

بررسی اهمیت و کاربردهای مدل سازی سه بعدی در طراحی مهندسی و ضرورت آموزش اصول آن به دانشجویان مهندسی

علیرضا جهان تیغ پاک^۱، محمدعلی دائیان^۲

^۱ عضو هیأت علمی و رئیس مرکز گرافیک مهندسی دانشگاه صنعتی شریف، jahantigh@sharif.ir

^۲ m.a.daeian@gmail.com

چکیده- این مقاله ضرورت آموزش اصول مدل سازی سه بعدی کامپیوتری به دانشجویان مهندسی را بررسی می نماید. به این منظور ابتدا کاربردهای مدل سازی سه بعدی کامپیوتری در فرایند طراحی مهندسی و تأثیر استفاده از آن در سرعت و سهولت کار طراحی بررسی شده است. به این منظور سه مرحله اصلی فرایند طراحی مهندسی یعنی "ایده پردازی"، "اصلاح" و "اجرا" به تفکیک بررسی شده، نتایج حاصله در قالب شش گزاره ارائه شده است. این گزاره ها حاکی از نقش محوری مدل سازی سه بعدی کامپیوتری در فرایند طراحی مهندسی است که بهره گیری از آن مستلزم فراگیری اصول علمی و کسب مهارت در زمینه کار با ابزارهای آن است. در بخش بعدی مقاله، نمونه هایی از دروس مرتبط با آموزش مدل سازی سه بعدی به دانشجویان مهندسی در تعدادی از دانشگاه های معتبر دنیا ارائه شده است. نویسندگان در انتها با استناد به نتایج پژوهش، بر ضرورت تدوین برنامه ای جهت آموزش اصول مدل سازی سه بعدی کامپیوتری و ابزارهای آن به دانشجویان مهندسی و تحقیقات بیشتر در این زمینه تأکید نموده اند.

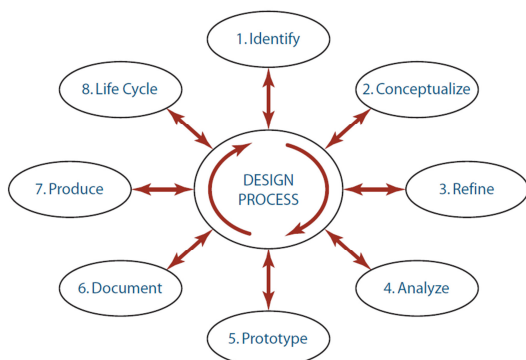
کلید واژه- فرایند طراحی مهندسی، مدل سازی سه بعدی، آموزش مهندسی

می رسد. در نهایت نیز محصول چرخه عمر خود را طی می نماید. با گسترش کاربرد کامپیوتر در مهندسی طی سالیان اخیر، در فرایند مرسوم طراحی مهندسی تغییراتی به وجود آمده است. از جمله این

مقدمه

طراحی قلب مهندسی است [۱]. یکی از اهداف آموزش مهندسی تربیت مهندسانی است که بتوانند در چرخه طراحی مهندسی فعالیت نمایند [۲]. طراحی مهندسی فرایندی است که ماحصل آن یک محصول و یا یک سیستم است و از سه جنبه "کاهش هزینه"، "بهبود کیفیت محصول" و "کاهش زمان چرخه محصول" حائز اهمیت می باشد [۳].

طراحی مهندسی به عنوان یک فرایند از مراحل تشکیل شده است. هرچند تعداد مراحل این فرایند در منابع مختلف متفاوت می باشد، با این وجود می توان مراحل اصلی آن را طبق شکل ۱ نمایش داد [۴]. در مرحله نخست طراحی، مسأله اصلی طراحی طرح و تعریف می شود. در مرحله بعد، ایده های اولیه برای این مسأله تولید می شود. پس از طی مراحل اصلاح و تحلیل محصول، نمونه ای اولیه از محصول تولید شده و در نهایت پس از مستندسازی محصول، طرح کامل شده و به تولید



شکل ۱- مراحل فرایند طراحی مهندسی [۴]

در روش های سنتی طراحی مهندسی، طراحی محصول و یا

اصول، دانش و مهارت‌های مورد نیاز برای کار حرفه‌ای یک مهندس را به میزان کافی به وی بیاموزد. آموزش اصول مدل‌سازی سه‌بعدی نیز به‌عنوان یک مهارت مهم در فرایند طراحی نیز می‌بایست متناسب با اهمیتی که دارد در برنامه آموزش مهندسی دیده شود. اما به‌نظر می‌آید که نظام آموزش مهندسی در بسیاری از کشورها من‌جمله ایران در این زمینه غافل مانده است. لذا در ادامه، اهمیت و کاربردهای مدل‌سازی سه‌بعدی کامپیوتری در فرایند طراحی مهندسی با بررسی پژوهش‌های پیشین بررسی می‌شود.

