

## مدل سازی سیستم تولید چابک با استفاده از رویکرد پویایی های سیستم

سید محمود زنجیرچی\* - علی مروتی شریف آبادی\*\* - مهدی خاکی اردکانی\*\*\*

(تاریخ دریافت: ۹۱/۱۲/۲۶ - تاریخ پذیرش: ۹۳/۱/۱۰)

### چکیده

در محیط آشفته‌ای (نامطمئن و متغیر) که سازمان‌ها در آن مشغول فعالیت هستند، یکی از مهم‌ترین عوامل بقاء و پیشرفت، چابکی آن‌ها است. ویژگی اساسی این محیط تغییر و عدم اطمینان است. سازمان‌ها در این محیط، چگونه باید عمل کنند تا بتوانند ضمن حفظ موقعیت خود، از تغییرات، بیشترین منفعت را کسب کرده و پیشرفت کنند. سیستم تولیدی چابک، راه‌حلی جدید برای مقابله با این چالش است. اما از آنجا که اجرای سیستم تولید چابک، کاری بسیار زمان‌بر و پرهزینه است، یکی از راه‌های بررسی ابعاد مختلف این سیستم، شبیه‌سازی است. مقاله حاضر با هدف تحلیل و بهبود رفتار سیستم تولید چابک با استفاده از روش مدل‌سازی پویایی‌های سیستم، تدوین شده و در آن ارتباط میان مؤلفه‌های مؤثر بر تولید چابک در یک سیستم پویا بررسی شده است. پس از آن، سناریوهای براساس مدل مورد بررسی قرار گرفتند و رفتار متغیرهای کلیدی مدل، صحت مدل را تأیید نمودند.

کلید واژه‌ها: سیستم تولید چابک، مؤلفه‌های تولید چابک، مدل‌سازی پویایی‌های

سیستم.

---

\* استادیار و عضو هیئت علمی دانشکده اقتصاد، مدیریت و حسابداری - گروه مدیریت صنعتی دانشگاه یزد.

\*\* استادیار و عضو هیئت علمی دانشکده اقتصاد، مدیریت و حسابداری - گروه مدیریت صنعتی دانشگاه یزد.

\*\*\* کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی دانشگاه یزد (نویسنده مسئول).

## مقدمه

در آغاز سده ۲۱، جهان با تغییرات و چالش‌های مهمی روبرو شده که از جهات مختلف به سازمان‌های تولیدی هجوم آورده و اتخاذ تدابیر فوری در تطابق با محیط و شرایط رقابتی جدید را برای سازمان‌ها اجتناب ناپذیر می‌سازد (الف و زنجیرچی، ۱۳۸۸). سازمان‌های تولیدی معاصر از دو جهت با چالش دست‌وپنجه نرم می‌کنند. از یک‌سو فلسفه‌ها و فناوری‌های جدید تولید در حال شکل‌گیری هستند و از سوی دیگر مشتریان امروزی متقاضی محصولات و خدمات جدید در یک دوره زمانی کوتاه، شدت بیشتری یافتند (Jiang & et al, 2002; Ho & et al, 2005). به‌منظور مقابله با این چالش‌ها، سیستم نوین تولید، تحت‌عنوان «تولید چابک»<sup>۱</sup> پا به عرصه مدیریت عملیات گذاشته‌است (Crocitto, 2003).

هدف «سازمان چابک» عبارت‌است از غنی‌سازی و ارج‌نهادن به مشتریان و کارکنان، که اساساً برای این کار، مجموعه‌ای از قابلیت‌ها را برای انجام واکنش‌های مناسب نسبت به تغییراتی که در محیط کسب‌وکار روی می‌دهد، در اختیار دارد (Sharp & et al, 1999). چابکی به توانایی تولید و فروش موفقیت‌آمیز دامنه گسترده‌ای از محصولات با هزینه پایین، کیفیت بالا، زمان‌های تأخیر کوتاه و تنوع اندازه دسته‌ها اشاره می‌کند که برای مشتریان مشخصی از طریق تولید مبتنی بر خواسته انبوه مشتری، ایجاد ارزش می‌کند (فتحیان و همکاران، ۱۳۸۴).

طی سال‌های متمادی (۱۹۹۵ تا ۲۰۱۱)، پژوهش‌های فراوانی در زمینه‌ی چابکی انجام شده‌است. تعداد زیادی از این پژوهش‌ها، عوامل مؤثر بر چابکی سازمان به عبارتی توانمندی‌ها و توانمندسازهای (مؤلفه‌های) چابکی شناسایی کرده‌اند که هیچ‌یک متناقض یکدیگر نیستند. تعدادی از این پژوهش‌ها نیز، ارتباط میان این عوامل را با استفاده از روش‌های مختلفی همچون مدل‌سازی شی‌گرا<sup>۲</sup> (Zhang, 1999)، مدل‌سازی روش تحلیل شبکه‌ای<sup>۳</sup> (Agarwal, 2006)، مدل‌سازی ریاضی<sup>۴</sup> (Yusuf, 2001)، الگوریتم تصحیح برچسب عمومی<sup>۵</sup> (Huang, 2009) و مدل‌سازی لنگری<sup>۶</sup> (Ronnback, 2010) بررسی کرده‌اند.

1. Agile Manufacturing
2. Object-oriented modeling
3. Analytic Network Process
4. Mathematical modeling
5. Generic Label Correcting
6. Anchor modeling

با توجه به این که پژوهش‌هایی که تاکنون در مورد مدل‌سازی سیستم تولید چابک انجام یافته، این سیستم را در یک محیط ایستا مورد بررسی قرار داده‌اند و پژوهشی درباره پویایی ارتباط میان عوامل مؤثر بر چابکی سازمان انجام نشده، در این مقاله سعی بر آن است که از تکنیک پویایی‌های سیستم<sup>۱</sup> (SD) برای شبیه‌سازی و بررسی این سیستم پیچیده و پویا استفاده شود.

در ادامه مقاله، تولید چابک مورد بحث قرار گرفته و به پژوهش‌های انجام شده در زمینه آن اشاره می‌شود. سپس متدولوژی پژوهش، روش تحقیق و متغیرهای مورد استفاده در مقاله بیان می‌شود. قسمت بعدی به ارائه نمودارهای علی-معلولی و جریان مسئله، نتایج شبیه‌سازی و تست و اعتبارسنجی مدل اختصاص دارد و در نهایت نتایج تحقیق، بیان می‌شوند.

