

میزان بهره گیری از ماشین‌های کنترل عددی در صنایع تولیدی ایران

رضا حسنوی و محمد علی شفیعا

چکیده: با این فرض که، میزان بهره گیری از لایه‌های فناوری بالاتر از وضعیت سنتی در جامعه صنعتی ایران، تصویری از توانمندی ایجاد شده برای حرکت در جهت توسعه آن ارائه می دهد، مطالعه ای میدانی برای کسب شناخت از وضعیت فن‌آوری‌های متکی به کامپیوتر که بر عدد و رقم تکیه دارند انجام شده است. دامنه‌ای از واحدهای ۱۵۳ گانه تولیدی که، گامهایی در جهت به خدمت‌گیری کامپیوتر برای خودکارسازی تلاشهای خویش در جهت بهسازی کیفی و بهبود بهره وری برداشته، و در روند به خدمت‌گیری فناوری‌های برتر، مصمم‌تر حرکت کرده اند، در این بررسی مطالعه شده اند. مقاله جاری تصویری از میزان بکارگیری این فناوری در صنایع پیش تاز ایران را ترسیم کرده است. این تصویر نشان میدهد که سطح و میزان بهره گیری از ماشین‌های CNC در صنایع تولیدی ایران رو به بهبود است اما در زمینه بکارگیری سیستم‌های DNC و رباتیک و یکپارچگی این فناوریهای پیشرفته ساخت ضعیف بوده و فعالیت‌های بسیاری باید انجام گیرد.

واژه‌های کلیدی: کنترل عددی، کنترل عددی کامپیوتری، رباتها، خودکارسازی

به خدمت‌گیری این امکانات به عنوان نشانه‌ای از توانمندی بهره‌گیری در صنایع ایران مورد پی‌گیری قرار گرفته اند.

۲. کنترل عددی

کنترل عددی NC می‌تواند بعنوان شکلی از خودکاری برنامه‌پذیر که در آن فرآیند ساخت قطعه صنعتی بوسیله «اعداد»، حروف و علائم کنترل می‌شود، تعریف گردد [2]. در NC، اعداد شکل‌دهنده زنجیره‌ای از دستورالعمل‌ها می‌باشند که، برای ساخته شدن یک قطعه طراحی شده است. وقتی قطعه کار تغییر می‌کند، برنامه دستورالعمل‌ها نیز تغییر می‌نماید. قابلیت تغییر برنامه برای هر کار جدید بیانگر قابلیت انعطاف‌پذیری NC می‌باشد. نوشتن برنامه‌های جدید بسیار ساده‌تر از تغییرات عمده در تجهیزات تولیدی است [3]. این مهم، فرصت ایجاد توانائی بالاتر در تولید کننده را سبب می‌شود.

فناوری NC کاربرد فراوانی در نقشه‌کشی، مونتاژ^۳، بازرسی، ورق‌کاری، و جوش نقطه‌ای^۴ دارد. با این حال، کاربرد اصلی

۱. مقدمه

سازمان‌های تولیدی امروز برای پاسخگویی سریع و مؤثر به نیازهای متغیر مشتریان و حفظ بقاء سازمان خود در بازار شدیداً رقابتی، مجبوراند تا زمان و هزینه‌ها را محدود ساخته، بر کیفیت و انعطاف‌پذیری آن بیفزایند. برای دستیابی به این اهداف در روند بهره‌گیری از فناوری مؤثر ملزم به استفاده از فناورهای جدید که دارای این توانائی‌اند می‌باشند [1].

ماشین‌های کنترل عددی^۱ نسل توسعه یافته نظام‌های خودکاری برنامه‌پذیر^۲، و ربات‌ها امتداد این زنجیره تحول فناورانه‌اند. بر اساس شناخت علمی از روند متحول شدن فناوری‌های تولیدی، زنجیره‌ای از رخدادها و نیز ثمرات سخت‌افزاری حاصل ترسیم شده، و طی بررسی میدانی میزان

مقاله در تاریخ ۱۳۸۲/۴/۱۸ دریافت شده و در تاریخ ۱۳۸۳/۷/۱۱ به تصویب نهایی رسیده است.

