مدیریت صنعتی
دانشکدهٔ مدیریت دانشگاه تهران
دورهٔ ۵، شمارهٔ ۲
پاییز و زمستان ۱۳۹۲
ص. ۴۸-۲۳

تحلیل تغییرات نیروی انسانی صنعت تایر خودروی سواری کشور با رویکرد پویایی‌های سیستمی

مرتضی الهی[۱]، محمدمهدی لطفی[۲]

چکیده: مدیریت نیروی انسانی در صنعت تایر ایران، نیازمند تصمیم‌های راهبردی و آینده‌نگر برای مقابله با تغییرات پیش‌بینی‌نشده است. در این زمینه یکی از کاربردی‌ترین ابزارها، پویایی سیستم است که با جست‌وجوی ساختارهای علّی ـ معلولی در سیستم‌ها، رفتار آنها را در برابر تغییرات ناگهانی شبیه‌سازی می‌کند تا سیاست‌هایی برای مقابله با شرایط احتمالی آینده تدوین شوند. پژوهش حاضر می‌کوشد با ارائهٔ مدلی پویا برای صنعت تایر خودروی سواری کشور، تغییرات نیروی انسانی فعال این صنعت را تا چشم‌انداز ۱۴۰۴ برنامه‌ریزی و تحلیل حساسیت کند. برای این کار، ساختارهای صنعت تایر خودروی سواری بر مبنای روش استرمن طراحی و داده‌های ۱۰ سال اخیر، متغیرهای تأثیرگذار مدل شناسایی شدند. داده‌ها با روابط ریاضی مدل‌سازی و به‌منزلهٔ ورودی‌های مدل دینامیکی، در نرم‌افزار Vensim به‌کار رفتند. بر مبنای مدل طراحی‌شده، رفتار و نتایج نهایی متغیرهای مدل تا پایان مرز زمانی مورد نظر، بررسی شد. نتایج نشان داد که تا پایان چشم‌انداز، حدود پانزده‌هزار نفر در این صنعت فعال خواهند بود. درنهایت تحلیل حساسیت تأثیر متغیرهای مهم، به‌ویژه تقاضا بر صنعت تایر انجام و توصیه‌هایی برای اتخاذ سیاست‌های برنامه‌ریزی کلان تولید و نیروی انسانی در شرایط مختلف، ارائه شد.

واژه‌های کلیدی: تحلیل دینامیکی، تحلیل نیروی انسانی، صنعت تایر، مدل‌سازی پویا.

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه یزد، ایران
۲. استادیار گروه مهندسی صنایع، دانشگاه یزد، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۲/۰۲/۱۴
تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۱۳۹۲/۰۵/۳۰
نویسندهٔ مسئول مقاله: محمد مهدی لطفی
E-mail: Lotfi@yazd.ac.ir

مقدمه

صنعت تایر پس از فولاد، مهم‌ترین صنعت بالادستی صنعت خودرو قلمداد می‌شود. مطالعات نشان می‌دهد که توسعهٔ صنعت خودرو بدون توسعه دو صنعت فولاد و تایر امکان‌پذیر نیست. با توجه به جایگاه مهم صنعت تایر در زنجیرهٔ تأمین صنایع خودروسازی، تغییرات در فناوری و بهره‌وری این صنعت، تأثیر زیادی بر توسعهٔ صنایع خودرو خواهد داشت (تیم استراتژیک کرمان‌تایر، ۱۳۸۴).

در راستای برنامه‌ریزی صنعت تایر و نیل به‌اهداف صنعت خودرو، سند چشم‌انداز صنعت تایر در سال ۱۳۸۵ برای یک دورهٔ بیست‌ساله تدوین شد (توانا، امامی، تنها و تقوایی، ۱۳۸۸). گرچه در این سند، اهداف تولید تا چشم‌انداز ۱۴۰۴ تدوین شده، اما در توجه به برخی از جزئیات، ازجمله وضعیت نیروی انسانی مشغول به‌کار، کاستی‌هایی وجود دارد. از آنجا که تربیت و نگهداشت منابع انسانی کارآمد و با انگیزه، یکی از چالش‌های عمدهٔ سازمان‌های تولیدکننده و منبع اصلی ایجاد مزیت رقابتی شمرده می‌شود (گروه صنعتی بارز، ۱۳۸۹)، برنامه‌ریزی توسعهٔ صنعت تایر بدون پیش‌بینی وضعیت نیروی انسانی و تحلیل ارتباط آن با تولید، مقدور نخواهد بود. نقش تأثیرگذار نیروی انسانی در برنامه‌ریزی کلان تولید تایر از یک سو و اهمیت برنامه‌ریزی منابع انسانی برای توسعهٔ صنایع از سوی دیگر، برنامه‌ریزی توسعهٔ صنایع تایر را به تحلیل وضعیت نیروی انسانی مشغول در این صنعت نیازمند می‌کند. با توجه به فقدان تحلیل جامع برنامه‌ریزی نیروی انسانی و نقش آن در برنامه‌ریزی تولید صنعت تایر، پژوهش‌های بسیاری را می‌توان طرح کرد.

هدف پژوهش حاضر با بررسی اهمیت مسائل و مصاحبه با صاحب‌نظران صنعت، پاسخ به دو پرسش اساسی است:

۱. با توجه به تغییرات تقاضا و نیروی انسانی مورد نیاز در این صنعت، نیروی انسانی شاغل در صنعت تایر کشور تا پایان چشم‌انداز ۱۴۰۴ به چه میزان خواهد رسید؛
۲. توسعهٔ نیروی انسانی صنعت تایر چگونه و چه میزان متأثر از متغیرهای کلان برنامه‌ریزی تولید خواهد بود.

پاسخ به این پرسش‌ها، نتایج و تحلیل‌های مناسبی را در اختیار مدیران قرار می‌دهد. پرسش اول در جست‌وجوی پیش‌بینی روند توسعهٔ نیروی انسانی بوده و پاسخ به آن با روش پویایی‌های سیستمی مزایای بسیاری نسبت به روش‌های مرسوم پیش‌بینی دارد (لینیز، ۲۰۰۰). پرسش دوم به تحلیل حساسیت ارتباط میان برنامه‌ریزی کلان تولید و برنامه‌ریزی منابع انسانی می‌پردازد.

پیشینهٔ پژوهش

در این مقاله، پیشینهٔ پژوهش از دو دیدگاه بررسی می‌شود. ابتدا پیشینهٔ پژوهش‌های انجام‌شده در صنعت تایر مرور می‌شود. سپس، محدودهٔ پژوهش و جایگاه مسئله در میان پژوهش‌های مشابه بیان خواهد شد.

پیشینهٔ پژوهش‌ها در صنعت تایر

جایگاه ویژهٔ صنعت تایر در زنجیرهٔ تأمین خودرو، منجر به پژوهش‌های گسترده در روند تغییرات بازار و تبیین استراتژی‌های تولید شده است. عمدهٔ این پژوهش‌ها را تولیدکنندگان با هدف تحلیل و برنامه‌ریزی در سطوح کلان سازمان انجام داده‌اند. در جدول ۱، مهم‌ترین پژوهش‌ها در میان انبوه پژوهش‌ها و برنامه‌ریزی‌های استراتژیک، مرور می‌شود.

جدول ۱. بررسی پیشینه پژوهش‌ها در صنعت تایر

عنوان پژوهش	پژوهشگر (سال)	ویژگی‌های پژوهش	ارتباط با پژوهش حاضر
تعیین مقیاس بهینهٔ تولید در مجتمع صنایع لاستیک کرمان	عباسی ابیانه، ۱۳۸۲	تخمین مقیاس بهینهٔ تولید به کمک روش‌های آماری تحلیل بازار داخلی و خارجی تایر.	پیش‌بینی وضعیت بازار تایر و روند تولید، توجیه اقتصادی توسعهٔ ظرفیت تولید.
برنامهٔ استراتژیک مجتمع صنایع لاستیک کرمان	مجتمع لاستیک کرمان، ۱۳۸۳	برنامه‌ریزی استراتژیک گروه لاستیک کرمان، تعیین اهداف و استراتژی‌های تولید برای افق ده‌ساله.	پیش‌بینی توسعهٔ تولید و منابع انسانی با روش‌های آماری با تمرکز بر آینده‌نگاری به جای پیش‌بینی.
وضعیت صنایع تایر و تیوب کشور و چشم‌انداز بیست‌سالهٔ آن	دفتر صنایع غیرفلزی، ۱۳۸۵	گزارش آمار تولیدکنندگان داخلی، تحلیل روند تولید، بررسی چشم‌انداز جهانی تایر و فرصت‌های ایران در بازارهای جهان.	تحلیل روند تولیدات در ایران، تحلیل چشم‌انداز جهان و ایران در صنایع تایر.
سند چشم‌انداز صنعت تایر ایران در افق ۱۴۰۴	توانا و همکاران، ۱۳۸۸	بررسی تحولات صنعت تایر در منطقه و جهان تا ۲۰ سال آینده، بررسی روند توسعهٔ کشورهای موفق در صنعت تایر، تحلیل استراتژیک مسیر توسعهٔ صنعت نقاط ضعف، قدرت، فرصت‌ها و تهدیدها.	تحلیل روند صنعت تایر (با روش‌های تحلیلی و آماری)، پیش‌بینی نقشهٔ توسعهٔ استراتژیک صنایع تایر با روش‌های آماری (نیروی انسانی به‌طور ضمنی مورد توجه قرار گرفته است).

