گیرد.

ضرورت استفاده از مدل‌های عامل‌بنیان

با توجه به سیر تکاملی مدل‌سازی در جمعیت‌شناسی مدل‌سازی عامل‌بنیان معرفی شد. این نوع از مدل‌سازی محققان را قادر به تجزیه و تحلیل سیستم‌های پیچیده که در حوزه جمعیت‌شناسی با آنها روبه‌رو می‌شوند، می‌نمایند. در ادامه نحوه استفاده از مدل‌سازی عامل‌بنیان در تبیین رفتار باروری پایین به‌عنوان مسأله‌ای که با مدل‌سازی عامل‌بنیان قابل‌حل است مورد توجه قرار می‌گیرد. در مدل‌سازی مبتنی بر روش‌های تحلیلی، رفتار باروری پایین به اجزای کوچک‌تر تقسیم و هر جزء به‌صورت مجزا مورد بررسی قرار می‌گیرد. اما باید به این نکته توجه داشت که خرد کردن سیستم پیچیده باروری پایین به اجزایش و مطالعه اثرگذاری هر عامل[2] به‌طور مستقیم بدون توجه به گستردگی عامل‌ها و اهمیت ارتباط و تأثیرات متقابل عامل‌ها بر یکدیگر موضوعی است که

1. Rule

۲. Agent (مهمترین جزء یک سیستم پیچیده است که قادر به تصمیم گیری است. همچنین دارای خصوصیت استقلال ، حافظه ، قابلیت ارتباط، تأثیرگذاری و تأثیر پذیری است).

می‌تواند نتایج حاصل از تبیین رفتار باروری پایین را به‌شدت تحت تأثیر قرار دهد. این امکان وجود دارد که یک تأثیرگذاری و تأثیرپذیری غیرخطی و ناهمگن بین یک عامل و عامل‌های دیگر مؤثر بر باروری نتایجی را حاصل نماید که با بررسی مستقیم و مجزای عوامل تأثیرگذار بر باروری اختلاف داشته باشند. این محدودیت، رفتار باروری پایین را فقط در محدوده اجزای آن و نه در حوزه اثر گذاری اجزا و عامل‌ها بر یکدیگر بررسی می‌کند. علت را می‌توان محدود کردن نگاه به اجزا و عدم توجه به روابط غیرخطی بین این اجزا و عامل‌ها دانست. توجه به زاویه‌ای که از آن زاویه موضوع باروری پایین مطالعه می‌شود موردی است که می‌تواند نتایج حاصل از تبیین باروری پایین را به‌شدت تحت‌الشعاع خود قرار دهد.

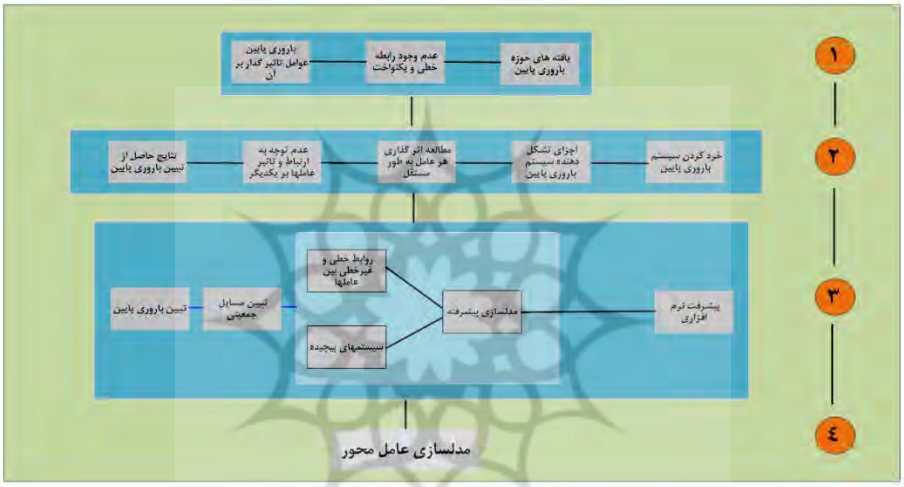
امروزه با توجه به گسترش امکانات نرم‌افزاری می‌توان مدل‌های بسیار پیچیده با روابط غیریکنواخت و غیرخطی را مدل‌سازی کرده و از نتایج حاصل برای تبیین مسائل جمعیتی از جمله باروری پایین استفاده نمود. امکانات نرم‌افزاری، نقطه قوتی است که می‌تواند بسیاری از محدودیت‌های روش‌ها و تکنیک‌های قبلی در تبیین باروری پایین را با لحاظ مدل‌های پیچیده مرتفع نماید. با توجه به مسائلی که در فوق مطرح شد از یک‌سو و استفاده از امکانات نرم‌افزاری در پیاده‌سازی مدل‌های پیچیده در راستای تبیین جامع و دقیق از رفتار باروری پایین «مدل‌سازی عامل‌بنیان»[1] به‌عنوان یک ابزار توانمند می‌توانند در راستای حل مشکلات مطرح‌شده در حوزه باروری پایین مورد استفاده قرار گیرند. این موضوع در شکل ٤ به‌صورت شماتیک نشان داده شده است.

همان‌طور که در شکل ٤ دیده می‌شود، در گام اول بر اساس مطالعات انجام‌شده در حوزه باروری پایین، عدم وجود یک رابطه خطی و یکنواخت بین متغیرهای مستقل و رفتار باروری پایین به‌عنوان یک چالش نمایان می‌شود. در گام دوم با نگاه نقادانه به مطالعات انجام‌شده نقاط ضعف روش‌های مطالعاتی مطابق با شکل ٤ تفکیک شدند. به‌عنوان نمونه در مطالعات انجام‌شده عوامل مؤثر بر باروری پایین به‌صورت مجزا از یکدیگر بررسی شده است و توجهی به روابط بین عوامل نشده است. بخشی از این نادیده گرفتن تأثیر عوامل بر باروری پایین مربوط به ضعف موجود در روش‌ها و تکنیک‌های تحلیلی بوده است. در گام سوم با توجه به امکانات نرم‌افزاری و تحلیلی موجود راه‌حل مناسب برای پاسخگویی به محدودیت‌های روش‌های موجود ارائه

1. Agent-Based Modeling

می‌شود. به‌عبارتی دیگر، امروزه با رشد و توسعه امکانات نرم‌افزاری و سخت‌افزاری، می‌توان پیچیدگی‌های موجود در سیستم‌ها را با استفاده از مدل‌سازی عامل‌بنیان در نظر گرفته و از آن برای تبیین مسائل جمعیتی از جمله باروری پایین استفاده نمود. در گام چهارم با توجه به محدودیت‌های موجود از یک سو و توانمندی‌های روش مدل‌سازی عامل‌بنیان این روش به‌عنوان یک راهکار مورد توجه قرار می‌گیرد.

در ادامه مقاله به بررسی اهمیت و ضرورت بررسی باروری پایین با استفاده از رویکرد مدل‌سازی عامل‌بنیان پرداخته خواهد شد.



شکل ٤: لزوم استفاده از مدل‌سازی عامل‌بنیان در حوزه باروری پایین

ضرورت تبیین باروری پایین با استفاده از رویکرد مدل‌سازی عامل‌بنیان

همان‌طور که بیان گردید، ایران از دهه ۱۳۸۰ تاکنون در زمره کشورهای با باروری پایین‌تر از حد جانشینی محسوب می‌شود. پایین بودن سطح باروری برای یک بازه زمانی بلندمدت، منجر به ساختار سنی سالخورده شده و به تبع آن بر عرضه نیروی کار تأثیر می‌گذارد و در نهایت اندازه کلی جمعیت را کاهش می‌دهد (مورگان و تایلور[1]، ۲۰۰٦). لوتز و همکارانش نشان دادند که وقتی باروری به زیر سطح جانشینی کاهش می‌یابد، بازیابی از باروری پایین دشوار خواهد بود. آنها این پدیده را تله باروری پایین[2] می‌نامند و ریشه آن را توسط سه مکانیسم جمعیت‌شناسی،

1. Morgan & Taylor
2. Low Fertility Trap

جامعه‌شناسی و اقتصاد توضیح می‌دهند.