### پیشینه پژوهش

#### تولید چابک

شیوه تولید چابک در پایان دهه ۱۹۹۰ و آغاز قرن بیست و یکم، مطرح گردیده است. اصول بنیادین تولید چابک، مختص و منتسب به تأسیس انجمن چابکی توسط گروهی از محققان مؤسسه یا کوکا از دانشگاه لی‌های در سال ۱۹۹۱ است. گفتنی است اولین کسی که مفهوم «مؤسسه چابک» را مطرح کرد، پیتراک بود (جعفرنژاد و شهائی، ۱۳۸۶).

واژه چابکی در فرهنگ لغات، به معنای حرکت سریع، چالاک، فعال و توانایی حرکت آسان و قدرت تفکر سریع و با یک روش هوشمندانه است (Hornby, 2000). تعاریف زیادی برای چابکی ارائه شده اما هیچ‌یک، مخالف و متناقض با یکدیگر نیستند. عموماً این تعاریف، ایده «سرعت و تغییر در محیط کسب و کار» را نشان می‌دهند. طرفداران پارادایم چابکی در مؤسسه یا کوکا دانشگاه لی‌های (ایالات متحده)، تولید چابک را این‌گونه تعریف می‌کنند:

«یک سیستم تولیدی با قابلیت‌های فوق‌العاده (فناوری نرم‌وسخت، مدیریت علمی، اطلاعات، نیروی انسانی) برای رسیدن به تغییرات سریع بازارها (سرعت، رقبا، انعطاف‌پذیری، مشتریان عرضه‌کنندگان، پاسخگویی) است.» (Jin-Hai, 2003).

در ادامه به تعدادی از پژوهش‌هایی که در زمینه مؤلفه‌های تولید چابک انجام شده، اشاره

می‌کنیم:

شریفی و ژانگ (۲۰۰۱) و لین و همکاران (۲۰۰۵)، چهار قابلیت عمده چابکی را پاسخگویی، شایستگی، انعطاف پذیری و سرعت معرفی کردند و جعفرنژاد و شهائی (۱۳۸۶) به قابلیت های فوق، کار تیمی، مشارکت، کیفیت و هزینه را اضافه کردند. یوسف و همکاران (۱۹۹۹)، ۳۲ توانمندساز چابکی را در ۱۰ دسته تغییر، انسجام و یکپارچگی، شایستگی، کیفیت، تیم سازی، فناوری، مشارکت، رفاه و آسایش، آموزش و پرورش و بازار ارائه کردند. کید (۱۹۹۴)، گلدمن (۱۹۹۵) و گاناسکاران (۱۹۹۸)، اغنای مشتری، اهرمی کردن اثر اطلاعات و افراد، تسلط بر تغییرات و عدم اطمینان و افزایش رقابت پذیری از طریق همکاری را به عنوان قابلیت چابکی معرفی کردند. گاناسکاران و یوسف (۲۰۰۲)، مدیریت زنجیره تأمین، مدیریت پروژه، مهندسی همزمان، سخت افزار، فناوری اطلاعات، تیم سازی و مدیریت دانش را به عنوان توانمندسازهای چابکی ارائه کردند.

در مورد مدل سازی سیستم تولید چابک، پژوهش های بسیار اندکی انجام شده و بیشتر آن ها در مورد زنجیره تأمین چابک یا چابکی زنجیره تأمین است که در ادامه به بعضی از آن ها اشاره می شود:

ژی ژانگ و همکاران (۱۹۹۹) از مدل سازی شی گرا برای سیستم کنترل سلول های روش تولید چابک (که قابلیت استفاده مجدد، شکل دهی مجدد و مقیاس پذیر بودن را دارند) استفاده کردند. یوسف و همکاران (۲۰۰۱) مدلی را برای چابک شدن سازمان با استفاده از رویکرد مدل سازی ریاضی ارائه دادند. آگاراول و همکاران (۲۰۰۶) از یک رویکرد مبتنی بر فرایند تحلیل شبکه ای (ANP) برای مدل سازی معیارهای عملکرد زنجیره تأمین ناب، چابک و ناب-چابک استفاده کردند. هیونگ و همکاران (۲۰۰۹) از یک الگوریتم تصحیح برجسب عمومی (GLC)، ترکیب شده با قوانین تصمیم گیری برای حل مشکلات مدل سازی زنجیره تأمین استفاده کردند. رانبک و همکارانش (۲۰۱۰) از رویکرد مدل سازی لنگری به عنوان یک تکنیک برای مدل سازی اطلاعات چابک استفاده کردند.

### مدل سازی پویایی های سیستم

به علت تعاملات بین بخش های مختلف یک سیستم لازم است که افراد تلاش کنند که رفتار سیستم را با نگرش سیستمی درک کنند. این درک فقط می تواند از طریق مطالعه و شناخت همه اجزا و ارتباط بین آن ها به دست آید (Sterman, 2000). هدف از مدل سازی سیستم پویا به دست آوردن

درک و دیدگاهی در مورد روابط سیستم است تا خط‌مشی‌های ممکن برای بهبود سیستم را بررسی کرد (Shi & Gill, 2005). این تکنیک برای اولین بار در اواخر دهه ۱۹۵۰ توسط یک گروه از محققین به رهبری فارستر در دانشگاه MIT توسعه داده شد (Coyle, 1996). فارستر برای مدل‌سازی و شبیه‌سازی یک روش تصمیم‌گیری بلندمدت در مسائل پویای مدیریت صنعتی، از پویایی‌های سیستم استفاده کرد (Forrester, 1961). بعد از آن، این تکنیک، برای مسائلی چون تدوین استراتژی و خط‌مشی‌گذاری در کسب‌وکارهای مختلف به کار گرفته شد (Barlas, 2002; Sterman, 2000). پویایی‌های سیستم می‌تواند به فهم محیط‌های پیچیده کمک کند (Spector & et al, 2001).

برای مدل‌سازی سیستم‌های پویا، نرم‌افزارهای متعددی ارائه شده‌است. در این مقاله به منظور شبیه‌سازی سیستم مورد مطالعه از نرم‌افزار ونسیم<sup>۱</sup> (یک نرم‌افزار مناسب در زمینه مدل‌سازی سیستم‌های پویا)، استفاده شده‌است.

