مجله
مدیریت
شماره ۷۸ / پاییز ۱۳۸۷

بررسی وضعیت سیستم آموزش عالی کشور با استفاده از مدل‌سازی سیستم‌های دینامیکی

دکتر محمدعلی افشار کاظمی*
حامد عسگریان**

چکیده

یکی از بخش‌های مهم و تأثیرگذار هر جامعه‌ای، آموزش عالی آن جامعه است. آموزش عالی هر کشور، عامل ایجاد نیروی متخصص، و برطرف کننده مشکلات مختلف جامعه، بصورت علمی می‌باشد. در جامعه ما نیز، این عوامل و عوامل متعدد دیگر، موجب افزایش روزافزون تقاضای ادامه تحصیل در دانشگاه، و ورود به این نظام گردیده، اختلاف زیاد تعداد متقاضیان با امکانات موجود، باعث ایجاد ظرفیت‌های جدید (و غالباً بدون برنامه‌ریزی) شده است. چون بین شروع ظرفیت‌سازی و به ثمر نشستن آن، فاصله زمانی (تأخیر) وجود دارد، در زمان ارائه ظرفیت‌های جدیداً ایجاد شده، بین مقدار ظرفیت با مقدار تقاضا، باز هم همخوانی وجود نداشته، این امر حتی گاهی، موجب تکمیل نشدن ظرفیت‌های موجود می‌شود.

در این مقاله سعی شده است که، ساختار ظرفیت‌سازی جهت متقاضیان ورود به این سیستم، مدل شده و در چارچوب تفکر سیستمی و ابزار سیستم‌های دینامیکی، و در نرم‌افزار VENSIM اجرا شود. در این راستا، ابتدا متغیرهای اصلی، شناسایی و روابط آنها در قالب حلقه‌های علّی، تدوین گردیده، سپس، با طراحی مدل اصلی و در قالب نمودار انباشت - جریان تکمیل و در نرم‌افزار شبیه‌سازی شده است. می‌توان به این مدل متغیرهایی اضافه نمود، و هر نوع استراتژی و راه حل را، (بدون آنکه در دنیای واقعی شاهد تبعات احتمالاً منفی آن بود) در مدل آزمود. پس از طراحی مدل و اجرا نمودن آن، مشخص شد که، آنقدر که در میزان ظرفیت دانشجو، تعداد اعضای هیات علمی محدود کننده است، مقدار فضای آموزشی کم اهمیت‌تر است. مضافاً بایستی عملیات ایجاد فضای آموزشی، با جدیت و مطابق برنامه‌ریزی، ادامه یافته تا فضای آموزشی مورد نیاز در آینده (با توجه به اوج گرفتن نرخ رشد جمعیت در آینده) تولید گردد. از طرف دیگر، اگر نسبت ارتقای استادیاران به دانشیاران، نسبت ارتقای دانشیاران به استادان و نسبت تعداد فارغ‌التحصیلان دکترا که به عنوان استادیار استخدام شده‌اند، به کل فارغ‌التحصیلان مقطع دکتری، افزوده شود، نرخ پذیرش افزایش خواهد یافت.

واژگان کلیدی

بازی نوشابه، سیستم آموزش عالی، مدلسازی دینامیکی، تاخیر، روابط غیرخطی، ظرفیت‌سازی.

* استادیار، عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی (drafshar@iauec.com)
تهران ـ خیابان آزادی ـ روبروی خیابان دکتر قریب ـ دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی
** دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی (گرایش تحقیق در عملیات)، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی (hamed.asgarian@yahoo.com)
تهران ـ خیابان آزادی ـ روبروی خیابان دکتر قریب ـ دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی

نویسنده مسئول یا طرف مکاتبه: دکتر محمدعلی افشار کاظمی

تاریخ دریافت مقاله: ۸۶/۳/۷ تاریخ اصلاحات مقاله: ۸۶/۱۰/۲۷ تاریخ پذیرش مقاله: ۸۶/۱۲/۴

۱- مقدمه

آموزش عالی در ایران عمدتاً شامل آموزش‌های دانشگاهی منتهی به مدارک کاردانی، کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری است. منظور از مرکز آموزش عالی، موسسه‌ای است که از بین دارندگان دیپلم متوسطه یا بالاتر دانشجو می‌پذیرد و به دانش آموختگان خود، مدرک کاردانی یا بالاتر می‌دهد. دانشجو فردی است که از طریق آزمون سراسری یا برابر مقررات، در یکی از مراکز آموزشی قبول شده و در آن مرکز آموزشی ثبت نام کرده است و با اخذ تعدادی واحد درسی در یکی از مراکز آموزشی ثبت نام کرده و به تحصیل اشتغال دارد.

از آنجایی که ظرفیت، حداکثر ستاده یک سیستم عملیاتی در واحد زمان است که به صورت محصول یا خدمت ظاهر می‌شود؛ لذا ظرفیت‌سازی، تعیین حداکثر ستاده در واحد زمان است. در این تحقیق، منظور از ظرفیت‌سازی، تعیین بیشترین مقدار ورودی به سیستم آموزش عالی در واحد زمان (مثلاً در هر سال تحصیلی) می‌باشد. با مشخص شدن میزان ظرفیت دانشگاهها در آینده، برنامه‌ریزی‌ها در این خصوص (ساخت و تامین فضای آموزشی، تهیه تجهیزات کمک آموزشی، استخدام نیروی انسانی غیر علمی، تربیت و استخدام نیرو و عضو هیات علمی و ...) راحتتر و دقیق‌تر صورت خواهد پذیرفت.

عمده مشکلاتی که سازمانها با آن مواجه هستند، این است که تصمیم‌گیران و مدیران آنها، نتایج سیاست‌های خود را در آینده نمی‌بینند و اولین نتایج تصمیم آنها، در آینده‌ای نسبتاً دور رخ می‌دهد. (سینگه، ۱۳۸۴، ۳۴) عدم به روز بودن اطلاعات آینده در زمان برنامه‌ریزی و وجود تاخیر در اطلاعات مربوط به تصمیم‌گیری، علی‌الخصوص در نظام آموزش عالی، باعث ایجاد مازاد بر ظرفیت دانشگاهی و یا کمبود ظرفیت دانشگاهی در آینده می‌شود. دو برابر شدن جمعیت کشور در بیست و پنج سال گذشته، شرایط را تحت تاثیر قرار داده است. می‌توان گفت که وجود یک نقطه اوج (پیک جمعیت) جمعیت، در متولدین سالهای اولیه دهه شصت[1]، تبعات جدی را همراه داشته، پیش‌بینی‌ها، مسئولین را وادار ساخت، در راه توسعه دانشگاهها، از هیچ کوششی دریغ نگذارند. بوجود آمدن انواع دانشگاه و تاسیس دانشگاه‌های دولتی در نقاط مختلف کشور، مقدار زیادی از تقاضا را جوابگو شد. لیکن مشکل از آنجایی آغاز گردید که آمارها نشان داد، سرمایه‌گذاری‌ها بر اساس نیازها صورت نگرفته است. البته باید متذکر شد رقابت شدیدی که در ورود به دانشگاه‌ها وجود دارد (غول کنکور)، جهت تحصیل در چند دانشگاه خاص و تعداد محدودی از رشته‌ها می‌باشد.

در این تحقیق، پیش‌بینی و بررسی این مهم مطرح است که آیا با شبیه‌سازی ساختار دینامیکی سیستم آموزش عالی، می‌توان استراتژی‌ها و راهکارهای مناسبی جهت تعیین ظرفیت این سیستم تعیین کرد؟ علیرغم آنکه در سیستم‌های دینامیکی کلیه متغیرها از جنس متغیرهای وابسته بوده، که در طی زمان بر روی یکدیگر تاثیر می‌گذارند، شناسایی و تعیین متغیرهای وابسته، خود یکی از مهمترین چالش‌های این تحقیق است. (Forrester, 1992, 43-56) بطور کلی می‌توان گفت که، بررسی تحولات سیستمهای اقتصادی و اجتماعی بر روی ظرفیت رشته‌های مختلف آموزش عالی، شناسایی متغیرهای تاثیرگذار بر روند ظرفیت‌سازی، طراحی و مدلسازی یک مدل مناسب با توجه به روابط علت و معلولی بر روی وضعیت سیستم آموزش عالی، بررسی اثر سیاست‌ها و استراتژی‌های مختلف روی مدل و کنترل تحولات و ... از اهداف این تحقیق می‌باشد. افق زمانی[2] برای این تحقیق پنج سال در نظر گرفته شده، چرا که ساخت، تجهیز، راه‌اندازی و توسعه مراکز، حدود پنج سال به طول می‌انجامد.

۲- ادبیات فنی استفاده از پویایی سیستم در بررسی وضعیت سیستم آموزش عالی کشور

بازی نوشابه: در این بازی فرض می‌شود محصولی خاص همچون نوشابه، تولید و توزیع می‌شود. سه گروه خرده فروش، عمده فروش و تولیدکننده (کارخانه) اعضای اصلی این بازی هستند. بازیکنان در هر قسمت، کاملاً آزادانه تصمیم‌گیری می‌کنند و طبیعتاً تصمیمی را اتخاذ می‌نمایند که بنظر ایشان منطقی‌ترین کار است. تنها هدف آنها حفظ موقعیت خود به بهترین نحو ممکن و حداکثر ساختن سود خود است. برای کنترل بهتر شرایط، اول اینکه باید میزان جنسی که سفارش داده شده ولی بواسطه تاخیر، هنوز حاصل نشده را همیشه در نظر داشت. دوم اینکه مهم این است که هیچگاه جو وحشت و نگرانی ایجاد نشود. زمانی که نمی‌توان نیاز را برآورده کرد، بدترین عمل این است که سفارش افزایش داده شود. (سینگه، ۱۳۸۴، ۶۲-۷۰)

پویایی سیستم: در بسیاری از موارد، وضعیت موجود

1- www.Amar.Sci.org.ir

2- Time horizon

مطابق با وضع مطلوب که همان هدف است، نیست. در این حالت مشکل ایجاد می‌شود. سیستم‌های دینامیکی یک روش برای حل مشکل نیست، بلکه یک تفکر است. در حقیقت این سیستم، یک ابزار است. این نوع تفکر، تفکر سیستمی و علت و معلولی است. (Forrester, 1961, 76-90) بطور کلی برای هر پدیده‌ای به دنبال علتی هستیم و هر پدیده‌ای معلولی را به همراه دارد و در کل به زنجیره‌ای از علت و معلول‌ها می‌رسیم. در این نوع سیستم‌ها، زنجیر علت و معلول وجود نداشته، همه روابط بصورت حلقه بوده و بزرگترین تکنیک در این سیستم‌ها، ارائه و کشف فرایندی است که به آن بازخور می‌گویند. این فرایند تنها از طریق انباشت[1]، جریان[2]، روابط غیرخطی بین متغیرها و تاخیرات زمانی[3] بوقوع می‌پیوندد. با توجه به این عناصر، ساختار سیستم مشخص می‌شود و ساختار منجر به رفتار خاص از سیستم می‌گردد. در حقیقت ساختار ایجاد می‌شود تا رفتار حاصل گردد. در سیستم‌های دینامیکی، برای ارائه ساختار از مدل‌های مربوط به این سیستم‌ها، استفاده می‌شود. (Sterman, 2000, 191-225)

مدل و مدلسازی: برای نمایاندن جهان واقعیت، مدل‌ها ابداع شده‌اند. مدلها بهترین مبنا برای تحقیقات تجربی و آزمایشگاهی هستند، زیرا موجب کاهش هزینه‌ها، صرفه‌جویی در زمان مطالعه و حصول سریع به نتایج می‌شوند. مدل‌ها از این روی بر سیستم‌های واقعی برتری دارند که قابل کنترل و در دسترس هستند، به کمک آنها می‌توان به مشاهده دقیق رفتار مولفه‌های تشکیل‌دهنده و علل آنها پرداخت و اطلاعات مورد نیاز را به سرعت تحت شرایطی بدست آورد که حتی در واقعیت قابل مشاهده نیستند. ارزش مدل آن است که مساله را، ساده‌سازی می‌نماید. لذا بایستی تعداد متغیرهای مدل، از متغیرهای دنیای واقعی کمتر باشد. در مدلسازی سیستمهای دینامیکی، نمودارهای علّی ابزار بسیار مناسبی برای تدوین مدل اولیه و استخراج مدلهای ذهنی مشتریان، و نمودارهای انباشت و جریان شیوه رایج برای نشان دادن ساختار حلقوی سیستمهای دینامیکی می‌باشد. (حمیدی زاده، ۱۳۷۹، ۳۴-۴۴)

سیستم آموزش عالی: نظامی است که بررسی و ارائه هدف‌های اساسی و خط مشی‌های کلی و برنامه‌ریزی در همه سطوح آموزشی و پژوهش‌های علمی و ایجاد ضوابط اساسی آموزشی و پژوهشی دانشگاه‌ها و موسسات آموزش عالی و موسسات پژوهشی، به منظور تربیت نیروی انسانی کاردان و متخصص مورد نیاز کشور، از اهم وظایف آن است. (قورچیان، ۱۳۸۳، ۳۵)

تأخیر: تاخیر فرآیندی است که در آن میان ورود منابع به سیستم و خروج آنها از سیستم اختلاف زمانی وجود دارد. در هر تاخیر، حداقل یک متغیر انباشت وجود دارد که اطلاعات و مواد در حال عبور، در آن جمع می‌شوند. (Sterman, 2000, 411-421)

روابط غیر خطی: زمانی به یک فرایند، خطی گفته می‌شود که نوع رفتارش متناسب با محرک‌های وارد شده به فرایند باشد. ولی معمولاً عوامل دیگری در فرایند ظهور می‌یابد که تاثیرش از بین بردن روابط خطی میان عوامل بوده، باعث عدم تغییر رفتارها متناسب با تغییر محرک‌ها می‌شود. اینگـونه فرایندها، غیر خطی نامیده می‌شوند. (Morecroft & Sterman, 1994, 132-141)

ظرفیت‌سازی: ظرفیت حداکثر ستاده یک سیستم عملیاتی در واحدی از زمان است که به صورت محصول یا خدمت ظاهر می‌شود. (Forrester, 1969, 58) لذا ظرفیت‌سازی، تعیین حداکثر ستاده در واحد زمان است. در این تحقیق، منظور از ظرفیت‌سازی، تعیین بیشترین مقدار ورودی به سیستم آموزش عالی در واحد زمان (مثلاً در هر سال تحصیلی) می‌باشد.

