

همیلتون، فارستر، و بنیانی برای اقتصاد تکاملی

نویسنده: مایکل جی. ردزیکي*
دکتر محمود متوسلی**
مترجمان: محمود مشهدی احمد***

دیوید همیلتون در کتاب اثرگذار خود (۱۹۵۳) این بحث را مطرح می‌سازد که اقتصاد کلاسیک^(۱) که اولین بار در عصر انقلاب فکری نیوتن پا به عرصه وجود گذاشت، مبتنی بر مفهوم تغییرات نیوتنی^۱ است، و اقتصاد نهادگرا، که اولین بار در عصر انقلاب فکری چارلز داروین ظهور یافت، مبتنی بر مفهوم تغییرات تکاملی است (۱۹۹۹). در واقع، همیلتون این ادعا را مطرح ساخت که تفاوت در شیوه‌ای که تغییرات اقتصادی مفهوم‌سازی می‌شود تفاوت بنیادین بین اقتصاد نهادگرا و اقتصاد کلاسیک را مشخص می‌سازد. از نظر همیلتون تغییرات نیوتنی درون ساختار اقتصادی و

* Michael J. Radzicki

** استاد دانشکده اقتصاد دانشگاه تهران

*** دانشجوی دکترای اقتصاد دانشگاه تهران

† اعداد تُک داخل پرانتز به یادداشت‌های آخر مقاله اشاره دارد.

اجتماعی معین رخ می‌دهند، در حالی که تغییرات داروینی، یا تکاملی، وقتی رخ می‌دهند که تغییری در خود ساختار اقتصادی و اجتماعی یک جامعه به وجود آمده باشد. اهداف این مقاله عبارتند از:

- تجلیل از کمک شاخص و قابل توجه همیلتون به تاریخ تفکرات اقتصادی در پنجاهمین سالگرد انتشار کتابش.
- گسترش ایده اصلی همیلتون به هفت مکتب اقتصادی دیگر که تا حدودی مبتنی بر نگرشی تکاملی از تغییرات هستند.
- ارائه این استدلال که طراحی شبیه‌سازی‌های کامپیوتری (رایانه‌ای) از پویایی‌های سیستمی^۱، روش‌شناسی که فارستر^۲ آن را به وجود آورده است^(۳)، می‌تواند به شکلی سودمند و به منظور ارتقای این هشت مکتب اقتصادی که حامی نگرش‌های تکاملی به تغییرات اقتصادی هستند، مورد استفاده واقع شود.

هشت مکتب با تفکرات اقتصادی تکاملی

در مدت زمانی بیش از ۲۲۵ سال پس از اولین چاپ کتاب ثروت ملل آدم اسمیت، تفکر اقتصادی به شکل درختی با شاخه‌های بی‌شمار درآمده است. برخی از این شاخه‌ها در کنار یکدیگر قرار گرفته و با هم پیوند خورده‌اند، و برخی دیگر به دور از هم رشد کرده و به طور حتم اشتراک بسیار ناچیزی با هم دارند. شکل ۱ یک نسب‌شناسی منتخب^۳ از تفکرات و اندیشمندان اقتصادی از زمان فرانسویس کنه^۴ و فیزیوکرات‌ها تا به امروز ارائه می‌دهد.^(۳) این نمودار نقشه‌ی سجرنامه‌ی هشت مکتب فکری اقتصاد که تا حدودی مبتنی بر مفهوم تکاملی از تغییرات اقتصادی هستند و مسیرهای چندین مکتب مهم از تفکرات اقتصادی را که مبتنی بر نگرش نیوتنی به تغییرات اقتصادی هستند، فراهم می‌آورد.^(۴) در شکل ۱ مکاتب تکاملی در بیضی نشان داده

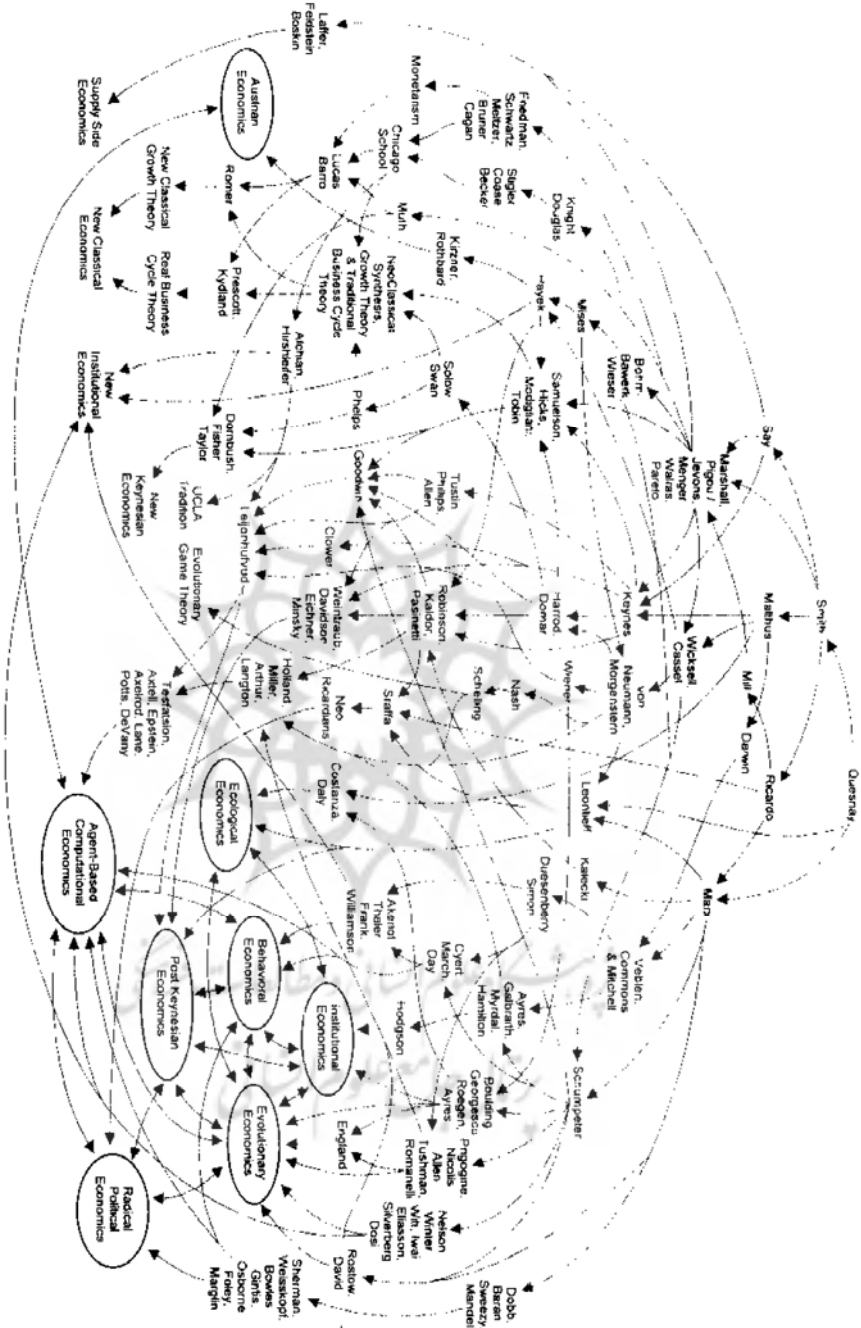
1. System Dynamics
2. Jay W. Forrester
3. Selected Genealogy
4. Quesnay

شده‌اند و اقتصاد نهادگرا، اقتصاد پساکینزی^۱، اقتصاد زیست‌محیطی^۲، اقتصاد محاسباتی عامل‌مدار^۳، اقتصاد رفتاری^۴، اقتصاد اتریشی، اقتصاد سیاسی رادیکال، و اقتصاد تکاملی را شامل می‌شود. اینها مکاتبی هستند که می‌توانند از ایده‌های همیلتون و از لحاظ کردن مدل‌سازی پویایی‌های سیستمی (SD) در پارادایم خود منتفع شوند.

در مقابل، مکاتب ارائه شده در شکل ۱ که حامی دیدگاه نیوتنی در خصوص تغییرات هستند، اقتصاد جانب عرضه، مکتب شیگاگو، اقتصاد نیوکلاسیکی، اقتصاد کینزی سنتی (امریکایی)، و اقتصاد نیوکینزی را شامل می‌شود. به دلایل روش‌شناختی غیرمحتمل است که اقتصاددانانی که در این مکاتب مشغول هستند SD را ابزاری مفید برای مدل‌سازی اقتصادی ببینند.

گرچه توجیه کامل و دقیق مکاتب وارد شده در شکل ۱ خارج از حوصله این مقاله است، اما تفسیر کلی ساختار شکل چنین است: از بالای شکل به طرف پایین شکل، زمان به حال نزدیک‌تر می‌شود و این در حالی است که مکاتب اقتصادی نیوتنی در پایین سمت چپ شکل قرار می‌گیرند و مکاتب اقتصادی تکاملی در پایین سمت راست شکل قرار می‌گیرند. علاوه بر این، مکاتبی که گرایش بیشتری به نظام اقتصادی آزاد^۵ دارند و بیشتر مبتنی بر منطق قیاسی^۶ و فرض انسان اقتصادی^۷ هستند، در پایین سمت چپ شکل قرار گرفته‌اند، در حالی که مکاتبی که گرایش بیشتری به دخالت دولت در اقتصاد دارند و عموماً مبتنی بر منطق استقرایی^۸ و مفهوم دگراندیشی اقتصادی^۹ هستند، در پایین سمت راست شکل قرار گرفته‌اند. در نهایت، مکاتب فکری که مکمل هم به نظر می‌رسند توسط پیکان‌های دو سویه به هم وصل شده‌اند. دلیل در نظر گرفتن این پیوندها این است که، برای اقتصاددانان دگراندیش (هترودکس) عضویت و شرکت در مجلات، و نیز در کنفرانس‌هایی که میزبان آنها یک یا چندین مکتب فکری که بر دیدگاه تکاملی از تغییرات اقتصادی مبتنی هستند، تقریباً عادی و متعارف است.

1. Post Keynesian Economics
2. Ecological Economics
3. Agent-Based Computational Economics
4. Behavioral Economics
5. Laissez-Faire
6. Deductive Logic
7. Homo Economicus
8. Inductive Logic
9. Hetero Economicus



شکل ۱. نسب‌شناسی منتخب از تفکرات اقتصادی و متفکران اقتصادی از فرانسوا کنه و فیزیکریک‌ها تا زمان حال

اقتصاد نهادگرا

همیلتون در کتاب خود ادعای مهمی را مطرح می‌سازد، مبنی بر اینکه اقتصاد نهادگرا عمدتاً از طریق دیدگاه تکاملی‌اش نسبت به تغییرات، خود را از مکتب کلاسیک جدا نموده است (۱۹۹۹). براساس آثار ویلن، آیرس، و دیگر اقتصاددانان برجسته نهادگرای قرن بیستم، همیلتون این ادعا را مطرح می‌سازد که ماهیت بشر^۱ فعال و جوینده هدف است و اینکه انسان‌ها در اعمال خود با محدودیت‌های فرهنگی مواجه هستند- به عبارت دیگر، اعمال آنها اکتسابی بوده و آموخته می‌شود. به عقیده همیلتون، محدودیت‌های فرهنگی هم جنبه‌های آیینی^۲ رفتار (یعنی، رفتار مبتنی بر عوامل مؤثری نظیر رسوم، عادت‌ها، افسانه‌ها و اسطوره‌ها) و هم جنبه‌های تکنولوژیکی رفتار (یعنی، رفتار اکتسابی مبتنی بر واقعیت‌ها) را شامل می‌شود. علاوه بر این، او تأکید می‌کند که انسان‌ها در فرآیندی بی‌پایان از علّیت دوری و تجمعی، هم بر فرهنگ خود اثر می‌گذارند و هم از آن تأثیر می‌پذیرند. نتیجه فرآیند تکاملی مستمر، بدون مسیری قابل پیش‌بینی یا پایانی از پیش مشخص است.

شجره‌نامه. در شکل ۱ تبار فکری مکتب کنونی اقتصاد نهادگرا از کنه و اسمیت آغاز شده و از دو جریان اصلی می‌گذرد. اولین جریان از دیوید ریکاردو و کارل مارکس می‌گذرد و سپس از "نهادگرایان امریکایی" یعنی ویلن، کامنز، و میچل عبور می‌کند. آخرین پیوند در این مسیر از آیرس، جان کنت گال برایث، و گونامیردال می‌گذرد. مسیر دوم از توماس مالتوس و داروین^{(۵)*} و سپس نهادگرایان امریکایی و آیرس و دیگران می‌گذرد. مسیر دیگری، یا به عبارتی مسیر "سیستم‌های عمومی / ترمودینامیک" از ریکاردو و مارکس گذشته، و سپس از شومپتر (۱۹۷۶)

1. Human Nature

2. Ceremonial

* بسیاری از اقتصاددانان بر این باورند که داروین ایده تکاملی خود را از مالتوس گرفته است. هیچ تردیدی وجود ندارد که در کشف "مکانیسم انتخاب" افکار داروین از اندیشه‌های مالتوس متأثر شده است، اما واقعیت آن است که این اثرگذاری از نوع میوتیک (زنده‌کننده افکار پنهان) بوده است نه ایدئولوژیک. انسان‌شناس‌هایی نظیر فریمن براساس شواهد تاریخی نشان داده‌اند که ایده تکامل قبل از مطالعه آثار مالتوس در ذهن داروین نقش بسته است. خواننده مشتاق را برای جزئیات بیشتر به مقاله زیر ارجاع می‌دهیم. [م]

Freeman, Derek (sep 1974). The evolutionary theories of charles Darwin and Herbret Spencer, *Current Anthropology*, Vol 15, No.3.

عبور می‌کند و به کنت بولدینگ (۱۹۷۰، ۱۹۷۸ و ۱۹۹۱)، نیکلاس گئورگسگو-روگن (۱۹۷۱)، و روبرت آیرس (۱۹۷۸) وصل می‌شود. این مسیر همچنین توسط فرمایش‌شناسی^۱ نوربرت وینر (۱۹۴۸) متأثر شده است. شکل ۱، از طریق پیکان‌های دو سویه، همچنین چهار مکتب فکری که به طور مستقیم اقتصاد نهادگرا را تکمیل می‌کنند نشان می‌دهد: اقتصاد پساکینزی، اقتصاد رفتاری، اقتصاد زیست‌محیطی، و اقتصاد تکاملی، اما می‌توان استدلال کرد که بین اقتصاد محاسباتی عامل‌مدار و اقتصاد نهادگرا نیز باید یک پیکان دوسویه ترسیم شود.

پیوند با *SD*. در مجموعه‌ای از مقالات ردزیک (۱۹۸۸، ۱۹۹۰a، ۱۹۹۰b)، ردزیک و سویل (۱۹۹۳)، و ردزیک و استرمن (۱۹۹۴) خطوط کلی شباهت‌های موجود بین مدل‌سازی *SD* و تحلیل اقتصاد نهادگرا را ترسیم و سنتزی پیشنهاد نموده‌اند که یک روش تحلیلی اقتصادی تکاملی را که نسبت به تک‌تک آنها [مدل‌سازی *SD* و اقتصاد نهادگرا] برتر است به دست می‌دهد.^(۶) از آنجایی که جزئیات این رویکرد "پویایی‌های نهادی"^(۶) در این مقالات ارائه شده است، بنابراین از تکرار آنها در اینجا خودداری می‌کنیم.

اقتصاد پساکینزی

در سی و چند سال گذشته اقتصاددانان پساکینزی سعی نموده‌اند تا ویژگی‌های مکتب اقتصادی خود را به دقت تعریف کنند و نشان دهند که مکتب آنها چقدر از بیشتر مکاتب سنتی متفاوت‌تر و مفیدتر است. آلفرد ایچنر (۱۹۷۹a، ۱۹۸۷)، ایچنر و ژان کریگل (۱۹۷۵)، پل دیویدسون (۱۹۸۱)، مارک لایویچ (۱۹۹۲)، فیلیپ آرسنتیس (۱۹۹۲، ۱۹۹۶)، و ریچارد هالت و استیون پرسمن (۲۰۰۲) از جمله پساکینزین‌هایی هستند که در این قلمرو آثار درخور توجهی از خود به جای گذاشته‌اند.

به عقیده آرسنتیس (۱۹۹۲: ۸۸-۸۹)، اقتصاد پساکینزی بر پنج قضیه زیر استوار است:^(۷)

- نظام‌های اقتصادی با گذشت زمان در دل تاریخ گسترش می‌یابند.

- در دنیایی که در آن عدم اطمینان اجتناب‌ناپذیر است، انتظارات تأثیر قابل توجهی بر فعالیت‌های اقتصادی دارد (به‌ویژه بر مخارج سرمایه‌گذاری).
- نهادهای اقتصادی (به‌ویژه شرکت‌های عظیم چند قطبی) و نهادهای سیاسی نقش مهمی در شکل دادن وقایع اقتصادی دارند.
- واقع‌گرایی در تحلیل اقتصادی مهم است.
- کاپیتالیسم جوامع طبقاتی متمایز^۱ به وجود می‌آورد.
- به عقیده ایچنر (۱۹۸۷)، اهداف اصلی تحلیل‌های پساکینزی تبیین موارد زیر است:
- نرخ رشد نامنظم اقتصاد و یا به عبارتی، تبیین اینکه چرا نرخ رشد اقتصاد از مسیر رشد دیرپا^۲ و بلندمدت خود منحرف می‌شود.^(۸)
- تفاوت در نرخ‌های رشد بین کشوری.
- در جهت تلاش برای رسیدن به این دو هدف بلند، اما حیاتی، اقتصاددانان پساکینزی بدنه‌ای از تئوری (نظریه) و کاتالوگی از مدل‌ها، هم ریاضی و هم غیرریاضی را بسط داده‌اند که:
- از رویکرد سیستم‌ها استفاده می‌نمایند.^(۹)
- رفتار سیستم اقتصادی را در وضعیت عدم تعادل به تصویر می‌کشد.
- از رویکرد "پویایی‌های مقایسه‌ای" استفاده می‌کند. این رویکرد نشان می‌دهد که چگونه تفاوت در متغیرهایی خاص انبساط یک سیستم اقتصادی را در گذر زمان نسبت به سیستم اقتصادی دیگر تحت تأثیر قرار می‌دهد.
- سعی دارد تا رفتار عوامل اقتصادی را آن چنانکه هست بنمایاند (یعنی عقلانیت رویه‌ای یا محدود) نه آن چنانکه در وضعیت ایده‌آل وجود دارد (یعنی عقلانیت فراگیر).^(۱۰)
- بر این تصور (مفهوم) مبتنی است که توزیع درآمد بین اغنیا و فقرا در تعیین مسیر زمانی اقتصاد موضوعی حیاتی است، بنابراین نباید نادیده گرفته شود یا پسماند فعالیت‌های اقتصادی تلقی شود.

1. Class-Divided Societies

2. Secular

- رابطه شفافی بین نظریه اقتصاد کلان و داده‌های اقتصاد کلان ارائه می‌نماید.
 - رفتار کلان را به عنوان نتیجه به دست آمده از ساختار خرد تبیین می‌کند و بنابراین با موفقیت اقتصاد کلان و اقتصاد خرد را متحد^۱ می‌سازد.
- شجره‌نامه. شکل ۱، یک مسیر مستقیم و دو جریان اصلی را که هر یک چندین مسیر را شامل، و به مکتب پساکینزی مدرن منتهی می‌شوند، نشان می‌دهد. مسیر مستقیم از کنه و مارکس آغاز می‌شود و به واسیلی لئونتیف و سپس مکتب پساکینزی می‌رسد، زیرا تحلیل داده- ستاده بارها از سوی اقتصاددانان پساکینزی مورد استفاده واقع شده است. از طرف دیگر، اولین جریان اصلی از پساکینزین‌های کمبریج (یعنی جون رابینسون، نیکلاس کالدور، و لویجی پسیتی) و بنیانگذاران مکتب پساکینزی امریکا (برای مثال، سیدنی وینتراب، دیویدسون، ایچنر، هایمن مینسکی) می‌گذرد. این مسیر از کنه، مارکس، و میچل کالکی یا آدام اسمیت، توماس مالتوس، جان مینارد کینز، رُی هارود، و اوسی دومار عبور می‌کند. دومین جریان اصلی از اقتصاددانان پیشگام در رویکرد "سیستم‌های مهندسی"^۲ به اقتصاد نظیر آرنولد توستین (۱۹۵۳)، ویلیام فیلیپس (۱۹۵۰)، (۱۹۵۴، ۱۹۵۷)، آر. جی. دی. آلن (۱۹۵۵)، ریچارد گودوین^(۱۱)، و آکسل لیان‌هافوود (۱۹۶۸)^(۱۲) می‌گذرد. این مسیر ۱. مستقیماً از کینز؛ ۲. از تئورسین (نظریه‌پرداز)های اولیه ادوار تجاری کینزی نظیر هارود، جان هیکس، و پل ساموئلسون؛ ۳. از فردریک ون هایک، زیرا تفکرات اقتصادی پساکینزین‌هایی نظیر کالدور تا حدودی متأثر از مکتب اتریشی بوده است؛ و ۴. شومپتر، زیرا گودوین هم استاد، و هم شاگرد شومپتر بوده است (ر. ک. به: گودوین، ۱۹۹۳: ۳۰۵) عبور می‌کند.

شکل ۱ همچنین چهار مکتب اقتصادی را نشان می‌دهد که به طور مستقیم اقتصاد پساکینزی را تکمیل می‌کنند: اقتصاد نهادگرا، اقتصاد رفتاری، اقتصاد تکاملی، و اقتصاد سیاسی رادیکال. در میان این مکاتب، اقتصاد نهادگرا بیشترین هماهنگی را با مکتب پساکینزی دارد.

1. Unify
2. Engineering Systems

واقع، بسیاری از اقتصاددانان پساکینزی آن چنان با اقتصاد نهادگرا احساس نزدیکی می کنند که خود را "نهادگرایان پساکینزی" یا "نئو نهادگرا"^(۱۳) می خوانند.

پیوند با SD. پویایی هایی سیستمی برای تحلیل اقتصاد پساکینزی کاملاً مناسب است. اقتصاد پساکینزی یک رویکرد عدم تعادلی و پویا به مدلسازی سیستم های پیچیده ای است که رفتار و تصمیم گیری های خرد انسان را آن چنانکه وجود دارد (یعنی عقلانیت محدود یا رویه ای، پیگیری هدف) نه آن چنانکه ممکن است در وضعیت ایده آل وجود داشته باشد، به تصویر می کشد.^(۱۴) از نظر یک متخصص SD، رفتار کلان یک سیستم از ساختار خرد آن سرچشمه می گیرد.