ادامهٔ جدول ۱. بررسی پیشینه پژوهش‌ها در صنعت تایر

عنوان پژوهش	پژوهشگر (سال)	ویژگی های پژوهش	ارتباط با پژوهش حاضر
گزارش هیئت مدیره به مجمع سهامداران	گروه بارز، ۱۳۸۹	تحلیل وضعیت تولیدکنندگان داخلی، بررسی سهم بازار و وضعیت نیروی انسانی گروه بارز و گزارش سهامداران.	تحلیل رفتار تولید تایر در بازارهای داخل، تحلیل روند گذشتهٔ تغییرات نیروی انسانی.
The Eclipse of the U.S Tire Industry	راجن، ولپین، زینگلز، ۲۰۰۰	بررسی پیشنیهٔ تولیدکنندگان بزرگ تایر، تحلیل بازارهای جهانی و تقاضای خرده‌فروشی تایر و خودروسازان.	تحلیل مجزای تقاضای تایر خرده‌فروشان و خودروسازان، تحلیل رگرسیونی رفتار گذشتهٔ بازار و توصیه برای آینده.
Economic Analysis of the Rubber Tire Manufacturing	بنیاد حمایت از محیط زیست آمریکا، ۲۰۰۰	تحلیل صنایع تایر و وضعیت تولیدکنندگان، تمرکز بر زنجیرهٔ تأمین.	بررسی رفتار تولیدکنندگان، تحلیل تغییرات بازار (عدم پیش‌بینی دقیق).
Tire Capacity Wave	تیم تحقیقاتی کمهو تایر، ۲۰۰۷	تحلیل تغییرات ظرفیت تولید در جهان و تغییرات بازار تایر، تحلیل بازار تایر رادیال و بایاس.	پیش‌بینی تقاضای بازار تایر برای تایرهای رادیال و بایاس با روش‌های آماری.
Global Tire Quarterly Review	گزارش بانک مریل لینچ، ۲۰۱۰	بررسی سهم بازار جهانی تولیدکنندگان بزرگ و رفتارهای فصلی تقاضای بازار جهانی تایر، تحلیل تغییرات قیمت تایر.	در این پژوهش سهم بازار خرده‌فروشی و خودروسازان به‌صورت جداگانه تحلیل شده (همانند مقالهٔ حاضر).
World Tire Manufacturers	مؤسسهٔ تحقیقاتی بین‌المللی زرفی، ۲۰۱۰	تحلیل کامل بازارهای جهانی، تدوین استراتژی تولیدی برای بزرگترین تولیدکنندگان جهان.	پیش‌بینی تقاضا و تولیدات جهانی با روش آماری، تدوین استراتژی رقابتی.
Tire Industry of Japan	گروه تولیدی تایر جاتما، ۲۰۱۲	تحلیل جزئیات تاریخچهٔ تولید تایر خودروی سواری، بررسی روند گذشته تولیدکنندگان ژاپنی (این گزارش به‌صورت سالانه به‌روز می‌شود).	مشابه‌ترین پژوهش از حیث تمرکز بر تایر خودروی سواری، استفاده از روش آماری و پیش‌بینی آیندهٔ صنایع تایر ژاپن.

در برخی از پژوهش‌ها، تحلیل‌هایی از وضعیت نیروی انسانی صنعت تایر ارائه‌شده (برای مثال، توانا و همکاران، ۱۳۸۸؛ گروه صنعتی بارز، ۱۳۸۹)، اما در هیچ‌یک، از پیش‌بینی آیندهٔ نیروی انسانی و ارتباط آن با روند تولید، سخنی به میان نیامده است. به‌علاوه، سایر پیش‌بینی‌های موجود نیز، تنها با اتکا به‌روش‌های آماری انجام شده است. در پژوهش حاضر، کلیهٔ پیش‌بینی‌ها مبتنی بر ساختار سیستم و مدل‌سازی علّی ارائه‌شده که علاوه‌بر افزایش دقت

نتایج، قابلیت تحلیل حساسیت نتایج و بررسی ارتباط تغییرات نیروی انسانی با روند تولید امکان‌پذیر خواهد بود.

مرور ادبیات پژوهش در پویایی‌های سیستمی

تلاش‌هایی که با استفاده از تجزیه‌وتحلیل منابع و الگوها، به تجسم آینده‌های بالقوه و برنامه‌ریزی آن می‌پردازد، آینده‌پژوهی نام می‌گیرد (بِل، ۱۹۹۷). مطالعات آینده‌پژوهی به دو دستهٔ عمدهٔ «پیش‌بینی»[1] و «آینده‌نگاری»[2] تقسیم می‌شوند که به‌ترتیب برای شناسایی آیندهٔ محتمل و شکل‌دادن به دنیای مطلوب آینده به‌کار می‌روند (حجازی، ۲۰۱۱).

روش‌های آماری و شبیه‌سازی، روش‌های مرسوم برای پیش‌بینی هستند. پیش‌بینی به‌روش آماری، در دو دسته مدل‌های سری زمانی و رگرسیونی جای می‌گیرد (لینیز، ۲۰۰۰). پیش‌بینی به‌روش شبیه‌سازی دینامیکی که با بررسی ساختارهای سیستم انجام می‌شود، مهم‌ترین رقیب روش‌های آماری به‌شمار می‌رود. از بین دلایل برتری روش مدل‌سازی علّی نسبت به روش‌های آماری، سه مورد را در بیشتر پژوهش‌ها می‌توان یافت (لینیز، ۲۰۰۰):

۱. پیش‌بینی با روش‌های آماری، بدون توجه به ساختارهای سیستم و متکی بر روند داده‌ها است. به همین دلیل، نتایج نشان‌داده که پیش‌بینی مبتنی بر مدل‌سازی ساختار سیستم، دقت بالاتری دارد؛
۲. پیش‌بینی‌های مدل‌های علّی در بازهٔ کوتاه‌مدت و میان‌مدت قابل اعتمادتر از نتایج مدل‌های آماری است؛ چون مدل‌های علّی به جای رفتار سیستم، بر ساختار آن اتکا می‌کنند؛
۳. امکان تحلیل حساسیت پیش‌بینی‌ها، مزیت مدل علّی در مقابل مدل آماری است؛ چون می‌توان میزان حساسیت پیش‌بینی‌ها نسبت به متغیرهای موجود در مدل را بررسی کرد.

دسته‌بندی پژوهش‌های صنایع تولیدی با استفاده از پویایی‌های سیستمی در مقاله‌های متعددی انجام گرفته است (جهانگیریان، ۲۰۱۰). یکی از مهم‌ترین این دسته‌بندی‌ها را که ولستنهولم (۱۹۹۱) انجام داد، بینز و همکارانش تکمیل کردند (بینز و هریسون، ۱۹۹۹). بر مبنای آن، پژوهش‌های صنایع تولیدی با رویکرد پویایی‌های سیستمی از دو دیدگاه «صنعت مورد مطالعه» و «سطح مسئلهٔ طرح‌شده» طبقه‌بندی می‌شوند. پژوهش‌ها بر اساس دیدگاه اول در چهار

1. Forecast
2. Foresight

دسته و از دیدگاه سطح مسئله نیز، در سه دستهٔ عملیاتی، کسب‌وکار و سطح جهانی دسته‌بندی می‌شوند. در نهایت با ارائهٔ یک جدول متقاطع، پژوهش‌ها در دوازده گروه جای داده شدند.

پژوهش پیش رو، از دیدگاه معیارهای اول و دوم، به‌ترتیب در دسته صنایع تولیدی و در سطح مسائل کسب‌وکار قرار می‌گیرد. پژوهش‌های این گروه به برنامه‌ریزی در سطح مدیریت سازمان می‌پردازند (بینز و هریسون، ۱۹۹۹). مهم‌ترین پژوهش این گروه، پژوهش فارستر برای معرفی پویایی‌های سیستمی است (فارستر، ۱۹۶۱).

در میان انبوه پژوهش‌های مشابه، می‌توان به پژوهش لینیز (۱۹۹۹)، در پیش‌بینی تقاضای جت و پیش‌بینی تغییرات تولیدکنندگان سی.دی. پلی‌یر و ام.پی.تری پلی‌یر[1] (ویل، ۲۰۰۷) اشاره کرد. پژوهش مدل‌سازی صنعت فولاد ایران و بررسی تغییرات آیندهٔ آن (کاظمی، ماکویی و درمان، ۱۳۸۸) نیز، در همین گروه جای می‌گیرد.

روش پژوهش

روش پویایی‌های سیستمی، ابزار قدرتمندی است که فارستر برای بررسی مسائل پویای مرتبط با سیاست‌های صنعتی ارائه کرد. این ابزار به حل مسائل مدیریت عالی کمک می‌کند و در تحلیل، حل مسئله و شبیه‌سازی سیستم‌های پیچیده کاربرد دارد (فارستر، ۱۹۶۱). رویکرد پویایی‌های سیستمی فرض می‌کند که اجزا در یک الگوی پیچیده با یکدیگر مرتبط هستند، جهان از نرخ‌ها، سطوح و حلقه‌های بازخورد تشکیل شده است، جریان اطلاعات از جریان فیزیکی مهم‌تر است و غیرخطی بودن و تأخیر، از اجزای مهم هر سیستمی به‌شمار می‌رود. این روش با یک فرضیهٔ دینامیکی به جست‌وجوی زنجیره‌های علّی ـ معلولی و توسعهٔ مدل دینامیکی می‌پردازد. پس از تأیید اعتبار مدل، سناریوهایی به‌منظور تحلیل وضعیت سیستم آزمون و بر اساس نتایج آزمایش‌ها طراحی‌شده و پیشنهادهایی برای بهبود سیستم واقعی ارائه می‌شود (استرمن، ۱۳۸۶).

