# نقش توزیع ثروت، وراثت و کنترل جمعیت در رفاه اجتماعی: شبیه‌سازی رفاه اجتماعی در جامعهٔ مصنوعی

آرش رحمان*، سعید ستایشی**

***طرح مسأله:*** *در این مقاله کاربرد مدل فضای قندی جامعهٔ مصنوعی در تحلیل و بهینه‌سازی توزیع ثروت در جامعه و نقش توزیع ثروت، وراثت و کنترل جمعیت در رفاه اجتماعی مورد بررسی قرار می‌گیرد.*

***روش:*** *نوع روش تحقیق بنیادی، شبیه‌سازی و کاربردی است و روش گردآوری اطلاعات میدانی، کتابخانه‌ای و محاسباتی است.*

***یافته‌ها:*** *افزایش نابرابری در توزیع ثروت (قند)، موجب ازدیاد فقر در جامعه گردید و در نتیجه میزان مرگ و میر بالای ناشی از گرسنگی مشاهده شد. همچنین بسیاری از مردمان فقیر و تعداد به نسبت کمتر، مردمان طبقهٔ متوسط در مجموع با حداقل ثروت جامعه، و تعداد بسیار کم مردمان ثروتمند با حداکثر مقدار ثروت در جامعه مشاهده شدند.*

***نتایج:*** *وراثت می تواند بقاء عامل‌ها را در جامعه افزایش دهد. نشان داده شد که با اعمال سیاست‌های صحیح کنترل جمعیت می‌توان رفاه بیشتری را در جامعه به‌وجود آورد. همچنین با افزایش سطح دید عامل‌ها و کاهش متابولیسم آن‌ها می‌توان به برابری نزدیک شد.*

***کلید واژه‌ها: توزیع ثروت، جامعهٔ مصنوعی[1]، حیات مصنوعی[2]، مدل رفاه اجتماعی، مدل فضای قندی[3]***

***تاریخ دریافت: ۸۶/۲/۴ تاریخ پذیرش: ۸۶/۷/۲۷***

* دانشجوی دکتری مهندسی کامپیوتر، عضو گروه مهندسی کامپیوتر (نرم‌افزار)، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی تهران، <arashrahman@yahoo.com>

** دکتر مهندسی برق و کامپیوتر، عضو هیأت علمی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

1. Artificial Society
2. Artificial Life
3. Sugarscape Model



[ Downloaded from refahj.uswr.ac.ir on 2026-11-14 ]

**مقدمه**

به دلیل پیچیدگی ذاتی جامعهٔ بشری (Bar-Yam, 1997: 2-15)، امکان انجام آزمایش در محدوده‌های علوم اجتماعی کاهش یافته و منجر به آن شده است که محققان با به‌کارگیری مدل‌های اجتماعی به مطالعهٔ جنبه‌های ضروری و متفاوت اجتماعی روی بیاورند. در این میان شبیه‌سازی‌های کامپیوتری فقط یک روش جدید برای اضافه شدن به بستهٔ ابزاری محققان اجتماعی نبوده، بلکه طریقی جدید برای فکر کردن در مورد جامعه و فرآیندهای اجتماعی ویژه و الهامی برای تئوری‌های فرآیندگرای اجتماعی جدید است (Baptista, Torres & Moreno, 2000: 1-2). این روش اجازه می‌دهد تا در جامعهٔ مصنوعی که از عامل‌های محاسباتی تشکیل شده، آزمایشاتی تحت شرایط آزمایشگاهی و با مشخصات مختلف انجام گرفته و در نهایت نتایج، مشاهده و اندازه‌گیری شود.

در این مقاله مدلی از جامعهٔ مصنوعی که مدل فضای قندی (Epstein & Axtell, 1996:21-178؛ رحمان و ستایشی، ۱۳۸۵: ۳-۲؛ رحمان و ستایشی، ۱۳۸۶: ۴-۳) نام دارد، استفاده می‌گردد که در آن جمعیت اولیه از عامل‌هائی که به‌طور مناسب پارامتری شده‌اند، در محیط مصنوعی توزیع می‌شوند، سپس پویایی جمعیت برای خود سازمان‌دهی در جهت رسیدن به الگوهای اجتماعی ماکروسکوپیک نظیر پیدایش توزیع‌های منحرف شدهٔ ثروت، و غیره قابل تشخیص است. هر بار تنظیم پارامترها، یک سناریوی متفاوت را همراه با پویایی‌های سراسری جمعیت با خصوصیات پیدایشی معین تعریف می‌کند. کار سخت در این مقوله انتخاب یک مجموعهٔ کافی از پارامترها برای جامعهٔ مصنوعی در جهت دست یافتن به رفتارهای پیدایشی[1] پویا و از پیش تعریف شده و یا مورد انتظار در شبیه‌سازی‌ها است. این مهم در این مقاله با ارائهٔ یک برنامهٔ تکاملی میسر شده است.

سازمان‌دهی مقاله بدین صورت است که در ابتدا سوابق پژوهش و چارچوب نظری ارائه شده است، سپس در بخش سوم روش کار بیان شده و به دنبال آن در بخش چهارم،

1. Emergent Behavior



[ Downloaded from refahj.uswr.ac.ir on 2026-11-14 ]

آزمایشات و یافته‌ها ارائه گردیده است. در بخش پنجم مدل مورد ارزیابی قرار گرفته و در انتها نیز از بحث نتیجه‌گیری شده است.