اما برخلاف اغلب [نظریه های] اقتصاد پساکینزی، SD نظریه ای کاملاً توسعه یافته از رفتار پویای سیستم های اقتصادی - اجتماعی^۲ که از رشته های^۳ نظریه تصمیم رفتاری، روانشناسی، نظریه کنترل، رفتار سازمانی، و علم مدیریت اقتباس شده است، و مجموعه ای کاملاً قابل درک از تکنیک ها و ابزارهای مدلسازی را که برای درک رفتار پویای سیستم های پیچیده به کار گرفته می شوند، در اختیار دارد. گرچه در گذشته، SD برای مدلسازی سیستم های کلان اقتصادی به کار گرفته شده است،^(۱۵) اما تقریباً هرگز برای توصیف یک نظام اقتصادی از دیدگاه یک پساکینزی^(۱۶) یا برای مطالعه نقش توزیع درآمد در تعیین رفتار کلان اقتصاد^(۱۷) به کار گرفته نشده است. در نتیجه، به نظر می رسد که پتانسیل توانایی زیادی برای انجام کارهای اندیشمندانه و خلاق با به کارگیری مدلسازی SD در اقتصاد پساکینزی وجود دارد.

اقتصاد زیست محیطی

ریشه های فکری رشته اقتصاد زیست محیطی به نظریه های ارزش مادی^۴ فیزیوکرات ها و اقتصاددانان کلاسیکی نظیر مالتوس باز می گردد (بردلی، ۱۹۹۵: ۴). فیزیوکرات ها معتقد بودند که تنها محصولات کشاورزی، مازاد یا محصول خالص^۵ ایجاد می نمایند و اینکه ثروت یک

-
1. Neoinstitutionalist
 2. Socioeconomic Systems
 3. Fields
 4. Material Value Theories
 5. Net Product

کشور را اندازهٔ محصول خالص آن تعیین می‌کند. علاوه بر این، آنها معتقد بودند که اقتصاد یک کشور زمانی به "حالت طبیعی"^۱ خود می‌رسد که جریان‌های موجود بین بخش‌های مختلف آن (کشاورزی، صنعتی، و تجاری) در تعادل باشند. از نظر فیزیوکرات‌ها، محصول خالص مرتبط با حالت طبیعی یک اقتصاد حداکثر محصول خالصی است که در بلندمدت مستمر است. فیزیوکرات‌ها این شرایط "طبیعی" را از طریق جدول اقتصادی مشهور کنه^۲ ارائه نمودند. مسلماً این جدول یکی از مظاهر فکری تحلیل داده- ستادهٔ لئونتیف است.

اقتصاد زیست‌محیطی با مشکلات برخاسته از تعامل سیستم‌های اقتصادی و زیست‌محیطی نظیر پایداری^۳، توزیع ثروت، گرم شدن جهان، باران‌های اسیدی، و انقراض نسل موجودات سرورکار دارد (کاستانزا، ۱۹۸۹: ۱). رابرت کاستانزا (۲-۳) معتقد است که پرسش اساسی که زیربنای تمام [نظریه‌های] اقتصاد زیست‌محیطی را تشکیل می‌دهد این است که آیا عرضهٔ عوامل زیست‌محیطی، نظیر سرچشمه‌های محدود منابع انفرادی^۴ در جهان و ظرفیت محدود جهان در جذب فضولات (ضایعات) در نهایت فعالیت‌های اقتصادی (فعالیت‌هایی که به طور تصاعدی در حال رشد هستند و تقاضاهای [جدید] برای عوامل زیست‌محیطی را نشان می‌دهند) را با محدودیت مواجه می‌سازند یا خیر.^(۱۸) اگر پیشرفت‌ها و ابداعات بشری در تکنولوژی (فناوری) بتوانند دائماً (بدون ایجاد مشکلات مهم و جدید) محدودیت‌های موجود در برابر رشد سیستم را برطرف نمایند، در آن صورت می‌توان از فاجعه‌های اقتصادی و زیست‌محیطی اجتناب کرد. اما اگر نتوانند، در آن صورت مشکلات (با احتمال زیاد در مقیاس جهانی) به وجود می‌آیند. اقتصاددانان زیست‌محیطی برای حل مشکلات رویکردهای کل‌گرایانه (یعنی سیستمی) و بین‌رشته‌ای را به کار می‌گیرند (بردلی، ۱۹۹۵: ۴). آنها می‌دانند که هم اکوسیستم‌ها^۵ و هم سیستم‌های اقتصادی اجتماعی دائماً در حال تکامل هستند و به خوبی آگاهند که راه‌حل ایجاد شده از تعامل آنها باید بر نگرش تکاملی مبتنی باشد (همان: ۳). آنها همچنین می‌دانند که یک

-
1. Natural State
 2. Quesnay's Famous Tableau Economique
 3. Sustainability
 4. Finite Sources of Individual Resources
 5. Ecosystems

نظام اقتصادی قسمتی از یک سیستم اجتماعی بزرگ‌تر است و اینکه انسان‌ها از طریق عوامل اجتماعی^۱ تهییج می‌شوند، عواملی که در تحلیل‌های نئوکلاسیکی در نظر گرفته نمی‌شوند. در نتیجه، آنها به دنبال آنند که فرآیندها و ساختارهای اجتماعی را که برای سلامتی و بقای انسان اهمیت حیاتی دارند، در راه‌حل‌های خود در نظر بگیرند (همان: ۱۲).

شجره‌نامه. در شکل ۱، تبار فکری مکتب کنونی اقتصاد زیست‌محیطی از کنه و اسمیت آغاز و در امتداد سه مسیر اصلی ادامه می‌یابد. مسیر اول از مالتوس می‌گذرد و سپس مستقیماً به کاستانزا و هرمن دالی (۱۹۹۲) ختم می‌شود. مسیر دوم از کنه و سپس لئونتیف می‌گذرد. مسیر سوم از ریکاردو و مارکس می‌گذرد و سپس از شومپتر عبور می‌کند [این مسیر در شکل ترسیم نشده است]. بر حسب مکمل بودن مکاتب، اقتصاد تکاملی و اقتصاد نهادگرا از طریق پیکان‌های دو سویه به اقتصاد زیست‌محیطی متصل شده‌اند. با وجود این، می‌توان این استدلال را مطرح ساخت که یک پیکان دو سویه باید بین اقتصاد زیست‌محیطی و اقتصاد محاسباتی عامل‌مدار ترسیم شود زیرا ظهور و تکامل ساختارهای اجتماعی نظیر حقوق مالکیت و ارزیابی‌های محیطی و هنجارها، که برای اجتناب از "مصیبت انسان‌ها"^۲ و دیگر پویایی‌های غیرپایدار حیاتی‌اند، قابل تشخیص و مطالعه هستند.

پیوند با SD. پویایی‌های سیستمی اولین بار برای اقتصاد زیست‌محیطی در خلال پروژه‌های مدل‌سازی جهانی در اوائل دهه ۱۹۷۰ به کار گرفته شد (فارستر، ۱۹۷۰؛ میداوز و همکاران، ۱۹۷۲، ۱۹۹۲؛ کاستانزا، ۱۹۸۹: ۳). امروزه، SD به عنوان یک تکنیک مشروع^۳ در مدل‌سازی‌های اقتصاد زیست‌محیطی در نظر گرفته می‌شود، زیرا اصول بنیادین آن در حل مشکلات اقتصادی-محیطی-اجتماعی همانند اصول مورد علاقه بسیاری از اقتصاددانان زیست‌محیطی است. به بیان دقیق‌تر، این اصول حاکی از آنند که باید یک رویکرد سیستمی پویا (بازخورد) برای مشکلات اقتصادی زیست‌محیطی به کار گرفته شود، بده‌بستان‌ها^۴ و وقفه‌های معنادار بلندمدت/

-
1. Social Factors
 2. Tragedy of the Commons
 3. Legitimate
 4. Trade-offs

کوتاه‌مدت همواره باید در هنگام بررسی پویایی‌های یک سیستم اقتصادی زیست‌محیطی در نظر گرفته شوند، و مهم‌تر آنکه، شیوه‌هایی که از طریق آنها عوامل محدودکننده^۱ به طور چشمگیری رفتار یک سیستم اقتصادی زیست‌محیطی را متأثر می‌سازند باید به حساب آورده شوند. استفاده‌های دیگر و اخیرتر از SD در اقتصاد زیست‌محیطی را می‌توان در آثار فورده، ۱۹۹۹؛ راث ۱۹۹۵؛ یورگینسن، ۱۹۹۴؛ ماکسول و کاستانزا، ۱۹۹۴؛ برگ و استراتن^۲، برگ، ۱۹۹۳؛ کاستانزا و دالی، ۱۹۹۲؛ برگ و نیچکمپ، ۱۹۹۱ مشاهده نمود.

اقتصاد محاسباتی عامل‌مدار

اقتصاد محاسباتی عامل‌مدار (ACE) کاربرد نظریه پیچیدگی^۳، پارادایم رفتار تطبیقی پیچیده^۴، و ابزارهای "زندگی مصنوعی"^۵ یا "دنیاهای مصنوعی"^۶ برای [بررسی] مسائل اقتصادی است.^(۱۹) است. ACE^(۱۹) را می‌توان مخلوطی از مفاهیم و ابزارهای اقتصاد تکاملی، علوم شناختی^۷، و علم کامپیوتر (رایانه) تصور کرد (تسفاتسیون، ۲۰۰۰: ۲). جیسون پاتس^۸ (۲۰۰۰) براساس استدلال پیچیده و موزون مدعی شده است که ACE زیربنای اقتصاد خرد تکاملی جدید را^۹ که می‌تواند اقتصاددانان بسیاری از مکاتب اقتصادی هترودکس را با هم متحد سازد، ارائه می‌نماید.^(۲۰)

هدف ACE این است که مشخص سازد چگونه تعاملات^{۱۰} بسیار ساده (و مبتنی بر عقلانیت محدود) میان عوامل اقتصادی ناهمگن و تعاملات موجود میان این عوامل و ساختار کلان در

1. Limiting Factors
2. Bergh & Straaten
3. Complexity Theory
4. Complex Adaptive Behavior Paradigm
5. Artificial Life
6. Artificial Worlds
7. Cognitive Science
8. Jason Potts
9. New Evolutionary Microeconomics
10. Interactions

حال ظهور^۱ موجب پیدایش و تکامل رفتارهای غیرتعدالی پیچیده و ساختارهای پیچیده اقتصادی- اجتماعی می‌شوند. به بیان دقیق‌تر اهداف عبارتند از: ۱. فهم اینکه چگونه نظم‌های جهانی (فراگیر) نظیر شبکه‌های تجاری، پول‌های پذیرفته شده در جامعه، پروتکل‌های موجود در بازار، چرخه‌های تجاری، و پذیرش همگانی ابداعات فناورانه از تعاملات محلی^۲ افراد مستقل تجلی می‌یابند، "پایین به بالا"^۳، به رغم نبود هر نوع کنترل و برنامه‌ریزی بالا به پایین^۴، و ۲. تعیین اینکه کدام ساختارهای اقتصادی- اجتماعی بدیل را می‌توان برای تعیین آثارشان بر رفتار فردی و رفاه اجتماعی آزمون نمود (تسفاتیسون، ۲۰۰۱b: ۱).

به عقیده دیو لین^۵، مدل‌های ACE سه مولفه اصلی دارند: ۱. مجموعه‌ای از عوامل اقتصادی اقتصادی مستقل و خرد، ۲. محیطی که در آن عوامل بر یکدیگر اثر متقابل می‌گذارند، و ۳. پویایی که قواعد رفتار تطبیقی را برای عوامل تصریح می‌نماید. مدلساز عامل‌مدار باید مجموعه اولیه صفات‌ها را برای هر عامل تصریح کند، که این تصریح تیپ شخصیتی، هنجارهای رفتاری درونی شده^۶، شیوه‌های درونی رفتار (شامل شیوه‌های ارتباط، یادگیری و تطبیق)، و میزان میزان و نوع اطلاعات ذخیره شده درونی درباره خودش و دیگر عواملی را که برای در اختیار داشتن اطلاعاتشان مجاز در نظر گرفته شده است، شامل می‌شود (تسفاتیسون ۲۰۰۲: ۵۶). مدلساز همچنین باید انواع تعاملاتی (معمولاً غیرخطی) را که هر عامل می‌تواند با دیگر عوامل و محیط داشته باشد، تصریح نماید.

یک حوزه کلیدی برای تحقیق در ACE یافتن بهترین راه برای مدلسازی فرآیندی است که از طریق آن عوامل انفرادی^۷ یاد می‌گیرند و تطبیق می‌دهند. به عقیده تسفاتیسون (۲۰۰۲: ۵۸)،

-
1. Emerging Macro-Structure
 2. Local Interactions
 3. Bottom-Up
 4. Top-Down
 5. Dave Lane
 6. Internalized
 7. Individual Agents

تکنیک‌های اخیر برای مدلسازی یادگیری عامل^۱ شامل تقویت الگوریتم‌های یادگیری، شبکه‌های عصبی، یادگیری Q^۲، الگوریتم‌های ژنتیک، برنامه‌ریزی‌های ژنتیک، "مجموعه متنوعی از الگوریتم‌های تکاملی که سعی در درک ابعاد مختلف یادگیری استقرایی دارند،" و الگوریتم‌هایی که برای استفاده در بازارهای خودکار تعدیل شده‌اند، می‌شود. تکنیک‌هایی که برای نشان دادن تکامل شیوه‌های یادگیری عوامل انفرادی مورد استفاده واقع می‌شوند (یعنی، تکنیک‌هایی که به عوامل انفرادی امکان می‌دهند چگونه یادگرفتن را یاد بگیرند)^۳ شامل سیستم‌های طبقه‌بندی‌کننده^۴، جعبه ابزارهای تطبیقی^۵، و شبکه‌های عصبی قابل تکامل^۶ است.

وقتی یک مدل محاسباتی عامل مدار شبیه‌سازی می‌شود، پویایی‌ها و شرایط اولیه آن یک "تاریخچه"^۷ یا "سکانس منظم زمانی از حالت‌های دنیا (مصنوعی)" به وجود می‌آورند (لین، ۱۹۹۳: ۹۰). پرسش این است که "آیا، و تحت چه شرایطی، تاریخچه‌ها خصوصیت‌های نوظهور جالبی را نشان می‌دهند." اساساً، اعتقاد بر این است که ظهور زمانی رخ می‌دهد که انگاره‌ها، شامل گروه‌های سازمان یافته و سلسله مراتب‌ها، در سطح کلان (به عبارت دیگر، در سطح سیستم به عنوان یک کل) پدید می‌آیند، انگاره‌هایی که از تحلیل قابلیت‌های عوامل انفرادی قابل استنتاج نیستند (به عبارت دیگر، از انجام تحلیل در سطح خرد).

اغلب تاریخچه‌های عامل مدار، رفتارهای غیرتعادلی هستند زیرا روش‌هایی که بر طبق آنها عوامل انفرادی به طور محلی (یعنی عواملی که در مدت شبیه‌سازی با هم روبه‌رو می‌شوند) بر یکدیگر اثر متقابل می‌گذارند به طور پیوسته باز ترکیب و بازبینی می‌شوند. این موضوع منجر به

-
1. Agent Learning
 2. Q-Learning
 3. Learn How to Learn
 4. Classifier Systems
 5. Adaptive Toolkits
 6. Evolvable Neural Networks
 7. History

خلق مستمر جایگاه‌هایی می‌شود که می‌توان از طریق تطبیق‌های خاص^۱ از آنها بهره‌برداری نمود، و این به خودی خود، در یک سکانس خود تقویت‌کننده از پدیده‌های تازه، منجر به خلق جایگاه‌های قابل بهره‌برداری جدیدتری می‌شود (آرتور و همکاران، ۱۹۹۷: ۴).



شجره‌نامه. در شکل ۱ چندین مسیر وجود دارد که به مکتب کنونی ACE منجر می‌شوند. مسیر اصلی از جان ون نیومن و مطالعه وی درباره ماشین‌های خود تکثیرکننده^۱ در طول دهه ۱۹۴۰ آغاز می‌شود و از طریق جان نش و سپس توماس شیلینگ (به دلیل مطالعه خط‌شکانه و عامل مدار شیلینگ (۱۹۷۸) درباره ظهور محله‌های مجزا به لحاظ نژادی) یا از طریق برخی از پیروان امروزی ون نیومن نظیر جان هلند (هلند و میلر (۱۹۹۱)، جان میلر (۱۹۹۸)، برایان آرتور (۱۹۹۱، ۱۹۹۴، ۲۰۰۰)، و کریستوفر لانگتون (۱۹۸۹)^(۳۱) به مکتب عامل مدار منتهی می‌شود. تسفاتسیون (۱۹۹۷، ۲۰۰۰، ۲۰۰۱a، ۲۰۰۱b، ۲۰۰۲)، یوشا اپستین، رابرت اکستل (اپستین و اکستل ۱۹۹۶)، رابرت اکسلرود، و لین (۱۹۹۳) را نیز می‌توان در این گروه جای داد. اغلب این محققان معاصر با مؤسسه سانتافه^۲، یک سازمان تخصصی در مطالعه سیستم‌های پیچیده^(۳۲)، همکاری دارند.

آرتور، یکی از رهبران مؤسسه سانتافه در خصوص تأثیرپذیری افکارش از اقتصاددانانی که بر اهمیت حلقه‌های بازخوردی مثبت^۳، بازدهی‌های فزاینده، و وابستگی به مسیر در تبیین رفتار اقتصادی تکاملی تأکید دارند، مطالب مفصلی نوشته است (۱۹۸۸، ۱۹۹۰). در نتیجه، پیوندها به آرتور از کالدور (۱۹۸۱)، میردال، پل دیوید (۱۹۸۵)، و ایلیا پراگوجین (۱۹۹۳) می‌گذرند. پیوند با SD. در مقاله اخیر خود هانس شول^۴ نقاط قوت و ضعف مدلسازی SD و مدلسازی‌های شبیه‌سازی محاسباتی عامل مدار را مطرح ساخته است و جاهایی را که این دو تکنیک با هم همپوشانی دارند و نیز مکمل یکدیگرند مشخص کرده است (۲۰۰۱). او نتیجه می‌گیرد که در انجام مطالعات مقطعی^۵ و تحقیقات مشترک بین این دو تکنیک مدلسازی تأخیر زیادی وجود داشته است.

تفاوت اصلی بین مدلسازی SD و مدلسازی عامل مدار به نوعی به سطح کلیت^۶ مورد استفاده محقق باز می‌گردد. مدلساز A-B با تصریح مجموعه‌هایی از قواعد تصمیم‌گیری ناهمگن برای

-
1. Self-Replicating Machines
 2. Santa Fe Institute
 3. Positive Feedback Loops
 4. Hans Scholl
 5. Cross Study
 6. Aggregation

مجموعه نسبتاً بزرگی از عوامل انفرادی که در سطح عامل^۱ بر هم اثر می‌گذارند، آغاز می‌نماید در حالی که متخصص SD معمولاً با تصریح قواعد تصمیم‌گیری برای مجموعه نسبتاً کوچکی از کل^۲ یا عوامل نمونه که از طریق ساختار بازخوردی موجود در سیستم بر یکدیگر اثر می‌گذارند، شروع می‌کند. گرچه یک مدلساز A-B در آغاز شبیه‌سازی نسبت به قواعد تصمیم‌گیری عوامل انفرادی آگاهی دارد، او نسبت به نوع رفتاری که به موازات تکامل سیستم در سطح کلان ظهور می‌نماید آگاهی ندارد. از طرف دیگر، یک متخصص SD نسبت به رفتار کلان و یا به عبارتی رفتار کل سیستم که باید مدل وی در آغاز شبیه‌سازی به وجود آورد آگاهی دارد، اما نمی‌داند که آیا قواعد تصمیم‌گیری که او به عوامل نمونه مختلف در مدل داده است این رفتار کلان را به وجود خواهند آورد یا خیر.^(۳) بنابراین، همان‌طور که شول (۲۰۰۱) خاطر نشان می‌کند، مدلسازی A-B تکنیک نسبتاً ضعیف‌تری است وقتی که رفتار کلان سیستم و هدف تحقیق شناخته شده هستند، در حالی که SD تکنیک نسبتاً ضعیف‌تری است وقتی که قواعد تصمیم‌گیری عوامل شناخته شده هستند و دلالت‌های مربوط به تعاملات تعداد زیادی از عوامل هدف تحقیق است. شول معتقد است که تحلیل دقیق مدل‌های ایجاد شده توسط تکنیک‌های SD و A-B برای پدیده‌های مشابه راه خوبی برای آغاز مطالعه مقطعی است (۲۰۰۱). از طرف دیگر، استرمن^۳ ضمن تصدیق شباهت‌ها و تفاوت‌های موجود بین دو سنت مدلسازی چندین پرسش برای ارتقا بخشیدن به وضعیت دانش موجود در دو رشته مطرح نموده است (۲۰۰۰: ۸۹۶):

- اصولی که باید راهنمای انتخاب شیوه مدلسازی و سطح کلان‌سازی باشند کدامند؟
- مدلساز چگونه باید بده بستان بین تعداد عوامل مختلفی که می‌تواند در مدل معرفی کند و پیچیدگی عوامل انفرادی را انجام دهد؟
- در خصوص تعامل، سطح عقلانیت، و ظرفیت‌های یادگیری کدام قواعد باید به عوامل نسبت داده شوند؟

1. Agent Level
2. Aggregate
3. Sterman

در خصوص ترکیب مدلسازی SD و A-B جان میلر شیوه بسیار متفاوتی را پایه گذاری کرده است. در سال ۱۹۹۸ در یک مقاله او نشان داد که چگونه الگوریتم‌های تپه‌نوردی^۱ و الگوریتم‌های ژنتیک را که از "اپراتورهای ژنتیک جهش و انتقال"^۲ استفاده می‌کنند، می‌توان برای انجام آزمون‌های غیرخطی اتوماتیک^۳ در مدل‌های SD به کاربرد (شول، ۲۰۰۱: ۷). این آزمون‌ها، جست‌وجوهای کامپیوتری بر روی مجموعه پارامترهای یک مدل SD را که هدفش حداکثرسازی یا حداقل‌سازی یک تابع هدف است، شامل می‌شوند (برای مثال، حداکثرسازی تابع هدفی که جذابیت محصول یا رفاه اجتماعی را تعریف می‌نماید). همان‌طور که استرمن (۲۰۰۰: ۸۸۷) خاطر نشان می‌سازد، ANTها ابزارهای بسیار انعطاف‌پذیری هستند و می‌توان از آنها برای کشف پارامترهای حساس یا رفتارهای ناپه‌نجرار، یافتن نقاط فشار^۴، و تعیین حساسیت‌های سیاستی در مدل‌های SD استفاده کرد.

