



پروہشگاہ علوم انسانی و مطالعات فرہنگی  
پرتال جامع علوم انسانی



پروہشگاہ علوم انسانی و مطالعات فرہنگی  
پرتال جامع علوم انسانی

## کاربرد رویکرد سیستم دینامیک در فرآیند ره‌نگاری و سیاست‌گذاری آموزش عالی

عادل آذر<sup>۱</sup>، آمنه خدیور<sup>۲\*</sup>

۱- استاد دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس

۲- دانشجوی دکتری مدیریت سیستم، دانشگاه تربیت مدرس

### چکیده

در این مقاله ابتدا مروری بر مبانی ره‌نگاری و سیاست‌گذاری در حوزه آموزش عالی صورت گرفته است. سپس با بررسی تحقیقاتی که از رویکرد سیستم دینامیک در امر سیاست‌گذاری و ره‌نگاری بهره برده اند، این رویکرد به عنوان رویکردی مناسب در ره‌نگاری نظام آموزش عالی معرفی شده است. در ادامه برای مدل سازی یک زیر سیستم از نظام آموزش عالی که عبارت از سیستم نقل و انتقالات بین رشته ای می باشد، از شبیه سازی سیستم دینامیک بهره‌گیری و اعتبار مدل با استفاده از روشهای شناخته شده آزمون شده است. نتیجه تستهای آماری نشان داد که مدل توانایی شبیه سازی رفتار سیستم را داراست، لذا با استفاده از مدل، رفتار رشته های مورد مطالعه استخراج و تحلیل شده و همچنین توانایی مدل در ارائه و ارزیابی سیاستهای مختلف برای آینده نشان داده شده است. در پایان مقاله نیز به معرفی سیستمی که به همین منظور طراحی و پیاده سازی شده، پرداخته شده است.

کلیدواژه‌ها: ره‌نگاری، مدل سازی، نظام آموزش عالی، سیستم دینامیک، شبیه سازی

### ۱- مقدمه

پیچیده<sup>۲</sup> است که ارائه نقشه یا تصویری از وضعیت فعلی و آتی آن بسیار مشکل می باشد [۴، ۵]. مسئله موقعی پیچیده‌تر می شود که پویایی‌های درون این سیستم را نیز علاوه بر تعداد زیاد متغیرها در نظر بگیریم، به عبارت دیگر نظام آموزش عالی نظامی است که هر لحظه در حال تغییر و تحول است. با این تفاسیر توصیف وضعیت آینده نیز امری بسیار بعید و مشکل به نظر می رسد. لذا یکی از مسائل پیش روی ره‌نگاری در حوزه آموزش عالی این است که تصمیم‌گیری در ارتباط با آینده منوط به داشتن اطلاعاتی از وضعیت آتی متغیرهای نظام آموزش عالی و یا دست کم اطلاع از روند تغییرات این متغیرهاست. مسئله دیگر آن است که سیاست‌گذاران بتوانند تاثیرات اتخاذ یک تصمیم یا اعمال یک سیاست را بر روند تغییرات پارامترهای مهم نظام پیش‌بینی کنند. این متغیرها می توانند هر یک از متغیرهای زیرسیستمهای مختلف این نظام باشند. برای مثال، سیاست

توصیف و ترسیم وضعیت فعلی نظام علم و فناوری در هر کشور پیش‌نیاز برنامه ریزی و ارائه ره‌نگاشت<sup>۱</sup> در حوزه های آموزش، پژوهش و فناوری است [۱]. در این رابطه روشها و متدولوژیهای متعدد و متنوعی برای ارزیابی، سیاست‌گذاری، برنامه ریزی و ارائه ره‌نگاشت درباره نظام آموزش عالی ارائه شده اند [۲، ۳]. پس از توصیف وضع موجود با توجه به رویکرد آینده‌نگارانه حاکم بر پارادایم برنامه‌ریزی راهبردی نیاز به توصیف وضعیت آتی و ارائه تصویری از آینده است که اجزای تشکیل دهنده این تصویر نیز همان شاخص ها و معیار های ارزیابی نظام آموزش عالی می باشند.

تعداد زیاد متغیرهایی که نظام آموزش عالی را تشکیل می‌دهند و رابطه های چند سویه و تاثیر گذاری و تاثیر پذیری زیاد بین این متغیر ها نشان میدهد که این سیستم از انواع سیستم های

\*- نویسنده عهده‌دار مکاتبات: [Khadivar@modares.ac.ir](mailto:Khadivar@modares.ac.ir)

شناخت دقیق این سیستم با استفاده از ابزار سیستم دینامیک با ایجاد تغییر در اجزای مدل، تاثیر سیاست‌های مختلف بر آینده سیستم را مشاهده کنیم، به نحوی که علاوه بر ارائه نقشه از وضعیت فعلی و وضعیت آتی بتوان به انتخاب سیاست مطلوب نیز پرداخت. در بخش پایانی مقاله نیز، یک مثال نرم‌افزاری ارائه شده است.

## ۲- پیشینه پژوهش

### ۲-۱ سیاست‌گذاری و ره‌نگاری<sup>۲</sup> در حوزه آموزش عالی

ره‌نگاری به فرایند شناسایی، انتخاب و توسعه راه‌حل‌های ممکن برای ارضای مجموعه‌ای از نیازها اطلاق می‌شود. این فرایند مجموعه‌ای از متخصصان را در کنار همدیگر قرار می‌دهد تا چارچوبی را برای سازماندهی و ارائه اطلاعات مهم و حیاتی حوزه آموزش عالی فراهم آورد. با فرض اینکه مجموعه‌ای از نیازها وجود داشته باشد، فرایند ره‌نگاری روشی را برای توسعه، سازماندهی و ارائه اطلاعات در خصوص نیازمندیهای مهم و مطلوبیت‌های عملکردی در یک چارچوب زمانی مشخص ارائه می‌کند. این فرایند همچنین رویه‌هایی را شناسایی می‌کند که برای برآورد اهداف و مطلوبیتها لازم است. همچنین اطلاعاتی را در خصوص توازنی که بین آلترناتیوهای مختلف مورد نیاز است، فراهم می‌کند [۶]. فرایند ره‌نگاری آموزش عالی روشی است برای شناسایی، ارزیابی و انتخاب آلترناتیوهای استراتژیکی که می‌توانند به منظور دستیابی به حوزه‌های جدید آموزشی نیز مورد استفاده قرار گیرند.

ره‌نگاری، یک روش بسیار اثربخش برای پیش‌بینی نیازمندیهای آموزش عالی یا حوزه‌ها و رشته‌های جدید و ابزاری ارزشمند برای تصمیم‌گیری درباره آینده می‌باشد. امروزه ره‌نگاری به یک رشته تحقیقاتی تبدیل شده است و رد آن را می‌توان در مجلات مرتبط پیدا کرد [۷].

در سالهای اخیر، نقشه‌های علم و فناوری برای نشان دادن تصویر واضحی از وضعیت حال و آینده علم و فناوری مورد توجه گسترده‌ای قرار گرفته اند که حوزه آموزش عالی نیز از این موضوع مستثنی نمی‌باشد. نقشه‌ها در واقع نمایشگر

اختصاص بودجه بیشتر به توسعه نیروی انسانی این نظام در چشم انداز بیست ساله چه تبعات علت و معلولی ایجاد خواهد کرد؟ یا تقویت و توسعه رشته‌های علوم انسانی باعث ایجاد چه روندهای جدیدی خواهد شد؟

در سال‌های اخیر با توجه به استفاده از رویکرد های سیستمی در تجزیه و تحلیل نظام های پیچیده، فنون جدیدی راه به مطالعات علم و فناوری باز کرده اند که از آن میان می توان به تلاش های محققان مختلف برای بهره گیری از ابزار های پیشینی آماری و غیر آماری، هوش مصنوعی، داده کاوی، شبیه سازی، سناریو سازی و غیره اشاره کرد [۳]. هدف انجام این تحقیق نشان دادن امکان پذیری استفاده از رویکرد سیستم دینامیک در ره‌نگاری و سیاست‌گذاری نظام آموزش عالی است. اما به دلیل حجم بالای متغیرها و تنوع آنها و در دسترس نبودن اطلاعات، در این تحقیق از رویکرد سیستم دینامیک (پویایی سیستم‌ها)<sup>۱</sup> برای مطالعه، توصیف و ترسیم وضعیت فعلی و شبیه سازی وضعیت آینده یک مسئله از یک زیرسیستم این نظام (زیرسیستم نقل و انتقالات بین رشته ای) استفاده شده است.

در این مقاله مسئله پویایی تقاضای ورود به رشته های مختلف و جابجایی جمعیت دانشجویان بین رشته ها مد نظر قرار گرفته است. تصمیم‌گیری در خصوص متغیرهایی که در طول زمان بر تقاضای ورود به یک رشته تاثیر گذاشته و منجر به افزایش یا کاهش جمعیت در یک رشته می‌شوند باعث می‌شود تا پیش بینی جمعیت آتی متقاضی برای ورود به رشته های مختلف و متعاقباً سیاست‌گذاری برای آنها دشوار باشد. از طرف دیگر تغییرات ترکیب جمعیتی رشته‌ها که ناشی از تغییر رشته و ورود دانشویانی با زمینه های متفاوت است، مبنایی برای شکل‌گیری بین رشته ای هاست که پیش بینی آنها در ره‌نگاری نظام آموزش عالی حائز اهمیت می‌باشد.

هدف از مطالعه این سیستم آن بوده است که بتوانیم وضعیت آتی این رشته‌ها را در دراز مدت تصویر کرده و تاثیر تغییرات در متغیرهای مختلف بر وضعیت آتی این رشته‌های را ارزیابی کنیم. هدف دیگر آن است که بتوانیم پس از

علم و فناوری همخوانی دارد و منظور از آنها یک برنامه راهبردی در سطح کلان است که افزون بر ترسیم چشم انداز و تصویر آینده وضعیت تحول همه متغیرهای دخیل در نظام علم، فناوری و نوآوری راه رسیدن به آن را نیز نشان می دهد. البته همین مفهوم را می توان در سطحی کوچکتر و برای یک یا چند متغیر از این نظام نیز به کار گرفت و ضمن تصویر وضعیت فعلی و وضعیت آتی متغیرها، راههای مختلف رسیدن به وضعیت آتی را نیز نشان داد. چنین نقشه یا ره-نگاشتی دیگر "جامع" نمی باشد. برای مثال ره نگاشت حوزه آموزش عالی، یا ره نگاشت رشته های علوم انسانی، یا ره نگاشت حوزه پژوهش [۱۰].

## ۲-۲ مدل سازی سیستم دینامیک

در دهه ۱۹۶۰ در زمینه سایبرنتیک و دینامیک سیستمها، پیشرفت های مهمی بوجود آمد. جی فارستر<sup>۲</sup> در سال ۱۹۶۱ مبحث دینامیک صنعتی<sup>۳</sup> را به وجود آورد. هدف او از طرح این موضوع آن بود که سازمانها و موسسات صنعتی را همانند سیستم های سایبرنتیک بنگرد و از راه شبیه سازی<sup>۴</sup>، نحوه کارشان را دریابد [۱۳].

