

دانشگاه پیام نور  
پی

## طراحی و ساخت به کمک کامپیوتر

دکتر مقصود شلونندی

«عضو هیأت علمی دانشگاه تبریز»

دکتر آیدین سلیمی اصل

«عضو هیأت علمی دانشگاه پیام نور»

امروزه کتاب‌خوانی و علم‌آموزی، نه تنها یک وظیفه‌ی ملی، که یک واجب دینی است.

### مقام معظم رهبری

در عصر حاضر یکی از شاخصه‌های ارزیابی رشد، توسعه و پیشرفت فرهنگی هر کشوری میزان تولید کتاب، مطالعه و کتاب‌خوانی مردم آن مرز و بوم است. ایران اسلامی نیز از دیرباز تاکنون با داشتن تمدنی چندهزارساله و مراکز متعدد علمی، فرهنگی، کتابخانه‌های معتبر، علما و دانشمندان بزرگ با آثار ارزشمند تاریخی، سرآمد دولت‌ها و ملت‌های دیگر بوده و در عرصه‌ی فرهنگ و تمدن جهانی به‌سان خورشیدی تابناک همچنان می‌درخشد و با فرزندان نیک‌نهاد خویش هنرنمایی می‌کند. چه کسی است که در دنیا با دانشمندان فرزانه و نام‌آور ایرانی همچون ابوعلی سینا، ابوریحان بیرونی، فارابی، خوارزمی و ... همچنین شاعران برجسته‌ای نظیر فردوسی، سعدی، مولوی، حافظ و ... آشنا نباشد و در مقابل عظمت آنها سر تعظیم فرود نیاورد. تمامی این افتخارات ارزشمند، برگرفته از میزان عشق و علاقه فراوان ملت ما به فراگیری علم و دانش از طریق خواندن و مطالعه منابع و کتاب‌های گوناگون است. به شکرانه‌ی الهی، تاریخ و گذشته ما، همیشه درخشان و پر بار است. ولی اکنون در این زمینه در چه جایگاهی قرار داریم؟ آمار و ارقام ارائه‌شده از سوی مجامع و سازمان‌های فرهنگی در مورد سرانه‌ی مطالعه‌ی هر ایرانی، برایمان چندان امیدوارکننده نمی‌باشد و رهبر معظم انقلاب اسلامی نیز از این وضعیت بارها اظهار گله و ناخشنودی نموده‌اند.

کتاب، دروازه‌ای به سوی گستره‌ی دانش و معرفت است و کتاب خوب، یکی از بهترین ابزارهای کمال بشری است. همه‌ی دستاوردهای بشر در سراسر عمر جهان، تا آنجا که قابل کتابت بوده است، در میان دست‌نوشته‌هایی است که انسان‌ها پدید آورده و می‌آورند. در این مجموعه‌ی بی‌نظیر، تعالیم الهی، درس‌های پیامبران به بشر، و همچنین علوم مختلفی است که سعادت بشر بدون آگاهی از آنها امکان‌پذیر نیست. کسی که با دنیای زیبا و زندگی‌بخش کتاب ارتباط ندارد بی‌شک از مهم‌ترین دستاورد انسانی و نیز از بیشترین معارف الهی و بشری محروم است. با این دیدگاه، به‌روشنی می‌توان ارزش و مفهوم رمزی عمیق در این حقیقت تاریخی را دریافت که اولین خطاب خداوند متعال به پیامبر گرامی اسلام (ص) این است که «بخوان!» و در اولین

سوره‌ای که بر آن فرستاده‌ی عظیم‌الشان خداوند، فرود آمده، نام «قلم» به تجلیل یاد شده‌است: «إِقْرَأْ وَ رَبُّكَ الْأَكْرَمُ. الَّذِي عَلَّمَ بِالْقَلَمِ» در اهمیت عنصر کتاب برای تکامل جامعه‌ی انسانی، همین بس که تمامی ادیان آسمانی و رجال بزرگ تاریخ بشری، از طریق کتاب جاودانه مانده‌اند.

دانشگاه پیام‌نور با گستره‌ی جغرافیایی ایران شمول خود با هدف آموزش برای همه، همه‌جا و همه‌وقت، به‌عنوان دانشگاهی کتاب‌محور در نظام آموزش عالی کشورمان، افتخار دارد جایگاه اندیشه‌سازی و خردورزی بخش عظیمی از جوانان جویای علم این مرز و بوم باشد. تلاش فراوانی در ایام طولانی فعالیت این دانشگاه انجام پذیرفته تا با بهره‌گیری از تجربه‌های گرانقدر استادان و صاحب‌نظران برجسته کشورمان، کتاب‌ها و منابع آموزشی درسی شاخص و خودآموز تولید شود. در آینده هم، این مهم با هدف ارتقای سطح علمی، روزآمدی و توجه بیشتر به نیازهای مخاطبان دانشگاه پیام‌نور با جدیت ادامه خواهد داشت. به‌طور قطع استفاده از نظرات استادان، صاحب‌نظران و دانشجویان محترم، ما را در انجام این وظیفه‌ی مهم و خطیر یاری‌رسان خواهد بود. پیشاپیش از تمامی عزیزانی که با نقد، تصحیح و پیشنهادهای خود ما را در انجام این وظیفه‌ی خطیر یاری می‌رسانند، سپاسگزاری می‌نماییم. لازم است از تمامی اندیشمندانی که تاکنون دانشگاه پیام‌نور را منزلگه اندیشه‌سازی خود دانسته و ما را در تولید کتاب و محتوای آموزشی درسی یاری نموده‌اند، صمیمانه قدردانی گردد. موفقیت و بهروزی تمامی دانشجویان و دانش‌پژوهان عزیز آرزوی همیشگی ما است.