کاربردها و اهمیت مدل‌سازی در طراحی مهندسی

طراحی مهندسی را می‌توان متشکل از سه بخش کلی "ایده پردازی"، "اصلاح" و "اجرا" دانست [۵]. در این قسمت، به بررسی اهمیت و کاربردهای مدل‌سازی سه‌بعدی کامپیوتری در هر کدام از این بخش‌ها می‌پردازیم.

۲-۱- ایده پردازی

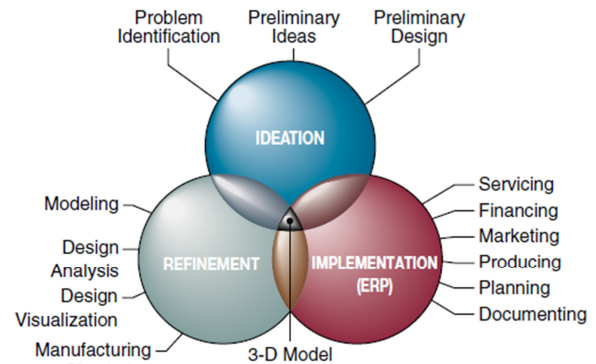
یکی از اولین مراحل طراحی، یافتن ایده‌هایی برای پاسخگویی به یک نیاز می‌باشد. خلاقیت یکی از تأثیرگذارین ویژگی‌های یک طراح در این مرحله می‌باشد. از این رو پژوهش‌هایی پیرامون تأثیر عوامل مختلف بر خلاقیت صورت گرفته است [۶]. تأثیر استفاده از مدل‌سازی سه‌بعدی در فرایند ایده‌پردازی نیز در سال‌های اخیر، مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. مستعمل و همکاران [۷] دریافتند که استفاده از نرم‌افزارهای CAD در طراحی، می‌تواند باعث بروز برخی رفتارهای خلاقانه در طراحان شود. هم‌چنین سونمز [۸]، با بررسی رابطه خلاقیت و مدل‌سازی سه‌بعدی، به این نتیجه رسید که آشنایی با مدل‌سازی سه‌بعدی می‌تواند باعث پرورش خلاقیت در دانشجویان مهندسی گردد.

از سوی دیگر قدرت مجسم‌سازی اطلاعات^۲ و تفکر

بصری^۳ در مرحله ایده‌پردازی نقشی کلیدی ایفا می‌کند [۱۰ و ۹]. تأثیر مثبت مدل‌سازی سه‌بعدی بر این موارد به اثبات رسیده است [۱۰، ۱۱]. به عنوان مثال برتونی [۱۱] در مطالعه‌ای استفاده از مدل‌های سه‌بعدی CAD همراه با کدگذاری رنگی را برای بازطراحی یک محصول بررسی کرده است. نتایج حاکی از آن است که طراحانی که از این نوع مدل‌های سه‌بعدی استفاده کرده‌اند به درک صحیح‌تری از اطلاعات دریافتی از مشتری برای بازطراحی محصول دست یافته‌اند.

سیستم مرحله به مرحله انجام می‌گرفت و ایده یا محصول پس از طی هر مرحله وارد مرحله بعد می‌شد. اما در مهندسی هم‌زمان، مهندسان در تمامی مراحل طراحی شامل ایده‌پردازی، تحلیل و تولید، با هم در ارتباط هستند؛ به عنوان مثال ممکن است در مرحله ایده‌پردازی، مهندس تولید در رابطه با هزینه تولید اظهار نظر کرده و این اظهار نظر موجب ایجاد تغییراتی در ایده شود [۴].

فارغ از نوع نگاه به طراحی مهندسی، -سنتی یا هم‌زمان- در فرایند طراحی به ابزارهایی نیاز است که مدل‌سازی سه‌بعدی یکی از مهمترین آن‌هاست. البته اهمیت مدل‌سازی سه‌بعدی در "طراحی مهندسی هم‌زمان" بیش از نگاه سنتی است. دلیل آن نیز استفاده از مدل‌های سه‌بعدی از ابتدای فرایند جهت انتقال ایده و نتایج تحلیل بین گروه‌های کاری مختلف درگیر در پروژه می‌باشد. شکل ۲ ارتباط میان مراحل مختلف فرایند طراحی مهندسی هم‌زمان را نشان می‌دهد. در این شکل دیده می‌شود که در طراحی مهندسی هم‌زمان، برخلاف روش سنتی، میان مراحل طراحی ارتباط خطی وجود ندارد و مدل سه‌بعدی به عنوان نقطه اشتراک مراحل مختلف و قلب فرایند طراحی محسوب می‌شود [۵].



