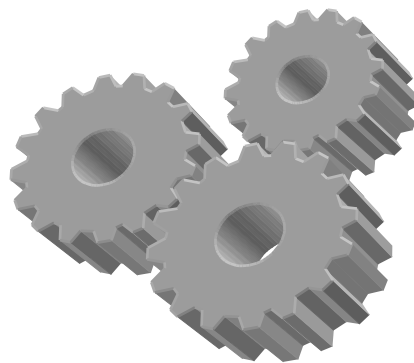


محتوای مجله

شماره‌ی صفحه	تیتیر
۳	مدیران، مهندسی صنایع را به کجا می‌برند؟!
۴	زندگینامه‌ی جی و. فارستر
۵	خبر
۸	جملات قصار برای یادگیری درس زندگی
۸	مسائل چالشی
۹	معرفی کتاب‌های روز مهندسی صنایع
۱۱	Resource sequencing games
۱۶	The Six-Sigma approach in Iran
۲۳	رفتار نامحسوس سیستم‌های اجتماعی
۴۱	سخن صاحب امتیاز

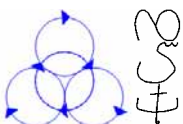


مدیران، مهندسی صنایع را به کجا می برند؟!

به طور خلاصه، مهندسی صنایع، رشته ای برای بهینه سازی و افزایش بهره وری در هر سازمانی است. در واقع، اگر بخواهیم، یک تخصص را که مهندسی صنایع بیشتر حول آن باید بچرخد، نام ببریم، به مدیریت فنی باید اشاره کرد. مدیریت فنی نیز بیشتر به درس برنامه ریزی تعمیرات و نگهداری مربوط است. این درس یکی از دروس تخصصی اجباری گرایش تولید صنعتی در مقطع کارشناسی است و برای سایر گرایش های مهندسی صنایع در مقطع کارشناسی یک درس اختیاری تخصصی ۳ واحدی به حساب می آید. این درس در رشته مدیریت صنعتی نیز تدریس می شود، اما، در مقاطع کارشناسی ارشد و دکترای مهندسی صنایع وجود ندارد. لذا، بسیاری از فارغ التحصیلان مهندسی صنایع با این درس آشنایی ندارند و این جای تأسف دارد! جا دارد، که این درس در حداقل یکی از گرایش های مهندسی صنایع در یکی از مقاطع کارشناسی ارشد یا دکترای به عنوان درس اجباری و به صورت پیشرفته گنجانده شود، تا مهندسان صنایع، واقعاً مهندس صنایع باشند. البته، این صحبت قطعاً مورد قبول بعضی ها، بخصوص فارغ التحصیلان مقطع کارشناسی غیر از گرایش تولید صنعتی که درس برنامه ریزی تعمیرات و نگهداری را نگذرانده اند و همچنین برنامه ریزان درسی و اساتید تحصیلات تکمیلی این رشته نیست. اما، مهندسان صنایع باید واسطه ی مدیران رده بالا یا میانی با مهندسان باشند و نه واسطه مدیران رده پایین و مدیران رده بالا. در واقع، آنها باید مهندسان را مدیریت کنند و نه مدیران دیگری را. این بدان معناست، که مهندسان صنایع، مهندسان و نه مدیر. اگر چه بسیاری از درس هایشان از رشته مدیریت بر گرفته شده است و با مهارت های مدیریتی تا حد مناسبی آشنا می شوند؛ اما، این بدان معنا نیست، که آنها نباید فنی باشند. متأسفانه، در کشور ما اکثر اساتید با سابقه ی این رشته، فارغ التحصیل رشته های مدیریت هستند و در میان دروس اختیاری دروسی را تدریس می کنند، که قبلاً آن را خوانده باشند و در نتیجه، تمام دروس اختیاری، دروس رشته ی مدیریت هستند. بعلاوه، آنها هر از گاهی نیز یکی از مباحث قدیم یا جدید مدیریت را به عنوان حوزه های پژوهشی مهندسی صنایع مطرح می سازند. البته، خیلی عالی است، که دانش و تخصص مهندسان صنایع خیلی جامع باشد. همچنین، قطعاً تمام مهندسان صنایع خوشحال می شوند، که از رده سرپرستی تا رده مدیریت عامل سازمان ها و نیز وزارت و وزارتخانه ها امکان استخدام داشته باشند، ولی ادامه ی اینکار منجر به منحرف شدن مهندسان صنایع از محور اصلی خود و تا حد کمی هم بیکار شدن مدیران، اقتصاد دانان و حسابداران می شود. مهندسان صنایع، مدیر فروش، خرید، بازرگانی، بازاریابی و تبلیغات، انبار داری و امثالهم نیستند. اگر چه لفظ مدیر اغوا کننده است، اما بعضاً از مهندس صنایع خواسته می شود، که «مسئول» بازاریابی یا انبار شود، که توهینی به دانش و تخصص او است و روند فعلی بدانجا می انجامد، که تمام مهندسان صنایع باید به تمام این زمینه ها آشنا باشند و این اجحافی در حق آنهاست.

به یاد داشته باشیم، که کارشناسان مهندسی صنایع دروسی همچون: محاسبات عددی، معادلات دیفرانسیل، آمار مهندسی، فیزیک ۱ و ۲، آزمایشگاه های فیزیک ۱ و ۲، شیمی عمومی، آزمایشگاه شیمی عمومی، مبانی مهندسی برق، آزمایشگاه مبانی مهندسی برق، برنامه نویسی کامپیوتر، کارگاه جوش، کارگاه های ماشین ابزار ۱ و ۲، استاتیک، مقاومت مصالح، نقشه کشی صنعتی ۱ و ۲، کارگاه ریخته گری (نوب و مدلسازی)، آزمایشگاه اندازه گیری دقیق و کنترل کیفیت و درسهای اینچینی دیگری نیز می گذرانند و از این تخصص های آنها نیز باید استفاده کرد. اساتید این رشته، باید این درس ها را تقویت کنند و نه اینکه به مرور آنها را حذف و دروس مدیریت یا اقتصاد و یا حسابداری را جایگزینشان کنند. بدون دید و دانش فنی، مدیریت فنی امکان پذیر نیست. جایگزینی دروسی چون مدیریت زنجیره ی تأمین و ERP بجای نقشه کشی صنعتی ۲، مقاومت مصالح یا مبانی مهندسی برق کار نا بخردانه، عجولانه و غیر کارشناسانه ای است. به اساتید قدیمی توصیه می شود، که اجازه دهند، فارغ التحصیلان مهندسی صنایع، که از کارشناسی تا دکترای این رشته را در گرایش های مختلفی گذرانده اند، برای آینده ی این رشته تصمیم بگیرند. بسیاری از تصمیم گیری های مربوط به ایجاد گرایش ها در مقاطع مختلف و دروس گرایش ها را اعضای هیأت علمی دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه علم و صنعت می گیرند، که این امر نیاز به نظر سنجی بیشتری دارد.

اساتید دروس مرتبط با کیفیت، پویا ترین اساتید هستند و خیلی از مباحث کیفی غیر مرتبط با بعضی از گرایش ها را به دانشجویان تحمیل می کنند، که رؤسای دانشگاه ها باید آگاه باشند و مانع این کار شوند. دانشجویان کارشناسی ارشد گرایش مهندسی سیستم های اقتصادی - اجتماعی حداکثر باید سه واحد درس تئوری و کاربرد پایایی را بگذرانند - که کمی به کیفیت ارتباط می یابد - اما، دروس کیفی دیگر و مباحث ویژه ربطی به آنها ندارد. متأسفانه، از زمینه ی سیستم های اقتصادی که مرتبط ترین زمینه (دسته) به این گرایش است، در هیچ دانشکده ای از کشورمان درسی ارائه نمی گردد، که جای تجدید فکری دارد.



زندگینامه‌ی جی. و. فارستر

جی. و. فارستر^۱ در ۱۴ جولای ۱۹۱۸ م. در فاصله‌ی ۲۰ مایلی از نزدیکترین شهر آنسلمو^۲، نبراسکا^۳، بر روی مرتع احشام که موطن والدینش دوک و ایل^۴ فارستر بود، به دنیا آمد. او درجه‌ی کارشناسی مهندسی برق را از دانشگاه نبراسکا در ۱۹۳۹ میلادی و کارشناسی ارشد [این رشته] را از مؤسسه‌ی تکنولوژی ماساچوست (MIT) در سال ۱۹۴۵ م. گرفت. او در ابتدا در MIT در حالیکه در تدریس و توسعه‌ی مولدهای الکترواستاتیکی و لنتاز بالا بکار گرفته شده بود، به عنوان یک مشاور تحقیقاتی نیز خدمت کرد. او یکی از بنیانگذاران سرومکانیسمز لابر اتواری (= آزمایشگاه طرز کار با دستگاه فرمان یار) در MIT در ۱۹۴۰ م. بود و سال‌های جنگ را در توسعه‌ی طرز کار فرمان یار هیدرولیکی برای کنترل آنتن رادار و تیراندازی گذراند.



فارستر از ۱۹۴۴ تا ۱۹۵۱ م. رییس مؤسسه‌ی سرومکانیسمز لابر اتواری در MIT بود. او اواخر سال ۱۹۴۴، وی عهده دار پروژه‌ای برای توسعه‌ی یک شبیه‌ساز زمان حقیقی رفتار جنگ هواپیمای چند موتور بود. اساساً شبیه‌ساز در دوره‌ی فناوری آنالوگ تصور (یا امکان پذیر) شده بود، اما، فارستر در این کار اولین نفری بود، که فهمید محدودیت‌های طراحی مانع رسیدن شبیه‌ساز به دقت پویای کافی می‌شوند و برنامه‌به‌سمت بررسی فناوری دیجیتال تغییر کرد. تنها در طی چند سال کار کاملاً به فناوری دیجیتال سپرده شد و پروژه‌ی شبیه‌ساز هواپیما به عنوان یک رایانه‌ی دیجیتالی برای شبیه‌سازی زمان حقیقی ظهور کرد.

فارستر در ۱۹۵۱ م. رییس بخش لینکلن^۵ لابر اتواری تازه شکل گرفته در MIT، که مسوول طراحی سیستم دفاع هوایی سیج^۶ (= هوشمند) بود، شد. او همچنان پیشرو بود، اما این دفعه در استفاده از رایانه‌ی دیجیتالی جدید به عنوان جز اصلی یک سیستم پردازش اطلاعات زمان حقیقی بزرگ مقیاس. او و گروهش همکاری زیادی برای هنر طراحی سیستم، توسعه‌ی نرم افزار و آزمون و ارزیابی در کنار ادامه‌ی بهبود محاسبه‌ی سخت افزار، نمایشگر و ارتباطات داشتند.

فارستر در ۱۹۵۶ م. به کادر کارکنان دانشگاهی MIT به عنوان استاد مدیریت صنعتی آموزشگاه اسلوان^۷ باز گشت. از آن به بعد علاقه‌ی اصلیش به تئوری باز خوردی، سیستم‌های اطلاعاتی و شبیه‌سازی و مدلسازی دیجیتالی برای فهم و طراحی سیستم‌های اجتماعی بود. وی نویسنده‌ی کتاب‌های بسیاری از جمله: *دینامیکز لابر اتواری* (چاپ MIT، ۱۹۶۱ م.)، *پرنسیپلز آو سیستمز*^۸ (چاپ راییت - آلن، ۱۹۶۸ م.)، *آر بان دینامیکز*^۹ (چاپ MIT، ۱۹۶۹ م.) و *ولند دینامیکز*^{۱۰} (چاپ راییت - آلن، ۱۹۷۱ م.) بود، که امتیاز و اهمیت کارش را نشان می‌دهد.



فارستر یکی از رجال IEEE، یکی از رجال فرهنگستان آمریکایی هنر و علوم، یکی از رجال فرهنگستان مدیریت، یکی از اعضای فرهنگستان ملی مهندسی و انجمن‌های حرفه‌ای بیشماری است. در میان افتخاراتش درجات دکترای افتخاری از دانشگاه نبراسکا (۱۹۵۴)، دانشگاه بوستون (۱۹۶۹)، دانشگاه مهندسی نیوارک^{۱۱} (۱۹۷۱)، مخترع برنده‌ی جایزه‌ی سال از دانشگاه جرج واشینگتن- (۱۹۶۸) و مدال طلای فرهنگستان دانمارکی علوم فنی و الدمر پائولسن^{۱۲} (۱۹۶۹) نیز وجود دارند. مدال IEEE افتخاری در سال ۱۹۷۲ م. «بخاطر پیشرفت‌های مفهومی در رایانه‌های دیجیتالی از بابت اختراع و بکارگیری حافظه‌ی دارای دسترسی تصادفی با هسته‌ی مغناطیسی و بکارگیری و نشانی دهی جریان متلاقی» به او داده شد.

منبع: بروشور ضیافت سالانه‌ی IEEE ای ۱۹۷۲ م.

¹ Jay W. Forrester

² Anselmo

³ Nebraska

⁴ Duke and Ethel

⁵ Lincoln

⁶ SAGE

⁷ Sloan School

⁸ *Industrial Dynamics* (پویایی شناسی یا پویایی های صنعتی)

⁹ *Principles of Systems* (اصول سیستم ها یا سیستم شناسی)

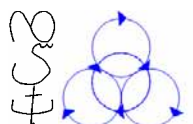
¹⁰ Wright-Allen

¹¹ *Urban Dynamics* (پویایی شناسی یا پویایی های شهری)

¹² *World Dynamics* (پویایی شناسی یا پویایی های جهان)

¹³ Newark College of Engineering

¹⁴ Valdemar Poulsen



پنجمین همایش سراسری علوم پایه‌ی باشگاه پژوهشگران جوان برگزار شد

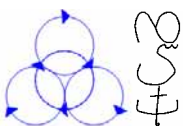
شاید عنوان این خبر زیاد ربطی به عنوان مجله نداشته باشد، ولی ربط آن را می‌گویم. پنجمین همایش سراسری فنی و مهندسی باشگاه پژوهشگران جوان در تاریخ ۲۵ و ۲۶ مرداد ماه امسال در واحد قزوین برگزار شد. در آن همایش مقالات منتخب حوزه مهندسی صنایع نیز در دو بخش پوستر و سخنرانی ارائه شدند. اما، در پنجمین همایش سراسری علوم پایه‌ی باشگاه پژوهشگران جوان - که همایشی کشوری است و در تاریخ ۱۷ و ۱۸ آبان ۱۳۸۵ در دانشکده علوم انسانی واحد قائم شهر برگزار شد - مقالات مربوط به علوم پایه ارائه گردیدند و در آن میان مقالاتی نیز به رشته مهندسی صنایع و مباحث مربوط به این مجله یافت می‌شوند. در ذیل به این مقالات اشاره می‌شود:

■ حوزه ریاضیات و آمار:

- عنوان مقاله: گسترش روش MCDM فازی از طریق مفهوم حد واسط سود و هزینه (سخنرانی) ارائه کنندگان: بهرام عاقلی - مجید مهدی زاده آلاشتی
- عنوان مقاله: ریاضیات و کاربرد آن در علوم دیگر (پوستر) ارائه کننده: سیمین مهران
- عنوان مقاله: حل مسأله مکان یابی پایانه های شبکه اتوبوسرانی با استفاده از الگوریتم ژنتیک (پوستر) ارائه کنندگان: سامان بابایی کفاکی - رضا قنبری
- عنوان مقاله: اعداد بازه ای و برنامه ریزی خطی فازی (پوستر) ارائه کنندگان: الناز حسین زاده هروی - هانیه فخری حاجی آقائی - مهناز نیکو رأی
- عنوان مقاله: تعیین مقادیر پارامترهای الگوریتم ترکیبی مورچگان و ژنتیک برای حل مسأله فروشنده دوره گرد (TSP) (پوستر)
- ارائه کنندگان: رضا سلطانی - محمد غلامپور - فریبا بهادری
- عنوان مقاله: دینامیک های آشوبناک و فراکتالی (پوستر) ارائه کننده: وحیده رسولی

■ حوزه فناوری اطلاعات و کامپیوتر:

- عنوان مقاله: بهبود کارایی الگوریتم های ژنتیکی با بکارگیری استراتژی ترکیب (سخنرانی) ارائه کنندگان: رامین اعیان زاده - مصطفی حقی فام - احسان شهابت - نیا مهرداد بابازاده
 - عنوان مقاله: روشی جدید برای شناسایی اسکناسهایی رایج کشورهای مختلف بر اساس مشخصه های مارکوفی (سخنرانی) ارائه کنندگان: عباس یاسری - حمید حسن پور - غلامرضا اردشیر بهرستانی
 - عنوان مقاله: بهینه سازی الگوریتم ACS با تغییر نحوه بهنگام سازی فرمون ها (پوستر) ارائه کنندگان: یونس فرهاد نیا - فردین ابدالی محمدی - عبدالحسین فتحی
 - عنوان مقاله: ارائه راهکاری جدید برای پردازش حجم انبوه داده ها با زمانبندی سیستم های چند پردازنده ای (پوستر) ارائه کنندگان: احسان شهابت نیا - رامین اعیان زاده - احمد حبیبی زاد - نوین علی غفاری
- البته، مقالات مرتبط دیگری نیز وجود داشتند، که پذیرفته نشدند و سطح داوری ها نیز رضای کننده نبود. امید است با این اطلاع رسانی، علاوه بر معرفی برخی از مقاله دهندگان منتخب، به اساتید کمک کرده باشیم، تا دانشجویان موضوعات تقلبی یا تکراری را برای پروژه پایانی، پایان نامه و یا رساله ی خود به اساتید تحویل ندهند و به دانشجویان در جهت ایده گیری و استفاده از منبع فارسی برای مقاله دادن یا نوشتن پروژه پایانی، پایان نامه و یا رساله کمک کرده باشیم.
- ضمناً پنجمین همایش سراسری علوم انسانی و هنر باشگاه پژوهشگران جوان، ۲۹ و ۳۰ آذر ماه امسال در آبادان و خرمشهر برگزار می‌شود؛ البته، مقالات منتخب این همایش نیز مدتی است، که انتخاب شده اند و حوزه‌های اقتصاد، مدیریت و حسابداری نیز در این همایش وجود دارند. برای کسب اطلاعات بیشتر و شرکت در این همایش می‌توانید، به وب سایت واحد آبادان - خرمشهر مراجعه نمایید.