دانشگاه پیام‌نور

## فهرست مطالب

|  |       |
|--|-------|
| پیشگفتار.....  | سیزده |
| فصل اول. آشنایی با تکنولوژی طراحی و تولید به کمک کامپیوتر (CAD/CAM)..... | ۱     |
| هدف‌های کلی.....   | ۱     |
| هدف‌های یادگیری.....   | ۱     |
| مقدمه.....   | ۱     |
| ۱-۱ طراحی به کمک کامپیوتر (CAD).....                                     | ۲     |
| ۲-۱ تولید به کمک کامپیوتر (CAM).....                                     | ۳     |
| ۳-۱ کاربرد مستقیم کامپیوتر در تولید.....                                 | ۴     |
| ۴-۱ کاربرد غیرمستقیم کامپیوتر در تولید.....                              | ۵     |
| ۵-۱ کاربرد کامپیوتر در چرخه تولید.....                                   | ۶     |
| ۶-۱ انواع تولید.....   | ۸     |
| ۷-۱ کاربرد کامپیوتر در اتوماسیون.....                                    | ۱۰    |
| ۸-۱ مزایای CAD/CAM.....  | ۱۲    |
| ۹-۱ کاربرد CAD/CAM.....  | ۱۳    |
| ۱۰-۱ مثال عملی.....  | ۱۵    |
| خلاصه فصل اول.....   | ۱۶    |
| خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل اول.....                                      | ۱۷    |
| خودآزمایی تشریحی فصل اول.....  | ۱۷    |
| فصل دوم. تکنولوژی کامپیوتر.....  | ۱۹    |
| هدف‌های کلی.....   | ۱۹    |
| هدف‌های یادگیری.....   | ۱۹    |
| مقدمه.....   | ۱۹    |

|    |   |
|----|---|
| ۲۰ | ۱-۲ سخت افزار کامپیوتر .....  |
| ۲۱ | ۲-۲ سخت افزار مورد نیاز برای طراحی .....                              |
| ۲۲ | ۱-۲-۲ ایستگاه کاری طراحی .....  |
| ۲۲ | ۲-۲-۲ دستگاه های ورودی .....  |
| ۲۲ | ۳-۲-۲ دستگاه های خروجی و پلاترها .....                                |
| ۲۳ | ۴-۲-۲ واحد پردازش مرکزی (CPU) یا کامپیوتر مرکزی .....                 |
| ۲۳ | ۵-۲-۲ انباره ثانوی .....  |
| ۲۳ | ۳-۲ نرم افزار کامپیوتر .....  |
| ۲۴ | ۴-۲ زبان های برنامه نویسی .....                                       |
| ۲۵ | ۱-۴-۲ زبان ماشین و زبان اسمبلی .....                                  |
| ۲۶ | ۲-۴-۲ زبان های سطح بالا .....   |
| ۲۶ | ۵-۲ سیستم عامل .....  |
| ۲۷ | ۶-۲ انواع کامپیوتر .....  |
| ۲۸ | ۱-۶-۲ کامپیوتر های شخصی .....   |
| ۲۸ | ۲-۶-۲ کامپیوتر های کوچک .....   |
| ۲۹ | ۳-۶-۲ کامپیوتر های پردازنده مرکزی .....                               |
| ۲۹ | ۴-۶-۲ ابر کامپیوترها .....  |
| ۳۰ | ۷-۲ شبکه های کامپیوتری .....  |
| ۳۰ | ۱-۷-۲ شبکه گسترده WAN .....   |
| ۳۱ | ۲-۷-۲ شبکه محلی LAN .....   |
| ۳۳ | خلاصه فصل دوم .....   |
| ۳۳ | خودآزمایی چهارگزینه ای فصل دوم .....                                  |
| ۳۴ | خودآزمایی تشریحی فصل دوم .....  |
| ۳۵ | فصل سوم. تکنولوژی طراحی به کمک کامپیوتر (CAD) .....                   |
| ۳۵ | هدف های کلی .....   |
| ۳۵ | هدف های یادگیری .....   |
| ۳۵ | مقدمه .....   |
| ۳۶ | ۱-۳ مراحل طراحی .....   |
| ۳۸ | ۲-۳ فرایند طراحی مهندسی .....   |
| ۳۸ | ۳-۳ کاربرد کامپیوتر در طراحی .....                                    |
| ۳۹ | ۴-۳ دلایل استفاده از تکنولوژی طراحی به کمک کامپیوتر .....             |
| ۴۰ | ۵-۳ موارد استفاده از کامپیوتر در سیستم های مدرن طراحی کامپیوتری ..... |
| ۴۱ | ۶-۳ کاربرد کامپیوتر در نقشه کشی .....                                 |
| ۴۵ | ۷-۳ روش های طراحی .....   |
| ۴۵ | ۱-۷-۳ طراحی پارامتری .....  |

|          |   |
|----------|---|
| ۴۸.....  | ۲-۷-۳ روش طراحی تغییراتی.....                   |
| ۴۹.....  | ۸-۳ مدل‌سازی هندسی.....                         |
| ۵۱.....  | ۹-۳ روش‌های مدل‌سازی.....                       |
| ۵۱.....  | ۱-۹-۳ مدل‌سازی سیمی.....                        |
| ۵۲.....  | ۱-۱-۹-۳ مدل سیمی دوبعدی.....                    |
| ۵۲.....  | ۲-۱-۹-۳ مدل سیمی دو و نیم بعدی.....             |
| ۵۲.....  | ۳-۱-۹-۳ مدل سیمی سه‌بعدی.....                   |
| ۵۳.....  | ۱۰-۳ توصیف ریاضی منحنی‌ها.....                  |
| ۶۱.....  | ۱۱-۳ نمایش پارامتریک منحنی‌های تحلیلی.....      |
| ۶۱.....  | ۱-۱۱-۳ مروری بر جبر برداری.....                 |
| ۶۴.....  | ۲-۱۱-۳ خطوط.....                                |
| ۷۴.....  | ۳-۱۱-۳ دواپر.....                               |
| ۷۷.....  | ۴-۱۱-۳ بیضی‌ها.....                             |
| ۷۹.....  | ۵-۱۱-۳ سهمی‌ها.....                             |
| ۸۰.....  | ۶-۱۱-۳ هذلولی‌ها.....                           |
| ۸۱.....  | ۱۲-۳ نمایش پارامتریک منحنی‌های ترکیبی.....      |
| ۸۳.....  | ۱-۱۲-۳ Spline‌های مکعبی هرमित.....              |
| ۸۴.....  | ۲-۱۲-۳ Bezier منحنی‌های.....                    |
| ۸۶.....  | ۳-۱۲-۳ B-spline منحنی‌های.....                  |
| ۸۷.....  | ۱۳-۳ مدل‌سازی صفحه‌ای.....                      |
| ۸۸.....  | ۱۴-۳ روش‌های مختلف تعریف و ساختن سطوح.....      |
| ۹۲.....  | ۱۵-۳ مدل‌سازی حجمی یا جامدات.....               |
| ۹۳.....  | ۱۶-۳ روش‌های مدل‌سازی حجمی.....                 |
| ۱۰۰..... | ۱۷-۳ مزایای طراحی به کمک کامپیوتر (CAD).....    |
| ۱۰۱..... | ۱۸-۳ بهره‌وری در طراحی.....                     |
| ۱۰۱..... | ۱۹-۳ مساعدت طراحی به تولید.....                 |
| ۱۰۲..... | خلاصه فصل سوم.....                              |
| ۱۰۲..... | خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل سوم.....             |
| ۱۰۴..... | خودآزمایی تشریحی فصل سوم.....                   |
| ۱۰۵..... | فصل چهارم. تکنولوژی مهندسی به کمک کامپیوتر..... |
| ۱۰۵..... | هدف‌های کلی.....                                |
| ۱۰۵..... | هدف‌های یادگیری.....                            |
| ۱۰۵..... | مقدمه.....                                      |
| ۱۰۶..... | ۱-۴ تحلیل مهندسی.....                           |
| ۱۰۷..... | ۲-۴ روش اجزاء محدود.....                        |