در رابطه با به کارگیری روش پویایی‌های سیستم برای تحلیل روابط اجزای به هم پیوسته سیستم تولید چابک، تحقیقات بسیار اندکی به عمل آمده‌است. به همین دلیل برای بحث پیرامون این موضوع سعی شد که جهت برقراری ارتباط بین اجزای سیستم، از نظرات خبرگان دانشگاهی و صنعت IT که در این عرصه دارای سابقه طولانی مدت بودند، استفاده شود. به این منظور از اساتید دانشگاه و خبرگان شرکت‌های IT، نظرخواهی به عمل آمد.

### روش‌شناسی پژوهش

روش پژوهش پیش‌رو از نوع هدف، کاربردی و از حیث روش گردآوری داده‌ها شبه‌آزمایشی است. در این پژوهش برای پوشش مباحث تئوریک تحقیق، از کتب تخصصی، مقالات و نشریات و سایت‌های اینترنتی و هم‌چنین در بخش شبه‌آزمایشی از مصاحبه بهره‌گیری از نظرات افراد خبره استفاده شده‌است. جامعه آماری در پژوهش حاضر کلیه مدیران و خبرگان شرکت‌های IT مستقر در پارک علم و فناوری یزد است و برای تعیین متغیرها و ساخت نمودار علی-معلولی و جریان از نظرات خبرگان در دسترس و روش نمونه‌گیری تئوریک استفاده شده‌است.

در این تحقیق پس از مطالعه ادبیات تحقیق چابکی و نظرخواهی از خبرگان، تعدادی از مؤثرترین مؤلفه‌های چابکی به منظور مدل‌سازی تولید چابک انتخاب شده‌اند. اما با توجه به

اینکه بیشتر سازمان‌های مورد مطالعه در پژوهش حاضر، سازمان‌های پروژه‌محور هستند و بیشتر خدمات و محصولات خود را در قالب پروژه تحویل می‌دهند، بنابراین پس از نظرخواهی از خبرگان، تصمیم گرفته شد که به جای متغیرهایی چون موجودی، تولید و فروش از اصطلاح پروژه استفاده شود و متغیرهایی چون تعریف پروژه، پروژه در حال اجرا و تحویل پروژه، در نمودار علی- معلولی<sup>۱</sup> و نمودار جریان<sup>۲</sup> آورده شوند. این موضوع، از نوآوری‌های پژوهش حاضر است. متغیرهای مورد استفاده در این مقاله در جدول ۱ ارائه شده‌اند.

جدول ۱: مؤلفه‌های چابکی مورد استفاده در نمودار علی- معلولی و نمودار جریان

توانمندسازهای چابکی	قابلیت‌ها	توانمندسازهای چابکی	قابلیت‌ها
انعطاف پذیری سازمانی اجرای همزمان فعالیت‌ها سرمایه گذاری بر سیستم انعطاف پذیر تولید کارکنان منعطف و چند مهارته انعطاف پذیری خدمات	انعطاف پذیری	آموزش، یادگیری و توسعه مستمر تمرکز بر فعالیت‌های گروهی تیم‌های با وظایف متقابل نوآوری شراکت با سایر سازمان‌ها یکپارچگی سازمان ارتباط نزدیک با تأمین کنندگان	شایستگی
پاسخ به نیازهای در حال تغییر بازار زمان عکس العمل به تغییرات	پاسخگویی	بهبود مستمر کیفیت خدمات پس از فروش (پشتیبانی)	
سرمایه گذاری بر تجارت الکترونیک	فناوری اطلاعات	تقدیر از ایده‌های نو و جدید بستر سازی و ایجاد فرهنگ تفکر و نواندیشی در سازمان ترویج فرهنگ تحول و نوگرایی	
تفویض اختیار به کارکنان سازمان رضایتمندی کارکنان پرداخت به کارکنان به روز رسانی مهارت کارکنان	کارکنان		

1. Casual diagram
2. Flow diagram

سرمایه‌گذاری روی تکنولوژی‌های سخت افزایی مدرن	تکنولوژی	زمان ارائه خدمات جدید به بازار معرفی خدمات جدید	خدمات
سرعت در تکمیل پروژه‌ها تحويل به موقع پروژه‌ها	سرعت	تعریف پروژه پروژه‌های در حال اجرا	
رضایتمندی مشتریان ارتباط نزدیک با مشتریان وفاداری مشتریان تقاضای بازار سهم بازار تقاضای سازمان	مشتری	قیمت درآمد سود انباشته تحويل پروژه‌های انجام شده هزینه خدمات (هزینه انجام پروژه)	مالی

منبع: بر اساس یافته‌های تحقیق

سؤال اصلی پژوهش حاضر این است که عوامل مؤثر بر سیستم تولید چابک و روابط بین آن‌ها به چه شکلی است. البته باید توجه داشت که روش تولید چابک یک الگوی استاندارد جهانی ندارد، بلکه خطوط راهنمایی را در اختیار می‌گذارد. مدل ارائه‌شده در این مقاله براساس نظرات خبرگان شرکت‌های IT مستقر در پارک علم و فناوری یزد می‌باشد و ممکن است که در سایر صنایع خدماتی و تولیدی یا حتی سایر شرکت‌های حاضر در همین صنعت نیز، نیاز به اصلاح و تعدیل داشته باشد.