دکتر رضا حسنوی استادیار دانشگاه صنعتی مالک اشتر،
r_hosnavi@yahoo.com
دکتر محمد علی شفیعا استادیار دانشگاه علم و صنعت ایران،
omidshafia@yahoo.com

³ Assembly

⁴ Spot Welding

¹ Numerical Control

² Programmable Automation

وارد کردن یک کامپیوتر به درون واحد کنترل ماشین‌های NC، کنترل کننده‌های جدیدی را توسعه داد، که منشاء پیدایش ماشین ابزاری بنام «کنترل عددی کامپیوتری» یا CNC شد. چون این ماشین دارای یک واحد حافظه است، برنامه قطعه فقط یکبار به درون واحد کنترل وارد می‌شود. علاوه بر آن رابط کامپیوتری امکان می‌دهد تا اطلاعات میان واحدهای گوناگون سیستم یکپارچه، مانند دیگر ماشین‌های CNC و آدمک‌های آهنی یا روبات‌ها تبادل گردد.

بعداً ماشینگرهای جدیدی به این ماشین اضافه شدند تا، بتوان برنامه‌ها را روی آن اصلاح نمود. واحد کنترل دستگاه‌های CNC جدید همانند یک کامپیوتر شخصی یا PC بوده و تمام قابلیت‌های آن را ارائه می‌دهد [9].

۴. کنترل عددی هدایتی DNC^{۱۲}

این نوع کنترل می‌تواند بعنوان یک سیستم تولیدی تعریف شود که، در آن تعدادی ماشین بطور مستقیم توسط کامپیوتر هدایت می‌گردند. در این سیستم کنترل عددی نوارخوان حذف می‌شود، از اینرو سیستم از یک جزء با اعتماد کم، خلاصی می‌یابد [10].

بجای بکارگیری نوارخوان، برنامه قطعه مستقیماً از حافظه کامپیوتر به ماشین ابزار منتقل می‌گردد. در اصل، برای این منظور یک کامپیوتر بزرگ می‌تواند بکارگرفته شود تا بیش از ۱۰۰ ماشین جداگانه را هدایت کند. کامپیوتر DNC بگونه‌ای طراحی شده تا دستورالعمل‌های هر ماشین ابزار متقاضی را تامین کند. وقتی ماشینی نیازمند فرامین کنترلی است، فوراً به آن ارسال می‌گردند. DNC همچنین مستلزم جمع‌آوری اطلاعات از ماشین ابزار به کامپیوتر و پردازش آن توسط کامپیوتر نیز می‌باشد. [11]

۴-۱. امتیازات DNC

همانطور که CNC نسبت به NC دارای محاسنی است، بکارگیری DNC نیز به عنوان یک سیستم پیشرفته کنترل عددی دارای امتیازاتی است. خلاصه‌ای از این توانمندی‌ها در مورد سیستم‌های DNC چنین است [12]:

- ۱- حذف نوار و نوارخوان، ۲- قابلیت محاسباتی و انعطاف پذیری بیشتر، ۳- ذخیره آسان برنامه‌های قطعه در فایل‌های کامپیوتری، ۴- برنامه‌ها، تحت فایل CLFILE که مسیرهای ابزار براده برداری است ذخیره می‌گردند،

کنترل عددی در فرآیندهای ماشین‌کاری است [4]. قطعات کار در اندازه‌ها و اشکال گوناگون طراحی، و امروزه اکثراً از نظر تعداد تولید در اندازه‌های کوچک و متوسط تولید می‌گردند. برای تولید هر قطعه، ممکن است سلسله عملیات پی در پی از سوراخکاری، تراشکاری یا فرزکاری مورد نیاز باشد. تناسب NC برای این گونه کارها دلیل رشد روز افزون آن در صنعت فلزکاری تلقی می‌شود [5].

سیستم‌های NC بطور گسترده در صنایع فلزکاری نظیر فرزکاری^۱، سوراخکاری^۲ یا مته کاری، عمیق تراشی، تراشکاری^۳، سنگ زنی^۴، اره کاری^۵ بکار گرفته می‌شوند. این فن‌آوری علاوه بر ماشین‌کاری قطعات، در بسیاری عملیات دیگر نظیر پرسکاری^۶، جوشکاری^۷، ترسیم خودکار^۸، کار با اشعه لیزر^۹، ماشینکاری با جت آب^{۱۰} و غیره بکار می‌رود [6]. کنترل عددی می‌تواند از زوایای ذیل، برای تولیدکنندگان جذابیت اجرایی ایجاد کند [7]:

- ۱- کاهش زمانهای غیر تولیدی، ۲- کاهش نیاز به قید و بست، ۳- کاهش زمان تحویل تولید، ۴- انطاف پذیری بیشتر تولید، ۵- بهبود کنترل کیفیت، ۶- کاهش انبارداری، ۷- کاهش نیازمندی به فضای کار و غیره. باید عنایت داشت که هزینه بالای سرمایه‌گذاری، هزینه بالای تعمیر و نگهداری، و نیازمندی به پرسنل کارآموز در NC را باید در زمره گلوگاه‌های این فن‌آوری ذکر کرد.