فرضیات تله باروری پایین به شرح زیر می‌باشد:

- امروزه تعداد کمتری بچه به دنیا می‌آیند و این به معنی مادران بالقوه کمتر، در آینده است.
- کاهش باروری واقعی در کوهورت‌های قبلی اندازه خانواده ایده‌آل را برای کوهورت‌های جوان‌تر کاهش خواهد داد.
- اگر میزان باروری با توجه به ترکیبی از آرمان‌های اقتصادی و درآمد مورد انتظار تصمیم‌گیری شود، جمعیت سالمندی که با باروری پایین ایجاد خواهد شد، باعث افزایش هزینه‌های دولت و کاهش درآمد مورد انتظار افراد و در نتیجه کاهش باروری خواهد شد (کیم[1] و همکاران، ۲۰۱٦).

درنتیجه، می‌توان دو ساختار برای تغییرات باروری، سالمندی و تأثیرات آن بر فرزندآوری در یک جامعه متصور شد. در ساختار اول، رفتار باروری و عوامل مرتبط با آن به‌صورت یک سیستم با بازخورد[2] مثبت توصیف می‌شوند. به‌عبارتی، زمانی که باروری کاهش می‌یابد با گذشت زمان نسبتاً طولانی جامعه سالمندتر شده، از سوی دیگر امید زندگی افزایش یافته و سن سالمندی بالاتر می‌رود و تعداد زنان در سنین باروری کاهش می‌یابد. در این ساختار فرزندآوری کمتر، منجر به باروری کمتر و به تبع آن سالخورده‌تر شدن جامعه و مجدداً فرزندآوری کمتر خواهد شد. لذا دولت‌ها باید مکانیزم‌هایی برای تأمین رفاه اجتماعی و مالی افراد سالمند به‌کار بگیرند. در ساختار دوم، گرفتن مالیات از افراد در سنین کار و فعالیت منجر به افزایش میزان نارضایتی در بین افراد جامعه می‌شود و به‌دلیل پایین بودن عرضه نیروی کار، اقتصاد دچار مشکل می‌شود در نتیجه میزان نارضایتی در بین افراد جامعه افزایش یافته و امکانات رفاهی و دورنمای آینده برای فرزندان نامطلوب می‌گردد. تمام این موارد سبب کاهش فرزندآوری و به تبع آن کاهش میزان باروری خواهد شد. اگر این حلقه برای مدت طولانی بدون مداخله عوامل خارجی مثل سیاست‌گذاری‌های تشویقی و تنبیهی و عوامل فرهنگی و مهاجرپذیری ادامه پیدا کند، رشد جمعیت به سمت صفر میل می‌کند (ریندفوس و چو[3]، ۲۰۱۵).

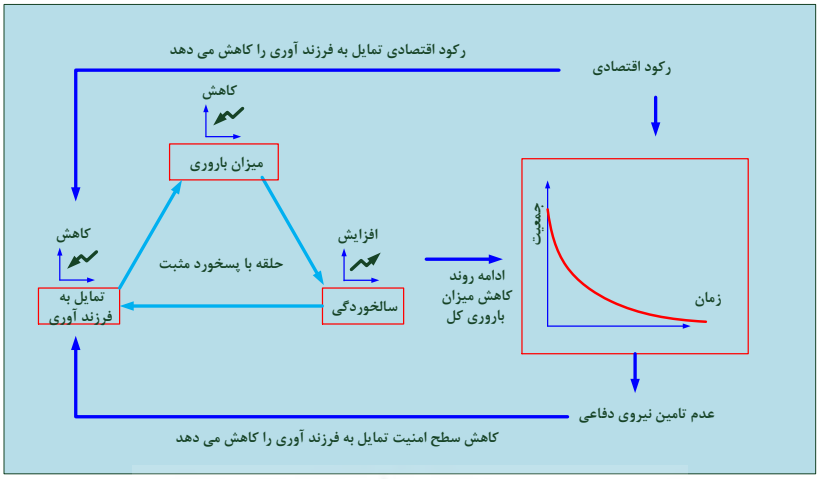
سیاست‌گذاری‌ها به‌عنوان یک اهرم کنترلی می‌توانند در کوتاه مدت و بلندمدت روند کاهشی

1. Kim et al
2. Feedback
3. Rindfuss & Choe

باروری را متوقف و یا حتی آن را افزایش دهند. برای اتخاذ سیاست‌هایی با این توانمندی نیاز به افراد ماهر و جمعیت‌شناسانی است که علم و احاطه کافی به اجزای مختلف این حلقه و الگوهای تأثیرگذاری و تأثیرپذیری عوامل مختلف جمعیتی بر یکدیگر داشته باشند. این بحث تأییدکننده نظریه دمنی[1] در سال ۲۰۱۵ در بستن حلقه جمعیت‌شناسی، در نقطه‌ای است که سیاست‌گذاری‌های منشعب شده از جمعیت‌شناسان و علم جمعیت‌شناسی در سطح کلان پیاده شود (دمنی، ۲۰۱۵).

بر اساس دیدگاه علم مبتنی بر مدل[2]، می‌توان با استفاده از مدل‌سازی عامل‌بنیان، فرآیند ارتباط دهنده میزان باروری با متغیرهای مستقل را به‌صورت یک حلقه با بازخورد مثبت برای مطالعه باروری زیر سطح جانشینی مورد بررسی قرار داد. تولید این مدل می‌تواند امکان مطالعه باروری در طول زمان با در نظر گرفتن عوامل مختلف را برای محققان فراهم سازد. در شکل ۵، حلقه بازخورد مثبت به‌صورت شماتیک آورده شده است. تبیین این حلقه بیانگر ضرورت بررسی نقش عوامل مختلف به‌صورت سیستماتیک و نقش آنها در کاهش سطح باروری است. با حرکت از بلوک میزان باروری و دنبال نمودن مسیر حلقه مشاهده می‌شود که با کاهش سطح باروری، سالخوردگی افزایش می‌یابد. این افزایش در سالخوردگی تمایل به فرزند آوری را کاهش داده و با سالخورده شدن جامعه تعداد زنان در سنین فرزندآوری کاهش می‌یابد. از سوی دیگر، هزینه‌های درمانی و مراقبتی افراد سالخورده باعث افزایش هزینه‌های خانواده‌ها می‌شود که این امر به نوبه خود چالش‌های اقتصادی و رفاهی را تقویت می‌نماید. وجود شرایط اقتصادی نامطلوب و عدم وجود دورنمایی خوب همراه با فراهم نبودن شرایط ازدواج و سایر علل، عدم تمایل به فرزندآوری در جامعه را تقویت می‌نماید. عدم تمایل به فرزندآوری نیز میزان باروری را مجدداً کاهش داده و منجر به سالخورده‌تر شدن جامعه می‌شود (دمنی، ۲۰۰٤؛ ریندفوس و چو، ۲۰۱۵).

1. Demeny
2. Model-based Wiew of Science



شکل ۵: فرم شماتیک حلقه با بازخورد مثبت در تشدید کاهش میزان باروری

در نهایت، مطابق با شماتیک سیستمی رسم شده در شکل ۵، کل جمعیت در اثر کاهش باروری کاهش یافته و این فرآیند خود با ایجاد شرایط اقتصادی نامناسب و تضعیف امنیت عمومی عدم تمایل به فرزندآوری را تقویت می‌کند.