### یافته‌های پژوهش

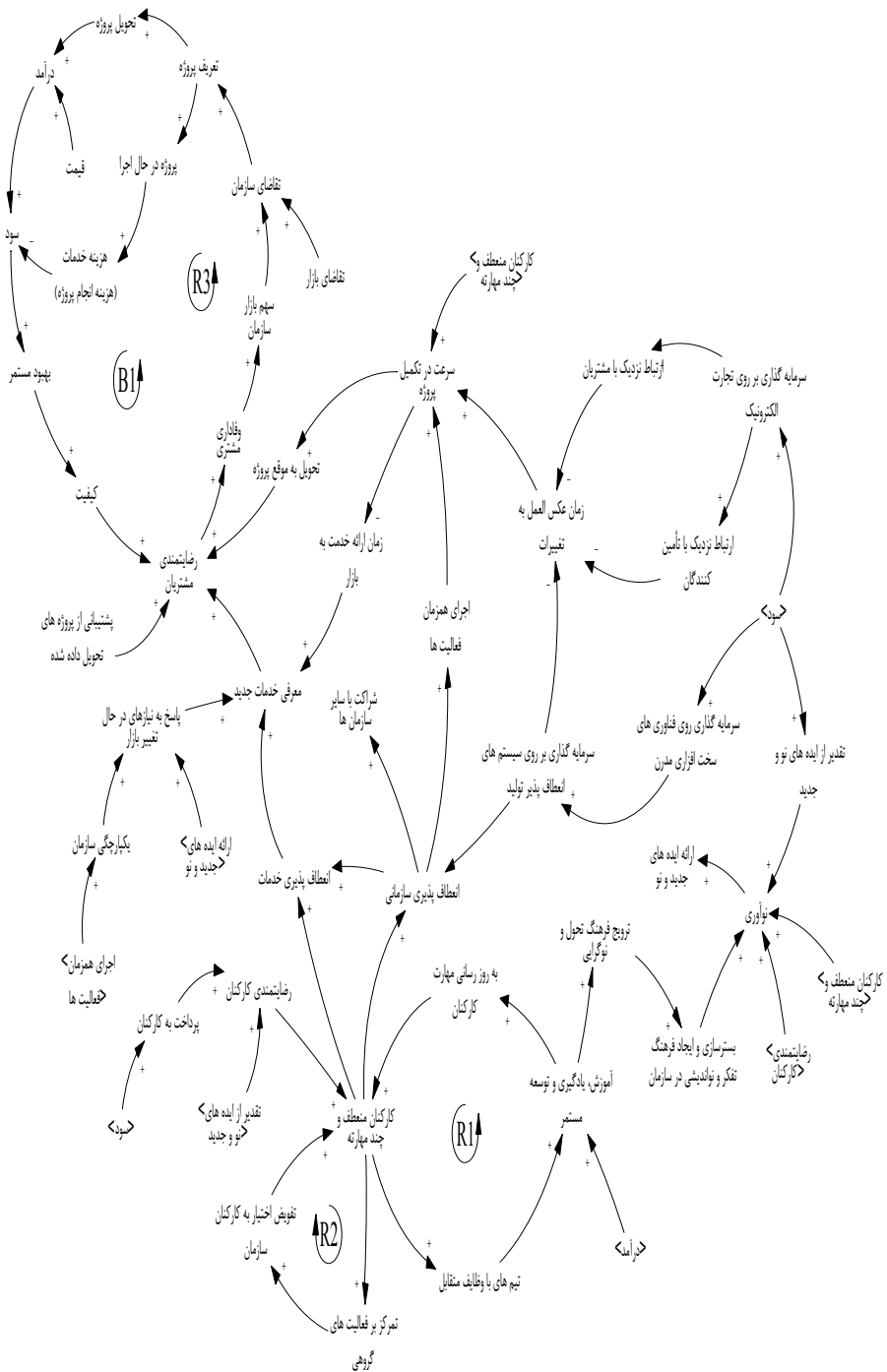
به‌طور عمده در تفکر سیستمی از ابزارهایی استفاده می‌شود تا ساختار یک سیستم برای درک بهتر آن نمایش داده شود. نمودار علی-معلولی و نمودار جریان، دو ابزار مهم برای تفکر سیستمی هستند. لازم است برای توسعه یک مدل از سیستم پویا که در عمل هم قابل استفاده باشد، نمودارهای علی-معلولی و جریان خاص آن مسئله را تهیه نمود (Dyson, 2004). برای استخراج مؤلفه‌های اثرگذار بر اجرای روش تولید چابک در واحدهای خدماتی، تعدادی از شرکت‌های IT مستقر در پارک علم و فناوری یزد به صورت مطالعه موردی برگزیده شدند و با نظرخواهی از خبرگان آن‌ها، روابط علی-معلولی و نمودار جریان حاصل شدند.

### نمودار علی - معلولی مسئله

نمودار علی-معلولی یکی از ابزارهای تکنیک پویایی‌های سیستم است که منجر به فهم بهتر ما از جهان پویا و به هم مرتبط می‌شود. این نمودار، روابط بین متغیرها را مشخص می‌سازد و زیربنای توسعه نمودار جریان می‌باشد. با اتصال چندین حلقه به یکدیگر، می‌توان داستان کامل یک مسئله یا موضوع را بیان کرد. نمودارهای علی-معلولی، به تنهایی کامل نیستند، بلکه یک جزئی از فهم و ارتباط بهتر و بینش عمیق‌تر نسبت به موضوعات پیچیده هستند. بدون انتخاب موضوعی که مایل به فهم بهتر آن هستید، ترسیم نمودار علی-معلولی، بی‌فایده است (Sterman2000).

نمودار علی - معلولی، براساس نظرات خبرگان و مرور ادبیات و پیشینه تحقیق برای شناسایی متغیرهای پژوهش و تعیین روابط بین آن‌ها، تهیه می‌گردد (Sterman, 2000). برای مسئله این پژوهش، نمودار علی-معلولی در شکل ۱ ارائه شده است. در نمودار علی-معلولی، حلقه‌های R، تقویت‌کننده‌اند یعنی با افزایش یک متغیر حلقه به گونه‌ای عمل می‌کند که در بازخورد، افزایش بیشتر آن را باعث می‌شود. همچنین حلقه‌های B، متعادل‌کننده‌اند به این معنی که با افزایش یک متغیر در آن حلقه، حلقه بازخور مانع از افزایش بیش از حد آن متغیر می‌شود و مقدار آن را به حالت تعادل بازمی‌گرداند. چند حلقه از حلقه‌های اصلی نمودار علی-معلولی، در شکل ۱ نشان داده شده است.





