راهبردهای مختلف انتقال تجربه بین عامل ها و مقایسه تاثیرات اجرای آنها بر رفاه اجتماعی در جامعه مصنوعی

امیرپویان خدابخشی[1]، دکتر آرش رحمان[2]

چکیده: شبیه سازی های رایانه ای در مطالعه پدیده ها و مفاهیم مختلف اجتماعی نقش مهمی دارند. در این مقاله سعی شده است با انجام شبیه سازی، راهبردهائی در جهت انتقال تجربه بین عامل ها در جامعه مصنوعی مطرح و اجرا شده و تاثیرات آنها بر روی برخی از شاخص های رفاه اجتماعی شامل ضریب جینی، میانگین ثروت و میزان مرگ و میر ناشی از گرسنگی مورد بررسی و مقایسه قرار گیرند.

روش تحقیق در این مقاله شبیه سازی مبتنی بر مطالعات میدانی و کتابخانه ای است. با استفاده از نرم افزار *NetLogo* شبیه سازی مبتنی بر عامل صورت گرفته و جامعه مصنوعی مورد مطالعه ایجاد شده است. در شبیه سازی، پارامترها و شاخص هایی در نظر گرفته شده تا بدین وسیله میزان اثر بخشی اجرای راهبردهای مختلف انتقال تجربه بین عامل ها در جامعه مصنوعی مورد سنجش قرار گیرد.

یافته ها و نتایج حاصل از انجام آزمایش ها نشان می دهد که اجرای برخی از راهبردها، بهبودی موثرتری را در شاخص های رفاه اجتماعی موجب می گردد. به عنوان مثال اجرای راهبرد آموزش تمامی عاملها به کم تجربه ترین عامل(ها) نسبت به سایر راهبردها، توزیع بهتری از ثروت را در بین عامل های جامعه موجب می گردد. همچنین راهبردهای آموزش مشارکتی، آموزش تمامی عامل ها به کم تجربه ترین عامل(ها) و آموزش تمامی عامل ها به فقیرترین عامل(ها) بیشترین میزان تاثیر را در توزیع بهتر ثروت در جامعه دارند. همچنین در بهبود میانگین ثروت عامل ها، راهبرد آموزش تمامی عاملها به کم تجربه ترین عامل(ها)، و در کاهش مرگ و میر ناشی از گرسنگی، راهبرد مشارکتی موثرترین راهبردها از بین راهبردهای مورد بحث بوده اند. نتایج نشان می دهد که اجرای راهبردهایی که در آنها مشارکت تمامی عامل ها در انتقال تجربه وجود دارد، بیشترین اثربخشی را در بهبود شاخص های رفاه اجتماعی جامعه در بر دارد.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۲/۷/۱۶ تاریخ پذیرش :۹۲/۸/۲۰

کلید واژه ها: شبیه سازی اجتماعی، جامعه مصنوعی، انتقال تجربه، رفاه اجتماعی

۱. دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی کامپیوتر، تهران، ایران.
amirpooyan_kh@yahoo.com

۲. دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی کامپیوتر، تهران، ایران.
arashrahman@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

امروزه با افزایش جمعیت جوامع بشری و ظهور پدیده های پیچیده (بار-یام[1]، ۱۹۹۷) اجتماعی، مطالعه مسائل اجتماعی نیز پیچیده تر شده و مستلزم به کارگیری روش های بدیع و مؤثرتر گردیده است. یکی از روش های بدیع رایج شده شبیه سازی اجتماعی می باشد که در آن دانشمندان با استفاده از قدرت پردازشی رایانه ها اقدام به ایجاد جوامعی مصنوعی نموده و انواع پدیده های اجتماعی که ایجاد و یا تجربه کردن آنها در جامعه واقعی غیرممکن و یا مستلزم صرف زمان و یا هزینه بالایی می باشد را آزمایش می نمایند. بدین ترتیب امکان مطالعه رفتارهای پیدایشی[2]، پیش بینی وقایع اجتماعی نوظهور و شناسایی و جلوگیری از آسیب های کلان اجتماعی فراهم می گردد. همچنین می توان با کمک شبیه سازی اجتماعی برخی از راهکارهای پیشنهادی را در جهت بهبود وضعیت جوامع بشری ارزیابی نمود و میزان اثرگذاری آنها را مورد سنجش قرار داد.

سازمان دهی مقاله به این صورت است که در بخش اول سوابق پژوهشی مطرح شده است. در بخش دوم مفاهیم پایه و اصول نظری و در بخش سوم روش شناسی مورد بحث واقع گردیده است. بخش چهارم شامل آزمایش های صورت گرفته و یافته های حاصل از آنها است. در بخش پنجم مقایسه و تحلیل یافته ها و نتایج صورت گرفته و در انتها نتیجه گیری ارائه شده است.

سوابق پژوهشی

مقدمه ظهور شبیه سازی‌های اجتماعی به معرفی مدل‌سازی مبتنی بر عامل[3] (اکسیل رود[4]، ۱۹۹۷) توسط جان ون نیومان[5] در دهه چهلم میلادی بر می گردد. استانیسلاو اولام[6] و نیومان

1. Bar-Yam
2. Emergent behavior
3. Agent-Based Modeling
4. Axelrod
5. John Von Neumann
6. Stanislaw Ulam

Archive of SID

www.SID.ir

که در لابراتوار ملی لس آلاموس[۱] همکار بودند، مفهوم اتوماتای سلولی[۲] (ویستین[۳]، ۲۰۱۳) را مطرح کردند که می‌توان آن را به عنوان پایه‌ای برای علم حیات مصنوعی در نظر گرفت. اتوماتای سلولی متشکل از مجموعه ای از مؤلفه های پردازشی به نام سلول می باشد که این سلول‌ها در قالب یک شبکه معمولاً منظم در کنار یکدیگر قرار گرفته اند. برای هر سلول مجموعه‌ای از وضعیت‌های از پیش تعیین شده در نظر گرفته می‌شود. زمان در مدل‌های مبتنی بر اتوماتای سلولی به صورت گسسته در نظر گرفته می‌شود. در هر مرحله زمانی، وضعیت سلول ها با توجه به قوانین تعریف شده تغییر می کند. معمولاً وضعیت بعدی یک سلول به وضعیت فعلی سلول و وضعیت سلول های همجوار آن بستگی دارد (کوک[۴]، ۲۰۰۴). در دهه پنجاه میلادی اتوماتای سلولی برای مطالعه سیستم های زیستی مورد استفاده قرار گرفت. به عنوان نمونه هایی از مدل های زیستی که مبتنی بر اتوماتای سلولی شبیه سازی شدند، می توان به بازی زندگی[۵] (بوکس ال ال سی[۶]، ۲۰۱۰) که توسط جان هورتون کانوِی[۷] ریاضیدان بریتانیایی در سال ۱۹۷۰ مطرح و مدل های تبعیض[۸] که توسط توماس شلینگ مطرح شد اشاره کرد (شلینگ[۹]، ۱۹۷۱). در ۱۹۹۶ جاشوا اپستین[۱۰] و روبرت آکستل[۱۱] در کتاب خود (اپستین و آکستل، ۱۹۹۶) مدل فضای قندی[۱۲] را مطرح نمودند که مبتنی بر اتوماتای سلولی بود. شبیه سازی به طور گسترده در تحلیل و توصیف مفاهیم و پدیده های اجتماعی و اقتصادی به کار گرفته شد. در سال های اخیر نیز کاربردهایی از شبیه سازی های اجتماعی در حوزه های مختلف نظیر رفاه اجتماعی (رحمان و ستایشی، ۱۳۸۶الف)، سلامت (رحمان و همکاران، ۱۳۸۶ب)، توزیع و تعدیل ثروت (رحمان و همکاران، ۲۰۰۹؛ رحمان، ۲۰۱۲) و تکامل رفتارهای اجتماعی (رحمان و ستایشی، ۱۳۸۵) ارائه گردیده است.