۳. کنترل عددی کامپیوتری یا CNC^{۱۱}

نسل اول و دوم ماشین ابزارهای NC، از نوار سوراخ شده بعنوان رسانه ورود برنامه به واحد کنترل ماشین استفاده می‌کردند. به عبارت دیگر، در این سطح از فن‌آوری، تسهیلاتی برای ذخیره یک برنامه درون واحد کنترل و اجرای تک به تک فرامین توسط ماشین وجود نداشت [8]. نسل سوم، از فن‌آوری مدارهای مجتمع و حافظه کامپیوتری برخوردارند.

¹ Milling
² Drilling
³ Turning
⁴ Grinding
⁵ Sawing
⁶ Pressing
⁷ Welding M/C
⁸ Automatic Drafting
⁹ Laser Beam
¹⁰ Water Jet
¹¹ Computer Numerical Control (CNC)

¹² Direct Numerical Control

حتی، تعمیرکاران CNC می‌توانند از راه دور مشکلات دستگاه‌های CNC را رفع نمایند. این عمل، زمان و هزینه مورد نیاز برای احضار تعمیرکاران را کاهش می‌دهد. تحولات فن‌آورانه فوق فنآوری ساخت مجازی^۳ را ممکن ساخته که پارادایم تولیدی عصر حاضر است.

۷. ماشین CNC مجازی

در گذشته، مهندسین طراح و ساخت پس از بدست آوردن برنامه قطعه به زبان APT، آن را به درون حافظه CNC منتقل نموده و به کمک چوب یا مواد دیگر، برنامه قطعه را آزمایش می‌کردند. این فرآیند بدلیل اختصاص یک دستگاه CNC به این امر و خارج نمودن آن از خط، زمان و هزینه زیادی را صرف می‌کرد. اما هم اکنون، به کمک نرم‌افزارهای تصحیح مسیر ابزار^۴، دستگاه‌های CNC با ۵ محور همزمان در مانیتور کامپیوتر شبیه‌سازی شده و برنامه قطعه به آن تحویل داده می‌شود. بدین ترتیب خطایابی برنامه بطور تصویری روی مانیتور انجام می‌گیرد. نرم‌افزارهای Vericut و Anvil Express از جمله این نرم‌افزارها می‌باشند که CNC مجازی در اختیار کاربر قرار می‌دهد [15].

۸. ماشین برنامه‌پذیر یا ربات

آدمک آهنین موسوم به ربات صنعتی، یک ماشین همه منظوره و برنامه‌پذیر است که، ویژگی‌های خاصی از انسان را دارا می‌باشد. یکی از ویژگی‌های مهم و شبیه انسان این ماشین، بازوی آن است که نقش فعالیت‌های مکانیکی و حرکتی مشابه انسان را ایفا می‌کند. این بازو به‌مراهم ظرفیت برنامه‌پذیری روبات، آن را بطور ایده آل برای انجام کارهای تولیدی تکراری گوناگونی همچون بار گذاری ماشین^۵، جوشکاری نقطه‌ای^۶، نقاشی به صورت پاشیدن رنگ^۷، و مونتاژ یا سرهم کردن اجزاء مناسب ساخته است. روبات می‌تواند برنامه‌ریزی شود تا یک سلسله از حرکات مکانیکی را مکرراً انجام دهد. [16]

میزان بهره‌گیری از ماشین‌های کنترل عددی در صنایع تولیدی ایران ۵- گزارش کارآئی کارگاه، ۶- چهار چوبی برای تحول کارخانه خودکار کامپیوتری آینده بوجود می‌آورد.

۵. سیستم‌های ترکیبی DNC/CNC

ترکیب DNC، CNC فرصتی را فراهم می‌آورد تا، قابلیت‌های جدیدی در سیستم‌های تولیدی کامپیوتری بوجود آید. مطمئناً امتیاز آشکار ترکیب DNC با CNC حذف بکارگیری نوار بعنوان وسیله ورودی ماشین‌های CNC است. کامپیوتر DNC برنامه را مستقیماً به حافظه کامپیوتر CNC وارد می‌کند. برخلاف واحد کنترل ماشین در یک سیستم DNC معمولی، کنترل کننده CNC ظرفیت کافی برای قبول تمام برنامه را دارد. بجای بار کردن سطر به سطر یا قطعه به قطعه^۱ برنامه در حافظه، در CNC کل برنامه به طور یک مرتبه در حافظه CNC بار می‌شود. این امر موجب کاهش ارتباطات مورد نیاز مابین کامپیوتر مرکزی و هر ماشین ابزار می‌گردد. [13]