فارستر پس از معرفی «پویایی‌های سیستمی»، رویه‌ای را برای مدل‌سازی و حل یک مسئله با آن ارائه کرد (فارستر، ۱۹۸۷). مطالعات بعدی وی نشان داد که رویهٔ مدل‌سازی یک مسئله با رویکرد پویایی‌های سیستمی به تکامل نرسیده است (فارستر، ۱۹۹۱). در بین مطالعات انجام‌شده، مشهورترین و کامل‌ترین رویهٔ مدل‌سازی پویایی‌های سیستمی، رویهٔ ارائه‌شدهٔ استرمن شناخته می‌شود. پس از وی نیز پژوهش‌های بسیاری برای توسعهٔ روش مدل‌سازی در حل مسائل خاص انجام گرفت. پژوهش‌های ونیکس (۱۹۹۹) و صادقی‌مقدم (صادقی‌مقدم، خاتمی فیروزآبادی و زبانی، ۱۳۹۰)، ازجمله پژوهش‌های توسعهٔ روش پویایی‌های سیستمی برای حل مسائل خاص

1. CD Player & MP3 Player

به‌شمار می‌روند. مشایخی نیز در پژوهشی، جزئیات روش استرمن را بـا شـمایلی دیگـر ارائـه داد (مشایخی و گیلی، ۲۰۱۲).

با این توضیحات، در این نوشتار مسئلهٔ پیش‌بینی و تحلیل حساسیت نیـروی‌انسـانی صـنعت تایر خودروی سواری با رویهٔ استرمن مدل‌سازی شد. شـکل ۱ نحـوهٔ بخـش‌بنـدی مقالـه بـرای پیاده‌سازی آن را به تصویر می‌کشد.

شکل ۱. نمودار روش پویایی‌های سیستمی ارائه‌شده در این مقاله بر اساس روش استرمن

باید توجه کرد که پویایی‌های سیستمی به جای «مدل‌سازی سیستم»، به مدل‌سازی و تعیین پاسخ یک مسئله از سیستم می‌پردازد (فارستر، ۱۹۸۷). در این مقاله نیز مسـئلهٔ مشخصـی مـورد توجه قرار می‌گیرد. در گام نخست، با مطالعهٔ سند چشم‌انداز تایر و با مشـورت خبرگـان سیسـتم، تعریف و طراحی دقیقی از مسئلهٔ مورد مطالعه ارائه شد. با مشـورت خبرگـان و تحلیـل آمارهـای انجمن صنفی و تولیدکنندگان عمده، متغیرهای حساس و مرز زمانی مدل تعیین شد.

در گام دوم، ساختارهای علّی طراحی و در گام سوم، روابط مدل کشف شدند. بر اساس رویـهٔ استرمن (۲۰۰۰)، روابط موجود در ساختارهای علّی از سه روشِ مطالعهٔ رفتار آمار گذشته، مشورت

با خبره و مرور ادبیات سیستم، به‌دست می‌آید. وجود داده‌های مرجع، سبب شد که بخش عمدهٔ مدل بر اساس تحلیل رفتار آمار گذشته طراحی شود. برای تحلیل وضعیت سیستم و تفسیر روند داده‌های مبهم با کارشناسان چند تولیدکنندهٔ بزرگ تایر کشور و کارشناسان اتحادیهٔ صنفی صنعت تایر مشورت شد. از آنجاکه مسئلهٔ سیستم و پرسش‌های پژوهش، به‌طور عمده بر حوزهٔ نیروی انسانی و ارتباط آن با توسعهٔ صنعت متمرکز است، به‌منظور تحلیل ساختارهای سیستم، کشف ساختارهای علّی و اطمینان از اعتباربخشی مدل، از نظرات بخش نیروی انسانی چند تولیدکنندهٔ تایر کشور که تیم خبره را تشکیل دادند، استفاده شد.

در گام چهارم، به تأیید مدل پرداخته می‌شود. با مطالعهٔ روش‌های موجود (فارستر و پیتر، ۱۹۷۹)، روش اعتبارسنجی مناسب انتخاب و اعتبار مدل بررسی شد.

یکی از اهداف مدل‌سازی پویا، بررسی سیاست‌های بالقوهٔ مختلف برای بهبود عملکرد سیستم است. پس از تأیید اعتبار مدل، در گام پنجم، سناریوهایی با توجه به سند چشم‌انداز و نظر خبرگان طراحی شد. از بین سیاست‌ها، سیاستی که بهترین نتایج را ارائه دهد، برای اجرا در سیستم پیشنهاد می‌شود.

تعریف مسئله

هدف این پژوهش، پاسخ به دو پرسش اساسی زیر است:

۱. با توجه به تغییرات تقاضا و نیروی انسانی مورد نیاز صنعت تایر کشور، نیروی انسانی شاغل در آن تا پایان چشم‌انداز ۱۴۰۴ به چه میزان خواهد رسید.
۲. برنامه‌ریزی نیروی انسانی صنعت تایر، چگونه و چه میزان متأثر از برنامه‌ریزی کلان تولید خواهد بود. به‌گفتهٔ دیگر، برنامه‌ریزی نیروی انسانی چقدر به برنامه‌ریزی تولید حساس است.

معرفی متغیرهای کلیدی

متغیرهای اصلی مدل بر مبنای پرسش‌های اساسی پژوهش، مطالعهٔ رفتار داده‌های سیستم و نظرات تیم خبره به تفسیر زیر شناسایی شدند.

- تولید خودرو: میزان تولید سالانهٔ خودروی سواری به‌منزلهٔ هستهٔ اصلی تقاضای تایر؛
- موجودی تایر: کل تولیدات داخل، به‌علاوهٔ واردات تایر بر اساس نرخ‌های ورودی به مدل؛
- متوسط کل تایر مورد نیاز خودرو در طول عمر آن؛
- تقاضای خرده‌فروش‌ها: تقاضای بازار آزاد برای جایگزینی با تایرهای فرسوده؛

- تقاضای خارج از کشور: تقاضای بازار کشورهای دیگر از صنعت تایر ایران؛
- نرخ فروش: تحت تأثیر مستقیم سه عامل فروش مستقیم صنایع خودروسازی داخل، فروش خرده‌فروش‌ها (تأمین‌کنندگان قطعات یدکی، آپاراتی‌ها و...) و صادرات تایر قرار دارد؛
- تولید اسمی و برنامهٔ تولید: بر اساس تولید اسمی و واقعی سالانهٔ ده شرکت تایر در ایران؛
- ضریب تولید به‌ازای هر نیروی انسانی: وضعیت اتوماسیون صنعت تایر؛
- نیروی انسانی مورد نیاز: کل نیروی انسانی در حال کار برای تحقق برنامهٔ تولید در هر دوره؛
- نیروی انسانی صنعت تایر: وضعیت نیروی انسانی مشغول به‌کار و فعال در هر دورهٔ تولیدی.

افق زمانی مدل‌سازی

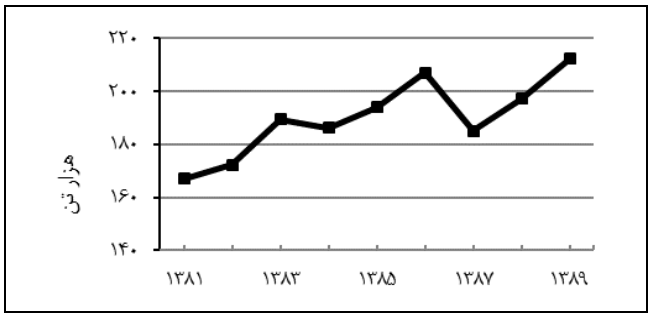
گسترش زمان مدل، اثرات به‌تأخیرافتاده و غیر مستقیم سیاست‌ها را مشخص می‌کند. از سوی دیگر، افق زمانی مدل باید تا آنجا توسعه یابد که تغییر سیاست‌های واقعی، فرض‌های اولیهٔ مدل را تغییرنداده و مدل از اعتبار خارج نشود (استرمن، ۲۰۰۰). با توجه به نامعلوم بودن سیاست‌های حمایتی پس از چشم‌انداز، مرز زمانی مدل تا انتهای چشم‌انداز ۱۴۰۴ تعیین می‌شود.

الگوهای مرجع

تمامی داده‌های پژوهش، از اسناد چشم‌انداز ده تولیدکننده و سند چشم‌انداز صنعت تایر ایران (دفتر صنایع غیرفلزی، ۱۳۸۵) گردآوری شده است. در برخی موارد که داده‌ها دچار ابهام‌هایی بودند، از داده‌های اتحادیهٔ صنف صنعت تایر استفاده شد. الگوی رفتاری گذشته یا الگوهای مرجع برخی از متغیرهای اساسی مدل، به‌کمک داده‌های توصیفی و نموداری تشریح می‌شود.

تولید تایر

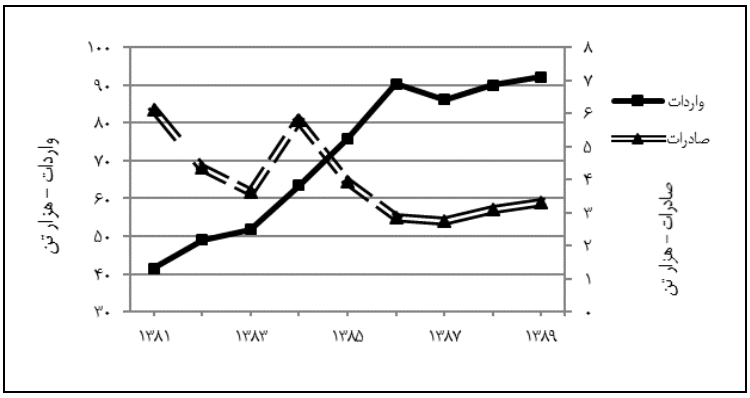
تولید تایر خودروی سواری، از مهم‌ترین متغیرهای سیستم است. شکل ۲ نشان می‌دهد که تولید از ۱۶۷ هزار تُن در سال ۱۳۸۱، به بیش از ۲۱۰ هزار تُن تا آغاز سال ۱۳۹۰ رسیده و به جز تغییرات ناگهانی در سال ۱۳۸۷ (به‌دلیل تغییر سیاست‌های حمایتی)، از رشد ثابتی در سال‌های اخیر برخوردار بوده است.