اقتصاد رفتاری

اقتصاد رفتاری به مطالعه شیوه‌هایی می‌پردازد که انسان‌ها عملاً بر طبق آنها تصمیمات اقتصادی خود را اتخاذ می‌نمایند. اقتصاد رفتاری دیدگاه‌ها، نظریه‌ها، و روش‌های علم اقتصاد و روانشناسی را با هم ترکیب می‌کند تا تعیین کند چگونه تصمیم‌گیری‌های واقعی انسان به‌طور سیستماتیک (نظام‌مند) از تصمیم‌گیری‌های کاملاً عقلایی مفروض در نظریه اقتصاد کلاسیک (برای مثال، فرض حداکثرسازی مطلوبیت انتظاری و سود) انحراف می‌یابند و تبیین کند که چگونه این تصمیم‌گیری کمتر از بهینه^۵ نتایج اقتصادی مشاهده شدنی در عالم واقع را به بار می‌آورند. گرچه بسیاری از مطالعات اقتصاد رفتاری استاتیک هستند و تصمیم انجام گرفته از عوامل اقتصادی را در یک مقطع از زمان بررسی می‌کنند، مطالعاتی که اخیراً انجام می‌شوند تکاملی بوده و مجموعه‌ای از تصمیمات اتخاذ شده توسط عوامل اقتصادی را در طول زمان بررسی می‌نمایند.

-
1. Hill-Climbing
 2. Genetic Operators of Crossover and Mutation
 3. ANTs
 4. Leverage Points
 5. Less-Than-Optimal

یکی از نکات مورد توجه در مطالعات مربوط به تصمیم‌گیری‌های پویا این است که یادگیری و تطبیق^۱ چگونه تصمیمات عوامل اقتصادی را متأثر می‌سازند.^(۲۴)

به عقیده مالنت‌هان و تالر^۲ (۲۰۰۰: ۱) اقتصاددانان رفتارگرا سه عامل مهم را که باعث انحراف تصمیم‌گیری انسان از عقلانیت تمام عیار می‌شوند را تشخیص داده‌اند:

- عقلانیت محدود^۳، نشان‌دهنده محدودیت در دانش و توانایی‌های شناختی که حل مشکلات بشری را با محدودیت مواجه می‌سازد.
- اراده محدود^۴، توضیح می‌دهد چرا گاهی اوقات انسان‌ها انتخاب‌هایی انجام می‌دهند که در جهت منافع بلندمدت آنها نیست.
- نفع‌طلبی محدود^۵، توضیح می‌دهد که چرا انسان‌ها اغلب مایلند برای کمک به دیگران منافع خود را قربانی کنند.

انسان به رغم اینکه توسط محدودیت‌های شناختی خود در تنگناست، با وجود این مجبور به اتخاذ تصمیمات اقتصادی است. اقتصاددانان رفتاری معتقدند که تصمیم‌گیری‌های بشر "رضایت‌بخش" است - به عبارت دیگر، بشر با استفاده از تکنیک‌ها و قواعد ساده‌ای که در فایق آمدن به مشکلات به او کمک می‌کنند، بهترین اقدام ممکن را برای دستیابی به اهداف خود انجام می‌دهد. اقتصاددانان رفتاری بسیاری از تکنیک‌ها و قواعدی را که معمولاً از آنها استفاده می‌شود، شناسایی و فهرست کرده‌اند (ر.ک. به: کاهنمن و تورسکی، ۱۹۷۴). متأسفانه، استفاده از این قواعد و تکنیک‌ها اغلب باعث می‌شوند که انسان‌ها تصمیمات اقتصادی ضعیفی [نسبت به حالت کاملاً عقلایی] اتخاذ کنند (مالنت‌هان و تالر، ۲۰۰۰).

پرسش مهمی که اولین بار آرمن آلچیان (۱۹۵۰)^(۲۵) مطرح شد این بود که آیا برخی از ترکیبات نیروهای بازار، یادگیری، و تکامل می‌توانند محدودیت‌های شناختی انسان را برطرف نمایند یا خیر.^(۲۶) به عبارت دیگر، اگر بنگاه‌ها و خانوارهایی که از طریق فرآیند تکاملی، تطبیقی،

-
1. Learning and Adaptation
 2. Sendhil Mullainthan & Richard Thaler
 3. Bounded Rationality
 4. Bounded Willpower
 5. Bounded Self-Interest

و ناقص بقا می‌یابند و موفق هستند آن بنگاه‌ها و خانوارهایی می‌باشند که چنان عمل می‌کنند که گویی تصمیماتشان را به شکلی عقلایی اتخاذ می‌نمایند، در آن صورت فرآیندی که از طریق آن ایشان بقا می‌یابند و موفقیت کسب می‌کنند بی‌ربط است و مدل‌های اقتصاد کلاسیکی معتبر هستند.^(۳۷) اقتصاددانان رفتاری این بحث را نمی‌پذیرند زیرا شواهد تجربی به شدت حاکی از آن است که عوامل غیرعقلایی^۱ بقا می‌یابند و نتایج اقتصادی را تحت تأثیر قرار می‌دهند (کاهنمن و تورسکی، ۱۹۷۴؛ اِرل، ۱۹۹۰؛ رابین، ۱۹۹۸؛ مالنت‌هان و تالر، ۲۰۰۰).

شجره‌نامه. در شکل ۱، تبار فکری که به مکتب کنونی اقتصاد رفتاری منتهی می‌شود از کنه، اسمیت، و ریکاردو آغاز می‌شود و در سه مسیر اصلی دنبال می‌شود. مسیر اول از مارکس به موریس داب، پل باران و پل سوئیزی (۱۹۶۶)، و ارنست ماندل (۱۹۶۹، ۱۹۸۰) و سپس از اقتصاددانان سیاسی رادیکال معاصر نظیر هووارد شرمن، توماس ویسکُپف، ساموئل بولس (بولس، جینتیس و آسبورن، ۲۰۰۱)، دانکن فولی (۱۹۹۷)، واستیفن مارگالین (۱۹۸۴) عبور می‌کند. مسیر دوم از مارکس و شومپیتر می‌گذرد، و سپس از ریچارد دی (همچنین ر.ک. به: دی و الیاسون، ۱۹۸۶ و دی و چن، ۱۹۹۳) عبور می‌کند، و بعد از آن از جورج آکرلوف، ریچارد تالر، و رابرت فرانک می‌گذرد. سومین مسیر از ویلن، کامنز و میچل می‌گذرد و سپس از جیمز دوزنبری و هربرت سیمون (۱۹۷۹، ۱۹۸۴، ۱۹۹۱) عبور می‌کند. این مسیر به طور مستقیم از طریق آکرلوف، تالر، و فرانک و همچنین از طریق شاخهٔ جانبی ریچارد سی‌ارت و جیمز مارچ (۱۹۶۳) ادامه می‌یابد. مسیر آخر بر کمک‌های کارنگی اسکول^۲ و سیمون به اقتصاد رفتاری تأکید می‌کند. گرچه سیمون به عنوان پدر این رشته در نظر گرفته می‌شود، خودش بارها خاطرنشان ساخته که تفکراتش دربارهٔ عقلانیت محدود، وام‌دار کامنز است (برای مثال، سیمون، ۱۹۷۹: ۴۹۹؛ ۱۹۹۱: ۸۷).

پیوند با *SD*. در یک بیان ساده، مدلسازی *SD* همان مدلسازی اقتصاد رفتاری است. جان مورکرافت^۳ (۱۹۸۳، ۱۹۸۵)، تلاش زیادی برای اثبات این مسئله انجام داده ضمن آنکه استرمن

-
1. Non-Rational Agents
 2. Carnegie School
 3. John Morecroft

در مطالعات بی‌شماری از مدل‌های SD برای بررسی اثر عقلانیت محدود بر تصمیم‌گیری‌های اقتصادی پویا استفاده کرده است (برای مثال، استرمن، ۱۹۸۹؛ پیچ و استرمن، ۱۹۹۳؛ دیهل و استرمن، ۱۹۹۵؛ کامپمن و استرمن، ۱۹۹۸).

اقتصاد اتریشی

به عقیدهٔ کرزنر^۱ (۱۹۸۷: ۱۴۹)، اصطلاح "اقتصاد اتریشی" برای اقتصاددانان مختلف معانی گوناگونی دارد. فهرست او از تعابیر معاصر این اصطلاح موارد زیر را شامل می‌شود: ۱. مکتبی از تفکرات اقتصادی که تا قبل از دههٔ ۱۹۳۰ در اروپا وجود داشت، ۲. شکل خاصی از نظریه بهره و سرمایه، ۳. ایدئولوژی آزادی‌خواهی، ۴. آثار کارل منکر، ۵. بدنه‌ای از نظریاتی که بر اهمیت عدم اطمینان در تصمیم‌گیری‌های اقتصادی تأکید می‌کنند و بنابراین نوعی عدم پذیرش اقتصاد نئوکلاسیکی هستند. در ادامه کرزنر خاطر نشان می‌سازد که آخرین تفسیر از اقتصاد اتریشی بر این امر دلالت دارد که اعضای این مکتب در تحلیل‌های اقتصادی رویکردهای نهادگرا و تاریخی را می‌پذیرند. (همان، ۱۹۸۷: ۱۵۰)، موضوعی که از نظر برخی از اقتصاددانان، با توجه به مخالفت اولیهٔ اتریشی‌ها در برابر مکتب تاریخی آلمان، "مضحک یا حتی پارادکس گونه" به نظر می‌آید. فهرست دقیق‌تری از ویژگی‌های مکتب اتریشی را می‌توان در وب سایت تاریخ تفکرات اقتصادی^۲ یافت. میزان این وب سایت دپارتمان اقتصاد دانشگاه نیو اسکول^۳ (۲۰۰۲) است. این فهرست شامل موارد زیر می‌شود:

۱. اتکا بر گرایش موروثی "ذهنیت‌گرا"^۴ از اقتصاد مارژینالیستی؛
۲. پایبندی به نظریه محض، با تأکید بر فردگرایی روش‌شناختی^۵؛
۳. اعتقاد به نظریه هزینهٔ آترناتیو^۶ که، از طریق "تعیین سهم"^۷، ارزش همهٔ کالاها و عوامل را را برحسب ارزش ذهنی کالاهای مصرفی تعیین می‌کند؛

-
1. Israel Kirzner
 2. History of Economic Thought
 3. New School University
 4. Subjectivist
 5. Methodological Individualism
 6. Theory of Alternative Cost
 7. Imputation

۴. پذیرش نظریه پولی سرمایه‌گذاری بیش از حد^۱ در خصوص ادوار تجاری؛
 ۵. حمایت از سیاست پولی ضد ادواری و سیستم بانکی آزاد؛
 ۶. دفاعی همه‌جانبه (سیاسی، اقتصادی، و فلسفی) از سیاست اقتصادی نظام آزاد اقتصادی^۲؛
 ۷. اتخاذ رویکردی پویا^۳ به نظریه اقتصاد؛
 ۸. اعتقاد به اینکه بازارها فرآیندهایی رقابتی، نابسامان (فاقد سازماندهی)، و زمان‌بر هستند و از طریق یادگیری و اکتشاف^۴ بازیگران خاصی که در شرایط عدم تعادل عمل می‌کنند به پیش می‌روند، به جای اینکه صرفاً به صورت آرایشی از وضعیت‌های تعادلی مستقل وجود داشته باشند؛
 ۹. تأکید بر عدم اطمینان و اطلاعات در تصمیم‌گیری‌های اقتصادی؛
 ۱۰. توجه به روانشناسی بازیگران اقتصادی، به طور خاص، تأکید بر اولویت رفتار راهبردی و مبتنی بر نفع شخصی در هنگام رویارویی با سایر عوامل و / یا نهادهای سیاسی و اجتماعی؛
 ۱۱. اعتقاد به بازارهای رقابتی و سیستم قیمت‌ها در سازماندهی و نظم بخشیدن به عوامل اقتصادی نامنظم غیرمتمرکز با دانش محدود؛
- به این لیست می‌توان موارد زیر را افزود:
۱۲. عدم اعتماد به استفاده از ریاضیات در تحلیل‌های اقتصادی؛
 ۱۳. در نظر گرفتن کارآفرین* به عنوان نیروی پیش‌برنده‌ای در پشت فعالیت‌های اقتصادی.

1. Monetary over-Investment Theory
2. Laissez-Faire
3. Time-Theoretic
4. Learning and Discovery

* ایده آنتروپرونور (entrepreneur) اولین بار از سوی کانتیلون به اقتصاد معرفی شد. این واژه بعدها توسط اقتصاددانان مختلف با معانی مختلف به کار گرفته شد. به همین دلیل معادل‌گذاری برای این واژه بسیار مشکل است. در میان اقتصاددانان شهیر و سرشناس شاید کسی که بیشترین استفاده را از این واژه کرده و تأکید خاصی بر آن دارد، شومپیتر باشد. شومپیتر آنتروپرونور را محرک اصلی توسعه می‌داند. از نظر وی آنتروپرونور کسی است که ترکیبات جدید را می‌آفریند. لذا در فحوای شومپیتری می‌توان واژه‌هایی چون "نو ترکیب ساز" یا "معمار ترکیبات جدید" را معادل‌های مناسبی برای آنتروپرونور در نظر گرفت. در این مورد می‌توان به فرازهایی از خود شومپیتر استناد کرد. برای مثال او در کتاب "نظریه توسعه اقتصادی" خود نوشته است: "the entrepreneur... does need credit, ...to be able to carry out his new combinations, to become an entrepreneur" (۱۹۶۵: ۱۰۲)، با این حال از آنجایی که این واژه در میان اهل فن به عنوان کارآفرین جا افتاده است، همچنان از همان کارآفرین استفاده می‌کنیم. [م]

ویژگی‌های ۷ تا ۱۱ منطبق با مفهوم همیلتون در خصوص تغییرات داروینی هستند، چرا که این ویژگی‌ها به یک رویکرد تکاملی به تحلیل‌های اقتصادی دلالت دارند. *شجره‌نامه*. در شکل ۱، تبار ذهنی مکتب کنونی اقتصاد اتریشی از کنه، اسمیت، و ریکاردو آغاز و از طریق ژان باتیسته سی و جان استوارت میل به منگر می‌رسد. این مسیر از طریق برجسته‌ترین پیروان منگر، یعنی بوهم-باورک و فردریک ون ویزر به میسز و سپس به شاگرد وی، یعنی هایک ادامه می‌یابد.^(۲۸) این مسیر از هایک به اتریشی‌های دوران معاصرتر یعنی کسانی همچون کرزنر (۱۹۸۷، ۱۹۹۷)، موری روثبارد و در نهایت به خود مکتب امتداد می‌یابد. یک پیکان دوسویه بین مکتب اتریشی و مکتب ACE ترسیم شده است، زیرا بسیاری از اعتقادات هایک و میسز با اصول محوری موجود در مدل‌سازی A-B هماهنگی دارند. نیکلاس ورنند (۲۰۰۲) به شدت معتقد است که هایک اساساً یک اقتصاددان ACE است.

هشدار. گرچه مکتب اتریشی در بدنه نظریه خود مؤلفه‌هایی دارد که به وضوح تکاملی هستند، اما طبقه‌بندی آن در شکل ۱ کار مشکلی است. به‌ویژه، تمرکز آن بر رفتار فردی، کارآفرین، کارایی فرآیندهای بازار، و خلق سیاست^۱ از طریق نظریه و منطق حاکی از آن است که این مکتب باید در پایین سمت چپ شکل قرار گیرد (همان جایی که عملاً جا داده شده است). از طرف دیگر، نظریه عدم تعادل (تکاملی) آن در خصوص فرآیند بازار و تمرکز آن بر تصمیم‌گیری پویا بیانگر آن است که این مکتب باید در پایین سمت راست شکل قرار گیرد. از آنجایی که، همچنان که پیشتر بیان شد، گاهی اوقات اقتصاددانان حتی در توافق بر سر یک تعریف برای مکتب اتریشی مشکلاتی دارند، بنابراین این هشدار صرفاً جنبه یادآوری داشت.

پیوند با SD. گرچه تا به امروز SD برای تحلیل‌های اتریشی مورد استفاده واقع نشده است، این بدان معنا نیست که SD نمی‌تواند باعث ارتقا آن شود. آنچه‌آن که در ادامه بحث خواهد شد، مدل‌سازی SD، در میان سایر محاسن خود، طراحی مدل ذهنی تصمیم‌گیرنده را شامل می‌شود، به نحوی که رایانه می‌تواند دلالت‌های پویای آن را ترسیم کند. این موضوع ضروری است، زیرا به دلیل محدودیت‌های شناختی، انسان‌ها قادر نیستند از طریق تکامل مدل‌های ذهنی خود به‌طور

1. Creation of Policy

دقیق فکر کنند. از آنجایی که اقتصاددانان اتریشی مدلسازی ریاضی (سنتی) را رد می‌کنند و به جای آن در تحلیل‌های خود بر منطق اتکا می‌کنند، از این رو، SD اصولاً می‌تواند برای ترسیم دلالت‌های تکاملی نظریه‌هایشان مورد استفاده واقع شود. با پیروی از ورنند (۲۰۰۲)، نکات مشابهی را می‌توان در خصوص مدلسازی A-B بیان داشت.

اقتصاد سیاسی رادیکال

دایان فلاهرتی^۱ (۱۹۸۷: ۳۶) در نوشته خود در خصوص اقتصاد سیاسی رادیکال در نیو پالگریو^۲، [که در واقع] بازگویی مطالب برونفن‌برنر^۳ (۱۹۷۰: ۷۴۷) است، خاطرنشان می‌سازد که "تعمیم ساده‌ای که بر طبق آن بتوان اصول و نظریه‌های متنوع و ناهماهنگ اقتصاد رادیکال را توصیف نمود" وجود ندارد، و همچنین "بیان اینکه اقتصاددانان رادیکال چه کاری انجام می‌دهند آسان‌تر از این است که اقتصاد رادیکال چیست". اما به همراه این هشدار، او این بحث را مطرح می‌سازد که اقتصاددانان سیاسی رادیکال در خصوص امپریالیسم و نابرابری (عواملی که تضاد طبقاتی به وجود می‌آورند) و این باور که اقتصاد مرسوم نمی‌تواند، یا نمی‌خواهد، راه‌حلی برای این مشکلات فراهم آورد، نگرانی‌های مشترکی دارند.

اغلب نظریه‌های اقتصادی رادیکال در تلاشی برای تبیین و غلبه بر تضاد طبقاتی و امپریالیسم مدرن به سمت فرمول‌بندی مجدد تحلیل‌های کلاسیک مارکسی^۴ هدایت شده‌اند. سه قلمرویی که فرمول‌بندی مجدد به شدت در آنها رواج دارد عبارتند از: ۱. نظریه ارزش نیروی کار^۵، ۲. علل بحران در اقتصادهای کاپیتالیستی، ۳. مناسب بودن تحلیل‌های کینزی و سرافایی^۶ برای اقتصاد سیاسی رادیکال (فلاهرتی، ۱۹۸۷: ۳۶).

1. Diane Flaherty
2. New Palgrave
3. Martin Bronfenbrenner
4. Marxian
5. Labor Theory of Value
6. Sraffian

نظریه ارزش نیروی کار. ادبیات مربوط به نظریه ارزش نیروی کار وسیع است و دامنه آن از تغییراتی [مطالعاتی] که ضمن تلاش همزمان برای حفظ رنگ و بوی نظریه اولیه مارکس سعی می‌کنند که واقعیت‌های عینیت یافته و الگووار در نظام‌های اقتصادی مدرن را تبیین کنند (برای مثال، موریشیما، ۱۹۷۳ و شایکه، ۱۹۷۷) تا مطالعاتی که ضمن حفظ تحلیل‌های طبقاتی سعی در حذف آن [نظریه اولیه مارکس] از نظریه‌های رادیکال را دارند (برای مثال، لانگه، ۱۹۳۵؛ رایبسون، ۱۹۴۲؛ و استیدمن، ۱۹۷۷) امتداد می‌یابد.

نظریه‌های بحران.^(۳۹) صورت‌بندی مجدد در نظریه‌های بحران از مطالعاتی که متمرکزند بر سرمایه‌داری انحصاری^۱، قدرت آن در قیمت‌گذاری مارک - آپ و رفتار امپریالیستی آن، و بحران‌های بعدی ناشی از افزایش‌هایی که سرمایه‌داری انحصاری در ارزش مازاد^۲ ایجاد می‌نماید (برای مثال، باران و سوئیزی، ۱۹۶۶) تا مطالعاتی که دلیل بحران را نهادهای مالی شکننده می‌دانند (برای مثال، فولی، ۱۹۸۲) یا مطالعاتی که بحران را به عنوان سقوط موج بلند اقتصاد یا دور کندراتیف^۳ تعریف می‌کنند (دانشگاه نیو اسکول، ۲۰۰۲) امتداد می‌یابد. آخرین دسته از این نظریه‌ها عواملی نظیر پویایی‌های نرخ‌های انباشت و سود (برای مثال، ماندل، ۱۹۶۹، ۱۹۸۰) یا تکامل "ساختارهای اجتماعی انباشت" (برای مثال بولس، گوردون، و ویسکپف، ۱۹۸۳) را مقصر سقوط موج بلند می‌دانند.

ادغام نظریه‌های سرافایی و کینزی. بحث درخصوص جایگاه نظریه‌های سرافایی و کینزی در تحلیل‌های رادیکال واقعاً مبارزه‌ای بر سر هسته غیرقابل تقلیل^۴ اقتصاد سیاسی رادیکال است (فلاهرتی، ۱۹۸۷: ۳۸). اقتصاددانان رادیکالی که طرفدار نوعی سنتز بین مارکس و سرافا یا مارکس و کینز هستند، هسته را شامل استثمار طبقاتی^۵ و رابطه تاریخی در حال تکامل بین کسانی که تولید می‌کنند و کسانی که مازاد را به جیب می‌زنند، می‌بینند. اما این دیدگاه به نظریه ارزش نیروی کار بستگی ندارد، در واقع برخی از رادیکال‌ها (برای مثال، استیدمن، ۱۹۷۷) بر این

-
1. Monopoly Capitalism
 2. Surplus Value
 3. Kondratieff
 4. Irreducible Core
 5. Class Exploitation

باورند که سیستم نئوریکاردویی سرافا می‌تواند نظریه ارزش نیروی کار را جزو خود سازد. رادیکال‌هایی که طرفدار نوعی سنتز بین مارکس و کینز هستند معتقدند که نظریه‌های سنتی مارکسی نظریه منسجمی از تقاضای مؤثر را در خود ندارند. بنابراین اقتصاددانانی نظیر مارگالین^۱ اصول تقاضای کینزی را در فرمول‌بندی مجدد مدل‌های مارکسیستی گنجانده‌اند (فلاهرتی، ۱۹۸۷).