۶. نسل آینده ماشینکاری CNC

در فنآوری‌های گذشته کنترل عددی، جریان اطلاعات به آهستگی صورت می‌گرفت. اما هم اکنون، داده‌ها با سرعت هرچه تمام‌تر از درون شبکه‌های کامپیوتری میان سازمان‌ها تبادل می‌گردند. برخی تحولات جاری کنترل عددی به شرح ذیل می‌باشد [14]:

ماشین CNC از طریق شبکه کامپیوتری کنترل می‌شود. دستگاه‌های CNC به تدریج از حالت جزائر اتوماسیون در سطح کارگاه خارج شده، و از راه دور کنترل خواهند شد. برخی دستگاه‌های CNC هم اکنون می‌توانند در شبکه قرار گرفته و تبادل دوطرفه داشته باشند. این امر، بهره‌وری آنها را افزایش می‌دهد. اندازه‌گیری و کیفیت در سرتاسر فرآیند یکپارچه می‌گردد. اطلاعاتی که از قطعه در حال ساخت در شبکه ارائه می‌گردد، می‌تواند توسط سیستم‌های خودکار اندازه‌گیری و کیفیت مورد بررسی قرار گرفته و به محض خروج از استاندارد، دستورات لازم به ماشین CNC ارائه گردد تا پارامترهای ساخت تغییر کند.

محدودیت سرعت ماشین کاری سنتی کنار گذاشته می‌شود. دستگاه‌های CNC سطح کارگاه با تامین کنندگان در یک شبکه قرار گرفته و تولید به موقع یا JIT^۲ را تحقق می‌بخشند.

³ Virtual Manufacturing

⁴ Tool Path Verification

⁵ Machine Loading

⁶ Spot Welding

⁷ Spray Painting

¹ Block

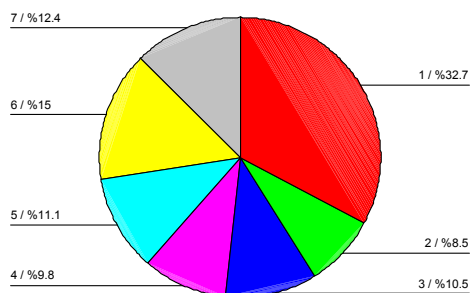
² Just - In - Time

بدلیل وجود حساسیت‌های خاص، دریافت اطلاعات درباره تعداد نیروهای متخصص و تیراژ تولید و برخی موارد دیگر با مشکل مواجه بود.

به کمک سیستم ارزشگذاری لیکرت^۴، میزان بکارگیری، مدرن بودن، و سرمایه‌گذاری در سیستم‌های کنترل عددی این سازمان‌ها مورد پرسش قرار گرفت. سئوالات و نتایج آماری به شرح ذیل می‌باشد:

الف) تا چه حد سازمان شما در سطح کارگاه برای انجام فعالیت‌های ساخت، از سیستم‌ها و دستگاه‌های زیر بهره می‌برید؟ (دور یک عدد دایره بکشید).

عالی	هیچ						
۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	ماشین‌های NC
۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	ماشین‌های CNC
۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	سیستم‌های DNC
۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	سیستم‌های Robotic



شکل ۱. نمودار میزان بکارگیری NC در ۱۵۳ سازمان تولیدی ایران

میزان بکارگیری NC در جامعه مورد مطالعه چنین است:

۳۲/۷٪ هیچ (۱)	۱۱/۱٪ خوب (۵)
۸/۵٪ بسیار کم (۲)	۱۵٪ خیلی خوب (۶)
۱۰/۵٪ کم (۳)	۱۲/۴٪ عالی (۷)
۹/۸٪ متوسط (۴)	

در یک نگاه کلی حدود ۴۸٪ از جامعه فوق در حد «متوسط» و «بالای متوسط» از NC استفاده می‌نمایند.

۸-۱. روبات‌های اینترنتی

روبات‌های کنترل از راه دور^۱ از سالهای ۱۹۴۰ مطرح شده و توسط متخصصین خبره در فضا، زیر دریا، و محیط‌های اتمی بکار گرفته می‌شدند. دسته جدیدی از روبات‌های کنترل از راه دور از طریق اینترنت قابل دسترس هستند. روبات‌های در خط^۲ به هرکس در اینترنت امکان می‌دهد تا از راه دور یک روبات را کنترل کند، مثلاً در سطح کارگاه تولیدی حرکت کند، از موزه دیدن نماید، باغبانی، غواصی کرده و یک کریستال پروتئین را بدست گیرد [17].