|         |  |     |
|---------|--|-----|
| ۳-۴     | مراحل کار در روش اجزاء محدود                   | ۱۱۰ |
| ۱-۳-۴   | پیش پردازش                                     | ۱۱۰ |
| ۲-۳-۴   | آنالیز مدل                                     | ۱۱۲ |
| ۱-۲-۳-۴ | مفاهیم عمومی و کاربردی در روش اجزاء محدود      | ۱۱۵ |
| ۲-۲-۳-۴ | تحلیل با روش مستقیم                            | ۱۱۷ |
| ۳-۲-۳-۴ | جمع بندی سیستم کلی معادلات                     | ۱۲۰ |
| ۴-۲-۳-۴ | حل معادلات سیستم کلی                           | ۱۲۳ |
| ۵-۲-۳-۴ | شرایط مرزی                                     | ۱۲۵ |
| ۳-۳-۴   | پس پردازش                                      | ۱۲۶ |
| ۴-۴     | بازبینی و ارزیابی طرح                          | ۱۲۷ |
|         | خلاصه فصل چهارم                                | ۱۲۹ |
|         | خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل چهارم               | ۱۲۹ |
|         | خودآزمایی تشریحی فصل چهارم                     | ۱۳۰ |
| ۱۳۳     | فصل پنجم. تکنولوژی تولید به کمک کامپیوتر (CAM) |     |
| ۱۳۳     | هدف‌های کلی                                    |     |
| ۱۳۳     | هدف‌های یادگیری                                |     |
| ۱۳۳     | مقدمه  |     |
| ۱-۵     | ساخت به کمک کامپیوتر                           | ۱۳۴ |
| ۲-۵     | ماشین‌های کنترل عددی                           | ۱۳۵ |
| ۱-۲-۵   | کنترل عددی                                     | ۱۳۶ |
| ۳-۵     | تفاوت ماشین‌های NC و CNC                       | ۱۳۷ |
| ۴-۵     | اجزای اصلی ماشین‌های CNC                       | ۱۳۸ |
| ۱-۴-۵   | برنامه ماشین                                   | ۱۳۸ |
| ۲-۴-۵   | واحد کنترل ماشین                               | ۱۴۰ |
| ۳-۴-۵   | واحد کنترل مدار باز                            | ۱۴۳ |
| ۴-۴-۵   | واحد کنترل مدار بسته                           | ۱۴۳ |
| ۵-۴-۵   | ماشین افزار                                    | ۱۴۴ |
| ۵-۵     | محرک‌ها  | ۱۴۵ |
| ۱-۵-۵   | محرک‌های الکتریکی                              | ۱۴۶ |
| ۲-۵-۵   | موتورهای پله‌ای                                | ۱۴۶ |
| ۳-۵-۵   | موتورهای جریان مستقیم (DC)                     | ۱۴۶ |
| ۴-۵-۵   | موتورهای جریان متناوب (AC)                     | ۱۴۷ |
| ۵-۵-۵   | محرک‌های هیدرولیکی                             | ۱۴۷ |
| ۶-۵-۵   | اجزای مکانیکی                                  | ۱۴۷ |
| ۱-۶-۵   | پیچ‌های ساچمه‌ای                               | ۱۴۷ |

|     |   |
|-----|---|
| ۱۴۸ | ..... ۲-۶-۵ سیستم اندازه‌گیری                             |
| ۱۴۹ | ..... ۷-۵ مبانی برنامه‌نویسی ماشین‌های کنترل عددی         |
| ۱۴۹ | ..... ۱-۷-۵ سیستم مختصات                                  |
| ۱۵۰ | ..... ۲-۷-۵ محورهای کنترل                                 |
| ۱۵۰ | ..... ۳-۷-۵ محورهای اصلی                                  |
| ۱۵۰ | ..... ۴-۷-۵ محورهای چرخشی                                 |
| ۱۵۱ | ..... ۸-۵ نحوه تعیین محورهای مختصات                       |
| ۱۵۳ | ..... ۱-۸-۵ مختصات مطلق و نسبی                            |
| ۱۵۴ | ..... ۹-۵ انواع کنترل در ماشین‌های CNC                    |
| ۱۵۴ | ..... ۱-۹-۵ کنترل نقطه‌به‌نقطه یا مکانی                   |
| ۱۵۴ | ..... ۲-۹-۵ کنترل تراش مستقیم                             |
| ۱۵۵ | ..... ۳-۹-۵ کنترل پیوسته                                  |
| ۱۵۶ | ..... ۱-۳-۹-۵ کنترل پیوسته دو و نیم محور                  |
| ۱۵۷ | ..... ۲-۳-۹-۵ کنترل پیوسته سه محور                        |
| ۱۵۷ | ..... ۱۰-۵ نقاط صفر و مرجع                                |
| ۱۵۸ | ..... ۱-۱۰-۵ نقطه صفر ماشین (M)                           |
| ۱۵۹ | ..... ۲-۱۰-۵ نقطه صفر قطعه کار (W)                        |
| ۱۵۹ | ..... ۳-۱۰-۵ نقطه صفر ابزارگیر (E)                        |
| ۱۶۰ | ..... ۴-۱۰-۵ نقطه مرجع (R)                                |
| ۱۶۱ | ..... ۵-۱۰-۵ نقطه تعویض ابزار (N)                         |
| ۱۶۱ | ..... ۱۱-۵ برنامه‌نویسی ماشین‌های CNC                     |
| ۱۶۱ | ..... ۱-۱۱-۵ زبان برنامه‌نویسی APT                        |
| ۱۶۲ | ..... ۲-۱۱-۵ برنامه‌نویسی ماکرو                           |
| ۱۶۳ | ..... ۳-۱۱-۵ برنامه‌نویسی G و M کدی                       |
| ۱۶۳ | ..... ۱-۳-۱۱-۵ برنامه‌نویسی دستی ماشین‌های فرز CNC        |
| ۱۶۹ | ..... ۲-۳-۱۱-۵ برنامه‌نویسی دستی ماشین‌های تراش CNC       |
| ۱۷۴ | ..... ۴-۱۱-۵ برنامه‌نویسی با استفاده از سیستم‌های CAD/CAM |
| ۱۷۶ | ..... ۱۲-۵ کنترل عددی مستقیم (DNC)                        |
| ۱۷۶ | ..... خلاصه فصل پنجم                                      |
| ۱۷۷ | ..... خودآزمایی تستی فصل پنجم                             |
| ۱۷۸ | ..... خودآزمایی تشریحی فصل پنجم                           |
| ۱۸۱ | ..... فصل ششم. استانداردهای تبادل اطلاعات                 |
| ۱۸۱ | ..... هدف‌های کلی   |
| ۱۸۱ | ..... هدف‌های یادگیری                                     |
| ۱۸۱ | ..... مقدمه   |