شکل ۲- جایگاه مدل سه‌بعدی در مهندسی هم‌زمان [۵]

با بررسی برنامه آموزش دروس مهندسی، دروسی را می‌توان یافت که انتظار می‌رود دانشجویان فنی، دانش و مهارت مورد نیاز در بخش‌های مختلف فرایند طراحی مهندسی را در آن‌ها بیاموزند. طراحی اجزای ماشین، طراحی میدل‌های حرارتی و طراحی سازه‌های دریایی، طراحی سازه‌های بتنی، طراحی سازه‌های فولادی و طراحی معماری و یا دروسی نظیر دینامیک سیالات محاسباتی و المان محدود، نمونه‌هایی از این دروس از رشته‌های مختلف مهندسی می‌باشند. بدیهی است که یک برنامه آموزش مهندسی کامل باید به‌نحوی تدوین شده باشد که تمامی

کاربر تغییر می‌نماید. مرحله نخست تولید یک سیستم واقعیت مجازی مدل‌سازی سه‌بعدی با نرم افزارهای CAD می‌باشد [۱۹]. طراحی خودرو [۲۰]، کشتی [۱۹] و نیز طراحی‌های معماری و عمرانی [۲۲، ۲۳] از مهم‌ترین زمینه‌های استفاده از واقعیت مجازی می‌باشند. از آنجایی که در طراحی‌هایی که در معماری و عمران انجام می‌گیرد، امکان تولید مدل به اندازه واقعی موجود نمی‌باشد، واقعیت مجازی می‌تواند فضایی را برای طراح فراهم سازد تا بتواند به راحتی فضای نهایی را از نزدیک احساس نماید.

۲) مدل‌سازی سه‌بعدی غالباً اولین قدم برای ایجاد یک مدل مجازی یا حقیقی- جهت مجسم کردن یک طرح می‌باشد.

بررسی رفتار یک محصول در شرایط عملکردی، نیازمند کسب درک صحیح از اصول و مفاهیم مهندسی حاکم بر آن رفتار می‌باشد. شبیه‌سازی کامپیوتری ابزاری است که امکان درک رفتار محصول را بر اساس این اصول، و بدون نیاز به ساخت محصول و انجام آزمایشات تجربی زمان‌بر و پرهزینه، فراهم می‌سازد.

به عنوان نمونه، شبیه‌سازی رفتار سیال و برهم‌کنش سیال و سازه براساس روابط و قوانین مکانیک سیالات، نمونه‌ای از مهم‌ترین شبیه‌سازی‌هایی می‌باشد که در طراحی خودرو، هواپیما، توربین و بسیاری از تجهیزات دوار و نیروگاهی کاربرد دارد. صرف‌نظر از روش عددی یا ابزار مورد استفاده، شبیه‌سازی سه‌بعدی مستلزم وجود مدل سه‌بعدی محصول می‌باشد. از این‌رو در غالب پژوهش‌های مرتبط با شبیه‌سازی چه با استفاده از کدهای تجاری [۲۴ و ۲۵] و چه با استفاده از کدهای تولیدی [۲۶ و ۲۷]، ساخت مدل سه‌بعدی کامپیوتری، نخستین قدم می‌باشد. پس از بررسی نتایج شبیه‌سازی و حصول مقدار کمیت‌های مهندسی مهم، نتایج شبیه‌سازی معمولاً به صورت انیمیشن نمایش داده می‌شود [۲۸ و ۲۹]. این امر باعث می‌شود که علاوه بر پارامترهای تئوری پراهمیت، نمایی گرافیکی از شبیه‌سازی نیز برای اصلاح محصول فراهم شود.

۳) مدل‌سازی سه‌بعدی یکی از مهمترین پیش‌نیازها برای شبیه‌سازی رفتار یک محصول و مشاهده رفتار آن بدون صرف هزینه زیاد جهت ساختن مدل فیزیکی و انجام آزمایش می‌باشد

یک طرح در طول فرایند طراحی، از منظرهای مختلف مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته تا اصلاح و تکمیل شود. لذا بسته به

انتقال ایده یکی دیگر از فعالیت‌های مرحله ایده‌پردازی است. مدل‌سازی در این فعالیت نیز نقشی مهم ایفا می‌نماید [۱۲ و ۱۳]. رابرتسون و رادکلیف [۱۴] در پژوهشی دریافتند که استفاده از مدل‌سازی سه‌بعدی در مرحله ایده‌پردازی و بهبود طرح، می‌تواند قدرت انتقال ایده را تا حد زیادی افزایش دهد. به‌علاوه، مدل‌سازی سه‌بعدی می‌تواند در کنار رسم دستی، به عنوان ابزاری برای ارائه طرح‌های اولیه به کار رود [۱۵].

۱) مدل‌سازی سه‌بعدی می‌تواند از طریق کمک به بروز خلاقیت، تسهیل انتقال ایده، تسهیل مجسم‌سازی اطلاعات و کمک به تفکر بصری، به طراح در مرحله ایده‌پردازی کمک نماید.