مروری کوتاه بر تحقیقات صورت‌گرفته نشان داد، باروری پایین و تبعات آن یک چالش برای کشور به‌حساب می‌آیند. به‌منظور پیشگیری از پیامدهای جمعیتی آینده، به‌ویژه مسائلی از جمله سالخوردگی جمعیت و کاهش نیروی کار و رشد منفی جمعیت که در صورت ادامه باروری زیر سطح جانشینی در کشور به وجود می‌آید، در اردیبهشت سال ۱۳۹۳ سیاست های کلی جمعیّت بر اساس بند یک اصل ۱۱۰ قانون اساسی و پس از مشورت با مجمع تشخیص مصلحت نظام توسط رهبر معظم انقلاب ابلاغ شد. بند اول سیاست‌های ابلاغی مربوط به پویایی و بالندگی جمعیت و افزایش باروری به بیش از سطح جانشینی می‌باشد. برای نیل به هدف مذکور، سیاست‌گذاران اتخاذ سیاست‌های تشویقی با هدف افزایش فرزندآوری را مورد توجه قرار داده‌اند. البته راهکارهای اجرایی جهت تأمین هزینه‌های اجرایی این سیاست‌گذاری‌ها با عنایت به اهمیت و ضرورت افزایش فرزندآوری باید مورد توجه قرار گیرد. محققین برای این منظور تکنیک‌های مختلفی را آزمون کرده‌اند و سعی در بهینه‌سازی هزینه‌های دولت و بهینه‌سازی نتایج حاصل از هزینه‌ها داشته‌اند. شبیه‌سازی و مدل‌سازی عامل‌بنیان، روش مناسبی است که می‌تواند به سیاست‌گذاران در تحقق اهدافشان یاری نماید. مدل‌سازی عامل‌بنیان با ارتباط سطوح

خرد و کلان، دقت، هدفمندی و رضایت‌بخشی سیاست‌گذاری‌ها را با دخیل نمودن دیدگاه سطح خرد، در سیاست‌گذاری‌ها میسر می‌سازد. آنچه در این بخش بیان شد راهکاری است که می‌تواند در بلندمدت مسائل بوجود آمده در رابطه با باروری پایین را برطرف نماید.

در این سبک از مدل‌سازی می‌توان جوامع ساختگی را به‌صورت نرم‌افزاری مدل نمود که این مدل‌ها قادرند به‌عنوان آزمایشگاه محاسباتی جهت تجزیه و تحلیل نظریات و سیاست‌ها مورد استفاده قرار بگیرند. این تکنیک می‌تواند برای تحلیل رفتار مردم و پیش‌بینی نتیجه احتمالی برنامه سیاسی استفاده شود. پژوهشگر می‌تواند محیط‌ها و جوامع مجازی را ایجاد نموده و با انجام آزمایش روی مدل‌های ساخته‌شده نظرات خبرگان علمی در قالب سناریوهای مختلف را پیاده‌سازی و تحلیل نماید (آذر و صادقی، ۱۳۹۱؛ منصوری و همکاران، ۱۳۹٦؛ آذر و همکاران، ۱۳۹۷؛ آذرفر و همکاران، ۱۳۹٦؛ بیلاری، ۲۰۰٤، ۲۰۰۵، ۲۰۰٦، ۲۰۰۷ و ۲۰۱۵؛ رامندد و همکاران[1]، ۲۰۰٤؛ ولینسکی و راند[2]، ۲۰۱٦؛ اسکوازونی[3]، ۲۰۱۲؛ سیلورمن و همکاران، ۲۰۱۳؛ تایلر[4]، ۲۰۱٤؛ یانگ[5]، ۲۰۱٦).

علی‌رغم نقاط قوت روش عامل‌بنیان، انتقاداتی نیز به شرح زیر به این روش وارد شده است:

- مدل‌سازی عامل‌بنیان ذاتاً از منابع سخت‌افزاری زیادی برای تعیین رفتار عامل استفاده می‌نماید، بنابراین فضای حافظه سخت‌افزاری مورد نیاز برای مدل‌سازی قابل‌توجه خواهد بود؛
- ضرورت آشنایی با روش‌های داده‌کاوی جهت استخراج قانون جهت مدل‌سازی رفتار عامل‌ها بر پیچیدگی فرآیند مدل‌سازی عامل‌بنیان می افزاید؛
- نیاز به یک سیستم سخت‌افزاری با قدرت پردازش بالا جهت اجرا کردن مدل برای بازه‌های زمانی طولانی مدت؛
- نتایج مدل‌سازی عامل‌بنیان بستگی به شرایط جمعیت اولیه در آغاز شبیه‌سازی دارد (بورشچف، ۲۰۱۳؛ مانزو[6]، ۲۰۱٤).

1. Rahmandad
2. Wilensky & Rand
3. Squazzoni
4. Tayl
5. Yang
6. Manzo

نحوه پیاده‌سازی مدل‌سازی عامل‌بنیان در سیستم پیچیده باروری پایین

مهمترین سؤال با رویکرد مدل‌سازی عامل‌بنیان این است که چه عامل‌هایی بر روی باروری پایین مؤثر هستند؟، یا اینکه تصمیم‌گیرندگان اصلی سیستم پیچیده باروری پایین چه عامل‌هایی هستند؟ برای پاسخگویی به این سؤالات و شناسایی و استخراج عامل‌های مؤثر می‌توان از نظریه‌های تبیین‌کننده کاهش باروری و پیشینه تحقیقات تجربی استفاده نمود.

این سبک از مدل‌سازی به‌دنبال جزءترین عامل در سیستم است که بیشترین تأثیر را در رفتار کلان سیستم داشته باشد. جزءترین عامل در سیستم پیچیده باروری پایین، زنان هستند، که به آنها عامل گفته می‌شود. ازآنجایی‌که با دسته‌ای از زنان با خصوصیات مختلف مواجهه هستیم به آنها عامل‌های [1]چندگانه گفته می‌شود. بدین‌ترتیب با مطالعه مبانی نظری و مصاحبه با خبرگان می‌توان به استخراج عامل‌های تأثیرگذار و مختلفی رسید. برای مثال: همسر، خانواده، گروه همسالان، رسانه‌های جمعی، دولت و... .

هریک از این عامل‌ها یک سری خصوصیات[2] دارند که بر اساس آنها رفتار کرده و با سایر عامل‌ها در تعامل هستند. اینکه رفتار عامل چگونه است و چطور با سایر عامل‌ها تعامل پیدا می‌کند و از چه چیزهایی تأثیر می‌پذیرد، بر اساس ورودی مدل تعریف می‌شود.

برای تعریف ورودی‌های مدل نیازمند ابزار داده‌کاوی[3] به‌منظور استخراج دانش از داده‌های در دسترس در ساخت مدل شبیه‌سازی خواهیم بود. طبقه‌بندی[4] داده‌ها با استفاده از ابزار داده‌کاوی –مثل درخت تصمیم‌گیری[5]– انجام و استخراج قانون جهت مدل‌سازی انجام می‌شود. به‌دلیل استفاده از فرآیندهای تصادفی در مدل‌سازی عامل‌بنیان لازم است از نرم‌افزارهای آماری جهت برازش آماری[6] استفاده نمود. به‌عنوان مثال می‌توان به نرم‌افزارهای آماری مانند استت فیت[7]، ایزی فیت[8] اشاره نمود. این نرم‌افزارها با انتخاب بهترین تابع توزیع برای داده‌ها در رسیدن به نتایج

1. MultiAgent

۲. Attribute (هر زن دارای خصوصیات مختلفی مانند سن، تحصیلات ، درآمد، وضعیت اشتغال ، طبقه اجتماعی، سن ازدواج و... است که بر اساس این خصوصیات رفتار می‌کند، و همچنین با زنان دیگر تعامل برقرار می‌کند).