|     |  |
|-----|--|
| ۱۸۳ | ۱-۶ ساختار سلسله مراتبی نرم‌افزارها.....                     |
| ۱۸۳ | ۲-۶ انواع ارتباطات گرافیکی در سیستم‌های CAD.....             |
| ۱۸۴ | ۳-۶ انباره داده‌های CAD.....                                 |
| ۱۸۷ | ۴-۶ تاریخچه استانداردهای تبادل داده‌های CAD.....             |
| ۱۹۰ | ۵-۶ فرمت آی‌جی‌اس.....                                       |
| ۱۹۵ | ۶-۶ فرمت استپ.....   |
| ۱۹۶ | ۷-۶ زبان اکسپرس.....   |
| ۱۹۸ | ۸-۶ فرمت دی. ایکس. اف (DXF).....                             |
| ۱۹۹ | ۹-۶ تشکیل فایل DXF.....                                      |
| ۲۰۰ | ۱۰-۶ سایر فرمت‌های استاندارد.....                            |
| ۲۰۰ | ۱-۱۰-۶ فرمت SAT.....   |
| ۲۰۱ | ۲-۱۰-۶ فرمت STL.....   |
| ۲۰۱ | خلاصه فصل ششم.....   |
| ۲۰۱ | خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل ششم.....                          |
| ۲۰۲ | خودآزمایی تشریحی فصل ششم.....                                |
| ۲۰۳ | فصل هفتم. سیستم‌های تولیدی انعطاف‌پذیر (FMS).....            |
| ۲۰۳ | هدف‌های کلی.....   |
| ۲۰۳ | هدف‌های یادگیری.....   |
| ۲۰۳ | مقدمه.....   |
| ۲۰۵ | ۱-۷ تعریف سیستم‌های تولید انعطاف‌پذیر (FMS).....             |
| ۲۰۶ | ۲-۷ اجزای یک سیستم انعطاف‌پذیر (FMS).....                    |
| ۲۰۷ | ۱-۲-۷ انعطاف‌پذیری از نظر ماشین (Machine Flexiblity).....    |
| ۲۰۸ | ۲-۲-۷ انعطاف‌پذیری از نظر فرایند (Process Flexiblity).....   |
| ۲۱۰ | ۳-۲-۷ انعطاف‌پذیری از نظر تولید (Product Flexiblity).....    |
| ۲۱۰ | ۴-۲-۷ انعطاف‌پذیری از نظر مسیر (Routing Flexiblity).....     |
| ۲۱۱ | ۵-۲-۷ انعطاف‌پذیری از نظر حجم (Volume Flexiblity).....       |
| ۲۱۱ | ۶-۲-۷ انعطاف‌پذیری از نظر توسعه (Expansion Flexiblity).....  |
| ۲۱۱ | ۷-۲-۷ انعطاف‌پذیری از نظر عملیات (Operation Flexiblity)..... |
| ۲۱۲ | ۸-۲-۷ انعطاف‌پذیری از نظر محصول (Production Flexiblity)..... |
| ۲۱۲ | ۳-۷ طبقه‌بندی سیستم‌ها.....                                  |
| ۲۱۶ | ۱-۳-۷ سلول‌های تولیدی انعطاف‌پذیر.....                       |
| ۲۱۸ | ۱-۱-۳-۷ تعویض‌کننده‌های کلگی.....                            |
| ۲۱۸ | ۲-۱-۳-۷ ماجول‌های انعطاف‌پذیر.....                           |
| ۲۱۸ | ۳-۱-۳-۷ واحدهای انعطاف‌پذیر.....                             |
| ۲۲۰ | ۲-۳-۷ سیستم‌های انعطاف‌پذیر.....                             |