کنترل روبات‌های صنعتی از طریق شبکه‌های کامپیوتری زمینه‌ساز تحقق ساخت و تولید الکترونیکی و اینترنتی آینده است. روبات‌های اینترنتی با تعدادی مشکل فنی مواجه هستند. علاوه بر مشکلات مربوط به تاخیر زمان، کنترل نظارتی، و پایایی، روبات‌های اینترنتی باید برای استفاده افراد غیر خبره نیز طراحی شده و ۲۴ ساعته قابل دسترس باشند. بامطرح شدن سخت‌افزار و استانداردهای اینترنتی جدید مانند پروتکل‌های بی‌سیم^۳، پخش مستقیم صوت/تصویر، قابلیت‌های جدیدی در این نوع روبات‌ها قرارداد است [18].

۹. مطالعه موردی

بمنظور دریافت تصویری واقعی از وضعیت بکارگیری انواع ماشین‌ها و سیستم‌های کنترل عددی در ایران در نیمه دوم سال ۱۳۸۱، داده‌های ۱۵۳ سازمان تولیدی با استفاده از پرسشنامه و مصاحبه جمع‌آوری شد [۱۹].

ویژگیهای صنایع تولیدی مورد مطالعه به شرح ذیل می‌باشد:

- همگی آنها در طراحی و ساخت قطعات ساده و پیچیده مکانیکی درگیر بوده و به نوعی در سطوح گوناگون از ماشین‌های کنترل عددی در فرآیند ساخت استفاده می‌نمایند.
- حدود ۱۴٪ از جامعه مورد مطالعه، دارای خط تولید گسترده بوده و جزء سازمانهای بزرگ تولیدی کشور محسوب می‌شوند.

- حدود ۸۶٪ سازمانهای مورد مطالعه از شرکت‌ها و صنایع تولیدی کوچک و یا متوسطی تشکیل یافته اند که اکثریت آنها تامین کنندگان قطعات برای صنایع خودروسازی می‌باشند.

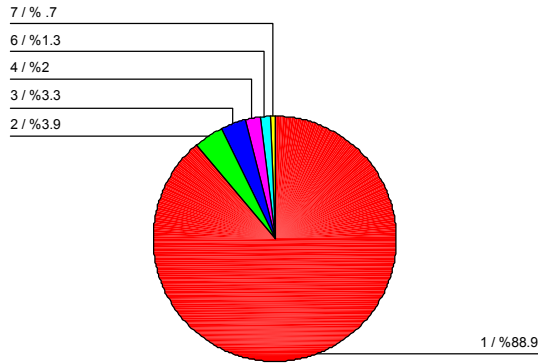
- حدود ۳۵٪ آنها دولتی و بقیه نیز خصوصی هستند.

¹ Remote- Controlled Robots

² Online- Robots

³ Wireless Protocols

⁴ Likert

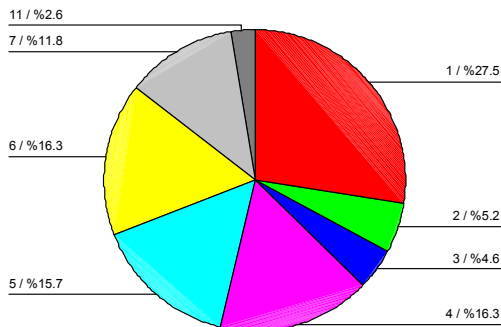


شکل ۴. نمودار میزان استفاده از سیستم های رباتیک در ۱۵۳ سازمان تولیدی ایران

نمودار نشان می دهد که میزان بکارگیری سیستم های رباتیک در جامعه آماری مورد مطالعه بسیار اندک است.

ب) تجهیزات سخت افزاری و نرم افزاری در سازمان شما تا چه حدی «به روز» یا مدرن است؟

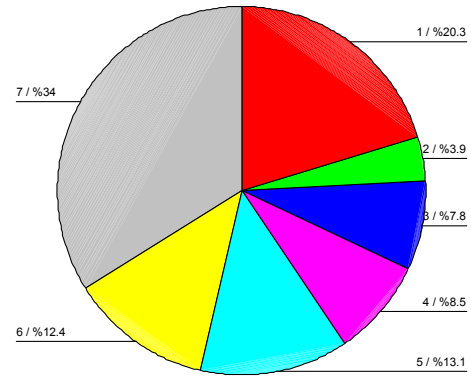
هیچ	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	عالی
۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۷	دستگاه های CNC
۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۷	دستگاه های Robotic