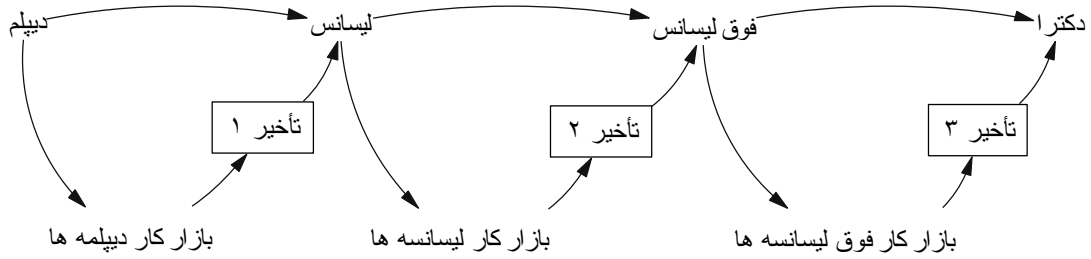
Co flow و Cohort : در بسیاری از ساختارهای انباشت و جریان، ورودی و خروجی‌های اضافی وجود داشته، زنجیره‌های سن[4] در ساختار مدل انباشت و جریان مورد استفاده قرار می‌گیرد. بطور کلی هر یک از این زنجیره‌ها، می‌تواند تعداد زیادی از این قبیل شاخه‌ها[5] داشته و هر یک می‌تواند تعدای ورودی و خروجی را شامل شود. مدلسازان نه تنها باید مقدار کلی مواد موجود در این نوع شبکه‌ها را کنترل کنند، بلکه بایستی ویژگی‌های مختلف آنها را در شبکه، مورد بررسی قرار دهند. این شبکه‌ها، تا آنجا که تعداد زنجیره‌های انباشت و جریان متعدد شود، تـوسعه یافته، اغلب اوقات ضرورت دارد که در کل مسیر ویژگی منحصر بفرد هر یک، حفظ شود. لذا از اینگونه ساختارهای همسو[6]، جهت حفظ ویژگی‌های مسیر مواد گوناگون، استفاده می‌شود. هر چند که این مسیرها خود به واسطه ایجاد و یا دریافت متغیرهای متنوع، می‌توانند در ارتباط با یکدیگر باشند. (Sterman, 2000, 470, 503-504)

1- Stock
2- Flow
3- Delay
4- Aging chains
5- Cohort
6- Co flow

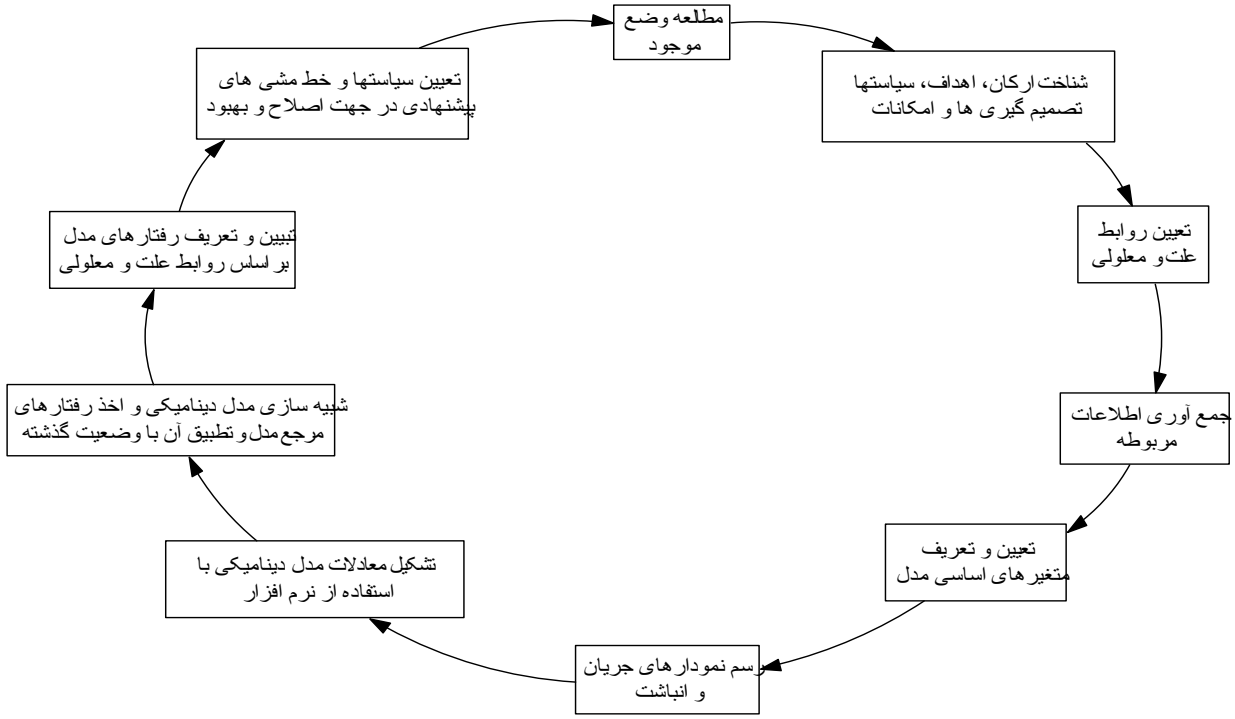
۳- مراحل مدل‌سازی در تحلیل پویایی سیستم

در این مقاله، ظرفیت سیستم به عوامل متعددی وابسته شده است. این سیستم از نظر نوع عمل، بسیار شبیه بازی نوشابه بوده، از جمله مهمترین عوامل تاثیرگذار، تعداد داوطلبان ورودی به این سیستم است. لذا در نظر گرفته می‌شود که سیستم مطابق شکل ۱ پیش می‌رود. از طرف دیگر فرآیند مدلسازی در این سیستمها، عملی تکراری است. نتایج هر مرحله اطلاعاتی را بدست می دهد که می‌تواند منجر به اصلاح و تجدید نظر در مرحله قبل شود. شکل ۲ مراحل عملکرد، مدل را ارائه می‌کند. (Sterman, 2000, 20)

شکل ۱: مدل مفهومی سیستم



شکل ۲: مدل اجرایی سیستم



۴- مدل پویایی سیستم در بررسی وضعیت سیستم آموزش عالی کشور

۴-۱- مقدمه و بیان اجمالی مدل

بالاتر رفتن مقدار تقاضای ورود به سیستم آموزش عالی، بواسطه افزایش جمعیت و محدود بودن منابع و ظرفیت این نظام، باعث شد تا اضافه شدن ظرفیت نظام آموزش عالی به سرعت رشد کند. چون اضافه شدن ظرفیت (شامل تامین بودجه، خرید زمین، ساخت بنا، تجهیز نمودن به وسایل آموزشی، تربیت نیروی انسانی و...)مستلزم گذشت زمان (حدود پنج سال) است، لذا تصمیم‌گیری امروز جهت توسعه و شروع به ظرفیت سازی، با تاخیر پنج ساله به بار خواهد نشست. از طرف

دیگر، ورودی‌های به مقطع کارشناسی (لیسانس) حدود چهار سال بعد فارغ‌التحصیل شده، و بسیاری از آنها متمایل ورود به مقطع کارشناسی ارشد (فوق لیسانس) هستند. لذا همین مشکل (کمبود ظرفیت و ظرفیت‌سازی) برای مقطع ارشد نیز رخ خواهد داد. طبیعی است این مورد برای مقطع دکترا نیز قریب‌الوقوع خواهد بود.[1]

چون ظرفیت ایجاد شده امروز، بر مبنای تقاضای گذشته (حدود پنج سال قبل) محاسبه شده است و ممکن است تقاضای امروز از تقاضای گذشته کمتر باشد، لذا در پاره‌ای موارد، ظرفیت ایجاد شده از میزان تقاضا بیشتر بوده که خود باعث اضافه ظرفیت خواهد شد. این اضافه ظرفیت می‌تواند منشا خسارت به سیستم آموزش عالی شود.

با دقت در بازی نوشابه و اینکه سفارش امروز مطابق با نیازهای زمان تحویل کالا نیست (چون کالا پس از گذشت زمان، بدست سفارش دهنده می‌رسد) می‌توان بین پدیده ظرفیت‌سازی سیستم آموزش عالی و بازی نوشابه شباهتهایی یافت. در حقیقت مطابق بازی نوشابه، تقاضای ورود به سیستم آموزش عالی (سفارش نوشابه به تامین کننده)، با تاخیر زمانی، افزایش ظرفیت این سیستم را در پی خواهد داشت. (سینگه، ۱۳۸۴، ۳۹-۵۳)

این تقاضا همواره از ظرفیت بیشتر است، تا آنجا که تصمیم‌گیرندگان، کورکورانه اقدام به افزایش ظرفیت می‌کنند. پس از مدتی، بنا به دلایل معلوم و نامعلوم (همچون کاهش رشد جمعیت، عدم تمایل ورود به دانشگاه و...) تقاضای ورود به سیستم آموزش عالی کاهش می‌یابد، در حالیکه ظرفیت‌سازی در سیستم آموزش عالی همچنان ادامه می‌یابد. در این صورت ظرفیت ایجاد شده سیستم آموزش عالی، از میزان تقاضای ورود بیشتر شده و بایستی ظرفیت‌سازی متوقف گردیده، برای تکمیل ظرفیت‌های خالی، چاره‌ای اندیشید. با توجه به مطالب معروض و مراجعه مجدد به مراحل اجرایی مـــدل، می‌توان مدل کلی را در نظر گرفت و سپس با اضافه کردن جزییات، آن را کامل کرد. برخی فارغ‌التحصیلان دبیرستانی، متقاضی ورود به مقطع لیسانس خواهند بود (در این مدل از پرداختن به بعضی متغیرها صرف نظر شده است.) و تعدادی از آنها به محیط بیرون تحصیل (محیط کار، خارج از کشور و...) هدایت می‌شوند که آنها خود پس از مدتی می‌توانند به عنوان متقاضی ورود به مقطع لیسانس مطرح می‌شوند. چون تعداد متقاضیان بسیار بـیشتر از ظرفیت سیستم آموزش عالی است، تصمیم‌گیرندگان و برنامه‌ریزان، اقدام به اضافه نمودن ظرفیت خواهند نمود که این امر زمان بر است. همچنین، تحصیل واردشدگان به مقطع لیسانس، زمان بر خواهد بود. خروجی این مرحله، فارغ‌التحصیلان لیسانسه هستند. اضافه نمودن ظرفیت همچنان ادامه می‌یابد، تا آنجا که متقاضیان ورود به مقطع لیسانس (آنها که تمایل ورود به این مقطع را داشته و از سطح دانش مناسب و لازم برخوردارند) کمتر از ظرفیت ایجاد شده می‌شود (به بازی نوشابه دقت شود). با برنامه‌ریزی درست و در نظر گرفتن یک تفکر سیستمی پویا، می‌توان از ایجاد خسارت جلوگیری نمود.

از طرف دیگر برخی فارغ‌التحصیلان لیسانسه، متقاضی ورود به مقطع ارشد خواهند بود (در این مدل ورود دیپلمه‌ها به آن دسته از رشته‌هایی که مستقیماً تا مقطع ارشد پیش می‌روند، در نظر گرفته نشده است) و تعدادی از آنها به محیط بیرون تحصیل (محیط کار، خارج از کشور و...) هدایت می‌شوند که آنها خود پس از مدتی به عنوان متقاضی ورود به مقطع فوق لیسانس مطرح می‌گردند. همان مطالب فوق‌الذکر در این مرحله نیز بوقوع خواهد پیوست.