شکل ۲. نمودار روند تولید تایر خودرو سواری

صادرات و واردات تایر خودروی سواری

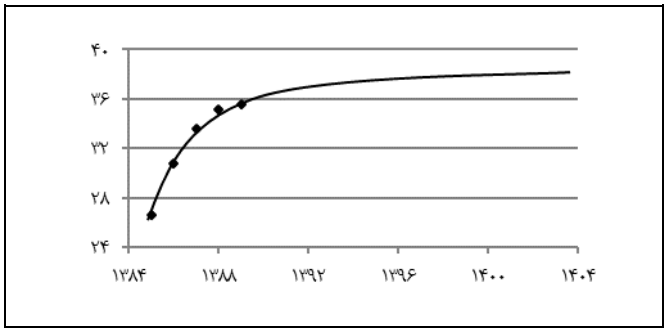
شکل ۳ میزان صادرات و واردات تایر خودروی سواری را در دههٔ گذشته نمایش می‌دهد. صادرات از ۶ هزار تُن در سال ۱۳۸۱ به ۳ هزار تُن در ابتدای سال ۱۳۹۰ رسیده است. به‌دلیل تغییر رفتار داده‌ها از سال ۱۳۸۶ به بعد (خط پررنگ تر)، برای پیش‌بینی مناسب مقادیر صادرات، از مقادیر سال ۱۳۸۶ به بعد استفاده شد. واردات در دههٔ گذشته روندی یکنواخت‌تر داشته و از رقم ۴۰ هزار تُن در سال ۱۳۸۱ تا کمی بیش از ۹۰ هزار تن در سال ۱۳۸۹ افزایش داشته است.



شکل ۳. نمودار روند واردات و صادرات تایر خودروی سواری

سرانهٔ تولید تایر

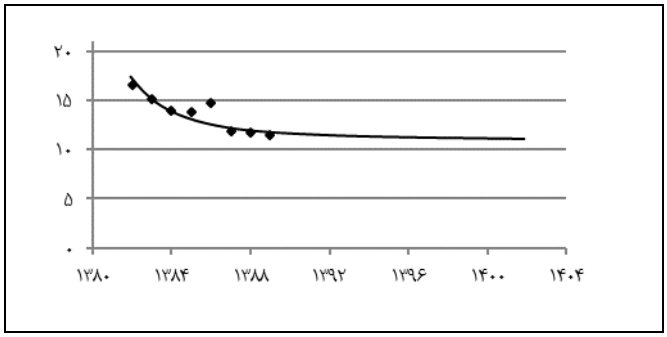
بررسی سرانهٔ تولید تایر در شکل ۴، نشان می‌دهد که نسبت تولید به‌ازای هر نفر نیروی انسانی چقدر است. با توجه به مقادیر گذشتهٔ متغیر سرانهٔ تولید تایر، رفتار آیندهٔ آن پیش‌بینی و در مدل وارد شده است. به همین دلیل، منحنی نمودار به آینده برازش شده است.



شکل ٤. نمودار سرانهٔ تولید تایر به‌ازای نیروی انسانی

مصرف تایر به‌ازای هر خودرو

تقاضای داخلی تایر به دو دستهٔ تقاضای تولیدکنندگان خودرو و تقاضای خرده‌فروش‌ها (جایگزین) تقسیم می‌شود. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که به‌دلیل عواملی چون، کیفیت بهتر تایرهای رادیال نسبت به بایاس، بهبود سیستم تعلیق و حرکت خودروها و بهبود وضعیت جاده‌ها، تعداد لاستیک‌های مصرفی هر خودرو در طول عمر آن، روبه‌کاهش است. شکل ۵ تغییرات تعداد تایر به‌ازای هر خودرو را نمایش می‌دهد. با برازش این نمودار می‌توان الگویی به‌منظور تغییرات وضعیت آتی این متغیر، برای رابطهٔ ورودی به مدل به‌دست آورد.



شکل ۵. نمودار تعداد تایر مصرفی هر خودرو در طول عمر آن

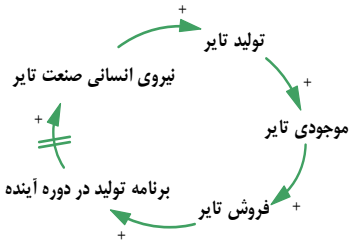
مدل‌سازی

برای درک ساختار سیستم در تفکر سیستمی، از دو ابزار نمودارهای علّی ـ معلولی و انباشت ـ جریان استفاده می‌شود. به‌منظور شناسایی متغیرها و کشف روابط علّی سیستم، از یک تیم خبره

مشتمل بر کارشناسان اتحادیهٔ صنفی تایر و کارشناسان بخش نیروی انسانی چند تولیدکنندهٔ تایر کشور، نظرسنجی شد. با نظرات تیم خبره و تحلیل روابط مختلف میان متغیرها، فرضیهٔ دینامیکی مسئله طراحی و توسعه داده شد. با افزودن متغیرهای تأثیرگذار مسئله، نمودار علّی ـ معلولی سیستم را تکمیل‌کرده و در انتها نیز، نمودار انباشت ـ جریان طراحی شد.

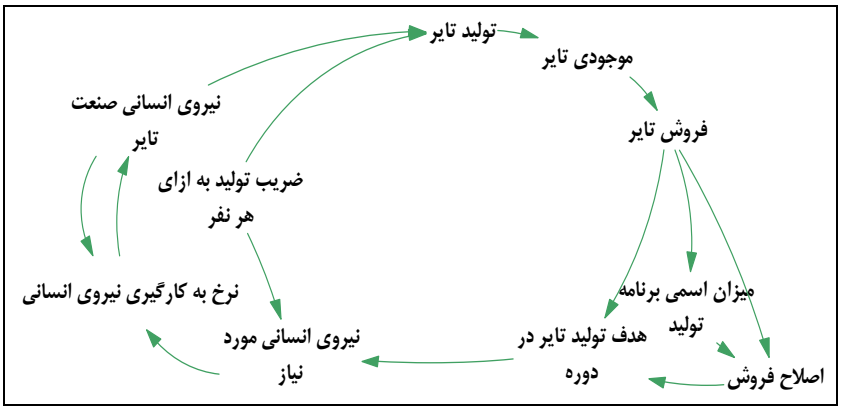
نمودار علّی ـ معلولی

به‌منظور طراحی فرضیهٔ دینامیکی مسئله، رفتار داده‌ها و همبستگی میان آنها بررسی و فرضیهٔ دینامیکی با نظرات خبرگان طراحی شد. فرضیهٔ دینامیکی، رابطهٔ برنامه‌ریزی منابع انسانی با برنامه‌ریزی تولید صنعت تایر را تبیین می‌کند. آمار نشان می‌دهد که تقاضای داخلی تایر، بیش از ظرفیت تولید بوده و هر تولیدکننده‌ای که بتواند با سرمایه‌گذاری و برنامه‌ریزی توسعهٔ ظرفیت، تولید خود را بالا ببرد، فروش را افزایش می‌دهد. کشش بازار و فروش بیشتر، تولیدکنندگان را به توسعهٔ ظرفیت ترغیب می‌کند. برنامه‌ریزی توسعهٔ ظرفیت، توسعه در حوزه‌های بسیاری را شامل می‌شود، اما از آنجاکه مسئلهٔ پژوهش، برنامه‌ریزی نیروی انسانی و نقش آن در برنامه‌ریزی کلان تولید است، مدل‌سازی و تحلیل سیستم بر حوزهٔ نیروی انسانی متمرکز می‌شود. برنامه‌ریزی برای افزایش تولید، پس از چند دوره منجر به توسعهٔ نیروی انسانی مشغول به‌کار و متعاقب آن، افزایش تولید می‌شود. تأخیر میان دو بخش «برنامهٔ تولید در دورهٔ آینده» و «نیروی انسانی» به همین منظور طراحی شد. شکل ۶ گویای فرضیهٔ دینامیکی طراحی شده است.



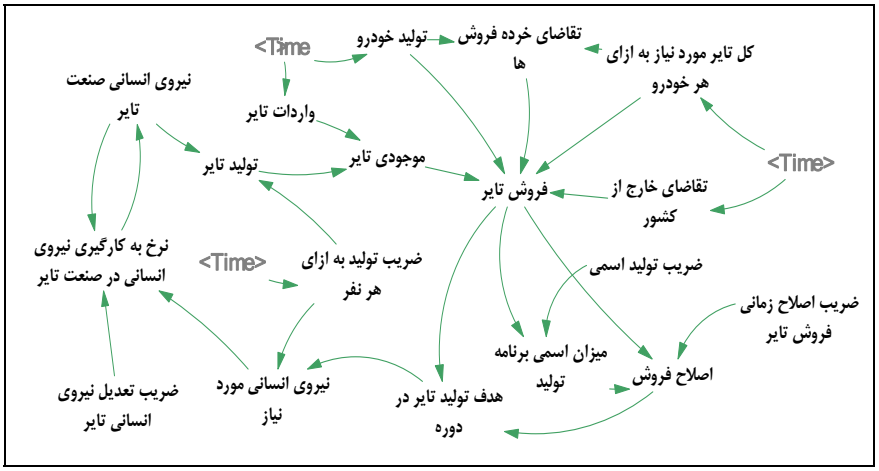
شکل ٦. فرضیهٔ دینامیکی

توسعهٔ فرضیهٔ دینامیکی تا رسیدن به مدل کامل، در سه بخش عمده انجام می‌شود. متغیرهای کلان بخش برنامه‌ریزی تولید که در فرضیهٔ دینامیکی با متغیر «برنامهٔ تولید در دورهٔ آینده» مشخص است، با نظرات خبرگان شناسایی و به مدل افزوده شد. بخش نیروی انسانی نیز که با متغیر «نیروی انسانی صنعت تایر» در فرضیهٔ دینامیکی حضور دارد، توسعه داده شده است. شکل ۷ روند توسعهٔ این دو بخش در مدل را تبیین می‌کند.