|     |  |
|-----|--|
| ۲۲۱ | ..... ۳-۳-۷ خطوط انتقال انعطاف پذیر                        |
| ۲۲۲ | ..... ۴-۳-۷ خطوط چندگانه انتقال انعطاف پذیر                |
| ۲۲۲ | ..... ۴-۷ مزایای FMS                                       |
| ۲۲۳ | ..... ۵-۷ معایب سیستم‌های تولید انعطاف پذیر                |
| ۲۲۴ | ..... خلاصه فصل هفتم                                       |
| ۲۲۴ | ..... خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل هفتم                      |
| ۲۲۵ | ..... خودآزمایی تشریحی فصل هفتم                            |
| ۲۲۷ | ..... فصل هشتم. سیستم‌های تولید یکپارچه کامپیوتری          |
| ۲۲۷ | ..... هدف‌های کلی  |
| ۲۲۷ | ..... هدف‌های یادگیری                                      |
| ۲۲۷ | ..... مقدمه  |
| ۲۳۰ | ..... ۱-۸ انواع سیستم‌های تولیدی                           |
| ۲۳۱ | ..... ۲-۸ ماشین‌های ابزار و تجهیزات مربوطه                 |
| ۲۳۲ | ..... ۳-۸ سیستم حمل قطعات                                  |
| ۲۳۴ | ..... ۴-۸ سیستم کنترل کامپیوتری                            |
| ۲۳۴ | ..... ۵-۸ وظایف کامپیوترها در یک سیستم CIM                 |
| ۲۳۶ | ..... ۶-۸ پرونده‌های اطلاعاتی سیستم CIM                    |
| ۲۳۷ | ..... ۷-۸ گزارش‌های سیستم                                  |
| ۲۳۸ | ..... ۸-۸ نیروی انسانی در سیستم تولید                      |
| ۲۳۹ | ..... ۹-۸ مزایای سیستم‌های CIM                             |
| ۲۴۱ | ..... خلاصه فصل هشتم                                       |
| ۲۴۲ | ..... خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل هشتم                      |
| ۲۴۲ | ..... خودآزمایی تشریحی فصل هشتم                            |
| ۲۴۵ | ..... فصل نهم. آشنایی با مهم‌ترین نرم‌افزارهای CAD/CAM/CAE |
| ۲۴۵ | ..... هدف‌های کلی  |
| ۲۴۵ | ..... هدف‌های یادگیری                                      |
| ۲۴۵ | ..... مقدمه  |
| ۲۴۶ | ..... ۱-۹ نرم‌افزار اتوکد                                  |
| ۲۴۷ | ..... ۱-۱-۹ محیط نرم‌افزار اتوکد                           |
| ۲۵۶ | ..... ۲-۹ نرم‌افزار Mechanical Desktop                     |
| ۲۶۲ | ..... ۳-۹ نرم‌افزار SolidWorks                             |
| ۲۷۶ | ..... ۴-۹ نرم‌افزار CATIA                                  |
| ۲۹۹ | ..... ۵-۹ نرم‌افزار Power Mill                             |
| ۳۱۳ | ..... ۶-۹ نرم‌افزار ANSYS                                  |

|          |   |
|----------|---|
| ۳۲۷..... | خلاصه فصل نهم.....                              |
| ۳۲۷..... | خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل نهم.....             |
| ۳۲۹..... | خودآزمایی تشریحی فصل نهم.....                   |
| ۳۳۵..... | پاسخنامه خودآزمایی‌های چهارگزینه‌ای فصل‌ها..... |
| ۳۳۷..... | منابع.....                                      |

## پیشگفتار

در دنیای مدرن امروز تولید یک محصول بدون در نظر گرفتن ابزارهای مدرن طراحی و تولید اگرچه امکان پذیر می باشد اما نمی تواند به صورت مقرون به صرفه ادامه پیدا کند. زیرا هدف از تولید ایجاد ارزش افزوده با کمترین هزینه و بالاترین کیفیت می باشد تا بتواند در بازار پیچیده و رقابتی امروز موفق گردد. لذا پیگیری روش های جدید طراحی و تولید و همچنین آشنایی با این ابزارها از اهم وظایف صنعتگران و مهندسان تولید می باشد. با توجه به اینکه هرروزه نیاز به قطعات پیچیده و باکیفیت بالا بیشتر و بیشتر می شود که ممکن است قابلیت طراحی و تولید آنها به صورت دستی هم امکان پذیر نباشد لذا استفاده از بعضی ابزارها پیشرفته مثل کامپیوتر جهت تسهیل امر طراحی و تولید بسیار مفید خواهد بود. علاوه بر تولید و طراحی کامپیوتر حتی در مراحل مختلف تولید از جمله بازاریابی و غیره هم می تواند بسیار کارساز باشد. جایگزینی روش های دستی طراحی و تولید و مهندسی به کمک کامپیوتر این امکان را فراهم خواهد کرد تا بتوانیم قطعات و محصولات باکیفیت بالاتر و در زمان اندک که خود منجر به کاهش هزینه می شود تولید کنیم. در این کتاب که روش های طراحی و تولید و مهندسی به کمک کامپیوتر بررسی خواهد شد هدف آشنا کردن صنعتگران و مهندسان تولید با این روش ها می باشد. بدیهی است که این درس جز دروس رشته های مهندسی مکانیک، خودرو، متالورژی و غیره می باشد. باین حال در بسیاری از زمینه های تولیدی دیگر هم می تواند مورد استفاده قرار گیرد.

همچنین در راستایی بهبود سیستم تولید شرکت‌های مختلف تولیدی، صنعتگران و شرکت‌های تولیدی هم می‌توانند از این منبع استفاده کنند. امید است این مجموعه بتواند در به نتیجه رساندن مأموریت خود موفق گردد و منبعی برای دانشجویان رشته‌های موردنظر باشد.

# فصل اول

## آشنایی با تکنولوژی طراحی و تولید به کمک کامپیوتر (CAD/CAM)

### هدف‌های کلی

پس از مطالعه این فصل دانشجو باید بتواند طراحی و ساخت به کمک کامپیوتر را تعریف کرده و با مفاهیم مختلف آن آشنا گردد.

### هدف‌های یادگیری

- پس از مطالعه این فصل دانشجو باید بتواند.
۱. با مفاهیم طراحی و ساخت به کمک کامپیوتر آشنا گردد.
  ۲. کاربرد کامپیوتر در طراحی و تولید را بشناسد.
  ۳. انواع تولید را بشناسد و ارتباط آن را با کامپیوتر بداند.

### مقدمه

با ورود کامپیوتر به عرصه تکنولوژی که از آن به‌عنوان انقلاب صنعتی دوم یاد می‌شود بشر به فکر استفاده از کامپیوتر جهت تسهیل در انجام فرایندهای صنعتی و به‌تبع آن فرایندهای تولیدی شد تا جایی که امروزه می‌توان گفت انجام هر پروژه بزرگ صنعتی نیازمند یاری گرفتن از کامپیوتر می‌باشد. سیستم‌های طراحی و تولید به کمک کامپیوتر طی دهه ۱۹۷۰ و اوایل دهه ۱۹۸۰ میلادی جهت رفع مشکلات سرراه مهندسی مکانیک، از تلفیق دو شاخه مهم علم مکانیک یعنی طراحی و ساخت به طراحان و سازندگان بخش صنعت معرفی گردید. امروزه بسیاری از متخصصین بر این باورند که

تکنولوژی طراحی و تولید به کمک کامپیوتر زیربنای صنعت تولیدی تمام کامپیوتری آینده است و این تکنولوژی به تدریج زمینه به کارگیری سیستم‌های جامع کامپیوتری در طراحی، کنترل، مدیریت و برنامه‌ریزی فرایندهای تولید در کارخانجات را در آینده در سطحی فراتر از تکنولوژی امروز فراهم خواهد ساخت.