3. Data Mining
4. Classification
5. Decision Tree
6. Distribution Fitting
7. State Fit
8. Easy Fit

واقعی‌تر بسیار کمک‌کننده هستند. موضوع مهم در ارتباط با نحوه رخداد پیشامدها احتمالی‌بودن آنها است که می‌توانند با استفاده از برخی الگوریتم‌های هوشمند فراابتکاری مانند الگوریتم فراابتکاری چرخ رولت[1]، که فضای رخداد پیشامد احتمالی را به‌صورت تجمعی در نظر می‌گیرند در مدل شبیه‌سازی پیاده‌سازی شوند. باید توجه نمود که شبیه‌سازی هر مدل در حوزه زمان می‌تواند به‌صورت واحدهای زمانی[2] مختلفی مانند ماهانه، سالانه و... انجام شود. لازم به ذکر است که استخراج قانون از داده‌ها نیازمند آشنایی با روش‌های داده‌کاوی و نیز استفاده از نرم‌افزارهای متعدد است که این موضوع خود بر دشواری این مدل‌سازی می‌افزاید. نکته‌ای که باید در مدل‌سازی عامل‌بنیان توجه نمود این است که در این سبک از مدل‌سازی داده به‌صورت دقیق وارد نرم‌افزار نمی‌شود بلکه از پایگاه داده[3] قوانین استخراج شده و دیگر محدودیت تعداد عامل‌ها حائز اهمیت نخواهد بود. به‌عبارت‌دیگر، هر تعداد عامل که لازم باشد می‌توان به‌وسیله مدل به‌دست‌آمده به‌صورت پویا تولید نمود. البته محدودیت‌های پردازنده‌ها به‌دلیل پیچیده شدن شبیه‌سازی و زمان‌گیر شدن حل معادلات توصیف‌کننده سیستم باید مورد توجه قرار بگیرد. به‌عنوان‌مثال، اگر قانون استخراج‌شده بیان نماید که ۵۰ درصد عامل‌ها دین‌دار هستند و ۵۰ درصد دین‌دار نیستند دیگر فرقی نمی‌کند که دو عامل یا هزار عامل وجود داشته باشد. به‌عبارتی بر اساس الگوی استخراج‌شده تک‌تک عامل‌ها فراخوانی و با استفاده از تابع توزیع احتمالی مناسب برای مثال تابع توزیع یکنواخت پیوسته[4] به‌صورت تصادفی مقداردهی می‌شوند.

باید به این نکته توجه نمود که مدل‌سازی عامل‌بنیان قادر است نشان دهد که تأثیر کدام عامل بیشتر و کدام عامل کمتر است. رفتار عامل جزء ورودی‌های مدل محسوب می‌شود که همان‌طور که بیان شد طراح مدل بر مبنای داده‌های در دسترس آنها را تعریف کرده و وارد مدل می‌کند. تمام رفتارهای مربوط به یک عامل و قانون‌های استخراج شده با زبان‌های کدنویسی شیءگرا مانند جاوا [5] که مختص مدل‌سازی است، تعریف می‌شود. این زبان برنامه‌نویسی می‌تواند هر عامل را از طریق پیاده‌سازی مدل ریاضی که توصیف کننده تعاملات یک عامل با اجزای

1. Roulette Wheel
2. Time Unite
3. Data Base
4. Continuous Uniform Distribution
5. Java

مرتبط با آن است، مدل‌سازی نماید. سپس هر عامل به‌صورت یک واحد[1] برنامه‌نویسی شده و از طریق روابط خطی و غیرخطی که با کدنویسی پیاده‌سازی می‌شود با واحدهای دیگر ارتباط برقرار کرده و یک اجتماع از عامل‌ها با این روش مدل‌سازی می‌شوند.

نکته حائز اهمیت پس از کدنویسی مدل و قبل از اینکه از مدل خروجی گرفته شود و سناریوسازی‌ها مطرح شوند، اعتبارسنجی مدل است. پارامترهای مدل بر اساس ارائه نتایج نزدیک به واقعیت با کالیبره شدن مدل تولید و در صورت تأیید در مرحله اعتبارسنجی مدل می‌توان اذعان داشت که رفتار مدل رفتار واقعی سیستم پیچیده باروری پایین است. در ادامه می‌توان در سناریوهای مختلف، مدل را به‌صورت مکرر اجرا و خروجی‌های مختلف را مشاهده نمود. در نهایت بهترین راه‌حل در جهت افزایش باروری را به‌عنوان پیشنهادات سیاست‌گذاری مناسب در اختیار برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران قرار داد.

محیط و ابزارهای مدل‌سازی عامل‌بنیان

محیط‌های پرکاربرد که برای مدل‌سازی عامل‌بنیان مناسب هستند، عبارتند از:

Net Lego, Mason, Repast, ASCAPE, Swarm, Any Logic

تمام نرم‌افزارهای مناسب برای مدل‌سازی عامل‌بنیان، حامی تجاری[2] ندارند بلکه به‌وسیله افرادی که در محیط‌های دانشگاهی فعالیت می‌نمایند حمایت می‌شوند. هر یک از نرم‌افزارهای فوق می‌توانند متناسب با موضوع و مسأله تحقیق مورد استفاده باشند. در ارتباط با شبیه‌سازی سیستم پیچیده باروری پایین به نظر می‌رسد نرم‌افزار انی لاجیک کاربر پسندتر[3]و قدرتمندتر باشد. نرم‌افزار شبیه‌سازی انی لاجیک، محصول شرکت اکس جی تکنالوجیست[4]، به‌عنوان یک نرم‌افزار شبیه‌سازی پویا است که در ادامه به اختصار توانایی‌ها و خصوصیات این نرم‌افزار معرفی می‌شوند.

- فراهم نمودن امکان انجام همزمان شبیه‌سازی سیستم‌های پویا، شبیه‌سازی گسسته پیشامد[5] و شبیه‌سازی عامل‌بنیان دریک محیط نرم‌افزاری؛

1. Module
2. Software Comercial
3. User Friendly
4. XJ Technologies
5. Discrete Event Simulation

- این نرم‌افزار بر بستر شیء گرائی طراحی شده است و با زبان برنامه‌نویسی جاوا که خود شیءگرا است پایه‌ریزی شده است. با این زبان برنامه‌نویسی به‌راحتی می‌توان سیستم‌های چند عاملی را مدل کرد؛
- امکان تعریف زنجیره‌ای از شیءهای مختلف در مدل و شکستن مدل به قسمت‌های کوچک‌تر؛
- عدم محدود نمودن کاربر به محیط ایستا. کاربر در حین اجرای مدل می‌تواند ارتباط بین قسمت‌های مختلف مدل را قطع نماید و تأثیر آن بر روی نتایج مشاهده نماید؛
- در این نرم‌افزار می‌توان با وارد کردن بسیاری از پکیج‌های از پیش طراحی شده جاوا (ریاضیات، آمار، گرافیک و...) به داخل نرم‌افزار انی لاجیک، از آنها استفاده نمود. نرم‌افزار انی لاجیک این امکان را می‌دهد که مدل ساخته‌شده به‌صورت جاوا اپلت[1] ذخیره شود و در هر کجا که نیاز به اجرای مدل وجود داشته باشد، صرفاً با استفاده از مرورگرهای اینترنت (IE، FireFox، Chrome و...) مدل را اجرا نمود. بنابراین، برای اجرای مدل دیگر نیاز به نصب نرم‌افزار نخواهید داشت و به راحتی امکان به اشتراک‌گذاری و اجرای مدل ساخته شده وجود خواهد داشت؛
- در این نرم‌افزار می‌توان مدل شبیه‌سازی را به پایگاه داده‌ای داخلی نرم‌افزار متصل کرده و ورودی‌ها و خروجی‌های مدل را توسط این پایگاه داده داخلی مدیریت نمود، این امکان در زمان تحلیل و گزارش‌گیری بسیار کاربردی است؛
- امکان ساخت مدل انیمشن دوبُعدی در این نرم‌افزار وجود دارد، با استفاده از این قابلیت می‌توان به‌صورت شماتیک مدل ساخته‌شده را مشاهده و در صورت وجود خطا آن را رفع نمود؛
- امکان انتخاب توزیع آماری مناسب به‌همراه توضیحات مربوط به هر توزیع آماری در داخل نرم‌افزار طراحی‌شده است. بدین‌وسیله به‌راحتی با انتخاب توزیع آماری می‌توان شکل توزیع، پارامترهای مورد نیاز و توضیحات تکمیلی را مشاهده نمود؛
- امکان گزارش‌گیری حین اجرای مدل شبیه‌سازی یکی از خصوصیات این نرم‌افزار است. با کلیک کردن بر روی هر یک از شیءها در حین اجرای مدل می‌توان گزارشات مختلفی را مشاهده نمود؛
- امکان استفاده از کنترل‌های مختلف در مدل به شکلی که مقادیر ورودی های مدل به راحتی در حین اجرای مدل تغییر یابند؛

---

۱. Java Applet (جاوا اپلت نوعی اپلت در زبان جاوا می‌باشد که جستجوگر را قادر می‌سازد با استفاده از فناوری جاوا تکه برنامه‌هایی را از اینترنت دانلود کرده و اجرا کنند. اپلت به‌صورت کامل پنهان شده است در درون صفحات وب، در متن و زمینه جستجوگر اجرا می‌شود).