خروجی این مرحله، فارغ‌التحصیلان ارشدی هستند که برخی از آنها متقاضی ورود به مقطع دکترا بوده، و تعدادی از الباقی آنها پس از مدتی به عنوان متقاضی ورود به مقطع دکترا مطرح می‌شوند. برای مقطع دکترا، تصمیم‌گیرندگان علاوه بر توجه به افزایش میزان تقاضا، بایستی به این نکته، که چون خروجی این مقطع می‌تواند به عنوان عضو هیات علمی بکار گرفته شود، که خود از عوامل افزایش ظرفیت در مقطع لیسانس است، توجه ویژه داشته باشند. هر چند که بیش از حد اضافه نمودن ظرفیت در این مقطع، می‌تواند باعث خالی ماندن ظرفیت این مقطع تحصیلی (و بوجود آمدن بازی نوشابه) گردد.

۴-۲- مرزهای مدل

قلمرو موضوعی این تحقیق، کل نظام آموزش عالی کشور را شامل می‌شود. لذا جامعه آماری مورد نظر، کل دانشگاه‌های کشور و حجم جامعه آماری، کل ظرفیت دانشگاه‌های کشور است. از آنجاییکه ظرفیت تمام دانشگاهها در مدل مدنظر قرار می‌گیرد، نمونه آماری لحاظ نمی‌گردد. (قورچیان،۱۳۸۳، کلیه اطلاعات مطروحه در جداول ارائه شده)

با توجه به قلمرو موضوعی، قلمرو مکانی این تحقیق، کل کشور می‌باشد. همچنین با توجه به اطلاعات موجود، قلمرو

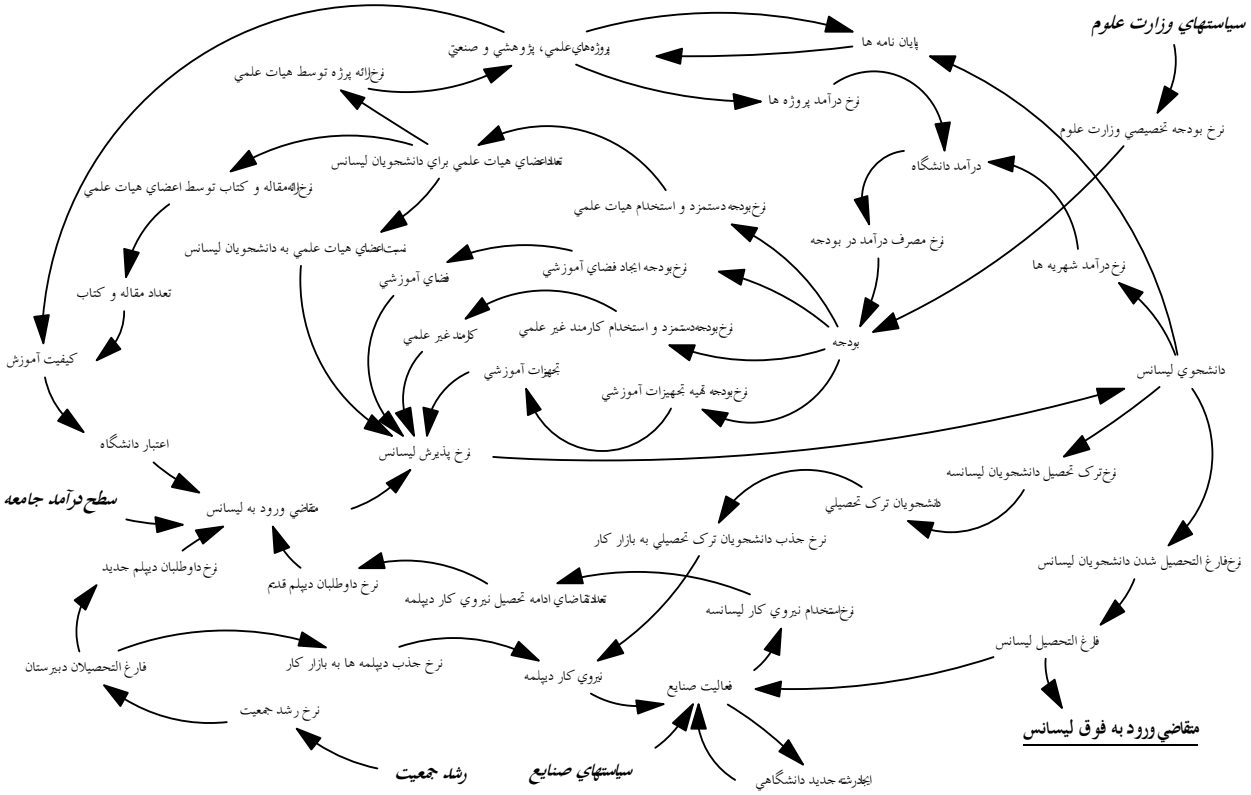
1- www.Msrt.ir

زمانی تحقیق، از سال ۱۳۶۳ و بمدت بیست سال در نظر گرفته شده است.

۴-۳- بررسی زیر سیستم‌های مدل ارائه شده و نمودارهای علّی و معلولی آنها

با تدقیق در کلیات مدل، می‌توان گفت که، کل سیستم از سه زیر سیستم اصلی (زیر سیستم متقاضیان ورود به مقطع لیسانس، زیر سیستم متقاضیان ورود به مقطع فوق لیسانس و زیر سیستم متقاضیان ورود به مقطع دکترا) ایجاد شده، این زیر سیستم‌ها از نظر منطق و کارکرد، بسیار شبیه به هم می‌باشند. لذا نمودار زیر سیستم متقاضیان ورود به مقطع لیسانس، مطابق شکل ۳ ، ارائه می‌شود.

شکل ۳: نمودار زیر سیستم متقاضیان ورود به مقطع لیسانس

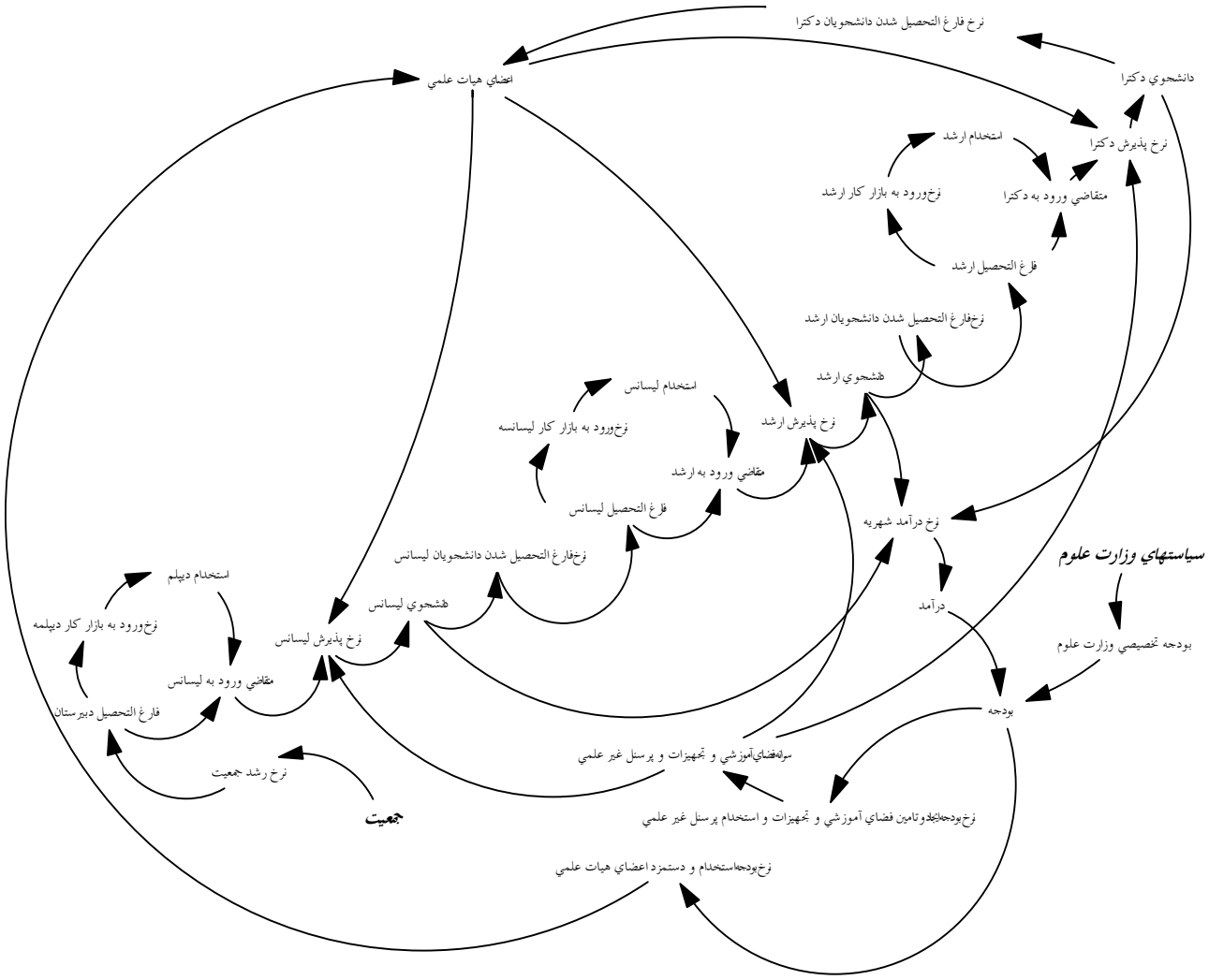


با دقت در نمودار علی مورد نظر، چهار متغیر، سیاست‌های وزارت علوم، سیاستهای صنایع، سطح درآمد جامعه و رشد جمعیت، خارج از سیستم پیش‌بینی شده است. لذا تعقیب حلقه‌ها، از متغیر رشد جمعیت، آغاز می‌گردد. افزایش رشد جمعیت، باعث افزایش نرخ رشد جمعیت شده و افزایش نـــرخ رشد جمعیت، با تاخیری هیجده ساله، افزایش فارغ‌التحصیلان دبیرستان را به همراه خواهد داشت. لذا این دو جریان، دو مسیر مثبت را طی می‌کنند. با تعقیب متغیرها، به راحتی حلقه‌های موجود در نمودار علّی، قابل شرح است.

همانطور که ملاحظه می‌شود، هر کدام از زیر سیستم‌ها، خود بسیار پیچیده گردیده، ارتباط دادن آنها با یکدیگر به سختی انجام خواهد شد. نیز برخی از متغیرهای کمی و نوع برقراری ارتباط آنها با متغیرهای کمی دیگر، بایستی توسط مراجع ذی صلاح تعریف شود، که با مراجعه به اطلاعات آماری مشخص شد، در این زمینه ناکامی‌هایی وجود دارد. به عنوان مثال، تاثیر و چگونگی تناسب تعداد کارمندان غیر علمی بر نرخ پذیرش مقاطع مختلف تحصیلی در نظام آموزش عالی، تعریف نشده است. همچنین برقراری ارتباط برخی متغیرهای کمی با متغیرهای کیفی، به دلیل فازی شدن نوع تحلیل (که از حوصله این مقاله خارج است) کار را پیچیده می‌سازد. با توجه به مطالب معروض، عدم وجود اطلاعات آماری کامل و وجود مشکل در دسترسی به آنها، بزرگ شدن مدل ارائه شده و قید این نکته که مدل، ابزار

راحتتر شدن کار است و باید همچون چاقویی عمل کند که حواشی را کنار بگذارد، (Sterman, 2000, 32) مدل اصلی، با حذف بسیاری از متغیرهای از پیش دیده شده، طراحی گردید. شکل ۴ نمودار علی مدل اصلی را بیان می‌دارد.