روش‌شناسی اقتصاد سیاسی رادیکال از مبدأ خود در دیالکتیک‌های ضد هگلی^۲ تا مطالعات جسورانه امروزی خود در مدلسازی A-B (ر.ک. به: بولس، جینتیس، و آسبورن، ۲۰۰۱ و فولی، ۱۹۹۷)، به وضوح ماهیت تاریخی و تکاملی داشته است. در واقع، به سبب نفوذ مارکس، اقتصاد سیاسی رادیکال می‌تواند به خوبی کانون فکری تغییرات اقتصادی تکاملی باشد (رجوع شود به هاجسون، ۱۹۹۳ و ۱۹۹۴).^(۳۰)

شجره‌نامه. در شکل ۱، تبار فکری مکتب کنونی اقتصاد سیاسی رادیکال از کنه و اسمیت آغاز می‌شود و دو مسیر اصلی را دنبال می‌کند. مسیر اول بعد از گذر از مارکس به نسل قدیم اقتصاددانان رادیکال غربی^۳ نظیر داب، باران، سوئیزی، و ماندل می‌رسد و در نهایت از نسل جوان‌تر اقتصاددانان رادیکال غربی نظیر شرمن، ویسکپف، بولس، هربرت جینتیس، ملیسا، آسبورن، و فولی عبور می‌کند. مسیر دوم از سرافا و نئوریکاردین‌ها می‌گذرد. این خط سیر چندین مسیر متمایز را شامل می‌شود، مسیر لئونتیف، مسیر کالکی، و مسیری که از رایینسون می‌گذرد. پیکان‌های دوسویه‌ای که مکاتب فکری مکمل را نشان می‌دهند بین اقتصاد سیاسی رادیکال و اقتصاد تکاملی، اقتصاد پساکینزی، و ACE ترسیم شده‌اند. به رغم نظریه‌های کاملاً متفاوت هر کدام در خصوص رفتار تکاملی، احتمالاً یک پیکان دوسویه باید بین اقتصاد سیاسی رادیکال و اقتصاد نهادگرا ترسیم شود (ر.ک. به: داگر و شرمن، ۱۹۹۷).

-
1. Marling
 2. Anti-Hegelian Dialectics
 3. Western Radical Economists

پیوند با *SD*. علاوه بر تمرکز مشترک بر روی تغییرات تکاملی، پیوندی آشکار بین *SD* و اقتصاد سیاسی رادیکال موج بلند اقتصادی، یا دور کندراتیف است. مدل ملی *SD*^۱، در میان سایر شیوه‌های رفتاری یک دور یا موج بلند کلان اقتصادی ۴۰ تا ۶۰ ساله به وجود می‌آورد. (فارستر، ۱۹۷۹). این دور (چرخه) عمدتاً به خاطر [فرآیند] خود نظم‌دهنده^۲ در بخش سرمایه اقتصاد مدل^۳ رخ می‌دهد. به بیان دقیق‌تر، دو بخش کالا و سرمایه باید ماشین‌آلات و تجهیزات را از بخش سرمایه درخواست کنند. این موضوع منجر به یک فرآیند خود تقویت‌کننده^۴ می‌شود که در آن سرمایه برای تولید بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد. نتیجه، یک دوره با ظرفیت‌سازی بیش از حد در سیستم و پس از آن یک دوره طولانی رکود و کاهش در انباشت سرمایه است. وقتی که موجودی تجهیزات و ماشین‌آلات اقتصاد مدل به کمتر از سطح مطلوب می‌رسد و محدودیت‌های ناشی از ظرفیت باعث ایجاد تأخیر در تولید می‌شوند، دور مجدداً تکرار می‌شود.

اقتصاد تکاملی

در این مقاله اقتصاد تکاملی شامل آن دسته از اقتصاددانانی می‌شود که گرایش تکاملی در مطالعاتشان دارند اما به‌طور صریح در هفت طبقه‌بندی قبلی قرار نمی‌گیرند. مثال‌هایی از اقتصاددانانی که در این گروه جای می‌گیرند (گرچه به این گروه محدود نمی‌شوند) شامل کسانی می‌شود که پویایی‌های اقتصادی تکاملی را از طریق مطالعات تاریخی و تحلیل داده‌ها بررسی می‌کنند (برای مثال، شومپیتر، ۱۹۷۶؛ بولدینگ، ۱۹۷۰، ۱۹۷۸؛ دیوید، ۱۹۸۵؛ والتر روستو، ۱۹۹۰: ۴۲۸-۴۴۱)، نئوشومپیترین‌هایی که تکنیک‌های متنوعی را برای مدلسازی تغییرات اقتصادی ساختاری مورد استفاده قرار می‌دهند (برای مثال، آیاوی^۵، ۱۹۸۴a، ۱۹۸۴b؛ هانوش، ۱۹۸۸)، اقتصاددانان ترمودینامیک، کسانی که تکامل را به‌عنوان پدیده‌ای "دور از تعادل" (برای مثال، پیتر آلن، ۱۹۸۸؛ ایلیا پریگوین، ۱۹۹۳؛ ریچارد انگلند، ۱۹۹۴)، یا به‌عنوان پدیده "انتقال به

1. System Dynamics National Model
2. Self-Ordering
3. Capital Sector of the Model Economy
4. Self-Reinforcing
5. Iwai

تبادل ترمودینامیک" می‌بینند (برای مثال، گئورگسکو - روگن، ۱۹۷۱؛ رابرت آیرس، ۱۹۷۸)، و کسانی که سعی در به‌کارگیری نظریه‌های "تبادل نقطه‌گذاری شده"^۱ از زیست‌شناسی در بررسی مسائل اقتصادی دارند (برای مثال مایکل تاشمن و الین رومانلی، ۱۹۸۵؛ ام. آنگالی ساستری، ۱۹۷۷).

شجره‌نامه . در شکل ۱، تبار ذهنی مکتب کنونی اقتصاد تکاملی از کنه و اسمیت آغاز می‌شود و در چند مسیر ادامه می‌یابد. اولین مسیر از مارکس و شومپتر و سپس تاریخ‌دانان اقتصادی^۲ نظیر دیوید (۱۹۸۵) و روستو (۱۹۹۰) می‌گذرد. دومین مسیر از شومپتر و نئوشومپترین‌هایی نظیر ریچارد نلسون (۱۹۹۵)، و سیدنی وینتر (۱۹۶۴) (همچنین ر.ک. به: نلسون و وینتر، ۱۹۸۲ و ۲۰۰۲)، آلریچ ویت (۱۹۹۲، ۱۹۹۳)، آیای (۱۹۸۴a، ۱۹۸۴b)، گونار الیاسون، جerald سیلوربرگ (۱۹۸۸)، و جیوانی دوسی (ر.ک. به: دوسی و نلسون، ۱۹۹۴) عبور می‌کند. مسیر سوم از شومپتر و سپس ترمودینامیست‌های دور از تعادل^۳ (پریگوجین، ۱۹۹۳، نیکولیس، آلن، ۱۹۸۸) و نظریه‌پردازهای تعادل نقطه‌گذاری شده (تاشمن و رومانلی، ۱۹۸۵) و سرانجام از انگلند (۱۹۹۴)، کسی که در تفکرات خود از بولدینگ (۱۹۷۰، ۱۹۷۸، ۱۹۹۱)، گئورگسکو - روگن (۱۹۷۱) و پریگوجین (۱۹۹۳) الهام گرفته است، عبور می‌کند. مسیر چهارم از شومپتر و ترمودینامیست‌های کلاسیک (گئورگسکو - روگن، ۱۹۷۱؛ آیرس، ۱۹۷۸)، و سپس انگلند (۱۹۹۴) می‌گذرد، یا اینکه مستقیماً [بدون عبور از انگلند] به مکتب می‌رسد. پیکان‌های دوسویه که مکاتب مکمل را نشان می‌دهند بین مکتب تکاملی و تمام مکاتب تکاملی دیگر به غیر از مکتب اتریشی رسم شده‌اند.

پیوند با SD. همچنان که در ادامه نشان خواهیم داد، مدلسازی SD را می‌توان به شیوه‌های مختلف تکاملی در نظر گرفت. بنابراین، اصولاً هر اقتصاددان تکاملی که تمایل دارد رویکرد خود به تغییرات ساختاری را صورتی‌سازی نماید^۴ می‌تواند از مدلسازی SD استفاده نماید. برای مثال،

-
1. Punctuated Equilibrium
 2. Economic Historians
 3. Far-From-Equilibrium Thermodynamicists
 4. Formalizing

از جمله محققانی که از SD برای مدل‌سازی پدیده تعادل نقطه‌گذاری شده استفاده نموده‌اند، می‌توان از ساستری (۱۹۹۷) و استرمن و جیسون ویتنبرگ^۱ (۱۹۹۹) نام برد.

هشدارها، طبقه‌بندی‌های چندگانه، و موارد بیان نشده

شکل ۱ تلاشی است برای ترسیم تبار ذهنی برخی از مکاتب شناخته شده اقتصادی که تا حدودی بر دیدگاه تکاملی در خصوص تغییرات اقتصادی مبتنی هستند. این شکل به هیچ وجه کامل یا فراگیر نیست، علاوه بر این، شکل ۱ برخی از نظریه‌پردازهایی که آشکارا تکاملی هستند، و برخی از پیوندهای بین نظریه‌پردازهای برجسته تکاملی را از قلم انداخته است، همچنین می‌توان ادعا کرد که طبقه‌بندی ارائه شده برای برخی از اقتصاددانان فهرست شده در این شکل دقیق نیست، یا این ادعا که برخی از آنها را باید در طبقه‌بندی‌های گوناگون جای داد. تمام آنچه در اینجا می‌توان گفت این است که ساختار شکل ۱ می‌تواند و باید به موازات آشکار شدن اطلاعات جدید تکامل یابد.

شاید آشکارترین مورد بیان نشده در شکل ۱ آلفرد مارشال باشد. همان‌طور که هاجسون (۱۹۹۳ و ۱۹۹۴)، نلسون (۱۹۹۵)، و دیگران خاطرنشان ساخته‌اند، ارجاعات صریح و آشکاری به شاخه تکاملی اقتصاد در کتاب "اصول" مارشال وجود دارد. یورگن ویبال^۲ (۱۹۹۷: ۴) نیز خاطرنشان ساخته است که در نوشته‌های اسمیت و مالتوس تبیین‌های تکاملی از پدیده‌های اقتصادی وجود دارد.

یکی از نمونه‌های مطرح نشده مهم دیگر در شکل ۱ توماس سارجنت است. گرچه او به وضوح یکی از بنیانگذاران اقتصاد نیوکلاسیکی است، وی نوشته‌هایی نیز در خصوص استفاده از مدل‌سازی A-B در اقتصاد کلان دارد (سارجنت، ۱۹۹۳). بنابراین جایگاه دقیق سارجنت در شکل ۱ مشخص نیست.

-
1. Sterman and Jason Wittenberg
 2. Jörgen Weibull

در خصوص پیوندهای بیان نشده در میان اقتصاددانان، دی^۱ شاگرد لئونتیف و پیرو عقاید گودوین^۲ بوده است، با وجود این در شکل ۱ پیوندی بین این اقتصاددانان وجود ندارد. در خصوص وینتر و نلسون نیز گفته می‌شود که آلچیان تأثیر چشمگیری بر آنها داشته است، اما در شکل ۱ مسیر آنها همدیگر را قطع نمی‌کند (ر. ک. به: سفاتسیون ۲۰۰۰ و نلسون، ۱۹۹۵). بدون شک پیوندهای مهم دیگری نیز بین اقتصاددانان از قلم افتاده است. مثال‌هایی از اقتصاددانانی که بی‌تردید می‌توان آنها را در طبقه‌بندی‌های چندگانه جای داد شامل بولدینگ و گئورگسکو - روگن می‌شود. ایشان را می‌توان هم نهادگرا و هم اقتصاددان تکاملی در نظر گرفت.

دو مکتب تکاملی که در طبقه‌بندی ما جای نگرفته‌اند

دو مکتب اقتصادی که در شکل ۱ در بیضی قرار نگرفته‌اند، و بنابراین مطابق با معنای مورد نظر همیلتون تکاملی در نظر گرفته نمی‌شوند و / یا (and/or) احتمالاً قابل بررسی بر طبق مدلسازی‌های SD نیستند، عبارتند از اقتصاد نهادگرای جدید و تئوری تکاملی بازی‌ها^۳. البته، احتمالاً نظریه تکاملی بازی‌ها را حتی نباید به عنوان یک مکتب طبقه‌بندی نمود، بلکه بهتر است به عنوان یک تکنیک در نظر گرفته شود.

اقتصاد نهادگرای جدید. به عقیده پیتراکلین (۱۹۹۹: ۴۵۶) هدف اقتصاد نهادگرای جدید "این است که توضیح دهد نهادها چه هستند، چگونه به وجود می‌آیند، چه خدماتی ارائه می‌دهند. چگونه تغییر می‌کند و چگونه - اگر بنا باشد - باید اصلاح شوند." اصطلاح "اقتصاد نهادگرای جدید" را اولیور ویلیامسون (۲۰۰۰) مطرح کرده است، اما مبدأ [پیدایش] آن را می‌توان در تحلیل رونالد کوز از بنگاه یافت (کلین، ۱۹۹۹: ۴۵۷). اغلب به اقتصاد نهادگرای جدید به عنوان "اقتصاد هزینه مبادله" ارجاع می‌شود، زیرا مبادله و هزینه‌های مرتبط با آن، هم درون و هم بیرون بنگاه، به عنوان واحد اساسی تحلیل اقتصادی در نظر گرفته می‌شوند.

-
1. Day
 2. Goodwin
 3. Evolutionary Game Theory

اقتصاد نهادگرایی جدید را می‌توان به عنوان یک شکل تکاملی از اقتصاد در نظر گرفت، زیرا فرض می‌کند عقلانیت عوامل اقتصادی محدود است و اینکه آنها تکامل می‌یابند تا اینکه هزینه‌های مبادلاتی را حداقل سازند و بنابراین چنان رفتار می‌کنند که گویی عاقل^۱ بوده‌اند. بنابراین نگرش اقتصاد نهادگرایی جدید به تکامل اقتصادی از نوع "بقای اصلح"^۲ داروین است.^(۳)

با وجود این و به رغم رنگ و بوی تکاملی آن، تحلیل‌های نهادگرایی جدید نوعاً ایستا و غیرریاضی هستند. به همین خاطر، برخی از نهادگرایان جدید اظهار داشته‌اند که نظریه تکاملی بازی‌ها ابزاری مفید برای تحلیل خواهد بود (منارد، ۲۰۰۱).

نظریه تکاملی بازی. از اواسط دهه ۱۹۸۰ نظریه تکاملی بازی‌ها از محبوبیت فزاینده‌ای در میان اقتصاددانان برخوردار شده است. در نظریه سنتی بازی‌ها^۳، بازیگران کاملاً عاقل (عقلایی) و برخوردار از اطلاعات کامل، استراتژی (راهبردی) را انتخاب می‌کردند که به تعادلی پایدار منجر می‌شد. اما نظریه تکاملی بازی‌ها فرض می‌کند که بازی مورد نظر چندین مرتبه توسط بازیگران برخوردار از عقلانیت محدود (کسانی که به‌طور تصادفی^۴ از جمعیت بزرگ انتخاب شده‌اند و دانشی اندک، شاید هم هیچ، درباره ساختار بازی دارند) انجام می‌شود (ویبول^۵، ۱۹۹۷: ۱).

در خلال هر حرکت یک بازی تکاملی، بازیکنان راهبردهای خود را تعدیل (اصلاح) می‌کنند، یعنی پذیرش راهبردهایی که به‌نظر مناسب‌ترین^۶ می‌آیند و کنار گذاشتن راهبردهایی که این چنین نیستند. گرچه این فرآیند تطبیقی است، هیچ چیز تازه یا نوظهوری وجود ندارد زیرا تمام راهبردهای ممکن در آغاز بازی تصریح شده‌اند.

-
1. Rational
 2. Survival of the Fittest
 3. Traditional Game Theory
 4. Randomly
 5. Wiebull
 6. Fittest

نوعاً، یک بازی تکاملی زمانی که تعادل به دست می‌آید، پایان می‌یابد. در اغلب مواقع تعادل بهینه است، اما گاهی اوقات این چنین نیست. وجود تعادل‌های مادون بهینه^۱ در بازی‌های تکاملی این تصور را که یادگیری و تطبیق^۲ نسبت به [دستیابی به] راه‌حل‌های بقای اصلح اطمینان می‌دهند، مورد تردید قرار داده است، راه‌حلهایی که بنا به ضرورت بهینه هستند و چنان به دست می‌آیند که گویی عوامل به‌طور خردمندانه رفتار کرده‌اند.

برخی از اصول مقدماتی مدلسازی SD

SD در ابتدا به‌منظور کمک به مدیران شرکت‌ها برای فهم بهتر و کنترل سیستم‌های صنعتی به‌وجود آمد. اکنون، SD برای پرداختن به مشکلات مبتلا به هر سیستمی که در طول زمان تغییر می‌کند مورد استفاده قرار می‌گیرد، [تفاوتی نمی‌کند] این سیستم، سیستم فیزیکی، سیستم بیولوژیکی، یا سیستم اقتصادی - اجتماعی باشد.

فرآیند مدلسازی SD به دنبال ایجاد یک نقشه از مدل ذهنی تصمیم‌گیرنده است (نقشه‌ای که با هر نوع داده‌ی عددی موجود یا اطلاعات مکتوب سازگار است) به‌طوری که ساخت آن دقیق و فروض زیربنایی آن تصریح شده و آماده بررسی دیگران است. علاوه بر این، از آنجایی که مدل‌های SD را می‌توان از طریق رایانه شبیه‌سازی کرد، فرآیند مدلسازی امکان آشکار شدن رفتار پویای موجود در مدل ذهنی تصمیم‌گیرنده را فراهم می‌آورد. از طریق تکرار فرآیند استخراج، شبیه‌سازی، و انعکاس مدل ذهنی، تفکرات یک تصمیم‌گیرنده را می‌توان راهبردی ساخت، و [لذا] یادگیری و فهمیدن به‌وقوع خواهند پیوست.

برحسب روش‌شناسی اقتصاد، مدلسازی SD یک فرآیند مدلسازی انگاره‌ای^۳ است (ردزیک، ۱۹۸۸، ۱۹۹۰a). به کمک بهبود مناسب، یک مدل خردمندانه SD را می‌توان به یک نوع‌شناسی

-
1. Sub-Optimal Equilibria
 2. Learning and Adaptation
 3. Pattern Modeling Process

حقیقی^۱ که یک "ساختار عام"^۲ نامیده می‌شود تبدیل نمود. ساختار عام آن مدلی است که روابط علی اساسی موجود در مجموعه متنوعی از مدل‌های انگاره‌ای یک طبقه‌بندی خاص را به دست می‌دهد. اگر یک ساختار عام به نحو مناسبی پارامتربندی شده باشد در آن صورت می‌تواند رفتار هر مدل انگاره‌ای در درون طبقه‌بندی خود را تقلید^۳ کند. مدل "پویایی‌های شهری" فارستر (۱۹۶۸)، که می‌تواند رفتار شهرهای مختلف زیادی را تقلید کند، و مدل اشاعه فناوری‌های جدید دارویی جک هومر^۴ (۱۹۸۷) که به منظور تبیین تاریخچه باتری‌های قلب^۵، آنتی‌بیوتیک کلیندامیسین^۶، پوست مصنوعی^۷، و کاشت سینه با ژل سیلیکون^۸، مجدداً پارامتربندی شده است، مثال‌هایی از ساختارهای عام خردمندانه هستند.

در گذر زمان، متخصصان SD تعداد زیادی از "قواعد و نظم‌های"^۹ موجود در مدل‌های انگاره‌ای و ساختارهای عام را شناسایی کرده‌اند، نظام‌هایی که چگونگی ساخت مدل مناسب را مشخص می‌سازند. این قواعد و نظم‌ها هسته^{۱۰} پارادایم SD را شکل می‌دهند و می‌توان آنها را به عنوان مجموعه‌ای از "اصول سیستم‌ها"^{۱۱} در نظر گرفت. بنیادی‌ترین و مهم‌ترین این اصول این است که ساختار بازخورد - جریان - انباره^{۱۲} هر سیستم رفتار پویای آن سیستم را باعث می‌شود. به طور مسلم، این اصل معادل مفهوم علیت تجمعی و گردشی^{۱۳}، یکی از ایده‌های محوری در اقتصاد هتروودکس، است.

1. Real Typology
2. Generic Structure
3. Mimic
4. Jack Homer
5. Cardiac Pacemakers
6. Antibiotic Clindamycin
7. Artificial Skin
8. Silicon Gel Breast Implants
9. Regularities
10. Core
11. Principles of Systems
12. Stock-Flow-Feedback
13. Circular and Cumulative Caution

ساخت مدل گروهی

مدلسازی SD همچنین بارها از سوی گروه‌هایی از تصمیم‌گیرندگان (برای مثال، مدیران ارشد یک شرکت، شورای شهر، کمیته‌ای از متخصصان که برای ارائه راه‌حل یک مشکل گرد هم آمده‌اند) به منظور دستیابی به فهم جمعی درخصوص اینکه سیستم مورد مطالعه آنها چگونه و چرا به شیوه موجود رفتار می‌کند و نیز به منظور دستیابی به توافق دربارهٔ ابتکار عمل‌های سیاستی^۱ مورد استفاده قرار گرفته است. در گذر زمان، متخصصان SD تکنیک‌هایی را برای استخراج دانش گروهی^۲ و ساخت مدل گروهی^۳ بسط داده‌اند، تکنیک‌هایی که ثابت شده در کمک به تصمیم‌گیرندگان برای رسیدن به اجماع تقریباً مؤثر هستند.^(۳۲)

آزمایشگاه‌های یادگیری^۴

گاهی اوقات یک مدل خردمندانه SD^۵ به یک "آزمایشگاه یادگیری" تبدیل می‌شود، آزمایشگاهی که تصمیم‌گیرندگان، یا "بازیگران"^۶، را به اجرای^۷ یک مدل SD در یک محیط بازی فرا می‌خواند. به بیانی دقیق‌تر، آزمایشگاه یادگیری مدل زیربنایی SD خود را برای تعداد اندکی از دوره‌ها شبیه‌سازی می‌کند، درنگ می‌کند و منتظر می‌ماند تا بازیگران از طریق تغییر برخی از ویژگی‌های (ساختار) مدل نسبت به سناریویی که در حال آشکار شدن (باز شدن) است واکنش نشان دهند. بعد از این تغییرات، آزمایشگاه یادگیری مجدداً مدل را برای تعداد اندکی از دوره‌ها شبیه‌سازی می‌کند، درنگ می‌کند، و این چرخه را تکرار می‌نماید. آزمایشگاه یادگیری به منظور کمک به بازیگران در تصمیم‌گیری‌شان اطلاعات اضافه‌ای را که به‌طور خاص مربوط به مدل می‌شوند، یا به‌طور کلی مربوط به مدلسازی SD می‌شوند، در اختیار بازیگران قرار می‌دهد.