1. Los Alamos National Laboratory
2. Cellular Automata
3. Weisstein
4. Cook
5. Game of Life
6. Books Llc
7. John Horton Conway
8. Segregation
9. Thomas C. Schelling
10. Joshua M. Epstein
11. Robert Axtell
12. Sugarscape Model

Archive of SID

www.SID.ir

مفاهیم پایه و اصول نظری

هوش مصنوعی

از ایده های مطرح در هوش مصنوعی این است که ماشین ها به نحوی رفتارهای هوشمندانه ای شبیه به رفتارهای هوشمندانه انسانها داشته باشند. از نمونه های این رفتارها می توان اکتشاف، یادگیری، تصمیم گیری، شناسایی چهره و صدا و غیره را نام برد. این شاخه از علوم کامپیوتر حوزه های متعددی از جمله سیستم های خبره، سیستم های فازی، سیستم های مبتنی بر دانش، شبکه های عصبی، الگوریتم های تکاملی و همچنین حیات مصنوعی را شامل می گردد.

حیات مصنوعی

حیات مصنوعی (لانگتون[1]، ۱۹۹۵) متشکل از مؤلفه‌های زیستی است که به روش‌های مصنوعی مانند روش های نرم افزاری، رباتیکی و بیوشیمیایی ایجاد شده اند که در محیط مصنوعی تحت کنترل قرار می گیرند.

شبیه سازی اجتماعی، جامعه مصنوعی و مدل فضای قندی

از ایده های مطرح در شبیه سازی اجتماعی این است که با استفاده از امکانات پردازشی رایانه ها، جوامعی مصنوعی (شامل محیط و عامل های مصنوعی) ایجاد کرد که خصوصیات ساختاری و رفتاری نزدیک به جوامع واقعی داشته باشند. با ایجاد چنین جوامعی میتوان قوانین و شرایطی را به محیط و عامل های مصنوعی اعمال نمود و رفتارهای پیدایشی را مورد مطالعه قرار داد و علت بروز برخی از پدیده های اجتماعی را شناسایی و وقوع برخی حوادث اجتماعی را پیش بینی نمود. این در حالی است که رسیدن به برخی از دستاوردهای فوق با استفاده از روش های سنتی و در دنیای واقعی بسیار پرهزینه و زمانبر و در برخی از موارد غیرممکن است.

جامعه مصنوعی متشکل از مجموعه ای از مؤلفه های زیستی مصنوعی یا همان عامل هاست که در محیط مصنوعی زندگی می کنند و طبق قوانین خاص، تعامل بین عامل ها با یکدیگر و بین عامل ها و محیط شکل می گیرد (اپستین و آکستل، ۱۹۹۶).

مدل فضای قندی (اپستین و آکستل، ۱۹۹۶)، جامعه ای مصنوعی است متشکل از عامل ها،

---

1. Langton

Archive of SID

www.SID.ir

محیط، قوانین محیطی و عاملی که عامل ها براساس آن قوانین با یکدیگر و با محیط تعامل دارند. در این مدل، محیط از یک اتوماتای سلولی دو بعدی تشکیل شده است که در آن هر سلول دارای مقدار مشخصی از قند (انرژی یا منبع) است. عامل ها طبق قوانین از پیش تعیین شده، در محیط حرکت کرده و میزان قند مورد نیاز خود را از محیط برداشت می کنند. قند به دست آمده از محیط توسط هر عامل، به منظور تامین متابولیسم عامل در طول حیات آن مورد استفاده قرار می گیرد و مازاد آن به عنوان ثروت یا دارایی عامل ذخیره می شود. همچنین عامل ها دارای طول عمر محدود و از پیش تعیین شده می باشند و زمانی که سن آنها به میزان تعیین شده برسد از محیط حذف شده و در واقع می میرند. همچنین عامل ها می توانند زاد و ولد کنند و ثروت به دست آورده خود را به فرزندان خود ارث دهند. عامل ها دارای سطح دید محدودی هستند که تعیین می کند که یک عامل تا چه تعداد از سلول های همجوار خود را می تواند (برای یافتن قند) مشاهده و جستجو کند. هر چه سطح دید عامل بیشتر باشد عامل می تواند محدوده وسیع تری از محیط را ببینند و از منابع قندی آن استفاده کند. قند به طور مداوم در داخل سلول های محیط تولید شده و توسط عامل ها قابل بهره برداری است.

تجربه

مفهوم تجربه ممکن است از جنبه های مختلف نظری و عملی بیان گردد. لیکن آنچه در این مقاله به عنوان تجربه مطرح و مورد بررسی قرار می گیرد، دانش مرتبط با منابع موجود در محیط است که عامل در اثر فعالیت در محیط می تواند آن را کسب نموده و یا در اثر تعامل با عامل های دیگر به دست آورد. تجربه دانشی را در ارتباط با بهره برداری از منابع محیط در اختیار عامل قرار می دهد و امکانی را برای فعالیت کارآمدتر عامل در محیط فراهم می نماید.

روش شناسی

در پژوهش انجام گرفته تلاش شده است که با استفاده از یکی از ابزارهای شبیه سازی، جامعه ای مصنوعی ایجاد شود که در آن عامل ها در فعالیت محیطی خود در جهت استفاده بهتر از منابع محیط تجربیاتی را که کسب نموده و یا به دست آورده اند را با اجرای راهبردهای مختلف به یکدیگر انتقال دهند. بدین ترتیب از تجربیات حاصل شده توسط خود و یا دیگران در بهره برداری از منابع محیط استفاده کنند.

Archive of SID

www.SID.ir

تعیین شاخص های مناسب رفاهی در جهت بررسی میزان اثر بخشی اجرای راهبردهای مختلف انتقال تجربه بین عامل ها در جامعه مصنوعی ضروری است. در پژوهش صورت گرفته، شاخص های ضریب جینی، منحنی لورنز، میانگین ثروت عامل ها و مرگ و میر ناشی از گرسنگی مدنظر قرار گرفته است.

ضریب جینی یکی از شاخص های آماری است که برای نمایش میزان نابرابری توزیع (ثروت و یا درآمد) مورد استفاده قرار می گیرد (*"Gini Coefficient" 2013a*). ضریب جینی همواره مقداری بین صفر و یک را دارا می باشد. مقدار صفر نشان دهنده برابری کامل و مقدار یک نشان دهنده نابرابری حداکثر در توزیع می باشد. همچنین برای نمایش گرافیکی توزیع درآمد (ثروت) می توان از منحنی لورنز[1] (*2013b*) استفاده نمود که در آن خط ۴۵ درجه نشان دهنده برابری کامل در توزیع درآمد (ثروت) است (*"Gini Coefficient" 2013a*).

به وسیله شاخص میانگین ثروت عاملها می توان میانگین ثروتی را که عامل در اثر فعالیت در محیط به دست می‌آورد را اندازه گیری نمود. با در نظر گرفتن این شاخص می توان موفقیت عامل ها در بهره برداری از منابع محیط را بررسی کرد.