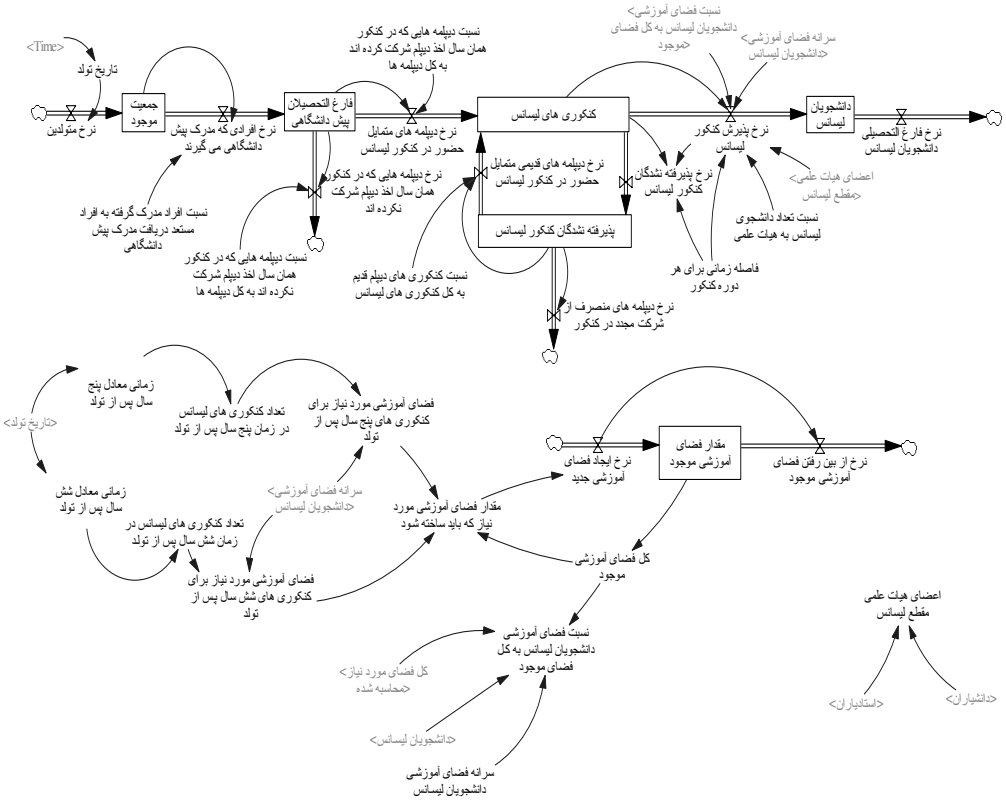
شکل ۴: نمودار علی مدل اصلی



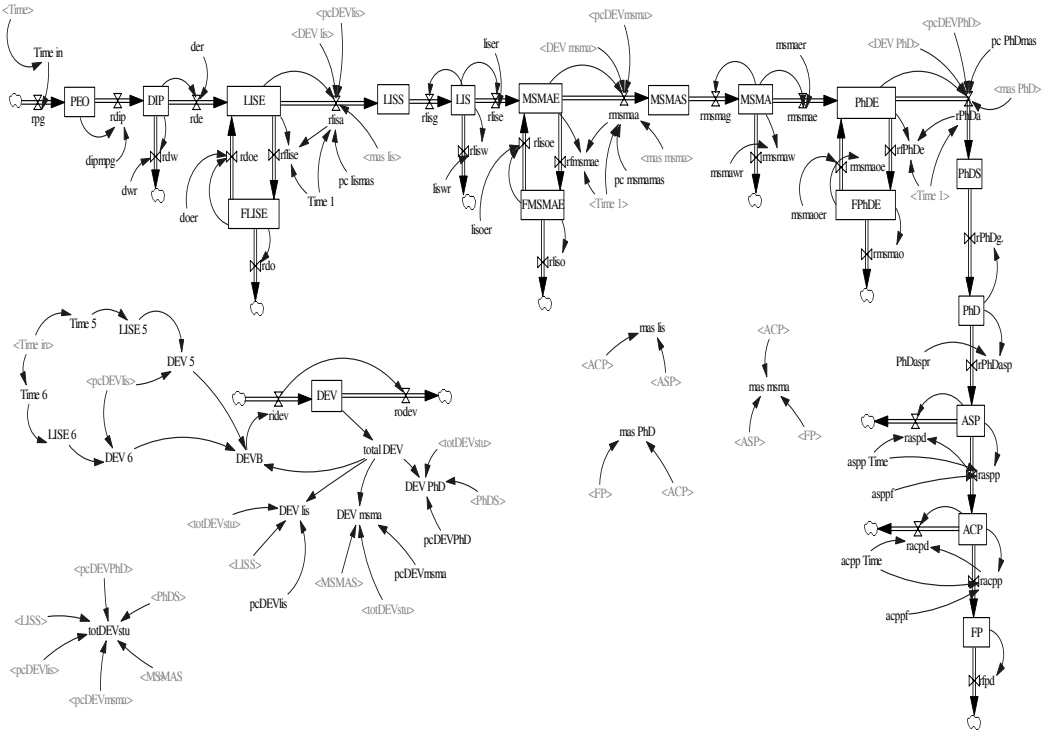
۴-۴- نمودار انباشت- جریان مدل ارائه شده

با ملاحظه نمودار علی مدل اصلی ارائه شده در شکل ۴، نمودار انباشت - جریان این مدل، طراحی می‌شود. در شکل ۵، نمودار انباشت - جریان برای متقاضیان ورود به مقطع لیسانس، با همان اصطلاحات فارسی بیان شده، شکل ۶ نمودار انباشت- جریان کلی و با استفاده از علائم اختصاری را معرفی می‌نماید.

شکل ۵: نمودار انباشت - جریان برای متقاضیان ورود به مقطع لیسانس



شکل ۶: نمودار انباشت - جریان کل مدل



۴-۵- شرح معادلات مدل ارائه شده

اکنون سعی بر آن است که همزمان با شرح الگوریتم مدل، معادله‌هایی که بر بخش‌های مختلف حاکم می‌باشند، بیان و نحوه استخراج آنها شرح داده شود. متغیر Time in به عنوان زمـان مورد نظر برای شروع حرکت در مدل، در نظر گرفته می‌شود. چون زمان شروع را از سال ۱۳۴۵ در نظر گرفته‌ایم، لذا مقدار آن جمع Time (که در خود نرم افزار ایجاد شده) و عدد ۴۵ است. در حقیقت این زمان، تاریخ تولد افراد است. بنابراین زمان ارائه شده در تمام نمودارها، سالی است که باید به تاریخ آن، ۴۵ سال افزوده شود.

نرخ rpg در واقع تعداد متولدین در سال می‌باشد. تابع مورد نظر رسم گردیده و با تدقیق در نمودار این تابع، مشخص گردید این تابع، یک تابع سینوسی با شیب صعودی و دوره تناوب افزاینده است. با استفاده از نرم‌افزار MATLAB رابطه این تابع به شرح معادله-۱ بدست آمد.

f(x) = 1999538 - 153599948552351 * x^(-5) + 1857761748371738500000 * x^(-10) + 109000251 * Sin(0.15x) -166645463 * x^(0.1) * Sin(0.15x) + 62562591 * x^(0.2) * Sin(0.15x) + 3656606 * Sin(0.3x) - 2354383 * x^(0.1) * Sin(0.3x)

(معادله-۱)

این نرخ، منجر به ایجاد جمعیت موجود (PEO) شناخته می‌شود. متولدین در هر سال که جمعیت را تشکیل می‌دهد پس از گذشت ۱۸ سال، به مرحله‌ای می‌رسند که توانایی اخذ دیپلم دارند. از آنجاییکه افرادی که به مرحله دیپلم گرفتن می‌رسند، الزاماً ۱۸ ساله نبوده و ممکن است تعدادی از آنها در سن بالاتر، دیپلم بگیرند، طبیعی است که تصور شود انباشت PEO با یک تأخیر مرتبه سه، نرخ افرادی که دیپلم اخذ کرده‌اند (rdip)را بدست دهد. برای آنکه بتوان نرخ واقعی افراد دیپلمه در هر سال را بدست آورد، باید ضریبی چون dipmpg که نسبت تعداد افرادی که دیپلم می‌گیرند به تعداد افرادی که مستعد اخذ دیپلم هستند، نامیده می‌شود، را در مقدار تأخیر مرتبه سه برگرفته از PEO تأثیر داد، تا نرخ تعداد افراد دیپلمه، واقعی شود.

rdip انباشت تعداد کل دیپلمه‌ها (DIP) را ایجاد می‌نماید. خود این انباشت، باعث ایجاد دو نرخ خروجی، rde دیپلمه‌هایی که بلافاصله پس از اخذ دیپلم خواهان شرکت در آزمون ورود به مقطع لیسانس هستندو rdw دیپلمه‌هایی که خواهان شرکت در این آزمون نمی‌باشند. برای آنکه بتوان نرخ واقعی rde را بدست آورد، باید ضریبی مانند der که نسبت تعداد دیپلمه‌های هر سال که در کنکور همان سال شرکت کرده‌اند به تعداد کل دیپلمه‌ها است در rde ضرب شود. نیز برای آنکه بتوان نرخ واقعی rdw را بدست آورد، باید ضریبی مانند dwr که نسبت تعداد دیپلمه‌هایی است که در کنکور لیسانس همان سال اخذ دیپلم شرکت نکرده اندبه تعداد کل دیپلمه‌ها است در rdw ضرب شود.

rde ، تعداد افرادی که در کنکور لیسانس شرکت کرده اند (LISE) را ایجاد می‌نماید. این تعداد در کنکور شرکت می‌نمایند و با نرخ پذیرش متقاضیان به مقطع لیسانس (rlisa)، خارج می‌گردند. البته باید گفت که rlisa به عوامل دیگری هم بستگی دارد. این عوامل، مقدار سرانه فضای آموزشی هر دانشجوی لیسانس (pcDEVlis)، نسبت فضای آموزشی لیسانسه‌ها به کل فضای آموزشی موجود، (DEVlis)، نسبت تعداد دانشجویان مقطع لیسانس به تعداد اعضای هیات علمی مخصوص دانشجویان همان مقطع (pc lismas) و نیز تعداد اعضای هیات علمی برای دانشجویان مقطع لیسانس (mas lis) می‌باشند. لذا rlisa، کمترین مقدار بین LISE، مقدار فضای آموزشی (تقسیم DEVlis بر pcDEVlis) و تعداد اعضای هیات علمی (حاصل ضرب pc lismas در mas lis) می‌باشد. LISE خروجی دیگری نیز دارد که آن نرخ پذیرفته‌نشدگان متقاضی ورود به مقطع لیسانس (rflise) است.

rflise ، داوطلبان قبول نشده در کنکور لیسانس (FLISE) را بوجود می‌آورد. FLISE با آزمون ورودی به مقطع لیسانس، به دو گونه برخورد می‌کنند. تعدادی از آنها با نرخ دیپلمـــه‌های قدیمی، متقاضی ورود به مقطع لیسانس (rdoe) به LISE وارد می‌شوند. برای آنکه بتوان نرخ واقعی rdoe را بدست آورد، باید ضریبی مانند doer که نسبت تعداد کنـــکوری‌های لیسانس که دیپـــلمه قدیم هستند، به کل کنکوری‌های لیسانس در rdoe ضرب شود. نوع برخورد دیگر جمعیت داوطلبان قبول نشده با آزمون ورودی به مقطع لیسانس، انصراف از شرکت در این آزمون است. معمولاً داوطلبان با گذشت حدود دو دوره شرکت در کنکور، از ادامه کار منصرف می‌شوند. نرخ دیپلمه‌های منصرف از شرکت مجدد در کنکور لیسانس (rdo)، با یک تأخیر مرتبه سه، از انباشت FLISE خارج می‌شوند.

rlisa، دانشجویان مقطع لیسانس (LISS)، را بوجود می‌آورد. این جمعیت با گذشت زمان درس خود را به اتمام می‌رسانند. چون تعداد انصرافی‌ها و اخراجی‌های این دوران بسیار کم است، فرض می‌شود تنها خروجی این انباشت، نرخ فارغ‌التحصیل شدن دانشجویان مقطع لیسانس (rlisg) می‌باشد.

چون LISS، با گذشت حدود پنج سال، به فارغ‌التحصیلان لیسانسه (LIS) تبدیل می‌شوند، طبیعی است rlisg با تأخیر مرتبه سه، ظهور می‌یابد. در این تأخیر rlisg به LIS وابسته بوده و چون می‌خـواهیم خروجی‌های این تأخیر کمتر از چهار سال نباشد، زمان مورد نیاز برای تأخیر هشت سال در نظر گرفته می‌شود.

انباشت LIS، دقیقاً مانند DIP عمل می‌نماید. لذا نوع عملکرد سیستم فوق لیسانس و دکترا، عیناً تکرار می‌شود. تا آنجا که فارغ‌التحصیلان مقطع دکتری (PhD)، پدید می‌آید. چون این مدل در فضای سیستم آموزش عالی فعال است، فارغ‌التحصیلانی که به استخدام همین سیستم (عنوان عضو هیات علمی) درمی‌آیند، مورد توجه قرار می‌گیرند. لذا خروجی PhD، نرخ استخدام فارغ‌التحصیلان دکترا به عنوان استادیار (rPhDasp)، است. برای آنکه بتوان نرخ واقعی rPhDasp را بدست آورد، باید ضریبی مانند PhDaspr که نسبت تعداد فارغ‌التحصیلان دکترا که به عنوان استادیار استخدام شده‌اند، به کل فارغ‌التحصیلان مقطع دکتری است در rPhDasp ضرب شود. rPhDasp، انباشت استادیاران(ASP) را، بوجود می‌آورد.

هر استادیاری، با توجه به شرایط خاص و حداقل پس از پنج سال، می‌تواند به رتبه دانشیاری ارتقاء یابد. هر چند که بسیاری از این افراد، آن شرایط را نمی‌توانند ایجاد نموده و با همان رتبه استادیاری، به مرحله خروج از هیات علمی (بازنشستگی، اخراج، استعفاء و...) می‌رسند. لذا دو خروجی برای ASP در نظر گرفته می‌شود. یکی نرخ خروج استادیاران از هیات علمی (raspd) و دیگری نرخ ارتقای استادیاران به دانشیاران (raspp) است. برای ارائه معادله raspd، ASP ، بر میانگین زمان لازم جهت ارتقای استادیار به دانشیار که مقداری ثابت معادل ۵ است (aspp Time) تقسیم شده و نرخ raspp از این مقدار کسر می‌شود. raspp، یک تأخیر مرتبه سه است که به انباشت ASP ارتباط یافته، زمان مورد نظر آن aspp Time است. هر چند که برای صحت محاسبات، لازم است در این مقدار، نسبت ارتقای دانشیاران به استادیاران (asppf) نیز ضرب شود. raspp ، انباشت دانشیاران (ACP) را، بوجود می‌آورد.