شکل ۵. نمودار میزان مدرن و به روز بودن دستگاه های CNC در ۱۵۳ سازمان تولیدی ایران

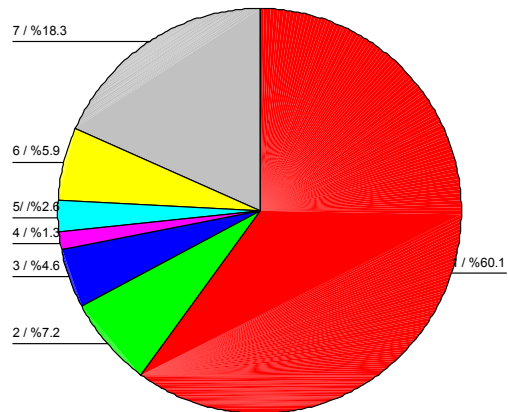
سازمان هایی که به سؤال جواب نداده اند با کد ۱۱ مشخص شده اند.

نمودار نشان می دهد که حدود نیمی از سازمان های تولیدی مورد مطالعه از نظر مدرن بودن دستگاه های CNC در وضعیت نسبتاً مناسبی قرار دارند.



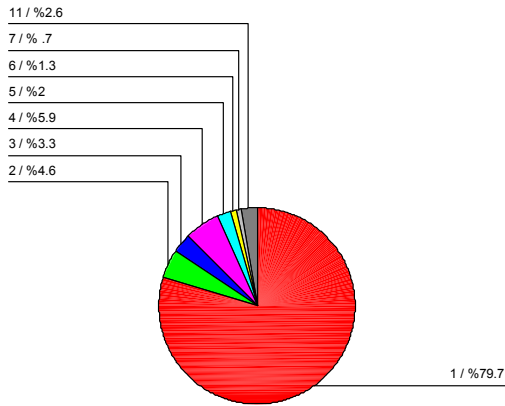
شکل ۲. نمودار میزان استفاده از دستگاه CNC در ۱۵۳ سازمان تولیدی ایران

همانگونه که نمودار نشان می دهد حدود ۶۸٪ از جامعه آماری فوق در حد «متوسط» و «بالای متوسط» از دستگاه های CNC بهره می گیرند. این آمار وضعیت نسبتاً خوبی را از نظر بکارگیری سیستم های CNC توسط این جامعه آماری نشان می دهد.

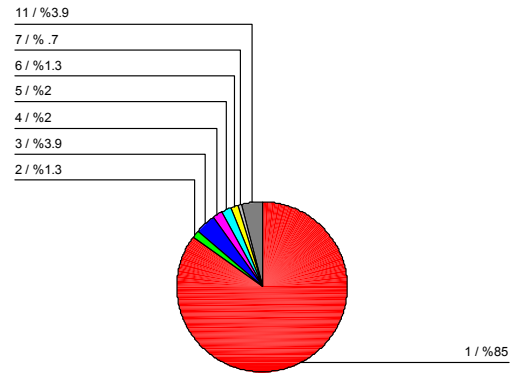


شکل ۳. نمودار میزان استفاده از سیستم کنترل عددی مستقیم یا DNC در ۱۵۳ سازمان تولیدی ایران

نمودار نشان می دهد که بیش از ۷۲٪ از جامعه مذکور در حد «پایین تر از متوسط» از DNC استفاده می کنند. در این میان سهم سازمان هایی که DNC ندارند، ۶۰٪ است. این امر نشان دهنده عدم وجود یکپارچگی میان دستگاه های CNC و شبکه های کامپیوتری در بیشتر سازمان های تولیدی مورد مطالعه است.



شکل ۸. نمودار میزان سرمایه‌گذاری در سیستم‌های رباتیک



شکل ۶. نمودار میزان مدرن بودن سیستم‌های رباتیک در ۱۵۳ سازمان تولیدی ایران

با توجه به استفاده بسیار نادر از سیستم‌های رباتیک در سازمان‌های تولیدی مورد مطالعه، میزان سرمایه‌گذاری نیز در این نوع سیستم‌ها وضع مطلوبی ندارد.

۱۰. راه کارها و پیشنهادات

با توجه به یافته‌های تحقیق و تجربیات صنعتی محقق در طی ۱۷ سال گذشته، به منظور بهره‌گیری مناسب از فناوری‌های پیشرفته کنترل عددی و ساخت در محیط شدیداً رقابتی امروز، راه کارهای ذیل پیشنهاد می‌گردد:

۱. توجه راهبردی سازمان تولیدی به محیط شدیداً رقابتی منطقه‌ای و جهانی و پارادایم دیجیتال حاکم در حوزه ساخت و تولید.