یکی از دلایل مرگ و میر عامل ها فقدان قند یا انرژی مورد نیاز برای تامین متابولیسم آنها است. بنابراین میزان مرگ و میر عامل ها بستگی به وضعیت رفاهی آنها دارد. با استفاده از این شاخص می‌توان وضعیت رفاهی عامل‌ها را بررسی کرد. این شاخص مبیّن تعداد عامل‌هایی است که در یک آزمایش در اثر عدم توانایی تامین مقدار قند مورد نیاز خود (از گرسنگی) می میرند.

با تعیین شاخص های فوق الذکر، جامعه مصنوعی به گونه ای شبیه سازی شد که در آن عامل ها ضمن کسب تجربه و استفاده از آن، تجربیات خود را به یکدیگر منتقل کنند. در جامعه ایجاد شده، امکان اجرای راهبردهای مختلف انتقال تجربه بین عامل ها طراحی و پیاده سازی شد تا بدین ترتیب تاثیر اجرای هر کدام از راهبردها مورد ارزیابی قرار گیرد. با اجرای هر آزمایش، داده های حاصله اندازه گیری و ثبت شد و در نهایت یافته ها با یکدیگر مقایسه گردیدند.

به منظور شبیه سازی و ایجاد جامعه مصنوعی، مدلی از مجموعه مدل های کتابخانه ای نرم افزار *NetLogo* (ویلنسکی[2]، ۱۹۹۹) انتخاب شد که براساس مدل توزیع ثروت ارائه شده

1. Lorenz Curve
2. Wilensky

Archive of SID

www.SID.ir

توسط اپستین و اکستل (اپستین و آکستل، ۱۹۹۶) طراحی شده است. این مدل توسط لی و یوری ویلنسکی و مبتنی بر مدل فضای قندی در محیط نرم افزاری *NetLogo* پیاده سازی شده است (لی و یوری ویلنسکی[1]، ۲۰۰۹). ویژگی ها، پارامترها و قوانینی که در راستای انجام پژوهش لازم بود به مدل مذکور اضافه شد و مدل توسعه یافت.

ویژگی های محیطی و عاملی

محیط زندگی عامل ها از یک اتوماتای سلولی دوبعدی شامل ۵۰×۵۰ سلول تشکیل شده است. منابع محیطی که به آنها قند اطلاق می شود، به صورت تصادفی و با توزیع یکنواخت در بین سلول ها پخش می شود. حداکثر میزان قندی که یک سلول می تواند داشته باشد (حداکثر ظرفیت قند سلول) در ابتدای شبیه سازی برای هر یک از سلول ها به صورت تصادفی تعیین شده و تا پایان شبیه سازی تغییر نمی کند.

در ابتدای شبیه سازی به هر یک از سلول ها یک کلید تصادفی اختصاص داده می شود. کلید سلول از یک فضای کلید با وسعت مشخص انتخاب و به سلول اختصاص داده می شود. وسعت فضای کلید بستگی به پیچیدگی محیط دارد. پیچیدگی محیط پارامتری قابل تغییر است که در قالب یک عدد صحیح بین ۱ تا ۱۰۰ در مدل طراحی شده و قابل انتخاب است. عامل ها برای اینکه قادر به بهره برداری از قند (منبع) درون سلول باشند، بایستی کلید بهره برداری از آن سلول را در اختیار داشته باشند. هر چه پیچیدگی محیط بیشتر باشد، فضای کلید بزرگتر و شانس عامل ها برای کشف کلید سلول ها و بهره برداری از محتوای آنها کمتر است.

در شبیه سازی زمان متغیری گسسته است و در ابتدای آزمایش برابر صفر می باشد و با اجرای آزمایش به صورت افزایشی تغییر می کند. در فواصل زمانی، عامل ها طبق قوانین مشخص شده اقدام به حرکت و در صورت امکان بهره برداری از منابع محیط می کنند.

هر عامل در بدو تولدش در جامعه مصنوعی دارای سن صفر می باشد. در هنگام اجرای آزمایش، با سپری شدن هر واحد زمانی یک واحد به سن هر عامل اضافه می شود. همچنین حداکثر طول عمر هر عامل در هنگام تولدش و به صورت تصادفی تعیین شده و تا پایان آزمایش ثابت می ماند.

متابولیسم ذاتی هر عامل در هنگام تولد عامل مشخص می شود و تا آخر آزمایش ثابت باقی

1. Li and Uri Wilensky

Archive of SID

www.SID.ir

می ماند. متابولیسم هر عامل میزان قندی است که عامل در هر واحد زمانی به ازای فعالیت هایی که انجام می دهد مصرف می کند. در واقع میزان سوخت و ساز عامل را در هر واحد زمانی مشخص می کند. همچنین هر عامل دارای ویژگی ای به نام سطح دید است که تعیین میکندکه عامل برای یافتن سلولهای دارای قند تا چه فاصله ای (چند سلول) از نقطه ای (سلولی) که مستقر است را می تواند مشاهده کند. در هنگام تولد، سطح دید عامل به صورت تصادفی تعیین شده و تا پایان آزمایش ثابت است.

به هر عامل در هنگام تولدش مقدار کمی از قند (ثروت) اعطا می شود تا بتواند فعالیت اولیه خود را در جامعه آغاز نماید. سپس عامل میتواند با فعالیت در محیط و بهره برداری از منابع قندی محیط میزان ثروت خود را افزایش دهد. هر عامل دارای مجموعه ای از تجربیات است. هر تجربه شامل مختصات یک سلول و کلید بهره برداری متناظر با آن سلول است. هر عامل در هنگام تولدش دارای مجموعه ای تهی از تجربیات می‌باشد. تجربیات هر عامل مشخص کننده میزان دانش وی در جهت بهره برداری از منابع محیط است.

قوانین محیطی و عاملی

- قانون مرگ عامل: در صورتی که میزان قند یا ثروت یک عامل به صفر برسد و یا چنانچه سن یک عامل به حداکثر طول عمر تعیین شده برسد، عامل می میرد و از محیط حذف می شود.
- قانون افزایش سن عامل: با افزایش هر واحد زمانی در آزمایش، سن کلیه عامل های موجود یک واحد اضافه می شود.
- قانون تولد عامل: وقتی عاملی می میرد، عامل دیگری در مکانی تصادفی در محیط متولد می شود. عامل در بدو تولدش در جامعه مصنوعی سن صفر دارد. همچنین در ابتدای هر آزمایش تمامی عامل ها به صورت تصادفی و یکنواخت در نقاط مختلف محیط پراکنده می شوند.
- قانون حرکت یا جابجائی عامل: عامل ها براساس سطح دیدشان به سمت نزدیک ترین سلول دارای بیشترین مقدار قند حرکت می کنند.
- قانون برداشت قند (منبع) از یک سلول: هر عامل برای اینکه بتواند از میزان قند داخل یک سلول استفاده کند باید کلید متناظر با آن سلول را در اختیار داشته باشد. در صورتی که

Archive of SID

www.SID.ir

عامل کلید بهره برداری از قند یک سلول را در اختیار داشته باشد، می تواند تمام قند موجود در سلول را برداشت کند.