شکل ۷. توسعهٔ مدل دینامیکی نیروی انسانی صنعت تایر خودروی کشور

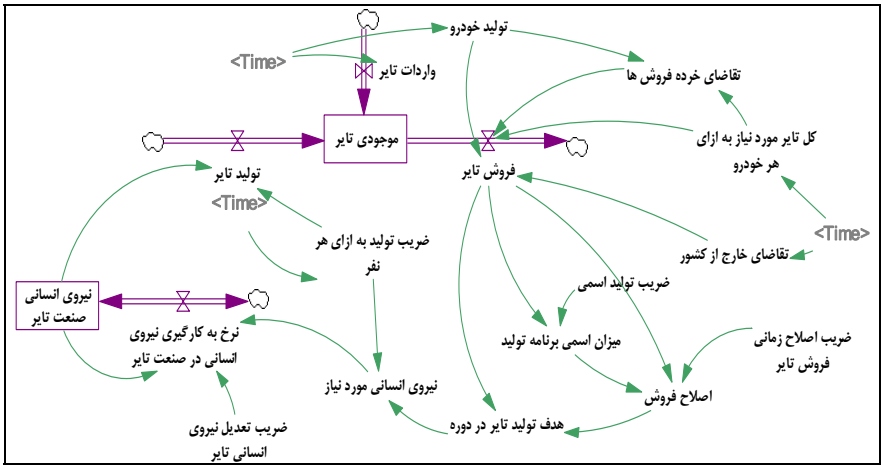
بخش سوم مدل به تحلیل بازار و فروش می‌پردازد و با متغیرهای تولید تایر، موجودی تـایر و فروش تایر، در فرضیهٔ دینامیکی تشخیص داده می‌شود. توسعهٔ فرضیهٔ دینامیکی این بخش را در شکل ۸ می‌توان پیگیری کرد که مربوط به مدل نهایی ساختار علّی ـ معلـولی اسـت. بـه‌عـلاوه، شکل‌های ۶ تا ۸ روند تکمیل مدل‌سازی سیستم مورد مطالعه را تبیین می‌کنند.



شکل ۸. نمودار علّی ـ معلولی برنامه‌ریزی نیروی انسانی صنعت تایر خودروی سواری کشور

نمودار انباشت ـ جریان

نمودار انباشت ـ جریان، ساختار فیزیکی سیستم، شامل انباشتگی کالا، پول و اطلاعات را ردیابی می‌کند (فارستر، ۱۹۶۱). نمودار انباشت ـ جریان مسئله، در شکل ۹ ارائه می‌شود.



شکل ۹. نمودار انباشت ـ جریان

تشریح روابط و توابع مدل

به‌کمک مشورت با خبرگان و بررسی همبستگی‌های موجود بین داده‌ها، روابط میان متغیرها شناسایی شد. برای برخی متغیرهای ورودی مدل که رفتار آیندهٔ آنها با بررسی رفتار گذشته ممکن بود با مطالعهٔ رفتارها و علت روندها، روابط متغیرها با برازش منحنی به رفتار گذشته، به‌دست آمد. روابط متغیرهای واردات تایر، تولید خودرو، کل تایر مورد نیاز به‌ازای خودرو، ضریب تولید به‌ازای هر نفر و تقاضای خارج از کشور به این ترتیب شناسایی شدند. بخش الگوهای مرجع، نمودارهای نمایش داده‌شده در شکل‌های ۲ تا ۵ و منحنی‌های برازش‌شده در آن، مبین این موضوع است.

موجودی تایر: یک متغیر انباشت معادل انتگرال ورودی‌ها؛ یعنی میزان تولید سالانهٔ تایر و میزان واردات سالانه و مقدار جریان خروجی، یعنی متغیر فروش سالانه.

تقاضای خرده‌فروش‌ها: تابعی از تعداد تولید خودروی سالانه و کل تایر مورد نیاز هر خودرو.

فروش تایر: معادل مجموع نرخ فروش مستقیم تایر به صنایع خودروسازی داخل، فروش به خرده‌فروش‌ها و صادرات تایر است. سپس میزان اسمی برنامهٔ تولید از ضرب فروش تایر در متغیر تولید اسمی حاصل می‌شود. اصلاح فروش نیز براساس رابطهٔ ۱ انجام می‌شود.

رابطهٔ ۱) ضریب اصلاح زمانی فروش تایر/ (میزان اسمی برنامه تولید – فروش تایر)

نیروی انسانی مورد نیاز برای تحقق برنامهٔ تولید در هر دوره، از تقسیم مقدار متغیر هدف تولید بر ضریب تولید به‌ازای هر نفر محاسبه می‌شود. میزان به‌کارگیری نیروی انسانی با استفاده از رابطهٔ ۲ محاسبه می‌شود.

رابطهٔ ۲) (نیروی انسانی مورد نیاز برای تحقق برنامهٔ تولید دوره ـ نیروی انسانی در حال کار) / (ضریب تعدیل نیروی انسانی صنعت تایر)

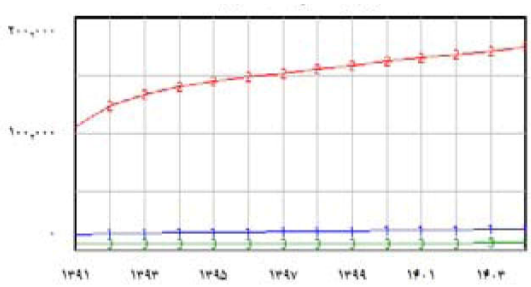
تولید تایر نیز مطابق با استراتژی مدل‌سازی و بر مبنای نیروی فعال، از حاصل‌ضرب دو متغیر ورودی به آن، یعنی ضریب تولید به‌ازای هر نفر و نیروی انسانی در حال کار، محاسبه می‌شود.

آزمون اعتبار مدل

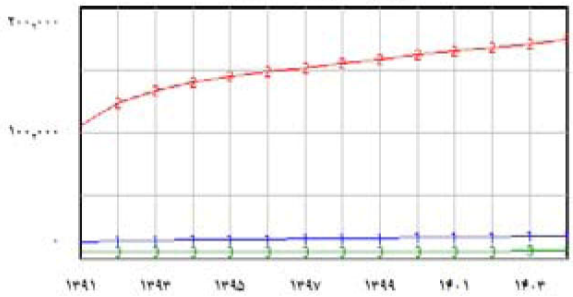
آزمون‌های اعتبارسنجی در سه دسته آزمون ساختار، رفتار و مضامین سیاست قرار می‌گیرد. با تأیید اعتبار رفتار و ساختار مدل، می‌توان به نتایج آن اعتماد کرد (فارستر و پیتر، ۱۹۷۹). براساس یک رویهٔ اعتبارسنجی متناسب با پژوهش (بارلاس، ۱۹۹۶)، آزمون‌هایی برای سنجش اعتبار ساختار و رفتار مدل طراحی شد. از آنجاکه رفتار سیستم برگرفته از ساختار آن است، اعتبار ساختاری بر اعتبار رفتاری اولویت دارد (سوشیل، ۱۳۸۷).

آزمون شرایط حدی

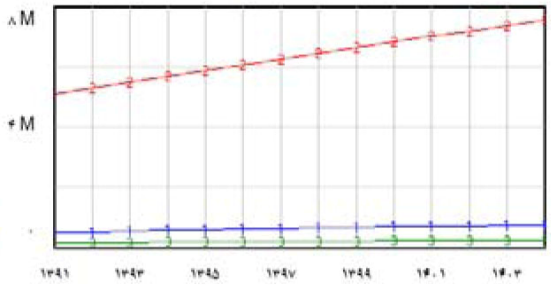
به‌منظور ارزیابی واکنش مدل در برابر تغییرات، مقدار چند متغیر اصلی در حالات حدی (بسیار زیاد و بسیارکم) بررسی شد. مقادیر بسیار بالا (۱۰ برابر شرایط عادی) و مقادیر بسیار پایین (نصف مقادیر عادی) برای متغیر «کل تایر مورد نیاز به‌ازای هر خودرو» تغییر داده شد و واکنش‌های مدل با ارزیابی متغیرهای اصلی بررسی شد. با توجه به شکل ۱۰، مدل در شرایط حدی، رفتاری منطقی از خود نشان می‌دهد. خطوط آبی (۱)، قرمز (۲) و سبز (۳) به‌ترتیب بیانگر رفتار مدل در شرایط عادی، مقادیر بسیار پایین و مقادیر بسیار بالا هستند.