تکنولوژی طراحی به کمک کامپیوتر از کاربرد کامپیوتر جهت تسهیل و سرعت بخشیدن به امور طراحی، ساخت و تولید قطعات صنعتی صحبت می‌کند. دو تکنولوژی طراحی به کمک کامپیوتر<sup>۱</sup> (CAD) و تولید به کمک کامپیوتر<sup>۲</sup> (CAM) تاکنون در صنعت به صورت جدای از یکدیگر به کار گرفته می‌شده‌اند. تکنولوژی طراحی و تولید به کمک کامپیوتر (CAD/CAM) سعی بر آن دارد تا این دو تکنولوژی را درهم آمیخته و در قالب یک تکنولوژی واحد عرضه کند. هدف از CAD/CAM نه تنها خودکار نمودن فازها و مراحل از طراحی و تولید، بلکه خودکارکردن انتقال اطلاعات و برنامه‌ریزی‌ها از مرحله طراحی تا مرحله تولید می‌باشد. در یک سیستم مطلوب طراحی و تولید به کمک کامپیوتر امکان دسترسی به اطلاعات و مشخصه‌های طرح‌های قبلی و اعمال تغییر و اصلاح آن‌ها برای تولید قطعات جدید وجود دارد. همچنین برنامه‌های ماشین‌کاری و سایر فرامین کنترلی لازم به صورت خودکار استخراج شده و توسط اجزای ارتباطی، مستقیماً به ایستگاه‌های کاری و یا تجهیزات کنترل عددی ارسال می‌شود.

### ۱-۱ طراحی به کمک کامپیوتر (CAD)

طراحی به کمک کامپیوتر اساساً بر یک تکنیک متنوع و قدرتمند به نام گرافیک کامپیوتری استوار است. گرافیک کامپیوتری عبارت است از ایجاد و دست‌کاری اشکال بر روی یک دستگاه نمایش به کمک کامپیوتر. گرافیک کامپیوتری در سال ۱۹۵۰ در دانشگاه ام. آی. تی آمریکا پایه‌ریزی شد و اولین تصاویر ساده بر روی کامپیوتر «ویرل ویند»<sup>۳</sup> نمایش داده شد. تکنولوژی طراحی به کمک کامپیوتر از کاربرد کامپیوتر جهت سهولت در آفرینش، ترسیم، تصحیح، تجزیه و تحلیل و بهینه‌سازی قطعات صنعتی صحبت می‌کند. سخت‌افزار مورد استفاده در طراحی معمولاً شامل کامپیوتر، یک یا دو ترمینال نمایش

1. Computer Aided Design (CAD)

2. Computer Aided Manufacturing (CAM)

3. Whirlwind I

گرافیکی، صفحه‌کلید و سایر تجهیزات جنبی می‌باشد. نرم‌افزار مورد استفاده غالباً شامل برنامه‌های کامپیوتری قادر به اجرای گرافیک کامپیوتری به علاوه برنامه‌های کاربردی دیگری برای تسهیل فعالیت‌های مربوط به امور طراحی می‌باشند.

علاوه بر تکنولوژی طراحی به کمک کامپیوتر سیستم دیگری از طراحی وجود دارد که منظور از آن طراحی مهندسی می‌باشد و در شاخه طراحی و آنالیز مهندسی به کمک کامپیوتر<sup>۱</sup> (CAE) مورد بررسی قرار می‌گیرد. تجزیه و تحلیل تنش و کرنش در قطعات مکانیکی، بررسی عکس‌العمل دینامیکی مکانیزم‌ها، محاسبات مربوط به انتقال حرارت و تهیه نقشه مکانیکی قطعات صنعتی را می‌توان به عنوان مثال‌هایی از موارد کاربرد کامپیوتر در طراحی مهندسی ذکر کرد. از آنجایی که خطوط تولید، محصولات تولیدی، فرایندهای ساخت و بازارهای مصرف محصولات صنایع مختلف با یکدیگر تفاوت دارد نیازهای طراحی آن‌ها نیز یکسان نبوده و بدین جهت است که صنایع تولیدی مختلف نیاز به سیستم‌های طراحی گوناگونی با توانایی‌های متفاوت دارند.

### ۱-۲ تولید به کمک کامپیوتر (CAM)

تولید به کمک کامپیوتر اساساً با ظهور کنترل عددی<sup>۲</sup> مطرح شد. در اواخر دهه ۴۰ فردی بنام جان پارسونز روشی خاص برای کنترل یک ماشین ابزار ابداع کرد. و بعدها در سال ۱۹۵۲ اولین ماشین کنترل عددی در دانشگاه ام.آی.تی آمریکا ساخته شد و با این اختراع استفاده از کامپیوتر در امر تولید مطرح گردید و در این مرحله نیروی هوایی آمریکا با پرداخت مبالغ زیادی به دانشگاه ام.آی.تی خواستار طراحی یک برنامه‌نویسی قطعه شد که بتواند برای تعریف حرکات هندسی ابزار، در ماشین‌های کنترل عددی به کار گرفته شود. نتیجه این کار پیدایش زبان APT شد که امروزه به عنوان زبان استاندارد ماشین کنترل عددی شناخته شده است. APT امکاناتی را فراهم می‌آورد که برنامه‌نویس قطعه می‌تواند میان دستورالعمل‌های ماشین کاری و ماشین ابزار ارتباط برقرار سازد. با APT برنامه‌نویس می‌تواند اشکال ابزار، تolerانس‌ها، تعاریف هندسی، حرکات ابزار و فرامین کمکی ماشین را تعریف کند. تعداد زیادی زبان برنامه‌نویسی کنترل عددی نیز براساس زبان APT بعداً به وجود آمد. پیشرفت‌های اولیه تولید به