مسائل سیستمها، ثبت و بررسی نقاط مهم عملکرد سیستمها، به شکل سناریویی از آینده است که رفتار گذشته و حال محیط سیستم را ملاک قرار می دهد. ثبت این سناریو، نیازمند بهره گیری از دانش و تکنیکی است که با بهره گیری از نگرش سیستمی، مشکلات را به درستی شناسایی و در جهت حل معضلات پیش آمده سریعترین واکنش رانشان می دهد. این دانش "سیستم دینامیک" یا پویایی سیستمها نام دارد. سیستم دینامیک روشهای مناسبی را برای شناسایی الگوی رفتاری سیستم در پرتو تفکر سیستمی، معرفی می نماید و به-علاوه کاربردهای متنوعی در تحلیل سیستمها به-خصوص سیستم های اقتصادی و اجتماعی (اقتصاد کلان، خرد، تورم)، فنی مهندسی (مکانیک سیالات، برق و...)، سیاسی (مدل روابط بین الملل، مدل تاثیرات جنگ و صلح)، فرهنگی و اجتماعی (مدل های توسعه شهری، سیاستگذاری علوم و...)، را ارائه می دهد.

اطلاعات تحلیل شده آماری هستند که به صورت گرافیکی و خلاصه ارائه شده اند. یکی از دلایل استفاده از ابزارهای گرافیکی شمار بالای متغیرهایی است که در ارزیابی علم و فناوری استفاده می شوند. این متغیرها ممکن است متغیرهای کمی مانند تعداد مقالات، تعداد استنادات، متغیرهای کمی درباره ویژگیهای نهادهای تولید کننده علم، رشته ها، نیروی انسانی و... باشند که در سطوح مختلف بین المللی، ملی، استانی، محلی و... ارزیابی می شوند. اما گاهی اوقات متغیرهای کیفی نیز به مجموعه متغیرهای کمی اضافه می شوند و نقشه ها را پیچیده تر، متراکم تر و در عین حال دقیق تر می سازند [۵].

یک ره نگاشت در حوزه آموزش عالی، سندی است که توسط فرایند ره نگاری ایجاد می گردد. این سند، نیازمندیهای مهم سیستم، مطلوبیتها و اهداف عملکردی آلترناتیوهای نظام آموزش عالی را شناسایی و مشخص کرده و یک راهنما برای رسیدن به مطلوبیتها و اهداف عملکردی می باشد. بطور کلی ره نگاشت آموزش عالی مسیرهای جدیدی را برای برآورده ساختن اهداف عملکردی مشخص شناسایی می کند. در مواقعی ممکن است یک مسیر منحصر به فرد انتخاب شود و برنامه برای آن مسیر توسعه داده شود. اما اگر عدم اطمینان یا ریسک بالا وجود داشته باشد، ممکن است مسیرهای چندگانه ای انتخاب گردد و بطور همزمان این مسیرها دنبال شوند [۶].

اگرچه تعریف استاندارد از یک ره نگاشت در حوزه آموزش عالی وجود ندارد، اما لوئیس بران کامب<sup>۱</sup> تعریف مختصری را به شکل زیر ارائه می دهد: "ره نگاشت عبارت است از یک چارچوب مورد توافق از چشم انداز برای آینده سیستم مورد مطالعه" [۸]. ره نگاشتها در حقیقت آنچه را که امکان و آنچه را که احتمال وقوع آن می رود را پیش بینی می کنند [۹]. بطور خلاصه ره نگاشتها به عنوان تصویر دیدگاههای گروهی از ذینفعان است در اینکه آنها چگونه و از چه مسیری می خواهند به اهداف مطلوبشان دست یابند [۱].

با توجه به تعاریف فوق، مفهوم نقشه جامع علمی که در سالهای اخیر وارد ادبیات ما شده است، با تعریف ره نگاشت

2-Jay Forrester  
3-Industrial Dynamics  
4-Simulation

1- Lewis Bran Comb

## ۳-۲ رویکردهای مختلف در سیاست‌گذاری و ره‌نگاری در نظام آموزش عالی

در سیاست‌گذاری و ره‌نگاری در نظام آموزش عالی رویکردهای مختلفی مورد توجه قرار گرفته است که از آن جمله می‌توان به کاربرد روشهای برنامه‌ریزی راهبردی و مدیریت تحول، روشهای طراحی نظامهای ملی (نوآوری، یادگیری...)، استفاده از روشهای آماری و ابزارهای سنجش کمی و روشهای آینده‌نگاری اشاره کرد. از جمله نقاط ضعف بر شمرده در این روشها می‌توان به این موارد اشاره کرد [۱۰]:

- برخی از این روشها، ماهیتاً برای تجزیه و تحلیل‌های سازمانی به وجود آمده‌اند و در سطوح بالاتر مانند سطوح ملی چندان موفق نیستند.

- سیاست‌گذاری و ره‌نگاری در نظام آموزش عالی شامل مسائل متعددی در این حوزه است که دارای ماهیت‌های مختلفی می‌باشند و یک روش منحصر به فرد برای حل همه آنها وجود ندارد.

- جزئی نگر بودن برخی از روشها و عدم وجود نگرش کل نگر و سیستماتیک

- سطحی بودن روشها، به این معنی که این روشها روابط علی و معلولی را نادیده گرفته و به ریشه‌یابی مسائل نمی‌پردازند، لذا تجویزی نیستند و فقط نشانه‌های مشکل را آشکار می‌کنند.

- وجود تفکر خطی و خطاهای آماری در آنها با توجه به نواقصی که در بالا به آنها اشاره شد، استفاده از رویکرد سیستم دینامیک به دلیل برخورداری از مزایای زیر قادر است ضعفهای بر شمرده برای روشهایی که تاکنون در سیاست‌گذاری و ره‌نگاری در نظام آموزش عالی استفاده شده‌اند را پوشش دهد [۱۳، ۱۴]:

- نگرش سیستمی و یکپارچه و نگاه غیر خطی به مسائل
- انطباق با مسائلی از زمینه‌های گوناگون
- به کارگرفته شده در حل مسائل متعدد در سطح ملی و حتی بین‌المللی

مراحل مدل‌سازی و حل یک مسئله با استفاده از رویکرد سیستم دینامیک به شرح زیر است [۱۴].

### ۱-۲-۲ مرحله اول: مدل‌سازی

الف- شناخت سیستم مورد مطالعه: در این مرحله باید برای این پرسش‌ها پاسخی یافت: ۱- مسئله چیست؟ چه چیزی را می‌خواهیم بررسی کنیم و چرا برای ما مهم شده است؟ ۲- متغیرهای کلیدی و مفاهیم اصلی سیستم، چه می‌باشند؟ ۳- محدوده زمانی مورد مطالعه مسئله چیست؟ (از چه زمانی تا چه زمانی) ۴- رفتار سیستم و متغیرهای اصلی آن در گذشته به چه صورت بوده است و پیش‌بینی می‌شود در آینده به چه صورتی باشد.

ب- ترسیم نمودار علت و معلولی<sup>۱</sup> بر اساس فرضیات روش مدل‌سازی و به صورت‌های ممکن (دیاگرامهای ساختار خط‌مشی<sup>۲</sup>، دیاگرام حلقه‌های علت و معلولی، نمودارهای نرخ و حالت، سایر ابزارهای مدل‌سازی)

ج- تعیین ساختار و الگوی رفتاری سیستم

### ۲-۲-۲ شبیه‌سازی مدل

این بخش از مراحل زیر تشکیل شده است: ۱- فرموله کردن مدل شبیه‌سازی شده ۲- تعیین مقادیر اولیه متغیرها و تخمین احتمالی آنها ۳- تست تطابق مدل و رفتار واقعی سیستم ۴- تحلیل حساسیت مدل در برابر رفتارهای مختلف

### ۳-۲-۲ بررسی سیاستها و تصمیم‌گیری

مهمترین اقداماتی که در این مرحله انجام می‌شوند، عبارتند از: ۱- بررسی روشهای تصمیم‌گیری در خصوص سیستم، بررسی اینکه چه شرایط و حالت‌هایی ممکن است، رخ بدهد؟ چه معیارهایی برای تصمیم‌گیری‌های بهتر می‌توان تعریف کرد و چگونه می‌توان آنها را در مدل نشان داد؟ ۲- تحلیل حساسیت این تغییرات، بررسی روابط میان سیاستها و تصمیمات مختلف، بررسی نوع ارتباطات میان آنها و چگونگی تاثیر آنها بر هم.

1-Causal Loop  
2-Policy Structure

- قابلیت مدلسازی وضع موجود و پیشنهاد وضع مطلوب در کنار ارائه توصیه هایی درباره مسیر رسیدن به وضعیت مطلوب
- استفاده از رویکرد کیفی در طراحی مدل در کنار استفاده از روشهای کمی در شبیه سازی
- انعطاف این روش در برابر بزرگ شدن مرزهای مسئله و افزایش تعداد متغیرها یا تغییر روابط
- عدم محدودیت به تحلیل حوزه دانشی خاص

## ۲-۴ استفاده از رویکرد سیستم دینامیک در تدوین سیاست و ارائه ره نگاشت

تحقیقات سیستم دینامیک در زمینه های متعدد مدیریت مانند عملیات، رفتار سازمانی، تصمیم گیری، سیاست- گذاری و استراتژی به کار رفته است. اما نقش سیستم دینامیک در زمینه سیاست گذاری و استراتژی مهم تر و بارزتر بوده است؛ چرا که محققان استراتژی علاقمند به دانستن تئوری های پویایی هستند که قادر به تبیین تفاوت عملکرد نظامهای مختلف باشند. همچنین آنها به تصمیم گیریهای مدیریتی به عنوان منبع ایجاد پویایی در سیستمها اهمیت می دهند و روش سیستم دینامیک می تواند این دو عامل را به خوبی برای استراتژیست ها توضیح دهد. ایجاد و آزمون تئوریهایی که الگوهای وابسته به زمان را درباره عملکرد نظامهای مختلف تبیین می کنند، از جمله مشکلات تصمیم گیرندگان برای انتخاب ره نگاشت است که روش سیستم دینامیک به علت برخورداری از ابزارهایی مانند پیش بینی، تحلیل حساسیت، سناریو سازی، و تعریف سیاستهای مختلف به خوبی از عهده آن بر می آید [۱۵].

اگر چه سیستم دینامیک در رابطه با ایجاد استراتژی و تدوین ره نگاشت در نظامهای متعددی به کار گرفته شده است، اما سابقه استفاده از این روش در تحلیل نظامهایی که پیچیدگی آنها بیشتر و پیش بینی آینده آنها دشوار تر است، بیشتر است. چيونگ چی و همکاران<sup>۱</sup> از مدل- سازی سیستم دینامیک برای تحلیل استراتژی دراز مدت در حوزه انرژی بهره بردند. آنها در تحقیق خود

سناریوهای متعددی را مورد ارزیابی قرار دادند و نهایتاً ره نگاشت مطلوب را عرضه کردند [۱۵]. در حوزه مطالعات نظام فناوری نیز تحقیقات زیادی به چشم می- خورد. هکرت و همکاران<sup>۲</sup> برای آنالیز تغییرات فناوری و تحلیل عملکرد سیستم نوآوری از روش سیستم دینامیک استفاده کردند. آنها با نشان دادن اهمیت نقش سیستم نوآوری در نظام کلی فناوری، مدلی پویا از سیستم نوآوری ارائه کردند که با چارچوبهای سنتی قبلی متفاوت است [۱۷]. پویایی های نظام فناوری قبلا مورد توجه محققان دیگری نیز قرار گرفته بود [۱۸، ۱۹، ۲۰، ۲۱، ۲۲]. همچنین تحقیقات مستقلى در ارتباط با تحلیل متغیرهای مختلف نظام علمی و آموزشی یافت می شود که دامنه مطالعه آنها از بررسی چند متغیر با استفاده از سیستم دینامیک تا مطالعه زیرسیستم های بزرگتر این نظام مانند تربیت نیروی انسانی یا تصمیم- گیری در رابطه با ایجاد نهادهای آموزشی متغیر است [۲۳]. نوع دیگر این تحقیقات به رابطه و تاثیرات متقابل و پیچیده نظام های علم و فناوری پرداخته و منجر به ایجاد تئوری هایی در تبیین این روابط دو سویه شده اند [۲۴، ۲۵، ۲۶]. بررسی این منابع نشان داد که در کلیه این تحقیقات مراحل اصلی انجام تحقیق از مراحل کلی روش سیستم دینامیک که در بخش قبل ذکر شد تبعیت می کند.