۲-۲- اصلاح

پس از ایده‌پردازی نوبت به اصلاح ایده می‌رسد. یک ایده برای نهایی شدن نیازمند بررسی و اصلاح از جنبه‌های مختلف می‌باشد.

یکی از مهم‌ترین اقدامات در بررسی و اصلاح یک ایده، ساخت مدلی کامل جهت ایجاد درک کلی و ملموس از ایده می‌باشد. مدل‌سازی فیزیکی مدل در مقیاس مناسب، با استفاده از گل، فوم و یا چوب از روش‌های قدیمی برای دستیابی به یک مدل سه‌بعدی از محصول می‌باشد. هر چند روش‌های سنتی ساخت مدل فیزیکی همچنان در برخی از صنایع مرسوم و گاه ضروری می‌باشد، اما با ظهور مدل‌سازی کامپیوتری، این روش‌ها اغلب جای خود را به «نمونه‌سازی سریع»^۴ داده‌اند. در نمونه‌سازی سریع کافی است تا فایل سه‌بعدی مدل با فرمت STL به سیستم‌های نمونه‌سازی سریع نظیر پرینترهای سه‌بعدی منتقل شود تا نمونه‌ای از مدل در اندازه دلخواه آماده شود [۱۶]. تبدیل سریع مدل سه‌بعدی کامپیوتری به مدل فیزیکی با استفاده از روش نمونه‌سازی سریع، برای ساخت مدل‌های فیزیکی بسیار مورد توجه واقع شد [۱۷ و ۱۸].

در کنار ساخت مدل فیزیکی، تولید یک فضای مجازی و در عین حال ملموس، از دیگر روش‌هایی است که به حصول درک کلی از ایده کمک می‌کند. این امر به ویژه برای مدل‌هایی که امکان ساخت آن‌ها در اندازه واقعی وجود ندارد، اهمیت می‌یابد. این فضای مجازی با نام «واقعیت مجازی»^۵ شناخته می‌شود. سیستم‌های واقعیت مجازی به کاربر این امکان را می‌دهند تا با استفاده از یک و یا چند حس از حواس اصلی خود با محیط طراحی‌شده ارتباطی ملموس برقرار نمایند. در این سیستم‌ها، با تغییر موقعیت کاربر ویژگی‌های محیط مجازی متناسب با حرکت

انواع تحلیل فراهم نموده، بهینه‌سازی طرح را تسهیل می‌نماید.

۲-۳- اجرا

مرحله نهایی در طراحی مهندسی، اجرا و عملیاتی‌سازی ایده نهایی است. در این مرحله محصول، ساخته شده و روانه بازار مصرف می‌گردد. از این رو این مرحله را می‌توان به دو بخش کلی "ساخت" و "بازاریابی" تقسیم کرد.

تولید نقشه‌های اجرایی، هم به منظور مستندسازی طرح تکامل یافته و هم جهت تولید یک محصول به کار می‌روند. در گذشته این نقشه‌ها با دست و سپس با نرم‌افزارهای نقشه‌کشی دوبعدی تولید می‌شد. اما امروزه ابزارهای مدل‌سازی سه‌بعدی امکان تولید نقشه اجرایی استاندارد با جزئیات و نماهای لازم از مدل‌های سه‌بعدی تولید شده را به راحتی فراهم ساخته‌اند. بدین ترتیب، نیازی به ترسیم دوبعدی نقشه‌ها نیست و مدل سه‌بعدی خود می‌تواند برای تولید نقشه مورد استفاده قرار بگیرد. از طرف دیگر، با استفاده از برخی روش‌های ساخت جدید نظیر CNC و یا سیستم‌های روباتیک، امکان تبدیل سریع مدل سه‌بعدی کامپیوتری به محصول به وجود آمده است [۳۵ و ۳۶]. در این حالت، کافی است تا خروجی مناسبی از مدل سه‌بعدی به سیستم ساخت منتقل گردد. با توجه به اهمیت استفاده از مدل‌های سه‌بعدی برای ساخت محصول، در سال‌های اخیر پژوهش‌های زیادی پیرامون افزایش گستره و کاهش محدودیت‌های بین سیستم‌های CAD و سیستم‌های CNC صورت گرفته است [۳۷ و ۳۸].

۵) مدل‌سازی سه‌بعدی، تهیه خروجی مناسب برای ساخت محصولات را ممکن ساخته، موجب تسهیل فرایند ساخت می‌شود.