- مشکل‌یابی مدل[1] به‌راحتی در نرم‌افزار شبیه‌سازی انی لاجیک قابل انجام است. در صورت مواجهه با خطا پنجره‌ای نوع خطا را گزارش می‌کند. با کلیک کردن بر روی خطا، نرم‌افزار شما را مستقیماً به محل رخداد خطا هدایت می‌کند و آن را نشان می‌دهد که این مسأله در زمان خطایابی مدل بسیار تاثیرگذار است؛
- امکان رسم شماتیک روابط if &then نیز یکی دیگر از قابلیت های نرم‌افزار شبیه‌سازی انی لاجیک است. البته امکان کدنویسی به‌صورت سنتی نیز در هر جای مدل وجود دارد و بسته به اینکه کدنویسی چقدر پیچیده است می‌توان تصمیم گرفت که از این قابلیت نرم‌افزار استفاده نمود (بورشچف، ۲۰۱۳، سایت انی لاجیک، ۲۰۲۱).

البته در کنار نکات عنوان‌شده این نرم‌افزار همانند هر نرم‌افزار دیگری دارای محدودیت‌ها و نقاط ضعفی می‌باشد. به‌دلیل دقت بالای این نرم‌افزار در مدل‌سازی عامل‌بنیان و تخصیص حجم بالایی از حافظه برای هر عامل جهت مدل‌سازی رفتار عامل نیاز به یک سیستم سخت‌افزاری توانمند می‌باشد. استفاده از یک پردازنده با قابلیت پردازش بالای اطلاعات و در اختیار داشتن حجم مناسبی از فضای حافظه امکانات اولیه برای مدل‌سازی در محیط انی لاجیک هستند. از طرفی لزوم آشنایی با زبان برنامه‌نویسی جاوا و پیاده‌سازی بخشی از مدل به‌صورت کدهای برنامه‌نویسی کار با این نرم‌افزار را اندکی دشوار می نماید. البته شرکت سازنده این نرم‌افزار در حال توسعه این نرم‌افزار به‌صورت سازگار با زبان برنامه‌نویسی پایتون[2] به‌جای جاوا است که کار کردن با آن را بسیار راحت‌تر می‌باشد. لزوم انجام پیش پردازش اولیه بر روی داده‌ها قبل از ورود به نرم‌افزار کاربران را مجبور به کار با چندین نرم‌افزار قبل از ورود به محیط انی لاجیک می‌کند (سایت انی لاجیک، ۲۰۲۱).

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

1. Debugging

۲. Python (پایتون یک زبان برنامه‌نویسی شیءگرا و سطح بالا و نسبتاً ساده محسوب می شود که یادگیری آن به‌دلیل دارا بودن «نحو» یکتایی که بر قابلیت خوانایی تمرکز و تأکید دارد آسان است. خواندن و ترجمه کدهای نوشته شده به زبان برنامه‌نویسی پایتون نسبت به دیگر زبان‌های برنامه‌نویسی شیء گرا ساده‌تر است).

بحث و نتیجه‌گیری

ایران از دهه ۱۳۸۰ در زمره کشورهای دارای باروری پایین‌تر از حد جانشینی قرار گرفته است. در جمع‌بندی مطالعات انجام‌شده در حوزه باروری پایین بر عدم وجود رابطه خطی، یکنواخت و همگن بین متغیرهای مستقل تأثیرگذار و باروری تأکید شد. این موضوع کاربرد روش‌های تحلیلی در تبیین سیستم پیچیده باروری پایین را با محدودیت روبرو می‌سازد. روش‌های مذکور در بررسی و تفسیر فرایندهای پیچیده با محدودیت‌هایی نظیر حجم بالای محاسبات و عدم دسترسی به تمامی اطلاعات مورد نیاز برای تحلیل یک مسأله مواجه هستند. این محدودیت‌ها در سیستم‌های پیچیده به‌دلیل وجود گستردگی در نوع و تعداد پارامترها، وجود رفتار غیریکنواخت و غیرخطی بین اجزای سیستم مورد مطالعه و پیچیدگی روابط موجود بین بخش‌های مختلف، محققان و تحلیلگران را در بررسی مسائل اجتماعی با چالش‌های قابل‌توجهی روبه‌رو می‌سازد.

برای رفع این چالش‌ها، استفاده از «مدل‌سازی عامل‌بنیان» به‌عنوان یک ابزار توانمند در راستای حل مشکلات مطرح شده در حوزه باروری پایین به‌عنوان یک سیستم پیچیده و محدودیت‌های روش‌های تحلیلی در مواجهه با آن معرفی شد. مدل‌سازی عامل‌بنیان ابزاری مناسب جهت مدل‌سازی سیستم‌ها و پدیده‌های پیچیده‌ای است که در آن رفتار مردم و نهادها حائز اهمیت می‌باشد. در این رویکرد مدل‌سازی، بازیگران (عامل‌ها) و رفتارهای آنها در ارتباط با خود و محیط اطرافشان مدل‌سازی شده و می‌توان با استفاده از آن تأثیر رفتار بازیگران مختلف سیستم و تعامل متقابل آنها با محیط اطرافشان را بر رفتار کلی سیستم سنجید. تصمیم‌گیری در سیستم پیچیده اجتماعی بر عهده عامل‌ها است؛ به‌عبارتی هر عامل دارای مجموعه‌ای از صفات بوده که بر اساس این ویژگی‌ها با سایر عامل‌ها و محیط خود در تعامل است. در این روش مدل‌سازی، بر اساس تعاملات حاکم بین عامل‌ها در سطح خرد، مجموعه‌ای از پاسخ‌ها تحت عنوان خروجی‌ها و رفتار به‌وجود می‌آیند که از تجمیع این خروجی‌ها سطح کلان شکل می‌گیرد. این الگوی مدل‌سازی چون از سطح خرد آغاز و به سطح کلان منتهی می‌گردد، با نام مدل‌سازی از خرد به کلان یا 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.

رسیدن به پویایی و بالندگی جمعیت و نیز افزایش باروری به بیش از سطح جانشینی

سیاست‌گذاران را به اتخاذ سیاست‌های تشویقی جهت افزایش فرزندآوری سوق داده است. حال آنکه این تلاش‌ها رضایت‌بخش نبوده و اهداف مورد نظر را محقق نساخته‌اند. ازسوی‌دیگر، هزینه‌های لازم برای اجرایی نمودن این سیاست‌گذاری‌ها موضوع دیگری است که محققین جهت بررسی آن تکنیک‌های مختلفی را مورد آزمون قرار داده‌اند. شبیه‌سازی و مدل‌سازی عامل‌بنیان، به‌عنوان روشی مناسب برای گذر از این چالش معرفی شد. مدل‌سازی عامل‌بنیان با ارتباط سطوح خرد و کلان، دقت، هدفمندی و رضایت‌بخشی سیاست‌گذاری‌ها را با دخیل نمودن دیدگاه سطح خرد، در سیاست‌گذاری‌ها میسر می‌سازند. این سبک مدل‌سازی این امکان را فراهم می‌نماید که جوامع را به‌صورت ساختگی و مجازی در نرم‌افزار تولید و رفتار آنها را در پاسخ به سیاست‌های پیشنهادی بررسی نمود. چنین جوامع ساختگی می‌توانند به‌عنوان آزمایشگاه محاسباتی جهت تجزیه و تحلیل نظریات و سیاست‌ها مورد استفاده قرار بگیرند. این تکنیک برای تحلیل رفتار مردم و پیش‌بینی نتیجه احتمالی برنامه‌های سیاست‌گذاری‌شده نتیجه‌بخش خواهد بود. پژوهشگر با ایجاد محیط‌ها و جوامع مجازی و انجام آزمایش بر روی آنها با استفاده از نظر خبرگان علمی تحلیل سناریوهای مختلف را انجام و نتایج حاصل را بررسی می‌نماید. در نهایت، می‌توان بهترین راه‌حل را از بین سناریو های مطرح شده انتخاب و در واقعیت پیاده‌سازی اجرایی نمود. به‌عنوان مثال، در راستای افزایش باروری در کشور می‌توان سناریوهای مختلفی مانند ارائه تسهیلات دولتی، افزایش فعالیت‌های تشویق باروری توسط رسانه‌های جمعی، بهبود وضعیت اقتصادی کشور، افزایش سطح تحصیلات زنان، افزایش اشتغال زنان، افزایش برابری جنسیتی در داخل خانواده و... مطرح نمود. پس از معرفی سناریوها می‌توان آنها را در مدل شبیه‌سازی اجرا و نتایج را مشاهده کرد و از تحلیل نتایج بهترین سناریو که منجر به افزایش باروری می‌شود انتخاب و در اختیار سیاست‌گذاران قرار داد. در این فرایند، بدون اتلاف هرگونه هزینه مالی و زمانی می‌توان بهترین راه‌حل را به‌وسیله مدل شبیه‌سازی استخراج و در واقعیت پیاده‌سازی نمود.