## ۳- متدولوژی و مدل تحقیق

متدولوژی انجام تحقیق بر مبنای مراحل کلی روش سیستم دینامیک می باشد، به نحوی که در ابتدا با استفاده از مطالعه و بررسی وضعیت موجود به شناخت متغیرهای سیستم مورد مطالعه پرداخته شده است. سپس با بررسی رفتار متغیرها در سیستم مورد مطالعه و دریافت نظر خبرگان از طریق مصاحبه های شفاهی با خبرگان روابط بین متغیرها شناسایی و دسته بندی شدند. پس از بیان فرضیه دینامیکی، نمودار علت- معلولی مربوط تهیه شده و پس از بررسی و اصلاح نمودار علت- معلولی، مدل نرخ و حالت تهیه گشته است. همزمان با

2 - Hekkert et al.

1- Chyong Chi et al.

ایران، علامه طباطبایی، تربیت مدرس در طول ۳ سال و در مجموع اطلاعات مربوط به ۳۵۶۳ نفر از دانش‌جویان برای محاسبه مقدار متغیرهای نرخ و همچنین مقدار دهی اولیه به متغیرهای حالت مورد استفاده قرار گرفته است.

### ۲-۳ معرفی مدل و متغیرهای آن

در سال‌های اخیر تقاضای دانشجویان برای جابجایی از رشته خود به رشته‌های دیگر و یا به عبارت دیگر تغییر رشته تحصیلی به امری متداول تبدیل شده است. در این میان جابجایی میان برخی رشته‌ها بیشتر و معنادار است و به نظر می‌آید برخی رشته‌ها وجود دارند که دارای تقاضای بیشتر و مقصد جابجایی‌های دانشجویان می‌باشند و برخی دیگر عمدتاً مبدا نقل و انتقالات می‌باشند. در این میان جابجایی با تعدد زیاد بین دو رشته به علت انتقال دو سویه مفاهیم، دانش و تئوری‌های پایه‌ای می‌تواند به وجود آورنده یک حوزه جدید یا جبهه جدید یا رشته جدید باشد که برای سیاست‌گذاران در نظام آموزش عالی معنادار خواهد بود [۲۷]. ضمن این که آگاهی از سطح تقاضا برای ورود به رشته‌های مختلف نیز در تصمیم‌گیری‌های سیاست‌گذاران مفید است. در سیستم مورد مطالعه‌ی ما رشته‌های اصلی که مورد مطالعه قرار گرفتند، رشته‌هایی با میزان پذیرش زیاد دانشجو از سایر رشته‌ها هستند که به آن‌ها نام رشته‌های مقصد می‌دهیم و عبارتند از مدیریت فناوری اطلاعات، مدیریت صنعتی، مدیریت دولتی، مدیریت مالی، مدیریت بازرگانی، مدیریت آموزشی، مهندسی صنایع، مهندسی سیستم‌های اقتصادی اجتماعی، مدیریت اجرایی، مهندسی فناوری اطلاعات. این رشته‌ها نقش متغیرهای حالت را ایفا می‌نمایند. دسته دیگر متغیرهای حالت رشته‌های مبدا هستند که ارسال‌کننده دانشجو به این رشته‌ها هستند و تعداد آن‌ها در مدل برابر صد و هشت عدد می‌باشد. متغیرهای نرخ عبارتند از نرخ جابجایی موفق بین دو رشته مبدا و مقصد به این ترتیب که برای هر دو رشته مبدا و مقصد یک متغیر نرخ تعریف شده است که نشان می‌دهد چند درصد از متقاضیان ورود به رشته‌ی مقصد که دارای رشته مبدا هستند در ورود به رشته مقصد موفق هستند سایر متغیرهای نرخ عبارتند از نرخ رشد سالیانه جمعیت رشته

تکمیل مدل نرخ و حالت، فرمول‌های ریاضی تکمیل شده و مدل ریاضی نیز شکل گرفته است.

مدل طراحی و اجرا شده و رفتار متغیرها با رفتار گذشته آنها در واقعیت مقایسه شد. همچنین روش‌های دیگر تست مدل در رویکرد سیستم‌های پویا مانند تست کفایت مرزهای مدل، تست ساختار، تست حالت حدی، تست دیمانسیون و تست بازتولید رفتار مورد استفاده قرار گرفته و از صحت مدل شبیه‌سازی شده اطمینان حاصل شده است.

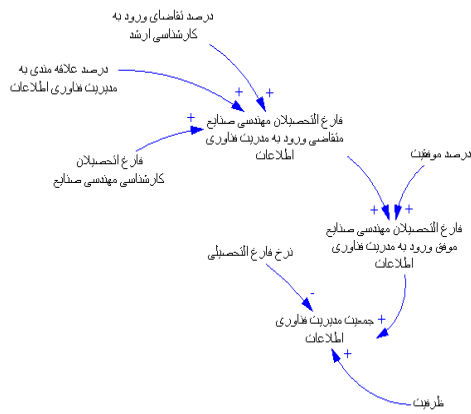
پس از اطمینان از توانایی مدل در شبیه‌سازی رفتار واقعی سیستم مورد مطالعه، با استفاده از نظر خبرگان سیاست‌هایی برای بهبود مدل ارائه شده و نتایج این سیاستها - ضمن ارائه نحوه اعمال تغییرات در مدل - با اجرای مدل جدید نمایش داده شده است.

### ۱-۳ جامعه و نمونه آماری

با توجه به توضیحاتی که در مقدمه مقاله داده شد، رشته‌های مورد بررسی این تحقیق عبارتند از مدیریت فناوری اطلاعات، مدیریت صنعتی، مدیریت دولتی، مدیریت مالی، مدیریت بازرگانی، مدیریت آموزشی، مهندسی صنایع، مهندسی سیستم‌های اقتصادی اجتماعی، مدیریت اجرایی، مهندسی فناوری اطلاعات. همچنین تمرکز این تحقیق بر تقاضای دانشجویان در مقطع کارشناسی ارشد قرار دارد که در آن دانشجویان بر مبنای تقاضای واقعی خود دست به انتخاب رشته می‌زنند و ممکن است آگاهانه بین رشته‌های مختلف جا به جا شوند. دلیل انتخاب این رشته‌ها، ورود دانشجویانی با تحصیلات قبلی متفاوت به آنها و نقل و انتقالات زیاد در آنها می‌باشد. لذا جامعه آماری مورد مطالعه عبارت از جمعیت دانشجویان متقاضی ورود به کارشناسی ارشد در رشته‌های نامبرده است. در روش سیستم دینامیک، هنگام ارائه مدل ریاضی نیاز به فرموله کردن روابط بین متغیرها و نیاز به مقدار دهی اولیه به متغیرهای حالت و یا تعیین نرخ‌های تغییر داریم که برای این منظور از یک نمونه آماری در دسترس بهره بردیم. استفاده از این روش در تحقیقات سیستم دینامیک متداول است [۲۳].

برای تهیه نمونه، داده‌های موجود از دانشکده‌های مدیریت، صنایع و کامپیوتر دانشگاه‌های شهید بهشتی، علم و صنعت





شکل ۱) نمودار علت و معلولی برای رابطه رشته مدیریت فناوری اطلاعات و مهندسی صنایع

به محض اینکه مسئله طی یک افق زمانی مناسب شناسایی و مشخص گردید، مدل سازان باید شروع به تدوین نظریه ای به نام فرضیه دینامیکی یا فرضیه پویا کنند. فرضیه دینامیکی، پویاست زیرا باید توضیحی از مشخصه پویایی مسئله بر حسب بازخوردهای مهم و ساختار نرخ و حالت سیستم ارائه نماید. همچنین فرضیه دینامیکی یک فرضیه است، چرا که همیشه موقتی بوده و بر اساس یادگیریمان از فرآیند مدلسازی و دنیای واقعی مورد تجدید نظر یا اصلاح قرار می‌گیرد [۲۳].

به طور خلاصه فرضیه دینامیکی یک تشریح با دید دینامیکی و سیستمی (از نوع سیستم بسته) است. فرضیه دینامیکی که می‌توان برای این بخش سیستم ارائه کرد به این ترتیب است: (با افزایش فارغ التحصیلان رشته مهندسی صنایع، تعداد افراد فارغ التحصیل صنایع علاقمند به ورود به رشته مدیریت فناوری اطلاعات نیز افزایش می‌یابد. البته این افزایش تحت تاثیر درصد کلی تقاضای ورود به کارشناسی ارشد در هر سال و همچنین درصد علاقمندی کل برای ورود به رشته مدیریت فناوری اطلاعات است. درصدی از این علاقمندان موفق به ورود به این رشته می‌شوند، که ترکیب فارغ التحصیلان شاغل به تحصیل در کارشناسی ارشد مدیریت فناوری را در هر سال تشکیل می‌دهند و طبیعتاً افزایش تعداد آنها افزایش جمعیت کل دانشجویان مدیریت فناوری اطلاعات را تشکیل می‌دهد. البته جمعیت دانشجویان رشته مدیریت فناوری اطلاعات تحت تاثیر متغیر مهمی به نام ظرفیت است که اثر افزایشی بر این متغیر داشته و در عین حال از تفاضل آن با متقاضیان ورود به رشته مدیریت فناوری اطلاعات می‌توان

های مبدا، نرخ رشد تقاضا برای ورود به کارشناسی ارشد و نرخ فارغ التحصیلی.

همچنین برای ارزیابی و شناسایی بهتر وضعیت مدل از متغیرهای کمکی مانند مقدار ظرفیت هر رشته، درصد جمعیت شاغل به تحصیل از یک رشته مبدا در یک رشته ی مقصد و یا میزان تقاضای اضافه بر ظرفیت موجود استفاده شده است.

### ۳-۳ نمودار علت و معلولی و فرضیه دینامیکی

برای درک بهتر ساختار سیستمها وجود یک زبان مدل سازی ضروری است. در سیستم دینامیک به این زبان، نمودارهای بازخور یا علت و معلولی<sup>۱</sup> می‌گویند. تفاوت این دیگرام با سایر نمودارها مثل فلوجارت و.. در نمایش روابطی است که به سادگی در سایر نمودارها قابل ترسیم نیستند. این نمودار نمایانگر روابطی است که در سیستمهای واقعی از آنها به عنوان زنجیره های حلقوی علت و معلولی<sup>۲</sup> یاد می‌شود. در این نگرش روابط تنها رفت یا برگشتی نیستند و یکی از مهمترین نکاتی که در این نگرش مطرح می‌شود، تاثیر هر جزء برخورد در حلقه های علت و معلولی است. درست بر خلاف نگرش سنتی که به جای حلقه های بسته با حلقه های باز روبرو هستیم [۲۸].

پس از شناسایی متغیرها اثر افزایشی یا کاهشی متغیرها بر یکدیگر از طریق ترسیم نمودارهای علی معلولی برای هر رشته مورد مطالعه نشان داده شده است. برای مثال بخشی از نمودار علی و معلولی ترسیم شده برای رشته مدیریت فناوری اطلاعات با مهندسی صنایع در شکل ۱ نشان داده شده است. از یکپارچه سازی و کنار هم گذاشتن این نمودارهای علی و معلولی برای کلیه رشته های مورد مطالعه نمودار علت و معلولی کلی به دست آمده است.