## ۱) سوابق پژوهشی

پژوهش صورت گرفته تاکنون در کشور مطرح نشده و سوابق و مستنداتی از تحقیق در قبال آن ثبت نگردیده است. این پژوهش بر اساس آموزه‌های مطرح از مباحث موجود در دینامیک سیستم‌های پیچیده و هوش مصنوعی که در دوره‌های دکتری مهندسی کامپیوتر، هسته‌ای و فیزیک مطرح است، حادث شده است و به جهت مبانی تئوری و دسترسی به منابع و مستندات علمی از طریق دانشگاه MIT و مراکز وابسته تغذیه می‌شود.

تلاش‌هایی که بر روی جامعهٔ مصنوعی فضای قندی صورت گرفته است، قسمتی از پروژه سال ۲۰۵۰ کشور ایالات متحده آمریکا است که به‌صورت شراکتی از طرف سه موسسه سانتا فی ((Santa Fe Institute (SFI)، بروکینگ (Brooking Institute) و منابع جهانی (World Resource Institute) برای شناسایی شرایط قابل تحمل توسعه در یک مقیاس عمومی در حال انجام است.

در این میان، مدل توزیع ثروت و رفاه اجتماعی در فضای قندی کلاسیک (اولیه) اولین بار توسط اپستین و اکستل در سال ۱۹۹۶ مطرح شده است (Epstein & Axtell, 1996). این مسأله بعدها به ترتیب توسط ویلنسکی در سال ۱۹۹۸ (Wilensky, 1998)، گیزی و همکـاران در سال ۲۰۰۳ (Gizzi, Vail, & Lairson, 2003) و توسط محققین و مولفین این مقاله در سال‌های ۱۳۸۵و ۱۳۸۶ مورد بررسی، گسترش و توسعه قرار گرفته است (رحمان و ستایشی، اسفند ۱۳۸۵).

## ۲) مفاهیم پایه و چارچوب نظری

### ۱-۲) حیات مصنوعی و اهمیت تکامل

واژهٔ مصنوعی در عبارت حیات مصنوعی بر این امر تأکید دارد که سیستمی که در نهایت تولید



[ Downloaded from refahj.uswr.ac.ir on 2026-11-14 ]

می‌شود، ساختهٔ دست بشر بوده و توسط طبیعت در خلال تکامل به‌وجود نیامده است. در چنین حیاتی، تکامل محور پژوهش بوده و حیات توسط تئوری تکامل تبیین می‌شود. در این چرخه در آغاز عوامل با ویژگی‌های معمولی تولید و با زندگی در محیط مصنوعی تحت تأثیر تکامل محیط رشد کرده و مصرف انرژی را در محیط بهینه می‌کنند (Bar-Yam, 1997: 528-620).

## ۲-۲) جامعهٔ مصنوعی

مدل مبتنی بر عامل فرآیندهای اجتماعی، جامعهٔ مصنوعی (Epstein & Axtell, 1996: 2-19) نامیده می‌شود. در این روش ساختارهای بنیادین اجتماعی و رفتارهای گروهی در اثر تعامل عامل‌های فعال با محیط و با یکدیگر تحت قوانین خاصی که بر روی اطلاعات و قابلیت‌های محاسباتی هر عامل تأثیر می‌گذارد به‌وجود می‌آید.

در تفکر برخی، جامعهٔ مصنوعی یک سیستم گسستهٔ دینامیک است، که در آن بردار A تمامی حالات داخلی عامل‌ها و بردار E تمامی حالات محیطی عامل‌ها را نشان می‌دهد. این سیستم با محیط در قالب یک دینامیک چند بعدی در تعامل بوده و روابط مربوطه به صورت ذیل نمایش داده می‌شود:

$$A_{t+1} = F(A_t + E_t) \text{ و } A_{t+1} = G(A_t + E_t)$$

که در آن‌ها G(t) و F(t) توابعی برداری هستند که فضای تمامی حالات در زمان t را به همان فضا در زمان $t+1$ نگاشت می کنند (Epstein & Axtell, 1996: 19).

جامعهٔ مصنوعی مدلی است کامپیوتری (Epstein & Axtell, 1996: 2-19؛ ذونعمت کرمانی و ستایشی، ۱۳۸۲؛ رحمان و ستایشی، ۱۳۸۵: ۳؛ رحمان و ستایشی، ۱۳۸۶: ۳)، شامل جمعیتی از عامل‌های مستقل که دارای محیط مجزایی بوده و در آن عامل‌ها زندگی می‌کنند. عامل‌ها اشخاص مصنوعی هستند که در جامعه شبیه‌سازی شده‌اند. هر عامل خصوصیاتی ژنتیکی را دارا می‌باشد که از طرف والدین به او به ارث رسیده و در زندگی‌اش پایدار شده است. هم‌چنین برای هر عامل می‌توان خصوصیاتی فرهنگی در نظر گرفت که به صورت عمودی از اولیا به بچه‌ها انتقال یابد و به‌صورت افقی از طریق ارتباط با عامل‌های دیگر قابل تغییر باشد. در این



[ Downloaded from refahj.uswr.ac.ir on 2026-11-14 ]

محیط برای عامل‌ها قوانینی رفتاری وجود دارد. برای مثال، قانون جابه‌جایی یا حرکت در محیط که براساس آن عامل‌ها در محیط حرکت می‌کنند. بر همین مبنا، قوانینی نظیر تولید مثل، تبادل فرهنگی و وراثت و غیره در محیط اعمال می‌شود. هم‌چنین در این محیط، عامل‌ها دارای خصوصیاتی نظیر سطح دید، متابولیسم، سن، فرهنگ، دارایی و سلایق اقتصادی‌اند که معمولاً در محیط از هر عامل به عامل دیگر این خصایص متفاوت دیده می‌شود.