-
1. Policy Initiatives
 2. Group Knowledge Elicitation
 3. Group Model Building
 4. Learning Laboratories
 5. Insightful System Dynamics Model
 6. Players
 7. Run

بعد از یک دور کامل بازی، بازیگر می‌تواند تصمیمات خود را از آزمایشگاه یادگیری فراخوانی کند و سعی کند مشخص سازد چرا سناریو این چنین به وقوع پیوسته است. به طور حتم، اگر بازیگر "خوب" عمل نکرده باشد، می‌تواند دوباره بازی کند، و امید است که از این طریق دربارهٔ پویایی‌های سیستم بیشتر یاد بگیرد.

آزمایشگاه‌های یادگیری را می‌توان بر روی یک رایانه منفرد نصب کرد یا اینکه از طریق یک CD یا پیکربندی اینترنت/اینترنت آنها را در دسترس استفاده‌کنندگان زیادی قرار داد. در دسترس ساختن آزمایشگاه‌های یادگیری از طریق اینترنت زمانی اهمیت خاص می‌یابد که قصد داشته باشیم نتایج یک طرح مدلسازی SD را در دسترس کسانی قرار دهیم که در آن طرح شرکت نکرده‌اند. مطالب تکمیلی، نظیر نسخه‌های ساده‌تر^۱ مدل که گام به گام بازیگر را به سوی نسخهٔ نهایی مدل هدایت می‌کنند، به نوعی در آزمایشگاه یادگیری در دسترس هستند.

عناصر اصلی مدلسازی SD

تمام رفتارهای پویا در دنیا به‌خاطر دو مؤلفهٔ اصلی به‌وجود می‌آیند: جریان‌ها و انباره‌ها^۲. این مؤلفه‌ها اولین عنصر اصلی و اساسی مدل‌های SD را تشکیل می‌دهند. انباره‌ها ظرفی هستند که اشیایی که به درون آنها جریان می‌یابند (یا خارج می‌شوند) را انباشت می‌کنند. جریان‌ها مکانیسم (سازوکار)هایی هستند که اشیاء را به درون (یا بیرون) انباره‌ها حرکت می‌دهند. در مدل‌های SD، انباره‌ها با آیکون‌های مستطیلی شکل نشان داده می‌شوند (با این نیت که یادآور تصویر وان حمام باشند)، در حالی که جریان‌ها با آیکون‌هایی نشان داده می‌شوند که شبیه شیر و لولهٔ تعبیه شده برای پر کردن و خالی کردن انباره [وان] هستند. شناسایی انباره‌ها و جریان‌های سیستمی که با مشکل مواجه است، یکی از اهداف اصلی مدلسازی SD است.

بازخورد دومین عنصر اصلی مهم مدل‌های SD است. بازخورد همان رفت و برگشت اطلاعات است، در یک مدل SD، اطلاعات مربوط به تعداد اشیای موجود در انباره در کل

-
1. Simpler Versions
 2. Stocks and Flows

سیستم حرکت می‌کند و در نهایت برای تغییر دادن جریان‌هایی که انباره را پر و / یا خالی می‌کنند باز می‌گردد. این حرکت اطلاعات، از انباره به جریان و بازگشت به انباره، یک حلقهٔ بازخورد^۱ به وجود می‌آورد.

در مدل‌های SD دو نوع حلقهٔ بازخوردی وجود دارد: حلقه‌های مثبت و حلقه‌های منفی، حلقه‌های مثبت فرآیندهای خود تقویت‌کننده (معمولاً از بین‌برندهٔ ثبات) را نشان می‌دهند، و حلقه‌های منفی فرآیندهای هدف‌جو (معمولاً ثبات‌بخش) را نشان می‌دهند.^(۳۳) در یک مدل SD حلقه‌های گوناگون مثبت و منفی برای کنترل کردن (به عبارت دیگر، تسلط بر) رفتار مدل با هم می‌جنگند. اگر مدل غیرخطی باشد، تسلط حلقه‌ها می‌تواند در طول زمان تغییر کند و به‌طور چشمگیری مسیر زمانی سیستم را تغییر دهد. بنابراین، مشخص ساختن فرآیندهای مهم تقویت‌کننده و تضعیف‌کننده در سیستمی که با مشکل مواجه است، یکی دیگر از اهداف اصلی مدلسازی SD است.

عوامل محدودکنندهٔ مدل‌های SD سومین عنصر مهم این مدل‌ها هستند. عوامل محدودکننده عناصر فیزیکی، مالی، و / یا روان‌شناختی موجود در ساختار یک سیستم هستند که رفتار آن سیستم را محدود می‌نمایند. در سیستمی که با مشکل مواجه است، مشخص ساختن عوامل محدودکنندهٔ مهم نیز یکی دیگر از اهداف اصلی مدلسازی SD است.

آخرین عنصر مهم مدلسازی SD روابط غیرخطی آنهاست. غیرخطی بودن‌ها، نوعاً رویکرد یک سیستم به عوامل محدودکنندهٔ خود را مشخص می‌سازند. از آنجایی که متخصصان SD بر این باورند که سیستم‌های تکاملی حول و حوش محدودیت‌هایشان عمل می‌کنند، بنابراین مشخص ساختن روابط غیرخطی مهم نیز یکی دیگر از اهداف اصلی مدلسازی SD است.

تغییر تکاملی و پویایی‌های سیستمی

می‌توان در سه سطح متفاوت بین درک همپلتون از تغییرات تکاملی و مدلسازی SD رابطه برقرار کرد: ۱. در سطح حلقهٔ سه‌گانهٔ فرآیند یادگیری، ۲. در سطح خود فرآیند مدلسازی، و ۳. در سطح

1. Feedback Loop

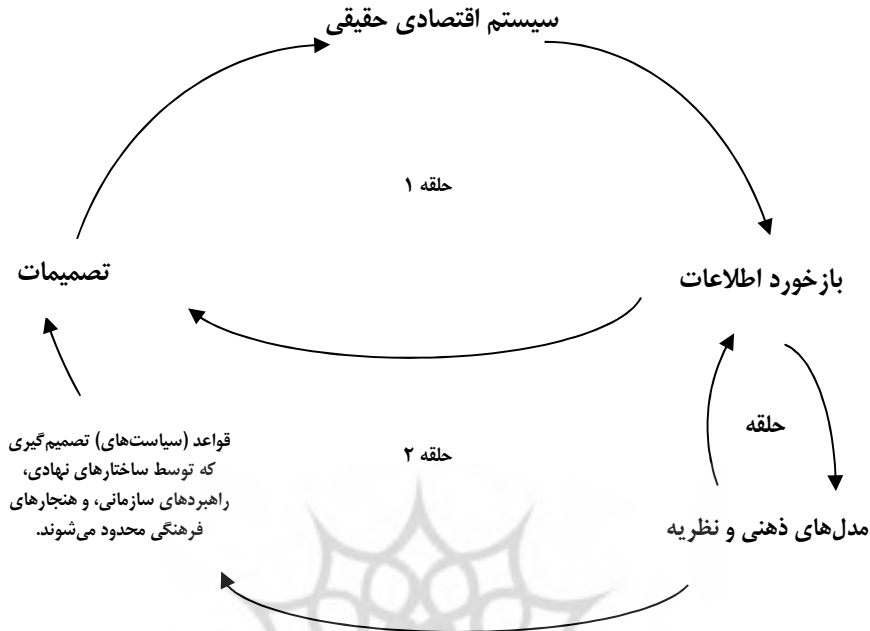
اجرای شبیه‌سازی انفرادی. گرچه این سطوح متمایز هستند و می‌توان آنها را به تنهایی تحلیل کرد، اما در واقع باید آنها را به‌عنوان جنبه‌های درهم تنیدهٔ روش مدل‌سازی SD در نظر گرفت.

تغییرات تکاملی به عنوان حلقهٔ سه‌گانهٔ فرآیند یادگیری

به عقیده استرمن (۲۰۰۰: ۱۵)، مفهوم یادگیری به‌عنوان فرآیند بازخورد به اوائل قرن بیستم و کار جان دوی^۱ بازمی‌گردد. همچنان که در شکل ۲ (اصلاح شده از استرمن، ۲۰۰۰: ۱۸) نشان داده شده، یک ساختار یادگیری تکاملی یا تطبیقی اولیه از سه فرآیند یا حلقهٔ بازخورد تشکیل شده است. اولین حلقه، حلقهٔ بازخوردی منفی است که سیستم اقتصادی حقیقی^۲، بازخورد اطلاعات، و تصمیمات^۳ را به هم پیوند می‌دهد. این حلقه فرآیندی را مشخص می‌سازد که به موجب آن عوامل اقتصادی سیستم اقتصادی حقیقی را مشاهده می‌کنند، استنباطشان از آن را با اهداف گوناگون [خود] مقایسه می‌کنند، و سپس تصمیماتی اتخاذ می‌نمایند که معتقدند سیستم اقتصادی حقیقی را به سمت اهدافشان حرکت می‌دهد.

حلقهٔ دوم سیستم اقتصادی حقیقی؛ بازخورد اطلاعات؛ مدل‌های ذهنی و نظریه، قواعد (سیاست‌های) تصمیم‌گیری که توسط ساختارهای نهادی، راهبردهای سازمانی، و هنجارهای فرهنگی محدود می‌شوند؛ و تصمیمات را به هم متصل می‌سازد. این حلقه فرآیندی را مشخص می‌سازد که به موجب آن عوامل اقتصادی تصمیماتی اتخاذ می‌کنند که نه تنها بر استنباطشان از سیستم اقتصادی واقعی، بلکه همچنین بر قواعد (سیاست‌های) تصمیم‌گیری مبتنی هستند (قواعدی که متأثر از نظریه‌های اقتصادی و مدل‌های ذهنی عوامل هستند). مدل‌های ذهنی عوامل و نظریه‌های اقتصادی به‌واسطهٔ اطلاعات به دست آمده از سیستم اقتصادی حقیقی تغییر می‌کنند.

-
1. John Dewey
 2. Real Economic System
 3. Decisions

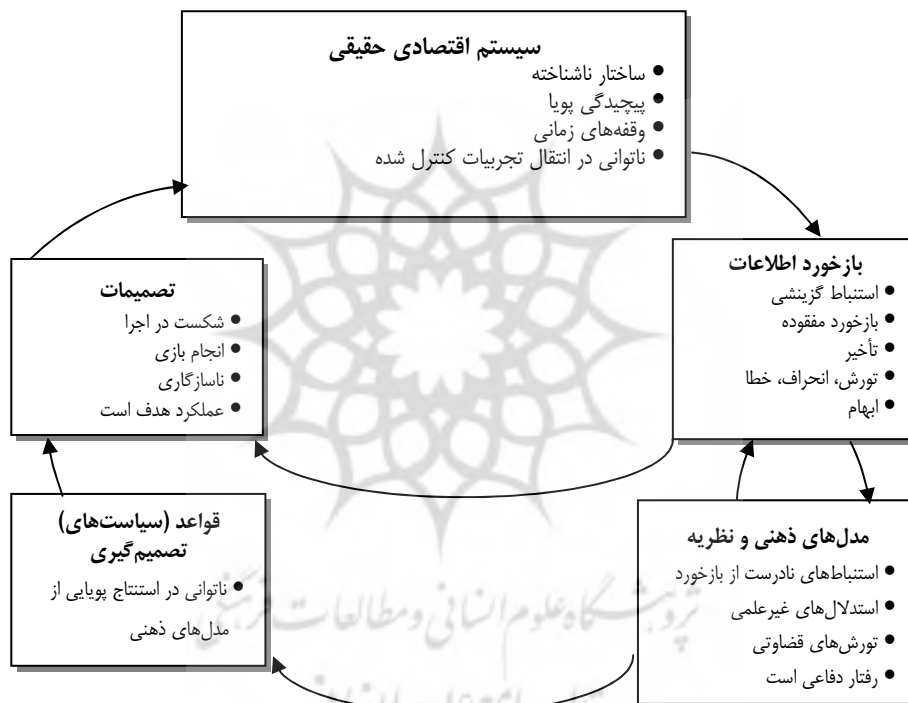


شکل ۲. تکامل به عنوان حلقه سه‌گانه فرآیند یادگیری

سومین حلقه در شکل ۲، مدل‌های ذهنی عوامل اقتصادی و نظریه‌های اقتصادی را به بازخورد اطلاعات از سیستم اقتصادی حقیقی متصل می‌سازد. مفهومی که این حلقه ارائه می‌نماید این است که اطلاعات به دست آمده از سیستم اقتصادی حقیقی می‌تواند نظریه‌های اقتصادی و مدل‌های ذهنی عوامل اقتصادی را تغییر دهد و مدل‌های ذهنی عوامل اقتصادی می‌توانند برای تغییر نوع اطلاعاتی که از سیستم اقتصادی حقیقی جمع‌آوری می‌شوند، بازخورد یابند.

از اقتصاد رفتاری به خوبی می‌دانیم که عوامل اقتصادی واقعی با محدودیت‌های اطلاعاتی و شناختی جدی روبه‌رو هستند، محدودیت‌هایی که مانع از تصمیم‌گیری‌های خردمندانه می‌شوند. برحسب شکل ۲، این بدان معناست که محدودیت‌های اطلاعاتی و شناختی در رفتار هموار و یکنواخت حلقه سه‌گانه فرآیند یادگیری اختلال ایجاد می‌نمایند.

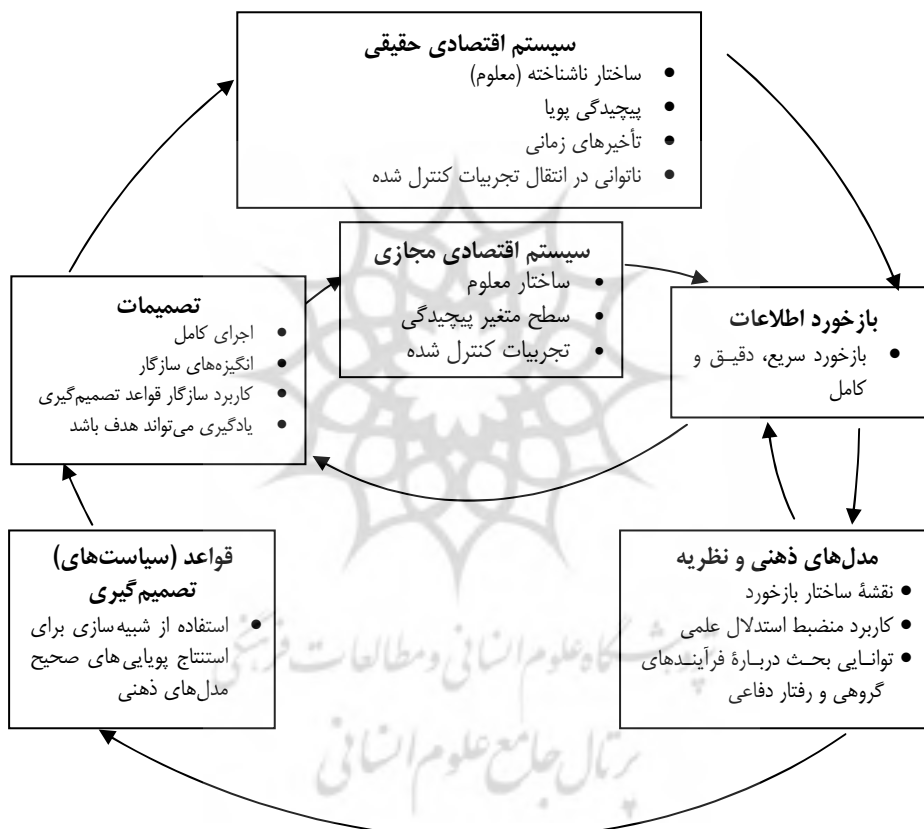
شکل ۳ (اصلاح شده از استرمن، ۲۰۰۰: ۲۰) برخی از محدودیت‌های اطلاعاتی و شناختی را که در هر یک از مراحل حلقه سه‌گانه فرآیند یادگیری ایجاد اختلال می‌نمایند، فهرست نموده است. دامنه این محدودیت‌ها از یک ساختار ناشناخته (نامعلوم) در سیستم اقتصادی حقیقی، تا ابهام در فرآیند بازخورد اطلاعات، تا استدلال‌های غیرعلمی که می‌توانند در پشت مدل‌های ذهنی و نظریه‌های اقتصادی قرار گیرند، تا ناتوانی در نتیجه‌گیری رفتار پویای موجود در مدل‌های ذهنی و نظریه‌های اقتصادی، تا ناسازگاری در تصمیم‌گیری، امتداد می‌یابد.



شکل ۳. موانعی در برابر حلقه سه‌گانه فرآیند یادگیری

شکل ۴ (اصلاح شده از استرمن، ۲۰۰۰: ۳۴) این ادعا را مطرح می‌سازد که استفاده از مدل‌سازی SD (و بنابراین افزودن چهارمین حلقه بازخوردی به حلقه سه‌گانه فرآیند یادگیری)

می‌تواند در غلبه بر بسیاری از موانع یادگیری کمک نماید. برای مثال، یک سیستم اقتصادی مجازی^۱، دارای ساختاری معلوم، بازخورد اطلاعاتی بدون ابهام، ابزاری (آزمایشگاه یادگیری SD که رویکردی ساختارمند برای تحلیل‌های سیاستی ارائه می‌نماید) برای به‌کارگیری استدلال‌های علمی منضبط^۲، ابزاری (شبیه‌سازی) برای ردگیری رفتار پویای موجود در مدل‌های ذهنی و نظریه‌های اقتصادی، و ابزاری برای کاربرد منسجم قواعد تصمیم‌گیری است (تمام تغییرات مدل دقیقاً توسط رایانه اجرا می‌شود).



شکل ۴. فرآیند یادگیری آرمانی که در آن از SD برای غلبه بر موانع حلقه

سه‌گانه فرآیند یادگیری استفاده می‌شود

1. Virtual
2. Disciplined

فرآیند مدلسازی به عنوان تغییرات تکاملی

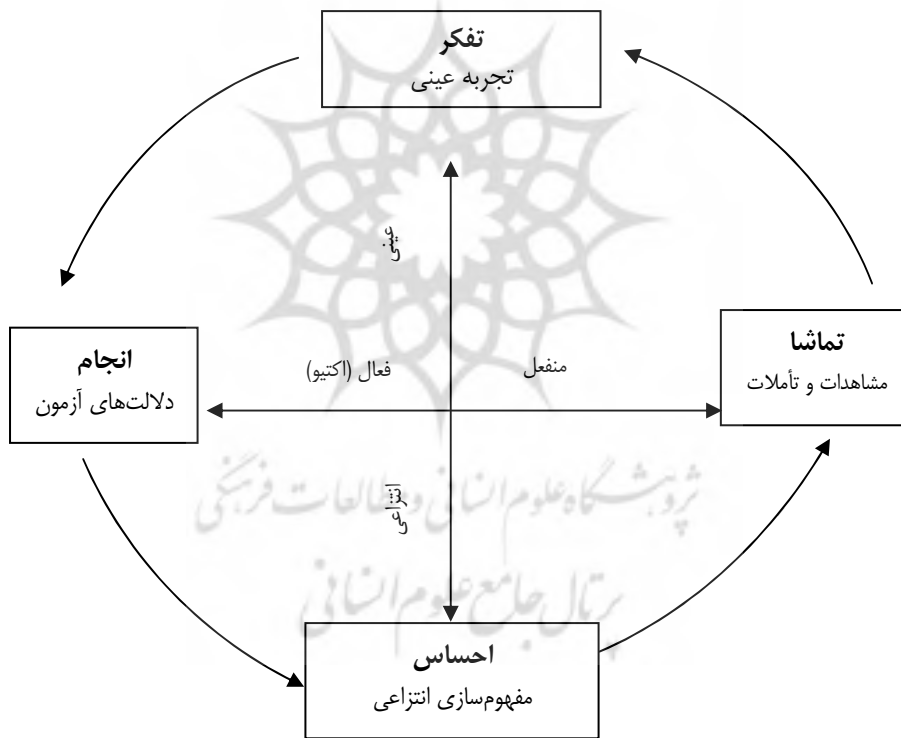
گرچه مدل‌های SD می‌توانند به تصمیم‌گیرندگان برای غلبه بر مشکلات موجود در حلقه سه‌گانه (تکاملی) فرآیند یادگیری کمک کنند، پرسشی که در اینجا مطرح است این است که آیا مدل‌های SD خودشان تکاملی هستند یا خیر. به عبارت دیگر، پرسش این است که آیا مدل‌های SD می‌توانند ساختارشان را تغییر دهند یا خیر.

شیوه مهمی که از طریق آن مدل‌های SD ساختارشان را تغییر می‌دهند فرآیند مدلسازی است. در واقع، در رشته پویایی‌های سیستمی (SD)، خود فرآیند مدلسازی به مراتب ارزنده‌تر از هر مدل خاصی در نظر گرفته می‌شود (ر. ک. به: فارستر، ۱۹۸۵). این به این خاطر است که مدلسازی یک فعالیت تکاملی است - به عبارت دیگر، یک فرآیند یادگیری. ساختار یک مدل SD به موازاتی که محقق فرآیند مدلسازی را آغاز می‌کند، دائماً تعدیل (تطبیق) می‌شود، مدل ذهنی محقق و داده‌های در دسترس به تصریح اولیه از مدل منجر می‌شود، تصریحی که به خودی خود به شبیه‌سازی منتهی می‌شود. بررسی شبیه‌سازی انجام شده معمولاً منجر به بازبینی مدل ذهنی، جمع‌آوری داده‌های جدید، ساختار جدید برای مدل و شبیه‌سازی بیشتر می‌شود. این فرآیند آنچنان انتها-باز^۱ است که هرگز یک مدل SD کامل در نظر گرفته نمی‌شود، اما همواره به عنوان مدلی که در "آخرین مرحله توسعه" خود است در نظر گرفته می‌شود.