۲. افزایش تعهد مدیریت نسبت به پیاده‌سازی و بکارگیری فن‌آوری‌های طراحی، تولید، و مهندسی به کمک کامپیوتر^۱ در فرآیندهای ساخت و تولید.

۳. آموزش نیروی انسانی و توجیه آنها بمنظور کاستن مقاومت آنان در برابر تغییر فناورانه از فن‌آوری‌های سنتی طراحی/تولید به فن‌آوری‌های نوین کامپیوتری.

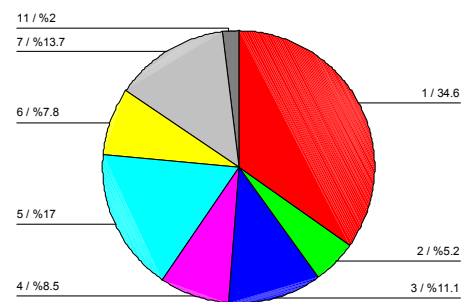
۴. افزایش مشارکت مهندسی کارکنان و ارزش قائل شدن به کارکنانی که در فعالیتهای تخصصی با همکاران خود یکپارچگی بیشتری نشان می‌دهند.

۵. پیاده‌سازی استانداردهای مدیریتی و سیستمی ISO بمنظور انتقال سازمان تولیدی به شرایط رقابت در کلاس جهانی.

باتوجه به استفاده بسیار اندک سیستم‌های رباتیک در این جامعه آماری، انتظار می‌رفت که وضع مطلوبی هم در مدرن بودن سیستم‌های رباتیک وجود نداشته باشد. ۳/۹ درصد از جامعه مذکور به این سؤال جواب نداده‌اند که با کد ۱۱ مشخص شده‌اند.

ج) در طی دو سال گذشته، سازمان شما تا چه حدی منابع (پول، زمان، و افراد) در برنامه‌های ذیل سرمایه‌گذاری نموده است؟ (دور یک عدد دایره بکشید)

عالی	هیچ						
۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	دستگاههای CNC
۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	دستگاههای Robotic



شکل ۷. میزان سرمایه‌گذاری در دستگاه‌های CNC در ۱۵۳ سازمان تولیدی ایران

نمودار نشان می‌دهد که ۴۷٪ از سازمان‌های مذکور در حد «متوسط» و «بالای متوسط» در زمینه CNC سرمایه‌گذاری نموده است.

¹ CAD/CAM/CAE

۱۱. خلاصه و نتیجه گیری

در این مقاله پس از مرور ادبیات انواع سیستم‌های کنترل عددی NC، CNC، DNC، و ماشین برنامه‌پذیر روبات، داده‌های ۱۵۳ سازمان تولیدی از نظر میزان بکارگیری، سرمایه‌گذاری و مدرن بودن این سیستم‌ها مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد که سازمان‌های مورد مطالعه از دستگاه‌های CNC در سطح کارگاه «بیش از حد متوسط» استفاده می‌نمایند و سطح کاربری این دستگاه‌ها از دستگاه‌های NC بالاتر است. با این حال، جامعه مذکور از نظر بکارگیری و سرمایه‌گذاری در سیستم‌های کنترل عددی مستقیم DNC «ضعیف» و در سیستم‌های روباتیک «بسیار ضعیف» می‌باشد. این یافته‌ها و راه کارهای ارائه شده می‌توانند مبنایی برای تصمیم‌گیری نهادهای سیاست‌گذار صنعتی کشور در مورد سیستم‌های کنترل عددی و فنآوری‌های پیشرفته ساخت باشند.

مراجع

- [1] Patric Waurzyniak, "Digital Manufacturing Taking hold", Manufacturing Engineering, January 2003, Vol.130 No.1.
- [2] John R. Walker, "Machining Fundamentals: From Basic To Advanced Techniques", Goodheart – Willcox Co; Dec. 1994.
- [3] Koren, Y. "Computer Control of Manufacturing Systems", McGraw-Hill, New York, 1983.
- [4] Michael L. Lynch, Mike Lynch, "Computer Numerical Controls for Machining", Mc Graw-Hill; Nov. 1991.
- [5] Mike Mattson, "CNC Programming Principles and Applications", Delmar Learning, March 2001.
- [6] Thomas Crandell, "Introduction to CNC Machining & Programming 2ND Edition", Industrial Press, Sep. 2002.
- [7] James v. Valentino, Joseph Goldenberg, "Introduction to Computer Numerical Control (CNC) (2nd Edition)", Prentice Hall, 1999.
- [8] Ken Evans, "Programming of CNC Machines: Student Workbook", Industrial Press, 2003.
- [9] Groover, M.P., "Automation, Production Systems, and Computer Aided Manufacturing", Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.Y, 1980.