هر دانشیاری، با توجه به شرایط خاص و حداقل پس از پنج سال، می‌تواند به رتبه استادی ارتقاء یابد. هر چند که بسیاری از این افراد، آن شرایط را نمی‌توانند ایجاد نموده و با همان رتبه دانشیاری، به مرحله خروج از هیات علمی (بازنشستگی، اخراج، استعفاء و...) می‌رسند. لذا دو خروجی برای ACP در نظر گرفته می‌شود. یکی نرخ خروج دانشیاران از هیات علمی (racpd) و دیگری نرخ ارتقای دانشیاران به استادان (rascpp) است. برای ارائه معادله racpd، ACP بر میانگین زمان لازم جهت ارتقای دانشیار به استاد که مقداری ثابت معادل ۵ است (ascpp Time) تقسیم شده و نرخ racpp از این مقدار کسر می‌شود. racpp، یک تأخیر مرتبه سه است که به انباشت ACP ارتباط یافته، زمان مورد نظر آن acpp Time است. هر چند که برای صحت محاسبات، لازم است در این مقدار، نسبت ارتقای دانشیاران به استادان (acppf) نیز ضرب شود. racpp ، انباشت استادان (FP) را، بوجود می‌آورد. در این گروه ارتقاء وجود ندارد. لذا FP با نرخ بازنشستگی استادان (rfpd) و با یک تأخیر رتبه سه به مرحله خروج از هیات علمی می‌رسند. زمان این تأخیر بیست سال در نظر گرفته می‌شود.

مطابق آنچه که در نظام آموزش عالی بطور معمول مطرح است، اعضای هیات علمی ویژه دانشجویان مقطع لیسانس، از بین استادیاران و دانشیاران، اعضای هیات علمی ویژه دانشجویان مقطع فوق لیسانس، از بین استادیاران، دانشیاران و اساتید و اعضای هیات علمی ویژه دانشجویان مقطع دکتری، از بین دانشیاران و اساتید برگزیده می‌شود. در این راستا، اعضای هیات علمی ویژه دانشجویان مقطع لیسانس (mas lis) معرفی می‌شود، حاصل جمع ASP و ACP بـوده، اعضای هیات علـمی ویژه دانشجویان مقطع فوق لیسانس (mas msma) معرفی می‌شود، حاصل جمع ASP و ACP و FP بوده و اعضای هیات علمی ویژه دانشجویان مقطع دکتری (mas PhD) معرفی می‌شود، حاصل جمع ACP و FP می‌باشد. همـچنین pc maslis به عنـوان نسبت حقیقی (استاندارد یا مورد توجه سیستم) تعداد دانشجویان مقطع لیسانس به تعداد اعضای هیات علمی مخصوص دانشجویان مربوطه، pc masmsma به عنوان نسبت حقیقی (استاندارد یا مورد توجه سیستم) تعداد دانشجـویان مقطع فـوق لیسـانس به تعـداد اعضـای هیـات علمی مخصـوص دانشجویان مربوطه و pc masPhD به عنوان نسبت حقیقی (استاندارد یا مورد توجه سیستم) تعداد دانشجویان مقطع دکتری به تعداد اعضای هیات علمی مخصوص دانشجویان مربوطه مطرح می‌شود. طبیعی است که هر چقدر مقدار این نسبتها کمتر شود، حاکی از افزوده شدن تعداد اعضای هیات علمی و ارتقاء کیفیت آموزش می‌باشد. در شرایط فعلی pc maslis ۳۰/۱ ، pc masmsma ۱۵/۱ و pc masPhD ۵/۱ لحاظ شده است.

در مدل طراحی شده، شاخه دیگری نیز به عنوان Coflow

وجود دارد که اطلاعات آن در رابطه با Coflow قبلی می‌باشد. در این مسیر، چگونگی تعیین فضای مورد نیاز آموزش مطرح می‌شود. متغییر Time in به عنوان زمان مورد نظر برای شروع حرکت در مدل، در نظر گرفته می‌شود. این متغیر همانی است که قبلاً مورد بررسی قرار گرفت. در این شاخه باید در نظر داشت که برای ایجاد فضا، یک زمان حدود ۵ یا ۶ ساله برای ساخت و تجهیز مورد نیاز است، لذا طبیعی است که باید اطلاعات مورد نظر را از ۶ سال قبل به سیستم وارد نمود. چون فضای مورد نیاز بر اساس تعداد داوطلبان در هر سال است، باید تعداد داوطلبان را از ۶ سال قبل از اخذ دیپلم محاسبه کرده و برای آنها در ۱۲ سالگی‌شان برنامه‌ریزی نمود، تا وقتی به سن ۱۸ سالگی (زمان اخذ دیپلم و تقاضای ورود به دانشگاه) رسیدند فضای آموزشی نیز ایجاد شده باشد، لذا متغیر جدید Time 6 با عنوان زمان ۶ سال بعد، تعریف می‌شود، که در حقیقت زمان ۱۲ سالگی متولدین مورد نظر می‌باشد. پس برای محاسبه این زمان باید Time in را با عدد شش جمع نمود.

متغیر LISE 6 ، در واقع تعداد داوطلبان مقطع لیسانس در زمان Time 6 است. اطلاعات مورد نظر برای این متغیر، از تعداد داوطلبان لیسانس در سالهای مختلف حاصل شده است. فرض بر این بوده که تعداد داوطلبان لیسانس در هر سال، تابعی از تعداد متولدین سال متناظر با آن می‌باشد. تابع مورد نظر که یک تابع نمایی می‌باشد، با استفاده از نرم‌افزار SPSS محاسبه، رابطه این تابع به شرح معادله-۲ بدست آمد.

f(x) = -20219210.837 + 1506623.532589 * Ln x

(معادله-۲)

از ترکیب معادله-۲ با معادله-۱، تابع جدیدی حاصل گردیده، که در واقع تعداد داوطلبان مقطع لیسانس بر حسب سال تولدشان است. رابطه این تابع به شرح معادله-۳ بدست آمد.

f(x) = -20219210.837 + 1506623.532589 * Ln {1999538 - 153599948552351 * x^(-5) + 1857761748371738500000 * x^(-10) + 109000251 * Sin(0.15x) -166645463 * x^(0.1) * Sin(0.15x) + 62562591 * x^(0.2) * Sin(0.15x) + 3656606 * Sin(0.3x) - 2354383 * x^(0.1) * Sin(0.3x) }

(معادله-۳)

همچنین برای پاره‌ای از محاسبات که بعداً تشریح می‌شوند، Time 5 با عنوان زمان پنج سال بعد، و متغیر LISE 5 که تعداد داوطلبان مقطع لیسانس در زمان Time 5 می‌باشد، تعریف گردیده‌اند. رابطه متغیر LISE 5 همانند رابطه تابع LISE 6 است. اگر pcDEVlis یعنی سرانه فضای آموزشی هر دانشجوی لیسانس، که مقدار آن مطابق استاندارد ۳ متر مربع برای هر دانشجو است را در تعداد دانشجویان شش سال بعد (LISE 6) ضرب نماییم، DEV 6 یعنی مقدار فضای آموزشی مورد نیاز برای داوطلبانی که شش سال بعد دانشجو می‌شوند، بدست می‌آید. همچنین با ضرب pcDEVlis در LISE 5 ، DEV 5 یعنی مقدار فضای آموزشی مورد نیاز برای داوطلبانی که پنج سال بعد دانشجو می‌شوند، حاصل می‌گردد.

برای حصول مقدار فضای آموزشی مورد نیاز که باید ساخته شده (DEVB)، بر اساس DEV 6 و DEV 5 و کل مقدار فضای آموزشی موجود (total DEV) و بعداً درباره آن شرح داده خواهد شد، اظهار نظر می‌گردد. اگر فضای آموزشی DEV 6 کوچکتر یا مساوی total DEV باشد، طبیعی است که مقدار فضای موجود، جوابگوی فضای آینده بوده، و نیازی به ایجاد فضای بیشتر نخواهد بود. لذا DEVB برابر صفر خواهد شد. در غیر اینصورت، باید به گذشته نگریست. اگر فضای آموزشی DEV 5 کوچکتر یا مساوی total DEV باشد، طبیعی است که در گذشته افزایش فضای آموزشی وجود نداشته، لذا مقدار فضای ساخته شده DEVB اختلاف فضای آموزشی DEV 6 با total DEV خواهد شد. در غیر اینصورت، به این معنی است که در چند سال اخیر بر روی ایجاد فضای آموزشی برنامه‌ریزی شده، بایستی دید مقدار DEV 5 به نسبت DEV 6 چگونه است. اگر DEV 5 از DEV 6 بزرگتر باشد، طبیعی است که نیازی به ایجاد فضا نیست. چرا که در سالهای قبل از Time 6 فضا ایجاد شده است. لذا DEVB مقداری برابر صفر خواهد داشت. در غیر اینصورت باید مابه‌التفاوت مقدار DEV 5 با DEV 6 به عنوان DEVB در نظر گرفته شود.

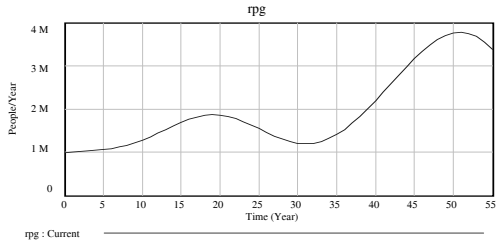
متغیر DEVB که یک تابع If Then است، خود بر نرخ ایجاد فضای آموزشی جدید (ridev) موثر است. ایجاد فضای آموزشی زمان بر بوده، حدود شش سال ساخت و ایجاد فضا طول می‌کشد. لذا ridev با یک تأخیر مرتبه سه که به DEVB وابسته بوده (زمان ۶)، تعریف می‌شود. نرخ ایجاد فضای آموزشی جدید، فضای آموزشی موجود (DEV) را ایجاد نموده و این انباشت با نرخ از بین رفتن فضای آموزشی موجود (rodev)، خارج می‌شود. چون هر فضای آموزشی حدوداً پس از ۲۰سال از زمان ساخت، از دور خارج می‌شود، در نظر گرفته می‌شود که rodev یک تأخیر خطی است که به ridev مربوط، با زمان ۲۰ سال خارج می‌گردد.

DEV که در حقیقت برابر کل فضای آموزشی موجود (total DEV) است، به سه بخش فضای موجود برای دانشجویان

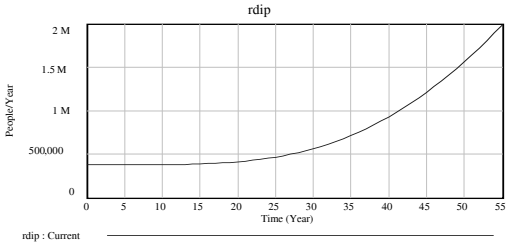
لیسانس (DEVlis)، فوق لیسانس (DEVmsma) و دکتری (DEVPhD) تقسیم می‌گردد. DEVlis، در حقیقت درصدی از total DEV است که به LISS و سرانه فضای آموزشی آنها pcDEVlis که مقدار آن مطابق استاندارد ۳ متر مربع برای هر دانشجو است و کل دانشجویان برمی‌گردد. لذا اگر سرانه فضای آموزشی دانشجویان فوق لیسانس pcDEVmsma که مطابق استاندارد ۲ متر مربع برای هر دانشجو و سرانه فضای آموزشی دانشجویان دکترا pcDEVPhD که مطابق استاندارد ۱،۵ متر مربع برای هر دانشجو در نظر گرفته شود و متغیر totDEVstu که کل فضای مورد نیاز محاسباتی نامیده می‌شود، از جمع حاصل‌ضربهای سرانه‌ها در تعداد دانشجویان هر مقطع بدست آید، DEVlis، حاصلضرب LISS در pcDEVlis در total DEV تقسیم بر، totDEVstu، بدست خواهد آمد. فضای موجود برای دانشجویان فوق لیسانس و دکترا نیز به همین ترتیب قابل محاسبه است. فضای موجود برای دانشجویان هر مقطع، در نرخ پذیرش متقاضیان ورود به هر مقطع موثر می‌باشد که در Co flow قبل مطرح شد.

۴-۶- اجرای مدل ارائه شده

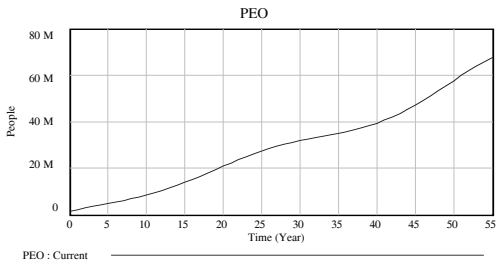
حال مدل در یک دوره زمانی پنجاه و پنج ساله (Final Time = 55) در نرم‌افزار Vensim اجرا می‌شود، تا رفتار متغیرها، انباشت‌ها و نرخ‌های مدل، در انتهای این دوره زمانی، بدست آید. پس از اجرا، رفتار نرخ متولدین در هر سال rpg ، رفتار انباشت جمعیت موجود PEO، رفتار نرخ افرادی که در هر سال مدرک پیش‌دانشگاهی (دیپلم) می‌گیرند rdip، رفتار انباشت تعداد کل فارغ‌التحصیلان پیش‌دانشگاهی (دیپلمه‌ها) DIP مطابق نمودارهای زیر بدست آمده است.