- قانون رشد مجدد قند (منبع): وقتی محتوای قند یک سلول توسط عاملی برداشت می شود، قند آن سلول با نرخ ثابتی رشد می کند تا دوباره به حداکثر ظرفیت قند تعیین شده برای آن سلول برسد.
- قانون (و فرایند) کسب تجربه (یادگیری) عامل: عامل ها اقدام به یادگیری و ثبت تجربیات خود می کنند. فرآیند کسب تجربه (یادگیری) به این صورت است: هر عاملی که قصد دارد از قند موجود در یک سلول استفاده کند، ابتدا به لیست تجربیات خود مراجعه کرده و وجود کلید متناظر با سلول مورد نظر را در مجموعه تجربیاتش بررسی می کند. در صورتی که نتیجه بررسی، یافتن کلید آن سلول باشد، عامل اقدام به برداشت قند داخل سلول می نماید. لیکن در صورتی که کلید سلول مورد نظر یافت نشود، عامل یک کلید تصادفی تولید کرده و آن را به عنوان کلید بهره برداری به سلول ارائه میکند. در صورتی که کلید تصادفی تولید شده با کلید سلول مطابقت نداشته باشد، اجازه برداشت قند موجود در سلول به عامل داده نمی شود. در صورتی که کلید تولید شده با کلید بهره برداری از سلول مطابقت داشته باشد، اجازه برداشت قند موجود در سلول به عامل داده می شود. در این حالت عامل ضمن برداشت تمامی قند موجود در سلول، مختصات سلول و کلید متناظر با آن را در فهرست تجربیات خود ثبت می نماید. بدیهی است در مراجعات بعدی عامل به این سلول، امکان بهره برداری از قند آن سلول برای وی فرآهم است.
- قانون انتقال تجربه (آموزش) عامل: در بازه های زمانی مختلف، عامل ها مبتنی بر یکی از راهبردهای انتقال تجربه اقدام به انتقال تجربیات خود به یکدیگر می کنند.

راهبردهای مختلف انتقال تجربه

راهبردهای مختلفی برای انتقال تجربیات در نظر گرفته شده است که در زیر به تشریح آنها پرداخته شده است.

الف- آموزش مشارکتی[1]: در این راهبرد، در هر بازه زمانی کلیه عامل های همجوار (همسایه) تمامی تجربیات خود را با یکدیگر به اشتراک می گذارند. این راهبرد در واقع همگام سازی[2] و

1. Collaborative
2. Synchronization

Archive of SID

www.SID.ir

یکسان سازی[1] مجموعه تجربیات بین عامل های همجوار است.

ب- آموزش تمامی عامل ها به کم تجربه ترین عامل(ها): در این راهبرد از بین عاملهای همجوار کم تجربه‌ترین عامل(ها) انتخاب شده و سایر عامل های همجوار اقدام به انتقال تجربیات خود به آن(ها) می نمایند.

ج- آموزش با تجربه ترین عامل(ها) به تمامی عامل ها: در این راهبرد از بین عاملهای همجوار، با تجربه ترین عامل(ها) انتخاب شده و تجربیات خود را به سایر عامل های همجوار انتقال می دهد (می دهند).

د- آموزش با تجربه ترین عامل(ها) به فقیرترین عامل(ها): در این راهبرد از بین عاملهای همجوار، با تجربه‌ترین عامل(ها) انتخاب شده و تجربیات خود را به فقیرترین عامل(های) همجوار (عاملی (عامل هایی) که دارای ثروت (قند) کمتری نسبت به سایرین می باشد (می باشند)) انتقال می دهد (می دهند).

ه-آموزش تمامی عامل ها به فقیرترین عامل(ها): در این راهبرد از بین عامل های همجوار، فقیرترین عامل(ها) انتخاب شده و سایر عامل های همجوار تجربیات خود را به آن (ها) انتقال می دهند.

آزمایش ها

پارامترهای مربوط به محیط و پارامترهای وابسته به عامل که در تمامی آزمایش ها یکسان در نظر گرفته می شود، به ترتیب در جداول ۱ و ۲ مشخص شده است. پارامترهایی که در آزمایش های مختلف تغییر می کنند در توضیحات مربوط به هر آزمایش مطرح شده اند.

جدول ۱: پارامترهای محیطی

میزان پیچیدگی محیط	حداکثر ظرفیت قندی هر سلول	کلید سلولها
٪۳۵	۵۰ واحد قند	تصادفی مابین ۱ تا ۳۵

1. Equalization

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲: پارامترهای عاملی

وسعت دید	حداکثر طول عمر هر عامل	میزان متابولیسم عامل ها	حداکثرثروت اولیه هر عامل	حداقل ثروت اولیه هر عامل	جمعیت اولیه عامل ها
تصادفی بین ۱-۶	تصادفی بین ۶۰-۱۰۰	تصادفی بین ۱-۴	۲۵واحد قند	۵ واحد قند	۲۵۰ عامل

آزمایش های تشریح شده در ذیل، هر کدام مرتبط با اجرای یکی از راهبرد های انتقال تجربه است. نتایج بدست آمده از هر آزمایش اندازه گیری و در نهایت کلیه نتایج با یکدیگر مقایسه شده اند. هدف از انجام آزمایش ها بررسی تاثیرات اجرای راهبرد های مذکور بر شاخص های رفاهی جامعه مصنوعی و در نهایت مقایسه اثربخشی اجرای راهبرد های مختلف است.

آزمایش اول (انتقال تجربیات بین عامل ها با راهبرد مشارکتی)

در این آزمایش عامل ها اقدام به انتقال تجربیات خود بر اساس راهبرد آموزش مشارکتی که قبلا توضیح داده شد، می نمایند. جدول ۳ نتایج حاصل از این آزمایش را نمایش می دهد.

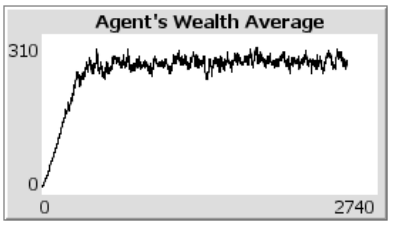
جدول۳- وضعیت شاخص های رفاهی در آزمایش انتقال تجربه با راهبرد آموزش مشارکتی

میزان مرگ و میر ناشی از گرسنگی در عامل ها (نفر)	ضریب جینی		میانگین ثروت عامل ها (واحد قندی)	
	ابتدای شبیه سازی	انتهای شبیه سازی	ابتدای شبیه سازی	انتهای شبیه سازی
۱۹۶۳	۰/۵۴۶	۰/۳۸۱	۳۰	۲۳۸

یافته های این آزمایش نشان می دهد که میانگین ثروت عامل ها افزایش چشمگیری یافته و ضریب جینی به میزان ۳۰/۲٪ بهبود یافته است. یافته های نموداری نیز در شکل های ۱ تا ۴ نمایش داده شده است.

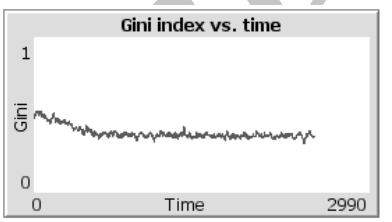
Archive of SID

www.SID.ir

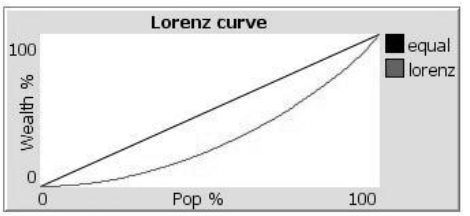


شکل۱- نمودار نوسانی میانگین ثروت عامل ها در آزمایش اول

شکل۲- نمودار میزان مرگ و میر ناشی از گرسنگی در طول آزمایش اول



شکل۳- نمودار ضریب جینی در آزمایش اول



شکل۴- منحنی لورنز مربوط به توزیع ثروت در آزمایش اول

همان طور که در شکل ۱ مشاهده می شود در ابتدای آزمایش میانگین ثروت عاملها به سرعت افزایش یافته و پس از رسیدن به میزان مشخصی (تقریباً ۲۴۰ واحد قندی)، منحنی در اطراف این مقدار در نوسان است. همان طور که در شکل ۲ مشاهده می شود، میزان مرگ و میر عامل ها در طول آزمایش کمتر از میزان مرگ و میر عامل ها در ابتدای آن بوده است، این نمودار نشان دهنده کاهش میزان مرگ و میر ناشی از گرسنگی عامل ها در طول آزمایش است. همچنین کاهش ضریب جینی در شکل ۳ و کاهش فاصله منحنی لورنز نسبت به خط مرجع (۴۵ درجه) در شکل ۴ نشان دهنده توزیع بهتر ثروت در بین عامل ها است.