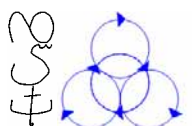


خبر اولین کنگره ی بین المللی شش سیگمای ناب ایران برگزار شد

اولین کنگره ی بین المللی شش سیگمای ایران در تاریخ ۹ و ۱۰ آبان ۱۳۸۵ در سالن همایش های هتل بزرگ المپیک تهران برگزار شد. این در حالی بود، که چند تن از سخنرانان خارجی به دلیل مشکلاتی در این کنگره حضور نداشتند؛ اما، به هر حال حضور پروفیسور ینگ آدین بخش این کنگره بود. البته، اولین کنفرانس شش سیگمای ایران چند ماه قبل از این کنگره توسط گروهی دیگر برگزار شده بود. در اولین کنگره ی بین المللی شش سیگمای ناب ایران - که دبیر اجرایی و مترجم آن دکتر رسول نور السناء بود - جمعی از اساتید و کارشناسان این حوزه به ارائه نظریات خود پرداختند. البته، تجربیات مؤقق شرکت ها نیز ارائه شدند. همه چیز حکایت از آن دارد، که سازمان های ایران حرکت خوبی در این رویکرد جدید مدیریت تولید و کیفیت داشته اند و به نتایج و منافع خوبی نیز دست یافته اند! این در حالی است، که رویکرد شش سیگما برای اولین بار حدود ۷ سال پیش توسط ایران خودرو بکار گرفته شد و بکارگیری توأم رویکرد شش سیگما و فلسفه ی ناب در جهان نیز از سابقه ی کمی برخوردار است. مقالات پذیرفته شده ی این همایش به قرار ذیلند:

عنوان مقاله	ارائه دهنده
1.Design for Six Sigma and 2.Value Creation	Professor Kai Yang
بهبود بهره وری زنجیره تامین با بکارگیری شش سیگما ناب	اخوان صراف ، احمد رضا
تفکر ناب، شش سیگما و فلسفه ضرر اجتماعی کیفیت تاگوچی	تقی زاده ، قاسم
شش سیگمای ناب چیست؟	حاجی محمد علی ، علی
مقایسه متدلوژی DFSS , DMAIC در صنایع خدماتی و تولیدی	درویش حیدری ، سپیده
تا هم افزایی مشدد شش سیگمای ناب	دهنار صیدی، حمید رضا
هشدارها و نکات کلیدی در استقرار شش سیگما در سازمانهای داخلی	رضایی ، حمید رضا
عوامل کلیدی موفقیت برنامه شش سیگما	رضوی ، سید حسین
رویکردی ایرانی برای شش سیگما	سقای ، عباس
جایگاه شش سیگما در برنامه ریزی استراتژیک	عاطفی ، محمد رضا
تلفیق کارت امتیازی متوازن و شش سیگما با مطالعه موردی در شرکت پلی اکریل ایران	کاظمی ، سید محمد
بهبود زنجیره تامین با رویکرد شش سیگما: روش شناختی پیشنهادی	مهديار، مهدی
تعامل بین مدل تعالی سازمانی (EFQM) و متدلوژی شش سیگما	نجمی ، منوچهر
کاربرد شش سیگما در خدمات	نورالسناء، رسول

متن کامل این مقالات همگی در لوح فشرده ی مجموعه مقالات پذیرفته شده ی کنگره موجود است، که می-توانید با دبیرخانه ی آن تماس گرفته و خواهان آن شوید. علاوه بر این، می-توانید، خواهان چاپ و دریافت کتابچه ی مجموعه مقالات کنفرانس گردید. آدرس دبیرخانه ۱: تهران - خیابان سید جمال الدین اسد آبادی - خیابان دوم - پلاک ۲۱ - برج آفاق - طبقه ۹ - واحد ۴۲؛ تلفن: ۵۰ - ۸۸۹۷۰۸۴۹، دورنگار: ۸۸۹۷۰۸۵۰. آدرس دبیرخانه ۲: تهران - سهروردی شمالی - چهارراه کیهان - خیابان میرزایی زینالی شرقی - پلاک ۶۴ - طبقه ۲؛ تلفن: ۲ - ۸۸۹۸۴۱۴۱، دورنگار: ۸۸۹۸۴۱۴۳. دبیرخانه ۳: اصفهان - خیابان چهار باغ عباسی - ابتدای خیابان سید علیخان؛ تلفکس: ۲۲۲۸۱۹۴، ۲ - ۲۳۰۷۵۲۱، ۲۲۰۵۹۳۹ - ۰۳۱۱.



هفدهمین کنگره‌ی جهانی مدیریت کیفیت فراگیر

هفدهمین کنگره‌ی مدیریت کیفیت فراگیر از تاریخ ۱۱ الی ۱۵ ژانویه‌ی ۲۰۰۷ م. مصادف با ۲۱ الی ۲۴ دی ماه ۱۳۸۵ (۴ شب و ۵ روز) در هتل شرایتون کلکته‌ی هندوستان با شعار تقویت ارزش آفرینی سازمان با دخیل نمودن شرکا و ذینفعان برگزار می‌گردد. البته، اصل کنگره‌ی روزهای ۱۲ تا ۱۴ ژانویه ۲۰۰۷ م. (۲۲ تا ۲۴ دی ماه ۱۳۸۵ ه.ش.) خواهد بود. در این کنگره به سازمان‌های برتر جایزه‌ی طاووس طلایی اهدا خواهد شد. این کنگره پذیرایی‌ها، گردش‌ها، سخنرانی‌ها و قسمت‌های دیگری دارد، که در مجموع هزینه‌ی کل شرکت در دوره برای هر نفر ۲۴۵۰۰۰۰۰ ریال می‌شود. آخرین مهلت ثبت نام ۲۵ آذر ماه ۱۳۸۵ می‌باشد. دبیرخانه‌ی ثبت نام در ایران همان دبیرخانه‌ی شماره‌ی ۱ و ۳ نامبرده شده در خبر اولین کنگره‌ی شش سیگمای ناب ایران است. برای کسب اطلاعات بیشتر به سایت ایرانی: www.qm-conference.com یا سایت خود همایش: www.qualitymillennium.com مراجعه نمایید. همچنین، می‌توانید، به پست الکترونیکی ایرانی: info@qm-conference.com پیام بفرستید.

*** **



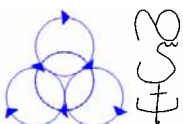
دومین کنفرانس لجستیک و زنجیره‌ی تأمین در تاریخ ۸ و ۹ آبان ماه امسال در سالن همایش‌های رازی تهران برگزار شد. دبیر این کنفرانس علمی - پژوهشی که در سطح بالایی برگزار شد، دکتر محمد رضا اکبری جوکار (عضو هیأت دانشگاه صنعتی شریف) و دبیر علمی آن نیز دکتر ابراهیم تیموری بود. حدود ۱۲۷ مقاله در بخش‌های پوستر و سخنرانی در این مقاله پذیرفته شده بودند. این کنفرانس را انجمن لجستیک ایران، که رییس آن وزیر بازرگانی است، برگزار کرد.

سه خبر دیگر در ارتباط با مدیریت

- اولین خبر آنکه چهارمین کنفرانس بین‌المللی مدیریت ۲۹ و ۳۰ آذر در سالن اجلاس سران (تهران) برگزار می‌شود.
- دوم، آنکه ۲۱ دی ماه امسال آخرین مهلت ارسال چکیده‌ی مقاله/تجربه‌ها برای اولین سمینار انتقال تجربه‌های مدیران کیفیت و تعالی سازمانی است.
- سوم آنکه در تاریخ ۲۵ و ۲۶ دی ماه امسال، کنفرانس بین‌المللی مدیریت فناوری اطلاعات و توسعه در سالن همایش‌های بین‌المللی هتل المپیک برگزار خواهد شد.

Delta Unicorn Electronic
 طراحی، نمونه‌سازی مدارات الکترونیک، کنترل و PLC
 مدیر بازرگانی: محمد رضا صیدی
 تلفن: ۱۶-۲۲۳۱۲۱۱۵ (۰۲۱)
 فکس: ۲۲۳۱۲۲۱۶ (۰۲۱)
 تلفن همراه: ۰۹۱۲-۲۹۳۹۸۳۶
 E-mail: Delta_Unicorn_Electronic@yahoo.com

دلتا یونیورن الکترونیک



جملات قصار برای یادگیری درس زندگی

مهندسی صنایع دریای است، به عمق يك متر!

؟

... زندگی مسأله‌ی در اختیار داشتن کارت‌های خوب نیست، بلکه، خوب بازی کردن با کارت‌های بد است.
نقل از نشریه‌ی همای سلامت، شماره‌ی دوازدهم، سال ۱۳۸۵
نگو: سعیم را می‌کنم، بگو: این شاء الله حتماً انجام می‌دهم.

حمید رضا دهنار صیدی
... رمز خوشبخت زیستن در آن نیست، که کاری را که دوست داریم، انجام دهیم، بلکه، در این است، که کاری را که انجام می‌دهیم، دوست داشته باشیم.

نقل از نشریه‌ی همای سلامت، شماره‌ی دوازدهم، سال ۱۳۸۵
... کتاب بهترین دوست انسان و پیروی کورکورانه بدترین دشمن وی است.
نقل از نشریه‌ی همای سلامت، شماره‌ی دوازدهم، سال ۱۳۸۵

بعداً می‌توانم مضطرب شوم، اما، حالا باید امتحان را بگذرانم.

؟

«یادگیری» در کتابخانه‌ها چرت می‌زند، اما، «اندیشه» همه‌جا با چشمان باز روی پنجره‌ها سرک می‌کشد.

جاش بیلینگز
یادگیری مختصر خطرناک است، اما، باید این خطر را به جان خرید، چون بزرگترین مغزهای ما گنجایش اندکی از دانش دارند.
جرج برنارد شاو
مشکل یادگیری از روی تجربه این است، که فارغ التحصیلی ندارد.

داوگ لارسون
یادگیری بدون تعقل، زحمت از دست رفته است و تعقل بدون یادگیری، جان به خطر انداخته.

کنفوسیوس
یادگیری، دوست نبوغ است، نه دشمن آن، هر که با روحیه‌ی مناسب مطالعه کند، به ندرت مجبور می‌شود، بیش از اندازه بخواند.

ویلیام گادوین
یادگیری، لذت دارد، اما، انجام کارهاست، که لذت را به اوج می‌رساند.

نوالیس
در دنیایی که مدام در حال تغییر است، هیچ رشته‌ی تحصیلی یا موضوعی برای یادگیری کفاف پیش بینی آینده را نمی‌دهد، چه رسد، به آنکه به درد باقیمانده‌ی زندگی بخورد. مهمترین مهارتی که باید بدست آورد، هنر یادگیری است.

جان ناپسیبت
یادگیری با خواندن کتاب بدست می‌آید، اما، از دانش دنیا آنچه برای یادگیری ضروری تر است، مطالعه‌ی انسانهاست.
لرد چستر فیلد
تحصیلات و هوش «معمولاً» مانع پولدار شدن هستند، برای پولدار شدن نیاز به زرنگی، جرأت و عملی کردن ایده‌های ساده است.

حمید رضا دهنار صیدی
چنانچه «هسته» نخست در دل خاک باید بشکافد، تا راز دلش در آفتاب عریان شود، شما نیز رنج «شکافتن» را باید تجربه کنید، تا به «شکفتن» در رسید.

جبران خلیل جبران
... قدرت، جاذبه‌ی مرد است و جاذبه، قدرت زن.

نقل از نشریه‌ی همای سلامت، شماره‌ی دوازدهم، سال ۱۳۸۵
آرام باش، توکل کن، تفکر کن و آستین‌ها را بالا بزن، خواهی دید، که خداوند زودتر دست به کار شده.

(امام علی (ع))

مسائل چالشی

۱ - از مجموعه‌ای با n عضو، یک زیر مجموعه‌ی غیر تهی به تصادف انتخاب می‌شود. فرض بر این است، که همه‌ی زیر مجموعه‌های غیر تهی شانس انتخاب یکسان دارند. اگر X نشان دهنده‌ی تعداد عضوهای زیر مجموعه‌ی انتخاب شده باشد، $E[X]$ ، $Var(X)$ و نیز ضریب تغییرات X برای مقادیر بزرگ n را بیابید.

۲ - کدامیک از این نمودارها یا تصاویر در مدیریت کیفیت و مباحث کیفی کاربرد دارند؟ (آ نمودار راداری، ب) نمودار تواتر، پ) نمودار شاخه‌ای (افشانه‌ای)، ت) SIPOC، ث) تصویر غنی و ج) DFD فیزیکی.

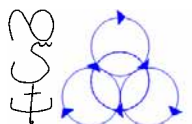
۳ - معمای کارت ویسون: ۴ کارت در زیر می‌بیند. هر کارت یک حرف روی یک طرف و یک شماره بر روی دیگر دارد. کمترین تعداد کارت‌هایی که شما باید برگردانید، تا این قاعده را که کارت‌های با حروف صدا دار بر روی یک طرف، دارای شماره‌ی زوج بر روی طرف دیگر هستند، بیازمایید، چند تا ست؟ آنها کدام‌ها یند؟

E

K

4

7

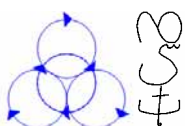


معرفی کتاب های روز مهندسی صنایع

در جدول زیر عنوان کتاب های لاتین مشهور مربوط به مهندسی صنایع - که در وب سایت C.H.I.P.S.¹ معرفی شده اند - نویسندگان اصلی و قیمتشان را می بینید. این سایت در زمینه های مجلات و کتابهای مختلف فوق-العاده فعال است.

TITLE/AUTHOR	PRICE
Aerobiological Engineering Handbook (Kowalski)	124.00
Design and Implementation of Intelligent Manufacturing Systems (Parsaei)	83.00
Electricity, Fluid Power and Mechanical Systems for Industrial Maintenance	115.00
Factory Operations: Planning and Instructional Methods (Crowson)	88.95
Finite Element Method: Applications in Solids, Structures, and Heat Transfer	98.95
Handbook of Industrial Mixing: Science and Practice, with CD-ROM	174.00
Handbook of Semiconductor Wafer Cleaning Technology (Kern)	159.00
Industrial Automation and Process Control (Stenerson)	108.00
Industrial Burners Handbook (Baukal)	278.95
Industrial Chemical Process Design w/CD-ROM (Erwin)	99.95
Industrial Electronics (Rehg and Sartori)	95.00
Industrial Electronics for Engineers, Chemists, and Technicians (Shanefield)	71.00
Industrial Refrigeration Handbook (Stoecker)	98.95
Integrated Logistics Support Handbook, 3rd edition (Jones)	89.00
Logistics of Facility Location and Allocation (Sule)	108.95
Maintainability Maintenance and Reliability for Engineers (Dhillon)	98.95
Manufacturing Processes for Technology, 2nd edition (Fellers)	83.00
Maynard's Industrial Engineering Handbook 5th edition (Zandin)	174.00
Modern Industrial Electronics, 5th edition (Maloney)	121.00
Practical Guide to Industrial Boiler Systems (Vandagriff)	148.95
Principles of Inventory and Materials Management, 4th edition (Tersine)	90.00
Process/Industrial Instruments and Controls Handbook (McMillan)	124.00
Product Design and Factory Development (Crowson)	88.95
Product Development and Design for Manufacturing, 2nd edition (Priest)	188.95
Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and	89.00
Reliability and Warranties: Methods for Product Development and Quality	88.95
<i>Prices subject to change - Prices are in U.S. Dollars</i>	

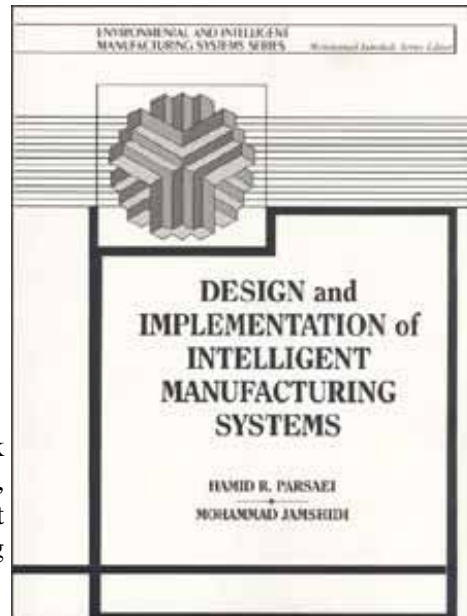
جالب است، که نویسندگان دوّمین کتاب جدول بالا ایرانی هستند. آن کتاب را حمید رضا پارسایی و محمّد جمشیدی تألیف کرده اند. در زیر معرفی لاتین این کتاب را می بینید. برای تهیه این کتاب ها از سایت مربوطه باید کارت اعتباری داشته باشید. البته، این کتاب ها در جاهای دیگر نیز ممکن است، پیدا شوند.



Design and Implementation of Intelligent Manufacturing Systems

by Hamid R. Parsaei and Mohammad Jamshidi

This advanced-level, interdisciplinary handbook draws together contributions from electrical, mechanical, and industrial engineers at the forefront of automation, control, and enhanced manufacturing processes.



Design and Implementation of Intelligent Manufacturing Systems explores such topics as:

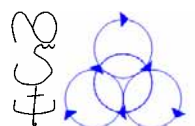
- components of intelligent knowledge-based systems
- geometric modeling and feature-based design
- automatic machine programming
- adaptive control
- machine learning
- intelligent material handling systems
- feature-based automated process planning
- object-oriented manufacturing databases
- fuzzy logic control of manufacturing systems
- intelligent scheduling and cost estimating systems
- knowledge-based systems for equipment selection
- knowledge-based systems for cell formation and machine layout

Contents

1. Work cell programming language for intelligent manufacturing systems
2. An intelligent system for automating the inspection of manufacturing parts
3. An intelligent hybrid system for synthesis and control of a metal forming process
4. Intelligent diagnostics in robotics and integrated manufacturing systems
5. Fuzzy logic controller for part routing
6. Fuzzy logic control as an industrial control language for embedded controllers
7. Using neural networks for the automatic monitoring and recognition of signals in manufacturing processes
8. Artificial neural network approach in modeling of EDM and wire-EDM processes
9. A knowledge based expert system for selection of industrial robots
10. A case based knowledge system to trouble shoot failures in a manufacturing environment
11. Partially overlapped systems: the scheduling problem
12. An object oriented approach to feature based process planning
13. Intelligent feature extraction for concurrent design and manufacturing
14. CAD in automatic machine programming
15. Fault diagnosis of large manufacturing processes

Index

• از: حمید رضا دهنار صیدی



Resource sequencing games

Hamid Reza Dehna Saïdy

Haredes@walla.com

M.Sc. excellent student of Industrial engineering (socio-economic systems engineering) in Azad-e-Islamy university (Oloom Va Tahghighat branch or unit), member of young researchers club, international system dynamics institute and Iran elites academy, owner of several papers in some journals and conferences



Abstract

In this paper I pay to the arrangement of resources in the material flow for minimizing time criteria. I don't represent or explain the mathematic formulas in here and I only introduce this new knowledge filed along side of job scheduling and sequencing. After short scanning of related sciences chronology and expressing research answer and its importance, I open the research problem and represent its different sides, fully. In addition, I introduce a new production and facility layout method, what I called it: *variable arrangement*. It is expressed the effect of variable arrangement and resource sequencing on the productivity and improving time criterion, specially when conditions vary and in result, objects vary, too. Then, I held-forth using of complement time criteria for sequencing and scheduling issue, especially about resource sequencing and finally, I showed effect of resource arrangement with and without job sequencing at achieving to better time criteria by numerical example.