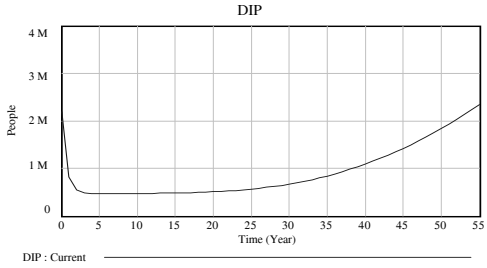
شکل ۷: رفتار نرخ متولدین در هر سال



شکل ۹: رفتار نرخ افرادی که در هر سال پیش دانشگاهی می گیرند

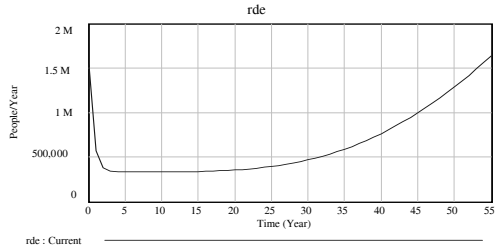


شکل ۸: رفتار انباشت جمعیت موجود

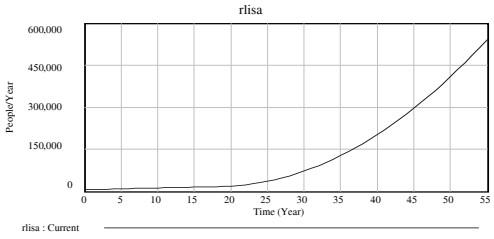


شکل ۱۰: رفتار انباشت تعداد کل فارغ التحصیلان پیش دانشگاهی

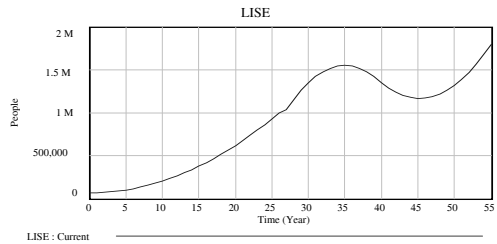
همچنین رفتار نرخ دیپلمه های متمایل به حضور در آزمون ورود به مقطع لیسانس rde ، رفتار انباشت تعداد ارادی که در کنکور لیسانس شرکت کرده‌اند LISE، رفتار نرخ پذیرش متقاضیان به مقطع لیسانس rlisa، رفتار انباشت تعداد دانشجویان مقطع لیسانس LISS مطابق نمودارهای زیر بدست آمده است



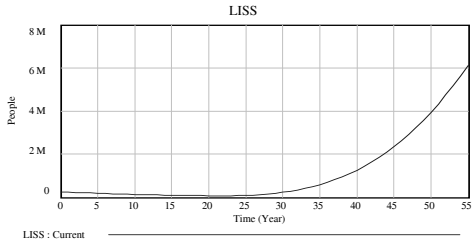
شکل ۱۱: رفتار نرخ دیپلمه‌های متمایل به حضور در کنکور لیسانس



شکل ۱۳: رفتار نرخ پذیرش متقاضیان به مقطع لیسانس

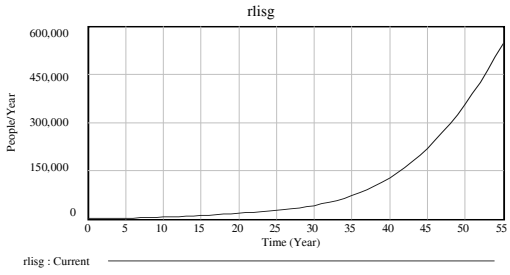


شکل ۱۲: رفتار انباشت افرادی که در کنکور لیسانس شرکت کرده‌اند

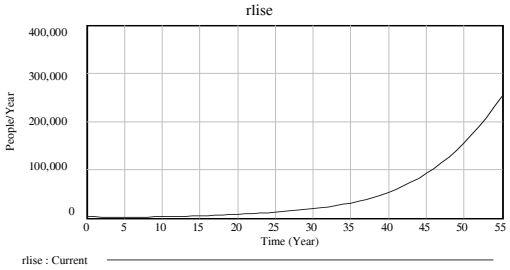


شکل ۱۴: رفتار انباشت تعداد دانشجویان مقطع لیسانس

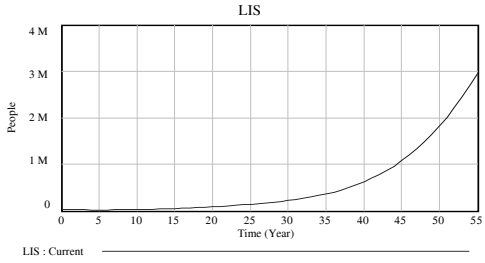
همچنین رفتار نرخ فارغ‌التحصیل شدن دانشجویان مقطع لیسانس rlisg، رفتـــار انبـاشت تعداد فارغ‌التحصیلان مقطع لیسانسLIS ، رفتار نرخ لیسانسه‌های متمایل به حضور در آزمون ورود به مقطع فوق لیسانس rlise، رفتار انباشت تعداد افرادی که در کنکور فوق لیسانس شرکت کرده‌اند MSMAE مطابق نمودارهای زیر بدست آمده است.



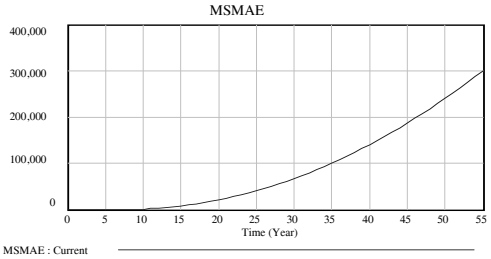
شکل ۱۵: رفتار نرخ فارغ التحصیل شدن دانشجویان مقطع لیسانس



شکل ۱۷: رفتار نرخ لیسانسه های متمایل به حضور در آزمون ارشد

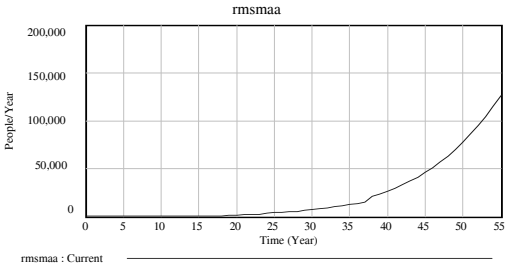


شکل ۱۶: رفتار انباشت تعداد فارغ التحصیلان مقطع لیسانس

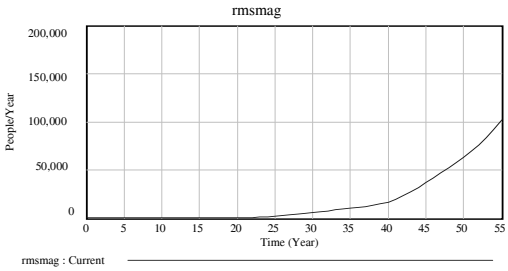


شکل ۱۸: رفتار انباشت تعداد افرادی که در کنکور فوق لیسانس شرکت کرده اند

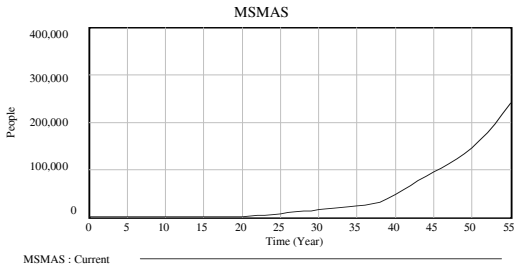
همچنین رفتار نرخ پذیرش متقاضیان به مقطع فوق لیسانس rmsmaa ، رفتار انبـاشت تعداد دانشجویان مقطع فوق لیسانس MSMAS ، رفتار نرخ فارغ‌التحصیل شدن دانشجویان مقطع فوق لیسانس rmsmag، رفتار انبـاشت تعداد فارغ‌التحصیلان مقطع فوق لیسانس MSMA مطابق نمودارهای زیر بدست آمده است.



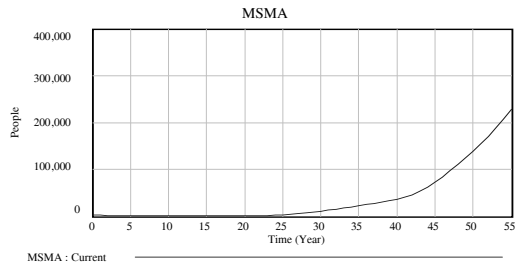
شکل ۱۹: رفتار نرخ پذیرش متقاضیان به مقطع فوق لیسانس



شکل ۲۱: رفتار نرخ فارغ التحصیل شدن دانشجویان مقطع ارشد

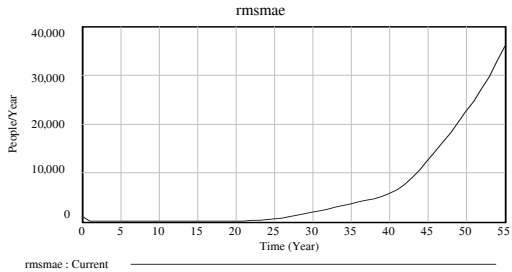


شکل ۲۰: رفتار انباشت تعداد دانشجویان مقطع فوق‌لیسانس

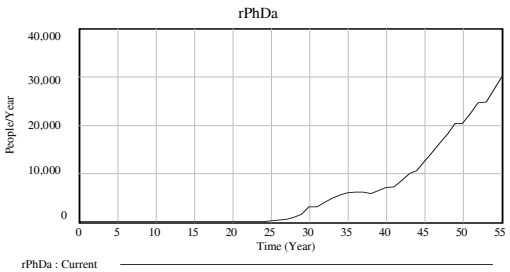


شکل ۲۲: رفتار انباشت تعداد فارغ التحصیلان مقطع فوق لیسانس

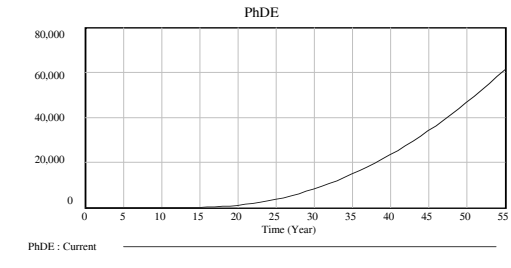
همچنین رفتار نرخ فوق لیسانسه‌های متمایل به حضور در آزمون ورود به مقطع دکتری rmsmae، رفتار انبـاشت تعداد افرادی که در کنکور دکتری شرکت کرده‌اند PhDE، رفتار نرخ پذیرش متقاضیان به مقطع دکتری rPhDa، رفتار انبـاشت تعداد دانشجویان مقطع دکتری PhDS مطابق نمودارهای زیر بدست آمده است.



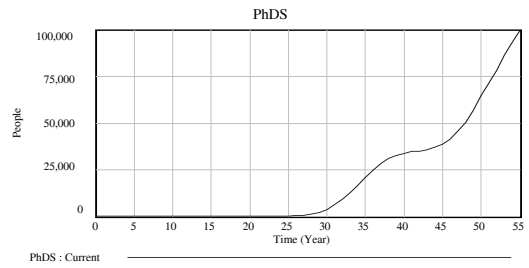
شکل ۲۳: رفتار نرخ ارشدهای متمایل به حضور در آزمون مقطع دکتری



شکل ۲۵: رفتار نرخ پذیرش متقاضیان به مقطع دکتری

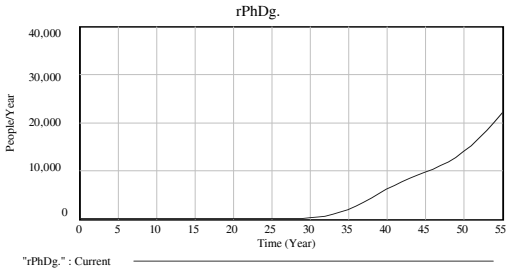


شکل ۲۴: رفتار انباشت تعداد افرادی که در کنکور دکتری شرکت کرده‌اند

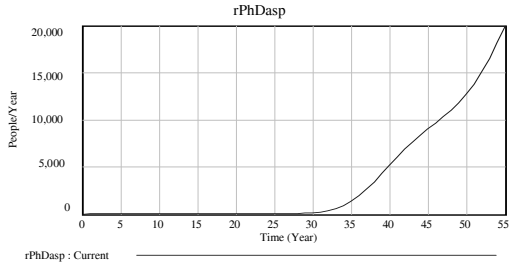


شکل ۲۶: رفتار انباشت تعداد دانشجویان مقطع دکتری

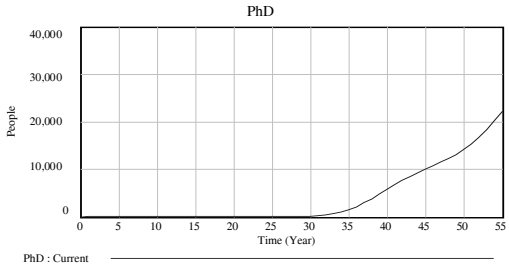
همچنین رفتار نرخ فارغ‌التحصیل شدن دانشجویان مقطع دکترا rPhDg، رفتار انباشت تعداد فارغ‌التحصیلان مقطع دکترا PhD، رفتار نرخ استخـدام فارغ‌التحصیلان دکترا به عنوان استادیار rPhDasp، رفتار انباشت تعداد استادیاران ASP مطابق نمودارهای زیر بدست آمده است.