گاهی یک طراح برای ارائه یک ایده و جلب نظر سرمایه‌گذاران نیازمند تصویر یا ویدیویی از آن ایده پیش از تولید آن می‌باشد. همچنین پس از ساخت محصول، ارائه آن به بازار مصرف، نیازمند تبلیغ، تهیه کاتالوگ و بروشور، و بعضاً ارائه حضوری به مصرف‌کننده می‌باشد. ارائه‌نمایی نزدیک به واقعیت از مدل با نورپردازی مناسب و امکان انتقال فایل از نرم‌افزارهای CAD به نرم‌افزارهای گرافیکی جهت انجام عملیات تکمیلی، از مهم‌ترین کاربردهای مدل‌سازی سه‌بعدی در زمینه بازاریابی و ارائه محصول است [۳۹]. همچنین از این تصاویر و انیمیشن‌ها می‌توان برای آموزش مشتریان و ساخت دفترچه‌های راهنمای

ماهیت هر طرح می‌بایست آن را از لحاظ ویژگی‌های فیزیکی، اقتصادی، عملکردی، قابل ساخت بودن، رعایت عوامل انسانی و موارد متعدد دیگری به دقت مورد بررسی و تحلیل قرار گیرد.

خصوصیات فیزیکی طرح شامل ویژگی‌های مربوط به جرم، هندسه و ویژگی‌های حرارتی آن مانند حجم، مرکز جرم، مقاومت مکانیکی و ممان اینرسی می‌باشد. ابزارهای رایج مدل‌سازی سه‌بعدی دسترسی به تمامی اطلاعات مذکور برای یک مدل را ممکن می‌سازند. به علاوه، هندسه تولید شده توسط این ابزارها می‌تواند به منظور تحلیل مقاومت مکانیکی و حرارتی جسم به روش تحلیلی المان محدود مورد استفاده قرار بگیرد. لذا تحلیل المان محدود یک هندسه نیز همانند شبیه‌سازی‌های سیالاتی نیازمند ایجاد یک مدل سه‌بعدی است [۳۰].

یکی از مهمترین تحلیل‌های مربوط به طراحی یک محصول یا یک سیستم، تحلیل اقتصادی و قیمت تمام شده آن می‌باشد. در صورتی که این بررسی بطور دقیق انجام نشود ممکن است موجب شکست خوردن طرح در رقابت با رقبای شود. با توجه به اهمیت موضوع، سازندگان بسیاری از ابزارهای مدل‌سازی سه‌بعدی امکان تحلیل قیمت را به ابزارهای نرم‌افزاری خود افزوده‌اند. به عنوان نمونه، می‌توان به شرکت‌های PTC و Dassault Systems که تولیدکننده نرم‌افزارهای Solidworks, Parametric و Catia اشاره کرد [۳۱]. به علاوه در شرایطی که به هر دلیل امکان استفاده از ابزارهای مذکور ممکن نباشد نیز می‌توان با استفاده از مدل‌های سه‌بعدی به تحلیل قیمت محصولات پرداخت. بطور مثال سرات و همکاران، با ارائه روشی جدید و با استفاده از مدل‌های سه‌بعدی، توانستند به تخمینی از زمان مورد نیاز برای ساخت و نیز قیمت تمام شده یک نوع شیلنگ برسند [۳۲].

تحلیل عملکرد مدل شامل تحلیل مکانیزم، نحوه سوار شدن قطعات در مونتاژ و نیز حرکت‌شناسی سینماتیکی و سینتیکی مدل می‌باشد. هدف این نوع از تحلیل، بررسی مطلوب بودن مکانیزم طراحی شده و بارهای دینامیکی و حرکت مدل می‌باشد. در اغلب ابزارهای مدل‌سازی سه‌بعدی مانند نرم‌افزارهای SolidWorks و Creo Parametric معمولاً محیطی برای بررسی حرکت مکانیزم مدل شده وجود دارد [۳۳]. به علاوه، با این ابزارها می‌توان مجموعه‌های مونتاژی را از جنبه‌های مختلف ترانس، تداخل و یا فاصله‌های موجود تحلیل نمود [۳۴]. بسیاری از این تحلیل‌ها موجب اصلاح و بهینه‌سازی محصول می‌شود.

۴) مدل‌سازی سه‌بعدی هندسه و اطلاعات لازم را جهت

محصول نیز بهره برد.

ساخت مدل قطعات و مجموعه‌ها از نرم‌افزارهای CAD استفاده می‌شود [۴۲].

سه دانشگاه مذکور مطابق رتبه‌بندی سایت تحصیلات تکمیلی تایمز در سه سال گذشته جزو سی دانشگاه برتر جهان در مقطع کارشناسی بوده‌اند [۴۳]. لذا توجه این دانشگاه‌ها به گنجاندن آموزش اصول مدل‌سازی در برنامه آموزشی خود در قالب دروس مستقل معنی‌دار است. خصوصاً که بدانیم این دروس در کنار دروسی مانند "طراحی به‌کمک کامپیوتر" و "طراحی مهندسی" ارائه می‌شوند.