شکل ۱: نمودار علی-معلولی تولید چابک

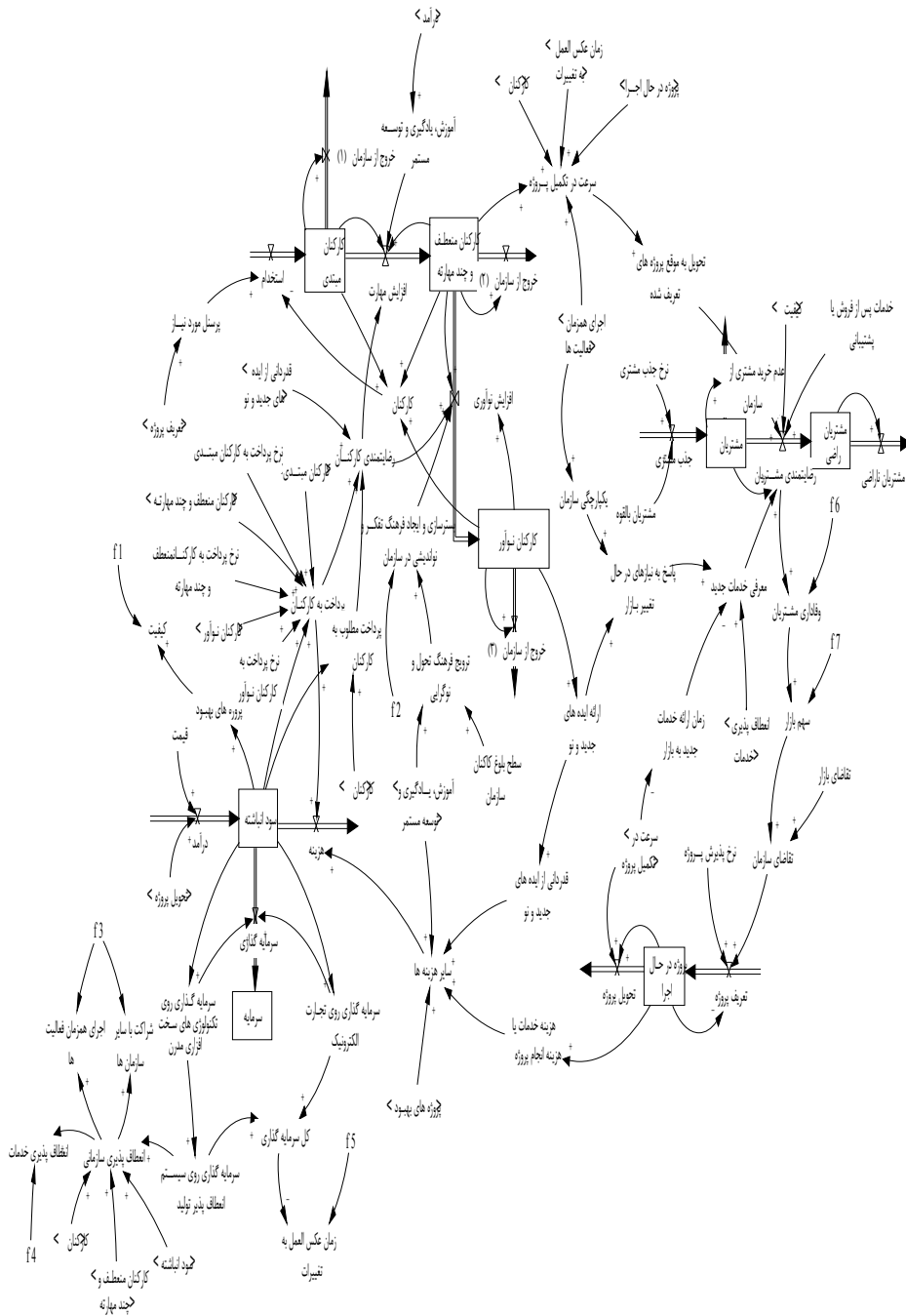
در مورد تشریح این حلقه‌ها می‌توان بیان نمود که در حلقه R1، افزایش دوره‌های آموزش، یادگیری و توسعه مستمر، به ترتیب منجر به افزایش و به‌روزرسانی مهارت کارکنان، افزایش انعطاف آن‌ها و تیم‌های با وظایف متقابل در سازمان شده و این امر نیز به افزایش دوره‌های آموزش، یادگیری و توسعه مستمر، منجر می‌شود. همچنین در حلقه R3، افزایش رضایت‌مندی مشتری، به ترتیب منجر به افزایش وفاداری وی به سازمان، سهم بازار سازمان، تقاضای سازمان، پروژه‌هایی که توسط سازمان تعریف می‌شود، تحویل پروژه به مشتریان، درآمد سازمان و سود سازمان می‌شود. با افزایش سود سازمان، پروژه‌هایی که به‌منظور بهبود مستمر در سازمان انجام می‌شوند و در نهایت کیفیت خدماتی که سازمان به مشتریان ارائه می‌دهد، افزایش یافته و این شرایط، منجر به افزایش رضایت مشتری می‌شود.

در مورد حلقه‌ی B1، می‌توان بیان نمود که با افزایش سود سازمان، پروژه‌هایی که به‌منظور بهبود مستمر در سازمان انجام می‌شوند و کیفیت خدماتی که سازمان به مشتریان ارائه می‌دهد، افزایش یافته که این شرایط، منجر به افزایش رضایت مشتری می‌شود.

افزایش رضایت مشتری، به ترتیب منجر به افزایش وفاداری وی نسبت به سازمان، سهم بازار سازمان، تقاضای سازمان، پروژه‌هایی که توسط سازمان تعریف می‌شود و به‌دنبال آن، پروژه‌های در دست‌اجرا می‌شود. با افزایش پروژه‌های در دست‌اجرا، هزینه خدمات یا هزینه انجام پروژه‌ها افزایش یافته که این مسئله منجر به کاهش سود سازمان می‌شود.

#### نمودار جریان مسئله

پس از تهیه نمودار علی-معلولی که برخی از حلقه‌های آن تشریح شد، اقدام به تهیه نمودار جریان مربوط به مسئله طراحی مدل تولید چابک گردید. نمودار جریان، آخرین نموداری است که ساختار بازخوری را در قالب جریان‌ها و مخازن فیزیکی و اطلاعاتی بازنمایی می‌کند. در هر سیستمی مقدار برخی متغیرها افزایش یا کاهش می‌یابد. به این متغیرها، متغیرهای سطح گفته می‌شود. نرخ افزایش یا کاهش این متغیرها، جریان نامیده می‌شود. نمودار جریان مدل علی-معلولی، در شکل ۲ نشان داده شده‌است.