### ۳-۲) مدل فضای قندی

عناصر اصلی در فضای قندی عبارت‌اند از: الف) عامل ب) قوانین ج) محیط یا فضا د) قند (منبع) که در ذیل به طور مبسوط شرح داده می‌شود (Epstein & Axtell, 1996: 21-178).

**الف) عامل**[1]: به اجزایی که در این فضا زندگی می‌کنند گفته می‌شود که شامل افراد، جمعیت محیط و یا نهادهایی هستند که رفتارهای انسانی را شبیه‌سازی می‌کنند.

**ب) قوانین:** برای این عامل‌ها، قوانین و یا حالاتی برای زندگی و بقاء در محیط وجود دارد. قوانین رفتاری عامل در محیط قندی متناسب با نیازها می‌تواند دستخوش تغییر شود.

دو دسته قوانین عمده در محیط قندی وجود دارد:

- قوانین حاکم بر عامل
- قوانین حاکم بر محیط

**ج) محیط یا فضا**[2]: در محیط قندی هیچ توپولوژی ثابتی برای محیط وجود ندارد، اما می‌تواند یک شبکهٔ دو بعدی (اتوماتای سلولی دو بعدی) از یک اندازه تعریف شده باشد. به عبارت دیگر محیط در فضای قندی می‌تواند به شکل جدولی در نظر گرفته شود که در هر خانهٔ آن قند (منابع انرژی)، عامل، هیچ‌کدام و یا هر دو آن‌ها وجود داشته باشد.

**د) قند (دارایی یا منبع)**[3]: قند یک منبع عمومی شده است که عامل‌ها بایستی برای بقاء

1. Agent
2. Landscape
3. Sugar



[ Downloaded from refahj.uswr.ac.ir on 2026-11-14 ]

آن را بخورند. منابع قندی، دارایی (ثروت) را مشخص می‌کند. در حالت اولیه، توزیع قند در محیط می‌تواند به‌صورت تصادفی در مکان‌های فضا با یک توزیع احتمالی معین از بین یک محدوده مشخص، صورت پذیرد. قند در هر مکان می‌تواند با یک نرخ مشخص در جهت رسیدن به ظرفیت حداکثر، مجدداً تجدید شود.

عامل‌ها در این فضا به‌صورت تصادفی شروع به کار می‌کنند؛ موقعیت اولیه، دارایی و تمامی حالت‌های داخلی آن‌ها به‌صورت تصادفی از یک محدودهٔ مشخص توزیع می‌شود. در مجموعهٔ وضعیت‌های داخلی، یک زیر مجموعه (از وضعیت‌های داخلی) در سراسر طول عمر عامل بدون تغییر باقی می‌ماند و در عین حال زیر مجموعهٔ دیگر از آن وابسته به زمان است. به‌علاوه، برخی از این وضعیت‌ها، محلی و برای هر عامل (متفاوت) اند و برخی دیگر عمومی (مشترک) اند. مجموعه وضعیت‌های محلی مستقل از زمان عامل عبارت‌اند از دارایی اولیه (در واحدهای قند)، حداکثر طول عمر، سطح دید، نرخ متابولیسم. مجموعهٔ وضعیت‌های سراسری مستقل عامل عبارت‌اند از: مدت زمان لازم برای بالا بردن سطح دید، آستانهٔ فقر (=۰) و مجموعه وضعیت‌های وابسته به زمان محلی عامل عبارت‌اند از موقعیت عامل در محیط، سن، دارایی قندی. عامل‌ها قوانین محلی را به طور هم‌زمان در جستجویشان به‌دنبال قند اجرا می‌کنند. حرکت سراسری جمعیت یک نتیجهٔ پیدایشی از فعالیت‌های محلی سادهٔ اجرا شده به‌وسیلهٔ عامل‌ها می‌باشد (Baptista, Torres & Moreno, 2000: 1-8).

در شبیه‌سازی کامپیوتری، این مدل شامل یک اتوماتای سلولی دو بعدی است[1] (به‌صورت یک آرایهٔ دو بعدی با ابعاد ۵۰×۵۰ سلول شبیه‌سازی می‌گردد)، که هر نقطه از آن یک مختصات (x,y) را به خود اختصاص می‌دهد. برای هر نقطه از این فضا یک سطح قندی[2] و یک ظرفیت قندی[3] در نظر گرفته می‌شود که ظرفیت قندی ماکزیمم مقدار قندی است که می‌تواند از هر نقطهٔ این فضا برداشته شود. در این فضای دو بعدی، برخی نقاط

1. Sugarscape Model = Cellular Automata + Agents + Sugar + Rules
2. Sugar Level
3. Sugar Capacity



[ Downloaded from refahj.uswr.ac.ir on 2026-11-14 ]

فاقد قند اند (بیابان؛ سطح قندی صفر دارند) و ظرفیت پائینی را دارا می‌باشند. برخی دیگر از نقاط فاقد قند اند، اما ظرفیت بالایی را دارا هستند (این مورد هنگامی پیش می‌آید که عامل‌ها همهٔ قند آن نقاط را مصرف می‌کنند). برخی دیگر از مکان‌ها ممکن است ثروتمند قندی و با ظرفیت بالا باشند. هر عامل می‌تواند برای یافتن قند سلول‌ها را جستجو نماید و در آن‌ها فعالیت و یا تولید مثل کند. بنابراین شبیه‌سازی کامپیوتری قوانین محیطی و عاملی را نیز شامل می‌گردد (Epstein & Axtell, 1996: 21-178؛ رحمان و ستایشی، ۱۳۸۵: ۶-۳؛ رحمان و ستایشی، ۱۳۸۵: ۴-۳؛ رحمان و ستایشی، ۱۳۸۶: ۶-۴).