بحث و جمع بندی

افرادی که مسئولیت هر کدام از مراحل طراحی مهندسی را برعهده می‌گیرند، باید در حوزه تخصصی خود به ابزارها و مهارت‌های لازم تسلط داشته باشند. هدف بسیاری از دروس تخصصی که یک دانشجوی مهندسی می‌گذراند انتقال دانش مورد نیاز در قسمتی از فرایند طراحی مهندسی به وی می‌باشد. دانشجویان در دوران تحصیل خود از طریق آشنایی با مفاهیم اصلی مهندسی، بنیان‌های تخصص مورد نظر خود را کسب کرده، آماده ورود به بازار کار حرفه‌ای و تقویت این بنیان‌های تخصصی می‌شود.

شش گزاره ارائه شده در این مقاله، نشان‌دهنده اهمیت بالا و کاربرد وسیع مدل‌سازی سه‌بعدی در فرایند طراحی مهندسی از مرحله ایده‌پردازی تا تولید محصول به عنوان یک مهارت است. مهارتی که خود می‌تواند در تقویت برخی توانایی‌های مورد نیاز برای طراحی مانند تجسم موثر باشد. به همین دلیل آشنایی فارغ‌التحصیلان رشته‌های مهندسی با دانش و اصول مدل‌سازی سه‌بعدی جهت موفقیت در حرفه مهندسی ضروری به نظر می‌رسد. از سوی دیگر، مطالب دروس متعددی در رشته‌های مختلف مهندسی، به نوعی با مدل‌سازی سه‌بعدی مرتبط می‌باشند. از این رو آموزش مفاهیم و اصول اولیه مدل‌سازی سه‌بعدی، نه تنها می‌تواند در موفقیت شغلی فارغ‌التحصیلان رشته‌های مهندسی موثر باشد، بلکه در صورت آموختن در ابتدای دوره تحصیل، می‌تواند به دانشجویان در فراگیری بهتر برخی دروس تخصصی مهندسی نیز یاری کند. لذا با در نظر گرفتن موارد گفته شده و با نگاهی به دروس مربوط به آموزش مدل‌سازی در سه دانشگاه برتر جهان، می‌توان این‌گونه نتیجه گرفت که آموزش مدل‌سازی سه‌بعدی به دانشجویان همه رشته‌های مهندسی خصوصاً دانشجویان دو حوزه "مهندسی عمران" و "مهندسی مکانیک"

۶) مدل‌سازی سه‌بعدی تولید تصاویر و انیمیشن‌های مورد نیاز از یک ایده یا محصول را ممکن و جذاب سرمایه‌گذار، بازاریابی محصول و ارائه خدمات پس از فروش را تسهیل می‌نماید.

نمونه‌هایی از دروس ویژه آموزش اصول مدل‌سازی به دانشجویان فنی در دانشگاه‌های مطرح جهان

با توجه به اهمیت و گستره کاربرد مدل‌سازی سه‌بعدی در رشته‌های مختلف مهندسی، بسیاری از مدارس فنی در دنیا توجه ویژه‌ای به آموزش اصول و مفاهیم آن کرده‌اند که در ادامه برای نمونه به سه دانشگاه برتر اشاره خواهیم نمود:

- دانشگاه کالیفرنیا، برکلی: در رشته مهندسی مکانیک

این دانشگاه درسی با نام «مدل‌سازی اجسام و اصول CAD/CAM»^۵ ارائه می‌شود. هدف این درس آشنایی با طرز نمایش و الگوریتم‌های هندسه‌های سه‌بعدی است. در این درس هم‌چنین کاربرد مدل‌سازی در طراحی، تحلیل، نقشه‌کشی و ساخت قطعات مکانیکی ارائه می‌شود. از جمله این کاربردها می‌توان به روباتیک، مهندسی معکوس، نمونه‌سازی سریع و تولید قالب اشاره کرد [۴۰].

- دانشگاه کالیفرنیا، لس آنجلس: در این دانشگاه و در

رشته مهندسی مکانیک و هوافضا، درسی با نام «مدل‌سازی هندسی»^۶ ارائه می‌گردد. موضوع اصلی این درس، اصول منحنی‌های پارامتری، مدل‌سازی سطوح، اسپلاین‌ها^۷ و منحنی بزیر^۸ عنوان شده است. در این درس اصول و مفاهیم آموزش داده شده با استفاده از نرم‌افزارهای CAD/CAM نیز مشاهده می‌شوند [۴۱].