آنچه در مقاله حاضر بیان شد راهکاری است که در بلندمدت قادر به حل مسائل به‌وجودآمده در حوزه باروری پایین است.

در این مقاله روش‌های عامل‌بنیان برای تبیین باروری پایین معرفی شد، و مزایا و معایب آن نسبت به سایر روش‌های تحلیلی معمول تشریح گردید. با توجه به محدودیت‌هایی که در مطالعات قبلی وجود داشته است، باروری پایین در استان تهران با استفاده از مدل‌سازی عامل‌بنیان

مورد بررسی قرار گرفته است (اسمعیلی، ۱٤۰۰) و نتایج آن در مقاله دیگری توسط نویسندگان ارائه خواهد شد.

منابع

آذر، عادل و آرش صادقی (۱۳۹۱). مدل‌سازی عامل‌بنیان رویکردی جدید در مسائل پیچیده اخلاقی، *فصلنامه اخلاق در علوم و فناوری*، سال ۷، شماره ۱، صص ۱٦-٦.

آذر، عادل، علیرضا سارنج، علی‌اصغر صادقی مقدم، علی رجب‌زاده و هاشم معزز (۱۳۹۷). مدل‌سازی عامل‌گرای رفتار سهام داران در بازار سرمایه ایران ، *فصلنامه تحقیقات مالی*، دوره ۲۰، شماره ۲، صص ۱۳۰-۱۵۰.

آذرفر، امیر، عادل آذر و سیده زهرا کلانتری (۱۳۹٦). شبیه‌سازی تغییرات جمعیتی ایران با استفاده از مدل پایه عامل بنیان، *دوفصلنامه مطالعات جمعیتی*، دوره ۳، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۳۹٦، صص ۳۸-۷.

اسمعیلی، نصیبه (۱٤۰۰). تجزیه‌وتحلیل سیستمی باروری پایین با رویکرد مدل‌سازی عامل‌بنیان: مطالعه موردی استان تهران، رساله دوره دکتری، دانشکده علوم اجتماعی دانشگاه تهران.

اصغرپور ماسوله، احمدرضا و سیده سمانه امیری (۱۳۹۳). مدل‌سازی عامل محور، *دومین کنفرانس علوم اجتماعی و جامعه‌شناسی*، ۲۵ دی۱۳۹۳.

ترابی، فاطمه (۱۳۹۱). نقش ناهمگونی مشاهده‌نشده در تحلیل‌های پیشینه واقعه: کاربرد در تحلیل رفتار باروری زنان در ایران، *نامه انجمن جمعیت‌شناسی ایران*، سال ۵، شماره ۱۰، صص ۳۲-٦.

رازقی نصرآباد، حجیه‌بی‌بی و حسن سرایی (۱۳۹۳). تحلیل کوهورتی ارزش فرزند در استان سمنان، *زن در توسعه و سیاست*. دوره ۱۲، شماره ۱، صص ۲۲۹-۲۵۰.

روشنی، سعید (۱۳۹۷). کاربرد مدل‌سازی در تحلیل سیستم‌های پیچیده اجتماعی: روش‌شناسی تحلیل سیستم‌های نوآوری، *سیاست‌نامه علمی و فناوری*، دوره ۸، شماره ۲، صص ۷۰-۵۹.

سازمان ثبت احوال کشور (۱۳۹۷). داده‌های ثبت ولادت ۱۳۹۷، قابل دسترس در:
https://www.sabteahval.ir

سازمان ثبت احوال کشور (۱۳۹۸). داده‌های ثبت ولادت ۱۳۹۸، قابل دسترس در:
https://www.sabteahval.ir

صادقی، رسول و بتول محسن آبادی (۱۳۹٦). بررسی تأثیر شبکه اجتماعی در رفتار و نیّات باروری زنان در شهر تهران، *مطالعات راهبردی زنان*، سال ۲۰، شماره ۷۷، صص ۱۰۸ -۸۷.

صادقی، رسول و نصیبه اسمعیلی (۱۳۹۹). تحلیل چندسطحی همبسته‌های فردی و استانی باروری در ایران، آماده انتشار در *مجله مطالعات راهبردی زنان*.

ضیایی بیگدلی، محمدتقی، صمد کلانتری و محمدباقر علیزاده اقدم (۱۳۸۵). رابطه بین میزان باروری کل با توسعه اقتصادی و اجتماعی، *فصلنامه علمی پژوهشی رفاه اجتماعی*، سال ۵، صص ۱٤۰-۱۲۳.

عباسی شوازی، محمدجلال و زهره خواجه صالحی (۱۳۹۲). سنجش تأثیر استقلال، مشارکت اجتماعی و تحصیلات زنان بر تمایل به فرزندآوری، مطالعه موردی شهر سیرجان، *زن در توسعه و سیاست*، دوره ۱۱، شماره ۱، صص ٦٤-٤٥.

عباسی شوازی، محمدجلال (۱۳۸۱). همگرایی رفتارهای باروری در ایران: سطوح باروری استان‌ها، روندها و الگوها در ایران، *مجله علوم اجتماعی*، شماره ۱۸، صص ۲۳۱- ۲۰۱.

عباسی شوازی، محمدجلال و احمد دراهکی (۱۳۹٦). تأثیر سنخ‌های متفاوت شبکه‌های اجتماعی بر قصد باروری: مطالعه زنان حداقل یکبار ازدواج کرده مناطق شهری استان بوشهر، *نامه انجمن جمعیت‌شناسی ایران*، شماره ۲۳، صص ٤۱-۷.

عباسی شوازی، محمدجلال و احمد دراهکی (۱۳۹۷). تأثیر مکانیزم‌های شبکه‌های اجتماعی بر قصد فرزندآوری زنان نقاط شهری استان بوشهر، *دوفصلنامه مطالعات جمعیتی*، دوره ٤، شماره ۱، صص ۱-۳۹.

عباسی شوازی، محمدجلال و سعید خانی (۱۳۹۳). ناامنی اقتصادی و باروری: مطالعه موردی زنان دارای همسر شهرستان سنندج، *نامه انجمن جمعیت‌شناسی ایران*، دوره ۱۳، شماره۱، صص ۷٦-۳۷.

عباسی شوازی، محمدجلال و عباس عسکری ندوشن (۱۳۸٤). تغییرات خانواده و کاهش باروری، در ایران مطالعه موردی استان یزد، *نامه علوم اجتماعی*، شماره ۲۵، صص ۷۵-۳۵.

عباسی شوازی، محمدجلال و ملیحه علی‌مندگاری (۱۳۸۹). تأثیر ابعاد متفاوت استقلال زنان بر رفتار باروری آنها در ایران، *پژوهش زنان*، دوره ۸، صص ۳۲-۱.