## ۳) روش تحقیق

### ۳-۱) برنامهٔ تکاملی

در این مرحله، از مدل توزیع ثروت گیزی، وایل و لاریسن (Gizzi, Vail, & Lairson, 2003) که با مدل فضای قندی تطابق دارد، استفاده شده است و ضمن بهینه‌سازی (NetLogo Group, 2006)، مدلی عرضه گردیده که می‌تواند به عنوان یک مدل تئوری غیرکلاسیک اقتصادی نمایش‌دهندهٔ رفاه اجتماعی باشد.

در مدل گیزی و همکاران هر قطعه زمین[1] (سلول) دارای سطح قندی و ظرفیت قندی است. عامل‌ها قند را از قطعات زمین جمع‌آوری می‌کنند و سپس آن‌ها را برای بقاء می‌خورند. مقدار قندی که هر کس جمع‌آوری می‌کند دارایی یا ثروتش به حساب می‌آید. این مدل با یک تساوی ناهموار از ثروت در جامعه شروع می‌شود، سپس عامل‌ها سرگرم جمع‌آوری هر مقدار قندی که می‌توانند، می‌شوند. هر شخص با توجه به سطح دیدش[2] (این پارامتر نشان از میزان آگاهی، خبرگی و توانای دید عامل در به‌دست آوردن قند از محیط دارد که به‌صورت تصادفی در بین عامل‌ها توزیع می‌شود)، سعی به حرکت به جهتی

1. Patch
2. Vision



[ Downloaded from refahj.uswr.ac.ir on 2026-11-14 ]

می‌کند که در آن بیشترین مقدار قند واقع شده است. در هر پریود زمانی هر عامل مقداری قند را مصرف می‌کند که این مقدار متابولیسم‌اش نامیده می‌شود. هر عامل همچنین دارای طول عمری است که از بدو تولد به‌صورت تصادفی برایش تعیین شده است. عامل در صورت اتمام عمر و یا به‌دست نیاوردن قند کافی برای ارضاء سوخت و سازش، در نهایت می‌میرد. در این حالت یک فرزند با سطح دید، متابولیسم و دارایی اولیهٔ تصادفی، می‌تواند به‌جای آن تولید و جایگزین می‌شود.

در شبیه‌سازی صورت گرفته، مشاهده برابری یا عدم برابری در توزیع ثروت به کمک محاسبهٔ ضریب جینی امکان‌پذیر شده است. مقدار این ضریب می‌تواند از ۰ تا ۱ تغییر کند. هر چه این ضریب به سمت ۱ حرکت کند، نشان‌دهندهٔ بیشتر شدن نابرابری در توزیع ثروت و درآمد در جهان است. در آزمایشات جمعیت با توجه به دارایی شان دسته‌بندی می‌شوند و سپس درصدی از جمعیت که مالک درصدی از دارایی است، مشخص می‌گردند. بر این اساس مدلی عرضه می‌گردد که توزیع ثروت و رفاه اجتماعی را در جامعهٔ مصنوعی شبیه‌سازی می‌نماید.

مهم‌ترین پارامترهای دخیل در این مدل عبارت‌اند از: تعداد جمعیت اولیه از عامل‌ها، سطح دید (از ۱ تا ۱۵)، متابولیسم (از ۱ تا ۲۵)، سن مرگ (بین ۱ تا ۱۰۰)، بازه رشد مجدد قند (۰ تا ۱۰)، تعداد رشد دانه‌های قندی در هر فاصلهٔ زمانی رشد مجدد قند (۱ تا ۱۰)، درصد بهترین زمین‌ها در محیط (از ۱ درصد تا ۲۵ درصد)، وراثت (فعال یا غیر فعال)، رشد جمعیت (به سه صورت:

**الف) حالت غیرفعال**[1]: در این حالت فقط قانون جایگزینی فعال است؛

**ب) حالت تساوی:** شانس ۱۰ درصد دو زاد و ولد وقتی که یک عامل می‌میرد و

**ج) حالت از گرسنگی مردن**[2]: شانس ۳۰ درصد عدم امکان زاد و ولد وقتی که مرگ یک عامل به‌علت گرسنگی روی می‌دهد و شانس ۱۰ درصد دو زاد و ولد وقتی که یک

1. None
2. Starve



[ Downloaded from refahj.uswr.ac.ir on 2026-11-14 ]

عامل به‌علت پیری می‌میرد.

مهم‌ترین قوانینی که در آزمایشات استفاده می‌شوند عبارت‌اند از:

**الف) قانون حرکتی عامل (M):**

– نگاه کن در جهت‌های مختلف، تا آن حدی که سطح دیدت اجازه می‌دهد و شناسایی کن مکان‌های اشغال نشده‌ای که بیشترین مقدار قند را دارد؛

– اگر بیشترین مقادیر قند در روی چندین مکان مشاهده شد. تو نزدیک‌ترین مکان را انتخاب کن؛

– به این مکان جابه‌جا شو؛

ـ جمع‌آوری کن همهٔ مقادیر قند موجود را از این مکان.

هر عامل اجازه دارد تا یک‌بار در هر دورهٔ زمانی (هر تکرار) به‌صورت تصادفی حرکت نماید.

**ب) قانون رشد مجدد قند در فضای قندی** $(G_\alpha)$: در هر موقعیت از شبکهٔ قندی، قند با نرخ $\alpha$ در هر فاصلهٔ زمانی رشد می‌کند و بالا می‌رود تا به ظرفیت آن موقعیت برسد.