شکل ۲: نمودار جریان تولید چابک

### تست مدل و اعتبار آن

برای اینکه یک مدل ساخته شده در تجزیه و تحلیل سیاست‌ها مفید باشد، باید آن مدل برای افرادی که درگیر موقعیت مربوطه هستند، قابل اعتماد باشد. به شکل سنتی مدل، به کمک توانایی آن در شبیه‌سازی رفتار تجربی سیستم، مورد آزمون قرار می‌گیرد. بعد از آن که مدل تست‌های اعتبار را پشت سر گذاشت، می‌توان به کمک آن تصمیمات کلیدی و بهینه‌ای را گرفت (Morecroft, 1988). مدل‌های پویایی‌های سیستم را می‌توان به کمک داده‌های جمع‌آوری شده به صورت میدانی و با استفاده از ادبیات موجود به شکلی تعدیل کرد و اعتبار بخشید که در نهایت ابزاری برای تست کردن سناریوها و شبیه‌سازی‌های مختلف توسعه داد (Evans, 2001). در پژوهش حاضر نیز به منظور تست مدل و اعتبار آن از تست حد نهایی، تست سازگاری توابع عددی، تست بخشی اجزای مدل و تست حالت تعادل استفاده شده است و در پایان، نتایج حاصل از شبیه‌سازی مسئله چابکی، با خبرگان شرکت‌های IT، مورد بررسی قرار گرفت که نتایج به دست آمده از مدل، از نظر انطباق با نتایج مورد انتظار در دنیای واقعی، مورد تأیید قرار گرفتند. می‌توان بیان نمود که پایایی و اعتبار مدل مورد تأیید است و مدیران می‌توانند به نتایج حاصل از آن اتکاء کنند.

### تجزیه و تحلیل سیاست‌ها

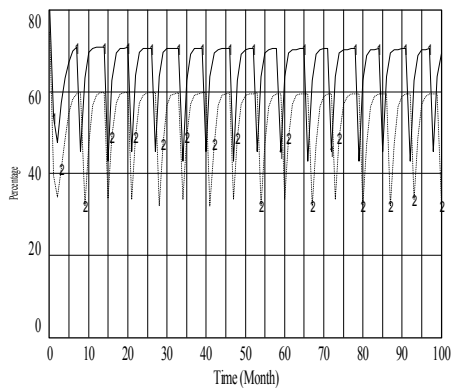
پس از تهیه نمودار جریان تولید چابک در شرکت‌های IT مورد مطالعه، اقدام به بررسی سناریوهایی در رابطه با تحلیل و بهبود سطح چابکی در شرکت‌های مذکور می‌شود. بررسی این سناریوها از این جهت اهمیت دارد که در صورت انطباق با رفتار دنیای واقعی متغیرها، منجر به روایی بالاتر مدل تئوریک می‌شود. بنابراین در این قسمت بررسی سناریوهایی با هدف تأیید مدل انجام می‌شود نه با هدف ارائه راهکار عملیاتی. در ادامه تنها توضیحی در مورد سناریوها ارائه می‌شود.

- سناریو اول: افزایش نوآوری در سازمان: با افزایش سطح بلوغ عقلی کارکنان، بستر لازم برای افزایش فرهنگ تفکر و نواندیشی در سازمان نیز ایجاد می‌شود. زمانی که این بستر فراهم شود، تعداد کارکنان نوآور در سازمان و ارائه ایده‌های جدید و نو از جانب آن‌ها افزایش می‌یابد. با افزایش ایده‌های جدید و نو یا به عبارتی افزایش نوآوری، توانایی سازمان در پاسخ‌گویی به نیازهای در حال تغییر بازار افزایش می‌یابد که نقش کلیدی‌ای نیز در چابکی سازمان ایفاء می‌کند. (شکل ۳).

- سناریو دوم: افزایش قیمت انجام پروژه‌ها: با افزایش قیمت انجام پروژه، درآمد و سود انباشته سازمان افزایش می‌یابد که این امر منجر به افزایش پرداخت به کارکنان سازمان و در نهایت افزایش رضایت‌مندی آن‌ها می‌شود.

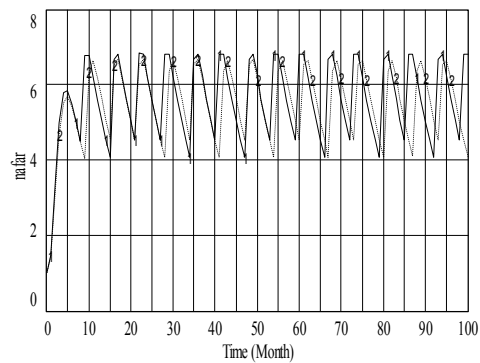
- سناریو سوم: افزایش میزان سرمایه‌گذاری: با افزایش مبلغ سرمایه‌گذاری، سود انباشته کاهش می‌یابد. افزایش سرمایه‌گذاری بر تجارت الکترونیک، منجر به افزایش ارتباط سازمان با مشتریان و تأمین‌کنندگان و افزایش سرمایه‌گذاری بر فناوری‌های سخت‌افزاری مدرن، منجر به افزایش میزان سرمایه‌گذاری بر سیستم تولید انعطاف‌پذیر شده که در نهایت، مشارکت با سایر سازمان‌ها افزایش می‌یابد.

Migration and create a culture and modern thinking in the organization



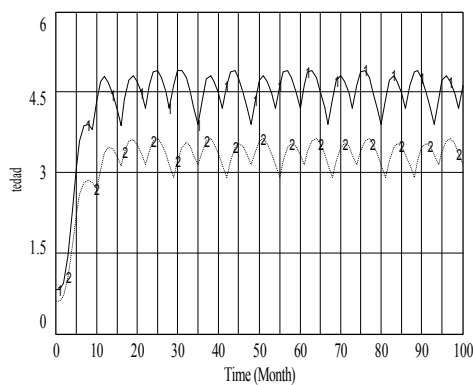
Migration and create a culture and modern thinking in the organization : condition 2  
Migration and create a culture and modern thinking in the organization : condition 1

innovative personnel



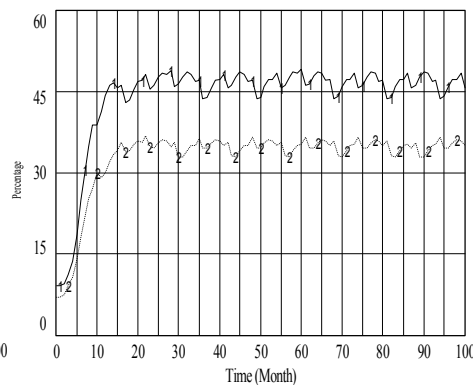
innovative personnel : condition 2  
innovative personnel : condition 1

Representation of new ideas and new



Representation of new ideas and new : condition 2  
Representation of new ideas and new : condition 1

Response to changing market requirements



Response to changing market requirements : condition 2  
Response to changing market requirements : condition 1

شکل ۳: رفتار متغیر پاسخی به نیازهای در حال تغییر بازار با توجه به افزایش نوآوری

- سناریو چهارم: کاهش هزینه انجام پروژه و افزایش خدمات پس از فروش: با کاهش هزینه انجام پروژه و افزایش سود انباشته سازمان، کیفیت افزایش یافته و اگر سازمان، پشتیبانی از پروژه‌های تحویل داده شده را نیز افزایش دهد، باعث می شود که رضایت مندی مشتریان و تعداد مشتریان راضی از سازمان افزایش یابد.