1. Computer Aided Engineering (CAE)

2. NC

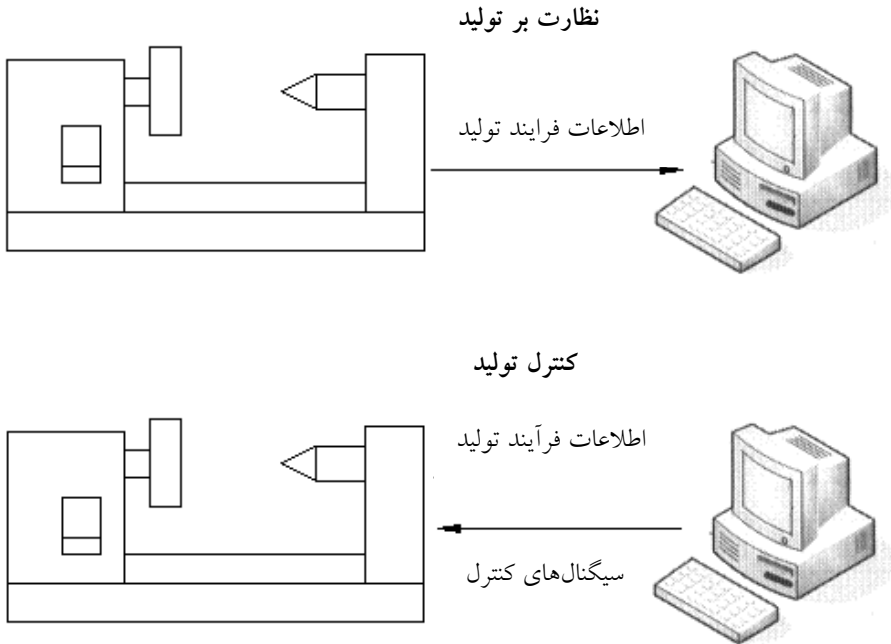


کمک کامپیوتر عمدتاً در حوزه کنترل عددی تمرکز داشته است. تا این اواخر، فرامین و دستورالعمل‌های کنترل عددی هنوز توسط دست انسان تولید و تصحیح می‌شدند. هم‌اکنون، سیستم‌های تولید به کمک کامپیوتر می‌توانند برنامه‌های کنترل عددی را با درجه‌ای از صحت و دقت بالا تولید کنند و مسیر ابزار را برای مشخص شدن ترتیب مراحل ساخت روی صفحه تصویر سریعاً نشان دهند. با پیشرفت تکنولوژی تولید به کمک کامپیوتر امروزه می‌توان گفت تکنولوژی تولید به کمک کامپیوتر در واقع از کاربرد مستقیم و غیرمستقیم کامپیوتر جهت تسهیل در امور ساخت و تولید قطعات صنعتی صحبت می‌کند. کنترل ماشین‌آلات و تجهیزات تولیدی، برنامه‌ریزی تولید، تهیه روند ساخت قطعات تولیدی و تهیه برنامه کنترل عددی را می‌توان به‌عنوان مثال‌هایی از موارد کاربرد کامپیوتر در تولید ذکر کرد. موارد کاربرد تکنولوژی تولید به کمک کامپیوتر را می‌توان به دو گروه کاربرد مستقیم و غیرمستقیم کامپیوتر در تولید تقسیم‌بندی نمود. در بخش‌های بعدی تولید به کمک کامپیوتر بیشتر مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

### ۱-۳ کاربرد مستقیم کامپیوتر در تولید

در این روش که عموماً در امور نظارت و کنترل تولید به‌کار گرفته می‌شود ارتباط مستقیمی بین کامپیوتر و فرایند تولیدی وجود دارد. هنگامی که فقط نظارت بر تولید موردنظر است این ارتباط به‌صورت یک‌طرفه از فرایند تولیدی به کامپیوتر می‌باشد. کامپیوتر اطلاعات و سیگنال‌های ارسالی از فرایند را بطور مستقیم دریافت داشته و براساس آن‌ها اطلاعات لازم برای کنترل فرایند توسط اپراتور و با استفاده از اطلاعات خروجی کامپیوتر انجام می‌شود. از این روش به‌صورت گسترده‌ای در امور تعمیرات و نگهداری ماشین‌آلاتی که از اهمیت ویژه‌ای در تولید برخوردارند استفاده می‌شود. هنگامی که کنترل به کمک کامپیوتر موردنظر است ارتباط بین کامپیوتر و فرایند تولید به‌صورت دوطرفه می‌باشد. همانند روش قبل کامپیوتر اطلاعات و سیگنال‌های ارسالی از فرایند را به‌طور مستقیم دریافت می‌دارد. علاوه بر آن، براساس اطلاعات دریافتی از فرایند و با استفاده از الگوریتم‌های کنترل داده‌شده، کامپیوتر اطلاعات کنترلی موردنیاز را صادر کرده و مستقیماً فرایند را کنترل می‌کند و نیازی به دخالت اپراتور نیست.

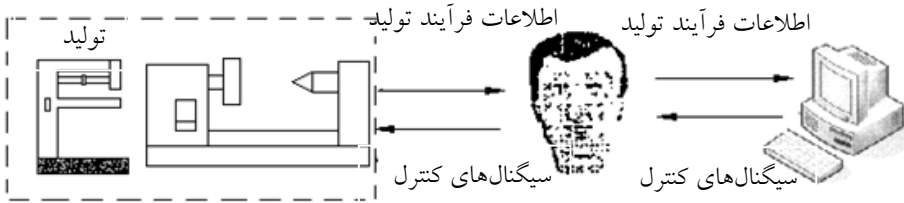
از این روش در خطوط تولیدی تمام اتوماتیک یا نیمه اتوماتیک و ماشین های کنترل عددی<sup>۱</sup> استفاده می شود. (شکل ۱-۱).