**ج) قانون جایگزینی عامل**[1] $\mathbf{R_{(a,b)}}$: زمانی که یک عامل بمیرد، بایستی با یک عامل با سن صفر که خصوصیات ژنتیکی تصادفی، جنسیت تصادفی و طول عمر تصادفی بین [a, b] را دارا است و در موقعیت تصادفی روی فضای قندی قرار می‌گیرد، جایگزین شود.

**د) قانون وراثت (I):** هنگامی‌که عاملی بمیرد، دارائیش به‌طور مساوی بین همهٔ فرزندانش تقسیم می‌شود.

دارایی (ثروت) ذخیره شدهٔ عامل با جمع‌آوری قند افزایش و با سوخت و سازش کاهش می‌یابد. اگر در هر زمان دارایی عامل افت پیدا کند و یا به صفر برسد ـ بدین معنی که عامل قادر به جمع‌آوری قند کافی برای ارضاء سوخت و سازش نباشد ـ چنین عاملی از گرسنگی می‌میرد و از محیط خارج می‌شود.

1. Agent Replacement Rule



[ Downloaded from refahj.uswr.ac.ir on 2026-11-14 ]

### ۲-۳) آزمایشات

آزمایشات برای سه حالت هر بار با تنظیمات پارامتری متفاوت در مدل برای ۱۰ بار تکرار صورت می‌پذیرد و نتایج در قالب کنترل‌ها و نمودارها و مقادیر، مورد مشاهده، اندازه‌گیری، بررسی و تحلیل قرار می‌گیرد. در نهایت پس از جمع‌بندی از هر حالت نتایج و یافته‌هائی به‌دست می‌آید که منعکس می‌گردد. در حالت سوم (آزمایش سوم) ثابت می‌شود که با تغییر و تنظیم برخی از پارامترها (بهینه‌سازی) می‌توان به برابری و تساوی بیشتری در جامعه دست یافت.

#### ۱-۲-۳) آزمایش اول

در آزمایش اول تعداد عامل‌ها در محیط ۲۵۰ نفر در نظر گرفته شد و سطح دید از بازهٔ ۱ تا ۵ به‌صورت تصادفی، نرخ متابولیسم از بازهٔ ۱ تا ۱۵ به‌صورت تصادفی، سن مرگ هم از بازهٔ ۱ تا ۸۳ سال به‌صورت تصادفی تنظیم شد. فاصلهٔ زمانی رشد مجدد قند ۱، تعداد رشد مجدد قند در هر فاصلهٔ زمانی رشد مجدد قند ۴ و درصد بهترین زمین‌ها در محیط هم ۱۰ درصد منظور شد. حالت رشد جمعیت هم به‌صورت غیر فعال تنظیم شد. این آزمایش برای ۱۰۰۰ دورهٔ زمانی صورت پذیرفت.

هدف از این آزمایش بررسی توزیع ثروت در جامعه و ثاثیرات آن بر برابری و رفاه اجتماعی عامل‌ها در جامعه مصنوعی بود.

#### ۲-۲-۳) آزمایش دوم

در آزمایش دوم نیز مقادیر پارامترها مطابق با آزمایش اول تنظیم گردید و فقط دو تغییر جدید اعمال شد: الف) اجازهٔ تولید مثل در محیط به عامل‌ها داده شد (با تنظیم کردن پارامتر رشد جمعیت در حالت تساوی) و تاثیر آن در توزیع ثروت در جامعه بررسی گردید و ب) تاثیر فعال بودن قانون وراثت در ارتباط با تکامل توزیع ثروت بررسی شد.

بنابراین هدف از انجام این آزمایش بررسی نقش تولید مثل و وراثت در توزیع ثروت و رفاه در جامعه بود.



[ Downloaded from refahj.uswr.ac.ir on 2026-11-14 ]

### ۳-۲-۳) آزمایش سوم

آزمایش سوم به دنبال بهینه کردن توزیع ثروت و افزایش برابری و رفاه اجتماعی در جامعه است. این کار با تغییر دادن پارامترهای مدل و بهینه نمودن آن‌ها صورت می‌پذیرد. بدین منظور با هر بار تغییر پارامترها مدل اجرا و در هر بار اجرا ثابت جینی و سایر کنترل‌ها بررسی گردید و در انتها پس از انجام مکرر آزمایشات و بازبینی نتایج و یافته‌ها، بهینه‌ترین حالت در اجراها تعیین گردید.

## ۴) یافته‌ها

### ۴-۱) یافته‌های آزمایش اول

نتایج حاصل شده نشان داد که به تدریج تعداد فقیران افزایش می‌یابد، به‌طوری‌که در انتهای زمان شبیه‌سازی تعداد عامل‌های فقیر، طبقهٔ متوسط و ثروتمند جامعه به ترتیب ۲۳۲، ۱۴ و ۴ نفر بودند. این مسأله نشان‌دهندهٔ حرکت دارایی‌های دیگر طبقات جامعه به سمت ثروتمندان است. در این بررسی مشاهده شد که حدود ۶۲ درصد از عامل‌ها به‌دلیل گرسنگی در آخرین نسل مرده‌اند، و این نشان‌دهندهٔ افزایش فقر و کاهش رفاه در جامعه بود. این مسأله را با بررسی منحنی ضریب جینی در شکل شمارهٔ ۱ و بررسی تکامل طبقات در شکل شمارهٔ ۲ می‌توان مشاهده نمود. افزایش ضریب جینی و صعود مقدار آن از ۰/۵ نشان‌دهندهٔ افزایش نابرابری و کاهش رفاه اجتماعی در جامعه است.