مدل یادگیری تجربی کولب^۲. به عقیده خالد سعید^۳ (۱۹۹۸)، نظریه تکاملی را که دیوید کولب (۱۹۸۴) برای یادگیری مطرح ساخته است، می‌توان به‌طور مستقیم در فرآیند مدلسازی SD به کار برد. همچنان که در شکل ۵ (که باز تولیدی از سعید، ۱۹۹۸: ۴۰۲ است) نشان داده شده، کولب بر این باور است که یادگیری چرخه‌ای است که از چهار فعالیت پایه به‌دست می‌آید: تماشا، تفکر، انجام، و احساس^۴. هر یک از این فعالیت‌ها یا به‌طور فیزیکی^۵ و یا به‌طور شناختی^۶ انجام می‌شود. علاوه بر این، فعالیت‌های فیزیکی به‌طور منفعلانه^۷ یا به‌طور فعالانه^۸ انجام می‌شوند، در حالی که فعالیت‌های شناختی یا به‌طور عینی^۹ یا به‌طور انتزاعی^{۱۰} انجام می‌شوند.

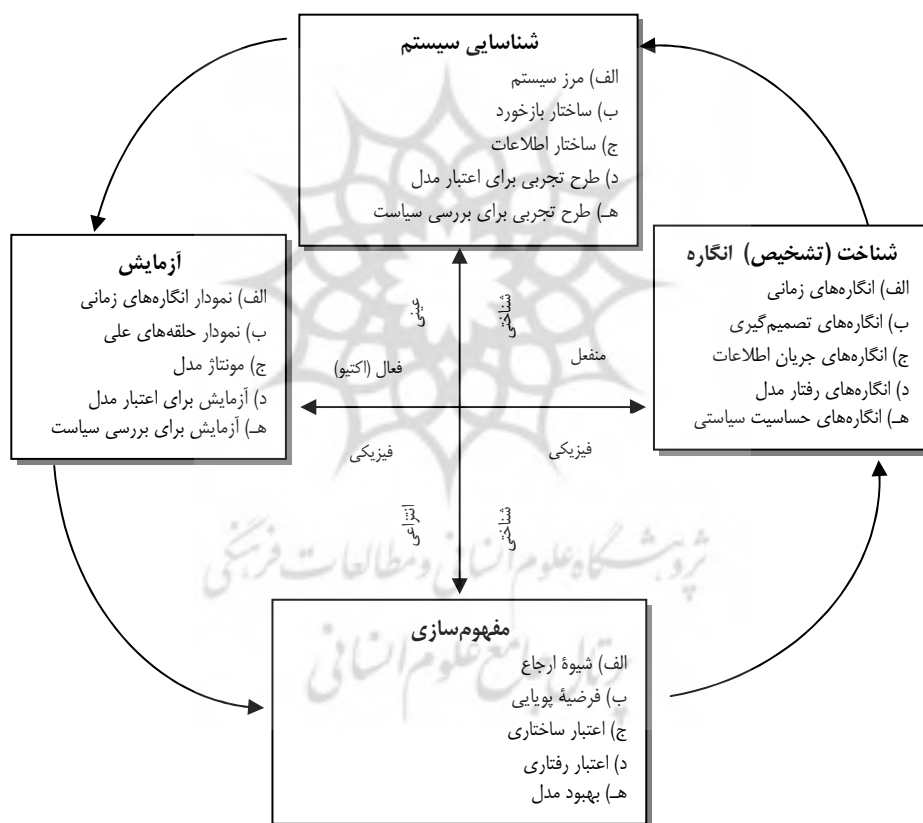
1. Open-Ended
2. Kolb's Model of Experiential Learning
3. Khalid Saeed
4. Watching, Thinking, Doing, and Feeling
5. Physically
6. Cognitively
7. Passively
8. Actively
9. Concretely
10. Abstractly

به عقیده کولب، برای آنکه فرآیند یادگیری اثربخش باشد، تماشا (که یک فعالیت فیزیکی منفعل است) باید مشاهده دقیق وقایعی را شامل شود که به شناخت انگاره‌های منظم^۱ ختم می‌شوند. این انگاره‌ها باید تفکر را که یک فعالیت شناختی اکتیو است) و تجربه‌ای عینی از واقعیت را به وجود می‌آورد، برانگیزند. سپس دلالت‌های تجربیات عینی باید از طریق انجام (که یک فعالیت فیزیکی اکتیو است) یا آزمایش آزمون شوند، آزمونی که می‌توان آن را به‌طور ذهنی یا با ابزارهای فیزیکی و / یا ریاضی انجام داد. در نهایت نتایج آزمایش باید از طریق یک فرآیند شناختی که در ابتدا توسط احساس (که یک فعالیت شناختی انتزاعی است) پدید می‌آید، به مفاهیم و تعمیمات انتزاعی تبدیل شود. البته، مفاهیم و تعمیمات انتزاعی جدید چارچوب [جدیدی] برای تماشا ایجاد می‌کنند، بنابراین چرخه جدیدی از یادگیری می‌تواند آغاز شود.



شکل ۵. مدل یادگیری تجربی کولب

مدل کولب و فرآیند مدل‌سازی SD. وقتی یک متخصص باتجربه SD مدلی را خلق می‌کند از مجموعه‌ای از مهارت‌ها بهره‌برداری می‌کند، و فرآیند تکاملی را عهده‌دار می‌شود که به طرز قابل توجهی شبیه مدل یادگیری کولب است. همچنان که در شکل ۶ (باز تولید شده از سعید، ۱۹۹۸: ۴۰۵) نشان داده شده، هر یک از چهار فعالیت یادگیری اصلی کولب معادل مهارتی است که یک متخصص SD برای ساخت مدل‌های خردمندانه نیاز دارد. احساس معادل مهارت مفهوم‌سازی مدل، تماشا معادل مهارت تشخیص انگاره، تفکر معادل مهارت شناسایی سیستم است، و انجام معادل مهارت آزمایش است.



شکل ۶. تفسیر پویایی‌های سیستمی مدل یادگیری تجربی کولب

در خلال فرآیند مدلسازی، یک متخصص SD نوعاً حداقل پنج سفر در چرخه کولب (سفر [الف] تا سفر [هـ]) انجام می‌دهد و در هر مرحله از سفر از یکی از مهارت‌های مدلسازی بهره‌برداری می‌نماید. جابه‌جایی از یک چرخه به چرخه بعدی زمانی اتفاق می‌افتد که مدلساز از قلمرو شناختی انتزاعی به قلمرو فیزیکی فعال حرکت کرده باشد - به دیگر سخن، وقتی که او به حد کافی از چرخه پیشین آموخته باشد، مقداری که وی را قادر سازد سفر بعدی در چرخه را آغاز نماید. این پنج سفر در گرداگرد چرخه، همگرایی خاصی به سمت یک مدل منسجم به وجود می‌آورند، مدلی که بینش‌هایی در جهت بهبود سیستم به دست می‌دهد.

تغییرات تکاملی در طول شبیه‌سازی

گرچه می‌توان از مدل‌های SD برای غلبه بر موانع حلقه سه‌گانه فرآیند یادگیری استفاده نمود و هرچند فرآیند مدلسازی SD خودش تکاملی است، پرسش مطرح این است که آیا مدل‌های SD می‌توانند در هنگام انجام یک شبیه‌سازی خاص از خود رفتار تکاملی نشان دهند. پاسخ این پرسش "مثبت" است، اما جزئیات پاسخ به نوع تغییرات ساختاری که در نظر گرفته می‌شوند بستگی دارد.

ساده‌ترین شکل تغییرات ساختاری که مدل‌های SD آن را نشان می‌دهد جابه‌جایی تسلط حلقه است. این پدیده محصول جانبی^۱ روابط غیرخطی یک مدل است و هنگامی رخ می‌دهد که ساختار بازخوردی فعال (اکتیو) و / یا مسلط^۲ مدل به‌طور درونزا در طول شبیه‌سازی جابه‌جا می‌شود. نوع دوم تغییرات ساختاری ساده هنگامی رخ می‌دهد که معادلات معرف تغییرات سیاستی پیشنهاد شده وارد مدل SD می‌شوند. این معادلات اضافی اجزای جدیدی از ساختار سیستم را نشان می‌دهند و در هنگام اجرای یک شبیه‌سازی تنها در لحظات خاصی فعال می‌شوند.^(۳۴) نوع سوم تغییرات ساختاری ساده هنگامی رخ می‌دهد که یک مدل SD در یک

1. By-Product
2. Dominant

روش بازی از درون یک آزمایشگاه یادگیری اجرا می‌شود. رفتار تکاملی هنگامی رخ می‌دهد که یک مدل متوقف می‌شود و بازیگران برخی از ویژگی‌های ساختاری مدل را تغییر می‌دهند. مجموعه پیچیده‌تری از رفتارهای تکاملی که مدل‌های SD می‌توانند از خود نشان دهند^(۳۵)، ردزیکي واسترمن (۱۹۹۴: ۶۴) آن را ارائه داده‌اند:

- وابستگی به مسیر. وابستگی به مسیر بنا به ضرورت بدین معناست که تاریخ اهمیت دارد. به بیان دقیق‌تر، "مدل‌های SD وابسته به مسیر" گرفتار مسیر پویای خاصی می‌شوند که در ابتدای تکاملشان (معمولاً به طور اتفاقی) "انتخاب می‌کنند"، زیرا مسیرهای آتی آنها اساساً تحت تأثیر اثرهای تجمعی^۱ تصمیمات گذشته‌شان قرار دارد.
- خودسازماندهی^۲. مدل‌های SD که می‌توانند خود را سازماندهی کنند تغییرات ناگهانی در ساختار زمانی‌شان را از طریق تغییرات پارامتری یا تقویت (از طریق فرآیندهای بازخوردی مثبت) هر نوع شوک تصادفی که این مدل‌ها را آشفته می‌سازد، تحمل می‌کنند.
- رفتار آشفته^۳. مدل‌های SD که رفتار آشفته از خود نشان می‌دهند غیرقابل پیش‌بینی هستند و با تناوب‌ها^۴ و دامنه‌هایی^۵ نوسان^۶ می‌کنند که هرگز تکرار نمی‌شوند. در نتیجه رفتار آنها در حال تکوین^۷ در نظر گرفته می‌شود.

مثالی از یک مدل SD که رفتار تکاملی را به تصویر می‌کشد

شکل ۷ یک بخش منفرد^۸ از یک مدل ساده SD را ارائه می‌کند که رفتار وابسته به مسیر و خود سازمان‌دهنده را نشان می‌دهد. مدل کلی شامل سه بنگاه صنعتی مجازی می‌شود که

1. Cumulative Effects
2. Self-Organization
3. Chaotic Behavior
4. Periodicities
5. Amplitudes
6. Oscillate
7. Emergent
8. Single Sector

محصولات تقریباً یکسانی را تولید می‌کنند (برای مثال، سه تولیدکنندهٔ مختلف تلویزیون‌های رنگی ۱۹ اینچ) و برای سهم بازار در درون صنعتشان رقابت می‌کنند. گرچه شکل ۷ تنها بنگاه اول را نشان می‌دهد، سایر بنگاه‌های این مدل در همهٔ جنبه‌های ممکن با این بنگاه یکسان هستند.^(۳۶)

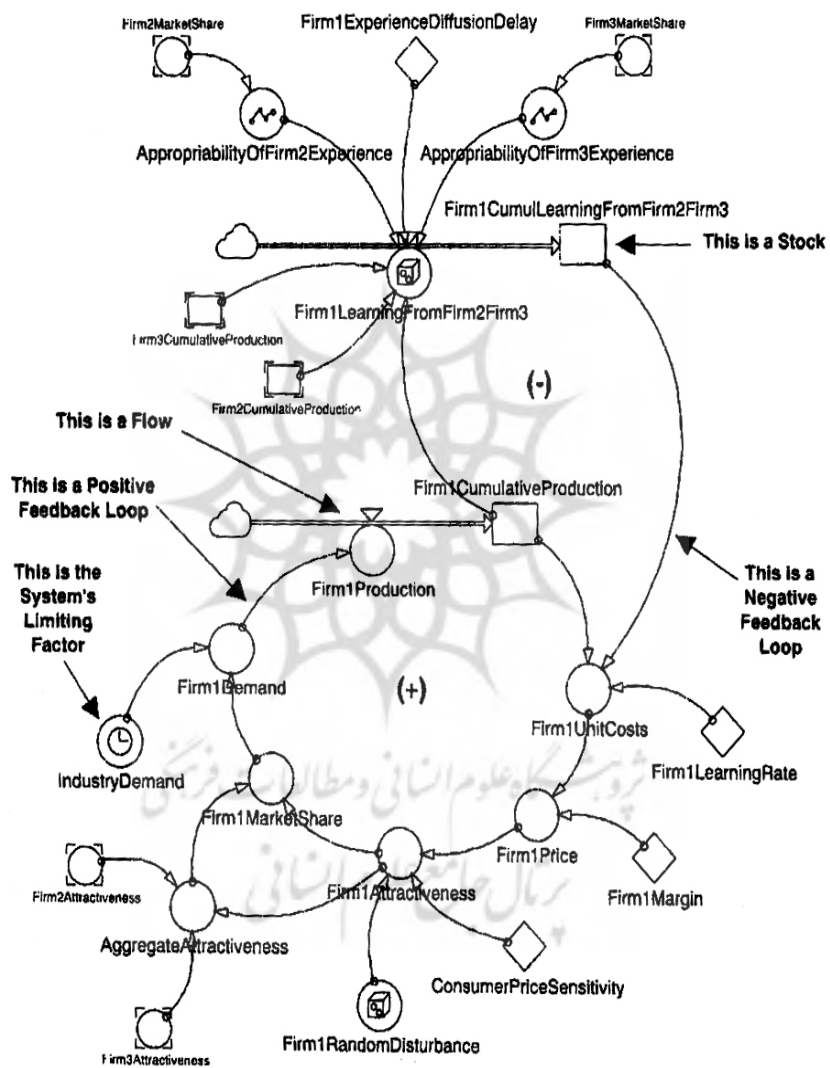
در زمان صفر، کل تقاضای صنعت به طور مساوی بین این سه بنگاه تقسیم می‌شود. سهم اضافی در بازار تنها از طریق رقابت قیمتی به دست می‌آید- به عبارت دیگر، بنگاهی که در هر دورهٔ زمانی پایین‌ترین قیمت را دارد سهم بیشتری از بازار نصیب می‌شود. هر بنگاه می‌تواند قیمتش را از طریق تولید بیشتر و بنابراین آموختن شیوه‌های کارتر در تولید (یعنی، به وسیلهٔ یادگیری از طریق انجام) یا از طریق دزدیدن دانش تولیدی رقبایش به وسیلهٔ روش‌هایی نظیر مهندسی معکوس^۱، مشارکت در نمایشگاه‌های تجاری، یا استخدام کارکنان رقبای خود، کاهش دهد. از آنجایی که هر بنگاه می‌تواند قدرت اقتصادی خود را از طریق تولید بیشتر افزایش دهد، از این رو، مدل همچنین فرض می‌کند که هر بنگاه می‌تواند به موازاتی که سهم بازارش افزایش می‌یابد، توانایی‌اش را در جلوگیری از سرقت دانش پایه‌اش افزایش دهد.

به منظور ارائه یک راهنما از فهرست واژه و اصطلاحات^۲ SD، شکل ۷ برچسب^۳ برخی از انباره‌ها، جریان‌ها، حلقه‌های بازخورد، و عوامل محدودکنندهٔ سیستم را نشان می‌دهد. بررسی شکل آشکار می‌سازد که بنگاه ۱ دو انباره دارد. اولین انباره محصول بنگاه را انباشت می‌کند؛ دومین انباره دانش تولیدی دزدیده شده از بنگاه‌های ۲ و ۳ را انباشت می‌کند.

-
1. Reverse Product Engineering
 2. Nomenclature
 3. Label

در گذر زمان هر انباره از سوی جریان‌ها تغییر می‌کند. انبارهٔ مربوط به انباشت تولید از طریق جریان تولید بنگاه افزایش می‌یابد، و انبارهٔ مربوط به دانش تولیدی سرقتی از طریق جریان یادگیری از رقبا افزایش می‌یابد.





شکل ۷. یک مدل SD که رفتار تکاملی را نشان می دهد

شکل ۷ همچنین دو حلقه بازخوردی مهم را که رفتار بنگاه ۱ را تحت تأثیر قرار می‌دهد، نشان می‌دهد. اولین حلقه یک حلقه مثبت است که انباره مربوط به انباشت تولید را به هزینه‌های واحد^۱ و بنابراین به قیمت بنگاه، جذابیت محصول، سهم بازار، سطح تقاضا برای بنگاه، و جریان تولید پیوند می‌دهد. دومین حلقه، یک حلقه منفی است که انباره مربوط به دانش تولیدی سرقتی را به هزینه‌های واحد بنگاه و بنابراین به قیمت آن، جذابیت محصول، سهم بازار، سطح تقاضا برای بنگاه، جریان تولید، انباره مربوط به انباشت تولید، و جریان یادگیری پیوند می‌دهد. حلقه مثبت از طریق فرآیند خود تقویت‌کننده موجب حرکت رو به پایین منحنی یادگیری بنگاه ۱ می‌شود- به عبارت دیگر، هر چه بنگاه ۱ بیشتر تولید می‌کند، بیشتر یاد می‌گیرد که چگونه به شکلی کارا تر تولید کند و بنابراین قیمتش پایین‌تر و تقاضا برای محصولاتش بالاتر خواهد بود. حلقه منفی این فرآیند رشد را متعادل می‌سازد، با نشان دادن این واقعیت که اگر دانش بنگاه ۱ درباره تولید محصول بیشتر از رقبایش باشد در آن صورت نمی‌تواند از رقبایش چیزی بیاموزد، [و دیگر اینکه] اگر بنگاه ۱ در دانش تولید عقب‌تر از رقبای خود باشد، نمی‌تواند به سرعت شکاف اطلاعاتی را پر کند، بلکه باید در طول زمان بیاموزد.

دو ویژگی دیگر مدل ارزش آن را دارد که اکنون به آنها پرداخته شود. اول آنکه، هم نرخ یادگیری بنگاه-به-بنگاه^۲ و هم جذابیت محصول بنگاه ۱ تصادفی^۳ است. این موضوع از طریق گذاشتن علامت تاس^۴ بر روی آیکن جریان^۵ و آیکن اختلال تصادفی^۶ نشان داده شده و بیانگر این واقعیت است که برخی از عواملی که در یادگیری و جذابیت محصول مهم هستند به طور صریح در مدل لحاظ نشده‌اند. دوم آنکه، تقاضای کل صنعت، که یک عامل محدودکننده در مدل است، یک ماشه حساس نسبت به زمان دارد (این موضوع با قرار دادن تصویر ساعت بر روی آیکن تقاضای صنعت نشان داده شده است) که با افزایش یافتن از واحدهای صفر^۷ به چهار در دوره زمانی ۱، تکامل سیستم را به جریان می‌اندازد.

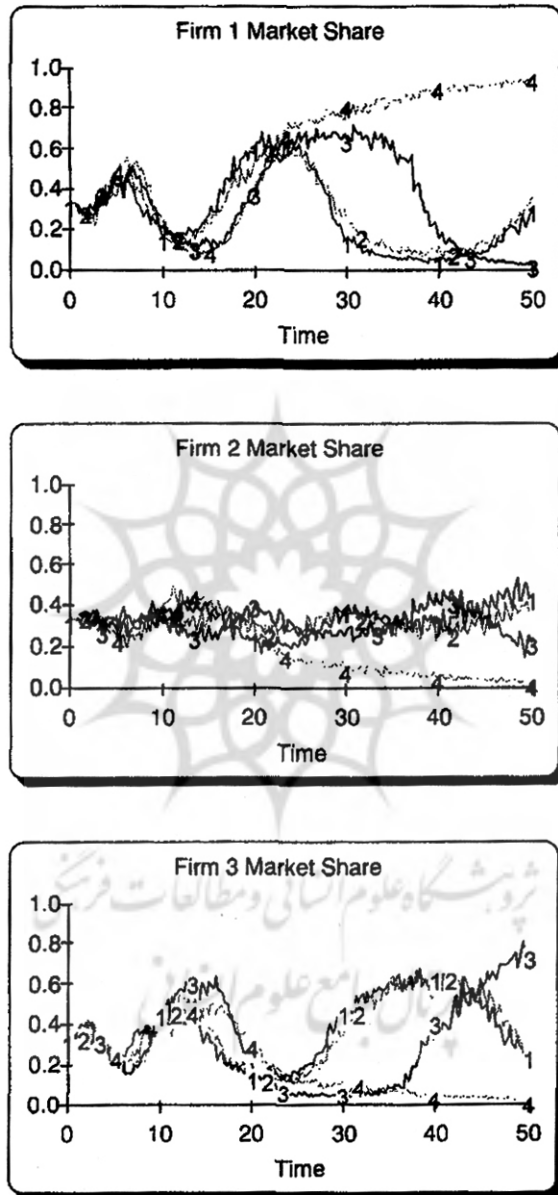
1. Unit Costs
2. Firm-to-Firm
3. Stochastic
4. Die
5. Flow Icon
6. Random Disturbance
7. Zero Units

شکل ۸ تکامل سهم‌های بازاری هر یک از بنگاه‌ها را در طول چهار شبیه‌سازی از مدل نشان می‌دهد. در هر مورد سهم‌های نسبی بازار نوسان می‌کند و تا بیست و پنجمین دوره زمانی بنگاه مسلط ظاهر نمی‌شود. در واقع، با فرض اینکه شبیه‌سازی‌ها بیانگر آنند که یک بنگاه می‌تواند تقریباً خارج از کسب و کار باشد و سپس به منظور تسلط بر بازار خود را نشان دهد (برای مثال، شبیه‌سازی ۳ برای بنگاه ۳)، در هیچ یک از شبیه‌سازی‌ها برنده نهایی^۱ الزاماً مشخص نیست. اما آنچه از این شبیه‌سازی‌ها آشکار است، رفتار مدل غیرمترقبه و وابسته به مسیر است. مسیر زمانی که هر بنگاه در طول اجرای هر شبیه‌سازی برمی‌گزیند از بررسی ساختار خرد^۲ آنها قابل حدس نیست، و در هر اجرا بنگاه مسلط می‌تواند متفاوت باشد. این مدل به خوبی اهمیت تولید کارا، یادگیری از طریق انجام، یادگیری از رقبا، و محافظت از شیوه‌های اختصاصی تولید را به تصویر کشید.