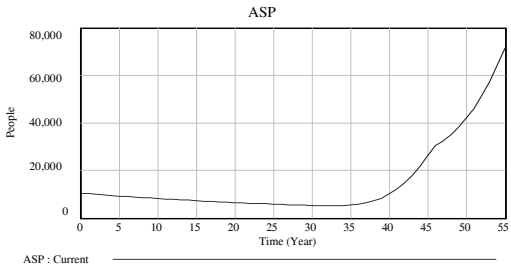
شکل ۲۷: رفتار نرخ فارغ‌التحصیل شدن دانشجویان مقطع دکتری



شکل ۲۹: رفتار نرخ استخدام فارغ‌التحصیلان دکتری به عنوان استادیار

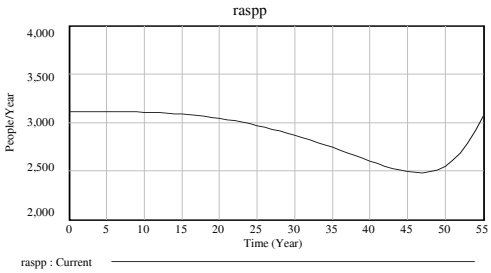


شکل ۲۸: رفتار انباشت تعداد فارغ التحصیلان مقطع دکتری

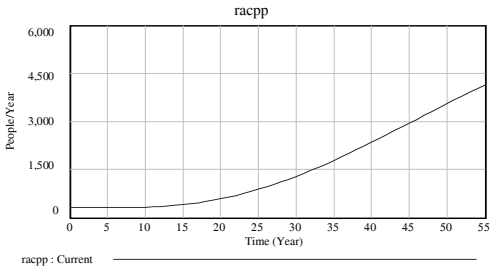


شکل ۳۰: رفتار انباشت تعداد استادیاران

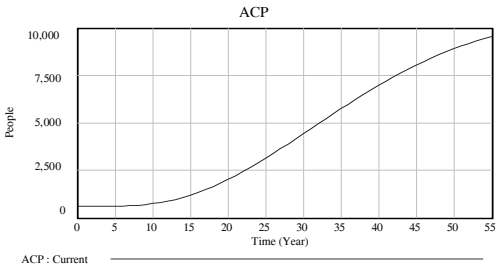
همچنین رفتار نرخ ارتقای استادیاران به دانشیاران raspp، رفتار انباشت تعداد دانشیاران ACP ، رفتار نرخ ارتقای دانشیاران به استادان racpp، رفتار انباشت تعداد استادان FP مطابق نمودارهای زیر بدست آمده است.



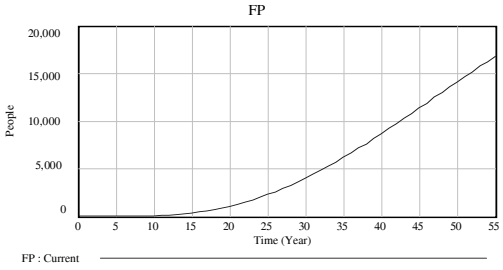
شکل ۳۱: رفتار نرخ ارتقای استادیاران به دانشیاران



شکل ۳۳: رفتار نرخ ارتقای دانشیاران به استادان

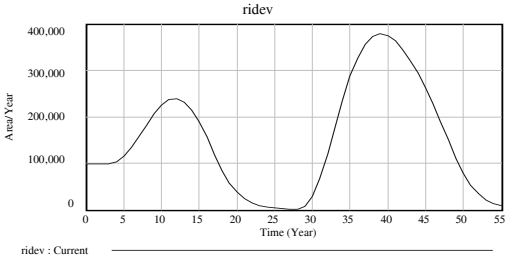


شکل ۳۲: رفتـــار انبـاشت تعداد دانشیاران

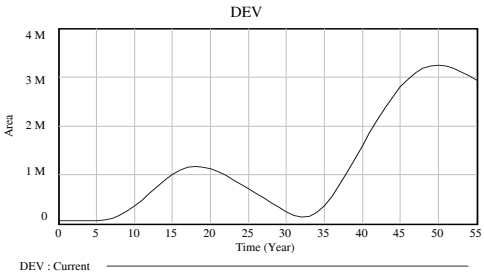


شکل ۳۴: رفتار انباشت تعداد استادان FP

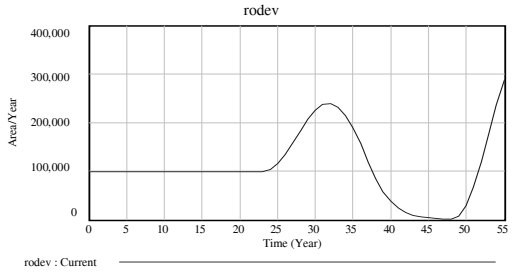
همچنین رفتار نرخ ایجاد فضای آموزشی جدید ridev، رفتار انباشت مقدار فضای آموزشی موجود DEV، رفتار نرخ از بین رفتن فضای آموزشی موجود rodev مطابق نمودارهای زیر بدست آمده است.



شکل ۳۵: رفتار نرخ ایجاد فضای آموزشی جدید



شکل ۳۶: رفتار انباشت مقدار فضای آموزشی موجود



شکل ۳۷: رفتار نرخ از بین رفتن فضای آموزشی موجود

۴-۷- صحت سنجی مدل ارائه شده

با توجه به رویکردی که برای اعتبارسنجی مدل‌های سیستم‌های دینامیکی وجود دارد، جهت اطمینان از صحت مدل و بر اساس میزان تطابق رفتار مدل با رفتار ساختاری سیستم، بایستی آزمون‌هایی انجام گیرد. برخی از تست‌ها آنقدر معتبر هستند، که می‌توان آنها را به نوعی الزامی دانست. (Barlas & Carpenter, 1990, 31)

اولین تستی که پس از اجرای مدل انجام گرفت، تست تأیید ساختار بود. (Newton, 1999) برای انجام این تست هیچ رویه استاندارد شده‌ای وجود ندارد، و این تست بیشتر به قضاوت‌های کیفی متکی است. البته از روش‌های نیمه ساخت‌یافته‌ای نظیر، بازرسی مدل و تحلیل جریان داده‌ها، می‌توان استفاده نمود.

آزمون سازگاری ابعادی، تست دومی بود که بایستی بر روی مدل، اعمال می‌شد. (Homer, 1999, 139-162) در حقیقت، ابعاد متغیرهای مختلف، در معادلات متفاوت، کنترل گردید، تا ناسازگاری در این بین وجود نداشته باشد. چرا که متغیرهای بی‌معنی که در دنیای بیرون، هیچ معنایی ندارند، نبایستی در مدل وجود داشته باشد.

سومین تست، تست شرایط حدی[1] است. (Newton, 1999) در این تست، با تعیین مقادیر اولیه متغیرها در حالتهای حدی بسیار بزرگ و یا بسیار کوچک، میزان پایداری رفتار سیستم بررسی می‌شود. به این منظور، میزان معنادار بودن مقادیر نتیجه شده از مدل تحت این شرایط، با آنچه که واقعاً بوقوع پیوسته است، مقایسه می‌شود. طبیعی است با نرخ جمعیت صفر، میزان انباشتها، مانند، تعداد دانشجویان مقطع لیسانس LISS، میزان نرخها همچون نرخ پذیرش دانشجویان فوق لیسانس rmsmaa و نرخ ایجاد فضای آموزشی جدید ridev نزدیک صفر خواهد بود. از طرفی در زمانی که نرخ جمعیت بسیار بالاتر از شرایط عادی می‌باشد، طبیعی است که میزان انباشتها، همچون تعداد داوطلبان کنکور مقطع لیسانس LISE و میزان نرخها، همچون نرخ ایجاد فضای آموزشی جدید ridev بسیار بالا خواهد بود.

آخرین تستی که برای صحت سنجی مدل صورت گرفت، آزمون تأیید پارامترها بود، (Barlas, 1996, 22) که به معنی ارزیابی مقادیر بدست آمده از مدل در مقایسه با داده‌های اطلاعات مرجع[2] است. لذا اطلاعات بدست آمده از مدل با

1- Extreme Conditions Analyzes
2- Reference mode

اطلاعات موجود کنترل گردید. برای انجـام این تست، دو متغیر نرخ پذیرش متقاضیان به مقطع لیسانس و نرخ پذیرش متقاضیان به مقطع فوق لیسانس، انتخاب شده و اطلاعات آنها با آمار نظام آموزش عالی (اطلاعات مربوط به سال‌های ۸۳-۶۹) استخراج شده، مقایسه گردید.

۵- نتایج شبیه‌سازی مدل

تست حساسیت

یکی از انواع آزمون‌های رایج برای کنترل صحت عملکرد مدل، تست حساسیت رفتاری است. (Barlas &Carpenter, 1990, 38) این تست با شناسایی پارامترهایی که مدل به آنها شدیداً حساس است، شروع شده، و سپس پرسیده می‌شود که آیا سیستم واقعی نیز اینقدر به تغییر در این پارامترها، حساس است؟ از طرف دیگر، یک مدل، برای ارائه تحلیل‌های خطمشی، باید از میزان تغییرات ناشی از انجام اینگونه توصیه‌ها، آگاهی داشته باشد، و باید بررسی نمود که، میزان حساسیت مدل نسبت به تغییرات در مقادیر پارامترها و انحرافات کوچک در فرمول‌بندی معادلات، چقدر است. بنابراین می‌توان جهت تجزیه و تحلیل و کسب اطلاعات لازم از مدل و تعیین سیاستهای خاص، از روش تحلیل حساسیت، استفاده نمود. در تحلیل حساسیت، بعضی از پارامترهای مهم را کم‌کم تغییر داده، نتایج را استخراج کرده و بر مبنای آنها، پیشنهادهای سیاست کار، ارائه می‌گردد.

ابتدا نسبت ارتقای استادیاران به دانشیاران asppf، بررسی می‌شود. همانگونه که از معادلات مدل برمی‌آید، مقدار این پارامتر ۰،۲ است. با تغییر این مقدار به عدد ۰،۱ و اجرای مجدد مدل، نرخ پذیرش متقاضیان مقطع لیسانس rlisa، مقدار این نرخ در سال پنجاه و پنجم، از ۵۴۰۷۳۸ نفر در حالت عادی، به ۵۳۵۹۷۲ نفر تبدیل می‌شود. با تغییر این مقدار به عدد ۰،۳ و اجرای مجدد مدل، نرخ پذیرش متقاضیان مقطع لیسانس rlisa، مقدار این نرخ در سال پنجاه و پنجم، از ۵۴۰۷۳۸ نفر در حالت عادی، به ۵۴۵۹۷۲ نفر تبدیل می‌گردد. همانگونه که مشهود است، تغییر محسوسی در میزان نرخ rlisa، رخ نداده است. با مراجعه به مدل و تحلیل رفتاری آن، مشخص می‌شود آنچه که در نرخ پذیرش متقاضیان این مقطع منشاء اثر است، تعداد اعضای هیات علمی برای مقطع لیسانس mas lis می‌باشد، که این متغیر، حاصل جمع تعداد استادیاران و دانشیاران است. با افزایش asppf، طبیعی است که از تعداد استادیاران کاسته شده و بر میزان دانشیاران افزوده می‌شود. لیکن حاصل جمع آنها (به همراه تعداد اساتید)، تغییر خاصی نمی‌یابد.

با تغییر مقدار asppf به عدد ۰،۱ و اجرای مجدد مدل، نرخ پذیرش متقاضیان مقطع فوق لیسانس rmsmaa، مقدار این نرخ در سال پنجاه و پنجم، از ۱۲۶۱۴۲ نفر در حالت عادی، به ۱۲۳۰۶۵ نفر تبدیل می‌شود. با تغییر این مقدار به عدد ۰،۳ و اجرای مجدد مدل، نرخ پذیرش متقاضیان مقطع فوق لیسانس rmsmaa، مقدار این نرخ در سال پنجاه و پنجم، از ۱۲۶۱۴۲ نفر در حالت عادی، به ۱۳۰۰۴۳ نفر تبدیل می‌گردد. همانگونه که مشهود است، تغییر محسوسی در میزان نرخ rmsmaa ، رخ نداده است. با مراجعه به مدل و تحلیل رفتاری آن، مشخص می‌شود آنچه که در نرخ پذیرش متقاضیان این مقطع منشاء اثر است، تعداد اعضای هیات علمی برای مقطع فوق لیسانس mas msma می‌باشد، که این متغیر، حاصل جمع تعداد استادیاران و دانشیاران و استادان است. با افزایش asppf، طبیعی است که از تعداد استادیاران کاسته شده و بر میزان دانشیاران افزوده می‌شود. لیکن حاصل جمع آنها (به همراه تعداد اساتید)، تغییر خاصی نمی‌یابد.