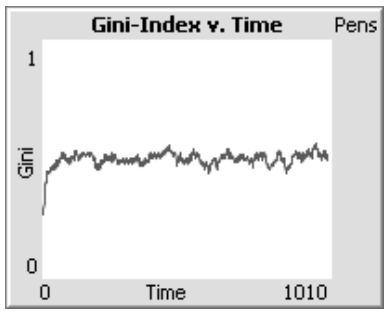
هم‌چنین در این شبیه‌سازی اصل پارتو[1] (Wikipedia, 2007) تائید می‌گردد که براساس آن، تعداد بسیار از مردمان فقیر و تعداد به نسبت کمتر، مردمان طبقه متوسط در مجموع با حداقل ثروت جامعه، و تعداد بسیار کم مردمان ثروتمند با حداکثر مقدار ثروت جامعه شکل گرفته است (نزدیک به وضعیتی که در جهان حاکم است). همان‌طور که در شکل شمارهٔ ۳ مشاهده می‌گردد ۲۰ درصد جمعیت جامعه دارای حدود ۶۰ درصد دارائی (ثروت) جامعه است.

1. Pareto Principle

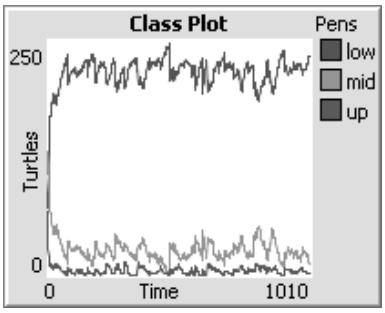


[ Downloaded from refahj.uswr.ac.ir on 2026-11-14 ]

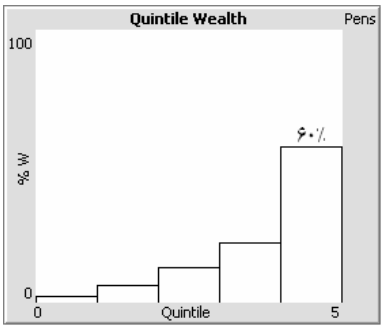
**شکل ۱: نوسانات ضریب جینی**




**شکل ۲: نمودار مربوط به تکامل طبقات اجتماعی**




**شکل ۳: درصدی از جمعیت که دارای درصدی از ثروت جامعه است**




### ۲-۴) یافته‌های آزمایش دوم

نتایج به‌دست آمده در اجرای حالت اول (الف) نشان داد که وضعیت توزیع ثروت در این حالت بهتر از نتایج آزمایش قبلی است. ضریب جینی به حدود ۰/۴ رسید (در این مقدار به یک حالت پایدار رسید) و این مهم نشان‌دهندهٔ این است که میزان انحراف از تساوی و برابری نسبت به حالت قبل کمتر شده است. نکتهٔ دیگر این‌که میزان دارایی (ثروت) جامعه پس از پایان مدت شبیه‌سازی با وجود ۲۸۸۰۰ عامل در قید حیات، به ۹۰۸۳۰۹ واحد قند و میزان میانگین آن برای هر عامل به ۲۲ واحد قند رسید. این مقادیر در شروع شبیه‌سازی



[ Downloaded from refahj.uswr.ac.ir on 2026-11-14 ]

برای ۲۵۰ عامل اولیه به ترتیب ۸۰۰۰ و ۳۰ واحد قند بوده است. این مسأله خود نشان‌دهندهٔ افزایش میزان برابری و رفاه در جامعه است. اما با اجرای حالت دوم (ب) از این آزمایش عامل‌ها اجازه پیدا می‌کردند که قند ذخیره شدهٔ خود را در هنگامی که می‌میرند به فرزندانشان بدهند. این بدین معنی است که اجازهٔ میراث بری به عامل‌ها داده شد. نتایج حاصل در این حالت نشان داد که جامعه در این حالت زودتر به تساوی و برابری می‌رسد. هم‌چنین در این حالت تعداد جمعیت عامل‌ها در نهایت به ۳۳۰۰۰ رسید و این نشان‌دهندهٔ این است که وراثت بقاء بیشتر عامل‌ها را در محیط ممکن می‌کند. بنابراین یافته‌ها حکایت از آن دارد که وراثت انتخاب را به تأخیر می‌اندازد. به عبارتی دیگر عامل‌هایی که ممکن است وجین شوند، به کمک وراثت برتری و بقاء می‌یابند.

### ۳-۴) یافته‌های آزمایش سوم

در آزمایش سوم نیز تعداد عامل‌ها در محیط ۲۵۰ نفر در نظر گرفته شد، ماکزیمم سطح دید ۱۵، ماکزیمم نرخ متابولیسم ۱، سن مرگ به‌صورت تصادفی از بازه ۱ تا ۸۳ سال (مطابق با آزمایشات قبلی)، فاصلهٔ زمانی رشد مجدد قند ۱، تعداد رشد مجدد قند در هر فاصلهٔ زمانی رشد مجدد قند۱۰ و درصد بهترین زمین‌ها در محیط هم ۲۵ درصد در نظر گرفته شد. حالت رشد جمعیت در حالت گرسنگی[1] تنظیم گردید. بدین ترتیب ضمن افزایش سطح دید، کاهش متابولیسم و گسترش منابع قندی محیط، یک کنترل جمعیت هم برای خانواده‌هایی که دارای مرگ به‌علت گرسنگی‌اند، اعمال شده است (زادو ولد آن‌ها کاهش داده شد). قانون وراثت هم فعال گردید و آزمایش برای ۱۰۰۰ دورهٔ زمانی انجام شد. هدف از این آزمایش نشان دادن حالتی بهینه در توزیع ثروت و برابری و رفاه در جامعه است.