نتیجه‌گیری

پنجاه سال پیش، دیوید همیلتون به حرفه اقتصاد کمک کرد تا تفاوت بنیادین بین اقتصاد نهادگرا و اقتصاد کلاسیک را درک کند. او همچنین به ایجاد بنیان معتبر برای مفهوم تغییرات تکاملی در نظریات اقتصادی کمک کرد. گرچه او تحلیل تکاملی اولیه خود را به اقتصاد نهادگرا محدود نمود، در حال حاضر و به خاطر افزایش تعداد مکاتب اقتصادی که تا حدودی مبتنی بر دیدگاه تکاملی از تغییرات اقتصادی هستند، کمک او اهمیت بیشتری یافته است. یکی از دلایلی که باعث شده است در طول پنجاه سال گذشته اقتصاددانان تکاملی در اثرگذاری بر سیاست‌گذاران و افکار عمومی با مشکلاتی مواجه باشند، ناشی از فقدان نسبی ابزارهای ریاضی قدرتمند برای کمک به آنها در رقابت با اقتصاددانان نئوکلاسیک بوده است، نه فقدان ایده‌های مبدعانه. به عنوان شاهد، یادداشت‌های ساموئلسون (۱۹۷۶: ۸۴۷) درباره اقتصاد نهادگرا را که در چاپ دهم کتاب درسی معروف او آمده است، در نظر بگیرید:

1. Ultimate Winner
2. Microstructures



شکل ۸. چهار شبیه‌سازی از مدل SD تکاملی

چهل سال پیش نهادگرایی که نیروی مخالف قدرتمند در اقتصاد بود پژمرده شد ... بنابراین می‌توان گفت که اقتصاد جریان اصلی امریکایی ... توانست با ابزارهای تحلیلی و اقتصادسنجی برتر خود زمام امور وظایف توصیفی و دستورالعمل‌های سیاستی نهادگرایی را به دست گیرد.

اما امروز وضعیت بسیار متفاوت است. ابزارهایی نظیر شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای از SD و مدل‌سازی‌های اقتصادی محاسباتی عامل‌مدار را می‌توان برای به جریان انداختن دیدگاه‌های همپلتون در خصوص تغییرات اقتصادی تکاملی به کارگرفت، به نحوی که اقتصاددانان هترودکس بتوانند به شکل موفق‌تری در عرصه افکار عمومی رقابت کنند.



یادداشت‌ها

۱. دیوید همیلتون اقتصاد کلاسیک، اقتصاد نئوکلاسیک، اقتصاد کینزی، و "تمام آنهایی را که در جریان اصلی تفکرات اقتصادی هستند" (۱۹۹۵: ۵)، تحت این عنوان قرار می‌دهد.
۲. اولین مقاله در زمینه پویاشناسی سیستم‌ها فارستر، ۱۹۵۶ و نیز اولین کتاب در این زمینه فارستر، ۱۹۶۱ است. اما کتابی که اکنون طلایه‌دار این بحث باشد استرمن، ۲۰۰۰ است.
۳. به هیچ وجه نباید تصور کرد که این نقشه تصویر کاملی از اقتصاددانان و مکاتب اقتصادی از زمان کینه تاکنون به دست می‌دهد. در عوض، هدف محدودی که از ارائه این شکل موردنظر است ارائه چند مسیر نمونه از گذشته به مجموعه‌ای از مکاتب اقتصادی داروینی و نیوتنی مدرن است.
۴. هر یک از این مکاتب فکری اقتصادی، یا در بیان کوهنی آن (کوهن، ۱۹۶۲) "کالج‌های نامرئی (Invisible Colleges)"، بر اساس اعتقادات مشترکی در خصوص اینکه چگونه تحلیل "مناسب" اقتصادی هدایت و انجام می‌شود مشخص می‌گردند. بسیاری از این مکاتب همچنین توسط یک انجمن حرفه‌ای، یک یا چندین مجله حرفه‌ای، یک شبکه بحث اینترنتی، و یک کنفرانس سالانه مشخص می‌شوند.
۵. به عقیده لاری ساموئلسون (Larry Samuelson, 2002, 51)، داروین "به تأثیر مالتوس و اقتصاددانان کلاسیک در صورت‌بندی نظریه انتخاب طبیعی خود معترف بوده است."
۶. براساس این کار، جان هاروی (۱۹۹۴) از ابزارهای پویاشناسی سیستم‌ها برای تحلیل دوگانگی وبلن در نظریه عمومی کینز استفاده کرده است.
۷. همچنین ر. ک. به: دیویدسون، ۱۹۸۱ و سویر، ۱۹۸۹.
۸. به عبارت دیگر، یکی از اهداف تبیین تعامل بین روند و چرخه در اقتصاد است. ر. ک. به: دپرز و میلیبرگ، ۱۹۹۰.
۹. به طور مثال، آلفرد ایچنر (۱۹۷۹b) از رویکرد سیستم‌های مهندسی برای ساخت یک مدل کوتاه مدت پساکینزی استفاده کرده است. در این مدل ایچنر از نمودارهای بلوکی مهندسی (Engineering Block Diagrams) (همان: ۴۷، ۴۹-۵۰)، حلقه‌های بازخورد (همان: ۴۳)،

و وقفه‌های پویا (همان: ۴۵-۴۶) استفاده کرده است. او همچنین معتقد است که مدل وی تا حدودی شبیه یک مدار الکتریکی است. به همین شکل، فیلیپ آرتیس (۱۹۹۲: ۱۱۰-۱۱۴) با استفاده از حلقه‌های بازخوردی و وقفه‌های پویا یک مدل اقتصاد کلانی پساکینزی پویا ارائه کرده است.

۱۰. رجوع شود به لویچ (۱۹۹۴) و ارل (۱۹۸۹ و ۱۹۹۰). گرچه مدل‌های پساکینزی از مفهوم عقلانیت محدود استفاده می‌کنند، در این رویکرد "عوامل اقتصادی" همگن در نظر گرفته می‌شوند، ضمن آنکه این مدل‌ها از ساختار "بالا به پایین" برخوردارند. این در تضاد آشکار با مدلسازی رایج در اقتصاد محاسباتی عامل‌مدار است، که در آن گونه‌های مختلف و ناهمگن عوامل اقتصادی با عقلانیت محدود با یکدیگر در تعامل هستند و رفتار سیستم از پایین به بالا ظهور می‌یابد.

۱۱. برای مرور زندگی و آثار گودوین ر. ک. به: هارگورت، ۱۹۸۵.

۱۲. برای جزئیات بیشتر درباره رابطه آکسل لیان‌هافوود با اقتصاد پساکینزی رجوع شود به کوتزل، ۱۹۹۰. برای اطلاعات بیشتر راجع به رویکرد سیستم‌های لیان‌هافوود به اقتصاد ر. ک. به: کوچران و گراهام، ۱۹۷۶ و آوکی و لیان‌هافوود، ۱۹۷۶.

۱۳. ماتیو فارستیر (۲۰۰۱) معتقد است که رویکرد جامع‌تر نسبت سیاست اقتصادی نیازمند جنبه‌هایی از هر دو سنت نهادگرایی و پساکینزی است، نسبت به آن چیزی که هر سنت می‌تواند به تنهایی ارائه کند. ایده‌های مشابهی را هاروی، ۱۹۹۴؛ تونی لوسن، ۱۹۹۴؛ جان کرگل، ۱۹۹۰؛ جفری هاجسون، ۱۹۸۹؛ چارلز ویلبر و کنت جیمسون، ۱۹۸۳؛ و ایچنر (۱۹۷۹a) ارائه داده‌اند. برای اطلاع درباره شباهت‌ها و تفاوت‌های نهادگرایان امریکایی و پساکینزی‌ها ر. ک. به: گروچی، ۱۹۸۷، ص ۱۴۷-۱۵۰.

۱۴. برای جزئیات بیشتر درباره تصمیم‌گیری مبتنی بر عقلانیت محدود در مدل‌های پویاشناسی سیستمی رجوع شود به مورکرافت (۱۹۸۳ و ۱۹۸۵) و استرمن (۱۹۸۸ و ۲۰۰۰). گرچه بسیاری از مدل‌های پویاشناسی سیستمی از یک (یا مجموعه کوچکی از) عامل (عوامل) نمونه تکی و با عقلانیت محدود استفاده می‌کنند و ساختارشان از نوع بالا به پایین است، این رویکرد به هیچ وجه اجباری نیست.

۱۵. برای مثال، مَس، ۱۹۷۵؛ فارستر، ۱۹۷۹؛ استرمن، ۱۹۸۲؛ و هاروی، ۲۰۰۲.
۱۶. استثنائات قابل توجه سعید و ردزیک (۱۹۹۳ و ۱۹۹۴) است، که تلاش‌های اولیه در خلق مدل‌های کلان پویای پساکینزی است.
۱۷. خالد سعید (۱۹۸۸) یک استثنای قابل توجه است. او یک مدل SD ارائه می‌کند که در آن، در طول زمان، توزیع درآمد رفتار یک اقتصاد در حال توسعه را متأثر می‌سازد و از آن تأثیر می‌پذیرد.
۱۸. نیکلاس گئورگسکو-روگن (۱۹۷۱) این استدلال را مطرح می‌سازد که قانون دوم ترمودینامیک رشد سیستم‌های اقتصادی با محدودیت‌هایی مواجه است (همچنین ر. ک. به: مایومی، ۲۰۰۲). خلیل ۱۹۹۰ دیدگاهی مشابه اما متفاوت، را فراهم آورده است.
۱۹. رجوع شود به تسفاتسیون (۲۰۰۱a) و وب سایت لای تسفاتسیون دربارهٔ مدلسازی ACE به آدرس <http://www.econ.iastate/tesfatsi/ace.htm>
۲۰. ولفرام (۲۰۰۲) استدلال کرده است که نوع خاصی از مدلسازی ACE، سلولار اتومتا (Cellular Automata)، پارادایم جدیدی در علم ارائه کرده است که می‌تواند برای تبیین تکامل نسبت بزرگی از دنیا مورد استفاده واقع شود.
۲۱. تسفاتسیون (۱۹۹۷) خاطرنشان ساخته است که کریستوفر لانگتون (۱۹۸۹) پایه‌گذار مدلسازی ACE به عنوان حوزه مجزایی از تحقیقات مدرن دانشگاهی است، زیرا او میزبان اولین کنفرانس زندگی مصنوعی (Artificial Life) در Los Alamos National Laboratory در پایان دهه ۱۹۸۰ است.
۲۲. <http://www.santafe.edu/>
۲۳. گاهی اوقات، متخصص پویاشناسی سیستمی در ابتدای شبیه‌سازی نمی‌داند رفتار کل و تمام سیستمی که مدل وی به وجود می‌آورد چیست، و نمی‌داند مدل چه نوع رفتاری را بروز خواهد داد. برای مثالی از این بحث، مدل تکاملی SD ارائه شده در زیر را ملاحظه فرمایید.
۲۴. برخی از اقتصاددانان رفتاری برای کسب بصیرت نسبت به فرآیندهای تطبیق و یادگیری که تصمیم‌گیرندگان از آن استفاده می‌کنند، به روانشناسی تکاملی روی آورده‌اند. ر. ک. به: کوزمی و توبی، ۱۹۹۴.

۲۵. رجوع شود به کروگمن، ۱۹۹۶.
۲۶. یورگن ویبول (۱۹۹۷: ۳) این استدلال را مطرح ساخته است که تکامل به طور بالقوه بی‌انتهای بودن عقلانیت محدود را می‌بندد، زیرا تعیین می‌کند که کدام یک از رفتارهای عقلانی محدود (Bounded Rational Behaviors) بقا و رونق می‌یابد.
۲۷. برای یک مثال برجسته در این خصوص ر. ک. به: راست، ۱۹۸۷. به عقیده آرتور ۲۰۰۰، جان راست تصمیم‌گیری هارولد زروچر؛ سرپرست قسمت نگهداری در شرکت متروپولیتن باس، ویسکونسین، مدیسون؛ را بررسی کرده است. شغل زروچر زمان‌بندی جایگزینی موتورهای ناوگان اتوبوس‌های شهری به نحوی بود که هزینه‌های جایگزینی و خرابی‌های غیرمنتظره موتورها را حداقل سازد. راست برای یافتن یک راه‌حل بهینه برای مشکل زروچر از برنامه‌ریزی استوکاستیک پویا استفاده کرد. وقتی راست نتایج یافته‌های خود را با رفتار واقعی (Actual Behavior) زروچر مقایسه کرد، تناسب نسبتاً نزدیکی را یافت.
۲۸. اوگن فون بوهم - باورک هم استاد لودویگ فون میزز و هم استاد جوزف شومپیتر بوده است. فون میزز علاوه بر استادی فردریک فون هایک، استاد اسکار مورگن‌استرن، گاتفرید هابرلر، و فریتز ماکلاپ بوده است. نظریه پولی سرمایه‌گذاری افراطی هایک در خصوص چرخه‌های تجاری به طور چشمگیری برگرفته از آثار ویکسل است (ر. ک. به: نیو اسکول یونیورسیتی، ۲۰۰۲).
۲۹. برای مرور نظریه‌های بحران مارکسیستی رجوع شود به شیخ، ۱۹۷۸.
۳۰. برای تحلیل کارل مارکس و فرآیند دیالکتیکی وی از یک منظر SD رجوع شود به ریچاردسون (۱۹۹۱: ۷۱-۷۳).
۳۱. ویلیام داگر (۱۹۹۰) این استدلال را مطرح ساخته است که گرچه ممکن است در اقتصاد نهادگرایی جدید عوامل اقتصادی به لحاظ عقلانیت محدود در نظر گرفته شوند، عقلانیت فرهنگی آنها مورد توجه قرار نمی‌گیرد - یعنی، تأثیر فرهنگ بر آنها در نظر گرفته نمی‌شود. به عبارت دیگر، استدلال او این است که اقتصاد نهادگرایی جدید برای حل مسائل اقتصادی از رویکرد کل‌گرایانه استفاده نمی‌کند بلکه قرائت محدودی از فردگرایی روش‌شناختی را

دنیال می‌کند. هاجسون (۱۹۹۸: ۱۷۶) خاطرنشان ساخته است که علاقه وافر به فردگرایی روش‌شناختی نهادگرایان جدید را به این سمت سوق داده است فرض کنند که توابع رجحان افراد داده شده (given) است.

۳۲. رجوع شود به ونیکس، اندرسن، و ریچاردسون (۱۹۹۷)، و ونیکس (۱۹۹۶).

۳۳. از منظر SD، وقتی ایچنر از عدم تعادل به عنوان "تفاوت بین وضعیت محصول کنونی سیستم (System's Current Output State) و وضعیت تعادل پایدار" یاد می‌کند و همیلتون استدلال می‌کند که رفتار انسان "فعال و هدف‌جویانه" است، در واقع، در حال توصیف ساختار حلقه‌های بازخوردی منفی هستند. به همین شکل، پساکینزین‌هایی همچون ایچنر و نیکلاس کالدور در خصوص اهمیت "بازدهی‌های فزاینده" برای رفتار سیستم‌های اقتصادی بحث می‌کنند (ر. ک. به: سترفیلد، ۱۹۹۸) و نیز از منظر SD، آنها در حال توصیف ساختار حلقه‌های بازخوردی مثبت هستند. برای نگرش بازخوردی در تفکرات جان دوی رجوع شود به: ریچاردسون (۱۹۹۱: ۷۵-۷۷).

۳۴. برای جزئیات بیشتر دربارهٔ این دو نوع اول تغییرات ساختاری در مدل‌های SD و نیز دربارهٔ آثار تکاملی حلقه‌های "مارپیچی" یا "هوش منطقی" در مدل‌های SD رجوع شود به مرتن، ۱۹۸۸.

۳۵. یا هر نوع مدل عدم تعادلی و پویایی که به عنوان تکاملی طبقه‌بندی شده است.

۳۶. این مدل گسترش یافته (از دو بنگاه به سه بنگاه) مدلی است که در ابتدا در ردزیک و استرمن، ۱۹۹۴ ارائه شده است. مدل کامل را می‌توان از نویسنده این مقاله دریافت نمود.

منابع

- Alchian, Armen A. "Uncertainty, Evolution, and Economic Theory." *Journal of Political Economy* 58 (June 1950): 211-221.
- Allen, R. G. D. "The Engineer's Approach to Economic Models." *Economica* 22 (1955): 158-168.
- Allen, Peter M. "Dynamic Models of Evolving Systems." *System Dynamics Review* 4. no.1-2 (1988): 109-130.
- Aoki, Masanao, and Axel S. B. Leijonhufvud. "Cybernetics and Macroeconomics: A Comment." *Economic Inquiry* 14 (1976): 251-258.
- Arestis, Phillip. *The Post Keynesian Approach to Economics*. Aldershot: Edward Elgar Publishing Company, 1992.
- . "Post- Keynesian Economics: Towards Coherence." *Cambridge Journal of Economics* 20 (1996): 111-135.
- Arthur, Brian W. "Self Reinforcing Mechanisms in Economics." In *The Economy as an Evolving Complex System*, Proceedings, Vol. 5, edited by Phillip W. Anderson, Kenneth J. Arrow, and David Pines: 9-27. Redwood City, Calif.; Santa Fe Institute Studies in the Sciences of Complexity, Addison-Wesley, 1988.
- . "Positive Feedbacks in the Economy." *Scientific American* (February 1990): 92-99.
- . "Designing Economic Agents that Behave Like Human Agents: A Behavioral Approach to Bounded Rationality." *American Economic Review* 81. no.2 (1991): 353-359.
- . "Complexity in Economic Theory: Inductive Reasoning and Bounded Rationality." *American Economic Review* 84, no.2 (1994): 406-411.
- . "Cognition: The Black Box of Economics." In *The Complexity Vision and the Teaching of Economics*, edited by David Colander, 1-7. Northampton, Mass.: Edward Elgar Publishing, 2000.
- Arthur, Brian W., Steven N. Durlaut, and David A. Lane, eds. *The Economy as an Evolving Complex System II*. Proceedings. Vol. 27. Reading, Mass.: Santa Fe Institute Studies of Complexity, Addison-Wesley, 1997.
- Ayres, Robert U. *Resources, Environment and Economics: Applications of the Materials/ Energy Balance Principle*. New York, N.Y.: John Wiley and Sons, Inc., 1978.

- Baran, Paul A., and Paul M. Sweezy. *Monopoly Capital: An Essay on the American Economic and Social Order*. New York. N.Y.: Monthly Review Press, 1966.
- Bergh, Jeroen C. J. M. van den. "A Framework for Modeling Economy-Environment- Development Relationships Based on Dynamic Carrying Capacity and Sustainable Development Feedback." *Environmental and Resource Economics* 3 (1993): 395-412.
- Bergh, Jeroen, C. J. M. van den, and Peter Nijkamp. "Operationalizing Sustainable Development: Dynamic Ecological-Economic Models." *Ecological Economics* 4 (1991): 11-33.
- Bergh, Jeroen C. J. M. van den, and Jan van der Straaten, eds. *Toward Sustainable Development: Concepts, Methods, and Policy*. Washington, D.C.: Island Press, 1994.
- Boulding, Kenneth, E. *A Primer on Social Dynamics: History as Dialectics and Development*. New York, N.Y.: Free Press, 1970.
- . *Ecodynamics: A New Theory of Societal Evolution*. Beverly Hills, Calif.: Sage, 1978.
- . "What Is Evolutionary Economics." *Journal of Evolutionary Economics* 1, no.1 (1991):9-17.
- Bowles. Samuel, David M. Gordon, and Thomas E. Weisskopf. *Beyond the Wasteland*. New York, N.Y.: Anchor Press/ Doubleday, 1983.
- Bowles, Samuel; Herbert Gintis, and Melissa Osborne. "The Determinants of Earnings: A Behavioral Approach." *Journal of Economic Literature* 39, no.4 (2001): 1137-1176.
- Bradley, Dennis. "Ecological Economics." Internet: <<http://www.fs.fed.us/eco/st21 pl.htm>>, 1995.
- Bronfenbrenner, Martin. "Radical Economics in America: A 1970 Survey." *Journal of Economic Literature* 8, no.3 (1970): 747-766.
- Cochrane, James L., and John A. Graham. "Cybernetics and Macroeconomics." *Economic Inquiry* 14 (1976): 241-250.
- Cosmides, Leda, and Jon Tooby. "Better than Rational: Evolutionary Psychology and the Invisible Hand." *American Economic Review* 84. no.2 (1994): 327-332.
- Costanza, Robert. "What Is Ecological Economics?" *Ecological Economics* 6, no.1 (1989): 1-7.

- Costanza, Robert, and Herman E. Daly. "Natural Capital and Sustainable Development." *Conservation Biology* 6, no.1 (1992): 37-46.
- Cottrell, Allin. "Reconciling Leijonhufvud and the Post Keynesians." Working paper, Wake Forest University Department of Economics, Winston-Salem, N.C., 1990.
- Cyert, Richard M., and James March. *A Behavioral Theory of the Firm*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, 1963.
- David, Paul. "Clio and the Economics of QWERTY." *American Economic Review* 75, no.2 (1985): 332-337.
- Davidson, Paul. "Post Keynesian Economics: Solving the Crisis in Economic Theory." In *The Crisis in Economic Theory*, edited by David Bell and Irving Kristol: 151-173. New York, N.Y.: Basic Books, 1981.
- . *Controversies in Post Keynesian Economics*. Brookfield, Vt.: Edward Elgar Publishing Company, 1991.
- . *Post Keynesian Macroeconomic Theory: A Foundation for Successful Economic Policies for the Twenty-first Century*. Brookfield, Vt.: Edward Elgar Publishing Company, 1994.
- Day, Richard H. "Adaptive Processes and Economic Theory." In *Adaptive Economic Models*, edited by Richard H. Day and Theodore Groves: 1-38. New York, N.Y.: Academic Press, 1975.
- Day, Richard H., and Gunnar Eliasson. *The Dynamics of Market Economies*. Amsterdam: North Holland, 1986.
- Day, Richard H., and Ping Chen, eds. *Nonlinear Dynamics and Evolutionary Economics*. New York, N.Y.: Oxford University Press, Inc., 1993.
- Deprez, Johan, and William S. Milberg. "Cycle and Trend in the Dynamics of Advanced Market Economies." *Journal of Economic Issues* 24, no.2 (1990): 513-521.
- Diehl, Ernst, and John D. Sterman. "Effects of Feedback Complexity on Dynamic Decision Making." *Organizational Behavior and Human Decision Processes* 62, no.2 (1995): 198-215.
- Dosi, Giovanni, and Richard R. Nelson. "An Introduction to Evolutionary Theories in Economics." *Journal of Evolutionary Economics* 4, no.3 (1994): 153-172.