عباسی شوازی، محمدجلال و میمنت حسینی چاوشی (۱۳۹۰). تنظیم خانواده، باروری و تحول سیاست‌های جمعیتی در ایران، *مجله معرفت در دانشگاه اسلامی*، سال ۱۵، شماره ۳، صص ۲٦- ۸.

عباسی شوازی، محمدجلال و میمنت حسینی‌چاوشی (۱۳۹۲). *تحولات باروری در ایران در چهار دهه اخیر: کاربرد و ارزیابی روش فرزندان خود در برآورد باروری با استفاده از داده‌های سرشماری ۱۳٦۵، ۱۳۷۵، ۱۳۸۵ و ۱۳۹۰*، تهران: مرکز آمار ایران، پژوهشکده آمار.

عباسی شوازی، محمدجلال، حجیه‌بی‌بی رازقی نصرآباد و میمنت حسینی چاووشی (۱۳۹۹). امنیت اقتصادی اجتماعی و قصد باروری در شهر تهران. *نامه انجمن جمعیت‌شناسی ایران*، دوره ۱۵، شماره ۲۹، ص ۲۳۸-۲۱۱.

کلانتری، صمد، محمد عباس‌زاده، فاروق امین مظفر و ندا راکعی بناب (۱۳۸۹). بررسی جامعه‌شناختی

گرایش به فرزندآوری و برخی عوامل مرتبط با آن (مورد مطالعه جوانان متأهل شهر تبریز)، *جامعه‌شناسی کاربردی*، دوره ۲۱، شماره ۱، صص ۱۰۴-۸۳.

کنعانی، محمدامین (۱۳۸۵). پیوند سنت و نوسازی در افزایش سن ازدواج: نمونه ایرانین ترکمن، *نامه انجمن جمعیت‌شناسی ایران*، سال ۱، شماره ۱، صص ۱۲۶-۱۰۴.

محمودیان، حسین (۱۳۸۳). سن ازدواج در حال افزایش: بررسی عوامل پشتیبان، *نامه علوم اجتماعی*، شماره ۲۴ ، صص ۵۳-۲۷.

محمودیانی، سراج و رسول صادقی (۱۳۹۳). مشخصه‌های فردی و استانی مرتبط با رفتار باروری در زنان ایرانی ۱۳۹۰، *ماهنامه علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه*، سال ۱۸، شماره ۱۱، صص ۶۴۷-۶۴۰ .

مدیری، فاطمه و حجیه بی‌بی رازقی نصرآباد (۱۳۹۴). بررسی رابطه دین‌داری و قصد باروری در شهر تهران، *نامه انجمن جمعیت‌شناسی ایران*، دوره ۱۰، شماره ۲۰، صص ۱۳۶-۱۲۸.

مرکز آمار ایران (۱۳۹۶). نتایج سرشماری نفوس و مسکن سال ۱۳۹۶، قابل دسترس در:
https://www.amar.org.ir

مطیع حق‌شناس، نادر (۱۳۸۲). بررسی تأثیر عوامل اقتصادی، اجتماعی و جمعیتی بر رفتار باروری در ارومیه، *فصلنامه* جمعیت، شماره ۴۵ و ۴۶، صص ۱۰۲-۸۷.

منصوری، سعیده، عادل آذر، علی دیواندری و رسول رمضانیان (۱۳۹۶). شبیه‌سازی عامل بینان زنجیره تأمین خدمت بانکداری بر مبنای منطق خدمت غلبه خدمت، *مجله مدیریت بازرگانی*، دوره ۹، شماره ۳، صص ۶۸۸-۶۶۱.

Abbasi-Shavazi, M. J. & P. McDonald (2006). The fertility decline in the Islamic Republic of Iran, 1972-2000, *Asian Population Studies*, 2 (3): 217-237.

Abbasi-Shavazi, M. J.; P. McDonald & M. Hosseini Chavoshi (2003). Changes in Family, Fertility Behavior and Attitudes in Iran, Working Paper in Demography, No. 88, *Australian National University*, Canberra, 1-32.

Abbasi-Shavazi, M. J.; P. McDonald & M. Hosseini Chavoshi (2007). The Path to Below Replacement Fertility in Iran, *Asia-Pacific Population Journal*, 22(2): 91-112.

Abbasi-Shavazi, M. J.; P. McDonald & M. Hosseini Chavoshi (2009). *The Fertility Transition in Iran: Revelution and Reproduction*, Springer.

Abbasi-Shavazi, M. J.; P. McDonald & M. Hosseini Chavoshi (2009). Family Change and Continuity in Iran: Birth Control Use before First Pregnancy, *Journal of Marriage Family*, 71(5): 1309–1324.

Aghajanian, A. & A. H. Mehryar (1999). Fertility transition in the Islamic Republic of Iran:1967 – 1996, *Asia-Pacific Population Journal* (24): 21-42.

Bijak, J., D. Courgeau, E. Silverman & R. Franck (2018). *Modelling in Demography: From Statistics to Simulations*, Springer Nature Switzerland AG. Part of Springer

Nature.

Billari, F. & A. Prskawetz (2003). *Agent-based computational demography: Using simulation to improve our understanding of demographic behaviour*, Heidelberg: Physica Verlag.

Billari, F. C. & A. Prskawetz (2005). Studying population dynamics from the bottom-up: the crucial role of agent-based computational demography, *MIMEO*, 1-13.

Billari, F. C. & H. P. Kohler (2004). Patterns of low and very low fertility in Europe, *Population Studies*, 58(2): 161-176.

Billari, F. C. (2004). Becoming an Adult in Europe :A Macro(/Micro)-Demographic Perspective, *Demographic Reserched*, 3(2): 16-37.

Billari, F. C. (2015). Integrating macro- and micro-level approaches in the explanation of population change, *Population Studies, A Journal of Demography*, 10-30.

Billari, F. C.; T. Fent; A. Prskawetz & J. Scheffran (2006). *Agent –based Computational Modelling Applications in Demography, Social ,Economic and Environment sciences-Physican* –ver lag, A Springer Company.

Billari, F. C.; T. Fent; A. Prskawetz & J. Scheffran (2007). The Wedding-Ring An agent-based marriage Model based on social interaction, *Demographic Reserched*, 17(3): 59-82.

Bjorklund, A. (2006). Does Family Policy Affect Fertility? *Journal of Population Economics*, 19 (1): 3–24.

Blossfeld, H. P. & J. Huinink (1991). Human Capital Investments or Norms of Role Transition? How Women's Schooling and Career Affect the Process of Family Formation, *American Journal of Sociology*, 97 (1): 143–168.

Bonabeau, E. (2001). Agent based modeling: Methods and techniques for simulating human system , *National Academy of Science*, 99(3): 7280-7287.

Bongaarts, J. & R. A. Bulatao (2000). Beyond Six Billion: Forecasting the World's Population. Panel on Population Projections, *Committee on Population, Commission on Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, D.C.: National Academy Press.*

Bongaarts, J. (2002). The end of the fertility transition in the developed world, *Population and Development Review*, 28(3): 419-443.

Borshchev, A. (2013). *The big book of simulation modeling: multimethod modelling with AnyLogic*, North America.

Buhler, C. (2008). On The Structural Value of Children and Its Implication on Intended Fertility In Bulgaria, *Demographic Research*, (18): 569-610.

Burch, T. K. (2002). Data, Models, Theory and Reality: The Structure of Demographic Knowledge, *Demographic Research*, 28 (1): 21-35.

Burch, T. K. (2003). Demography in a new key: A theory of population theory, *Demographic Research*, 9(11): 264-282.

Burch, T. K. (2018). *Model-Based Demography*, Springer Open.

Caldwell, J. (1993). *The Asian revolution: its implications for transition theories' in R. Leete and I. Alam, The Revolution in Asian Fertility: Dimensions, Causes and Implications*, Oxford: Clarendon Press: 299-316.

Caldwell, J. C. (2006). *Demographic Transition Theory*, Springer.

Courgeau, D., Bijak, J., Franck, R.,& 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.