در شروع آزمایش ثابت جینی با توجه به توزیع اولیهٔ ثروت در جامعه ۰/۳۵۷ و میانگین ثروت در جامعه ۲۴ واحد قند و مجموع قند یا ثروت موجود در کل زمین‌ها (سلول‌ها) ۵۹۵۸ بود. پس از گذشت ۳۰۰ دورهٔ زمانی ضریب جینی به ۰/۱۹۰ رسید. این مسأله نزدیک

1. Starvation



[ Downloaded from refahj.uswr.ac.ir on 2026-11-14 ]

شدن به برابری ثروت در جامعه را نشان می‌دهد، ضمن این‌که تعداد فقیران بسیار کم و تعداد طبقه متوسط بیشتر شد. این مهم نشان‌دهندهٔ بهبودی رفاه در اجتماع است. در ضمن میانگین ثروت در اجتماع هم به ۲۹۶۴ واحد قند رسید. با این‌که در دورهٔ زمانی ۷۰۰ افزایش ضریب جینی مشاهده شد، اما هم‌چنان وضعیت خوبی در جریان است، چرا که تعداد طبقهٔ متوسط هنوز در وضعیت خوبی است (حدود ۳۲۲ نفر از ۶۰۲ نفر عامل موجود در اجتماع جزو طبقهٔ متوسط اند). در ضمن میانگین ثروت در اجتماع هم در این دوره به ۴۴۶۲ واحد قند رسیده است که این مسأله نیز نشان‌دهندهٔ بهبودی بیشتر رفاه در اجتماع است.

بنابراین اگر بتوان رشد جمعیت را به نوعی کنترل کرد، می‌توان به برابری بیشتر ثروت و رفاه بیشتر در جامعه رسید.

### ۴-۴) ارزیابی مدل

برای مقایسهٔ رفتار مدل با رفتار جهان حقیقی، تحقیقات سازمان ملل در مورد تکامل نابرابری درآمد جهان برای سال‌های ۱۹۵۰ تا ۲۰۰۰ مورد بررسی قرار گرفت (Salimano, 2001: 15;)، (Watkins, 2006: 335- 338; Weeks, 2005: 5-13)، نتایج آن برای نیمهٔ دوم قرن بیستم در جدول شمارهٔ ۱ مشخص شده است.

مدل مطابق با شرایط آزمایش دوم برای ۵۰ دورهٔ زمانی اجرا شد. شکل شمارهٔ ۴ نتایج حاصل از اجرای مدل و نگاشت نتایج به‌دست آمده از جدول شمارهٔ ۱ را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود همگرائی بین دو منحنی در حد قابل قبولی است.

**جدول ۱: نابرابری درآمد جهانی در نیمهٔ دوم قرن بیستم**

| سال | ضریب جینی | سال | ضریب جینی | سال | ضریب جینی | سال | ضریب جینی | سال | ضریب جینی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱۹۵۰ | ۰/۴۲۷ | ۱۹۶۰ | ۰/۴۴۸ | ۱۹۷۰ | ۰/۴۶۹ | ۱۹۸۰ | ۰/۴۵۸ | ۱۹۹۰ | ۰/۴۸۹ |
| ۱۹۵۱ | ۰/۴۳۲ | ۱۹۶۱ | ۰/۴۷ | ۱۹۷۱ | ۰/۴۶۸ | ۱۹۸۱ | ۰/۴۵۹ | ۱۹۹۱ | ۰/۴۹۴ |
| ۱۹۵۲ | ۰/۴۴۶ | ۱۹۶۲ | ۰/۴۷۶ | ۱۹۷۲ | ۰/۴۶۷ | ۱۹۸۲ | ۰/۴۵۹ | ۱۹۹۲ | ۰/۵۰۱ |

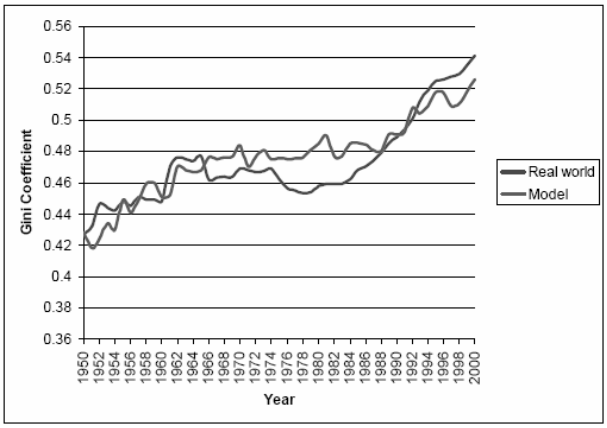


[ Downloaded from refahj.uswr.ac.ir on 2026-11-14 ]