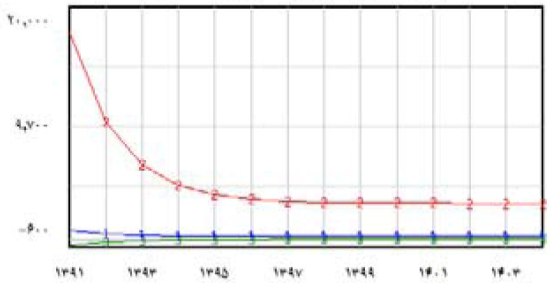
نیروی انسانی صنعت تایر



میزان اسمی برنامهٔ تولید



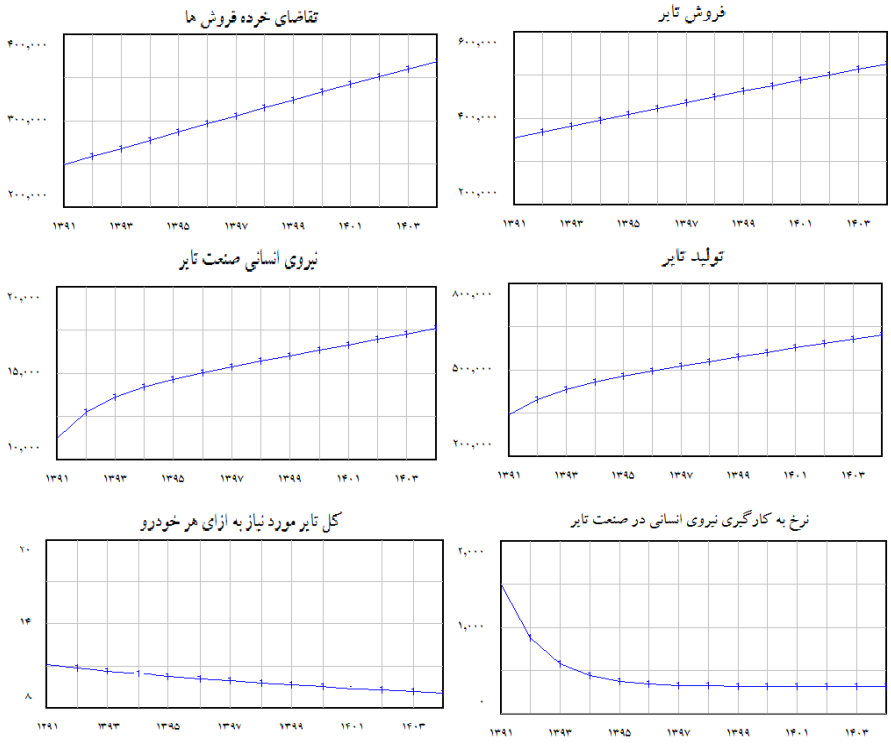
مقدار به‌کارگیری نیروی انسانی در صنعت تایر



شکل ۱۰. نمودارهای آزمون شرایط حدی با تغییرات کل تایر مورد نیاز به‌ازای هر خودرو

آزمون پیش‌بینی رفتار مدل

منطقی‌بودن الگوی رفتار مدل از دید تغییرات متغیرها، شکل تغییرات و روندها در مقایسه با اهداف سیستم را بررسی می‌کند (فارستر و پیتر، ۱۹۷۹). مدل در نرم‌افزار Vensim اجرا و رفتار متغیرها در مرز زمانی بررسی شد. از آنجاکه رفتار یک متغیر در طول زمان، بیش از مقدار نهایی آن اهمیت دارد، نمودار رفتار زمانی برخی از متغیرهای اصلی در شکل ۱۱ ارائه شده است. نتایج نشان داد که رفتار متغیرها در طول زمان و در پایان افق زمانی منطقی است.



شکل ۱۱. نمودارهای اجزای مدل صنعت تایر کشور تا چشم‌انداز ۱۴۰۴

به پیشنهاد کارشناسان سیستم، بازتولید رفتار گذشتهٔ سیستم نیز در دستور کار قرار گرفت. در این روش، زمان مدل تغییر داده شد و نتایج مدل در زمان گذشته با داده‌های واقعی مقایسه شدند. شکل ۱۲ تناسب داده‌های واقعی با نتایج مدل را نشان می‌دهد. خطوط پیوسته (آبی رنگ) بیانگر مقادیر واقعی و خطوط مقطع (قرمز رنگ) مقادیر تولید شدهٔ مدل را به تصویر می‌کشد.

شکل ۱۲. نمودارهای مقایسهٔ نتایج داده‌های واقعی با نتایج حاصل از شبیه‌سازی (مقادیر به تن)

یافته‌های پژوهش

پس از تأیید اعتبار مدل، سناریوهایی طراحی و آزمون می‌شوند تا برپایهٔ آن، پیشنهادهایی برای سیستم واقعی ارائه شوند. سناریوها به‌منظور پاسخ به پرسش‌های طرح‌شده و بر مبنای دو نکتهٔ اساسی طراحی شدند. سیاست‌های از پیش تعیین‌شده در طراحی «ساختار سیستم» منظور می‌شوند و سیاست‌هایی که به پیش‌بینی آینده مربوط باشند، «برون‌زا» تعریف‌شده و به‌منزلهٔ تصمیم‌های ورودی یا سناریوها به مدل وارد می‌شوند (لینیز، ۲۰۰۰). به‌علاوه، تحلیل حساسیت در کنار سناریوهای اساسی، تحلیل‌کنندگان را با میزان حساسیت متغیرهای پاسخ نسبت به سایر متغیرهای مدل آشنا می‌کند. این نگرش را می‌توان با پیاده‌سازی دو سناریوی بدبینانه و خوش‌بینانه در مدل‌ها اعمال کرد (سوریانی، شویان و چن، ۲۰۱۰).

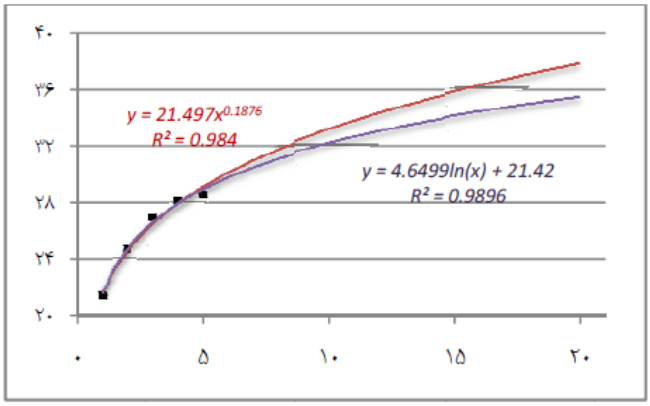
به‌منظور تناسب برنامه‌ریزی توسعهٔ ظرفیت با توسعهٔ نیروی انسانی، پیش‌بینی روند توسعهٔ نیروی انسانی اهمیت می‌یابد. با مطالعهٔ سند چشم‌انداز مشخص شد که پیش‌بینی رفتار آتی متغیر نسبت تولید به‌ازای نیروی انسانی در بین متغیرهای نیروی انسانی، اهمیت زیادی در تعیین

محدودهٔ پیش‌بینی نیروی انسانی دارد. بـه همـین منظـور، ایـن متغیـر بـا دو رویکـرد بدبینانـه و خوش‌بینانه برای شناسایی محدودهٔ تغییرات نیروی انسانی طراحی شد.

سناریوهای بخش دوم به‌منظور بررسی میزان ارتباط و تأثیرگذاری برنامه‌ریزی توسـعهٔ تولیـد بر برنامه‌ریزی نیروی انسانی طراحی شدند. پس از مطالعهٔ مشخصات سیستم، متغیری برای ایـن کار انتخاب شد. با بررسی نتایج سناریوها، علاوه‌بر تبیین مقدار و چگونگی تأثیر برنامه‌ریزی تولید صنعت تایر بر نیروی انسانی، پیشنهادهایی برای مقدار بهینهٔ متغیر مورد بررسی، ارائه می‌شود.

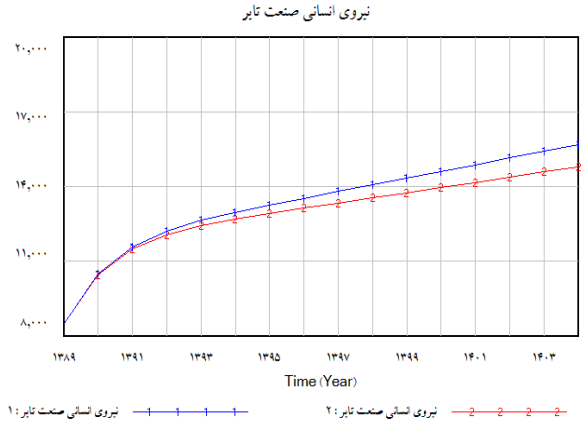
پیش‌بینی نیروی انسانی فعال تا پایان چشم‌انداز ۱۴۰۴

مطالعهٔ رفتار متغیر نسبت تولید به‌ازای نیروی انسانی در سال‌های گذشته، نشان می‌دهد که ایـن نسبت هرساله با پیشرفت‌های فناوری روبه‌افـزایش اسـت. بـرازش منحنـی‌هـای مختلـف بـرای پیش‌بینی این متغیر در شکل ۱۳ نشان می‌دهد که از دو سناریوی ۱ (خط آبی) و ۲ (خـط قرمـز) به‌منزلهٔ سناریوهای بدبینانه و خوش‌بینانه، برای شناسایی محدودهٔ تغییرات نیروی انسانی استفاده شده است.