همانطور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، این نمودار رابطه میان تقاضا برای ورود به رشته مدیریت فناوری اطلاعات (به عنوان یکی از رشته های مورد مطالعه) را با رشته مهندسی صنایع (به عنوان یک رشته مبدا) نشان می‌دهد.

1- causal loop  
2-Cause -Effect

رشته مورد نظر بر تعداد کل ورودی‌ها تقسیم شده است. برای مثال برای استخراج نرخ جریان بین رشته مدیریت فناوری اطلاعات و رشته مهندسی صنایع، تعداد دانشجویان رشته صنایع که در سه سال مورد بررسی وارد رشته مدیریت فناوری اطلاعات شده‌اند، بر کل دانشجویان ورودی به رشته مدیریت فناوری اطلاعات تقسیم شده است تا نرخ جریان مشخص شود. برای تکمیل نمودار نرخ و حالت نرخ جریان بین کلیه رشته‌های مبدا و کلیه رشته‌های مقصد محاسبه شده و جمعیت موجود هر یک از رشته‌ها نیز از نمونه در دسترس محاسبه شده است و اعداد به دست آمده در گزارش نهایی طرح تحول راهبردی علم و فناوری ایران موجود است.

#### ۳-۴-۲ ترسیم نقشه وضع موجود

با توجه به روابط استخراج شده بین رشته‌های مختلف، و نرخ‌ها و تنوع‌های ورودی و خروجی، نقشه وضع موجود این رشته‌ها در شکل ۲ ترسیم شده است. در این شکل رشته‌های مورد مطالعه (رشته‌های مقصد) که عمدتاً در مقطع ارشد و دکترا و رشته‌های مبدا که در مقطع کارشناسی هستند نشان داده شده‌اند. خطوط شکسته رسم شده در این نمودار روابط بین رشته‌ها را نشان می‌دهند. برای مثال در مورد رشته مدیریت صنعتی، بیشترین جریان ورودی از یک رشته دیگر با نرخ ۱۷ درصد از مهندسی صنایع بوده است و بعد از آن مهندسی مکانیک با نرخ ۷ درصد در رتبه دوم قرار دارد. همچنین نرخ ورودی از دانشجویان مدیریت صنعتی ۵۳ درصد بوده است.

در نقشه وضع موجود سه ناحیه اصلی ترسیم شده است که گروه مدیریت را از گروه صنایع و گروه کامپیوتر جدا کرده است. همچنین در این نقشه ناحیه‌هایی وجود دارد که به معنی شکل‌گیری یک ناحیه جدید است، چرا که شدت جریان بین رشته‌های دو ناحیه مختلف (هم ورودی و هم

میزان تقاضای اضافه بر ظرفیت را نیز محاسبه کرد که متغیر ارزشمندی در تصمیم‌گیری‌ها می‌باشد. متغیر نرخ فارغ‌التحصیلی سالانه از رشته مدیریت فناوری اطلاعات نیز باعث کاهش متغیر جمعیت مدیریت فناوری اطلاعات می‌شود.»

واضح است که این متغیر تحت تاثیر تمام رشته‌های ورودی دهنده به مدیریت فناوری اطلاعات نیز می‌باشد، لذا نمودار علی معلولی با اضافه شدن تک تک این متغیرها گسترش یافته و فرضیه دینامیکی نیز به همان ترتیب بسط می‌یابد.

#### ۳-۴-۳ ترسیم نمودار حالت و نرخ (نمودار جریان و موجودی)

نمودار دیگری به نام حالت - نرخ در سیستم دینامیک مورد استفاده قرار می‌گیرد. این نمودار از سه عنصر اصلی حالت، جریان و اطلاعات تشکیل شده است. اما آنچه اساس این تفکر را بیان می‌کند، این نکته مهم است که می‌توان هر نوع فرآیند و سیستمی را با استفاده از این سه عنصر اصلی ترسیم نمود و در حقیقت این سه عنصر عناصر سه‌گانه مدل‌سازی سیستمها را تشکیل می‌دهند. بر خلاف نمودار علت و معلولی، این نمودار قابلیت نمایش متغیرهایی را که در طول زمان تغییر می‌کنند و نرخ رشد آنها را داراست. در این نمودار از مستطیل برای نشان دادن متغیر حالت و از علامت پایون یا شیر وارونه برای نشان دادن متغیر جریان استفاده می‌کنند [۲۸]. در مدل این تحقیق جمعیت فعلی رشته‌های مورد مطالعه (هم رشته‌های مبدا و هم رشته‌های مقصد) به عنوان متغیرهای حالت، و میزان افزایش و کاهش سالانه آنها و همچنین میزان جابجایی‌های بین رشته‌ای به عنوان متغیرهای نرخ فرض شده‌اند.

#### ۳-۴-۱ محاسبه نرخ جریان میان رشته‌های مختلف

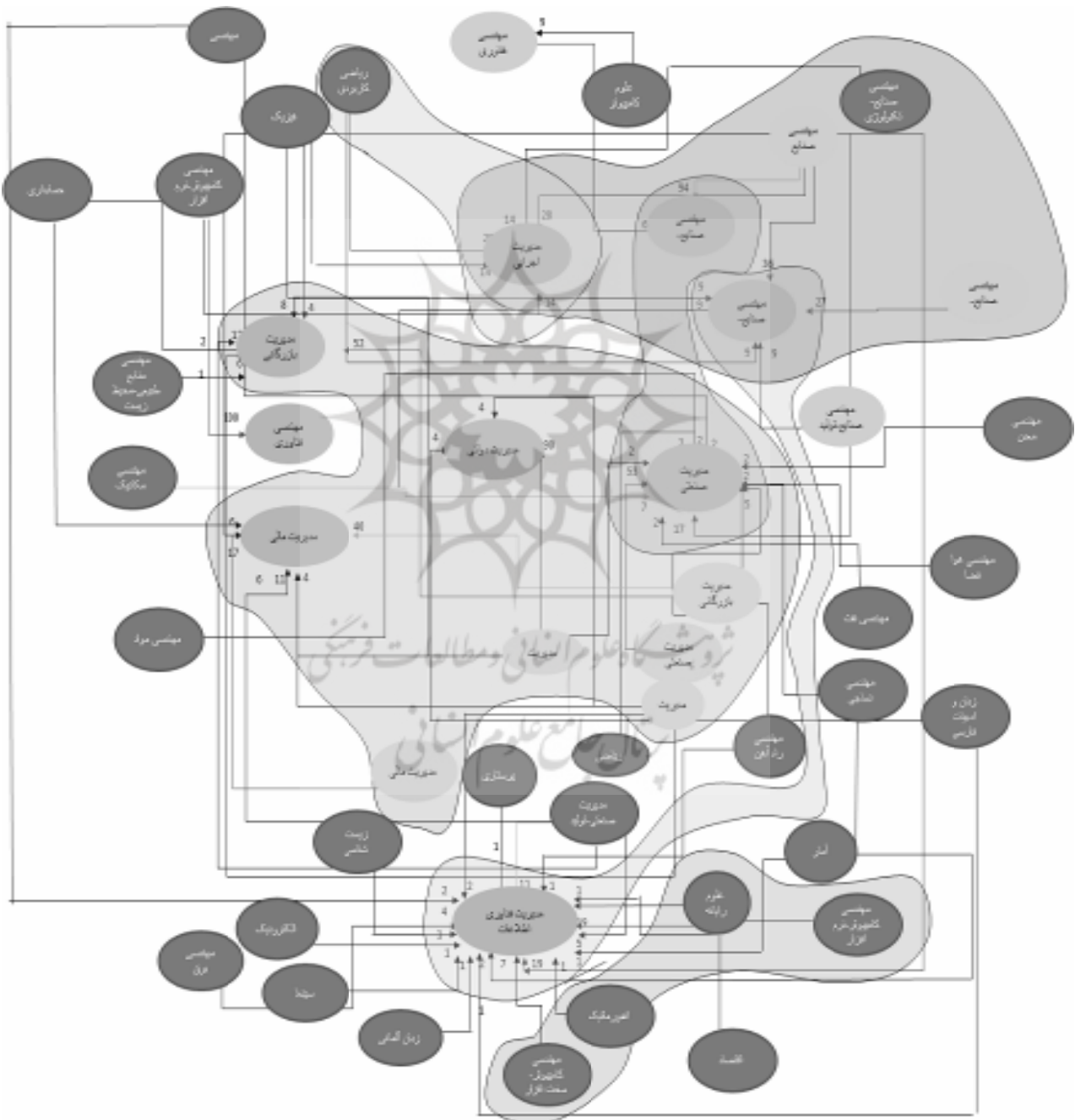
با بررسی داده‌های موجود از دانشکده‌های مدیریت، صنایع و کامپیوتر دانشگاه‌های شهید بهشتی، علم و صنعت ایران، علامه طباطبائی، در مجموع اطلاعات مربوط به ۳۵۶۳ نفر از دانشجویان پردازش شده است. برای به دست آوردن نرخ جریان میان رشته‌های مختلف تعداد دانشجویان ورودی از

۲- در نسخه اصلی از رنگها برای نشان دادن شدت جریان بین رشته‌ها استفاده شده است. خط قرمز نشان دهنده بیشترین جریان ورودی از یک رشته دیگر را نشان می‌دهد و خط سبز از نظر شدت جریان در رتبه دوم قرار دارد. خطوط بنفش انتقالات درون رشته‌ای را نشان می‌دهند و به معنای نرخ ثبات در همان رشته هستند و خطوط سیاه نیز سایر ارتباطات بین رشته‌ای با شدت جریات متوسط هستند.