با تغییر مقدار asppf به عدد ۰،۱ و اجرای مجدد مدل، نرخ پذیرش متقاضیان مقطع دکتری rPhDa، مقدار این نرخ در سال پنجاه و پنجم، از ۲۹۹۷۹ نفر در حالت عادی، به ۲۷۶۷۳ نفر تبدیل می‌شود. با تغییر این مقدار به عدد ۰،۳ و اجرای مجدد مدل، نرخ پذیرش متقاضیان مقطع دکتری rPhDa، مقدار این نرخ در سال پنجاه و پنجم، از ۲۹۹۷۹ نفر در حالت عادی، به ۳۵۹۷۵ نفر تبدیل می‌گردد. همانگونه که مشهود است، میزان نرخ rPhDa، به ازای افزایش asppf افزوده شده و به ازای کاهش asppf کاهش یافته است. با مراجعه به مدل و تحلیل رفتاری آن، مشخص می‌شود آنچه که در نرخ پذیرش متقاضیان مقطع دکترا منشاء اثر است، تعداد اعضای هیات علمی برای مقطع دکترا mas PhD می‌باشد، که این متغیر، حاصل جمع تعداد دانشیاران و استادان است. با افزایش asppf، طبیعی است که تعداد دانشیاران افزوده شده، لذا تعداد اعضای هیات علمی مخصوص این مقطع، زیاد می‌شود، و طبیعتاً نرخ rPhDa افزایش می‌یابد.

همانگونه که از معادلات مدل برمی‌آید، مقدار پارامتر acppf نیز ۰،۲ است. با تغییر این مقدار به عدد ۰،۱ و اجرای مجدد مدل، نرخ پذیرش متقاضیان مقطع لیسانس rlisa، مقدار این نرخ در سال پنجاه و پنجم، از ۵۴۰۷۳۸ نفر در حالت عادی، به ۵۹۸۶۰۵ نفر تبدیل می‌شود. با تغییر این مقدار به عدد ۰،۳ و

اجرای مجدد مدل، نرخ پذیرش متقاضیان مقطع لیسانس rlisa، مقدار این نرخ در سال پنجاه و پنجم، از ۵۴۰۷۳۸ نفر در حالت عادی، به ۴۸۴۷۶۶ نفر تبدیل می‌گردد. همانگونه که مشهود است، میزان نرخ rlisa، به ازای کاهش acppf افزایش یافته و به ازای افزایش acppf کاسته شده است. با مراجعه به مدل و تحلیل رفتاری آن، مشخص می‌شود آنچه که در نرخ پذیرش متقاضیان مقطع لیسانس منشاء اثر است، تعداد اعضای هیات علمی برای مقطع لیسانس mas lis می‌باشد، که این متغیر، حاصل جمع تعداد استادیاران و دانشیاران است. با افزایش acppf، طبیعی است که تعداد دانشیاران کاسته شده، لذا تعداد اعضای هیات علمی مخصوص این مقطع، کاهش می‌یابد، و طبیعتاً نرخ rlisa کم می‌شود.

با تغییر مقدار acppf به عدد ۰،۱ و اجرای مجدد مدل، نرخ پذیرش متقاضیان مقطع فوق لیسانس rmsmaa، مقدار این نرخ در سال پنجاه و پنجم، از ۱۲۶۱۴۲ نفر در حالت عادی، به ۱۲۸۷۱۶ نفر تبدیل می‌شود. با تغییر این مقدار به عدد ۰،۳ و اجرای مجدد مدل، نرخ پذیرش متقاضیان مقطع فوق لیسانس rmsmaa، مقدار این نرخ در سال پنجاه و پنجم، از ۱۲۶۱۴۲ نفر در حالت عادی، به ۱۲۴۲۷۸ نفر تبدیل می‌گردد. همانگونه که مشهود است، تغییر محسوسی در میزان نرخ rmsmaa، رخ نداده است. با مراجعه به مدل و تحلیل رفتاری آن، مشخص می‌شود آنچه که در نرخ پذیرش متقاضیان مقطع فوق لیسانس منشاء اثر است، تعداد اعضای هیات علمی برای مقطع فوق لیسانس mas msma می‌باشد، که این متغیر، حاصل جمع تعداد استادیاران و دانشیاران و استادان است. با افزایش acppf، طبیعی است که از تعداد دانشیاران کاسته شده و بر میزان تعداد استادان افزوده می‌شود. لیکن حاصل جمع این دو (به همراه تعداد استادیاران)، تغییر خاصی نمی‌یابد.

با تغییر مقدار acppf به عدد ۰،۱ و اجرای مجدد مدل، نرخ پذیرش متقاضیان مقطع دکتری rPhDa، مقدار این نرخ در سال پنجاه و پنجم، از ۲۹۹۷۹ نفر در حالت عادی، به ۲۹۴۸۷ نفر تبدیل می‌شود. با تغییر این مقدار به عدد ۰،۳ و اجرای مجدد مدل، نرخ پذیرش متقاضیان مقطع دکتری rPhDa، مقدار این نرخ در سال پنجاه و پنجم، از ۲۹۹۷۹ نفر در حالت عادی، به ۳۰۷۴۸ نفر تبدیل می‌گردد. همانگونه که مشهود است، تغییر محسوسی در میزان نرخ rPhDa، رخ نداده است. با مراجعه به مدل و تحلیل رفتاری آن مشخص می‌شود آنچه که در نرخ پذیرش متقاضیان مقطع دکتری منشاء اثر است، تعداد اعضای هیات علمی برای مقطع دکتری mas PhD می‌باشد، که این متغیر، حاصل جمع تعداد دانشیاران و استادان است. با افزایش acppf، طبیعی است که از تعداد دانشیاران کاسته شده و بر میزان تعداد استادان افزوده می‌شود. لیکن حاصل جمع این دو تغییر خاصی نمی‌یابد.

همانگونه که از معادلات مدل بر می‌آید، مقدار پارامتر PhDaspr ۰،۹ است. با تغییر این مقدار به عدد ۰،۸ و اجرای مجدد مدل، نرخ پذیرش متقاضیان مقطع لیسانس rlisa، مقدار این نرخ در سال پنجاه و پنجم، از ۵۴۰۷۳۸ نفر در حالت عادی، به ۴۴۴۷۶۶ نفر تبدیل می‌شود. با تغییر این مقدار به عدد ۱ و اجرای مجدد مدل، نرخ پذیرش متقاضیان مقطع لیسانس rlisa، مقدار این نرخ در سال پنجاه و پنجم، از ۵۴۰۷۳۸ نفر در حالت عادی، به ۶۳۵۳۵۲ نفر تبدیل می‌گردد. همانگونه که مشهود است، میزان نرخ rlisa، به ازای کاهش PhDaspr کاهش یافته و به ازای افزایش PhDaspr افزوده شده است. با مراجعه به مدل و تحلیل رفتاری آن، مشخص می‌شود آنچه که در نرخ پذیرش متقاضیان مقطع لیسانس منشاء اثر است، تعداد اعضای هیات علمی برای مقطع لیسانس mas lis می‌باشد، که این متغیر، حاصل جمع تعداد استادیاران و دانشیاران است. با افزایش PhDaspr، طبیعی است که تعداد استادیاران افزوده شده، لذا تعداد اعضای هیات علمی مخصوص این مقطع، زیاد می‌شود، و طبیعتاً نرخ rlisa افزایش می‌یابد.

نتیجه‌گیری

پس از طراحی مدل و اجرا نمودن آن، نتایج درخور توجهی حاصل شد. در طراحی مدل، بسیاری از متغیرها از مجموعه مدل حذف گردید و فقط دو متغیر عمده فضای آموزشی و اعضای هیات علمی در نظر گرفته شد. در ابتدا به نظر می‌رسید، آنچه که در میزان ظرفیت دانشجو اهمیت دارد، مقدار فضای آموزشی است. لیکن با اجرای مدل و کنترل نرخ پذیرش در مقاطع مختلف تحصیلی، مشخص شد که عامل محدود کننده (علی‌الخصوص در پذیرش متقاضیان مقاطع فوق لیسانس و دکتری) تعداد اعضای هیات علمی است. مضافاً آنکه با توجه به نمودار نرخ ایجاد فضای آموزشی جدید، بایستی عملیات ایجاد فضای آموزشی، با جدیت و مطابق برنامه‌ریزی، ادامه یافته تا فضای آموزشی مورد نیاز در آینده (با توجه به اوج گرفتن نرخ رشد جمعیت در آینده) تولید گردد.

در ادامه نتایج مختلفی که از اجرای مدل حاصل شده، و نیز اثر عوامل متفاوت مورد بررسی قرار می‌گیرد. اگر هر سه نسبت، نسبت ارتقای استادیاران به دانشیاران asppf، نسبت ارتقای

دانشیاران به استادان acppf و نسبت تعداد فارغ‌التحصیلان دکترا که به عنوان استادیار استخدام شده‌اند، به کل فارغ‌التحصیلان مقطع دکتری PhDaspr افزدوه شود، نرخ پذیرش متقاضیان هر سه مقطع افزایش خواهد یافت. البته مشهود است که افزایش نرخ پذیرش متقاضیان مقطع لیسانس از این طریق، در آینده‌ای دورتر بوقوع خواهد پیوست.

پیشنهاد می‌شود که ضمن در نظر گرفتن میزان تقاضای ورود به سیستم در دهه اول و دوم قرن آتی، طرح ایجاد فضاهای آموزشی و تربیت نیروی متخصص هیات علمی، ادامه یافته، کاهش تقاضای داوطلبان داخلی در سالهای میانی این مسیر، (با در نظر گرفتن مقدار تقاضای داخلی در آینده، عدم افت تحصیلی، شدت یافتن فشار جهت ورود افراد مستعد و باسواد به سیستم (با برگزاری کنکور، آنهم بصورت آزمونی جامع و سنگین) و عدم اجازه راهیابی افراد کم سواد به این نظام) با حضور داوطلبان خارجی و جذب دانشجویان بیگانه جبران گردد. این امر اتفاق نمی‌افتد مگر آنکه کیفیت آموزش و اعتبار این نظام فدای تکمیل ظرفیت خالی، نشود.

منابع و مآخذ

۱- حمیدی‌زاده، محمدرضا «پویایی‌های سیستم»، مرکز چاپ و انتشارات دانشگاه شهید بهشتی، (۱۳۷۹)، صص ۳۴-۴۴.

۲- سینگه، پیتر «پنجمین فرمان، خلق سازمان یاد گیرنده»، ترجمه حافظ کمال هدایت، (۱۳۸۴)، محمد روشن، سازمان مدیریت صنعتی، صص ۳۴ و ۳۹-۵۳ و ۶۲-۷۰.

۳- قورچیان، نادرقلی، آراسته، حمیدرضا و پریوش جعفری، «دائره المعارف آموزش عالی»، (۱۳۸۳)، بنیاد دانشنامه بزرگ فارسی - صفحات ۳۵ و کلیه جداول ارائه شده.

4- Barlas.Y, Fall 1996, Formal Aspects of Model Validity and Validations in System Dynamics, System Dynamics Review, Vol 12, No 3, p22.

5- Barlas.Y & Carpenter.S, Summer 1990, Philosophical Root of Model Validations: Two Paradigms, System Dynamics Review, Vol 6, No 2, pp31, 38.

6- Fiddaman.T, 1997, Feedback Complexity in Integrated Climate – Economy Models, PhD thesis, MIT Sloan School of Management, Cambridge, MA 02142 (Unpublished)

7- Forrester.J.W, 1961, Industrial Dynamics, Cambridge, MIT Press, Currently available from Pegasus Communications, Waltham, MA, pp 76-90.

8- Forrester.J.W, 1969, Urban Dynamics, Cambridge, MIT Press, MA: Pegasus Communications, Waltham, p58.

9- Forrester.J.W, 1992, Policies, Decisions, and Information sources for Modeling, European Journal of Operational Research, 59(1) pp 42-63.

10- Homer.J, 1999, Macro- and micro Modeling of Field, service dynamics, System Dynamics Review, 15(2) pp 139-162.

11- Malchow, Kriz.J, Springer 2001, Integrative System Approaches to Natural and Social Dynamics, Systems Science 2000, New York.

12- Morecroft.J.D.W & Sterman.John.D, 1994, Modeling for Learning Organizations, Productivity Press, Portland, OR, pp 132-141.

13- Newton.P, 1999, An Introduction to System Dynamics, Presented Paper in Sustainable Green Bay Confrence.

14- Sterman.John.D, 2000, Business Dynamics System thinking and Modeling for a Complex World, McGraw Hill, pp 20, 32, 191-225, 411-421, 470, 503-504.

15- Road map 1 to 9 System Dynamics Education Project, System Dynamics group, sloan school management, Massachusetts Institute of Technology, Latest Revision March18, 2001, Comppiled under the direction of Professor Jay W.Forrester.

16- www.Amar.Sci.org.ir

17- www.Bspb.medu.ir

18- www.maaw.info/TheBeerGame.htm

19- www.masystem.com/beergame

20- www.Msrt.ir

21- www.systemdynamics.org/Beer.htm

22- www.vensim.com