آزمایش دوم (انتقال تجربیات بین عامل ها با راهبرد آموزش تمامی عامل ها به کم تجربه ترین عامل(ها))

در این آزمایش جامعه مصنوعی به صورتی تنظیم شده است که در آن برای انتقال تجربیات از راهبرد آموزش تمامی عامل ها به کم تجربه ترین عامل(ها) استفاده شود (به عبارت دیگر راهبرد آموزش تمامی عامل ها به کم تجربه ترین عامل(ها) اجرا شود). نتایج حاصل از این آزمایش در جدول ۴ مشخص شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

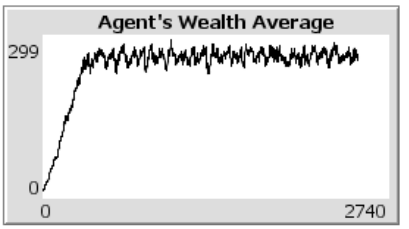
جدول ۴: وضعیت شاخص های رفاهی در آزمایش انتقال تجربه با راهبرد آموزش تمامی عامل ها به کم تجربه ترین عامل(ها)

میزان مرگ و میر ناشی از گرسنگی در عامل ها (نفر)	ضریب جینی		میانگین ثروت عامل ها (واحد قندی)	
	ابتدای شبیه سازی	انتهای شبیه سازی	ابتدای شبیه سازی	انتهای شبیه سازی
۲۲۱۵	۰/۵۴۹	۰/۳۸۱	۲۸	۲۴۳

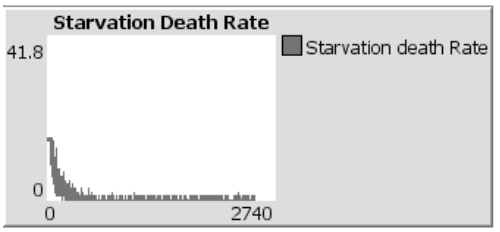
مقایسه یافته های آزمایش های اول و دوم نشان می دهد که میزان مرگ و میر عامل ها در اجرای راهبرد انتقال تجربه با آموزش مشارکتی کمتر از میزان مرگ و میر عامل ها در اجرای راهبرد مورد استفاده در این آزمایش است. لیکن بهبود میانگین ثروت عامل ها در پایان این آزمایش نسبت به آزمایش اول محسوس تر است. همچنین ضریب جینی در هر دو آزمایش تقریباً به یک اندازه بهبود یافته است. در شکل های ۵ تا ۸ نمودارهای مربوط به این آزمایش نمایش داده شده است.

Archive of SID

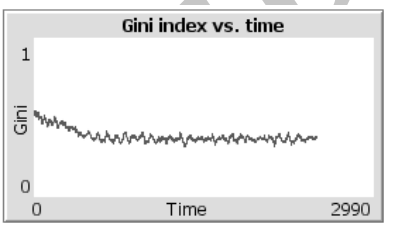
www.SID.ir



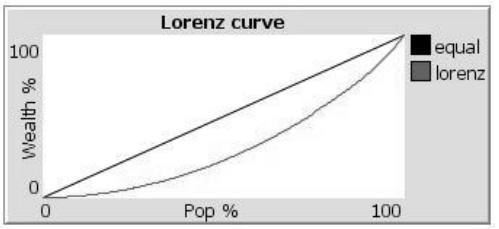
شکل۵- نمودار نوسانی میانگین ثروت عامل ها در آزمایش دوم



شکل۶- نمودار میزان مرگ و میر ناشی از گرسنگی در آزمایش دوم



شکل۷- نمودار ضریب جینی در آزمایش دوم



شکل۸- منحنی لورنز مربوط به توزیع ثروت در آزمایش دوم

آزمایش سوم (انتقال تجربیات بین عاملها با راهبرد آموزش با تجربه ترین عامل(ها) به تمامی عاملها)

در این آزمایش برای انتقال تجربیات بین عامل ها از راهبردآموزش با تجربه ترین عامل(ها) به تمامی عامل ها (ی همجوار) استفاده شده است. یافته های حاصل از این آزمایش در جدول ۵ مشخص شده است.

جدول۵- وضعیت شاخص های رفاهی در آزمایش انتقال تجربه با راهبرد آموزش با تجربه ترین عامل(ها) به تمامی عامل ها

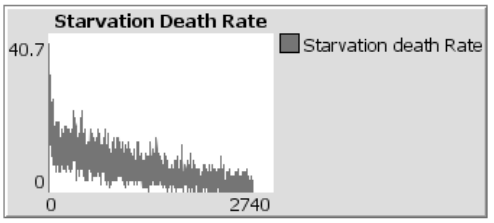
میزان مرگ و میر ناشی از گرسنگی در عامل ها (نفر)	ضریب جینی		میانگین ثروت عامل ها	
	ابتدای شبیه سازی	انتهای شبیه سازی	ابتدای شبیه سازی	انتهای شبیه سازی
۱۴۹۴۹	۰/۵۴۶	۰/۴۹۲	۳۰	۱۲۵

Archive of SID

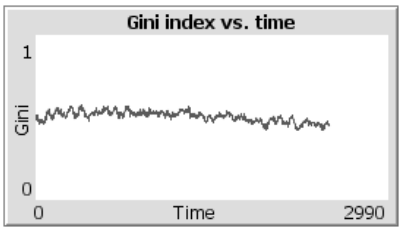
www.SID.ir

یافته های حاصل از انجام آزمایش سوم در شکل های ۹ تا ۱۲ نمایش داده شده است. همان طور که در یافته های مندرج در جدول ۵ مشاهده می شود، در مقایسه با دو راهبرد انتقال تجربه اجرا شده در آزمایش های اول و دوم، انتقال تجربه بین عاملها با راهبرد آموزش با تجربه ترین عامل(ها) به تمامی عاملها(ی همجوار)، بهبودی کمتر و کندتری را در وضعیت شاخص های رفاهی جامعه مصنوعی موجب گردیده، لذا می‌توان گفت که انتقال تجربه بین عامل ها با راهبرد آموزش با تجربه ترین عامل(ها) به تمامی عامل ها (ی همجوار) اثربخشی کمتری نسبت به دو راهبرد قبلی دارد.