شکل ۱۳. نمودارهای پیش‌بینی رفتار آتی متغیر نسبت تولید به‌ازای نیروی انسانی

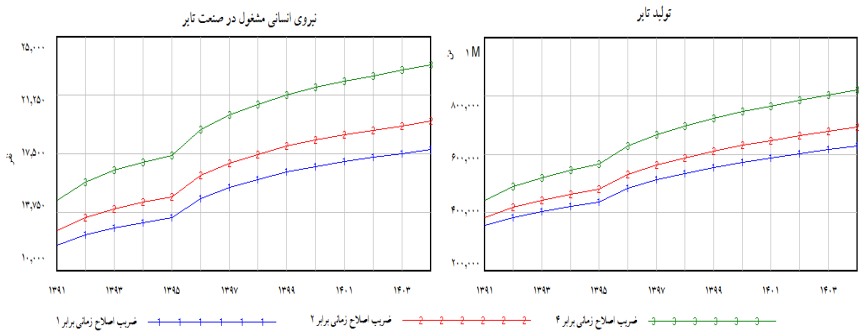
شکل ۱۴ نشان می‌دهد که تغییر فنـاوری تولیـد در بـازهٔ دو رابطـهٔ مشـخص در شـکل ۱۳، چگونه بر نیروی انسانی تأثیرگذار است. در سناریوی اول با برآورد حداقل رفتار متغیر سرانهٔ تولید، حدود ۱۶۰۰۰ نفر و در سناریوی دوم با تخمین حداکثر، حدود ۱۴۵۰۰ نفـر تـا پایـان چشـم‌انـداز ۱۴۰۴ در صنعت تایر خودروی سواری فعال خواهند بود. این یعنی، نیروی انسانی فعال در صنعت تایر خودروی سواری از ۹۰۰۰ نفر در آغاز سال ۹۰، بـه حـدود ۱۴۵۰۰ تـا ۱۶۰۰۰ نفـر در سـال ۱۴۰۴ خواهد رسید.



شکل ۱٤. نمودار نیروی انسانی فعال در صنعت تایر

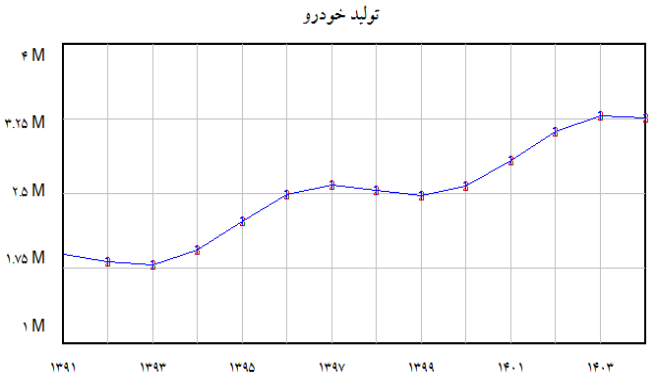
تحلیل حساسیت وضعیت نیروی انسانی

برای تحلیل میزان ارتباط سیاست‌های تولید با نیروی انسانی، متغیری با نام «ضریب اصلاح زمانی فروش» مورد بررسی قرار می‌گیرد. با تحلیل حساسیت مدل نسبت به این متغیر، علاوه‌بر پاسخ به پرسش دوم پژوهش، پیشنهادهایی برای مقدار بهینهٔ این متغیر ارائه می‌شود. در سناریوی اول اثر افزایش ناگهانی تولید خودرو (۴۰۰ هزار خودرو مازاد بر برنامه بین سال‌های ۹۵ تا پایان ۹۷) در شرایط مختلف متغیر ضریب اصلاح زمانی، بر نیروی انسانی و تولید تایر بررسی می‌شود. خطوط آبی، قرمز و سبز در شکل ۱۵ شرایطی را بیان می‌کنند که برای متغیر ضریب اصلاح زمانی فروش، به‌ترتیب از مقادیر ۱، ۲ و ۴ استفاده شده است (سازوکار تأثیرگذاری این متغیر پیش‌تر تشریح داده شد).



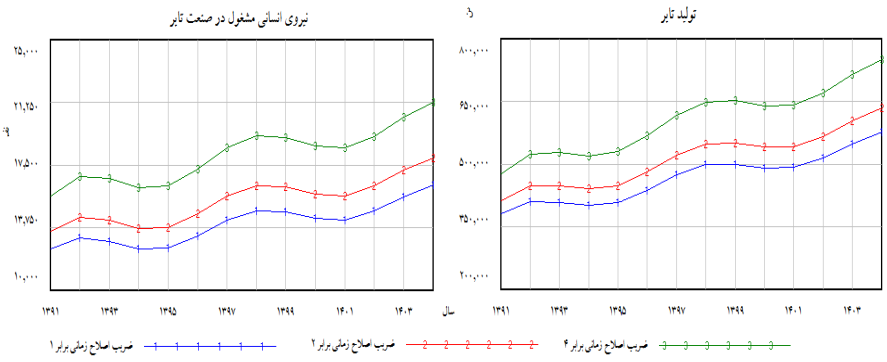
شکل ۱۵. نمودار تأثیر سناریوی ۱ بر متغیرهای تولید و نیروی انسانی صنعت تایر خودروی سواری

سناریوی دوم در شکل ۱۶ برای بررسی اثر نوسان تقاضای تایر خودروسازان، در شرایط مختلف متغیر ضریب اصلاح زمانی، بر نیروی انسانی و تولید تایر طراحی می‌شود.



شکل ١٦. نمودار سناریوی دوم، نوسان تولید خودرو

میزان تولید تایر خودروی سواری و تغییرات نیروی انسانی در شرایط نوسان تولید خودرو و در حضور مقادیر متفاوت متغیر ضریب اصلاح زمانی، در شکل ۱۷ به تصویر کشیده شده است.



شکل ۱۷. نمودارهای تأثیر سناریوی دوم، بر متغیرهای تولید تایر و نیروی انسانی صنعت تایر خودروی سواری

برای پاسخ به پرسش دوم پژوهش، دو سناریو طراحی شد. در هر دو سناریو، اثر تغییرات تقاضا بر برنامه‌ریزی نیروی انسانی، تحت سیاست‌های مختلف برنامه‌ریزی کلان تولید مورد

بررسی قرار گرفت. به‌گفتهٔ دیگر، در هر دو سناریو بررسی شد که آیا مقادیر مختلف متغیر ضریب اصلاح زمانی فروش، در اثرات وارد شده از سوی تغییرات تقاضا بر برنامه‌ریزی نیروی انسانی مؤثر است یا خیر.

در سناریوها، مقادیر مختلف متغیر ضریب اصلاح زمانی فروش، بیانگر سیاست‌های سطح کلان برنامه‌ریزی تولید بوده و چنانچه مقادیر متفاوت آن باعث شود که اثرات وارده روی برنامه‌ریزی نیروی انسانی دچار تغییرات معنادار شود، می‌توان نتیجه گرفت که سیاست‌های کلان برنامه‌ریزی تولید بر برنامه‌ریزی نیروی انسانی مؤثر است.

نتایج هر دو سناریو در اشکال ۱۶ و ۱۷ نشان می‌دهد که تغییرات به‌وجود آمده در برنامه‌ریزی توسعهٔ نیروی انسانی، به‌شدت نسبت به متغیر مورد بررسی حساس است. میزان حساسیت برنامه‌ریزی نیروی انسانی به متغیر یادشده به قدری بالاست که منحنی‌های پیش‌بینی نیروی انسانی تحت مقادیر مختلف این متغیر، به‌صورتی کاملاً معنادار تغییر می‌کند. نمودارهای اشکال ۱۶ و ۱۷ نشان می‌دهند که در هر دو نوع تغییر، چه ناگهانی و چه نوسانی، مقادیر کوچکتر این متغیر موجب به‌کارگیری نیروی انسانی بیشتر و در نتیجه تولید بالاتر خواهد شد.

افزون‌بر آن، به‌کمک تحلیل میزان تأثیرات سیاست‌های مختلف برنامه‌ریزی تولید بر برنامه‌ریزی نیروی‌انسانی، می‌توان پیشنهادهایی را برای سیاست‌های کلان تولید ارائه کرد. شبیه‌سازی مدل در شرایط مختلف نشان می‌دهد که در مقادیر کمتر این متغیر، حساسیت مدل به «تغییرات تولید خودرو» بیشتر شده و تغییرات کم تقاضا با سرعت بیشتری در برنامه‌ریزی‌ها تأثیر می‌گذارد.

بر این اساس می‌توان یک استراتژی ترکیبی برای انتخاب مقدار بهینهٔ این متغیر توصیه کرد. انتخاب مقادیر کوچکتر برای متغیر ضریب اصلاح زمانی، در شرایطی که صنعت تایر با تغییرات بزرگ و بدون بازگشت همراه باشد، مفیدتر بوده و تولیدات داخل سهم بزرگتری از تغییرات تقاضا را پوشش خواهند داد. کوچک‌بودن این متغیر در شرایطی که تولید تایر با نوسان همراه باشد، مطلوب‌نبوده و نتیجهٔ معکوس خواهد داد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

صنعت تایر به‌دلیل جایگاه ویژه در زنجیرهٔ تأمین صنایع خودروسازی، از اهمیت زیادی برخوردار است. اهمیت ویژهٔ این صنعت منجر شد تا سند چشم‌انداز توسعهٔ صنایع تایر ایران در سال ۱۳۸۵ تدوین شود (توانا و همکاران، ۱۳۸۸). مطالعهٔ سند چشم‌انداز صنعت تایر، گویای آن است که در توجه به برخی بخش‌ها، از جمله برنامه‌ریزی توسعهٔ نیروی انسانی، کاستی‌هایی وجود دارد.