Demeny, P. (2004). Population Futures for the Next Three Hundred Years: Soft Landing or Surprises to Come? *Population and Development Review*, 30 (3): 507–517.

Demeny, P. (2015). Sub-replacement fertility in national populations: Can it be raised? *Population Studies a Journal of Demography*, 69(1): 77-85.

Epstein, J. M. & R. Axtell (1996). *Growingn Artifical Societes,Social Scines 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.

Erfani A. & K. McQuillan (2008). Rapid fertility decline in Iran: Analysis of intermediate variables, *Journal of Biosocial Sciences*, 40(3): 459–478.

Freedman, R. (1987). The contribution of social science research to population policy and family planning program effectiveness, *Studies in Family Planning*, 18(2): 57-82.

Frejka T. & J. Ross (2001). Paths to subreplacement fertility: the empirical evidence. *Popul Dev Rev*, (27) :213–54.

Giere, R. N. (1999*). Science without laws*. Chicago: University of Chicago Press.

Giulio, P. T. Fent, D. Philipov, J. Vobecká & M. Winkler-Dworak (2013). A Family-Related Foresight Approach Paola, *Working Paper Series, Changing families and sustainable societies: Policy contexts and diversity over the life course and across generations*, 1-33.

Goldin, C. (2006). The Quiet Revolution That Transformed Women's Employment, Education, and Family. *American Economic Review*, 96 (2): 1–21.

Goldstein, J. R. (2006). How Late Can First Births Be Postponed? Some IllustrativePopulation-level Calculations, *Vienna Yearbook of Population Research*, 153-165.

Gustafsson, S. & A. Kalwij (2006). *Education and Postponement of Maternity Economic Analyses for Industrialized Countries Dordrecht*, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers and Springer.

Hosseini-Chavoshi, M, P. McDonald & M. J. Abbasi-Shavazi (2006). The Iranian Fertility Decline, 1981-1999: an Application of the Synthetic Parity Progression Ratio Method, *Population*, 61(5-6): 701-718.

Kagitcibasi, C. & B. Ataca (2015). Value of Children, Family Change, and Implications for the Care of the Elderly, *Cross-Cultural Research, SAGE Publications Reprints and permissions*, 49(4): 374–392.

Kim, J. K. Ransikarbum, N. Kim, & E. Paik (2016). Agent-based Simulation Modeling of Low Fertility Trap Hypothesis, *Digital library*: 83-86.

Kohler, H., F. C. Billari & J. A. Ortega (2002). The Emergence of Lowest-Low Fertility in Europe During the 1990s, *Population and Development Review*, 28 (4): 641–680.

Kohler, H. P. & J. A. Ortega (2002). Tempo-adjusted Period Parity Progression Measures, Fertility Postponement and Completed Cohort Fertility, *Demographic Research*, 6 (6): 91–144.

Lutz, W. & K. C. Samir (2011). Global Human Capital: Integrating Education and Population, *Science* 333 (6042): 587–592.

Lutz, W. (2006). Fertility Rates and Future Population Trends: Will Europe's Birth Rate Recover or Continue to Decline? *International Journal of Andrology*, 29 (1): 25–33

Manzo, G. (2014). The Potential and Limitations of Agent-based Simulation An Introduction , *Revue française de sociologie,Carin Info*, 55(4): 653-688.

Mason, K. O. (1987). The impact of women's social position on fertility in developing, Sociological Forum, Special Issue: Demography as an Interdiscipline , 718-745

Mason, K. O. (1997). Explaining Fertility Transitions, *Demography*, 34 (4):443–454.

McDonald, P. (2001). Theory pertaining to low fertility, International Perspectives on Low Fertility: *Trends, Theories and Policies*, 1-15.

McDonald, P. (2013). Societal Foundations for Explaining Fertility: Gender Equity, *Demographic Research*, 28 (15): 981–994.

Mills, M., Letizia, M., Tanturri M.L., & Begall, K. (2008). Gender Equity and Fertility Intentions in Italy and the Netherlands, *Demographic Research*, 18 (1): 1–26.

Mills, M., R. R. Rindfuss, P. McDonald, & E. T. Velde (2011). Why Do People Postpone Parenthood? Reasons and Social Policy Incentives, *Human Reproduction Update*, 17 (6): 848–860.

Morgan, P. & M. Taylor (2006). Low Fertility at the Turn of the Twenty-First Century, *NIH Public Access*, (32): 375–399

Morgan, S. P. (2003). Is low fertility a twentyfirst-century demographic crisis? *Demography*, (40): 589–603

Nauck, B. & D. Klaus (2007). The Varying Value of Children: Empirical Results from Eleven Societies in Asia, Africa and Europe, *Current Sociology*, 55(4): 487_503

Notestein, F. (1953). Economic problems of population change, *Population Argument After World War To*w, 140-152.

Oliveira, J. (2016). The value of children: Inter-generational support, fertility, and human capital, *Journal of Development Economics*, Elsevire, (120): 3-17.

Rahmandad, H. & J. Sterman (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.

Rindfuss, R. & M. K. Choe (2015). *Low and Lower Fertility*, Springer.

Rindfuss, R., R. S. Morgan & G. Swicegood (1988). *First Births in America. London*: University of California Press.

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., J. Bijak, C. V. Hilton, & J. Noble (2013). When demography met social simulation: a tale of two modelling approaches, *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 16(4): 1-17.

Singh, K., M. Sajjad, & Ch. WonAhn (2015). Simulating Population Dynamics with an Agent Based and Microsimulation Based Framework, *International Conference on* Applied *Social Science Research*: 335-339.

Squazzoni, F. (2012). *Agent-Based Computational Sociology*, University of Brescia, Italy, A John Wiley & Sons, Ltd., Publication.

Stark, L. & H. P. Kohler (2002) .The debate over low fertility in the popular press: a cross-national comparison, 1998–1999. *Popul Res Policy Rev*, (21): 535-574.

Taylor, S. (2014). *Agent-based Modeling and Simulation*, The OR Essentials series Series Standing Order, Brunel University, UK.

The Anylogic Company. (2021). Anylogic Help. [On line]. Avaliable from:http://www.anylogic.com

Weise, G. (1999). *Multi agent System: A Modern Approach to Distributed Modern Approach to Artifical Intelligence*, The MIT University.

Wilensky, U. & W. Rand (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.

Wilson, C. (2004). Fertility below replacement level, Science, (304): 207-209.

Wooldridge, M., & Jeninge, N. R. (1995). Intelligent Agent: Theory and Practice, *The* Knowledge *Engineerings rewiew*, 10 (2): 115-152.

Yang, Z. (2016). An Agent-Based Dynamic Model of Politics, Fertility and Economic, *Journal of Systemics Cybernetics and Informatics*, (4): 99-103.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Introduction of Agent-Based Modeling in Explaining Low Fertility

Mohammad Jalal Abbasi-Shavazi*, Nasibeh Esmaeili**

Abstract

One of the important issues in demography is helping to adopt appropriate and effective policies dealing with low fertility. This topic has a special importance in Iran due to the attainment of below-replacement fertility. Using analytical methods, some studies have been conducted to analyze low fertility in recent years. In this paper, the studies explaining low fertility using analytic method are critically reviewed. The absence of a linear, uniform and homogeneous relationship between the independent variables affecting low fertility and lack of deep understanding of the complex system of lower fertility are evident in previous studies. Agent-based modeling is introduced as a technical tool and a suitable solution developed based on computer programming. This approach can easily resolve the limitations associated with analytical methods. The ability of agent-based modeling in making bridge between micro and macro levels as well as the capability of complex system modeling are the strengths that can be employed in explaining the complex system of low fertility.

Keywords: Low fertility, Computer Programming, Complex system, Agent-based Modeling, Analytical Methods.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

* Professor of Demography, Department of Demography, Faculty of Social Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran; Honorary Professor, University of Melbourne, Australia, E-mail: mabbasi@ut.ac.ir

** Ph.D Student in Demography, Department of Demography, Faculty of Social Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran. (Corresponding Author). E-mail: nasibeh.esmaeli@ut.ac.ir