واژگان کلیدی: پدیده؛ منبع؛ ترتیب گذاری و زمانبندی؛ چیدمان متغیر

۱ - مقدمه

محدودیت الزامی سیستم می-باشد، امّا، مواردی نیز وجود دارند، که در موردشان توالی الزامی وجود ندارد؛ به عنوان مثال: فرض کنید، که یک شابلن قرار است ساخته شود. بدین منظور بر روی یک ورقه باید تعدادی سوراخ به اقطار مختلف توسط چندین ماشین مته کاری - که به آنها مته هایی با اقطار مختلف وصل شده اند - ایجاد شوند. بدیهی است، که توالی یا چیدمان الزامی از پیش تعیین شده ای برای این ماشین ها وجود ندارد و بر اساس هدف زمانبندی می توان آنها را چید. چنین موضوعاتی مورد هدف مسأله ای این تحقیق می باشند. در واقع، سؤالی که در این مقاله به آن پرداخته می شود، آن است، که منابع کاری را به چه ترتیبی در کنار هم می توان چید، که زمان کار (عملیات) کمینه شود؟ از پیش فرض می کنم، منابع کاری، چیدمان و روابط از قبل تعیین شده (بر اساس معیارهای غیر زمانی) ندارند.

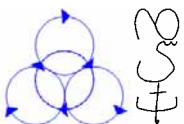
چیدمان منابع کاری مربوط به تعیین محل و یا توالی قرار گرفتن ماشین آلات یا بخش ها و کارگاه ها و

در تمام مسائل و دروس ترتیب گذاری و زمانبندی^۱ چنین فرض می-شود، که یک سری پدیده^۲ (کار یا وظیفه، قطعه یا مواد و مشتری یا ارباب رجوع) توسط یک مجموعه از منابع^۳ کاری (انسان ها، ماشین آلات و بخش ها) باید پردازش شوند، که زمان انجام عملیات بر روی هر پدیده توسط هر منبع و نیز توالی کارهای هر پدیده مشخص می باشند. به بیان ساده تر، منابع، محل و چیدمان ثابتی داشته و چیدمان و توالی پدیده ها را مشخص می کنند. امّا در این مقاله حالتی در نظر گرفته می شود، که در آن منابع توالی و چیدمان از قبل مشخص شده ای نداشته و قرار است، چیدمان آنها به روش زمانبندی بدست آید. البته، چنین کاری برای تمام مسائل زمانبندی امکان پذیر نیست و در بعضی از مدل های زمانبندی توالی منابع جزو

¹ Sequencing & Scheduling

² Job

³ Resources



کمینه سازی زمان ساخت یا دامنه عملیات (C_{max})^۴ می چید. از آن زمان به این سو، مدل‌های بسیاری برای چیدمان پدیده‌ها و زمانبندی منابعی که بر روی پدیده‌ها کار انجام می دهند، بوجود آمدند. البته، به احتمال قریب به یقین برای توالی منابع، مدل یا الگوریتم و یا قاعده ای ارائه نشده است، که یکی از دلایل عمده‌ی آن، این بوده است، که توالی عملیات و مدل‌های زمانبندی برای برنامه‌ریزی تولید کوتاه مدت ایجاد شده‌اند و در برنامه ریزی کوتاه مدت، فعالیتی تحت عنوان برنامه ریزی تولید و کنترل در سطح کارگاه وجود دارد، که در آن به موضوع مرتب کردن قطعات و مواد برای ورود به ماشین آلاتی که باید بر روی آنها کاری انجام دهند، پرداخته می شود، که بتوان زمانبندی اصلی تولید- (MPS) را در سطح کارگاه پیاده کرد، تا کارخانه با مشکل کمبود زمان تولید و به طور کلی میزان تولید در یک دوره میان مدت مواجه نشود.

در نتیجه، موضوع این مقاله - که دانش زمانبندی و ترتیب گذاری را به دانش جایابی تسهیلات پیوند می دهد - موضوع نوینی است، که برای اولین بار در جهان به صورت علمی ارائه می شود و لذا قصد ندارم، که در همان بار اول موضوع را با فرمول‌های پیچیده ریاضی پی بگیرم. در بخش بعد شرح واضحی داده می‌شود.

۲ - توصیف کالبد شکافانه‌ی مسأله

تمام انسان‌ها در تمام سازمان‌ها و بهم ریختگی‌ها^۵ در طول تاریخ بشریت به دنبال بهره‌وری بوده‌اند. بهره‌وری مفهومی کلی است، که به دنبال بهینه کردن و استفاده‌ی مؤثر از موجودیت‌هاست و یکی از همین موجودیت‌ها زمان است. علاوه بر آنکه استفاده‌ی مناسب از زمان باعث افزایش بهره‌وری (با افزایش خروجی و سود) می‌گردد، اجرای برنامه ریزی‌ها را نیز امکان پذیر می‌سازد. می‌دانید، که وقت محدود است و در همان مدت محدود معین باید به اهداف رسید. یک راه عملی کردن برنامه‌ها در زمان محدود، مدیریت زمان است و هدف آن برنامه ریزی برای انجام کارها و وظایف بر اساس اهمیت آنهاست. علاوه بر مدیریت زمان، دانش زمانبندی و ترتیب گذاری نیز ایجاد شده است، که هدف آن بهینه کردن یا مناسب کردن معیار زمانی مورد نظر توسط مرتب کردن پدیده‌ها است. دانش برنامه ریزی و کنترل پروژه نیز در کنار آنها سعی بر اجرایی کردن برنامه‌ها با حداقل زمان و منابع دارد.

از طرف دیگر، دانشی به نام جایابی و جانمایی (طرح استقرار) تسهیلات برای تعیین محل استقرار

یا افراد و چیزهایی که بر روی پدیده‌ها کاری انجام می دهند، در مسیر جریان مواد است. آن چیزی که در این مسیر جریان مواد سیر می کند و دچار تغییراتی می شود، پدیده یا قطعه نامیده می شود. در نتیجه، چیدمان منابع کاری مربوط به علم جایابی و طراحی جانمایی تسهیلات^۶ است. تجربه نشان داده که یک توالی خوب (چه از نظر فیزیکی و چه از نظر عملیاتی می تواند تا ۶۰٪ هزینه‌ها را کاهش دهد)^[۱]. مسأله‌ی طراحی استقرار تسهیلات- (FLP) در اصلی ترین شکلش به طور تحلیلی بر اساس مسأله‌ی تخصیص درجه دوم (QAP) فرمولبندی می‌شود - که آن نیز از نظر حل دشوار غیر چند جمله‌ای^۷ است (سختی و گونزالیس^۸، ۱۹۷۶) و برای بیش از ۱۵ بخش بطور محاسباتی غیر ممکن است (پرتوی و بورتون^۹، ۱۹۹۲) [2]. مسأله جانمایی به طور رسمی از اواخر دهه ۱۹۴۰ م. مورد مطالعه قرار گرفت و مسأله جانمایی تسهیلات به طور رسمی به عنوان یک حوزه علم تحقیقاتی دانشگاهی در اوایل دهه ۱۹۵۰ میلادی مورد مطالعه واقع شده است. اپل^{۱۰} (۱۹۷۷) یک فهرست از ترتیب زمانی وقوع تلاش‌های تحقیقی در دهه‌های ۱۹۴۰ و ۱۹۵۰ م. فراهم کرده است. مقالات بیشماری درباره این موضوع مورد تحقیق قرار گرفته اند؛ این در حالی است که سابقه طرح ریزی کارخانه، به سال ۱۷۰۰ میلادی باز می‌گردد.

از طرف دیگر زمانبندی منابع برای توالی پدیده‌ها به صورت جدی در آغاز قرن اخیر توسط کار هنری گانت^{۱۱} (۱۹۱۹-۱۸۶۱) و دیگر پیشگامان در ساخت^{۱۲} بروز نمود. به هر حال، سالیان زیادی طول کشید تا اولین انتشارات زمانبندی در ادبیات مهندسی صنایع و تحقیق در عملیات ظاهر شوند. برخی از انتشارات اولیه در نیول ریسیچ لاجیستیکز کواتلی^{۱۳} در اوایل دهه ۱۹۵۰ م. پدیدار شدند و نتایج کارهای و. ا. اسمیت، س. م. جانسون و ج. ر. جکسون^{۱۴} را شامل می شدند [3]. به نظر می‌رسد، که اولین مدل زمانبندی و ترتیب گذاری مربوط به الگوریتم یا قاعده جانسون است، که n پدیده را برای دو ماشین سری (در محیط گردش کاری^{۱۵} یا همان استقرار محصولی) برای

⁴ Facility layout & location

⁵ NP-hard

⁶ Sahni, Gonzalez

⁷ Burton

⁸ Apple

⁹ Henry Gantt

¹⁰ Manufacturing

¹¹ Naval Research Logistics Quarterly (فصلنامه آماذ)

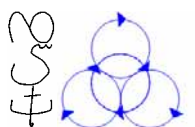
تحقیقی نیروی دریایی)

¹² W.E. Smith, S.M. Johnson & J.R. Jackson

¹³ Flow shop (کارگاه جریانی)

¹⁴ علانم و نام‌های Make-span، M، MK، زمان اشتغال ماشین، دوره ساخت و امثالهم نیز برایش بکار می‌رود. اغلب، منظور از آن همان F_{max} است.

¹⁵ disorganization



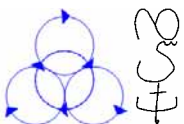
سیستم می تواند، از نوع گردش کاری (f)، تولید کارگاهی^{۱۶} (G) و یا ماشین های موازی (Pm) باشد. بدیهی است، که در حالت تولید کارگاهی یافتن جواب مناسب یا بهینه مشکل تر از حالات دیگر است. چه پدیده ها توالی یکسان داشته باشند (الگوی گردش کاری) و چه توالی متفاوت (الگوی تولید کارگاهی)، سیستم می تواند از نوع تولید کارگاهی باشد. شاید این سوال در اینجا مطرح شود که: در توالی یکسان پدیده ها چطور چنین چیزی ممکن است؟ در پاسخ، باید به يك روش نسبتاً جدید استقرار و تولید که در ذهن خود می پرورانم، اشاره داشته باشم. شاید چیزی از تسهیلات و ماشین های متحرک شنیده باشید. متخصصان طراحی کارخانه برای سهولت در جابجایی ماشین آلات جهت چیدمان مناسب آنها و در واقع، انتقال و جابجایی راحت آنها به این نتیجه رسیدند، که آنها را چرخدار کنند. امروزه، حتی اتاق ها و خانه های کوچک (کابکس) قابل جابجایی و حمل نیز ساخته شده اند، که هدف از این کار نیز ایجاد خانه های مقاوم در برابر زلزله، خانه های ارزان قیمت ارزان و ساده - که صاحب آن محل زندگی خود را به هر کجا بتواند کوچ دهد - بود. بخصوص کارگران و مسؤولین پروژه های عمرانی که برای مدتی- (مثلاً: ۲ سال) کمابیش در یکجا سکونت دارند و بعد از اتمام پروژه به جای دیگری می روند، نیاز به چنین مأمّن یا محل کارهایی دارند. امّا، این کاربرد منابع و تسهیلات چرخدار و قابل حرکت مد نظر اینجانب نیست. در واقع، اینجانب يك فلسفه ی تولیدی جدیدی را مطرح می کنم و آن يك چیدمان متغیر بر اساس اهداف تغییر کننده است. امّا تغییر برای چه؟ خصوصیت بارز خدمات و تولید و کلا زندگی امروزی سرعت است. از طرفی شرایط کار در هیچ دو روزی کاملاً یکسان نیست و پس از يك دوره مشخص تغییر اساسی می کند. امروز ممکن است، با تلنبار سفارشات مواجه باشیم و فردا دیگر هیچ تلنبار سفارشی بر اساس طراحی سیستم های اطلاعاتی مناسب، پیاده سازی روش های جدید و استفاده از ماشین آلات پیشرفته یا تغییر وضعیت مشتریان ایجاد نشود. آیا به تمام اهدافمان رسیده ایم و فقط باید سعی در حفظ وضع موجود داشته باشیم (یعنی: تعداد پدیده های دارای تأخیر را به صفر نزدیک کنیم)، یا نه؟ پاسخ آن است که: در دنیای دائماً تحول یابنده ی امروزی ثبات مساوی با نابودی است و رمز رقابت بهبود است. برای بهبود باید اهداف ترقی یابند و سازمان مذکور می تواند، هدف خود را بر کاهش زمان تولید یا خدمت رسانی و یا کمینه سازی زمان گردش کل پدیده ها در سیستم قرار دهد. البته، این اهداف نامبرده از باب نمونه ذکر شده اند و هر هدفی که برای سازمان مهم است، می تواند مد نظر قرار گیرد و صد البته، بدیهی است، که هدف یا اهداف جدید را می توان به هدف یا اهداف گذشته اضافه نیز نمود و

منابع ایجاد شده، که بر اساس جریان مواد، اهمیت ارتباط (نزدیکی) و مساحت تسهیلات، آنها را طوری می چیند، که فاصله شان کمینه شود و یا برگشت به عقب مواد یا پدیده ها نیز به حداقل برسد. در این چیدمان، مختصات منابع مشخص می شوند و این چیدمان ها احتمالاً باعث کاهش زمان سفر پدیده ها نیز می گردد، ولی هدف اصلی آن کاهش زمان سفر نیست. از این دانش، شاخه ی جدیدی تحت عنوان بازی جابجایی تسهیلات منشعب شده است، که با استقرار های معین مختلف (مثلثی، دایره ای، خطی و ...) می آزماید، که آیا تسهیلات جدیدی به مشتری یا مشتریان تخصیص داده شود، یا خیر. در این مورد هدف، کمینه سازی هزینه است. طراح با انتخاب های متنوع در برابر مشتریان و سیستم حاکمه بازی می کند.

امّا، در عمل نمی توان تسهیلات و منابع را به هر شکل و در هر جایی چید. برای مثال ممکن است، مختصات بدست آمده، بسیار نزدیک به يك منبع دیگر یا حتی دیوار باشد، که از نظر خواص و محدودیت های فنی حداقل یکی از آنها چنین نزدیکی غیر ممکن باشد، یا ممکن است بر اساس مختصات بدست آمده بخشی از منبع از محوطه خارج افتد، که چنین استقرار غیر ممکن است، یا ممکن است محل استقرار دو وسیله در يك مکان بدست آید، که باز هم ناممکن است. بخصوص در زمینه استقرار بخش ها، ممکن است شکل هایی نا معقول از نظر ابعاد و زیبایی و انعطاف پذیری حاصل شوند. همانطور که می دانید، حتی کمترین تغییرات در استقرار بهینه ممکن است آن را تا حد زیادی از جواب بهینه دور سازد و لذا نمی توان مطمئن بود، که با کمترین تغییرات ممکن که طرح استقرار را امکان پذیر ساخته، به جواب مناسبی رسیده ایم. همچنین حل مدل برنامه ریزی غیر خطی در حالتی که فضای جواب يك مستطیل، مربع و یا امثالهم است، که از نقاط خاصی از آن اشکالی (به شکل دایره، مربع، مستطیل، بیضی، دوزنقه و یا غیره) حذف شده است، به خصوص در مواردی که تعداد منابع زیاد است، غیر ممکن می باشد. بعلاوه، چیدمان های از قبل مشخص شده ی خاص (مثل: ستاره ای و ...) نیز ممکن است، عملاً شدنی نباشد و از طرفی محاسبه هزینه ی کامل دقیق بر اساس استقرار کار بسیار سختی است.

بر اساس طراحی فرآیند و عملیات، خط جریان مواد به طور نسبی حاصل می شود و از روی آن می توان طرح استقرار کلی منابع را یافت؛ یعنی: منابع در نقاط خاصی از مسیر جریان مواد باید مستقر شوند. بر مبنای فرآیند و خدمات سازمان مشخص می شود، که برخی از این منابع دقیقاً در کدامیک از آن نقاط خاص باید مستقر شوند و برای بعضی دیگر نه. يك راه مستقر کردن این منابع چیده نشده، مرتب کردن آنها بر اساس معیار های زمانی است. این مرتب کردن و زمانبندی منابع را در کنار ترتیب گذاری پدیده ها می توان بکار برد. الگوی مسیر یا گردش پدیده ها در

¹⁶ Job shop



کاهش طول نوبت کار^{۱۸} می‌گردد و نتیجه محور می‌باشد. مجموع زمان عملیات تمام منابع را با A نشان می‌دهم.

۴ - مثال شاهد از تأثیر ترتیب گذاری منابع

فرض کنید، ۳ قطعه داریم، که همگی آنها باید به ترتیب از سه ماشین M_1 ، M_2 و M_3 عبور کرده و پردازش شوند. جدول زمان عملیات را در زیر می‌بینید.