- سناریو پنجم: افزایش تعداد دوره‌های آموزش، یادگیری و توسعه مستمر: با افزایش برگزاری دوره‌های آموزشی، مهارت کارکنان سازمان افزایش یافته و به دنبال آن، تعداد کارکنان منعطف و چندمهارته در سازمان افزایش می یابد. با افزایش انعطاف پذیری کارکنان، سرعت آن‌ها در انجام و تکمیل پروژه‌ها افزایش می یابد. این امر باعث می شود که زمان ارائه پروژه‌ها به بازار، کاهش یابد.

### نتیجه گیری

با توجه به این که در این مقاله به منظور ارائه راهکار برای افزایش چابکی سازمان، از یک مدل شبیه سازی، استفاده شده، می توان بدون هیچ هزینه‌ای، متغیرهای مختلف مدل را در ترکیب‌های گوناگون، تغییر داد و رفتارهای ناشی از این تغییر سیاست‌ها را مشاهده کرد و به انتخاب بهترین روش پرداخت.

قبل از بیان نتایج، لازم به ذکر است که در پژوهش‌هایی که تاکنون در مورد مدل سازی سیستم تولید چابک انجام یافته، این سیستم در یک محیط ایستا مورد بررسی قرار گرفته است. در واقع مدل‌هایی که توسط افرادی چون یوسف (۲۰۰۱)، آگاراول (۲۰۰۶)، هیونگ (۲۰۰۹) و رانیک (۲۰۱۰) ارائه شده اند، ایستا هستند و به صورت یک عکس در یک لحظه عمل می کنند. در حالی که مدل ارائه شده در پژوهش حاضر یک مدل پویا و وابسته به زمان است که اثر تغییرات را بر روی مدل نشان می دهد. از طرفی، چون مدل ارائه شده یک شبیه سازی از واقعیت است، بنابراین می توان میزان تغییرات اعمال شده را در بخش‌های مختلف سازمان، مشاهده، محاسبه و بررسی نمود، اما در مدل‌های ارائه شده، باید تغییرات اعمال شوند و بعد منتظر اثرات آن باشیم. بنابراین می توان بیان نمود که مدل پیشنهادی در این پژوهش، نسبت به مدل‌های قبلی، دارای برتری خاصی است. مدل ارائه شده و انتخاب راهکارهایی به منظور دستیابی به چابکی و بهبود آن، نتایج زیر را در پی داشت:

۱- با توجه به این که ارتباط میان مؤلفه‌های تولید چابک، ارتباطی پویا است، در نتیجه سیستم تولید چابک نیز سیستمی پویا است. بنابراین مدیران نباید به انتخاب یک روش به منظور دستیابی به چابکی و بهبود آن اکتفاء کنند، بلکه باید در هر برهه از زمان، بهترین راهکار را انتخاب کنند.

۲- به منظور دستیابی به چابکی و بهبود آن، سازمان می‌تواند با افزایش میزان سرمایه‌گذاری بر فناوری‌های سخت‌افزاری مدرن و افزایش انعطاف‌پذیری سیستم تولید، میزان انعطاف‌پذیری سازمان و خدمات و محصولات تولیدی خود را افزایش دهد. این انعطاف‌پذیری، توانایی سازمان را در ارائه محصولات و خدمات مطابق با خواسته‌ها و سلاقی بازار و مشتریان، افزایش می‌دهد و در نهایت، منجر به افزایش رضایت‌مندی مشتریان می‌شود.

۳- به منظور دستیابی به چابکی و بهبود آن، سازمان می‌تواند با بسترسازی و ایجاد فرهنگ تفکر و نواندیشی در سازمان، زمینه را برای نوآوری و ارائه ایده‌های جدید و نو محیا کند. با افزایش نوآوری، پاسخ‌گویی به نیازهای در حال‌تغییر بازار و مشتریان و توان رقابتی سازمان افزایش می‌یابد.

۴- به منظور دستیابی به چابکی و بهبود آن، سازمان می‌تواند با افزایش برگزاری دوره‌های آموزش، یادگیری و توسعه مستمر، مهارت کارکنان خود و به دنبال آن، تعداد کارکنان منعطف و چندمهارته در سازمان را افزایش دهد. با افزایش مهارت کارکنان، سرعت آن‌ها در انجام فعالیت‌ها افزایش یافته و محصولات یا خدمات سریع‌تر به بازار، عرضه می‌شوند.

در پایان لازم است به این نکته اشاره شود که هدف از ارائه این مدل، حل دقیق یک مسئله موجود نیست، بلکه افزایش عمق بینش مدیران سازمان به مسئله چابکی و تصمیم‌گیری در رابطه با انتخاب مؤثرترین مؤلفه‌ها بر تولید چابک است.

## پیشنهادات

### پیشنهادات کاربردی

۱- مدل ارائه‌شده را می‌توان با مقادیر متفاوت متغیرهای کلیدی تست کرد و رفتار سایر متغیرها را مشاهده کرد و برای بخش‌هایی از سازمان که نیاز به بهبود دارند، پیشنهادهای سنجیده به مدیریت ارائه کرد.

۲- مدیران شرکت‌های IT موردنظر، می‌توانند با افزایش آموزش به کارکنان خود، مهارت آن‌ها را افزایش دهند و آن‌ها را به کارکنانی منعطف، نوآور، مبتکر و خلاق تبدیل کنند.

۳- مدیران شرکت‌های IT موردنظر، باید کیفیت پروژه‌های انجام‌شده و میزان پشتیبانی از پروژه‌های تحویل داده شده را افزایش دهند. این امر منجر به افزایش رضایت‌مندی مشتریان و وفاداری آن‌ها به شرکت می‌شود و به دنبال آن سهم بازار شرکت در بازار رقابت، افزایش می‌یابد.