شکل ۱-۱. کاربرد مستقیم کامپیوتر در تولید

#### ۴-۱ کاربرد غیرمستقیم کامپیوتر در تولید

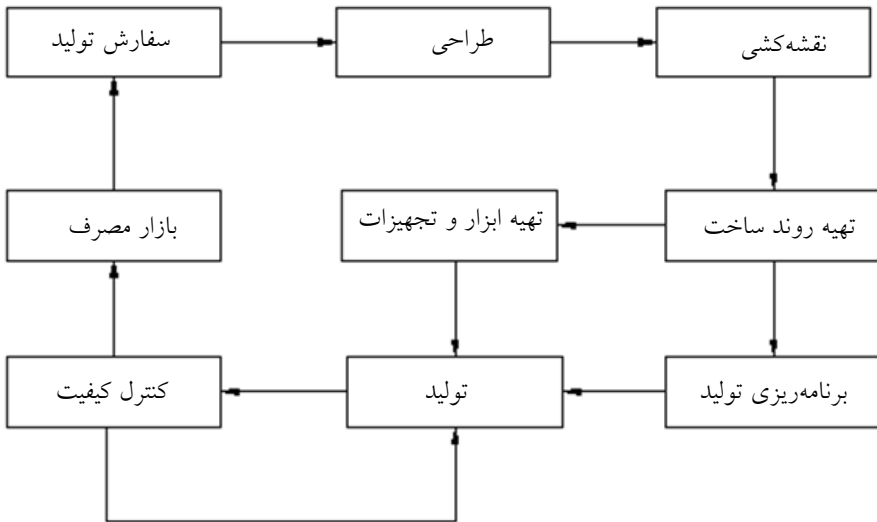
کاربرد کامپیوتر در تولید محدود به روش های مستقیم نبوده و موارد بسیاری نیز برای کاربرد غیرمستقیم کامپیوتر در تولید وجود دارد. در این روش کامپیوتر به طور مستقیم با فرایند تولیدی ارتباط نداشته و به صورت جداگانه در تهیه طرح های تولید، برنامه ریزی ها، پیش بینی ها، آموزش و ارائه اطلاعات مورد نیاز برای اداره واحد تولیدی به کار می رود. در این روش ارتباط بین کامپیوتر و تولید به صورت دوطرفه می باشد حال آنکه هیچ گونه ارتباط مستقیمی بین این دو وجود نداشته و نیروی انسانی نقش عامل انتقال دهنده اطلاعات از تولید به کامپیوتر، و اطلاعات کنترل کننده از کامپیوتر به تولید را ایفا می کند. (شکل ۱-۲).



شکل ۱-۲. کاربرد غیرمستقیم کامپیوتر در تولید

### ۵-۱ کاربرد کامپیوتر در چرخه تولید

چرخه تولید عبارت است از کلیه اموری که به نحوی با یکی از مراحل طراحی، ساخت و عرضه یک محصول صنعتی به بازار مصرف ارتباط دارند. (شکل ۱-۳).



شکل ۱-۳. چرخه تولید محصولات صنعتی در طول فرایند

هنگامی که نیاز به محصولی احساس می‌شود سفارش ساخت به تولیدکننده داده می‌شود. تولیدکننده نیز براساس اصول و استانداردهای مهندسی و نیز با در نظر داشتن ویژگی‌های موردنظر مصرف‌کننده اقدام به طراحی محصول موردنظر می‌نماید. پس‌ازاینکه مراحل طراحی محصول به اتمام رسید نقشه مکانیکی آن تهیه‌شده و روند ساخت آن نیز تعیین می‌گردد. روند ساخت یک قطعه صنعتی عموماً مشخص‌کننده کلیه

مراحل ساخت، مواد اولیه، ابزار، ماشین‌آلات و سایر تجهیزات موردنیاز برای تولید آن می‌باشد. ممکن است که بعضی از مواد اولیه، ابزار، ماشین‌آلات و سایر تجهیزات موردنیاز مشخص شده در روند ساخت موجود نباشد که در این صورت باید قبل از شروع تولید نسبت به تهیه آن‌ها اقدام نمود. پس از تهیه روند ساخت می‌بایستی برنامه‌ریزی لازم را جهت تولید محصول موردنظر در کارگاه تولید با توجه به امکانات تولیدی موجود، تعداد موردنیاز محصول و موعد تحویل آن به بازار مصرف انجام داد. محصول تولیدشده پس از گذر از سد کنترل کیفیت راهی بازار مصرف می‌شود. ورود محصول تولیدی به بازار مصرف اغلب سفارش مجدد تولید را به همراه دارد. سفارش مجدد تولید یک محصول غالباً انتقادات و پیشنهادات مصرف‌کننده در مورد محصول تولیدشده در مرحله قبل را به همراه دارد که تولیدکننده با در نظر گرفتن آن‌ها سعی می‌کند تا در تولیدات آتی ضمن بهبود کیفیت محصول، رضایت مصرف‌کننده را نیز جلب نماید تا بتواند در بازار مصرف با سایر تولیدکنندگان رقابت کند. در اینجا لازم به ذکر است که نحوه اجرای چرخه تولید در صنایع مختلف یکسان نبوده و این امر بستگی به نوع محصول تولیدی و حجم تولید آن‌ها دارد. امروزه کامپیوتر تقریباً در تمامی مراحل چرخه تولید از طراحی محصول تا کنترل کیفیت محصول تولیدشده به‌کارگرفته می‌شود. کاربرد کامپیوتر در مرحله طراحی انجام محاسبات مهندسی دقیق و پیچیده را در کوتاه‌ترین زمان میسر می‌سازد (شکل ۱-۴). در مرحله نقشه‌کشی نرم‌افزارهای موجود اپراتور را قادر می‌سازند تا نقشه‌های موردنیاز را با دقت بسیار و در زمانی اندک تهیه کند. تعیین روند ساخت قطعات صنعتی به کمک کامپیوتر هنوز در مرحله تحقیق قرار دارد و محققین بسیاری درصدد آن هستند تا این امر اساسی در تولید را به‌طورکلی به کامپیوتر بسپارند. باین‌حال تاکنون نیز سیستم‌های متعددی به‌وجود آمده‌اند که با اندک کمک اپراتور قادرند تا روند ساخت قطعات صنعتی را در مدت زمان کوتاهی تعیین نمایند. نمونه‌هایی از این‌گونه سیستم‌ها در حال حاضر در بسیاری از مجتمع‌های تولیدی مدرن به‌کارگرفته می‌شوند. در مرحله برنامه‌ریزی تولید، مواد اولیه و ابزار امروزه کامپیوتر در سطح وسیعی به‌کارگرفته می‌شود. در مرحله تولید نیز کامپیوتر کاربرد فراوانی در ماشین‌های کنترل عددی، ربات‌های صنعتی و غیره دارد. همچنین می‌توان از کامپیوتر جهت کنترل کیفیت محصول تولیدی و انجام تست‌های لازم بر روی محصول، به‌ویژه تست‌های غیرمخرب، بهره‌برداری نمود.