- دانشگاه ایلینوی، اربانا: در این دانشگاه درسی با

عنوان «گرافیک و طراحی مهندسی»^۹ برای رشته مهندسی مکانیک و مهندسی عمومی^{۱۰} ارائه می‌گردد که هدف آن آشنایی با انواع مدل‌های پارامتری و غیر پارامتری، و مدل‌های سطوح و سیمی می‌باشد. تهیه نقشه از مدل‌ها و شیوه ویرایش مدل‌های سه‌بعدی نیز از دیگر اهداف این درس می‌باشد. در این درس برای

- [4] Lieu, Dennis, and Sheryl Sorby. Visualization, modeling, and graphics for engineering design. Cengage Learning, 2008.
- [5] Bertoline, Gary R., Eric N. Wiebe, and Craig L. Miller. Technical graphics communication. New York, 2009.
- [6] Toh, Christine A., and Scarlett R. Miller. "How engineering teams select design concepts: A view through the lens of creativity." *Design Studies* 38 pp. 111-138, 2015
- [7] Musta'amal, AedeHatib, et al. "Does CAD really encourage creative behaviors among its users: A case study." *Procedia-Social and Behavioral Sciences* 56 pp. 602-608, 2012
- [8] Sönmez, Murat. "Creativity and Solid Modeling" *Procedia-Social and Behavioral Sciences* 93 pp. 169-173, 2013.
- [9] Keller, Tanja, et al. "Information visualizations for knowledge acquisition: The impact of dimensionality and color coding." *Computers in Human Behavior* 22.1, pp. 43-65., 2006.
- [10] Shen, Yan, Soh-KhimOng, and Andrew YC Nee. "Product information visualization and augmentation in collaborative design." *Computer-Aided Design* 40.9, pp.963-974, 2008.
- [11] Bertoni, Alessandro. "Analyzing Product-Service Systems conceptual design: The effect of color-coded 3D representation." *Design Studies* 34.6, pp 763-793, and 2009.
- [12] Rahimian, Farzad Pour, and Rahinah Ibrahim. "Impacts of VR 3D sketching on novice designers' spatial cognition in collaborative conceptual architectural design." *Design Studies* 32.3 pp. 255-291, 2011.
- [13] Ibrahim, Rahinah, and Farzad Pour Rahimian. "Comparison of CAD and manual sketching tools for teaching architectural design." *Automation in Construction* 19.8, pp. 978-987, 2010
- [14] Robertson, B. F., and D. F. Radcliffe. "Impact of CAD tools on creative problem solving in engineering design." *Computer-Aided Design* 41.3, pp 136-146, 2009.
- [15] Açici, FundaKurak, and ElifSönmez. "The Place of Hand Drawing and Computer Aided Design in Interior Design Education." *Procedia-Social and Behavioral Sciences* 143, pp.716-720, 2014.
- [16] Gibson, Ian, David W. Rosen, and Brent Stucker. Additive manufacturing technologies. New York: Springer, pp.45-46, 2010.
- [17] Ying, B., et al. "Correction of facial asymmetry associated with vertical maxillary excess and mandibular prognathism by combined orthognathic surgery and guiding templates and splints fabricated by rapid prototyping technique." *International journal of oral and maxillofacial surgery*, 2015
- [18] Fowell, C., et al. "Rapid prototyping and patient-specific pre-contoured reconstruction plate for comminuted fractures of the mandible." *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 2015
- [19] Fernández, Rodrigo Pérez, and Verónica Alonso. "Virtual Reality in a shipbuilding environment." *Advances in Engineering Software* 81 pp.30-40, 2015
- [20] Lawson, Glyn, DavideSalanitri, and Brian Waterfield. "Future directions for the development of virtual reality within an automotive manufacturer." *Applied ergonomics*, 2015
- [21] Sampiao, Alcínia Z., and Octávio P. Martins. "The application of virtual reality technology in the construction of bridge: The cantilever and incremental launching methods." *Automation in Construction* 37 pp.58-67, 2014.
- [22] Abdelhameed, Wael A. "Virtual Reality Use in Architectural Design Studios: A case of studying structure and construction." *Procedia Computer Science* 25, pp. 220-230, 2013.
- [23] Portman, M. E., A. Natapov, and D. Fisher-Gewirtzman. "To go where no man has gone before: Virtual reality in architecture, landscape architecture and environmental planning." *Computers, Environment and Urban Systems*, 2015.
- [24] López, Alejandro, et al. "CFD study of Jet Impingement Test erosion using Ansys Fluent® and OpenFOAM®." *Computer Physics Communications*, 2015
- [25] Qi, Ruifeng, et al. "Numerical simulations of LNG vapor dispersion in Brayton Fire Training Field tests with ANSYS CFX." *Journal of hazardous materials* 183.1, pp.51-61., 2010
- [26] Grishchenko, Dmitry, et al. "The TALL-3D facility design and commissioning tests for validation of coupled STH and CFD codes." *Nuclear Engineering and Design*, 2015
- [27] Hua, Shiyang, Ronghua Huang, and Pei Zhou. "Numerical investigation of two-phase flow characteristics of subcooled boiling in IC engine cooling passages using a new 3D two-fluid model." *Applied Thermal Engineering* 90 pp.648-663, 2015.
- [28] Tarshizi, Ebrahim, et al. "Simulation and animation model to boost mining efficiency and enviro-friendly in multi-pit

شامل رشته‌های وابسته به آن مانند مهندسی سازه، مهندسی هوافضا و مهندسی پزشکی ضروری است.