جدول ۱ - ماتریس زمان عملیات مثال فرضی

J_i	t_{ij}		
	M_1	M_2	M_3
1	4	6	1
2	1	-	2
3	-	5	3

آنگاه ترتیب بهینه ی پدیده ها از نظر هر ۳ معیار C_{max} و $A + C_{max}$ به صورت زیر خواهد بود:
 $J < 2 - 1 - 3 >$
 مقادیر معیارهای فوق با این توالی بهینه به ترتیب برابر با ۳۵، ۱۴ و ۴۹ خواهند شد. البته، از نظر C_{max} توالی بهینه ی $J < 1 - 3 - 2 >$ نیز وجود دارد.
 حال فرض کنید، توالی پدیده‌ها همان ترتیب بهینه ی $J < 2 - 1 - 3 >$ باشد و بخواهیم توالی بهینه ی ثابت منابع را برای ایجاد محیط گردش کاری بیابیم. آنگاه توالی بهینه ی منابع از نظر معیار A به صورت زیر بدست می‌آید ($A = 31$):

$$M < 1 - 3 - 2 >, M < 3 - 1 - 2 >$$

توالی بهینه ی منابع از نظر معیار C_{max} به صورت زیر خواهد شد ($C_{max} = 14$):
 $M < 2 - 1 - 3 >, M < 2 - 3 - 1 >, M < 3 - 2 - 1 >$
 و اما، توالی بهینه از نظر معیار $A + C_{max}$ به صورت ذیل خواهد بود ($A + C_{max} = 47$):
 $M < 3 - 2 - 1 >$

همانطور که می‌بینید، با تغییر چیدمان منابع می‌توان مقدار هر یک از این سه معیار را بهبود بخشید. بخصوص ترتیب آخر، مقدار یکی از معیارها را حفظ و مقدار یکی دیگر را ۲ واحد کاهش می‌دهد. لذا، چیدمان منابع می‌تواند مؤثر باشد.

حال، اگر بتوان هر دوی پدیده ها و منابع را بر اساس الگوی گردش کاری چید، نتیجه به صورت جدول ۲ خواهد بود.

با هدفی پیچیده‌تر و دقیق‌تر به بازی پرداخت. همانطور که متوجه شدید، معیارهای زمانی می‌توانند اهداف کاربردی، مهم و حیاتی باشند. اگر اهداف یک سطح بالای از پیش تعیین شده باشند، با چیدن مناسب پدیده ها نمی‌توان به آنها دست یافت و چیدن مناسب منابع نیز لازم به نظر می‌رسد و یا اجرای این کار ما را به ویرانی هدف و بهره‌وری بالاتر نائل می‌سازد. اما، چیدمان ثابت منابع با وجود اهداف متغیر سازگار نیست. در نتیجه، چیدمان آنها باید متغیر باشد. البته، این تغییر اجرای تولید کارگاهی را - که با توجه به تنوع محصولات و خدمات بعضی از شرکت‌ها ضروری است - امکان پذیر می‌سازد و بهره‌وری زمانی را نیز ترقی می‌دهد. در نتیجه، هدف اینجانب از بیان چیدمان متغیر عملی کردن اهداف متغیر و دسترسی به مطلوبترین سطح معیار زمانی مورد نظر است. اگر بخواهیم به «تولید کارگاهی» با بالاترین سطح بهره‌وری زمانی دستیابیم، باید در هر لحظه امکان جابجایی منابع وجود داشته باشد، حال چه تسهیلات چرخدار باشند و چه نباشند؛ مثلاً: فردی که مسؤول اجرای یک وظیفه‌ی خدماتی است و وظایفش به صورت گفتگو با مشتری و یا امضا دادن به اوست و کارهای مشتریان و محل استقرارشان نیز متفاوت است، می‌تواند خود در محل اجرای عملیات (وظیفه) حاضر شود. بعلاوه، خیلی وقتها تغییر محل منابع ساده تر از تغییر محل پدیده‌هاست. (مثلاً: استقرار محل ثابت^{۱۷}). توجه داشته باشید، که اگر پدیده‌ها چیدمان و الگوی مسیر یکسانی بپذیرند، تنها راه ایجاد الگوی حرکت از نوع تولید کارگاهی چیدمان متغیر منابع است. حالت کاملی که در زمانبندی و ترتیب گذاری قابل بحث و طراحی است، چیدمان پدیده‌ها به همراه چیدمان متغیر منابع است.

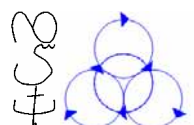
۳ - معیارهای زمانی

حتماً با معیارهای زمانی مطروحه در زمانبندی و ترتیب گذاری (توالی یابی) آشنا هستید. آن معیارها - که بر اساس مرتب کردن پدیده‌ها بودند - همگی در اینجا نیز قابل طرح هستند. البته، بجاست که معیارهای متمم آنها نیز مطرح شوند؛ یعنی: بجای طرح متوسط زمان گردش پدیده‌ها در سیستم، معیار متوسط زمان انجام کار هر منبع در سیستم را می‌توان مطرح نمود؛ بجای تعداد پدیده‌های دارای تأخیر، تعداد منابع دارای تأخیر را می‌توان مطرح کرد و به همین صورت به معیارهای دیگری نیز دست یافت. البته، مقدار متمم بعضی از معیارها با خودشان برابر می‌شود؛ مثلاً: متمم C_{max} همواره برابر با C_{max} است.

معیار متوسط زمان کار هر منبع در سیستم و یا معادل آن، مجموع زمان عملیات تمام منابع معیار مورد علاقه‌ی اینجانب است؛ چرا که کمینه سازی آن باعث

¹⁸ shift

¹⁷ fixed site



- [2] Aleisa, Eras E. & Li Lin (2005), "FOR EFFECTIVE FACILITIES PLANNING: LAYOUT OPTIMIZATION THEN SIMULATION, OR VICE VERSA?", Simulation Conference, winter, 1381.
- [3] Pinedo, Michael (1994), "Sequencing and scheduling", Integre Technical Publishing Co., New York, First Edition, xi.

جدول ۲ - نتایج چیدمان توأم منابع و پدیده ها

مقدار معیار مورد نظر	توالی بهینه ی پدیده ها	توالی بهینه ی منابع	معیار مورد نظر
۲۵	<3-2-1>	<1-3-2>	A
۱۲	<2-1-3>, <3-2-1>	<1-2-3>	C_{max}
	<1-2-3>, <1-3-2>	<3-2-1>	
۳۹	<3-2-1>	<1-3-2>	A + C_{max}

همانطور که می بینید، در این حالت باز هم هر سه معیار را می توان بهبود داد. از طرفی، با چیدمانی به صورت $M<1-3-2>$ و $J<3-2-1>$ می توان معیارهای اول و سوم را نسبت به حالات قبل بهبود و معیار دوم، C_{max} ، را نیز در همان اندازه ی توالی بهینه ی حالات قبل حفظ نمود.

این نتایج بیانگر آن است، که برای رسیدن به اهداف آرمانی باید منابع و پدیده ها، هر دو، را چید. البته، این مثال ها را به حالت چیدمان متغیر منابع بسط ندادم و به همین مقدار بسنده کردم. در چیدمان متغیر منابع، به ازای هر پدیده یک چیدمان خاصی حاصل می گردد. قطعاً با چیدمان متغیر پدیده ها (محیط تولید کارگاهی) به اهداف زمانی مطلوب تری نیز می توان دست یافت.

در اینجا، الگوریتمی برای چیدمان همزمان پدیده ها ارائه نمی دهم، چون هدفم طرح این دانش بود و نه الگوریتم.

۵ - نتیجه گیری

در این مقاله کوشیدم، دانش جدیدی را معرفی کنم، که تکمیل گر دانش زمانبندی و ترتیب گذاری [پدیده ها] می باشد و از طرفی آن را به دانش جایابی و جانمایی تسهیلات پیوند می دهد و آن، دانش زمانبندی و ترتیب گذاری منابع است.

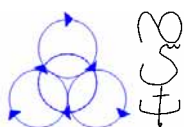
تبیین نمودم، که این دانش برای دستیابی به سطوح بالاتر بهره وری زمانی مورد نیاز است و برای تغییر اهداف زمانی سازمان بکار می آید.

علاوه بر موارد فوق، چیدمان متغیر منابع را نیز به عنوان فلسفه ی جدید تولید و جانمایی تسهیلات مطرح نمودم.

سر آخر، معیارهای جدیدی را نیز برای مسائل ترتیب گذاری معرفی نمودم، که می توانند پُر کاربرد باشند. مثال عددی ارائه شده در بخش ۴ بخوبی تأثیر مثبت چیدمان منابع بخصوص به همراه چیدمان پدیده ها را در جهت بهبود مقدار معیارهای زمانی معلوم ساخته است.

مراجع

- [۱] سید حسینی، سید محمد (۱۳۸۰)، «طراحی کارخانه»، انتشارات سمت، تهران، ۶-۱۵.



The Six-Sigma approach in Iran



عباس سفایی

abbas@thqi.org

دکترای مهندسی صنایع از دانشگاه علم و صنعت ایران، استادیار دانشگاه علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی (عضو هیأت علمی واحد تهران علوم و تحقیقات)، عضو هیأت مؤسس و نایب رییس انجمن مدیریت کیفیت ایران، عضو ارشد جامعه کیفیت آمریکا (ASQ)، عضو انجمن شش سیگمای آمریکا، مؤلف پنج کتاب و ده ها مقاله در زمینه کیفیت، مدرس و مشاور حوزه های مختلف کیفیت در سازمان های بزرگ صنعتی، خدماتی و دولتی ایرانی، دارای مدارک کمر بند سیاه ارشد شش سیگما، مهندسی کیفیت و مهندسی قابلیت اطمینان از جامعه ی کیفیت آمریکا - (ASQ)

یاسر صمیمی

samimi@mail.iust.ac.ir

دانشجوی دکترای صنایع دانشگاه خواجه نصیر الدین طوسی

چکیده

در این مقاله بر اساس تجربیات حاصله از انجام بیش از ۳۰۰ پروژه ی شش سیگما در سازمان های ایرانی اعم از تولیدی و خدماتی، پیشنهاداتی برای اجرای اثر بخش رویکرد بهبود شش سیگما با در نظر گرفتن شرایط منحصر بفرد سازمان های ایرانی ارائه شده است. این مقاله سعی دارد، تا مدیران و کارشناسان شش سیگما را از موانع بازدارنده و فرصت های توسعه ی شش سیگما در ایران آگاه سازد. موضوعاتی که در این مقاله مورد بررسی قرار گرفته است، طیف متنوعی از نکات را در بر گرفته است، که می توان به محاسبات آماری سطح سیگما، بررسی زیر ساخت های شش سیگما، نقش مدیریت در شش سیگما و در نهایت اعمال اصلاحات تکمیلی بر متدولوژی DMAIC اشاره نمود.

واژگان کلیدی: شش سیگما؛ DMAIC؛ سطح سیگما؛ ذینفعان

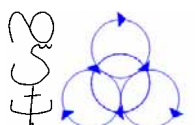
۱ - مقدمه

انواع پروژه های شش سیگما در ایران به انجام رسیده است، که از نتایج آن می توان به کاهش ضایعات، کاهش هزینه های اجرایی و افزایش سرعت، کاهش موجودی، افزایش رضایت مشتری، و حتی افزایش ایمنی نیز اشاره نمود [۱].

در ایران شش سیگما بطور عمده برای حل تعداد اندکی از مسائل کلیدی سازمان بکار برده می شود و غالباً حجم پروژه های حل شده در یک سازمان بسیار ناچیز است. عدم درک و حمایت جدی مدیران ارشد یکی از مهمترین ضعف های شش سیگما در ایران است. مشاهده دستاوردهای ارزشمند رویکردها و ابزارهای بهبود در کشورهای توسعه یافته، همواره عاملی اغوا کننده برای سازمان های ایرانی پیشرو در جهت پیاده سازی سریع و بدون مناسب سازی آن رویکرد یا ابزار

پس از ابداع و توسعه ی شش سیگما توسط مهندسين شرکت موتورولا، بیل اسمیت و مایکل هری^۱ که منجر به دریافت اولین جایزه ی ملی کیفیت آمریکا برای این شرکت گردید، تقریباً با تاخیر زمانی بیست ساله، از اواخر دهه ۷۰ شمسی بکارگیری این رویکرد در ایران نیز شروع شد. در ابتدا، شش سیگما با تعداد بسیار اندکی از پروژه ها در صنایع خودروسازی و الکترونیک آغاز گردید. بنا به یک تخمین تقریبی، اکنون در ایران کمتر از ۲۰۰۰ کمر بند سبز وجود داشته و حدود ۱۰۰۰ پروژه ی شش سیگما اجرا شده است. همچنین از نظر دستاوردهای حاصله، طیف وسیعی از

¹ Bill Smith & Michael J. Harry

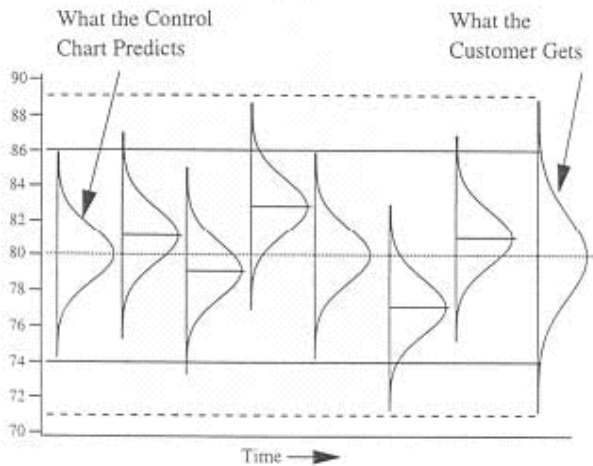


نمودارهای کنترل برای پایش فرآیند بهره می گیرد، احتمال کشف تغییرات کوچکتر از ۱/۵ انحراف معیار کم است. برای مثال چنانچه اندازه نمونه‌ای که هر بار برای محاسبه میانگین مورد استفاده قرار می گیرد، برابر با ۴ بوده و شیفت در میانگین فرآیند برابر با ۱/۵ برابر انحراف معیار باشد احتمال تشخیص تغییر در اولین نمونه بعد از تغییر تنها برابر با ۵۰٪ است. چنانچه میانگین و انحراف معیار فرآیند معلوم باشد، با توجه به احتمال کشف ۵۰٪ برای تغییر در میانگین به اندازه‌ی ۱/۵ برابر سیگمای فرآیند، سطح سیگما با استفاده از رابطه‌ی (۱) قابل محاسبه است:

$$Z_{LT} = Z_{ST} + 1/5 \quad (1)$$

بطوریکه:

$$Z_{LT} = \text{Max} (IUSL - \mu, ILSL - \mu) / \sigma \quad (2)$$



شکل ۱ - ضرورت محاسبه‌ی سطح سیگما با در نظر گرفتن تغییر پذیری بلند مدت فرآیند

تجربیات متعدد نشان می دهد، در سازمان‌های ایرانی علیرغم ابراز تمایل فراوان به بهره گیری از ابزارهای کنترل کیفیت آماری، متأسفانه در اجرا بطور مؤثر از ابزارهای کنترل فرآیند آماری و بویژه نمودارهای کنترل استفاده نشده است. عدم بهره گیری از نمودارهای کنترل و تکیه بر توانایی خبرگان فرآیند یا قضاوت شخصی بازرسان برای شناسایی تغییرات در مقادیر فرآیند، موجب کاهش قدرت کشف شیفت در فرآیند خواهد شد. اگر در بهترین شرایط، قدرت تشخیص بصری کارشناس فرآیند را معادل یک نمودار کنترل مشاهدات انفرادی در نظر بگیریم، او قادر خواهد بود، شیفتی به اندازه ۳ انحراف معیار در میانگین فرآیند را با احتمال ۵۰٪ در اولین نمونه‌ی بعد از شیفت تشخیص دهد. این موضوع با کمک نمودار مشخصه‌ی عملکرد که در شکل ذیل نمایش داده شده است نیز قابل بررسی است.

بوده است. ویژگیهای منحصر بفرد سازمانهای ایرانی که منبعت از شرایط اقتصادی، فرهنگی و اجتماعی خاص کشور ما است سبب شده تا برای بکارگیری رویکرد شش سیگما در سازمان‌های ایرانی، در نظر گرفتن ملاحظات خاصی گریز ناپذیر باشد.

در این مقاله سعی شده است، تا ضمن بیان نقاط ضعف اصلی بکارگیری رویکرد شش سیگما در ایران، راهکارهای مناسب برای ایجاد انطباق این رویکرد مؤثر حل مسأله بر شرایط سازمان‌های ایرانی ارائه گردد. بنابراین در قسمت دوم از مقاله، هر یک از نقاط ضعف مذکور به صورت مجزا تشریح گردیده و بر اساس سوابق و تجربیات حاصل از اجرای شش سیگما در ایران به بیان موارد بهبود فرآیند اجرای شش سیگما پرداخته خواهد شد. بخش سوم، به جمع بندی و نتیجه گیری از مباحث و بررسی‌ها اختصاص یافته است.