- Dugger, William M. "The New Institutionalism: New but Not Institutionalism". *Journal of Economic Issues* 24, no. 2 (1990): 423-431.
- Dugger, William M. and Howard J. Sherman. "Institutionalists and Marxist Theories of Evolution." *Journal of Economic Issues* 31, no.4 (1997): 991-1009.
- Earl, Peter E. "Bounded Rationality, Psychology, and Financial Evolution: Some Behavioural Perspectives on Post-Keynesian Analysis." In *New Directions in Post-Keynesian Economics*, edited by J. Pheby. Aldershot: Edward Elgar Publishing Company, 1989.
- . "Economics and Psychology: A Survey." *The Economic Journal* 100 (September 1990): 718-755.
- Eichner, Alfred S. "A Look Ahead." In *A Guide to Post-Keynesian Economics*, edited by Alfred S. Eichner: 172-173. White Plains, N.Y.: M. E. Sharpe, Inc., 1979a.
- . "A Post-Keynesian Short-Period Model." *Journal of Post Keynesian Economics* 1. no.1 (1979b): 38-63.
- . *The Macrodynamics of Advanced Market Economies*. Armonk, N.Y.: M. E. Sharpe, Inc., 1987.
- Eichner, Alfred S., and Jan A. Kregel. "An Essay on Post-Keynesian Theory: A New Paradigm in Economics." *Journal of Economic Literature* 8, no.4 (1975): 1293-1314.
- England, Richard W. "On Economic Growth and Resource Scarcity: Lessons from Nonequilibrium Thermodynamics." In *Evolutionary Concepts in Contemporary Economics*, edited by Richard W. England: 193-211. Ann Arbor, Mich.: The University of Michigan Press, 1994.
- Epstein, Joshua M., and Robert Axtell. *Growing Artificial Societies: Social Science from the Bottom Up*. Cambridge, Mass.: The MIT Press, 1996.
- Flaherty, Diane. "Radical Political Economics." In *The New Palgrave: A Dictionary of Economics*, edited by John Eatwell, Murray Milgate, and Peter Newman: 36-39. London: Macmillan Press, 1987.
- Foley, Duncan, K. "The Value of Money, the Value of Labor Power, and the Marxian Transformation Problem." *Review of Radical Political Economy* 14, no.2 (1982): 37-47.

- . “Introduction. “In *Barriers and Bounds to Rationality: Essays on Economic Complexity and Dynamics in Interactive Systems*, edited by Peter S. Albin. Princeton, N.J.: Princeton University Press, 1997.
- Ford, Andrew. *Modeling the Environment: An Introduction to System Dynamics Modeling of Environmental System*. Washington, D.C.: Island Press, 1999.
- Forrester, Jay W. “Dynamic Models of Economic Systems and Industrial Organizations”. System Dynamics Group Memo, D. O. Massachusetts of Technology, 1956.
- . *Industrial Dynamics*. Waltham, Mass.: Pegasus Communications, 1961.
- . *Urban Dynamics*. Waltham, Mass.: Pegasus Communications, 1968.
- . *World Dynamics*. Waltham, Mass.: Pegasus Communication, 1970.
- . “An Alternative Approach to Economic Policy: Macrobbehavior from Microstructure.” In *Economic Issues of the Eighties*, edited by Nake M. Kamrany and Richard H. Day: 80-107. Baltimore, Md.: The Johns Hopkins Press, 1979.
- . “The Model versus a Modeling Process.” *System Dynamics Review* 1-2 (1985): 133-134.
- Forstater, Mathew. “An Instiutionalist Post Keyensian Methodology of Economic Policy with an Application to Full Employment.” Working paper no.18. Center for Full Employment and Price Stability, University of Missouri- Kansas City, 2001.
- Georgescu-Roegen, Nicholas. *The Entropy Law and the Economic Process*. Cambridge, Mass: Harvard University Press, 1971.
- Goodwin, Richard M. “My Erratic Progress toward Economic Dynamics: Remarks Made ar Banquet, Tuesday, April 18, 1989.” In *Nonlinear Dynamics and Evolutionary Economics*, edited by Richard H. Day, and Ping Chen: 303-306. New York, N.Y.: Oxford University Press, 1993.
- Gruchy, Allen G. *The Reconstruction of Economics: An Analysis of the Fundamentals of Institutional Economics*. New York, N.Y.: Greenwood Press, 1987.
- Hamilton, David B. *Evolutionary Economics: A Study of Change on Economic Thought*. 1954. Reprint, New Brunswick, N.J.: Transaction Publishers, 1999.

- Hanusch, Horst, ed. *Evolutionary Economics. Applications of Schumer's Ideas*. New York, N.Y.: Cambridge University Press, 1988.
- Harcoart, Geoffrey C. "A Twentieth-Century Eclectic: Richard Goodwin." *Journal of Post Keynesian Economics* 7 (1985): 410-412.
- Harvey, John T. "Circular Causation and the Veblenian Dichotomy in the General Theory: An Introduction to Institutionahst Method." *Journal of Post Keynesian Economics* 17, no.1 (1994): 69-89.
- . "Keynes' Chapter 22: A System Dynamics Model." *Journal of Economic Issues* 36, no.2 (2002): 373-381.
- Hodgson, Geoffrey M. "Post-Keynesian and Institutionalism: The Missing Link." In *New Directions in Post-Keynesian Economics*, edited by J. Pheby: 94-123. Aldershot: Edward Elgar Publishing Company, 1989.
- . *Economics and Evolution: Bringing Life Back into Economics*. Cambridge: Polity Press, 1993.
- . "Precursors of Modern Evolutionary Economics: Marx, Marshall, Veblen, and Schumpeter." In *Evolutionary Concepts in Contemporary Economics*, edited by Richard W. England: 9-35. Ann Arbor, Mich: The University of Michigan Press, 1994.
- . "The Approach of Institutional Economics." *Journal of Economic Literature* 36, no. 1 (1998): 166-192.
- Holland, John H., and John Miller. "Artificial Adaptive Agents in Economic Theory." *American Economic Renew* 81, no. 2 (1991): 365-370.
- Holt, Richard P.F., and Steven Pressman. "What Is Post Keynesian Economics?" In *A New Guide to Post- Keynesian Economics*: 1-10. London: Routledge, 2002.
- Homer, Jack. "A Diffusion Model with Application to Evolving Medical Technologies." *Technological Forecasting and Social Change* 31 (1987): 197-218.
- Iwai, Katshuito. "Schumpeterian Dynamics: Part 1." *Journal of Economic Behavior and Organization* 5, no. 2 (1984a): 159-190.
- . "Schumpeterian Dynamites: Parr II." *Journal of Economic Behavior and Organization* 5, no. 3-4 (1984b): 321-351.
- Jorgensen, Sven Erik. "The Application of Global Models for Comparison of Different Strategies of Sustainable Living." *Ecological Economics* 11, no.1 (1994): 1-8.

- Kahneman, Daniel, and Amos Tversky. "Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases." *Science* 185 (September 1974): 1124-1131.
- Kaldor, Nicholas. "The Role of Increasing Returns, Technical Progress, and Cumulative Causation in the Theory of International Trade and Economic Growth." *Economie Appliquee* 34, no. 4 (1981): 633-348.
- Kampmann, Christian, and John D. Sterman. "Feedback Complexity, Bounded Rationality, and Market Dynamics." Memo D-4802. System Dynamics Group. Massachusetts Institute of Technology, 1998.
- Khalil, Elias L. "Entropy Law and Exhaustion of Natural Resources: Is Nicholas Georgescu-Roegen's Paradigm Defensible?" *Ecological Economics* 2 (1990): 163-178.
- Kirzner, Israel M. "Austrian School of Economics." In *The New Palgrave: A Dictionary of Economics*, edited by John Eatwell, Murray Milgate, and Peter Newman: 145-151. London: Macmillan Press, 1987.
- . "Entrepreneurial Discovery and the Competitive Market Process: An Austrian Approach." *Journal of Economic Literature* 35, no.1 (1997): 60-85.
- Klein, Peter G. "New Institutional Economics." In *Encyclopedia of Law and Economics*, edited by Boudewijn Bouckaert and Gerrit De Geest: 456-489. Northampton, Mass.: Edward Elgar Publishing Company, 1999.
- Kolb, David A. *Experiential Learning*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall, 1984.
- Kregel, Jan A. "The Integration of Micro and Macroeconomics through Macrodynamic Megacorps: Eichner and the Post- Keynesians." *Journal of Economic Issues* 24, no.2 (1990): 523-534.
- Krugman, Paul. "What Economists Can Learn from Evolutionary Theorists." Talk given to the European Association for Evolutionary Political Economy. Internet: <http://web.mit.edu/krugman/www/evolute.html>, 1996.
- Kuhn, Thomas S. *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago, Ill.: The University of Chicago Press, 1962.
- Lane, Dave, A. "Artificial Worlds and Economics." *Journal of Evolutionary Economics* 3, no.2 (1993): 89-107.
- Lange, Oskar. "Marxian Economics and Modern Economic Theory." *Review of Economic Studies* 2, no. 2 (1935): 189-201.

- Langton, Christopher, ed. *Artificial Life*. Redwood City, Calif.: Addison-Wesley, 1989.
- Lavoie, Mark. *Foundations of Post Keynesian Analysis*. Aldershot: Edward Elgar Publishing Company, 1992.
- . “A Post Keynesian Approach to Consumer Choice.” *Journal of Post Keynesian Economics* 16, no.4 (1994): 539-562.
- Lawson, Tony. “The Nature of Post Keynesianism and Its Links to Other Traditions: A Realist Perspective.” *Journal of Post Keynesian Economics* 16, no.4 (1994): 503-538.
- Leijonhufvud, Axel S. B. *On Keynesian Economics and the Economics of Keynes: A Study of Monetary Theory*. New York, N.Y.: Oxford University Press, 1968.
- Mandel, Ernst. *Marxist Economic Theory*. 2 vols. New York, N.Y.: Monthly Review Press, 1969.
- . *Long Waves of Capitalist Development: The Marxist Interpretation*. New York, N.Y.: Cambridge University Press, 1980.
- Marglin, Stephen A. “Growth, Distribution and Inflation: A Centennial Synthesis.” *Cambridge Journal of Economics* 8, no. 2 (1984): 115-144.
- Mass, Nathaniel J. *Economic Cycles: An Analysis of Underlying Causes*. Waltham, Mass.: Pegasus Communication, 1975.
- Mayumi, Kozo. *The Origins of Ecological Economics: The Bioeconomics of Georgescu-Roegen*. London: Routledge, 2002.
- Maxwell, Thomas, and Robert Costanza. “Spatial Ecosystem Modeling in a Distributed Computational Environment.” In *Toward Sustainable Development: Concepts, Methods, and Policy*, edited by Jeroen C. J. M. van den Bergh and Jan van der Straaten: 111-138. Washington, D.C.: Island Press, 1994.
- Meadows, Donella H., Dennis L. Meadows, Jorgen Randers, and William W. Behrens III. *The Limits to Growth*. New York, N.Y.: University Books, 1972.
- Meadows, Donella H., Dennis L. Meadows, and Jorgen Randers. *Beyond the Limits*. White River Junction, Vt.: Chelsea Green Publishing Company, 1992.
- Menard, Claude. “Methodological Issues in New Institutional Economics.” *Journal of Economic Methodology* 8, no. 1 (2001): 85-92.

- Merten, Peter P. "The Simulation of Social System Evolution with Spiral Loops." *Behavioral Science* 33 (1988): 131-160.
- Miller, John H. "Active Nonlinear Tests (ANTs) of Complex Simulations Models." *Management Science* 44, no.6 (1998): 620-630.
- Morecroft, John D.W. "System Dynamics: Portraying Bounded Rationality." *Omega: The International Journal of Management Science* 11, no. 2 (1983): 131-142.
- . "Rationality in the Analysis of Behavior Simulation Models." *Management Science* 31, no. 7 (1985): 900-916.
- Morishima, Michio, *Marx's Economics*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1973.
- Mullainathan, Sendhil, and Richard H. Thaler. "Behavioral Economics." Working paper no.00-27, Massachusetts Institute of Technology Department of Economics, 2000.
- Nelson, Richard R. "Recent Evolutionary Theorizing about Economic Change." *Journal of Economic Literature* 33, no.1 (1995): 48-90.
- Nelson, Richard R., and Sidney G. Winter. *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1982.
- . "Evolutionary Theorizing in Economics." *Journal of Economic Perspective* 16, no.2 (2002): 23-46.
- New School University. Internet: "The History of Economic Thought," <<http://cepa.newschool.edu/het/>>, 2002.
- Paich, Mark, and John D. Sterman. "Boom, Bust, and Failures to Learn in Experimental Markets." *Management Science* 39, no.12 (1993): 1439-1458.
- Phillips, A. William. "Mechanical Models in Economic Dynamics." *Economica* 18 (1950): 283-305.
- . "Stabilisation Policy in a Closed Economy." *Economic Journal* 64 (1954): 290-323.
- . "Stabilisation Policy and the Time-Forms of Lagged Response." *Economic Journal* 67 (1957): 265-267.
- Potts, Jason D. *The New Evolutionary Microeconomics: Complexity, Competence, and Adaptive Behavior*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing Company, 2000.

- Prigogne, Ilya. "Bounded Rationality: From Dynamical Systems to Socio-economic Models." In *Nonlinear Dynamics and Evolutionary Economics*, edited by Richard Dav and Ping Chen: 3-13. New York, N.Y.: Oxford University Press, Inc., 1993.
- Rabin, Matthew. "Psychology and Economics." *Journal of Economic Literature* 36, no.1 (1998):11-46.
- Radzicki, Michael J. "Institutional Dynamics: An Extension of the Institutional Approach to Socioeconomic Analysis." *Journal of Economic Issues* 22, no.3 (1988): 633-666.
- . "Methodologia Oeconomiae et Systematis Dynamis." *Systems Dynamics Review* 6, no.2 (1990a): 123-147.
- . "Institutional Dynamics, Deterministic Chaos, and Self-Organizing Systems." *Journal of Economic Issues* 24, no.1 (1990b): 57-102.
- Radzicki, Michael J., and Donald A. Seville. "An Institutional Dynamics Model of Sterling, Massachusetts: Indicative Planning at the Local Level." *Journal of Economic Issues* 27, no.2 (1993): 481-492.
- Radzicki, Michael J., and John D. Sterman. "Evolutionary Economics and System Dynamics." In *Evolutionary Concepts in Contemporary Economics*, edited by Richard W. England: 61-89. Ann Arbor, Mich.: University of Michigan Press, 1994.
- Richardson, George P. *Feedback Thought in Social Science and Systems Theory*. Philadelphia, Pa.: The University of Pennsylvania Press, 1991.
- Robinson, Joan. *Essay on Marxian Economics*. London: Macmillan, 1942.
- Rostow, Walter W. *Theories of Economic Growth from David Hume to the Present*. New York, N.Y.: Oxford University Press, 1990.
- Rust, John. "Optimal Replacement of GMC Bus Engines: An Empirical Model of Harold Zurcher." *Econometrica* 55, no.5 (1987): 999-1033.
- Ruth, Matthias. "Thermodynamic Constraints on Optimal Depletion of Copper and Aluminum in the United States: A Dynamic Model of Substitution and Technical Change." *Ecological Economics* 15, no.3 (1995): 197-213.
- Saeed, Khalid. "Wage Determination, Income Distribution, and the Design of Change." *Behavioral Science* 33, no.3 (1988): 161-186.

- . “Conclusion.” In *Towards Sustainable Development: Essays on System Analysis of National Policy*, 2d ed., edited by Khalid Saeed: 398-410. Brookfield, Vt.: Ashgate Publishing Company, 1998.
- Saeed, Khalid, and Michael J. Radzicki. “A Post Keynesian Model of Macroeconomic Growth, Instability, and Income Distribution.” In *The Role of Strategic Modelling in International Competitiveness: Proceedings of the 1993 International Conference of the System Dynamics Society*, edited by Enrique Zepeda and Jose A. D. Machuca: 435-443. Cancun, Mexico, July 19-25, 1993.
- . “A Post Keynesian MacroDynamic Model.” Working paper, Department of Social Science and Policy Studies, Worcester Polytechnic Institute, 1994.
- Samuelson, Larry. “Evolution and Game Theory.” *Journal of Economic Perspectives* 16. no.2 (2002): 47-66.
- Samuelson, Paul A. *Economics*. 10th ed. New York, N.Y.: McGraw-Hill, 1976.
- Sargent, Thomas. *Bounded Rationality in Macroeconomics: The Arne Ryde Memorial Lectures*. Oxford: Clarendon Press, 1993.
- Sastry, M. Anjali. “Problems and Paradoxes in a Model of Punctuated Organizational Change.” *Administrative Science Quarterly* 42, no.2 (1997): 237-275.
- Sawyer, Malcolm C. *The Challenge of Radical Political Economy: An Introduction to the Alternatives to Neo-classical Economics*. Hemel Hempstead, Herts: Harvester Wheatsheaf, 1989.
- Schelling, Thomas C. *Micromotives and Macrobehavior*. Now York, N.Y.: W.W. Norton and Company, 1978.
- Scholl, Hans J. “Agent-Based and System Dynamics Modeling: A Call for Cross Study and Joint Research.” Proceedings of the 34th Hawaii International Conference on System Sciences, I.E.E.E., 0-7695-0981-9/01, 2001.
- Schumpeter, Joseph A. *Capitalism, Socialism and Democracy*. 5th ed. 1942. Reprint, London: George Allen and Unwin, 1976.
- Setterfield, Mark. “History versus Equilibrium: Nicholas Kaldor on Historical Time and Economic Theory.” *Cambridge Journal of Economics* 22 (1998): 521-537.

- Shaikh, Anwar. "Marx's Theory of Value and the Transformation Problem." In *The Subtle Anatomy of Capitalism*, edited by Jesse Schwartz. Santa Monica, Calif.: Goodyear Publishing Company, 1977.
- . "An Introduction to the History of Crisis Theories." In *U.S. Capitalism in Crisis*. New York, N.Y.: U.R.P.E., 1978.
- Silverberg, Gerald. "Modelling Economic Dynamics and Technical Change: Mathematical Approaches to Self-Organization and Evolution." In *Technical Change and Economic Theory*, edited by Giovanni Dosi, Christopher Freeman, Richard R. Nelson, Gerald Silverberg, and L. Soete: 531-559. London: Pinter, 1988.
- Simon, Herbert A. "Rational Decision Making in Business Organizations." *American Economic Review* 69, no.4 (1979): 493-513.
- . "On the Behavioral and Rational Foundations of Economic Dynamics." *Journal of Economic Behavior and Organization* 5 (1984): 35-55.
- . *Models of My Life*. New York, N.Y.: Basic Books, 1991.
- Steedman, Ian. *Marx After Sraffa*. London: New Left Books, 1977.
- Sterman, John D. "A Dynamic Disequilibrium Model of Energy- Economy Interactions." *International Journal of Energy Systems* 2, no.3 (1982): 159-163.
- . "A Skeptics Guide to Computer Models." In *Foresight and National Decisions*, edited by Lindsey Grant: 133-169. Lanham, Md.: University Press of America, 1988.
- . "Modeling Managerial Behavior: Misperceptions of Feedback in a Dynamic Decision Making Experiment." *Management Science* 35, no.3 (1989): 321-339.
- . *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. Boston, Mass: The McGraw- Hill Companies, Inc., 2000.
- Sterman, John D., and Jason Wittenberg. "Path Dependence, Competition, and Succession in the Dynamics of Scientific Revolution." *Organization Science* 10, no.3 (1999): 322-341.
- Tesfatsion, Leigh. "How Economists Can Get a Life." In *The Economy as an Evolving Complex II: Proceedings*, vol.27, edited by W. Brian Arthur, Steven Durlauf, and David Lane: 533-564. Reading, Mass.: Santa Fe Institute Studies in the Sciences of Complexity, Addison-Wesley, 1997.
- . "Agent-Based Computational Economics: a Brief Guide to Literature." Working paper, Internet: <<http://www.econ.iastate.edu/tesfatsi/>>, 2000.

- . “Introduction to the CE Special Issue on Agent-Based Computational Economics.” *Computational Economics* 18, no.1 (2001a): 1-10.
- . “Guest Editorial: Agent-Based Modelling of Evolutionary Economic Systems.” *IEEE Transactions on Evolutionary Computation* 5, no.5 (2001b): 1-5.
- . “Agent-Based Computational Economics: Growing Economies from the Bottom Up.” *Artificial Life* 8, no.1 (2002): 55-82.
- Tushman, Michael L., and Elaine Romanelli. “Organizational Metamorphosis: A Punctuated Equilibrium Model of Organizational Evolution.” *Research in Organizational Behavior* 7 (1985): 171-222.
- Tustin, Arnold. *The Mechanism of Economic Systems*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1953.
- Weibull, Jorgen W. “What Have We Learned from Evolutionary Game Theory So Far?” Working paper no.487, Internet: The Research Institute of Industrial Economics, <[http:// swopec.hhs.se/ iuiwop/ papers/ iaiwo0487.pdf](http://swopec.hhs.se/iuiwop/papers/iaiwo0487.pdf)>, 1997.
- Wiener, Norbert. *Cybernetics: Or Control and Communication in the Animal and the Machine*. New York, N.Y.: John Wiley and Sons, Inc., 1948.
- Wilber, Charles k., and Kenneth P. Jameson. *An Inquiry into the Poverty of Economics*. Notre Dame, Ind.: University of Notre Dame Press, 1983.
- Williamson, Oliver. “The New Institutional Economics: Taking Stock, Looking Ahead.” *Journal of Economic Literature* 38 (September 2000): 595-613.
- Winter, Sidney G. “Economic Natural Selection and the Theory of the Firm.” *Yale Economic Essays* 4 (1964): 225-272.
- Witt, Ulrich. “Evolutionary Concepts in Economics.” *Eastern Economic Journal* 18, no.4 (1992): 405-419.
- . *Evolutionary Economics*. London: Edward Elgar Publishing Company, 1993.
- Wolfram, Stephen. *A New Kind of Science*. Wolfram Media, Inc., 2002.
- Vennix, Jac A. M. *Group Model Building Facilitating Team Learning Using System Dynamics*. New York, N.Y.: John Wiley and Sons, Inc., 1996.

- Vennix, Jac A. M. , David F. Andersen, and George P. Richardson. "Special Issue on Group Model Building." *System Dynamics Review* 13, no.2 (1997).
- Vriend, Nicolaas J. "Was Hayek an ACE?" *Southern Economic Journal* 68. no.4 (2002): 811-840.