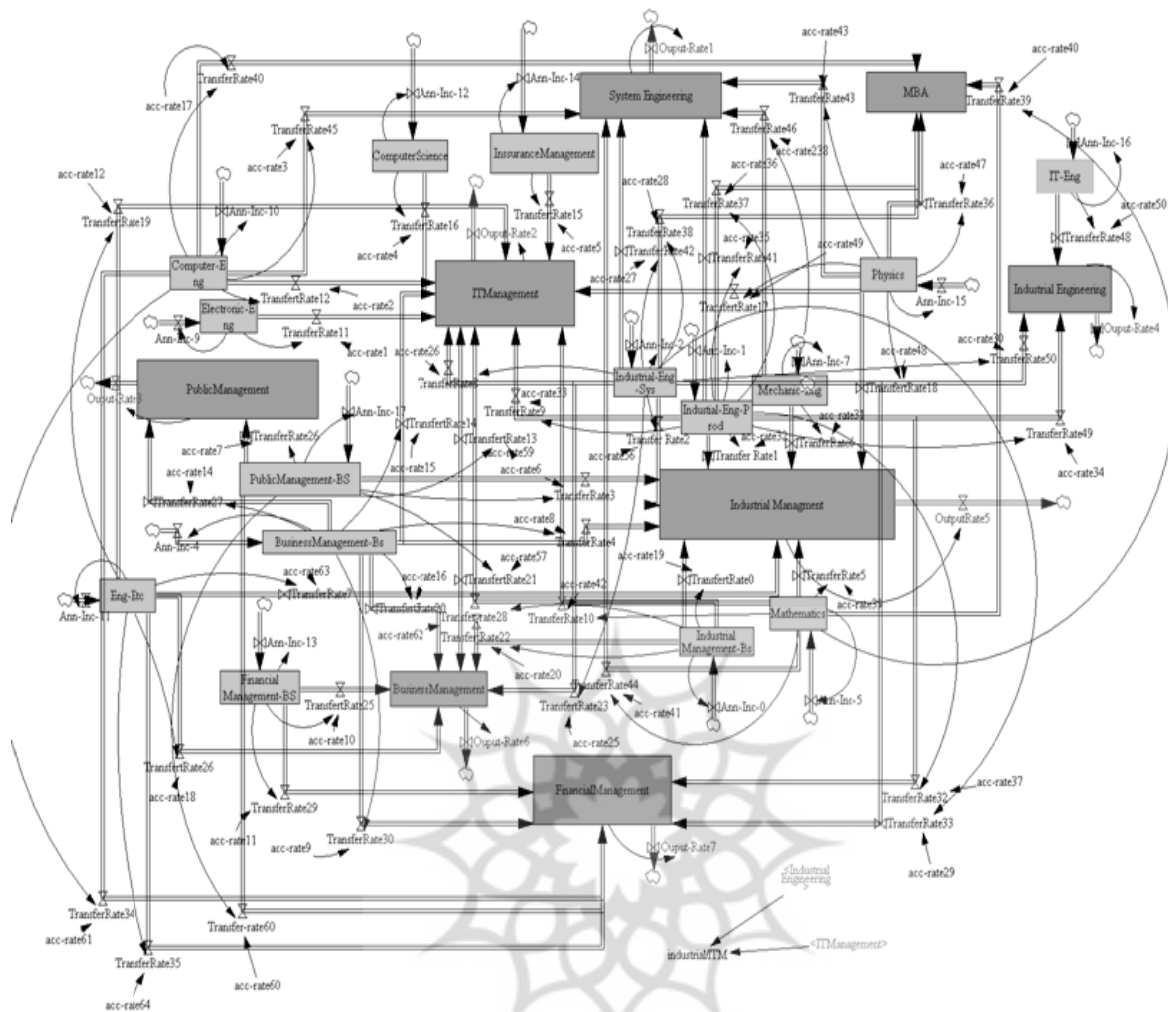
با توجه به موارد ذکر شده هر کدام از رشته های مورد بررسی در مدلی جدا گانه ترسیم شده و رشته های ورودی و خروجی به آن با در نظر گرفتن نرخ های استخراج شده از نمونه ذکر شده (نمونه 3563 تایی) نیز در مدل ترسیم شده اند و نهایتاً مدل نهایی با ۱۵۰ متغیر به دست آمده است که در شکل ۳ ارائه شده است.

خروجی) این رشته ها را به یکدیگر بسیار نزدیک کرده است به طوری که می توانند تشکیل یک ناحیه جدید را بدهند. این نواحی بین رشته های مهندسی صنایع - سیستم و مدیریت فناوری اطلاعات؛ مهندسی صنایع - صنایع و مدیریت صنعتی؛ و مدیریت اجرایی و ریاضیات به وجود آمده اند.

۳-۴-۳- ترسیم نمودار نرخ و حالت (جریان و موجودی)



شکل ۲) نقشه وضع موجود از رشته های مورد بررسی



شکل ۳) نمودار نرخ و حالت مسئله

#### ۴- آزمون مدل

• تست دیمانسیون<sup>۳</sup>: به منظور تعیین واحد متغیرها و هماهنگی ابعاد آنها با واقعیت تست سازگاری توابع عددی<sup>۴</sup>: به منظور جلوگیری از بروز رفتارهای غیر منطقی از مدل تست بازتولید رفتار<sup>۵</sup>: برای انجام این تست رفتار متغیرهای مدل با الگوهای رفتاری<sup>۶</sup> که با استفاده از داده های واقعی به دست آمده است آزمون می شود. این آزمون به دو روش انجام شده است:

مهمترین آزمونهایی که برای اطمینان از اعتبار مدل های سیستم دینامیک انجام می شوند عبارتند از [۲۳]:

- تست کفایت مرزهای مدل<sup>۱</sup>: برای اطمینان از درست انتخاب شدن مرزهای مدل
- تست حالت حدی<sup>۲</sup>: در این تست رفتار متغیرهای اصلی مدل در حالت های حدی (مقادیر بسیار زیاد و بسیار کم) بررسی شده و میزان حساسیت مدل در برابر این تغییرات مطالعه می شود. منفی نشدن متغیرهای حالت نیز از جمله موارد بررسی شده در این تست می باشد.

3 -Dimension Test  
4-Function Consistency  
5 -Behavior Reproduction  
6 -Reference Mode

1 -Boundary Adequacy  
2 -Extreme Test

الف - مقایسه رفتار متغیرهای مدل با واقعیت توسط مشاهده شکل نمودارها در دوره زمانی یکسان

در این روش فراز و فرودهای مدل شبیه سازی شده در شکل کلی و همچنین میزان تغییرات آن در مقاطع زمانی خاص و هنگام بروز شک های وارده به سیستم با واقعیت مقایسه شده و میزان توانایی مدل در باز تولید این رفتارها مورد بررسی قرار می گیرد.

ب- مقایسه رفتار متغیرهای مدل با واقعیت توسط روش های آماری

در این روش بر اساس آنچه در کتابهای مرجع پویایی سیستم و مقالات عملی در این زمینه اشاره شده است از دو آماره میزان همبستگی (r) و همچنین میانگین مربعات خطا (MSE) به منظور ارزیابی توانایی مدل در باز تولید رفتار استفاده می شود. در روش تعیین میزان همبستگی از جذر ضریب تعیین (r<sup>2</sup>) برای تعیین r استفاده شده که بیانگر درصدی از تغییرات متغیر واقعی است که توسط متغیر شبیه سازی شده قابل بیان و تعیین بوده است.

$$r^2 = \left( \frac{1/n \sum_{t=1}^n (S_t A_t) - \bar{S} \bar{A}}{S_S S_A} \right)^2$$

که در آن:

$$S_t = \text{داده شبیه سازی شده} \quad A_t = \text{داده واقعی}$$

$S_S$  = انحراف معیار داده های شبیه سازی شده،  $S_A$  = انحراف معیار داده های واقعی.

همچنین در تعیین میانگین مربعات خطا (MSE) از فرمول زیر استفاده

$$MSE = 1/n \sum_{t=1}^n (S_t - A_t)^2$$

شده است:

اما آنچه در مورد میانگین مربعات خطا اهمیت دارد استفاده از فرمول تیل<sup>۱</sup> برای تجزیه خطا به سه بخش زیر است که با استفاده از این فرمول آماره های تیل تعیین می شوند:

$$U^M = (\bar{S} - \bar{A})^2 / MSE$$

که بیانگر انحراف میانگین مدل

شبیه سازی شده از مدل واقعی است. در واقع در حالتی که این آماره برابر یک و دو آمار دیگر صفر است یکی از نمودارها بالاتر از دیگری قرار دارد.

$$U^S = (S_S - S_A)^2 / MSE$$

که بیانگر اختلاف واریانس ها

است و اختلاف پراکندگی دو نمودار را مشخص می کند.

$$U^C = 2(1-r)S_S S_A / MSE$$

که بیانگر انحراف

کوواریانس ها می باشد و در حالتی که این آماره برابر یک و دو آماره دیگر صفر باشند نمودارها دارای میانگین ها و پراکندگی های یکسان بوده اما اختلاف فاز بین آنها وجود دارد. بر اساس این سه آماره می توان برداشت مناسبی از منشا خطا به دست آورد.

در این بخش نتیجه مهمترین تست هایی که روی مدل انجام شده است به عنوان تست رویی مدل، ارائه می شود.

#### ۴-۱- تست کفایت مرزهای مدل

در ارتباط با مدل ارائه شده در این تحقیق رشته های مورد مطالعه اصلی (رشته های مبدا) مبنای انتخاب متغیرهای درونزا هستند و در بسط مدل سعی شده است تا برخی متغیرها که باعث گسترش خالی از فایده مدل می شوند، به صورت برونزا در نظر گرفته شوند. برای مثال درصد افزایش ظرفیت سالیانه رشته های کارشناسی، یا درصد تقاضای ورود به دوره کارشناسی ارشد فقط به عنوان یک متغیر برونزا مقدار دهی شده است و از پرداختن به عوامل ایجاد کننده آنها اجتناب شده است. باید اشاره نمود که مقادیر تعیین شده برای متغیرهای برونزا بر اساس میانگین مقادیر آنها در واقعیت تعیین شده و با توجه به عدم تغییر زیاد این متغیرها، می توانند تقریب مناسبی از رفتار حاصل از تراکنش مجموعه متغیرهای خارجی آن بخش باشند [۲۳].

#### ۴-۲- تست حالت حدی:

انجام این تست نشان داد که در مدل نهایی با تغییر در مقدار متغیرهای اصلی در مقادیر صفر، منفی یا بی نهایت، تنها میزان شیب یا دامنه نمودارها تغییر کرده و به عبارت دیگر در تقاضاهای بسیار کم یا بسیار زیاد برای ورود به یک رشته رفتار غیر منطقی از مدل مشاهده نمی شود.

#### ۴-۳- تست دیمانسیون

این آزمون به منظور تعیین واحد متغیرها و هماهنگی آنها با واقعیت انجام می شود که در مورد متغیرهای مدل انجام شده و با توجه به وجود ضرایب مورد نیاز مانند ضریب علاقتمندی

همانطور که تحلیل آماری بالا نشان می دهد هر چند روند ها به یکدیگر شبیه است اما مدل شبیه سازی شده تنها ۴۵٪ تغییرات نمودار اصلی را پوشش می دهد (منظور از نمودار، نمودار ترسیم شده برای سه سال گذشته است). اما تحلیل خطا و آماره های تیل نشان می دهد که مشکل اساسی در اختلاف فاز بین نمودارها بوده و ۸۶٪ خطاها مربوط به این بخش است. همچنین ۱۶٪ خطاها مربوط به اختلاف واریانس ها و پراکندگی دو نمودار در نقاط زمانی همسان است. بخش دیگری که در جدول بالا جلب توجه می کند صفر بودن سرجمع اختلاف میانگین ها در دو نمودار است که نشان دهنده دقت مناسب مدل در این بخش است. البته باید توجه داشت که این اعداد میانگینی از رفتار نمودارها در کل دوره هستند و در مقاطع زمانی، خطا شاید به گونه دیگری باشد اما در کل نمودار، اختلاف میانگین ها صفر است. در کل به نظر می رسد نمودار شبیه سازی شده توانسته تا حد مطلوبی رفتار نمودار واقعی را باز سازی نماید هر چند با اختلاف فاز و تا حدی تفاوت در میزان پراکندگی. این خروجی درباره سایر نرخهای جابجایی نیز صادق بوده و همخوانی روند ها تا حد مورد قبولی قابل مشاهده می باشد جهت اختصار از ارائه نتایج تست برای سایر متغیرها اجتناب شده است.

#### ۵- تحلیل نتایج حاصل از مدل

در این قسمت به ارائه رفتار متغیرهای اصلی مدل (رشته های مورد مطالعه در این تحقیق) در ۲۰ سال آینده می پردازیم بازه زمانی برای اجرای شبیه سازی دلخواه است و مدل قابلیت اجرا برای هر بازه زمانی مورد نظر را دارد اما جهت ارزیابی نتایج در چشم انداز بیست ساله نظام علم و فناوری این بازه بیست ساله انتخاب شده است. در شکل ۴ رفتار متغیرهای اصلی نشان داده شده است. همان طور که از رفتارهای زیر پیداست انواع الگوهای معروف رفتاری (نمایی، هدف جو، S-شکل و ترکیبی) توسط متغیرها نشان داده شده است. سیاستگذاران رشته های دانشگاهی می توانند با استفاده از این الگوها علاوه بر پیش بینی تقریبی تقاضا برای هر رشته در سالهای آتی متوجه رشدهای حبابی، یا نزولهای زودرس در

به یک رشته، ضریب قبولی دانشجویان یک رشته در رشته دیگر و.. تبدیل واحدها به موقع انجام شده و طبق خروجی نرم افزار ونسیم<sup>۱</sup> واحد متغیرها با واقعیت تطابق دارد.