۲ - نکات کلیدی برای بکارگیری شش سیگما در ایران

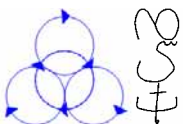
در این قسمت در خصوص بکارگیری رویکرد بهبود شش سیگما و متدولوژی آن، DMAIC، به گونه ای که بر شرایط یک سازمان ایرانی منطبق باشد بحث و بررسی خواهد شد. برای این منظور ضمن بیان کاستیهای روش‌های مرسوم پیاده سازی شش سیگما برای انجام بهبود در یک سازمان ایرانی ۹ پیشنهاد به تفکیک برای استفاده مؤثر از این رویکرد ارائه شده است

۲ - ۱ - محاسبه سطح سیگما

شش سیگما فرآیندی است که به کمک مجموعه‌ای از ابزارهای آماری و مفاهیم کیفیت سعی در حل مسائل سازمان دارد و دستیابی به ۳/۴ نقص در یک میلیون فرصت را هدف خود می داند. شش سیگما برای بهبود کیفیت فرآیند یا محصول بر کاهش تغییر پذیری تأکید دارد. یکی از مهمترین شاخص‌هایی که در رویکرد شش سیگما مورد توجه قرار می گیرد سطح سیگما است. در واقع سطح سیگما شاخصی آماری است که فاصله فرآیند مورد نظر را تا کلاس جهانی نشان می دهد و با اندازه تغییر پذیری فرآیند رابطه معکوس دارد. به هر میزانی که سطح سیگما ارتقاء یابد، نشان دهنده آن است، که تعداد خطاها نیز کاهش یافته است. تغییر پذیری فرآیند از مجموع دو جزء تغییرات کوتاه مدت^۲ و تغییرات بلند مدت^۳ محاسبه می شود. تغییرات کوتاه مدت بیانگر تغییرات مشخص کیفی در یک مقطع زمانی کوتاه مدت مشخص می باشد؛ اما، تغییرات بلند مدت تغییرات مشخص را در طول زمان نمایش می دهد. در فرآیندهایی که بطور معمول از

² Short term variability

³ Long term variability



۲ - ۲ - تمرکز صرف بر کاهش هزینه، عدم توجه به نیازهای واقعی مشتریان و نیاز به تعریف مسأله بر پایه تحلیل ذینفعان

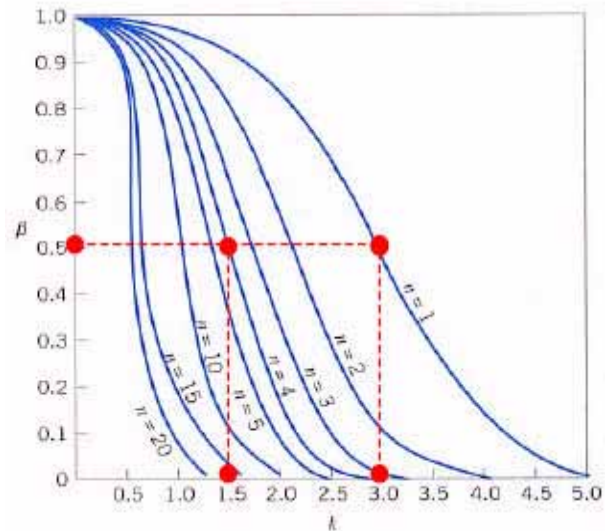
گرینا^۴، سه هدف اصلی از بکارگیری شش سیگما را افزایش رضایت مشتری، کاهش زمان انجام فعالیت و کاهش تعداد نقص‌ها می‌داند [3]. ژوران و گادفری^۵ شش سیگما را یک فلسفه بهبود کیفیت معرفی نموده‌اند، که بر اساس تأمین نیازمندی‌های مشتریان و کاهش اتلاف^۶ بنیان نهاده شده است [4]. کاهش ضایعات به معنای هزینه کمتر و تأمین خواسته‌های مشتری به معنای افزایش وفاداری مشتریان است [4]. اگر چه ندای مشتری بعنوان یکی از منابع تعریف مسئله در شش سیگما در نظر گرفته شده است [5]، بررسی‌ها نشان می‌دهد، در مجموع درصد بسیار اندکی از پروژه‌های شش سیگما به افزایش رضایت مشتری منجر شده است و در عوض هدف اصلی اغلب پروژه‌ها بر کاهش هزینه‌های فرایند - های سازمان و ارتقاء کارایی در صرف منابع داخلی متمرکز بوده است [6]. به عبارت دیگر به مرور زمان، خصوصیت جذاب نتیجه‌گرایی در رویکرد شش سیگما، در راستای تأمین انتظارات کسب و کار^۷ هدایت شده است. عدم توجه به خواسته‌های حقیقی ذینفعان در تعریف مسأله مناسب تهدیدی جدی در جهت دوری از آرمان‌های اصولی شش سیگما محسوب می‌شود.

ماتریس خواسته‌های کلیدی ذینفعان که بر مبنای الگوگیری از ماتریس ژوران و گادفری در شکل ۳ ملاحظه می‌شود ابزار مناسبی است، که برای شناسایی انتظارات کلیدی ذینفعان بکار برده می‌شود. بطور مرسوم درخت تحلیل عوامل بحرانی برای کیفیت جهت ترجمه خواسته‌های ذینفع به مشخصه‌های کیفی محصول یا خدمت قابل بکارگیری است. برای سازمانی که دارای m ذینفع و n خواسته مختلف است، درجه اهمیت خواسته j ام برای ذینفع i ام بصورت ذیل محاسبه می‌شود:

$$D_j = \sum_{i=1}^m I_i \times R_{ij}; j = 1, \dots, n \quad (3)$$

بطوریکه R_{ij} ، نشاندهنده مولفه موجود در محل تقاطع سطر i و ستون j است و I_i بیانگر میزان اهمیت ذینفع i است.

از آنجا که توجه به خواسته‌های ذینفعان، برای تعریف مسأله مناسب، همواره مورد توجه کارشناسان شش سیگما قرار داشته باشد، پیشنهاد می‌شود، تا واژه DMAIC به صورت <DMAIC> نگارش شود. علامت < برای تأکید بر لزوم جهت‌گیری پروژه بر خواسته‌های کلیدی ذینفعان اضافه شده است.



شکل ۲ - منحنی مشخصه‌ی عملکرد برای نمودار کنترل میانگین فرایند [۲]

جدول ۱، بر اساس معیار تعداد نقص در میلیون فرصت، نتایج مقایسه دو فرایند را که مطابق توضیحات فوق در یکی از نمودار کنترل استفاده می‌شود اما دیگری از نمودار کنترل استفاده نمی‌کند، ارائه کرده است.

جدول ۱ - مقایسه دو فرایند به لحاظ تعداد نقص در میلیون فرصت

Sigma Level	DPMO with Control Chart	DPMO without Control Chart
1	697672	977282
1.5	501350	933196
2	308770	841345
2.5	158687	691462
3	66811	500000
3.5	22750	308538
4	6210	158655
4.5	1350	66807
5	233	22750
5.5	32	6210
6	3.4	1350
6.5	0.3	233
7	0.02	32
7.5	0.001	3.4

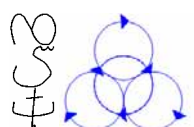
همانطور که مشاهده می‌شود در صورتی که جهت پایش فرایند به جای نمودار کنترل بر توانایی بصری کارشناس فرایند در کشف تغییرات فرایند تکیه شود برای دستیابی به سطح شش سیگمای اصطلاح؛ یعنی: تنها ۳/۴ نقص در میلیون لازم است تا به سطح سیگمای ۷/۵ نائل شویم. به بیان دیگر برای محاسبه سطح سیگما در فرایند دوم از رابطه $Z_{ST} = Z_{LT} + 3$ استفاده خواهد شد.

⁴ Gryna

⁵ Juran & Godfrey

⁶ Waste

⁷ Voice of Business



مسائلی هستند، که بتوان با شش سیگما حل نمود. اگر سازمان جایگاهی را برای دو گونه مسأله‌ی دیگر (جواب معلوم و کایزنی) تعریف ننموده باشد، احتمال رخداد دو اشتباه اشاره شده در ذیل وجود دارد:

الف - ممکن است برخی از کارشناسان و مدیران سازمان سعی کنند مسائل دیگر (جواب معلوم و کایزنی) را بعنوان مسائل شش سیگما معرفی کنند. در این حالت تلاش و هزینه زیادی برای تحلیل و حل يك مسأله ساده صورت می پذیرد.

ب - از آنجا که تنها تمرکز بر استفاده از شش سیگما برای حل کلیه‌ی مسائل سازمان وجود دارد، ممکن است، مسائل با ارزشی وجود داشته باشند، که با تکنیک‌های ساده و بدون تحلیل قابل حل بوده و ما آنها را فراموش کرده باشیم.

مناسبت‌ترین راه حل آنست که با تأکید بر بکارگیری روش‌های بهبود، در کنار شش سیگما، رویکردهای دیگر همچون کایزن مورد استفاده قرار گرفته و مسائل، به تناسب نوع مسأله در حوزه‌ی مربوطه مورد بررسی قرار گیرد.

۲ - ۴ - متناسب سازی متدولوژی DMAIC بر اساس نوع مسأله

روند حرکت پروژه های شش سیگما در دنیا نشان می دهد که لازم است، برای مسائل متفاوت از متدولوژیهای خاصی استفاده شود. به عنوان مثال: می- توان به متدولوژی DMAIE¹⁰ و DMADO¹¹ برای بهبود و طراحی در پروژه های خدماتی و ستادی و یا متدولوژی های مشخصی که برای مسائل مالی و یا مسائل فروش و بازاریابی طراحی شده اند، اشاره نمود. [7]سوابق پروژه‌های شش سیگما در ایران نشان می دهد، که بسیاری از کاربرد پروژه های شش سیگما در ایران بروی مسائل کاهش زمان¹² و کاهش هزینه¹³ های محصول و یا هزینه‌های ستادی است [۸]. بنظر می-رسد، لازم است، تا بسته به نیاز مسائل موجود در ایران، متدولوژی DMAIC اصلاح و یا تکمیل شود. لذا تدوین زیر شاخه‌هایی از متدولوژی حل مسأله - (DMAIC) به جهت حل مسائل کاهش هزینه و کاهش زمان حیاتی به نظر می رسد. از سوی دیگر، هم اکنون بدلیل تسلط بر مسائل کاهش عیوب¹⁴ سعی می شود، تا فقط مسائل مرتبط با کاهش عیوب شناسایی شده و مورد تحلیل قرار گیرد و این باعث محدود شدن عملکرد متدولوژی DMAIC می گردد.

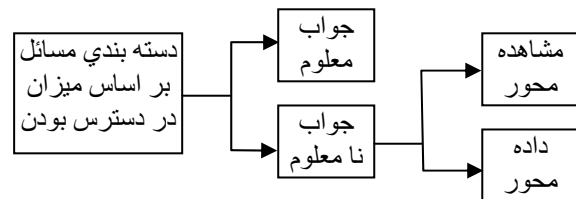
لازم به ذکر است، که برخی از سازمان‌های ایرانی به گونه‌ای اثربخش با پیاده سازی برنامه ریزی راهبردی، اهداف کلان خویش را بر مبنای خواسته های حقیقی ذینفعان تعریف نموده‌اند. در چنین سازمان هایی لازمست مسائل شش سیگما در راستای اهداف استراتژیک سازمان تعریف و طراحی شود[10].

	Stakeholders' Needs				اهمیت (۱-۵)	علائم و اختصارات ● Very Strong ○ Strong ◇ Weak
	○	◇				
Stakeholders		○		●		۱: اهمیت پایین ۵: اهمیت بالا
		●		◇		
			○	◇		

شکل ۳ - ماتریس ذینفعان

۲ - ۳ - سعی نکنید تا همه مشکلات را با عینک شش سیگما شناسایی کنید

پایه و اساس شش سیگما، حل مستمر مسائل کلیدی سازمان است. همانطور که در شکل ۴ نیز نشان داده شده است، مسائل را می توان بطور کلی به دو دسته اصلی جواب معلوم^۸ و جواب نامعلوم^۹ دسته بندی نمود.



شکل ۴ - دسته بندی مسائل سازمانی و تعیین حوزه‌ی مرتبط به هر يك

مسائل جواب معلوم با پشتیبانی و حمایت مدیر سازمان و با انجام يك اقدام اجرایی مشخص قابل حل هستند. اصولاً هدف اصلی شش سیگما حل مسائلی است، که ذاتاً میزان دسترس بودن جواب ریشه‌ی اصلی آنها مشخص نبوده و نیاز به انجام تحلیل‌های داده محور دارد. البته، باید توجه نمود، که برخی دیگر از مسائل جواب نامعلوم هستند، که به کمک تکنیکهای ساده تر همچون طوفان فکری، 5M، نمودار علت و معلول و سایر ابزارهای مشابه قابل حل می باشند. این نوع مسائل که اغلب مسائل کایزنی (مشاهده محور) نامیده می شوند، نیاز به متدولوژی شش سیگما ندارند. با توجه به این دسته بندی در اغلب پروژه های شش سیگما کارشناسان و مشاوران فقط به دنبال یافتن

¹⁰ Define-Measure-Analyze-Innovation-Embed

¹¹ Define-Measure-Analyze-Design-Optimize

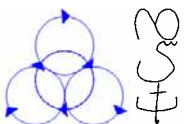
¹² Time reduction

¹³ Cost reduction

¹⁴ Defect reduction

⁸ Solution-known

⁹ Solution-unknown



نشان دهیم، تا بدینوسیله اهمیت دو مرحله اندازه‌گیری و تحلیل، همواره مورد توجه کارشناسان شش سیگما قرار گیرد.

۲ - ۷ - تقویت ابزارهای مورد استفاده در جعبه ابزار شش سیگما

پس از تحلیل پروژه های متعدد شش سیگما در ایران به نظر می‌رسد، که در متدولوژی بکار گرفته شده برخی از ابزارها از اثربخشی بیشتری برخوردار بوده و جایگاه خاص برخی از ابزارهای دیگر به شدت احساس می‌شود. شاید بتوان مهمترین ابزارهای بکار گرفته شده در پروژه های موفق شش سیگما را مطابق موارد زیر فهرست نمود:

- منشور پروژه

- درخت CTQ

- نمودار پارتو

- FMEA

- نمایش داده ها

- آزمون های فرض

- رگرسیون و همبستگی

- نمودارهای کنترل

بنظر می‌رسد، که با توجه به نوع پروژه های شش سیگما در ایران و وجود پروژه های نسبتاً ساده، در اغلب موارد، از تکنیک های پیشرفته خلاقیت هر مرحله‌ی بهبود استفاده نمی‌شود؛ ولی، همانطور که در بخش ۲-۶ نیز اشاره شد، می‌توان برخی از ابزارهای کلیدی را به مراحل اندازه‌گیری و تحلیل اضافه نمود، که از آن جمله می‌توان به تکنیک های ذیل اشاره کرد:

- ترسیم نقشه‌ی جریان ارزش

- نمودار Multivari

- Gage R&R وصفی

- تکنیک های شبیه سازی

- تکنیک های پیش بینی

۲ - ۸ - نیاز به تثبیت وضعیت بهبود یافته

انجام پروژه بهبود را می‌توان به فتر فشرده ای تشبیه نمود، که به سختی فشرده شده است و در صورتی که فشار موجود برداشته شود مجدداً به وضعیت خود باز می‌گردد. هدف مرحله‌ی کنترل از متدولوژی DMAIC تثبیت شرایط بهبود یافته است، تا امکان بازگشت مسأله به شرایط قبل از بهبود ممکن نباشد.

تجارب شش سیگما در ایران نشان می‌دهد، که ضعف جدی در تثبیت و حفظ پروژه های بهبود وجود دارد. بطوری که تعدادی از پروژه های شش سیگما مجدداً به شرایط قبلی خود باز می‌گردند. این وضعیت می‌تواند، بدلیل عدم ایجاد ساختارهای مورد نیاز و یا تغییرات مداوم افراد و فرایندهای سازمان باشد. با تمام این موارد باز هم لازم است، تا پیش بینی های

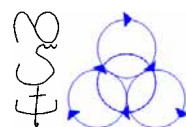
۲ - ۵ - تاکید بر هدایت مدیران در شش سیگما

یکی از تفاوت‌های شش سیگما با سایر رویکردهای بهبود، تفکیک وظایف بهبود بین سطوح مختلف سازمان است. در شش سیگما کارشناسان کمر بند سبز وظیفه تحلیل، کارشناسان کمر بند سیاه و کمر بند سیاه ارشد وظیفه مشاوره و تدریس و مدیران و رهبران سازمان وظیفه حمایت و هدایت تیم ها را بر عهده دارند. شاید مهمترین نگرانی ها از اجرای شش سیگما در ایران، عدم توجه مدیران به وظایف کلیدی شان است. شاید یکی از دلایل اصلی این مسئله، بی اعتمادی مدیران نسبت به رویکردهای بهبود پیشین باشد، ولی موضوعی که به وضوح در پروژه های شش سیگما ی ایران به چشم می‌خورد، عدم تمایل مدیران به مقوله‌ی یادگیری است. در صورتی که پایه و اساس شش سیگما بر اساس یادگیری استوار شده است، سازمان هایی که روح یادگیری در آنها جریان نداشته باشد، توفیق کمتری در زمینه پیاده سازی شش سیگما کسب می‌کنند.

بنظر می‌رسد، مدیران ایرانی را می‌بایست توجیه نمود و با استفاده از روش های آموزشی جذاب، زمان نسبتاً بیشتری نسبت به استانداردهای تعریف شده در شش سیگما به آموزش مدیران اختصاص داد. موضوعاتی مانند مدیریت تغییر، رهبری، اصول شناسایی و تعریف مسائل و روش های ایجاد انگیزش از جمله دانش‌های ضروری برای مدیران در راستای اثربخش نمودن هر چه بیشتر پروژه های شش سیگما می‌باشد.

۲ - ۶ - تمرکز و توجه به مراحل کلیدی اندازه گیری (M) و تحلیل (A)

بنظر می‌رسد که نکات کلیدی هر مسأله‌ای در یکی از فازهای DMAIC مشخص می‌شود. هر چه مسأله پیچیده تر باشد، نیاز به تحلیل‌های بیشتر و توجه بر خلاقیت در فاز بهبود افزایش می‌یابد؛ در صورتی که مسائل ساده تر، در فازهای اندازه‌گیری و تحلیل، علل ریشه ای آنها شناسایی شده و با ساده ترین راه حل، مسأله حل می‌شود. تجارب انجام پروژه های شش سیگما در ایران نشان می‌دهد، که مهمترین فاز در متدولوژی DMAIC فاز اندازه‌گیری و سپس فاز تحلیل است، چرا که اغلب بدلیل حجم زیاد و ابعاد متعدد مسائل می‌توان مسأله مورد نظر را با تلاش کمی تعریف نمود. فقدان روش های اندازه‌گیری، جمع آوری داده ها و در نهایت تحلیل کمی آنها چیزی است که در اغلب سازمان های ایرانی بدرستی انجام نمی‌شود و تنها با ایجاد بستر تصمیم گیری بر اساس داده ها و واقعیت ها می‌توان اغلب مسائل شش سیگما را حل نمود. برای نمایش تاکید بر روی فازهای اندازه گیری (M) و تحلیل (A) پیشنهاد می‌شود، که متدولوژی DMAIC را در ایران بصورت *DMAIC*



۳ - نتیجه گیری

تجربه‌ی تحلیل در تدریس پروژه های متعدد شش سیگما در ایران، نشان داده است، که برای اجرای موفقیت آمیز شش سیگما لازم است، تا تغییرات مشخص را در ساختار و متدولوژی های شش سیگما اعمال نماییم. همانطور که آمریکا، مفاهیم پیشنهادی بهبود که از شرق منتشر شده بود، را بر اساس خواسته های خود تغییر داد، ما نیز ناگزیریم تا متناسب با دانایی و توانایی خود رویکردهای موجود را مورد بررسی قرار دهیم. البته، توجه به این جمله‌ی معروف نیز قابل تعمق است؛ در زمانی می توانی چیزی را تغییر دهی، که آنرا خوب شناخته باشی. در این مقاله سعی نمودیم متناسب با شناخت و تجارب اجرای شش سیگما در ایران اصلاحاتی را در ایران پیشنهاد کنیم.