تعیین شیوه و زمان مناسب تدریس مفاهیم و اصول مدل‌سازی سه‌بعدی و نیز محتوای مناسب دروس مربوطه، نیازمند تحقیقات بیشتر است که پیشنهاد می‌شود در آینده انجام شود.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، نقش مدل‌سازی سه‌بعدی در فرایند طراحی مهندسی بررسی و نتایج، در شش دسته کلی زیر ارائه شد:

- کاربرد مدل‌سازی در ایده‌پردازی: افزایش تفکر بصری، افزایش قابلیت انتقال ایده و پرورش خلاقیت
- کاربرد مدل‌سازی در مجسم کردن طرح: ساخت مدل سه‌بعدی، نمونه‌سازی سریع و واقعیت مجازی
- کاربردها در شبیه‌سازی: شبیه‌سازی سیالاتی و انیمیشن
- کاربردها در تحلیل: تحلیل ویژگی‌های فیزیکی، مقاومت مکانیکی، اقتصادی، عملکرد و سایر موارد
- کاربردها در تولید: تهیه خروجی مناسب برای انواع روش‌های تولید
- کاربرد در بازاریابی و خدمات پس از فروش: تهیه تصاویر و انیمیشن‌های نزدیک به واقعیت

اهمیت ذاتی طراحی مهندسی و گستره وسیع کاربردهای مدل‌سازی سه‌بعدی در این فرایند، ضرورت تسلط مهندسیین بر این مهارت را آشکار می‌سازد. لذا تدوین برنامه‌ای جهت آموزش اصول مدل‌سازی سه‌بعدی به دانشجویان مهندسی و در نظر گرفتن تجربه دانشگاه‌های برتر جهان در این زمینه ضروری به نظر می‌رسد.

سپاسگزاری

این پژوهش، با حمایت معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه صنعتی شریف به انجام رسیده است. بدین وسیله از حمایت‌های این معاونت قدردانی به عمل می‌آید.

مراجع

- [1] Leake, James M., and Jacob L. Borgerson. *Engineering design graphics*. J Wiley & Sons, pp1-2, 2013.
- [2] Crawley, Edward, et al. "Rethinking engineering education." *The CDIO Approach: Springer Singapore*. pp1-2, 2007.
- [3] Dieter, George E. *Engineering design*. McGraw, 2009

- [36] Wen-ming, Xi, et al. "An integrated CAD/CAM/robotic milling method for custom cementless femoral prostheses." *Medical engineering & physics*, 2015.
- [37] B.Huang, "An automatic 3D CAD model errors detection method of aircraft structural part for NC machining", *Journal of Computational Design and Engineering*, 2015.
- [38] Xiao, Wenlei, et al. "A complete CAD/CAM/CNC solution for STEP-compliant manufacturing." *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 31, pp. 1-10, 2015.
- [39] Pascu, Nicoleta-Elisabeta, et al. "Realistic scenes in CAD application." *Procedia Engineering* 69, pp.304-309, 2014.
- [40] Guide.berkeley.edu
- [41] www.registrar.ucla.edu
- [42] www.courses.illinois.edu
- [43] www.timeshighereducation.co.uk
- operations." *International Journal of Mining Science and Technology* 25.4, pp.671-674, 2015.
- [29] Rupérez, María José, et al. "Contact model, fit process and, foot animation for the virtual simulator of the footwear comfort." *Computer-Aided Design* 42.5 pp. 425-431, 2010.
- [30] Wang, Xiaofei, and Junhui Hu. "3D FEM analyses of the ultrasonic transducer for controlled nanowire rotary driving." *Applied Acoustics*, 2015.
- [31] K. Chang, "Product Manufacturing and Cost Estimating using CAD/CAE: The Computer Aided Engineering Design Series", Elsevier, USA, pp 270-273, 2015.
- [32] Serrat, Joan, Felipe Lumbreras, and Antonio M. López. "Cost estimation of custom hoses from STL files and CAD drawings." *Computers in Industry* 64.3, pp. 299-309, 2013.
- [33] K. Chang, "Product Performance evaluation using CAD/CAE: The Computer Aided Engineering Design Series", Elsevier, London, pp 121-204, 2014.
- [34] K. Chang, "Product Design Modeling using CAD/CAE: The Computer Aided Engineering Design Series", Elsevier, London, pp 270-273, 2014.
- [35] Xiao, Wenlei, et al. "A complete CAD/CAM/CNC solution for STEP-compliant manufacturing." *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 31, pp. 1-10, 2015.

پی نوشت ها

1. Concurrent Engineering
2. Information Visualization
3. Visual Thinking
4. Rapid Prototyping
5. Solid Modeling and CAD/CAM fundamentals
6. Geometry Modeling
7. Spline
8. Bezier
9. Engineering Graphics and Design
10. General Engineering