**ادامهٔ جدول ۱**

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱۹۵۳ | ۰/۴۴۴ | ۱۹۶۳ | ۰/۴۷۵ | ۱۹۷۳ | ۰/۴۶۷۵ | ۱۹۸۳ | ۰/۴۵۹ | ۱۹۹۳ | ۰/۵۱۲ |
| ۱۹۵۴ | ۰/۴۴۲ | ۱۹۶۴ | ۰/۴۷۴ | ۱۹۷۴ | ۰/۴۶۹ | ۱۹۸۴ | ۰/۴۶۲ | ۱۹۹۴ | ۰/۵۱۹ |
| ۱۹۵۵ | ۰/۴۴۸ | ۱۹۶۵ | ۰/۴۷۷ | ۱۹۷۵ | ۰/۴۶۲ | ۱۹۸۵ | ۰/۴۶۸ | ۱۹۹۵ | ۰/۵۲۵ |
| ۱۹۵۶ | ۰/۴۴۵ | ۱۹۶۶ | ۰/۴۶۲ | ۱۹۷۶ | ۰/۴۵۶ | ۱۹۸۶ | ۰/۴۷ | ۱۹۹۶ | ۰/۵۲۶ |
| ۱۹۵۷ | ۰/۴۵۱ | ۱۹۶۷ | ۰/۴۶۳ | ۱۹۷۷ | ۰/۴۵۵ | ۱۹۸۷ | ۰/۴۷۴ | ۱۹۹۷ | ۰/۵۲۸ |
| ۱۹۵۸ | ۰/۴۴۹ | ۱۹۶۸ | ۰/۴۶۴ | ۱۹۷۸ | ۰/۴۵۳ | ۱۹۸۸ | ۰/۴۷۹ | ۱۹۹۸ | ۰/۵۲۹۵ |
| ۱۹۵۹ | ۰/۴۴۹ | ۱۹۶۹ | ۰/۴۶۴ | ۱۹۷۹ | ۰/۴۵۴ | ۱۹۸۹ | ۰/۴۸۵ | ۱۹۹۹ | ۰/۵۳۴۵ |

**شکل ۴: مقایسهٔ رفتار مدل با رفتار جهان واقعی**




## ۵) نتیجه‌گیری

افزایش نابرابری در توزیع ثروت (قند) در جامعه، ازدیاد فقر و در نتیجه میزان مرگ و میر بالای ناشی از گرسنگی را موجب می‌گردد. از سوی دیگر نتیجه گرفته شد که وراثت می‌تواند انتخاب را به تاخیر بیاندازد؛ به عبارت دیگر امکان بقاء را برای عامل‌ها در جامعه



[ Downloaded from refahj.uswr.ac.ir on 2026-11-14 ]

افزایش دهد. نشان داده شد که با اعمال سیاست‌های صحیح کنترل جمعیت می‌توان برابری و رفاه اجتماعی بیشتری را در جامعه به‌وجود آورد. هم‌چنین نتیجه گرفته شد که با افزایش سطح دید عامل‌ها، کاهش متابولیسم آن‌ها، گسترش منابع قندی و کنترل جمعیت در محیط می‌توان به برابری و رفاه بیشتر رسید، چرا که در این صورت عامل‌های فقیر نیز می‌توانند به فرصت‌های بهتری برای به‌دست آوردن ثروت دست یابند.



[ Downloaded from refahj.uswr.ac.ir on 2026-11-14 ]

## منابع

## References


- ذونعمت کرمانی، نازنین و ستایشی، سعید و تشنه‌لب، محمد. (۱۳۸۲)، **پیاده‌سازی تاثیر ارتباطات در جهان مصنوعی و تاثیر عملکردهای تکاملی در جهان مذبور**، رسالهٔ کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران.
- رحمان، آرش و ستایشی، سعید. (۱۳۸۵)، **پیاده سازی مدل انتشار بیماری ایدز و ویروس +HIV در یک جامعه مصنوعی رویکردی محاسباتی برای استقرار سلامت الکترونیکی**، اولین کنفرانس بررسی راهکارهای توسعهٔ IT در دانشگاه‌های علوم پزشکی کشور، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.
- رحمان، آرش و ستایشی، سعید، (۱۳۸۵)، **تکامل رفتارهای اجتماعی در جامعه مصنوعی**، دوازدهمین کنفرانس بین المللی انجمن مهندسی کامپیوتر ایران، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.
- رحمان، آرش و ستایشی، سعید. (۱۳۸۵)، **طراحی مدل ارتقاء سلامت در یک جامعه مصنوعی از طریق بهینه‌سازی مدل گسترش بیماری در بین جمعیت**، نخستین همایش بین المللی تله مدیسین و سلامت الکترونیکی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.
- رحمان، آرش و ستایشی، سعید. (۱۳۸۶)، **مدلسازی تخریب سلامت ناشی از انتشار آلودگی در فضای قندی**، پانزدهمین کنفرانس مهندسی برق ایران، مرکز تحقیقات مخابرات ایران، تهران، ایران.

- Baptista, D., Torres, M. & Moreno, J.A. (2000), **Evolution of Social Behavior in Simulated Societies**, Proceedings World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics SCI'2000, Vol X, pp. 5-12.
- Bar-Yam, Yaneer. (1997), **Dynamcis of Complex Systems**, New England Complex Systems Institute.
- Epstein, J. M., & Axtell, R. (1996), **Growing Artificial Societies: Social Science from the Bottom Up**, Brookings Institution Press, Washington DC.
- Gizzi, M., Vail, R., & Lairson, T. (2003), **Wealth Distribution Project**, Mesa State College, Center for Agent-Based Modeling, Evanston/ Chicago, USA.
- NetLogo Group. (2006), **NetLogo 3.1.3 Software**, Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University,




[ Downloaded from refahj.uswr.ac.ir on 2026-11-14 ]

## References منابع


Evanston/ Chicago, IL, USA.

- Solimano, A., (2001), **The evolution of World Income Inequality: Assessing the Impact of Globalization,** Economic Development Division, Santiago, Chile.
- Watkins, K., (2006), **Human Development Report 2006**, Published by UNDP, New York, USA.
- Weeks, J., (2005), **Inequality Trends in some Developed OECD Countries**, DESA Working Paper, United Nations, Department of Economic and Social Affairs, New York, USA.
- Wikipedia Encyclopedia (2007), **Pareto Principle**, available at: <http://en.wikipedia.org/wiki/Pareto_principle>.
- Wilensky, U., (1998), **NetLogo Wealth Distribution model**, Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL, USA.




[ Downloaded from refahj.uswr.ac.ir on 2026-11-14 ]