به طور خلاصه می توان گفت که: می بایست زیر ساخت های لازم را برای شش سیگما مهیا کنیم، موضوعاتی مثل: ترویج کار تیمی، ارتباط و تصمیم گیری بر اساس داده ها از جمله مهمترین زیر ساخت های لازم هستند. لازم است تا ابزارهای شش سیگما را متناسب با مسائلمان تقویت کنیم و متدولوژی DMAIC را به عنوان متدولوژی اصلی بهبود فرآیند برای مسائل مکرر و مهمی همچون: کاهش زمان و کاهش هزینه، در قالب متدولوژی های تصحیح شده بکار گیریم. نکته‌ی دیگری که مورد اشاره قرار گرفت، وجود شیوه هایی برای حل مسائل کابینگی بهبود و اجرای پروژه های جواب معلوم است، عدم وجود این شیوه ها کیفیت مسائل تعریف شده در شش سیگما را تحت تاثیر قرار می دهد.

عدم وجود روش های آماری کنترل در بسیاری از سازمان های ایرانی باعث شد، تا جدول سطح سیگما را تصحیح کنیم. هدف ما این بود که اهمیت روش های آماری کنترل را نشان داده و مشخص کنیم، که بدون توجه به این روش ها می بایست، برای دستیابی به ۳/۴ نقص در میلیون به جای سطح شش در سیگما به سطح ۷/۵ در سیگما دست یابیم.

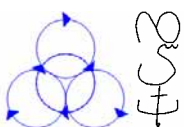
مابین نکات اشاره شده، در غالب سه نکته به طور خاص، به چگونگی پیاده سازی متدولوژی DMAIC تأکید گردیده است، در بخشی اشاره کردیم، که مسائل تعریف شده غالباً بر نیازهای اصلی ذینفعان متمرکز نبوده و لازم است، تا تمام مسائل جهت گیری مناسبی داشته باشند. در بخش دیگر به اهمیت مراحل اندازه گیری و تحلیل در پروژه های شش سیگما پرداختیم و در قسمت دیگر نشان دادیم که بسیاری از پروژه های شش سیگما در ایران بدلیل وجود نوسانات، نیاز به کنترل مداوم دارند. برای تأکید همیشگی به این سه موضوع پیشنهاد نمودیم، که نگارش متدولوژی (DMAIC تعریف - تعیین - تحلیل - تغییر - تثبیت) را به صورت $\langle DMAIC \rangle$ انجام دهیم. شاید مهمترین

لازم در متدولوژی DMAIC گنجانده شود. برای این منظور لازمست، تا ابزارهای مناسبی در فاز کنترل گنجانده شده و پس از پایان پروژه، بخشی از سازمان (به عنوان مثال: واحد تضمین کیفیت) مسؤول پایش دستاوردهای پروژه باشد، بطوری که در صورت نیاز مجری پروژه از تغییرات غیر عادی فرآیند آگاه شده و اقدامات اصلاحی لازم انجام پذیرد. با توجه به تجارب شش سیگما در ایران بنظر می رسد، انجام این پایش و نظارت برای اغلب پروژه های ایرانی در طول يك سال پس از اتمام پروژه ضروری باشد. تمرکز در فاز کنترل و انجام کنترل های مداوم یکی از الزاماتی است، که می بایست، در پروژه های شش سیگما در ایران تا حد ممکن رعایت شود. البته بدیهی است، هر چه نوسانات اعمال شده به فرآیند بهبود یافته اضافه شود، کنترل و حفظ نتایج نیز دشوارتر می شود.

برای تأکید بر تداوم فاز کنترل پیشنهاد می شود، تا نحوه نمایش $DMAICCCC...$ که از لزوم استمرار فاز کنترل حکایت دارد را به کمک نماد دوره گردش در ریاضی بصورت $DMAIC$ نمایش دهیم.

۲ - ۹ - زیرساخت های مورد نیاز برای اجرای شش سیگما

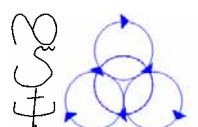
اغلب افراد تصور می کنند، که برای اجرای شش سیگما نیاز به استقرار بسیاری از سیستم های مدیریت کیفیت است و اجرای این رویکرد نیاز به مستقر نمودن زیر ساخت های متعددی دارد؛ ولی، در واقع اینطور نیست، هنر شش سیگما آن است، که سعی می کند، اغلب نیازهای خود را ایجاد کرده و بارور نماید؛ ولی، تجارب ما نشان می دهد، که عدم وجود مهارت های خاصی در سازمان می تواند، اثربخشی شش سیگما را تحت تاثیر قرار دهد. این نکته قابل توجه است، که تأکید اصلی شش سیگما بر آموزش ابزارها و تشریح مفاهیم است، ولی مهارت ها و فرهنگ های سازمانی را نمی توان در مدت زمانی کوتاه تغییر داد و یا اصلاح نمود. این موارد موضوعاتی است، که می بایست، برای استفاده کاملتر از شش سیگما مورد توجه قرار داد. موضوعاتی مثل ایجاد زیر ساخت و مهارت های ارتباط بر قرار کردن (درست گوش کردن، بدرستی دیدن و ارائه اثربخش مطالب و ...)، ارتقاء کار تیمی در سازمان، مدیریت رفع تعارضات، تمرکز بر یادگیری، تأکید بر فرهنگ تصمیمی گیری بر اساس داده ها و نگرش سیستماتیک از جمله مهارت هایی هستند، که می بایست، به مرور درون سازمان تقویت گردد. عدم درك درست این مفاهیم و مهارت ها می تواند، اثربخشی شش سیگما را نیز تحت تاثیر قرار دهد.



نکته ای که بیان شده، بر ایجاد توجه و باور در مدیران شش سیگما تأکید داشته است.

مراجع

- [۱] سقایی، عباس و سپهر ایراندوست (تیر ماه ۱۳۸۵)، «دستاوردها و تجارب شش سیگما در ایران»، هفتمین کنفرانس بین المللی مدیران کیفیت، تهران، ایران.
- [۲] نورالسنا، رسول، «مقدمه ای بر کنترل کیفیت آماری»، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، چاپ سوم.
- [3] Gryna, F.M (2001), "Quality Planning and Analysis", McGraw-Hill, London, 4th Ed.
- [4] Juran, J.F. and A.B. Godfrey (1998), "Juran's Quality Handbook", McGraw-Hill, London, 5th Ed.
- [5] Rath & Strong (2000), "Six Sigma Pocket Guide", Rath & Strong Management Consultants, Massachusetts.
- [6] Voelkel, J.G. (May 2005), "What Makes a Six Sigma Project Successful?", Quality Progress.
- [7] Yang, K (2005), "Design for Six Sigma for Service", McGraw-Hill, London.
- [۸] سقایی، عباس، عسگری، کاظم و یاسر صمیمی (دی ماه ۱۳۸۳)، «تعامل بین شش سیگما و تولید ناب»، چهارمین کنفرانس بین المللی مهندسی صنایع، ایران - تهران.
- [۹] نورالسنا، رسول، صالحی پور، امیر و عباس سقایی (۱۳۸۴)، «شش سیگما چیست؟»، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، چاپ دوم.
- [10] Carnell, M. (January 2005), "A Solid Foundation", Quality Progress.



crossover from plenty to shortage can occur abruptly.

The fiscal and monetary system of the country is a complex social-economic-financial system of the kind we have been discussing. It is clear the country is not agreed on behavior of the interactions between government policy, growth, unemployment, and inflation. An article by a writer for Finance magazine in July, 1970, suggests that the approach I have been discussing be applied in fiscal and monetary policy and their relationships to the economy. I estimate that such a task would be only a few times more difficult than was the investigation of urban growth and stagnation. The need to accomplish it becomes more urgent as the economy begins to move for the first time from a history of growth into the turbulent pressures that will accompany the transition from growth to one of the many possible kinds of equilibrium. We need to choose the kind of equilibrium before we arrive.

In a hierarchy of systems, there is usually a conflict between the goals of a subsystem and the welfare of the broader system. We see this in the urban system. The goal of the city is to expand and to raise its quality of life. But this increases population, industrialization, pollution, and demands on food supply. The broader social system of the country and the world requires that the goals of the urban areas be curtailed and that the pressures of such curtailment become high enough to keep the urban areas and population within the bounds that are satisfactory to the larger system of which the city is a part. If this nation chooses to continue to work for some of the traditional urban goals, and if it succeeds, as it may well do, the result will be to deepen the distress of the country as a whole and eventually to deepen the crisis in the cities themselves. We may be at the point where higher pressures in the present are necessary if insurmountable

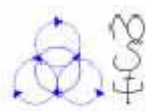
pressures are to be avoided in the future.

13. Conclusion

I have tried to give you a glimpse of the nature of multi-loop feedback systems, a class to which our social systems belong. I have attempted to indicate how these systems mislead us because our intuition and judgment have been formed to expect behavior different from that actually possessed by such systems. I believe that we are still pursuing national programs that will be at least as frustrating and futile as many of the past. But there is hope. We can now begin to understand the dynamic behavior of our social systems. Progress will be slow. There are many cross-currents in the social sciences which will cause confusion and delay. The approach that I have been describing is very different from the emphasis on data gathering and statistical analysis that occupies much of the time of social research. But there have been breakthroughs in several areas. If we proceed expeditiously but thoughtfully, there is a basis for optimism.

References

- [1] Forrester, Jay W. (1961), "*Industrial Dynamics*", The M.I.T. Press, Cambridge.
- [2] Forrester, Jay W. (1972), "*World Dynamics*", Wright-Allen Press, Cambridge.
- [3] Forrester, Jay W. (1969), "*Urban Dynamics*", The M.I.T. Press, Cambridge.
- [4] Forrester, Jay W. (1968), "*Principles of Systems*", Wright-Allen Press, Cambridge (238 Main St.).



and agricultural land left. We can avoid the question of rising population as long as we can flee into this bountiful reservoir that nature provided. But it is obvious that the reservoirs are limited. The wild animal usually flees until he is cornered, until he has no more space. Then he turns to fight, but he no longer has room to maneuver. He is less able to forestall disaster than if he had fought in the open while there was still room to yield and to dodge. The United States is running away from its long-term threats by trying to relieve social pressures as they arise. But if we persist in treating only the symptoms and not the causes, the result will be to increase the magnitude of the ultimate threat and reduce our capability to respond when we no longer have space to flee.

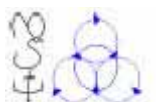
What does this mean? Instead of automatically accepting the need for new towns and the desirability of locating Industry in rural areas, we should consider confining our cities. If it were possible to prohibit the encroachment by housing and industry onto even a single additional acre of farm and forest, the resulting social pressures would hasten the day when we stabilize population. Some European countries are closer to realizing the necessity of curtailing urban growth than are we. As I understand it, farm land surrounding Copenhagen cannot be used for either residence or industry until the severest of pressures forces the government to rezone small additional parcels. When land is rezoned, the corresponding rise in land price is heavily taxed to remove the incentive for land speculation. The waiting time for an empty apartment in Copenhagen may be years. Such pressures certainly cause the Danes to face the population problem more squarely than do we.

Our greatest challenge now is how to handle the transition from growth into equilibrium. Our society has behind it a thousand years of tradition

that has encouraged and rewarded growth. The folklore and the success stories praise growth and expansion. But that is not the path of the future. Many of the present stresses in our society are from the pressures that always accompany the conversion from growth into equilibrium.

In our studies of social systems, we have made a number of investigations of life cycles that start with growth and merge into equilibrium. There are always severe stresses in the transition. Pressures must rise far enough to suppress the forces that produced growth. Not only do we face the pressure that will stop the population growth; we also encounter pressures that will stop the rise of industrialization and standard of living. The social stresses will rise. The economic forces will be ones for which we have no precedent. The psychological forces will be beyond those for which we are prepared. Our studies of urban systems demonstrated how the pressures from shortage of land and rising unemployment accompany the usual transition from urban growth to equilibrium. But the pressures we have seen in our cities are minor compared to those which the nation is approaching. The population pressures and the economic forces in a city that was reaching equilibrium have in the past been able to escape to new land areas.

But that escape is becoming less possible. Until now we have had, in effect, an inexhaustible supply of farm land and food-growing potential. But now we are reaching the critical point where, all at the same time, population is overrunning productive land, agricultural land is almost fully employed for the first time, the rise in population is putting more demand on the food supplies, and urbanization is pushing agriculture out of the fertile areas into the marginal lands. For the first time demand is rising into a condition where supply will begin to fall while need increases. The



computer model, and to learn the consequences. The hypotheses may at first be no more correct than the ones we are using in our intuitive thinking. But the process of computer modeling and model testing requires these hypotheses to be stated more explicitly. The model comes out of the hazy realm of the mental model into an unambiguous model or statement to which all have access. Assumptions can then be checked against all available information and can be rapidly improved. The great uncertainty with mental models is the inability to anticipate the consequences of interactions between the parts of a system. This uncertainty is totally eliminated in computer models. Given a stated set of assumptions, the computer traces the resulting consequences without doubt or error. This is a powerful procedure for clarifying issues. It is not easy. Results will not be immediate.

We are on the threshold of a great new era in human pioneering. In the past there have been periods characterized by geographical exploration. Other periods have dealt with the formation of national governments. At other times the focus was on the creation of great literature. Most recently we have been through the pioneering frontier of science and technology. But science and technology are now a routine part of our life. Science is no longer a frontier. The process of scientific discovery is orderly and organized.

I suggest that the next frontier for human endeavor is to pioneer a better understanding of the nature of our social systems. The means are visible. The task will be no easier than the development of science and technology. For the next 30 years we can expect rapid advance in understanding the complex dynamics of our social systems. To do so will require research, the development of teaching methods and materials, and the creation of appropriate educational

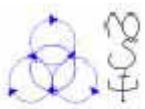
programs. The research results of today will in one or two decades find their way into the secondary schools just as concepts of basic physics moved from research to general education over the past three decades.

What we do today fundamentally affects our future two or three decades hence. If we follow intuition, the trends of the past will continue into deepening difficulty. If we set up research and educational programs which are now possible but which have not yet been developed, we can expect a far sounder basis for action.

12. The Nation's Real Alternatives

The record to date implies that our people accept the future growth of United States population as preordained, beyond the purview and influence of legislative control, and as a ground rule which determines the nation's task as finding cities in which the future population can live. But I have been describing the circular processes of our social systems in which there is no unidirectional cause and effect but instead a ring of actions and consequences that close back on themselves. One could say, incompletely, that the population will grow and that cities, space, and food must be provided. But one can likewise say, also incompletely, that the provision of cities, space, and food will cause the population to grow. Population generates pressure for urban growth, but urban pressures help to limit population.

Population grows until stresses rise far enough, which is to say that the quality of life falls far enough, to stop further increase. Everything we do to reduce those pressures causes the population to rise farther and faster and hastens the day when expediencies will no longer suffice. The United States is in the position of a wild animal running from its pursuers. We still have some space, natural resources,



about structure and detail of the world system.

- Industrialization may be a more fundamentally disturbing force in world ecology than is population. In fact, the population explosion is perhaps best viewed as a result of technology and industrialization. I include medicine and public health as a part of industrialization.

- Within the next century, man may be facing choices from a four-pronged dilemma — suppression of modern industrial society by a natural resource shortage, collapse of world population from changes wrought by pollution, population limitation by food shortage, or population control by war, disease, and social stresses caused by physical and psychological crowding.

- We may now be living in a "golden age" where, in spite of the world-wide feeling of malaise, the quality of life is, on the average, higher than ever before in history and higher now than the future offers.

- Efforts for direct population control may be inherently self-defeating. If population control begins to result as hoped in higher per capita food supply and material standard of living, these very improvements can generate forces to trigger a resurgence of population growth.

- The high standard of living of modern industrial societies seems to result from a production of food and material goods that has been able to outrun the rising population. But, as agriculture reaches a space limit, as industrialization reaches a natural-resource limit, and as both reach a pollution limit, population tends to catch up. Population then grows until the "quality of life" falls far enough to generate sufficiently large pressures to stabilize population.

- There may be no realistic hope for the present underdeveloped countries reaching the standard of living demonstrated by the present industrialized nations. The pollution

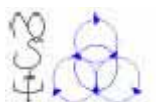
and natural resource load placed on the world environmental system by each person in an advanced country is probably 20 to 50 times greater than the load now generated by a person in an underdeveloped country. With four times as much population in underdeveloped countries as in the present developed countries, their rising to the economic level of the United States could mean an increase of 200 times in the natural resource and pollution load on the world environment. Noting the destruction that has already occurred on land, in the air, and especially in the oceans, no capability appears to exist for handling such a rise in standard of living for the present total population of the world.

- A society with a high level of industrialization may be nonsustainable. It may be self-extinguishing if it exhausts the natural resources on which it depends. Or, if unending substitution for declining natural resources is possible, the international strife over "pollution and environmental rights" may pull the average world-wide standard of living back to the level of a century ago.

- From the long view of a hundred years hence, the present efforts of underdeveloped countries to industrialize along Western patterns may be unwise. They may now be closer to the ultimate equilibrium with the environment than are the industrialized nations. The present underdeveloped countries may be in a better condition for surviving the forthcoming world-wide environmental and economic pressures than are the advanced countries. When one of the several forces materializes that is strong enough to cause a collapse in world population, the advanced countries may suffer far more than their share of the decline.

11. A New Frontier

It is now possible to take hypotheses about the separate parts of a social system, to combine them in a



other things being the same, is reduced by 50 per cent from that in Figure 6. The result is to postpone the day of reckoning by 20 years and to allow the world population to grow 25 per cent greater before the population collapse occurs. The "solution" of reduced pollution has, in effect, caused more people to suffer the eventual consequences. Again we see the dangers of partial solutions. Actions at one point in a system that attempt to relieve one kind of distress produce an unexpected result in some other part of the system. If the interactions are not sufficiently understood, the consequences can be as bad as or worse than those that led to the initial action.

There are no Utopias in our social systems. There appear to be no sustainable modes of behavior that are free of pressures and stresses. But there are many possible modes and some are more desirable than others. Usually, the more attractive kinds of behavior in our social systems seem to be possible only if we have a good understanding of the system dynamics and are willing to endure the self-discipline and pressures that must accompany the desirable mode. The world system of Figure 1 can exhibit modes that are more hopeful than the crises of Figures 2 through 7. But to develop the more promising modes will require restraint and dedication to a long-range future that man may not be capable of sustaining.