### پیشنهادات پژوهشی

- ۱- پژوهش حاضر جهت استفاده در شرکت‌های صنعت IT (در زمره بخش‌های خدماتی)، انجام شده است. بنابراین دیگر پژوهشگران می‌توانند این پژوهش را جهت استفاده در صنعت مشابه، سایر صنایع خدماتی و همچنین سایر صنایع تولیدی انجام دهند.
- ۲- با گسترش پیچیدگی پدیده مورد ارزیابی، می‌توان با شناسایی سایر عوامل مؤثر بر چابکی سازمان و شناسایی روابط علی-معلولی بین آن‌ها، مدل را توسعه داد.
- ۳- به‌طور کلی نشان داده شد که روش پویایی‌های سیستم، تصمیم‌گیری و تحلیل ابعاد یک مسئله را تسهیل می‌کند. بنابراین پیشنهاد می‌شود که پژوهشگران در سایر برنامه‌ریزی‌های مرتبط با چابکی سازمان که به نوعی حلقه‌های بازخورد وجود دارد و می‌توان در آن پویایی را در نظر گرفت، از این رویکرد استفاده کنند.



## منابع

- الفت، لعیا، زنجیرچی، سید محمود. (۱۳۸۸). مدلی برای چابکی سازمانی در صنعت الکترونیک ایران. فصلنامه علوم مدیریت ایران. شماره ۱۳. سال چهارم.
- جعفرزاد، احمد، شهائی، بهنام. (۱۳۸۶). مقدمه‌ای بر چابکی سازمانی و تولید چابک (چاپ اول). تهران: مؤسسه کتاب مهر نشر.
- فتحیان، محمد و همکاران. (۱۳۸۴). نقش فناوری اطلاعات در چابکی بنگاه‌های کوچک و متوسط ایران. سومین کنفرانس بین‌المللی مدیریت. تهران.
- Agarwal A., Shankar R., Tiwari M. K. (2006). Modeling the metrics of lean, agile and leagile supply chain: An ANP-based approach. *European Journal of Operational Research*. 173. 211–225.
- Barlas Y. (2002). System dynamics: systemic feedback modeling for policy analysis in knowledge for sustainable development- an insight into the encyclopedia of life support systems. Oxford, UK: *UNESCO Publishing-Eolss Publishers. Paris, France*.
- Bottani E. (2010). Profile and enablers of agile companies: An empirical investigation. *Int. J. Production Economics*. 125. 251–261.
- Coyle R. G. (1996). System dynamics modeling: a practical approach. *London: Chapman & Hall*.
- Crocitto M., Youssef M. A. (2003). The human side of organizational agility. *Industrial Management & Data Systems*. 103(6). 388-397.
- Dyson B., Chang B. (2004). Forecasting municipal solid waste generation in a fast-growing urban region with system dynamics modeling. *Waste Management*.
- Evans T. P., Manire A., De Castro F., Brondizio E., McCrachen S. (2001). A dynamic model of household decision-making and parcel level landcover change in the eastern Amazon. *Ecol. Model*. 143.
- Forrester J. W. (1961). Industrial dynamics. *MIT press*. Cambridge, MA, USA.
- Goldman S. L., Nagel R. N., Preiss K. (1995). Agile competitors & virtual organizations-measuring agility & infrastructure for Agility, Van Nostrand Reinhold. *International Thomas Publishing*. London.
- Gunasekaran A. (1998). Agile manufacturing: enablers & an implementation framework. *International Journal of Production Research*. 36(5). 1223-1247.

Gunasekaran A., Yusuf Y. Y. (2002). Agile manufacturing: a taxonomy of strategic & technological imperatives. *International Journal of Prod Res.* 40(6). 1357-1385.

Ho G. T. S., Lau H. C. W., Lee C. K. M., Ip A. W. H. (2005). An intelligent forward quality enhancement system to achieve product customization. *Industrial Management & Data Systems.* 105(3). 384-406.

Hornby A. S. (2000). *Oxford Advanced Learner's Dictionary of Current English.* Sixth edition. Oxford university press.

Huang C. C., Liang W. Y., Lin Shia. H. (2009). An agile approach for supply chain modeling. *Transportation Research, Part E.* (45). 380-397.

Jiang B., Chan T. S., Ralph W. L. (2002). An innovative scheme for product and process design. *Journal of Materials Processing Technology.* 85-92.

Jin-Hai L., Anderson A.R., Harrison, R.T. (2003). The evolution of agile manufacturing. *Business Process Management Journal.* 9(2). 170-89.

Kidd P.T. (1994). Agile manufacturing, Forging New Frontiers. *Addison-Wesley.* London.

Lin Chin-Huang, Tung Chiu-Mei, Huang Chih-Tai. (2005). Elucidating the industrial, Cluster effect from a system dynamics perspective. *Technovation.* 1-10.

Morecroft J. D. W. (1988). System dynamics and micro worlds for policymakers. *European Journal of Operational Research.* 35(3).

Rönnbäck L., Regardt O., Bergholtz M., Johannesson P., Wohed P. (2010). Anchor modeling-Agile information modeling in evolving data environments. *Data & Knowledge Engineering.* 69. 1229-1253.

Sharifi H., Zhang Z. (2001). Agile manufacturing in practice: application of a methodology. *International Journal of Operations & Production Management.* 21(5/6). 772-794.

Sharp J. M., Irani Z., Desai S. (1999). Working towards agile manufacturing in the UK industry. *IJOPE.* 62(1-2). 155-169.

Shi T., Gill R. (2005). Developing effective policies for the sustainable development of ecological agriculture in China: the case study of Jinshan County with a systems dynamics model. *Ecological Economics.* 53. 223-246.

Spector J. M., Christensen D. L., Sioutine A. V., McCormack D. (2001). Models and simulations for learning in complex domains: using causal loop

diagrams for assessment and evaluation. *Computers in Human Behavior*. 17. 517-545.

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

Tornig lin C. & et.al. (2005). Agility evaluation using fuzzy logic. *International journal of production economics*. 1-16.

Yusuf Y. Y., Sarhadi M., Gunasekaran A. (1999). Agile manufacturing: The drivers, concepts and attributes. *International Journal of Production Economics*. 62. 33-43.

Yusuf Y. Y., Al-dabass D., Gunasekaran A., Ren J. (2001). A mathematical modeling framework for agile manufacturing systems.

Zhang J., Jian G., Peigen L., Zhengcheng D. (1999). Object-oriented modeling of control system for agile manufacturing cells. *Int. J. Production Economics*. 62. 145-153.