میزان بهره‌گیری از ماشین‌های کنترل عددی در صنایع تولیدی ایران

۶. برنامه‌ریزی و هدایت متمرکز فعالیت‌های CAD/CAM/CAE و نهادینه کردن آنها.
۷. تبدیل ماشین‌های NC موجود به ماشین‌های CNC بمنظور قراردعی آنها در شبکه کامپیوتری. توجه داشته باشید که گاهی خرید دستگاه CNC مقرون به صرفه‌تر از تبدیل NC به CNC می‌باشد.
۸. شبکه‌نمودن تمام بخش‌های گوناگون اندازه‌گیری، طراحی، ساخت، و مهندسی به کمک کامپیوتر به گونه‌ای که نوعی تولید بدون کاغذ^۱ در سازمان حاکم باشد. این امر مستلزم کامپیوتری کردن واحدهای کنترل تجهیزات اندازه‌گیری و ساخت می‌باشد.
۹. تلاش در جهت اتصال شبکه داخلی CAD/CAM/CAE به شبکه‌های بیرون از سازمان با حفظ مسائل امنیت فایل‌ها و داده‌ها.
۱۰. حفظ سازگاری نرم‌افزاری - سخت‌افزاری در میان تمامی بخش‌های سیستم CAD/CAM/CAE سازمان به گونه‌ای که فایل‌های خروجی هر بخش توسط بخش‌های دیگر مورد قبول واقع شود. با توجه به وجود نرم‌افزارهای گوناگون CAD/CAM/CAE که هر یک نقاط قوت و ضعف خاص خود را دارند، بهتر است یکی از نرم‌افزارهای CAD/CAM، و CAE را بعنوان نرم‌افزار سازمانی انتخاب نمود و در رابطه با قابلیت‌های دیگر نرم‌افزارها، به آنها بر اساس نیاز رجوع کرد. تجربه نشان می‌دهد که افزایش تنوع نرم‌افزارها در این حوزه اگر هدفمند نباشد، می‌تواند مشکلات ناسازگاری فایل‌ها^۲ در بخش‌های گوناگون را افزایش داده و بهره‌وری را کم نماید.
۱۱. سرمایه‌گذاری نرم‌افزاری - سخت‌افزاری در بخش‌های گوناگون طراحی، تولید، و مهندسی به کمک کامپیوتر بمنظور به روزسازی این فنآوری‌ها. این سرمایه‌گذاری فنآورانه بدون توجه به آماده‌سازی زیرساخت‌های فرهنگی، ساختاری، و امنیتی بهره‌وری سازمان را افزایش نخواهد داد.
۱۲. سرمایه‌گذاری در تربیت نیروی انسانی متخصص بمنظور افزایش توان بکارگیری فنآوری‌های نوین کامپیوتری. با تأکید بر تجربیات موجود می‌توان به جرات بیان نمود که اولویت سرمایه‌گذاری در حوزه کنترل عددی کامپیوتری و CAD/CAM/CAE، آموزش نیروی انسانی است که دانش بکارگیری این فنآوری را داشته باشند.

¹ Paperless Manufacturing

² File Incompatibility

[16] Mckerrow, P.J, "Introduction to Robotics", Addison – Wesley, 1991.

[17] Dschutz, W.Burgard, D.Fox, S.thrun, and A.B. Creemers, "Web Interfaces for mobile robots in public places", IEEE Robotics & Automotion Magazine, Vol. 7, No. 1, March 2000.

[18] Justin Mullins, "Your Wish is my Command", New Scientist Magazine, Vol. 172, 22/12/2001, P62.

[۱۹] رضا حسنوی، «مدل سنجش تاثیر یکپارچه سازی مجازی CAD/CAM/CAE بر بقاء سازمان تولیدی»، پایان نامه دکتری دانشکده صنایع، دانشگاه علم و صنعت، ۱۳۸۲.

[10] The Ultimate DNC: "Direct CNC Networking (DCN)", Creative Technology Corporation. 1996.

[11] Lawrence S.Gould, "GM's Metal Fabricating Division Stams its CAD/CAM", Automotive Design & Production, 2003.

[12] Creative Techno Corporation, "The ultimate DNC; Direct CNC Networking (DCN)", Modern Machine Shop, 1996.

[13] Hans B.Kiet, "CNC for Industry", Hanser Gardner Publications, 2000.

[14] Peter Zelinski, "CNC Machining: The Next Generation", Metalworking Magazine, 2002.

[15] Joel orr, "Simulation and Design Dialectic", may 2002.