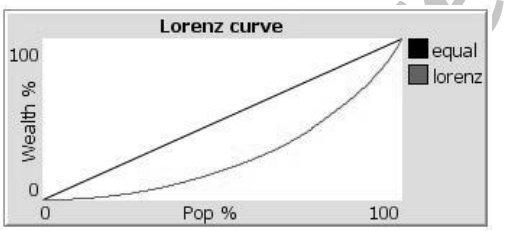
شکل۹- نمودار نوسانی میانگین ثروت عاملها در آزمایش سوم



شکل۱۰- نمودار میزان مرگ و میر درطول آزمایش سوم



شکل۱۱- نمودار ضریب جینی درآزمایش سوم



شکل۱۲- منحنی لورنز مربوط به توزیع ثروت درآزمایش سوم

شکل ۹ تفاوتی بارز را در منحنی میانگین ثروت عامل ها نسبت به دو نمودار متناظر با آن در آزمایش های اول و دوم نشان می دهد. بر خلاف دو آزمایش قبل که در آن میانگین ثروت عامل ها پس از مدتی به پایداری نسبی رسید، در این شکل رشد افزایشی میانگین ثروت عامل ها همچنان ادامه دارد. با توجه به اینکه رشد میانگین ثروت در این آزمایش به کندی صورت می پذیرفت، در پایان مدت زمان در نظر گرفته شده برای آزمایش، میانگین ثروت از میانگین

www.SID.ir

ثروت در پایان دو آزمایش قبلی کمتر است. میزان بالای مرگ و میر عامل ها نسبت به دو آزمایش قبلی مشهود است.

آزمایش چهارم (انتقال تجربیات عاملها با راهبرد آموزش با تجربه ترین عامل (ها) به فقیرترین عامل(ها))

در این آزمایش جامعه مصنوعی بگونه ای تنظیم شد که از راهبرد آموزش با تجربه ترین عامل(ها) به فقیرترین عامل(های) همجوار برای انتقال تجربه استفاده گردد. یافته های حاصل از این آزمایش در جدول ۶ و شکلهای۱۳ تا ۱۶ نمایش داده شده است.

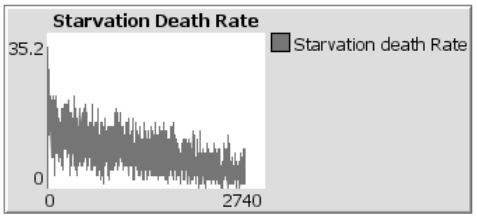
جدول۶- وضعیت شاخص های رفاهی در آزمایش انتقال تجربیات با راهبردآموزش با تجربه ترین عامل(ها) به فقیرترین عامل(ها)

میزان مرگ و میر ناشی از گرسنگی در عامل ها (نفر)	ضریب جینی		میانگین ثروت عاملها	
	ابتدای شبیه سازی	انتهای شبیه سازی	ابتدای شبیه سازی	انتهای شبیه سازی
۱۹۸۰۴	۰/۵۴۶	۰/۵۲۳	۳۰	۸۵

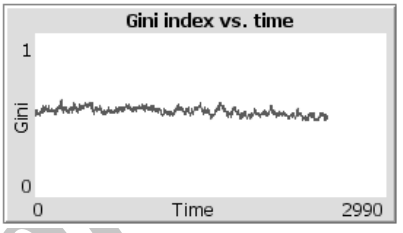
Archive of SID

www.SID.ir

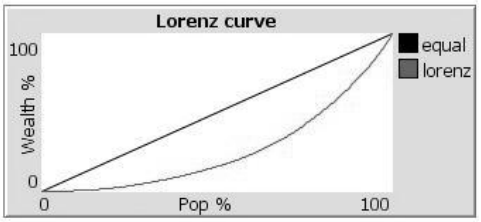
شکل۱۳- نمودار نوسانی میانگین ثروت عاملها در آزمایش چهارم



شکل۱۴- نمودار میزان مرگ و میر در طول آزمایش چهارم



شکل۱۵- نمودار ضریب جینی درآزمایش چهارم



شکل۱۶- منحنی لورنز مربوط به توزیع ثروت در آزمایش چهارم

آزمایش پنجم (انتقال تجربیات عاملها با راهبرد آموزش تمامی عاملها به فقیرترین عامل(ها))

در این آزمایش انتقال تجربیات بین عاملها با استفاده از راهبرد آموزش تمامی عاملها(ی همجوار) به فقیرترین عامل(های) (همجوار) صورت پذیرفته است. یافته های حاصله در جدول ۷ و شکل های ۱۷ تا ۲۰ نمایش داده شده است.

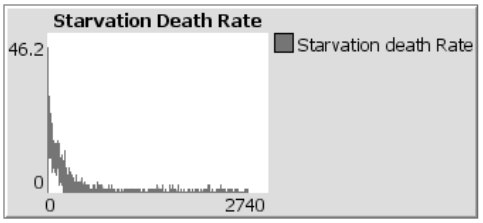
جدول۷ - وضعیت شاخص های رفاهی در آزمایش انتقال تجربیات با راهبردآموزش تمامی عاملها به فقیرترین عامل(ها)

میزان مرگ و میر ناشی از گرسنگی در عامل ها (نفر)	ضریب جینی		میانگین ثروت عاملها	
	ابتدای شبیه سازی	انتهای شبیه سازی	ابتدای شبیه سازی	انتهای شبیه سازی
۲۹۲۰	۰/۵۴۵	۰/۳۸۵	۲۹	۲۳۵

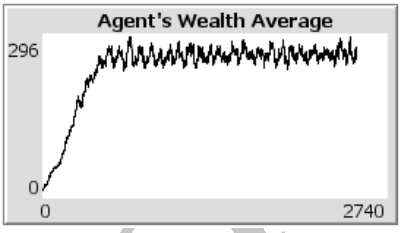
Archive of SID

www.SID.ir

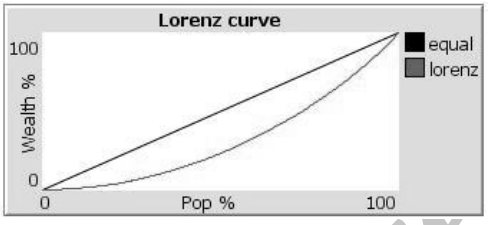
یافته ها نشان از آن دارد که اجرای این راهبرد می تواند موجب بهبودی قابل محسوسی در شاخص های رفاهی گردد.



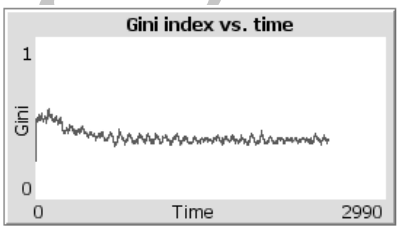
شکل۱۸- نمودار میزان مرگ و میر در طول آزمایش پنجم



شکل۱۷- نمودار نوسانی میانگین ثروت عاملها در آزمایش پنجم



شکل۲۰- منحنی لورنز مربوط به توزیع ثروت در آزمایش پنجم



شکل۱۹- نمودار ضریب جینی درآزمایش پنجم

مقایسه و تحلیل

در این بخش با استفاده از یافته های بدست آمده از آزمایش های انجام شده در بخش قبل، تلاش شده است تا تحلیلی از تاثیر اجرای راهبردهای مختلف انتقال تجربه در جامعه مصنوعی ارائه شود. یافته ها و نتایج حاصل از انجام آزمایش ها نشان می دهد که اجرای برخی از راهبردها، بهبودی موثرتری را در شاخص های رفاه اجتماعی موجب می گردد. جدول ۸ مقادیر هر یک از شاخص ها را که در آزمایش های مختلف به دست آمده نمایش داده است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۸- وضعیت شاخص های رفاهی با اجرای راهبردهای مختلف انتقال تجربه

آزمایش	راهبرد انتقال تجربه	ضریب جینی در انتهای آزمایش	مرگ و میر ناشی از گرسنگی در عامل ها	میانگین ثروت عامل ها در انتهای آزمایش
اول	آموزش مشارکتی	۰/۳۸۱	۱۹۶۳	۲۳۸
دوم	آموزش تمامی عاملها به کم تجربه ترین عامل(ها)	۰/۳۸۱	۲۲۱۵	۲۴۳
سوم	آموزش با تجربه ترین عامل(ها) به تمامی عاملها	۰/۴۹۲	۱۴۹۴۹	۱۲۵
چهارم	آموزش با تجربه ترین عامل(ها) به فقیرترین عامل(ها)	۰/۵۲۳	۱۹۸۰۴	۸۵
پنجم	آموزش تمامی عاملها به فقیرترین عامل(ها)	۰/۳۸۵	۲۹۲۰	۲۳۵

در جدول ۹ میزان بهبودی شاخص های رفاهی که در اثر اجرای هر یک از راهبردها در جامعه حادث گردیده، ارائه شده است.