Figure 8⁸ shows the world system if several policy changes are adopted together in the year 1970. Population is stabilized. Quality of life rises about 50 per cent. Pollution remains at about the 1970 level. Would such a world be

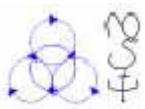
⁸ One set of conditions that establishes a world equilibrium. In 1970 capital investment rate is reduced 40 per cent, birth rate is reduced 50 per cent, pollution generation is reduced 50 per cent, natural resource usage rate is reduced 75 per cent, and food production is reduced 20 per cent.

accepted? It implies an end to population and economic growth.

In Figure 8 the normal rate of capital accumulation is reduced 40 per cent from its previous value. The "normal" birth rate is reduced 50 per cent from its earlier value. The "normal" pollution generation is reduced 50 per cent from the value before 1970. The "normal" rate of food production is reduced 20 per cent from its previous value. (These changes in "normal" values are the changes for a specific set of system conditions. Actual system rates continue to be affected by the varying conditions of the system.) But reduction in investment rate and reduction in agricultural emphasis are counterintuitive and not likely to be discovered or accepted without extensive system studies and years of argument — perhaps more years than are available. The changes in pollution generation and natural resource usage may be easier to understand and to achieve. The severe reduction in world-wide birth rate is the most doubtful. Even if technical and biological methods existed, the improved condition of the world might remove the incentive for sustaining the birth reduction emphasis and discipline.

10. Future Policy Issues

The dynamics of world behavior bear directly on the future of the United States. American urbanization and industrialization are a major part of the world scene. The United States is setting a pattern that other parts of the world are trying to follow. That pattern is not sustainable. Our foreign policy and our overseas commercial activity seem to be running contrary to overwhelming forces that are developing in the world system. The following issues are raised by the preliminary investigations to date. They must, of course, be examined more deeply and confirmed by more thorough research into the assumptions



have unexpected and even disastrous results.

Figure 4 should make us cautious about rushing into programs on the basis of short-term humanitarian impulses. The eventual result can be anti-humanitarian. Emotionally inspired efforts often fall into one of three traps set for us by the nature of social systems: The programs are apt to address symptoms rather than causes and attempt to operate through points in the system that have little leverage for change; the characteristic of systems whereby a policy change has the opposite effect in the short run from the effect in the long run can eventually cause deepening difficulties after a sequence of short-term actions; and the effect of a program can be along an entirely different direction than was originally expected, so that suppressing one symptom only causes trouble to burst forth at another point.

Figure 5⁵ retains the 20 per cent additional capital investment rate after 1970 from Figure 4 but in addition explores birth reduction as a way of avoiding crisis. Here the "normal" birth rate has been cut in half in 1970. (Changes in normal rates refer to coefficients which have the specified effect if all other things remain the same. But other things in the system change and also exert their effect on the actual system rates.) The result shows interesting behavior. Quality of life surges upward for 30 years for the reasons that are customarily asserted. Food-per-capita grows, material standard of living rises, and crowding does not become as great. But the more affluent world population continues to use natural resources and to

⁵ In 1970 the 20 per cent increase in capital accumulation of Figure 4 is retained and "normal" birth rate is reduced 50 per cent. Capital investment continues to grow until the pollution crisis develops. After an initial decline, population is again pushed up by the rapid rise in quality of life that precedes the collapse.

accumulate capital plant at about the same rate as in Figure 4. Load on the environment is more closely related to industrialization than to population and the pollution crisis occurs at about the same point in time as in Figure 4.

Figure 5 shows that the 50 per cent reduction in "normal" birth rate in 1970 was sufficient to start a decline in total population. But the rising quality of life and the reduction of pressures act to start the population curve upward again. This is especially evident in other computer runs where the reduction in "normal" birthrate is not so drastic. Serious questions are raised by this investigation about the effectiveness of birth control as a means of controlling population. The secondary consequence of starting a birth control program will be to increase the influences that raise birth rate and reduce the apparent pressures that require population control. A birth control program which would be effective, all other things being equal, may largely fail because other things will not remain equal. Its very incipient success can set in motion forces to defeat the program.

Figure 6⁶ combines the reduced resource usage rate and the increased capital investment rate of Figures 3 and 4. The result is to make the population collapse occur slightly sooner and more severely. Based on the modified system of Figure 6, Figure 7⁷ then examines the result if technology finds ways to reduce the pollution generated by a given degree of industrialization. Here in Figure 7, the pollution rate,

⁶ The 20 per cent increase of capital investment from Figure 4 and the 75 per cent reduction of natural resource usage from Figure 3 are combined.

⁷ Increased capital investment rate and reduced natural resource usage from Figure 6 are retained. In addition in 1970 the "normal" rate of pollution generation is reduced 50 per cent. The effect of pollution control is to allow population to grow 25 per cent further and to delay the pollution crisis by 20 years.



what happens within this system if the resource shortage is foreseen and avoided. Here the only change from Figure 2 is in the usage rate of natural resources after the year 1970. In Figure 3, resources are used after 1970 at a rate 75 per cent less than assumed in Figure 2. In other words, the standard of living is sustained with a lower drain on the expendable and irreplaceable resources. But the picture is even less attractive! By not running out of resources, population and capital investment are allowed to rise until a pollution crisis is created. Pollution then acts directly to reduce birth rate, increase death rate, and to depress food production. Population which, according to this simple model, peaks at the year 2030 has fallen to one-sixth of the peak population within an interval of 20 years — a world-wide catastrophe of a magnitude never before experienced. Should it occur, one can speculate on which sectors of the world population will suffer most. It is quite possible that the more industrialized countries (which are the ones which have caused such a disaster) would be the least able to survive such a disruption to environment and food supply. They might be the ones to take the brunt of the collapse.

Figure 3 shows how a technological success (reducing our dependence on natural resources) can merely save us from one fate only to fall victim to something worse (a pollution catastrophe). There is now developing throughout the world a strong undercurrent of doubt about technology as the savior of mankind. There is a basis for such doubt. Of course, the source of trouble is not technology as such but is instead the management of the entire technological-human-political-economic-natural complex.

Figure 3 is a dramatic example of the general process discussed earlier wherein a program aimed at one trouble symptom results in creating a

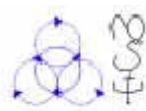
new set of troubles in some other part of the system. Here the success in alleviating a natural resource shortage throws the system over into the mode of stopping population caused by industrialization which has been freed from natural resource restraint. This process of a solution creating a new problem has defeated many of our past governmental programs and will continue to do so unless we devote more effort to understanding the dynamic behavior of our social systems.

9. Alternatives to Decline or Catastrophe

Suppose in the basic world system of Figures 1 and 2 we ask how to sustain the quality of life which is beginning to decline after 1950. One way to attempt this, and it is the way the world is now choosing, might be to increase the rate of industrialization by raising the rate of capital investment. Models of the kind we are here using make such hypothetical questions answerable in a few minutes and at negligible cost. Figure 4⁴ shows what happens if the "normal" rate of capital accumulation is increased by 20 per cent in 1970. The pollution crisis reappears. This time the cause is not the more efficient use of natural resources but the upsurge of industrialization which overtaxes the environment before resource depletion has a chance to depress industrialization. Again, an "obvious" desirable change in policy has caused troubles worse than the ones that were originally being corrected.

This is important, not only for its own message but because it demonstrates how an apparently desirable change in a social system can

⁴ In 1970 the rate of capital accumulation is increased 20 per cent in an effort to reverse the beginning decline in quality of life. The pollution crisis occurs before natural resources are depleted.



devoted to agriculture. These five system "levels" are shown in the rectangles. Each level is caused to change by the rates of flow in and out, such as the birth rate and death rate that increase and decrease population. As shown by the dotted lines, the five system levels, through intermediate concepts shown at the circles, control the rates of flow. As an example, the death rate at Symbol 10 depends on population P and the "normal" lifetime as stated by death rate normal DRN. But death rate depends also on conditions in other parts of the system. From Circle 12 comes the influence of pollution that here assumes death rate to double if pollution becomes 20 times as severe as in 1970; and, progressively, that death rate would increase by a factor of 10 if pollution became 60 times as much as now. Likewise from Circle 13 the effect of food per capita is to increase death rate as food becomes less available. The detailed definition of the model states how each rate of flow is assumed to depend on the levels of population, natural resources, capital investment, capital devoted to food, and pollution.

Individually the assumptions in the model are plausible, create little disagreement, and reflect common discussions and assertions about the individual responses within the world system. But each is explicit and can be subjected to scrutiny. From one viewpoint, the system of Figure 1 is very simplified. It focuses on a few major factors and omits most of the substructure of world social and economic activity. But from another viewpoint, Figure 1 is comprehensive and complex. The system is far more complete and the theory described by the accompanying computer model is much more explicit than the mental models that are now being used as a basis for world and governmental planning. It incorporates dozens of nonlinear relationships. The shown world system here exhibits provocative and even frightening possibilities.

8. Transition from Growth to Equilibrium

With the model specified, a computer can be used to show how the system, as described for each of its parts, would behave. Given a set of beginning conditions, the computer can calculate and plot the results that unfold through time.

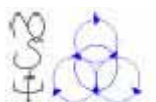
The world today seems to be entering a condition in which pressures are rising simultaneously from every one of the influences that can suppress growth — depleted resources, pollution, crowding, and insufficient food. It is still unclear which will dominate if mankind continues along the present path. Figure 2² shows the mode of behavior of this world system given the assumption that population reaches a peak and then declines because industrialization is suppressed by falling natural resources. The model system starts with estimates of conditions in 1900. Adjustments have been made so that the generated paths pass through the conditions of 1970.

In Figure 2 the quality of life peaks in the 1950's and by 2020 has fallen far enough to halt further rise in population. Declining resources and the consequent fall in capital investment then exert further pressure to gradually reduce world population.

But we may not be fortunate enough to run gradually out of natural resources. Science and technology may very well find ways to use the more plentiful metals and atomic energy so that resource depletion does not intervene. If so, the way then remains open for some other pressure to arise within the system. Figure 3³ shows

² Basic world model behavior showing the mode in which industrialization and population are suppressed by falling natural resources.

³ Pollution crisis precipitated by lower usage rate of natural resources. In 1970 natural resource usage is reduced 75 per cent by more effective technology without affecting material standard of living.



7. A Global Perspective

I have mentioned social organizations at the corporate level and then touched on work which has been done on the dynamics of the city. Now we are beginning to examine issues of even broader scope.

In July, 1970, we held a two-week international conference on world dynamics. It was a meeting organized for the Club of Rome, a private group of about 50 individuals drawn from many countries who have joined together to attempt a better understanding of social systems at the world level. Their interest lies in the same problems of population, resources, industrialization, pollution, and world-wide disparities of standard of living on which many groups now focus. But the Club of Rome is devoted to taking actions that will lead to a better understanding of world trends and to influencing world leaders and governments. The July meeting at M.I.T. included the general theory and behavior of complex systems and talks on the behavior of specific social systems ranging from corporations through commodity markets to biological systems, drug addiction in the community, and growth and decline of a city. Especially prepared for this conference was a dynamic model of the interactions between world population, industrialization, depletion of natural resources, agriculture, and pollution. A detailed discussion of this world system will soon appear in my book *World Dynamics*, and its further development is the purpose of the "Project on the Predicament of Mankind" being sponsored by the Club of Rome at M.I.T. for a year under the guidance of Professor Dennis Meadows. The plan is to develop a research group of men from many countries who will eventually base their continuing efforts in a neutral country such as Switzerland. The immediate project will reexamine, verify, alter, and extend the preliminary dynamic study

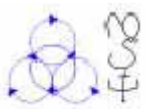
of the world system and will relate it to the present world-wide concern about trends in civilization.

The simple model of world interactions as thus far developed shows several different alternative futures depending on whether population growth is eventually suppressed by shortage of natural resources, by pollution, by crowding and consequent social strife, or by insufficient food. Malthus dealt only with the latter, but it is possible for civilization to encounter other controlling pressures before a food shortage occurs.

It is certain that resource shortage, pollution, crowding, food failure, or some other equally powerful force will limit population and industrialization if persuasion and psychological factors do not. Exponential growth cannot continue forever. Our greatest immediate challenge is how we guide the transition from growth to equilibrium. There are many possible mechanisms of growth suppression. That some one or combination will occur is inevitable. Unless we come to understand and to choose, the social system by its internal processes will choose for us. The natural mechanisms for terminating exponential growth appear to be the least desirable. Unless we understand and begin to act soon, we may be overwhelmed by a social and economic system we have created but can't control.

Figure 1¹ shows the structure that has been assumed. It interrelates the mutual effects of population, capital investment, natural resources, pollution, and the fraction of capital

¹ This world model is based the author's analyses of the effects of changing population and economic growth factors in the next 50 years. It shows the interrelation of population, capital investment, natural resources, pollution, and the fraction of capital devoted to agriculture on which is based the following discussion. We delete it for abstraction. Go to www.constitution.org/cbss.htm#03 to view it



social system tends to draw our attention to the very points at which an attempt to intervene will fail. Our experience, which has been developed from contact with simple systems, leads us to look close to the symptoms of trouble for a cause. When we look, we discover that the social system presents us with an apparent cause that is plausible according to what we have learned from simple systems. But this apparent cause is usually a coincident occurrence that, like the trouble symptom itself, is being produced by the feedback-loop dynamics of a larger system. For example, as already discussed, we see human suffering in the cities; we observe that it is accompanied (some think caused) by inadequate housing. We increase the housing and the population rises to compensate for the effort. More people are drawn into and trapped in the depressed social system. As another example, the symptoms of excess population are beginning to overshadow the country. These symptoms appear as urban crowding and social pressure. Rather than face the population problem squarely we try to relieve the immediate pressure by planning industry in rural areas and by discussing new towns. If additional urban area is provided it will temporarily reduce the pressures and defer the need to face the underlying population question. The consequence, as it will be seen 25 years hence, will have been to contribute to increasing the population so much that even today's quality of life will be impossible.

A second characteristic of social systems is that all of them seem to have a few sensitive influence points through which the behavior of the system can be changed. These influence points are not in the location where most people expect. Furthermore, if one identifies in a model of a social system a sensitive point where influence can be exerted, the chances are still that a person

guided by intuition and judgment will alter the system in the wrong direction. For example in the urban system, housing is a sensitive control point but, if one wishes to revive the economy of a city and make it a better place for low-income as well as other people, it appears that the amount of low-income housing must be reduced rather than increased. Another example is the world-wide problem of rising population and the disparity between the standards of living in the developed and the underdeveloped countries, an issue arising in the world system to be discussed in the following paragraphs. But it is beginning to appear that a sensitive control point is the rate of generation of capital investment.

And how should one change the rate of capital accumulation? The common answer has been to increase industrialization, but recent examination suggests that hope lies only in reducing the rate of industrialization. This may actually help raise quality of life and contribute to stabilizing population.

As a third characteristic of social systems, there is usually a fundamental conflict between the short-term and long-term consequences of a policy change. A policy which produces improvement in the short run, within five to ten years, is usually one which degrades the system in the long run, beyond ten years. Likewise, those policies and programs which produce long-run improvement may initially depress the behavior of the system. This is especially treacherous. The short run is more visible and more compelling. It speaks loudly for immediate attention. But a series of actions all aimed at short-run improvement can eventually burden a system with long-run depressants so severe that even heroic short-run measures no longer suffice. Many of the problems which we face today are the eventual result of short-run measures taken as long as two or three decades ago.



characteristic of the social system must compensate for the additional attractiveness created by the low-cost housing. The counterbalance is a further decline of the economic condition for the area. But as the area becomes more destitute, pressures rise for more low-cost housing. The consequence is a downward spiral that draws in the low-income population, depresses their condition, prevents escape, and reduces hope. All of this is done with the best of intentions.

My paper, "Systems Analysis as a Tool for Urban Planning" from a symposium in October, 1969, at the National Academy of Engineering, suggests a reversal of present practice in order to simultaneously reduce the aging housing in our cities and allocate land to income-earning opportunities. The land shifted to industry permits the "balance of trade" of the area to be corrected by allowing labor to create and export a product to generate an income stream with which to buy the necessities of modern life from the outside. But the concurrent reduction of excess housing is absolutely essential. It supplies the land for new jobs. Equally important, the resulting housing shortage creates the population-stabilizing pressure that allows economic revival to proceed without being inundated by rising population. This can all be done without driving the present low-income residents out of the area. It can create upward economic mobility to convert the low-income population to a self-supporting basis.

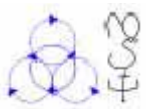
The first reaction of many people to these ideas is to believe that they will never be accepted by elected officials or by residents of depressed urban areas. But some of our strongest support and encouragement is coming from those very groups who are closest to the problems, who see the symptoms first-hand, who have lived through the failures of the past, and who must live with the present conditions until enduring solutions are found.

Over the last several decades the country has slipped into a set of attitudes about our cities that are leading to actions that have become an integral part of the system that is generating greater troubles. If we were malicious and wanted to create urban slums, trap low-income people in ghetto areas, and increase the number of people on welfare, we could do little better than follow the present policies. The trend toward stressing income and sales taxes and away from the real estate tax encourages old buildings to remain in place and block self-renewal. The concessions in the income tax laws to encourage low-income housing will in the long run actually increase the total low-income population of the country. The highway expenditures and the government loans for suburban housing have made it easier for higher-income groups to abandon urban areas than to revive them. The pressures to expand the areas incorporated by urban government, in an effort to expand the revenue base, have been more than offset by lowered administrative efficiency, more citizen frustration, and the accelerated decline that is triggered in the annexed areas. The belief that more money will solve urban problems has taken attention away from correcting the underlying causes and has instead allowed the problems to grow to the limit of the available money, whatever that amount might be.

6. Characteristics of Social Systems

I turn now to some characteristics of social systems that mislead people. These have been identified in our work with corporate and urban systems and in more recent work that I will describe concerning the worldwide pressures that are now enveloping our planet.

First, social systems are inherently insensitive to most policy changes that people select in an effort to alter the behavior of the system [4]. In fact, a



A could be high and B low, while the reverse could be true in another area that nevertheless had the same total composite attractiveness. If a program makes some aspect of an area more attractive than its neighbor's, and thereby makes total attractiveness higher momentarily, population of that area rises until other components of attractiveness are driven down far enough to again establish an equilibrium. This means that efforts to improve the condition of our cities will result primarily in increasing the population of the cities and causing the population of the country to concentrate in the cities. The overall condition of urban life, for any particular economic class of population, cannot be appreciably better or worse than that of the remainder of the country to and from which people may come. Programs aimed at improving the city can succeed only if they result in eventually raising the average quality of life for the country as a whole.