#### ۴-۴- تست سازگاری توابع عددی

برای محاسبه مقادیر مربوط به متغیرها، از توابع عددی استفاده شد. در بررسیهای متعدد روی مدل این نتیجه به دست آمد که برخی از مقادیر باعث رفتار غیر منطقی مدل می شوند که آن مقادیر حذف شده و فرمول مربوطه بازنگری شد.

#### ۴-۵- تست بازتولید رفتار

برای انجام این تست رفتار متغیرهای مدل را با الگوهای رفتاری که با استفاده از داده های واقعی به دست آمده است و در بخش ۳-۱ ارائه شد، آزمون شده است. البته در این تحقیق برای انجام این تست، نیاز به وجود داده های واقعی مربوط به سالهای گذشته وجود داشت که همان طور که در بخش متدولوژی ذکر شد، پایگاه داده مورد استفاده این تحقیق مربوط به سه سال گذشته می باشد، علی رغم کم بودن داده ها از نظر بعد زمان، این تست برای اطمینان از صحت مدل انجام شد. متغیرهایی که مورد این تست قرار گرفتند، متغیرهای مربوط به نرخ های جابجایی بین رشته ها بودند. هدف از این تست آن بوده است که معلوم شود آیا مقادیری که توسط مدل برای نرخ های جابجایی بین رشته های مختلف تولید می شود، از نظر روند با روند گذشته شباهتی دارد یا نه. نتیجه انجام این تست برای یکی از متغیرها در جدول ۱ نشان داده شده است.

#### جدول ۱) تحلیل آماری اختلافات مقادیر واقعی و مقادیر

شبیه سازی شده متغیر نرخ ورود از مهندسی صنایع به

#### مدیریت فناوری

نام متغیر: نرخ ورود از مهندسی صنایع به مدیریت فناوری

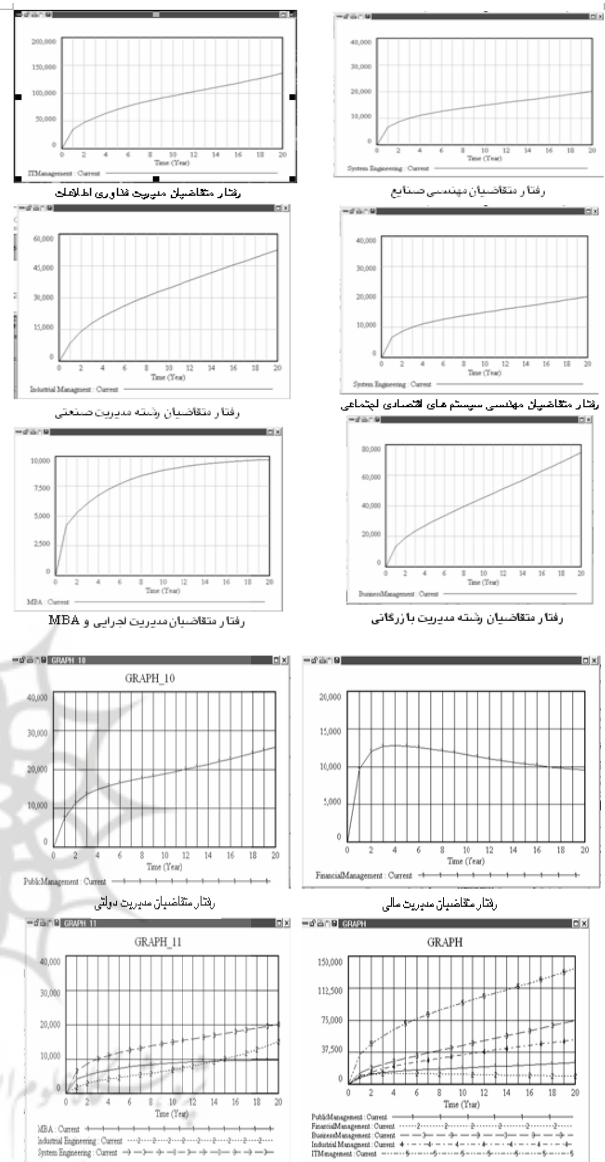
Average S	Average A	Ss	Sa	n
33.91	33.16	6.28	10.60	57
r	MSE	Um	Us	Uc
0.45	8.26	0.00	0.16	0.86

فرضی را در رابطه با رشته های موجود به روی مدل اجرا می‌کنیم، تا تغییر رفتار آینده رشته ها را ملاحظه نموده و امکان پذیری استفاده از این مدل را نشان دهیم. طبیعی است که ارائه سیاستهای پیچیده تر و معنادار تر نیز امکان پذیر است که می تواند مورد توجه سیاست گذاران امر قرار گیرد.

#### ۵-۱-۱ سیاست ۱: افزایش ظرفیت پذیرش دانشجویان مهندسی در مقطع کارشناسی

برای اجرای این سیاست، پذیرش سالانه دانشجو در هر کدام از رشته های مهندسی موجود در مدل به میزان 0.02 افزایش یافته است. همان طور که در شکل ۵ نشان داده شده است، اثر اعمال این سیاست بر رشته مهندسی صنایع که از جمله رشته های مهندسی است، قابل پیش بینی است و جمعیت متقاضی این رشته به علت افزایش نرخ سالانه فارغ التحصیلان کارشناسی به نحوی تغییر می‌کند که دیگر رفتار هدف - جو سابق را نشان نداده بلکه به صورت واگرایی از نقطه تعادل خود در شکل ۴ فاصله می‌گیرد. اما اثری که در اینجا حائز اهمیت است، تاثیر اعمال این سیاست بر متقاضیان ورود به کارشناسی ارشد رشته های مدیریت و MBA است به نحوی سیاست افزایش پذیرش در رشته های مهندسی منجر به تقاضا بالاتر ورود به این رشته ها شده است. در شکل ۵، نمودار MBA همچنان رفتار هدف جو را نشان می دهد اما شش گرایش مدیریت از خود رفتار نمایی را نشان داده اند که با محاسبه عدد متقاضیان در پایان چشم انداز بیست ساله به تفاوت مشهودی با حالت قبل خواهیم رسید.

تقاضای رشته ها و به دید بلند مدت در ارائه سیاستها معجز شوند.



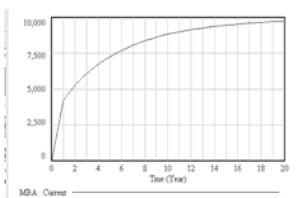
مقایسه رفتار رشته های صنایع سیستم های اقتصادی اجتماعی و مدیریت اجرایی

مقایسه رفتار گرایشهای مختلف رشته مدیریت

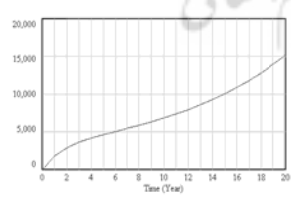
شکل ۴) رفتار متغیرهای اصلی

#### ۵-۱-۲ تحلیل حساسیت در اثر اتخاذ سیاستهای مختلف

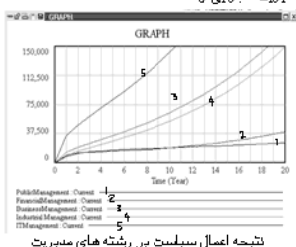
تحلیل حساسیت در روش سیستم دینامیک می تواند با تغییر دادن یک یا چند متغیر و ثابت نگه داشتن مقدار سایر متغیرها انجام شود. همچنین می توان با ارائه یک سیاست، به تغییر حساب شده و منطقی چند متغیر و یا حتی تغییر در مدل دست زد. در این قسمت به منظور سنجش ظرفیتهای مدل به دست آمده در ارائه ره نگاشتهای مختلف، چند سیاست



نتیجه اعمال سیاست بر رشته مدیریت اجرایی و MBA

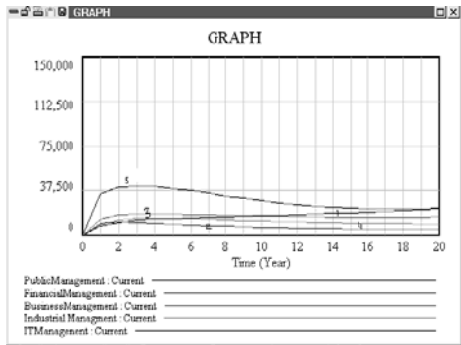


نتیجه اعمال سیاست بر رشته مهندسی صنایع



نتیجه اعمال سیاست بر رشته های مدیریت

تبدیل شده است. حتی گرایش مدیریت فناوری اطلاعات که با نرخ رشد زیاد نمایی در حال افزایش بود، پس از یک دوره صعودی از خود نزول و افت نشان می دهد که این موضوع می تواند در سیاست گذاری به معنای رشد کاذب در چند سال اول چشم انداز باشد.



شکل ۷) تاثیر اجرای سیاست ۳ بر رفتار گرایش های رشته مدیریت

#### ۲-۵ ترسیم نقشه وضعیت آینده

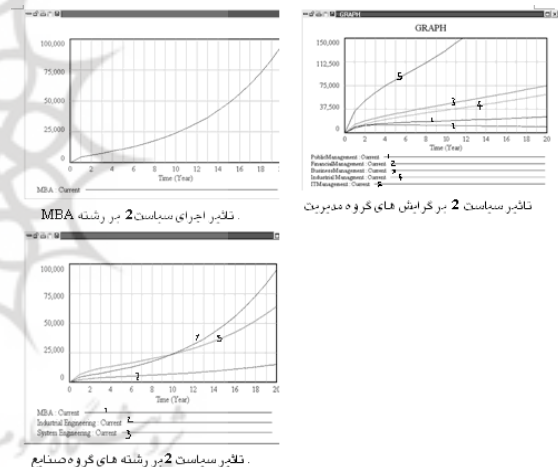
استفاده دیگری که می توان از این مدل به عمل آورد، ترسیم نقشه آینده رشته های مورد بررسی است. با توجه به این که جمعیت آتی هر یک از رشته های مورد بررسی در پایان سال بیستم از مدل قابل استخراج بوده و همچنین نرخ جابه جایی ها نیز برای بیست سال آینده شبیه سازی شده است، می توان مجدداً روابط بین رشته ها، نرخ جابه جایی بین آنها و جمعیت آن ها را در نقشه ای مشابه نقشه وضع موجود ترسیم کرد. این نقشه در شکل ۸ ارائه شده است. با مقایسه این نقشه با نقشه وضع موجود مشخص می شود که:

- تنوع رشته های ورودی به رشته های مورد بررسی کاسته شده است و برخی از رشته های نامربوط رفته رفته حذف شده اند.
- قبولی دانشجویان مدیریت در رشته خودشان تقریباً در اکثر گرایشها کمتر شده است و جای آنها را دانشجویان فنی گرفته اند.
- در برخی از رشته ها مثل مدیریت فناوری اطلاعات و صنعتی ورودی از سایر رشته ها بیشتر از ورودی از مدیریت شده است

#### شکل ۵) نتیجه اجرای سیاست ۱ بر رفتار برخی از متغیرهای مدل

۲-۱-۵ سیاست ۲: تقویت رشته های پایه (ریاضی و فیزیک)

در این سیاست فرض شده است که پذیرش دانشجو در رشته های پایه به میزان 0.02 در هر یک از رشته ها افزایش یابد. نتیجه اعمال این سیاست بر رفتار متغیرها در شکل ۶ ارائه شده است. اثر اعمال این سیاست بیش از هر چیز بر رشته MBA قابل توجه است چرا که رفتار متقاضیان این رشته را از هدف جو به نمایی تبدیل کرده و تعداد متقاضیان را در پایان چشم انداز بیست ساله به شدت افزایش داده است که این موضوع به دلیل ورود دانشجو از رشته های پایه با نرخ بالا به کارشناسی ارشد این رشته در مدل است. تاثیر بر دو گروه رشته دیگر مورد مطالعه چندان بارز نیست.