جدول۹- میزان بهبودی شاخص های رفاهی با اجرای راهبردهای مختلف انتقال تجربه

آزمایش	تبادل تجربیات	بهبود ضریب جینی	بهبود میانگین ثروت
اول	مشارکتی	٪۳۰/۲	٪۶۹۳/۳
دوم	آموزش تمامی عاملها به کم تجربه ترین عامل(ها)	٪۳۰/۶	٪۷۶۷/۹
سوم	آموزش با تجربه ترین عامل(ها) به تمامی عاملها	٪۹/۸	٪۳۱۶/۷
چهارم	آموزش با تجربه ترین عامل(ها) به فقیرترین عامل(ها)	٪۴/۲	٪۱۸۳/۳
پنجم	آموزش تمامی عاملها به فقیرترین عامل(ها)	٪۲۹/۳	٪۷۱۰/۳

با محاسبه نسبت تغییرات مقادیر هر یک از شاخص ها در ابتدا و انتهای هر آزمایش، میزان بهبودی شاخص ها در جدول ۹ مشخص شده است. به عنوان مثال در آزمایش اول که

Archive of SID

www.SID.ir

شامل اجرای راهبرد آموزش مشارکتی بین عاملها است، شاخص ضریب جینی از مقدار ۰/۵۴۶ در ابتدای آزمایش، به مقدار ۰/۳۸۱ در انتهای آزمایش تغییرکرده است. بنابراین با توجه به اینکه کاهش ضریب جینی در جامعه مطلوب می باشد، می توان گفت که میزان بهبودی این شاخص در این آزمایش ۳۰/۲٪ است. به طریق مشابه میزان بهبودی شاخص ها در هر آزمایش محاسبه شده است.

برخی از راهبرد های انتقال تجربه، تاثیر بیشتری در بهبود شاخص های رفاهی جامعه دارند. به عنوان مثال راهبرد آموزش تمامی عاملها به کم تجربه ترین عامل(ها) نسبت به سایر راهبردها، توزیع بهتری (برابرتری) از ثروت را در بین عامل های جامعه موجب شده است.

جدول ۱۰ راهبردهای مختلف انتقال تجربه را از نظر میزان موثرتر بودن در بهبود توزیع ثروت با یکدیگر مورد مقایسه قرار داده است.

جدول ۱۰– مقایسه راهبردهای مختلف انتقال تجربه از نظر میزان موثرتر بودن در بهبود توزیع ثروت

راهبرد انتقال تجربه	آموزش مشارکتی	آموزش تمامی عاملها به کم تجربه ترین عامل(ها)	آموزش باتجربه ترین عامل(ها) به تمامی عاملها	آموزش باتجربه ترین عامل(ها) به فقیرترین عامل(ها)	آموزش تمامی عاملها به فقیرترین عامل(ها)
آموزش مشارکتی	۱/۰۰	/۹۹	۳/۰۸	۷/۱۹	۱/۰۳
آموزش تمامی عاملها به کم تجربه ترین عامل(ها)	۱/۰۱	۱/۰۰	۳/۱۲	۷/۲۹	۱/۰۴
آموزش باتجربه ترین عامل(ها) به تمامی عاملها	۰/۳۲	۰/۳۲	۱/۰۰	۲/۳۳	۰/۳۳
آموزش باتجربه ترین عامل(ها) به فقیرترین عامل(ها)	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۴۳	۱/۰۰	۰/۱۴
آموزش تمامی عاملها به فقیرترین عامل(ها)	۰/۹۷	۰/۹۶	۲/۹۹	۶/۹۸	۱/۰۰

Archive of SID

www.SID.ir

در جدول۱۰، عدد مندرج در سطر i و ستونjنشان می دهد که راهبرد i ام به چه میزان از راهبرد jام در توزیع ثروت بهتر است، به عنوان مثال عدد ۳/۰۸ در سطر اول نشان می دهد که راهبرد آمورش مشارکتی نسبت به راهبرد آموزش باتجربه ترین عامل(ها) به تمامی عامل ها، ۳/۰۸ برابر (تقریباً ۳ برابر) در توزیع ثروت موثرتر (بهتر) عمل می کند.

بررسی جداول ۹ و۱۰ نشان می دهد که راهبردهای آموزش مشارکتی، آموزش تمامی عاملها به کم تجربه ترین عامل(ها) و آموزش تمامی عاملها به فقیرترین عامل(ها) بیشترین میزان تاثیر را در توزیع بهتر ثروت در جامعه مصنوعی دارند. وجه اشتراک این راهبردها این است که در آنها تمامی عامل ها در انتقال تجربیات نقش دارند. بنابراین به نظر می رسد اجرای راهبردهایی که در آنها تمامی عاملها در انتقال تجربیات نقش دارند، توزیع بهتر (برابرتر) ثروت را در جامعه، نسبت به اجرای سایر راهبردها، در بر داشته باشد. در جدول ۱۱ و جدول ۱۲ مبنای مقایسه به ترتیب میانگین ثروت و میزان مرگ و میر ناشی از گرسنگی است.

جدول ۱۱- مقایسه راهبردهای مختلف انتقال تجربه از نظر موثر بودن در بهبود میانگین ثروت

راهبرد انتقال تجربه	آموزش مشارکتی	آموزش تمامی عاملها به کم تجربه ترین عامل(ها)	آموزش با تجربه ترین عاملها به تمامی عامل(ها)	آموزش با تجربه ترین عامل(ها) به فقیرترین عامل(ها)	آموزش تمامی عاملها به فقیرترین(ها)
آموزش مشارکتی	۱/۰۰	۰/۹۰	۲/۱۹	۳/۷۸	۰/۹۸
آموزش تمامی عاملها به کم تجربه ترین عامل(ها)	۱/۱۰	۱/۰۰	۲/۴۲	۴/۱۹	۱/۰۸
آموزش با تجربه ترین عامل(ها) به تمامی عاملها	۰/۴۶	۰/۴۱	۱/۰۰	۱/۷۳	۰/۴۵
آموزش با تجربه ترین عامل(ها) به فقیرترین عامل(ها)	۰/۲۶	۰/۲۴	۰/۵۸	۱/۰۰	۰/۲۶
آموزش تمامی عاملها به فقیرترین عامل(ها)	۱/۰۲	۰/۹۲	۲/۲۴	۳/۸۸	۱/۰۰

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۱۲- مقایسه راهبردهای مختلف انتقال تجربه از نظر موثر بودن در بهبود مرگ و میر ناشی از گرسنگی