گرچه در حوزهٔ برنامه‌ریزی صنعت تایر مطالعات زیادی انجام‌شده، اما کمتر پژوهشی را می‌توان یافت که به پیش‌بینی وضعیت نیروی انسانی این صنعت پرداخته باشد. در معدود پژوهش‌ها (مانند توانا و همکاران، ۱۳۸۸) نیز، اشاره‌ای به ارتباط میان توسعهٔ نیروی انسانی و برنامه‌ریزی تولید تایر نشده است. در پژوهش حاضر، برنامه‌ریزی منابع انسانی و ارتباط آن با برنامه‌ریزی کلان تولید مورد بررسی قرار گرفت. به‌منظور پیش‌بینی وضعیت نیروی انسانی، از ابزار پویایی‌های سیستمی استفاده شد که علاوه‌بر افزایش دقت نسبت به‌روش آماری، قابلیت تحلیل حساسیت ارتباطات موجود در مدل را ایجاد کرد و از این حیث نیز نسبت به مطالعات پیشین برتری دارد.

این مقاله به شبیه‌سازی پویای صنعت تایر خودروی ایران با هدف بررسی وضعیت نیروی انسانی تا چشم‌انداز ۱۴۰۴ پرداخت. بر اساس شناخت اولیهٔ سیستم، متغیرهای کلیدی تعریف و مدل علّی ـ معلولی و انباشت ـ جریان در نرم‌افزار Vensim طراحی شد. برای تأیید اعتبار ساختار و رفتار مدل، سه آزمون اجرا شد. نتایج اولیه نشان دادند که روند تغییرات نیروی انسانی تا پایان سال ۱۴۰۴ چگونه خواهد بود. دو بخش کلی در تحلیل حساسیت مدل طراحی شد. مشخص شد که با ادامهٔ روند فعلی، تا پایان سال ۱۴۰۴، حدود ۱۴۵۰۰ تا ۱۶۰۰۰ نفر در صنعت تایر ایران اشتغال خواهند داشت. در بخش دوم، اثر تغییرات تقاضا بر برنامه‌ریزی نیروی انسانی، تحت سیاست‌های مختلف برنامه‌ریزی تولید مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تحلیل حساسیت، میزان و چگونگی حساسیت برنامه‌ریزی توسعهٔ نیروی انسانی نسبت به سیاست‌های مختلف برنامه‌ریزی تولید را تبیین کرد. علاوه‌بر آن، با بررسی اثرات سیاست‌های مختلف بر نیروی انسانی، توصیه‌هایی برای اتخاذ سیاست‌های برنامه‌ریزی تولید در شرایط مختلف ارائه شد.

پیشنهاد می‌شود که در پژوهش‌های آتی، با تحلیل وضعیت تایر هواپیما، دوچرخه و موتورسیکلت مدل صنعت تایر را توسعه داد. همچنین از آنجا که توسعهٔ ظرفیت صنعت تایر در حوزه‌های مختلف نیازمند برنامه‌ریزی و تحلیل ساختار سیستم است، برای تحلیل کل‌نگرانهٔ توسعهٔ صنعت تایر کشور، مدلی طراحی شود که با چندین زیرمدل، همهٔ حوزه‌های توسعهٔ ظرفیت را پوشش‌داده و به‌کمک تحلیل حساسیت همهٔ زیرمدل‌ها، بتوان یک برنامه‌ریزی جامع برای توسعهٔ صنایع تایر ایران ارائه داد.

منابع

استرمن، ج. (۱۳۸۶). *پویایی‌شناسی سیستم*. ترجمهٔ میرزایی، ش.؛ اصلی‌زاده، ا.؛ سلوک‌زاده، ع.؛ شاهقلیان، ک. و زنده‌بافنده، ع. چاپ اول. تهران: انتشارات ترمه.

توانا، ا.؛ امامی، ن.؛ تنها، م. و تقوایی، س. (۱۳۸۸). *سند چشم‌انداز توسعهٔ صنعت تایر ایران در افق ۱۴۰۴ شمسی*. تهران: مؤسسهٔ فرازاندیش سبز.

سوشیل، ش. (۱۳۸۷). *پویایی‌های سیستم، رویکردی کاربردی برای مسائل مدیریتی*. ترجمهٔ تیموری، ا.؛ نورعلی، ع.؛ ولی‌زاده، ن.، چاپ اول. تهران: انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران.

صادقی‌مقدم، ع. ا.؛ خاتمی فیروزآبادی، ع. و زبانی، ی. (۱۳۹۰). استفاده از رویکرد ترکیبی SD و SSM برای حل مسائل اجتماعی غیرساختار یافته. *فصلنامهٔ مدیریت صنعتی*، ۳(۸): ۷۶ – ۵۵.

عباسی ابیانه، ا. (۱۳۸۲). *تعیین مقیاس بهینهٔ تولید در مجتمع صنایع لاستیک کرمان*. (پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد). دانشگاه تهران.

کاظمی، م. ا.؛ ماکویی، ا. و درمان، ز. (۱۳۸۸). تدوین استراتژی زنجیرهٔ تأمین صنعت فولاد ایران با استفاده از تحلیل پویایی سیستم‌ها. *فصلنامهٔ پژوهشی بازرگانی*، ۱۳ (۵۰): ۲۲۴– ۲۰۱.

گروه صنعتی بارز. (۱۳۸۹). *گزارش رسمی هیئت مدیره به مجمع عمومی عادی سالیانهٔ سهامداران برای سال مالی منتهی به ۱۳۸۹*. برگرفته از http://www.codal.ir/.

مجتمع صنایع تایر کرمان، تیم استراتژیک کرمان‌تایر. (۱۳۸۴). *برنامهٔ استراتژیک مجتمع در سال‌های ۸۴ تا ۸۸*.

وزارت صنایع و معادن (معاونت امور تولید)، دفتر صنایع غیر فلزی. (۱۳۸۵). *وضعیت صنایع تایر و تیوب کشور و چشم‌انداز بیست‌سالهٔ آن*. برگرفته از http://www.bsmt.ir/.

Baines, T.S., Harrison, D.K. (1999). An opportunity for system dynamics in manufacturing system modelling. *Production Planning & Control*, 10(6): 542-552.

Bank of America Merrill Lynch. (2010). *Global Tire Quarterly Review*. Retrieved from http://corp.bankofamerica.com/business/ci/global-research.

Barlas, Y. (1996). Formal aspects of model validity and validation in system dynamics. *System Dynamics Review*, 12(3): 183-210.

Bell, W. (1997). *Foundations of futures studies: Human science for a new era V2: Values, objectivity, and the good society*. New Brunswick, NJ: Transaction.

Forrester, J.W. & Peter, M S. (1979). *Tests for building confidence in system dynamics model*. Massachusetts: Cambridge.

Forrester, J.W. (1961). *Industrial Dynamics*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.

Forrester, J.W. (1987). Lessons from system dynamics modeling. *System Dynamics Review*, 3(2): 136-149.

Forrester, J.W. (1991). System Dynamics and the Lessons of 35 Years. In K. B. De Greene (Ed.). *The Systemic Basis of Policy Making in the 1990s*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.

Hejazi, A. (2011). *Answering 18 Hot Questions on Forecast & Foresight*. Retrieved from http://www.academia.edu/.

Jahangirian, M., Eldabi, T., Naseer, A., Stergioulas, L.K., Young, T. (2010). Simulation in manufacturing and business: A review. *European Journal of Operational Research*, 203 (1): 1-13.

JATMA Group: The Japan Automobile Tyre Manufacturers Association. (2012). *Tyre Industry of Japan*. Retrieved from http://www.jatma.or.jp/english/about/.

Kumho Tires, Reserch team. (2007). *Tire Capacity Wave*. Retrieved from http://www.kumhotire.com.

Lyneis, J.M. (1999). System dynamics for business strategy: a phased approach. *System Dynamics Review*, 15(1): 37-70.

Lyneis, J.M. (2000). System dynamics for market forecasting and structural analysis. *System Dynamics Review*, 16(1): 3-25.

Mashayekhi, A.N., Ghili, S. (2012). System dynamics problem definition as an evolutionary process using the concept of ambiguity. *System Dynamics Review*, 28(2): 182-198.

Rajan, R., Volpin, P., Zingales, L. (2000). The Eclipse of the U.S. Tire Industry. In Kaplan, S. N. (Ed.). *Mergers and Productivity*. (pp. 51-92). National Bureau of Economic Research.

Sterman, J.D. (2000). *Business dynamics: systems thinking and modeling for a complex world*. New York: McGraw-Hill.

Suryani, A. E., Shuo-Yan, C. A. & Chen, C. H. (2010). Air passenger demand forecasting and passenger terminal capacity expansion: A system dynamics framework. *Journal of Expert Systems with Applications*, 37 (3): 2324-2339.

U.S. Environmental Protection Agency (EPA), Office of Air Quality Planning and Standards Innovative Strategies and Economics Group (ISEG). (2000). *Economic Analysis of the Rubber Tire Manufacturing (MACT)*. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency.

Vennix, J.A.M. (1999). Group model-building: tackling messy problems. *System Dynamics Review*, 15(4): 379-401.

Weil, H.B. (2007). Application of system dynamics to corporate strategy: an evolution of issues and frameworks. *System Dynamics Review*, 23(2/3): 137–156.

Wolstenholme, E. F. (1991). A current overview of system dynamics (revised with additions). In A. O. Moscardini and E. J. Fletcher (eds). *Applied Simulation and System Dynamics* (Emjoc Press), 163–179.

Xerfi Global. (2010). *World Tyre Manufacturers: Market Analysis, 2010-2015 Trends, Corporate Strategies*. Retrieved from http://www.xerfi.fr/.