شکل ۶) نتیجه اجرای سیاست ۲ بر رفتار برخی از متغیرهای مدل

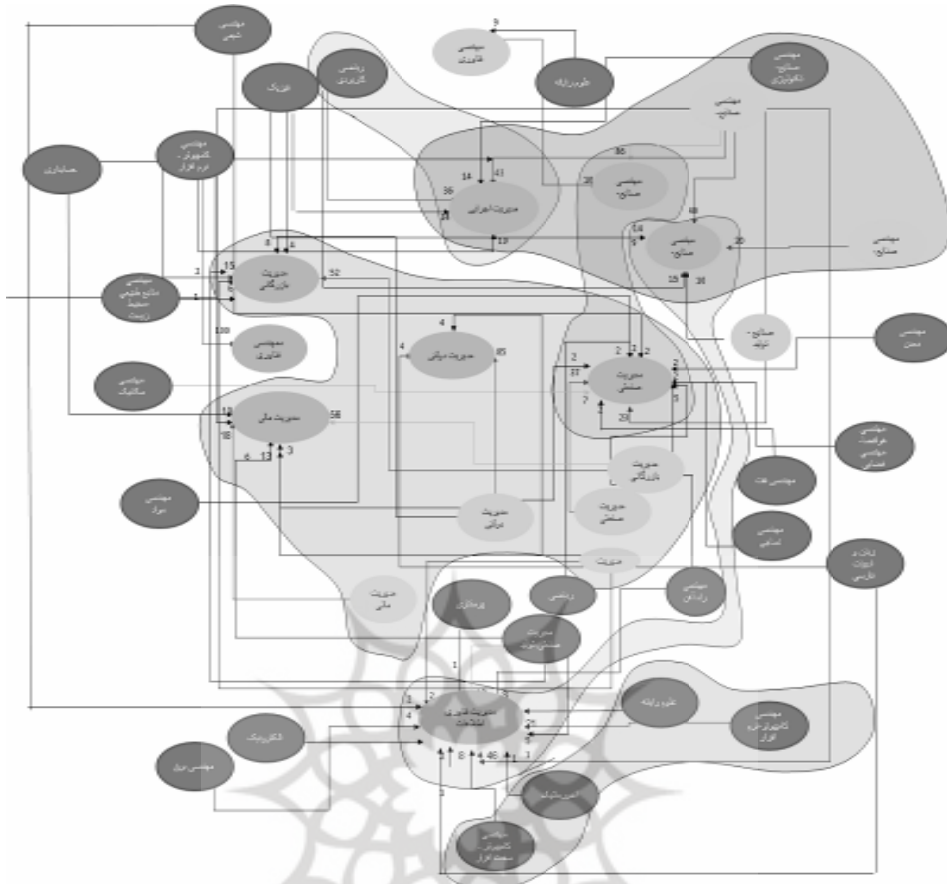
۳-۱-۵ سیاست ۳: محدودیت پذیرش رشته های فنی در رشته های مدیریت

در این سیاست فرض شده است که ورود به رشته های مدیریت از طرف دانشجویان فنی محدود شده و به عبارتی برای دانشجویان مدیریت سهمیه ویژه ای در نظر گرفته شود. نتیجه اعمال این سیاست بر رفتار متغیرها در شکل ۷ ارائه شده است. با انجام تغییراتی در فرمول ورودی به رشته مدیریت این محدودیت ورود اعمال می شود. نتیجه نشان می دهد که میزان تقاضا برای کلیه گرایشها پایین آمده و رفتارهای نمایی قبلی در گرایش های پر متقاضی به هدف جو و تعادلی



مثال ۵۰ درصد ورودی مدیریت فناوری را مهندسی صنایع شکل می دهد.

تشکیل جبهه های جدید در بین گرایش های صنایع و مدیریت پر رنگ تر شده است، به طوری که برای



شکل ۸) نقشه وضعیت آتی رشته های مورد بررسی (چشم انداز ۲۰ ساله)

پیش بینی و سیاست گذاری در سایر زیر سیستم های نظام علم و فناوری را نیز نشان داده و توانایی ایجاد مدل های جدید با استفاده از متغیرهای جدید (متغیرهایی غیر از متغیرهای مورد مطالعه در این تحقیق) را نیز داشته باشد. این نرم افزار نقش واسطی میان کاربر و موتور شبیه سازی آن یعنی نرم افزار ونسیم را ایفا می کند. از جمله نکاتی که در طراحی این نرم افزار لحاظ شده است آن است که مدیران و سایر کاربرانی که از جزئیات کار با نرم افزارهای شبیه سازی سیستم داینامیک مطلع نیستند، در عمل بتوانند از امکانات مدل طراحی شده جهت شبیه سازی وضعیت آینده رشته های دانشگاهی (با جزئیاتی که در بخش های قبل ذکر شد) بهره ببرند. همچنین این نرم افزار دارای یک پایگاه داده می باشد که در حاضر حاوی اطلاعاتی درباره رشته های مورد مطالعه و دانشجویان شاغل به تحصیل در آنها می باشد و قابلیت

۶- معرفی نرم افزار طراحی رهنگاشت<sup>۱</sup> این نرم افزار، جهت دسترسی آسان به مدل طراحی شده و استفاده از امکانات آن یک واسط کاربری طراحی و پیاده سازی شده است تا با استفاده از فرم های نرم افزاری آن مدیران و سیاست گذاران در حوزه رشته های دانشگاهی قادر باشند به سهولت به مدل و نتایج آن دسترسی داشته و یا با انجام تغییراتی در متغیرهای مدل، به سیاست گذاری بپردازند. هدف دیگر از ایجاد این نرم افزار آن بوده است که این نرم افزار به عنوان یک سیستم پایلوت بتواند قابلیت مدلسازی و

۱- این نرم افزار حاصل تحقیقات کارگروه طراحی و تدوین نقشه جامع علم و فناوری در طرح تحول راهبردی علم و فناوری جمهوری اسلامی ایران وزارت علوم، تحقیقات و فناوری است و توسط مولفان طراحی و پیاده سازی شده و سورس آن در اختیار مولفان می باشد.

با توجه به اینکه مدل طراحی شده در این مقاله قبلاً در نرم-افزار ونسیم اجرا شده و رفتارهای متغیرهای مورد مطالعه استخراج شده است، دسترسی به نمودار رفتار هر یک از رشته های مورد مطالعه در مدل موجود از طریق فرم مشاهده نتایج امکان پذیر است. همچنین نقشه وضع موجود و وضعیت آتی رشته های که با توجه به نرخ های موجود و نرخ های آینده و جمعیت متقاضی برای رشته های موجود در چشم انداز بیست ساله ترسیم شده است، از طریق فرم های نرم افزار قابل دسترسی است. (شکل پیوست ۴)

یکی دیگر از امکاناتی که در این نرم افزار فراهم شده است، امکان آنالیز حساسیت و همچنین اعمال سیاست های مختلف در مدل است. اعمال سیاست به این معناست که مدیر یا کاربر می تواند با تغییر در مقدار متغیرهای ورودی مدل یا با تغییر در توابع آنها و یا با تغییر در گروهی از متغیرها و روابط آنها، نتیجه اعمال این سیاستها را در طول هر چند سال - که به صورت دلخواه قابل تعیین است - بر وضعیت رشته ها و جمعیت آنها مشاهده کند. برای این منظور فرم «اعمال سیاست از طریق تغییر متغیرها» در اختیار کاربران گذاشته شده است که در آن هر کدام از روابط میان متغیرهای مختلف مدل به صورت یک رکورد نشان داده شده است. (شکل پیوست ۵) کاربر می تواند با تغییر در ویژگی های این روابط یا اضافه و کم کردن متغیر جدید و ذخیره سازی تغییرات خود، این تغییرات را به موتور اصلی نرم افزار (ونسیم) منتقل کرده و پس از اجرای برنامه نتایج اعمال سیاست تعریف شده توسط خود را در خروجی نرم افزار مشاهده کند. (شکل پیوست ۶)

برای ساخت مدل جدید از فرم تعریف متغیرهای اصلی استفاده می شود. در این فرم لیستی از متغیرهای اصلی مدل جدید- که در واقع رشته های مورد مطالعه هستند- و در شبیه سازی پویا با عنوان موجودی<sup>۱</sup> شناخته می شوند، مشاهده می شود. کاربر می تواند هر کدام از آنها را برای ساخت مدل جدید انتخاب کند (شکل پیوست ۷) سپس روابط بین متغیرها را به صورت دلخواه تعریف کند و نتیجه

توسعه و نگهداری داده های مربوط به رشته های بیشتر را نیز داراست. این نرم افزار دارای مزایا و امکاناتی به شرح زیر است:

۱- امکان مشاهده مدل طراحی شده جهت پیش بینی وضعیت آتی رشته های مورد مطالعه در این پروژه و نتایج و نمودارهای مربوط به هر کدام از رشته ها به صورت متمرکز

۲- امکان مشاهده پایگاه داده پشتیبان مدل طراحی شده (نمونه ای که از چند دانشگاه مختلف گرفته شده است) که نرخ های انتقال بین رشته ای بر اساس آن محاسبه شده است و امکان ارتقاء آن از طریق افزایش داده ها یا تغییر در آنها و یا اضافه کردن داده های جدید به پایگاه

۳- امکان ویرایش و تغییر در ویژگی های مدل طراحی شده شامل تغییر در مقادیر متغیرها یا فرمولها یا روابط بین متغیرها

۴- امکان اعمال سیاستهای مختلف در مدل طراحی شده و مشاهده نتایج حاصل از اعمال سیاست

۵- امکان تعریف یک مدل جدید شامل رشته ها یا روابط جدید یا متغیرهای جدید

۶- امکان اتصال به سایر نرم افزارها و استفاده از قابلیت های آنها در تعریف روابط و توابع متغیرها

۷- امکان استفاده از نرم افزار برای ایجاد ره نگاشت در ارتباط با سایر زیر سیستمهای نظام علم و فناوری از طریق ایجاد مدل های جدید و اتخاذ سیاست های مختلف

در شکل پیوست ۱ منوی اصلی نرم افزار مشاهده می شود. امکانات نرم افزار به دو دسته استفاده از مدل موجود و ساخت مدل جدید تقسیم شده است. با کلیک بر روی عناصر مدل دسترسی به فرمهای مختلف نرم افزار امکان پذیر است. برای مثال می توان نمودار نرخ و حالت یا نمودار علت و معلولی مدل موجود را مستقیماً در نرم افزار ونسیم مشاهده کرد. (پیوست ۲) و یا اینکه پایگاه داده پشتیبان مدل را مشاهده کرد. (پیوست ۳)

1- Stock

های مختلف، قابلیت بررسی ره نگاشتهای مختلف و مشاهده نتایج نشان داده شد و در نهایت برای سهولت استفاده و افزایش قابلیت های مدلسازی، یک نرم افزار برای شبیه سازی ره نگاشت ارائه شد.