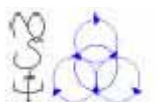
5. On Raising the Quality of Life

But there is substantial doubt that our urban programs have been contributing to the national quality of life. By concentrating total population, and especially low-income-population, in urban locations, undermining the strength and cohesiveness of the community, and making government and bureaucracy so big that the individual feels powerless to influence the system within which he is increasingly constrained, the quality of life is being reduced. In fact, if they have any effect, our efforts to improve our urban areas will in the long run tend to delay the concern about rising total population and thereby contribute directly to the eventual overcrowding of the country and the world.

Any proposed program must deal with both the quality of life and the factors affecting population. "Raising

the quality of life" means releasing stress and pressures, reducing crowding, reducing pollution, alleviating hunger, and treating ill health. But these pressures are exactly the sources of concern and action aimed at controlling total population to keep it within the bounds of the fixed world within which we live. If the pressures are relaxed, so is the concern about how we impinge on the environment. Population will then rise further until the pressures reappear with an intensity that can no longer be relieved. To try to raise quality of life without intentionally creating compensating pressures to prevent a rise in population density will be self-defeating.

Consider the meaning of these interacting attractiveness components as they affect a depressed ghetto area of a city. First we must be clear on the way population density is, in fact, now being controlled. There is some set of forces determining that the density is not far higher or lower than it is. But there are many possible combinations of forces that an urban area can exert. The particular combination will determine the population mix of the area and the economic health of the city. I suggest that the depressed areas of most American cities are created by a combination of forces in which there is a job shortage and a housing excess. The availability of housing draws the lowest-income group until they so far exceed the opportunities of the area that the low standard of living, the frustration, and the crime rate counterbalance the housing availability. Until the pool of excess housing is reduced, little can be done to improve the economic condition of the city. A low-cost housing program alone moves exactly in the wrong direction. It draws more low-income people. It makes the area differentially more attractive to the poor who need jobs and less attractive to those who create jobs. In the new population equilibrium that develops, some



of the lowest-income group. Third was financial aid to the depressed city as by federal subsidy. Fourth was the construction of low-cost housing. All of these are shown to lie between neutral and detrimental almost irrespective of the criteria used for judgment. They range from ineffective to harmful judged either by their effect on the economic health of the city or by their long-range effect on the low-income population of the city.

The results both confirm and explain much of what has been happening over the last several decades in our cities.

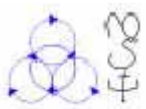
In fact, it emerges that the fundamental cause of depressed areas in the cities comes from excess housing in the low-income category rather than the commonly presumed housing shortage. The legal and tax structures have combined to give incentives for keeping old buildings in place. As industrial buildings age, the employment opportunities decline. As residential buildings age, they are used by lower-income groups who are forced to use them at a higher population density. Therefore, jobs decline and population rises while buildings age. Housing, at the higher population densities, accommodates more low-income urban population than can find jobs. A social trap is created where excess low-cost housing beckons low-income people inward because of the available housing. They continue coming to the city until their numbers so far exceed the available income opportunities that the standard of living declines far enough to stop further inflow. Income to the area is then too low to maintain all of the housing. Excess housing falls into disrepair and is abandoned. One can simultaneously have extreme crowding in those buildings that are occupied, while other buildings become excess and are abandoned because the economy of the area cannot support all of the residential structures. But the excess residential buildings threaten

the area in two ways — they occupy the land so that it cannot be used for job-creating buildings, and they stand ready to accept a rise in population if the area should start to improve economically.

Any change which would otherwise raise the standard of living only takes off the economic pressure momentarily and causes the population to rise enough that the standard of living again falls to the barely tolerable level. A self-regulating system is thereby at work which drives the condition of the depressed area down far enough to stop the increase in people.

At any time, a near-equilibrium exists affecting population mobility between the different areas of the country. To the extent that there is disequilibrium, it means that some area is slightly more attractive than others and population begins to move in the direction of the more attractive area. This movement continues until the rising population drives the more attractive area down in attractiveness until the area is again in equilibrium with its surroundings. Other things being equal, an increase in population of a city crowds housing, overloads job opportunities, causes congestion, increases pollution, encourages crime, and reduces almost every component of the quality of life.

This powerful dynamic force to re-establish an equilibrium in total attractiveness means that any social program must take into account the eventual shifts that will occur in the many components of attractiveness. As used here, attractiveness is the composite effect of all factors that cause population movement toward or away from an area. Most areas in a country have nearly equal attractiveness most of the time, with only sufficient disequilibrium in attractiveness to account for the shifts in population. But areas can have the same composite attractiveness with different mixes in the components of attractiveness. In one area component



3. Counterintuitive Nature of Social Systems

Our first insights into complex social systems came from our corporate work. Time after time we have gone into a corporation which is having severe and well-known difficulties. The difficulties can be major and obvious such as a falling market share, low profitability, or instability of employment. Such difficulties are known throughout the company and by anyone outside who reads the management press. One can enter such a company and discuss with people in key decision points what they are doing to solve the problem. Generally speaking we find that people perceive correctly their immediate environment. They know what they are trying to accomplish. They know the crises which will force certain actions. They are sensitive to the power structure of the organization, to traditions, and to their own personal goals and welfare. In general, when circumstances are conducive to frank disclosure, people can state what they are doing and can give rational reasons for their actions. In a troubled company, people are usually trying in good conscience and to the best of their abilities to solve the major difficulties. Policies are being followed at the various points in the organization on the presumption that they will alleviate the difficulties. One can combine these policies into a computer model to show the consequences of how the policies interact with one another. In many instances it then emerges that the known policies describe a system which actually causes the troubles. In other words, the known and intended practices of the organization are fully sufficient to create the difficulty, regardless of what happens outside the company or in the marketplace. In fact, a downward spiral develops in which the presumed solution makes the difficulty worse and

thereby causes redoubling of the presumed solution.

The same downward spiral frequently develops in government. Judgment and debate lead to a program that appears to be sound. Commitment increases to the apparent solution. If the presumed solution actually makes matters worse, the process by which this happens is not evident. So, when the troubles increase, the efforts are intensified that are actually worsening the problem.

4. Dynamics of Urban Systems

Our first major excursion outside of corporate policy began in February, 1968, when John F. Collins, former mayor of Boston, became Professor of Urban Affairs at M.I.T. He and I discussed my work in industrial dynamics and his experience with urban difficulties. A close collaboration led to applying to the dynamics of the city the same methods that had been created for understanding the social and policy structure of the corporation. A model structure was developed to represent the fundamental urban processes. The proposed structure shows how industry, housing, and people interact with each other as a city grows and decays. The results are described in my book *Urban Dynamics* and some were summarized in *Technology Review* (April, 1969, pp. 21-31) [3].

I had not previously been involved with urban behavior or urban policies. But the emerging story was strikingly similar to what we had seen in the corporation. Actions taken to alleviate the difficulties of a city can actually make matters worse. We examined four common programs for improving the depressed nature of the central city. One is the creation of jobs as by bussing the unemployed to the suburbs or through governmental jobs as employer of last resort. Second was a training program to increase the skills



unambiguous. It is a language that is clearer, simpler, and more precise than such spoken languages as English or French. Its advantage is in the clarity of meaning and the simplicity of the language syntax. The language of a computer model can be understood by almost anyone, regardless of educational background. Furthermore, any concept and relationship that can be clearly stated in ordinary language can be translated into computer model language.

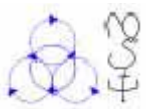
There are many approaches to computer models. Some are naive. Some are conceptually and structurally inconsistent with the nature of actual systems. Some are based on methodologies for obtaining input data that commit the models to omitting major concepts and relationships in the psychological and human reaction areas that we all know to be crucial. With so much activity in computer models and with the same terminology having different meanings in the different approaches, the situation must be confusing to the casual observer. The key to success is not in having a computer; the important thing is how the computer is used. With respect to models, the key is not to computerize a model, but instead to have a model structure and relationships which properly represent the system that is being considered.

I am speaking here of a kind of computer model that is very different from the models that are now most common in the social sciences. Such a computer model is not derived statistically from time-series data. Instead, the kind of computer model I am discussing is a statement of system structure. It contains the assumptions being made about the system. The model is only as good as the expertise which lies behind its formulation. Great and correct theories in physics or in economics are few and far between. A great computer model is distinguished from a poor one by the degree to which it captures more of the

essence of the social system that it presumes to represent. Many mathematical models are limited because they are formulated by techniques and according to a conceptual structure that will not accept the multiple-feedback-loop and nonlinear nature of real systems. Other models are defective because of lack of knowledge or deficiencies of perception on the part of the persons who have formulated them.

But a recently developed kind of computer modeling is now beginning to show the characteristics of behavior of actual systems. These models explain why we are having the present difficulties with our actual social systems and furthermore explain why so many efforts to improve social systems have failed. In spite of their shortcomings, models can now be constructed that are far superior to the intuitive models in our heads on which we are now basing national social programs.

This approach to the dynamics of social systems differs in two important ways from common practice in social sciences and government. There seems to be a common attitude that the major difficulty is shortage of information and data. Once data is collected, people then feel confident in interpreting the implications. I differ on both of these attitudes. The problem is not shortage of data but rather our inability to perceive the consequences of the information we already possess. The system dynamics approach starts with the concepts and information on which people are already acting. Generally these are sufficient. The available perceptions are then assembled in a computer model which can show the consequences of the well-known and properly perceived parts of the system. Generally, the consequences are unexpected.



that we otherwise use as the basis for debating governmental action.

Before going further, I should emphasize that there is nothing new in the use of models to represent social systems. Each of us uses models constantly. Every person in his private life and in his business life instinctively uses models for decision making. The mental image of the world around you which you carry in your head is a model. One does not have a city or a government or a country in his head. He has only selected concepts and relationships which he uses to represent the real system. A mental image is a model. All of our decisions are taken on the basis of models. All of our laws are passed on the basis of models. All executive actions are taken on the basis of models. The question is not to use or ignore models. The question is only a choice among alternative models.

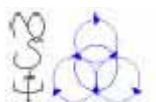
The mental model is fuzzy. It is incomplete. It is imprecisely stated. Furthermore, within one individual, a mental model changes with time and even during the flow of a single conversation. The human mind assembles a few relationships to fit the context of a discussion. As the subject shifts so does the model. When only a single topic is being discussed, each participant in a conversation employs a different mental model to interpret the subject. Fundamental assumptions differ but are never brought into the open. Goals are different and are left unstated. It is little wonder that compromise takes so long. And it is not surprising that consensus leads to laws and programs that fail in their objectives or produce new difficulties greater than those that have been relieved.

For these reasons we stress the importance of being explicit about assumptions and interrelating them in a computer model. Any concept or assumption that can be clearly described in words can be incorporated in a computer model. When done, the

ideas become clear. Assumptions are exposed so they may be discussed and debated.

But the most important difference between the properly conceived computer model and the mental model is in the ability to determine the dynamic consequences when the assumptions within the model interact with one another. The human mind is not adapted to sensing correctly the consequences of a mental model. The mental model may be correct in structure and assumptions but, even so, the human mind — either individually or as a group consensus — is most apt to draw the wrong conclusions. There is no doubt about the digital computer routinely and accurately tracing through the sequences of actions that result from following the statements of behavior for individual points in the model system. This inability of the human mind to use its own mental models is clearly shown when a computer model is constructed to reproduce the assumptions held by a single person. In other words, the model is refined until it is fully agreeable in all its assumptions to the perceptions and ideas of a particular person. Then, it usually happens that the system that has been described does not act the way the person anticipated. Usually there is an internal contradiction in mental models between the assumed structure and the assumed future consequences. Ordinarily the assumptions about structure and internal motivations are more nearly correct than are the assumptions about the implied behavior.

The kind of computer models that I am discussing is strikingly similar to mental models. They are derived from the same sources. They may be discussed in the same terms. But computer models differ from mental models in important ways. The computer models are stated explicitly. The "mathematical" notation that is used for describing the model is



does poorly and the computer does well. Even worse, impossible tasks are attempted while achievable and important goals are ignored.

Until recently there has been no way to estimate the behavior of social systems except by contemplation, discussion, argument, and guesswork. To point a way out of our present dilemma about social systems, I will sketch an approach that combines the strength of the human mind and the strength of today's computers. The approach is an outgrowth of developments over the last 40 years, in which much of the research has been at the Massachusetts Institute of Technology. The concepts of feedback system behavior apply sweepingly from physical systems through social systems. The ideas were first developed and applied to engineering systems. They have now reached practical usefulness in major aspects of our social systems.

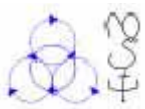
I am speaking of what has come to be called industrial dynamics [1]. The name is a misnomer because the methods apply to complex systems regardless of the field in which they are located. A more appropriate name would be system dynamics. In our own work, applications have been made to corporate policy, to the dynamics of diabetes as a medical system, to the growth and stagnation of an urban area, and most recently to world dynamics representing the interactions of population, pollution, industrialization, natural resources, and food [2]. System dynamics, as an extension of the earlier design of physical systems, has been under development at M.I.T. since 1956. The approach is easy to understand but difficult to practice. Few people have a high level of skill; but preliminary work is developing all over the world. Some European countries and especially Japan have begun centers of education and research.

2. Computer Models of Social Systems

People would never attempt to send a space ship to the moon without first testing the equipment by constructing prototype models and by computer simulation of the anticipated space trajectories. No company would put a new kind of household appliance or electronic computer into production without first making laboratory tests. Such models and laboratory tests do not guarantee against failure, but they do identify many weaknesses which can then be corrected before they cause full-scale disasters.

Our social systems are far more complex and harder to understand than our technological systems. Why, then, do we not use the same approach of making models of social systems and conducting laboratory experiments on those models before we try new laws and government programs in real life? The answer is often stated that our knowledge of social systems is insufficient for constructing useful models. But what justification can there be for the apparent assumption that we do not know enough to construct models but believe we do know enough to directly design new social systems by passing laws and starting new social programs? I am suggesting that we now do know enough to make useful models of social systems. Conversely, we do not know enough to design the most effective social systems directly without first going through a model-building experimental phase. But I am confident, and substantial supporting evidence is beginning to accumulate, that the proper use of models of social systems can lead to far better systems, laws, and programs.

It is now possible to construct in the laboratory realistic models of social systems. Such models are simplifications of the actual social system but can be far more comprehensive than the mental models



رفتار نامحسوس سیستم‌های اجتماعی

جی. و. فارستر

Electrical Engineering-B.S. from the University of Nebraska, industrial management Germeshausen Professor Emeritus, Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology (M.I.T.), a Fellow of the IEEE, a Fellow of the American Academy of Arts and Sciences and Academy of Management, a member of the National Academy of Engineering, and numerous professional societies



Abstract

This paper addresses several issues of broad concern in the United States: population trends; the quality of urban life; national policy for urban growth; and the unexpected, ineffective, or detrimental results often generated by government programs in these areas. The nation exhibits a growing sense of futility as it repeatedly attacks deficiencies in our social system while the symptoms continue to worsen. Legislation is debated and passed with great promise and hope. But many programs prove to be ineffective. Results often seem unrelated to those expected when the programs were planned. At times programs cause exactly the reverse of desired results. It is now possible to explain how such contrary results can happen. There are fundamental reasons why people misjudge the behavior of social systems. There are orderly processes at work in the creation of human judgment and intuition that frequently lead people to wrong decisions when faced with complex and highly interacting systems. Until we come to a much better understanding of social systems, we should expect that attempts to develop corrective programs will continue to disappoint us. The purpose of this paper is to leave with its readers a sense of caution about continuing to depend on the same past approaches that have led to our present feeling of frustration and to suggest an approach which can eventually lead to a better understanding of our social systems and thereby to more effective policies for guiding the future.

Key Words: Counterintuitive; social systems; dynamics; mental model

1. Introduction

It is my basic theme that the human mind is not adapted to interpreting how social systems behave. Our social systems belong to the class called multi-loop nonlinear feedback systems. In the long history of evolution it has not been necessary for man to understand these systems until very recent historical times. Evolutionary processes have not given us the mental

skill needed to properly interpret the dynamic behavior of the systems of which we have now become a part.

In addition, the social sciences have fallen into some mistaken "scientific" practices which compound man's natural shortcomings. Computers are often being used for what the computer does poorly and the human mind does well. At the same time the human mind is being used for what the human mind



سخن صاحب امتیاز

In the name of creative of the creation world



I am very happy of starting to publish journal of *production-economic systems engineering* (MOSTA) in Azad-e-Islamy university (Tehran Oloom Va Tahghighat branch or unit). This journal will publish at next numbers by complete qualified group, if God wants.

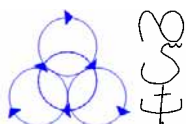
The target of pressing this journal is presenting the scientific-research articles (papers) about of industrial engineering, management complex and economics fields with focus on socio-economic systems engineering and industrial production concentrations (sub-fields) of Industrial or Industries engineering field. Naturally, fields such as: social sciences, mathematics, computer sciences & engineering and some other fields relate to it.

The socio-economic systems engineering is concentration what ratified for establishment at 1995 anno Domini and it is from that concentration what teaches in Iran only, or in a little countries; so, we decided to assign a journal to this subject inside of I.R. Iran so that we can present related specialists scientific ideas, proposals, projects, dissertation and thesis (treatises) in form of article and hence, we can increase growth and promotion of this concentration. It is clear that a field will not only rose, but it will gradually eliminate from university fields, if it isn't dynamic and representing of new and initiative papers is one of the dynamic creation ways. On the other hand, paper pressing derived from these field specialists and

students' researches and ideas in ISI journals is very difficult and time killer; in result, very of them abandon form paper writing and it is stale, even if it presses. In addition, it causes the sciences to come out from Iran and it not to be native. We want to convey scientific- research papers easier and cheaper to the wishful and specialists can press their articles quicker and easier, too.

The debate abstract is that our total object is article pressing for helping to the optimum systems and organizations planning and also prompting Iran's production, industry, social and economy.

Hamid Reza Dehwar Saïdy
MOSTA concessionaire



Scientific-research journal of MoSTA

Concessionaire: Hamid Reza Dehnar Saidy

Manager of director (responsible manager): Hamid Reza Dehnar Saidy

Manager of editor (head director): Keyvan Boloori Siah Khale Sar

Editors: Hamid Reza Dehnar Saidy, Abbas Saghaei

E-mail: Haredes@walla.com

IAU

Pre-number, Volume 1