راهبرد انتقال تجربه	آموزش مشارکتی	آموزش تمامی عاملها به کم تجربه ترین عامل(ها)	آموزش باتجربه ترین عامل(ها) به تمامی عاملها	آموزش باتجربه ترین عامل(ها) به فقیرترین عامل(ها)	آموزش تمامی عاملها به فقیرترین عامل(ها)
آموزش مشارکتی	۱/۰۰	۱/۱۳	۷/۶۲	۱۰/۰۹	۱/۴۹
آموزش تمامی عاملها به کم تجربه ترین عامل(ها)	۰/۸۹	۱/۰۰	۶/۷۵	۸/۹۴	۱/۳۲
آموزش باتجربه ترین عامل(ها) به تمامی عاملها	۰/۱۳	۰/۱۵	۱/۰۰	۱/۳۲	۰/۲۰
آموزش باتجربه ترین عامل(ها) به فقیرترین عامل(ها)	۰/۱۰	۰/۱۱	۰/۷۵	۱/۰۰	۰/۱۵
آموزش تمامی عاملها به فقیرترین عامل(ها)	۰/۶۷	۰/۷۶	۵/۱۲	۶/۷۸	۱/۰۰

با توجه به جداول فوق این نکته قابل استنباط است که در افزایش میانگین ثروت عامل ها، راهبرد آموزش تمامی عامل ها به کم تجربه ترین عامل(ها)، و در کاهش مرگ و میر ناشی از گرسنگی، راهبرد مشارکتی موثرترین راهبردها از بین راهبردهای مورد بحث بوده اند. همچنین اجرای راهبردهایی که در آنها مشارکت تمامی عامل ها در انتقال تجربه وجود دارد، بیشترین اثربخشی را در بهبود شاخص های رفاهی جامعه در بر داشته است.

نتیجه گیری

در این مقاله با انجام شبیه سازی و ایجاد مدلی از جامعه مصنوعی، راهبردهائی در جهت انتقال تجربه بین عامل ها مطرح و در قالب انجام آزمایش های مختلف اجرا شد و تاثیرات آنها بر روی

Archive of SID

www.SID.ir

برخی از شاخص های رفاه اجتماعی شامل میزان مرگ و میر ناشی از گرسنگی، میانگین ثروت و توزیع ثروت مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت.

یافته ها و نتایج حاصل از انجام آزمایش ها نشان داد که اجرای برخی از راهبردها، بهبودی موثرتری را در شاخص های رفاه اجتماعی موجب می گردد. به عنوان مثال اجرای راهبرد آموزش تمامی عاملها به کم تجربه ترین عامل(ها) نسبت به سایر راهبردها، توزیع بهتری (برابرتری) از ثروت را در بین عامل های جامعه موجب شد. همچنین مقایسات نشان داد که راهبردهای آموزش مشارکتی، آموزش تمامی عاملها به کم تجربه ترین عامل(ها) و آموزش تمامی عاملها به فقیرترین عامل(ها) بیشترین میزان تاثیر را در توزیع بهتر ثروت در جامعه دارند. وجه اشتراک این راهبردها این است که در آنها تمامی عامل ها در انتقال تجربیات نقش دارند. همچنین این نکته استنباط گردید که در بهبود میانگین ثروت عامل ها، راهبرد آموزش تمامی عاملها به کم تجربه ترین عامل(ها)، و در کاهش مرگ و میر ناشی از گرسنگی، راهبرد مشارکتی موثرترین راهبردها از بین راهبردهای مورد بحث اند.

نتایج نشان می دهد که اجرای راهبردهایی که در آنها مشارکت تمامی عامل ها در انتقال تجربه وجود دارد، بیشترین اثربخشی را در بهبود شاخص های رفاه اجتماعی جامعه در بر دارد.

منابع

فارسی

- رحمان، آ.، ستایشی، س. (۱۳۸۶الف). **نقش توزیع ثروت، وراثت و کنترل جمعیت در رفاه اجتماعی: شبیه سازی رفاه اجتماعی در جامعه مصنوعی**. *فصلنامه علمی پژوهشی رفاه اجتماعی*، سال هفتم، شماره ۲۶، ص ۱۸۱-۲۰۰
- رحمان، آ.، ستایشی، س.، شمسایی زفرقندی، م. (۱۳۸۶ب). **پایش سلامت در حیات مصنوعی در حوزه بیماری های واگیر و آلودگی**. *فصلنامه علمی پژوهشی مدیریت سلامت*، دوره ۱۱، شماره ۳۱، ص ۲۷-۳۸.
- رحمان، آ.، ستایشی، س. (۱۳۸۵). **تکامل رفتارهای اجتماعی در جامعه مصنوعی**. در مجموعه *مقالات دوازدهمین کنفرانس* انجمن کامپیوتر ایران (ص ۱۲۱۹-۱۲۲۷)، دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، تهران، اسفند ۱۳۸۵.

Archive of SID

www.SID.ir

انگلیسی

- *Axelrod, R. M. (1997). The Complexity of Cooperation: Agent-based Models of Competition and Collaboration. Princeton, N.J: Princeton University Press.*
- *Bar-Yam, Y. (1997). Dynamics of Complex Systems. Reading, Mass.: Addison-Wesley.*
- *Books Llc (Eds.) (2010). Cellular Automaton Rules: Conway's Game of Life, Langton's Ant, Rule 184, Von Neumann Cellular Automaton, Rule 110, Cyclic Cellular Automaton. General Books LLC, ISBN: 1155333209.*
- *Cook, M. (2004). Universality in Elementary Cellular Automata. Complex Systems, 15, 1, 1-40.*
- *Epstein, J. M., & Axtell, R. (1996). Growing Artificial Societies: Social Science from the Bottom up. Washington, D.C.: Brookings Institution Press.*
- *Gini Coefficient. (2013a). In Wikipedia, The Free Encyclopedia. Retrieved 14:58, September 30, 2013, from http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Gini_coefficient&oldid=436660532*
- *Langton, C. G. (1995). Artificial Life: An Overview. Cambridge, Mass: MIT Press.*
- *Li, J., & Wilensky, U. (2009). NetLogo Sugarscape 3 Wealth Distribution model [Computer Software]. Evanston, IL: Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, NorthwesternUniversity. Available From http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/Sugarscape3WealthDistribution*
- *Lorenz Curve. (2013b). In Wikipedia, The Free Encyclopedia. Retrieved 07:38, September 6, 2013, from http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Lorenz_curve&oldid=572184306*
- *Rahman, A., Setayeshi, S., & Zafarghandi, M. S. (2009). Wealth Adjustment Using a Synergy Between Communication,*

Archive of SID

www.SID.ir

Cooperation, and One-fifth of Wealth Variables in an Artificial Society. International Journal of AI and Society, 24, 2, 151-164.

- *Rahman, A. (November 01, 2012). Wealth Adjustment Using a No-interest Credit Network in an Artificial Society. International Journal of AI and Society, 27, 4, 535-541.*
- *Schelling, C. T. (1971). Models of Segregation. The American Economic Review, 59, 2, 488-493.*
- *Weisstein, E. W. (2013). Cellular Automaton. From MathWorld--A Wolfram Web Resource. Retrieved September 30, 2013, from http://mathworld.wolfram.com/CellularAutomaton.html*
- *Wilensky, U. (1999). NetLogo (Version. 5.0.2) [Computer Software]. Evanston, IL: Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University. Available From http://ccl.northwestern.edu/netlogo/*

Archive of SID

www.SID.ir