نتایج به دست آمده در این تحقیق امکان پذیری استفاده از رویکرد سیستم دینامیک برای شناخت و تجزیه و تحلیل نظام آموزش عالی کشور را به خوبی نشان می دهد که از جمله اهداف این تحقیق بوده است. هدف دیگر از انجام این تحقیق رسیدن به ابزاری جهت ارزیابی اثر سیاست های مختلف جهت رهنگاری در حوزه آموزش عالی بوده است که با ارائه نرم افزار ذکر شده، حاصل شده است. مدیران و سیاست-گذاران می توانند با استفاده از این نرم افزار، تاثیر سیاست ها و تصمیمات مختلف را بر متغیرهای مختلف نظام آموزش عالی شبیه سازی کرده و با مشاهده روند های شبیه سازی شده و مقایسه سیاستهای مختلف، سیاست مناسب تر را انتخاب کنند.

بدیهی است ارائه مدل های جامع تر و کاملتری که شامل تعداد کافی از متغیرهای نظام علم و فناوری باشند، می تواند موضوع تحقیقات آینده باشد. همچنین تست و بازنگری مدل ارائه شده در این مقاله با استفاده از داده های بیشتر و پایگاه-های داده به روز و یا ارائه نقشه ای جامع از همه رشته های دانشگاهی در ایران، توسط مولفان توصیه می شود.

#### ۸- محدودیت های تحقیق

مهمترین محدودیت این تحقیق، عدم وجود داده و اطلاعات کافی درباره متغیرهای شکل دهنده مسئله بوده است، به نحوی که محققان بعد از معرفی رویکرد سیستم دینامیک به عنوان رویکردی مناسب برای طراحی و تحلیل ره نگاشت آموزش عالی، به دلیل نبود اطلاعات کافی بخش کوچکی از این نظام را به عنوان نمونه انتخاب کرده و از آن طریق کارا بودن روش سیستم دینامیک را در طراحی ره نگاشت نشان دهند. در صورت وجود اطلاعات کافی از متغیرهای مختلف بخشهای آموزش، پژوهش و فناوری، مدل ارائه شده تکمیل گشته و ره نگاشت کامل ارائه می شود. برای همین منظور سیستم شبیه سازی ره نگاشت ارائه شده است که این ظرفیت

ساخت مدل در ونسیم را ببیند (پیوست ۹و۸)، البته کاربر می-تواند برای تعریف نرخ جریان بین رشته های جدیدی که اضافه می کند از یک پایگاه داده جدید استفاده کند و یا اینکه نرخ جریان میان رشته ها و فرمول بین متغیرها را به صورت دستی تعریف کند. ذکر این نکته ضروری است که مدل جدیدی که می تواند توسط کاربر ارائه شود، می تواند ماهیتی کاملاً متفاوت از مدل جابجایی های بین رشته ای داشته باشد. برای مثال کاربر می تواند یک مدل جدید از رابطه هیئت علمی موجود در دانشگاه های تهران و تولیدات علمی توسط آنها را مد نظر قرار داده و از بستر موجود در نرم افزار برای شبیه سازی نتایج استفاده کند.

از مهمترین امکاناتی که در این نرم افزار تعبیه شده است، امکان تعریف توابع متنوع برای رابطه بین متغیرهاست که از مهمترین آنها می توان به لیستی که در شکل پیوست ۱۰ مشاهده می کنید، اشاره کرد. در مدل موجود در نرم افزار(که مدل ارائه شده در این مقاله است) توابع اکثر متغیرها از نوع توابع نرم افزار ونسیم هستند، اما جهت تکمیل کار توابع آماری، هیورستیک و هوش مصنوعی، و توابعی از داده کاوی که می توانند در رابطه با پایگاه داده موجود به کار گرفته شوند، به لیست اضافه شده است، ضمن این که امکان تعریف دستی یک تابع مستقل نیز وجود دارد. (شکل پیوست ۱۰) علاوه بر توابع موجود در لیست با کلیک بر دکمه «استفاده از توابع سایر نرم افزارها» می توان به لیستی از نرم افزارهای کمکی دسترسی پیدا کرد که برخی از آنها عبارتند از SPSS، Matlab، DataEngin و SPSS Clementine و در شکل پیوست ۱۱ نشان داده شده اند.

#### ۷- نتیجه گیری و پیشنهاد

در این مقاله برای مدل سازی یک زیر سیستم از نظام آموزش عالی(نقل و انتقالات بین رشته ای) از رویکرد سیستم دینامیک استفاده شد. نتایج تست های اعتبار سنجی مدل، صحت خروجی های آن را تایید کرده و رفتار های متغیرهای مورد مطالعه در این تحقیق به دست آمد. این رفتارها می-توانند مورد استفاده سیاست گذاران نظام آموزش عالی واقع شوند. با انجام آنالیز حساسیت و از طریق پیشنهاد سیاست-

between science and technology education in the curriculum?"; *System Dynamics Review* Vol. 43: 255-281.

[9] Kappel T.A., 2001; "Perspectives on roadmaps: how organizations talk about the future"; *J. Prod. Innov. Manag.* Vol. 18: 39-50.

[۱۰] سلطانی بهزاد، کیامهر مهدی، ۱۳۸۷، «پیشنهاد چارچوبی مفهومی برای تدوین نقشه جامع علمی کشور (برنامه ملی توسعه علم، فناوری و نوآوری)»، فصلنامه علمی پژوهشی سیاست علم و فناوری، سال اول، شماره ۳.

[11] Kostoff R.N., Schaller R.R., 2001; "Science and technology roadmaps"; *IEEE Trans. Eng. Manage.* Vol. 48 132-143.

[12] Yuya, Kajikawa, et. al., 2008; "Structure of knowledge in the science and technology roadmaps"; *Technological Forecasting & Social Change*, vol.75.

[۱۳] قبادی شهلا، ۱۳۸۵، سیستم دینامیک (کاربرد از تفکر سیستمی)، سازمان مدیریت صنعتی، چاپ اول، صص ۳۹-۵۴.

[۱۴] استرمن، جان د.، ترجمه شهرام میرزایی دریانی و همکاران، پویایی شناسی سیستم تفکر سیستمی و مدل سازی برای جهان پیچیده، انتشارات ترمه، چاپ اول، ۱۳۸۶، صص ۱۵۷-۱۷۴.

[15] Shayne Gary Michael, Kunc Martin; Morecroft John D. W.; "System dynamics and strategy"; *System Dynamics Review* Vol. 24, No. 4, (Winter 2008): 407-429

[16] Chyong Chi Kong, Nuttall William J., Reiner David M., 2009; "Dynamics of the UK natural gas industry: System dynamics modelling and long-term energy policy analysis"; *Technological Forecasting & Social Change* Vol. 76: 339-357.

[17] Hekkert M.P. et al, 2007; "Functions of innovation systems: A new approach for analyzing technological change"; *Technological Forecasting & Social Change* Vol. 74: 413-432.

[18] Weigelt Carmen, 2008; "The impact of outsourcing new technologies on integrative capabilities and performance"; *System Dynamics Review* Vol. 23, No. 2, 2008.

را داراست که با ورود اطلاعات کافی به آن، مدل موجود را تکمیل کند.

## ۹- تقدیر و تشکر

این مقاله برگرفته از بخشی از تحقیقات کارگروه طراحی و تدوین نقشه جامع علم و فناوری در طرح تحول راهبردی علم و فناوری جمهوری اسلامی ایران وزارت علوم، تحقیقات و فناوری است و بدین وسیله از حامیان مالی تشکر می شود. همچنین از آقایان دکتر علی مبینی دهکردی و دکتر ابوالفضل کزازی که در اجرای طرح تحول راهبردی علم و فناوری سهم بسزایی داشته اند، تقدیر و تشکر به عمل می آید.

## References

## منابع

[1] D. Probert, M. Radnor, 2003; "Technology road mapping"; *Res. Technol. Manag.* Vol. 46 (2) 27-30.

[2] MacKenzie David R., Donald Sam, Harrington Mike, Heil Robert, Helms T. J. and Daryl, 2006; "Methods In Science Roadmapping, How to Plan Research Priorities";

[lgu.umd.edu/ESCOP/workroomattach/archive/2006/27\\_roadmap-methods](http://lgu.umd.edu/ESCOP/workroomattach/archive/2006/27_roadmap-methods).

[3] Kostoff R.N., Schaller R.R., 2001; "Science and technology roadmaps"; *IEEE Trans. Eng. Manage.* Vol. 48: 132-143.

[4] NISTEP, 2007; *Report No.100 - Science Map 2004, Study on Hot Research Areas (1999-2004) by Bibliometric Method*; Publication Date: Jun. 2007, <http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/eng/rep100e/idx100e.html>.

[5] Aligica, PD., 2006; "Institutional and stakeholder Mapping :Framework for policy Analysis and Institutional change"; *public organization review*, Vol. 6: 79-90.

[6] Garcia M.L. and Bray O.H., 2008; *Fundamentals of Technology Roadmapping*; Business Development department. Sandia National Laboratories, [www.sandia.gov/PHMCOE](http://www.sandia.gov/PHMCOE).

[7] Applying Science and Technology Road mapping in Environmental, (2008)., ([emi-web.inel.gov/roadmap/guide](http://emi-web.inel.gov/roadmap/guide)).

[8] Lewis Theodore, 2006; "Design and inquiry: Bases for an accommodation

- [24] Dimopoulos Kostas, Vasilis Koulaïdis, "Science and technology education for citizenship: The potential role of the press"; *System Dynamics Review* Vol. 17.
- [25] Branscomb L.W., Keller J.H., 1998; *Towards a research and innovation policy*, in: L.W. Branscomb (Ed.), *Investing in Innovation: Creating a Research and Innovation Policy that Works*, *Investing in Innovation*, MIT Press.
- [26] Cajas Fernando, 2001; "The science/technology interaction: Implications for science literacy"; *System Dynamics Review* Vol. 38: 715-729.
- [27] Szostak R., 2002; "How to do interdisciplinarity: integrating the debate"; *Issue in integrative studies* Vol. 20: 103-122.
- [۲۸] فقیه، نظام الدین، ۱۳۸۳، سیستمهای پویا، اصول و تعیین هویت، انتشارات سمت، چاپ اول، بهار ۱۳۸۳، صص ۲۵-۳۶.
- [19] Munir KA., Phillips N., 2002; "The concept of industry and the case of radical technological change"; *Journal of High Technology Management Research* Vol. 13: 279-297.
- [20] Stoughton M., 2000; Dynamics of technology adoption by basic industries: implications for cleaner production. PhD dissertation, Technology and Policy Program, Massachusetts Institute of Technology.
- [21] Utterback JM., Afuah AN., 1998; "The dynamic "diamond": a technological innovation perspective"; *Economics of Innovation and New Technology*, Vol. 6: 183-199.
- [22] West H, Weil HB., 1999; "Technology strategy in commodity industries: in search of a cure for commoditization"; *Sloan School Working Paper #186-99*, Massachusetts Institute of Technology.
- [23] Sterman J.D., 2000; *Business Dynamics: System Thinking and Modeling for a Complex World*; McGraw-Hill, Irwin.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
پرتال جامع علوم انسانی



پوست 1- سوی اصلی نرم افزار



پوست 4- مشاهده نتایج اجرای مدل تحقیق



پوست 2- مشاهده ویرایش مدل موجود



پوست 5- اعمال سیاست جدید

پوست 3- مشاهده پایگاه داده پستیان مدل



پوست 6- اعمال یک تغییر در نرم افزار Vensim یا موفقیت



پوست ۶

ت 7- تعریف متغیرهای اصلی در ساخت مدل جدید



پوست 10- استفاده از انواع توابع تعریف شده در نرم افزار



پوست 8- تعریف روابط بین متغیرها



پوست 9- مشاهده نتیجه ساخت یک رابطه جدید در vensim



پوست 11- استفاده از توابع سایر نرم افزارها در تعریف روابط متغیرها



پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
پرتال جامع علوم انسانی