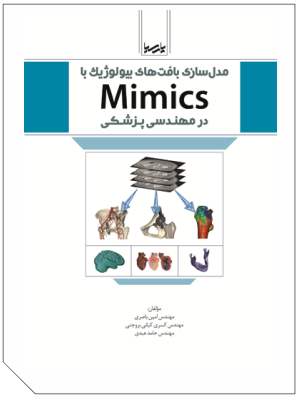
مدل‌سازی بافت‌های بیولوژیک با Mimics در مهنـــدسی پـــزشکی



مؤلفان:

مهندس امین باصری

مهندس کسری کیانی بروجنی

مهندس حامد عبدی

سرشناسه: باصری، امین، ۱۳۶۳ -
عنوان و نام پدیدآور: مدل‌سازی بافت‌های بیولوژیک با Mimics در مهندسی پزشکی/ مولفان امین باصری، کسری کیانی‌بروجنی، حامد عبدی.
مشخصات نشر: تهران: پارسیا، ۱۳۹۵.
مشخصات ظاهری: ۲۲۸ص.: مصور، جدول.
شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۷۰۱۰-۹۰-۷
وضعیت فهرست نویسی: فیپا
یادداشت: کتابنامه.
موضوع: مهندسی پزشکی -- شبیه‌سازی کامپیوتری
موضوع: Biomedical engineering -- Computer simulation
شناسه افزوده: کیانی بروجنی، کسری، ۱۳۷۲ -
شناسه افزوده: عبدی، حامد، ۱۳۶۹ -
رده بندی کنگره: R۸۵۸/ب۲م۴ ۱۳۹۵
رده بندی دیویی: ۲۸/۶۱۰
شماره کتابشناسی ملی: ۴۴۴۸۳۰۲

مدلسازی بافت‌های بیولوژیک با Mimics در مهندسی پزشکی

مؤلفان: مهندس امین باصری، مهندس کسری کیانی بروجنی، مهندس حامد عبدی
ناشر: پارسیا
شمارگان: ۳۰۰ نسخه
شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۷۰۱۰-۹۰-۷

مرکز پخش:
تهران، خیابان انقلاب، خیابان فخررازی، خیابان شهدای ژاندارمری نرسیده به خیابان دانشگاه ساختمان ایرانیان، پلاک ۵۸ طبقه دوم، واحد ۶
تلفن: ۹۲_ ۶۶۴۸۴۱۹۱ www. noavarpub. com

کلیه حقوق چاپ و نشر این کتاب مطابق با قانون حقوق مؤلفان و مصنفان مصوب سال ۱۳۴۸ برای ناشر محفوظ و منحصراً متعلق به نشر پارسیا می‌باشد. لذا هر گونه استفاده از کل یا قسمتی از این کتاب (از قبیل هر نوع چاپ، فتوکپی، اسکن، عکس‌برداری، نشر الکترونیکی، هر نوع انتشار به صورت اینترنتی، سی‌دی، دی‌وی‌دی، فیلم فایل صوتی یا تصویری و غیره) بدون اجازه کتبی از نشر پارسیا ممنوع بوده و شرعاً حرام است و متخلفین تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

فهرست مطالب

مقدمه مؤلفین ۱۱

فصل ۱. مقدمه ۱۵

۱-۱. مدل‌سازی هندسی ۱۶
۱-۱-۱. مدل‌سازی دو بعد ۱۷
۱-۱-۲. مدل‌سازی سیمی ۱۸
۱-۱-۳. مدل‌سازی سطحی ۱۹
۱-۱-۴. مدل‌سازی حجمی ۱۹
۱-۲. تاریخچه پیدایش میمیکس ۲۱
۱-۳. پکیج نرم‌افزاری Mimics Innovation Suite ۲۲
۱-۳-۱. نرم‌افزار میمیکس ۲۳
۱-۳-۲. نرم‌افزار SurgiCase CMF ۲۳
۱-۳-۳. نرم‌افزار SimPlant ۲۴
۱-۳-۴. نرم‌افزار Magics RP ۲۵
۱-۳-۵. نرم‌افزار 3Matic ۲۵
۱-۴. کاربردهای میمیکس ۲۵
۱-۴-۱. نمونه‌سازی سریع ۲۶
۱-۴-۲. شبیه‌سازی جراحی ۲۶
۱-۴-۳. فرایند طراحی به کمک کامپیوتر (CAD) ۲۷
۱-۴-۴. فرایند مهندسی به کمک کامپیوتر (CAE) ۲۷
۱-۵. مراحل مدل‌سازی در نرم‌افزار میمیکس ۲۸
۱-۶. خلاصه فصل ۳۲

فصل ۲. ورود اطلاعات و تنظیمات کلی ۳۵

۲-۱. استاندارد تصاویر پزشکی ۳۵
۲-۱-۱. اجزای تشکیل‌دهنده پرونده‌ها (تصاویر) با استاندارد DICOM ۳۶
۲-۲. مفاهیم پایه پردازش تصاویر پزشکی ۳۷
۲-۲-۱. مقطع‌نگاری کامپیوتری ۳۷
۲-۲-۲. پیکسل ۳۸
۲-۲-۳. وکسل ۳۸
۲-۲-۴. اندازه پیکسل ۳۸
۲-۲-۵. اندازه ماتریکس ۳۹
۲-۲-۶. وضوح تصویر ۳۹
۲-۲-۷. کنتراست ۳۹
۲-۲-۸. ضخامت مقطع ۳۹
۲-۲-۹. بازسازی کامپیوتری ۴۰
۲-۳. فراخوانی تصاویر و فایل‌ها در نرم‌افزار میمیکس ۴۱
۲-۳-۱. قالب فایل‌های قابل فراخوانی ۴۱
۲-۳-۲. نحوه فراخوانی فایل‌ها در نرم‌افزار ۴۲
۲-۳-۳. تنظیمات پنجره جهت‌یابی ۵۴
۲-۳-۴. معرفی صفحه کاری نرم‌افزار ۵۵
۲-۳-۵. نحوه فراخوانی یک پروژه ۵۸
۲-۳-۶. نحوه ذخیره یک پروژه ۵۹
۲-۳-۷. فراخوانی اطلاعات با قالب STL ۶۰
۲-۴. خلاصه فصل ۶۲

فصل ۳. معرفی ابزارها ۶۳

۳-۱. منو File ۶۴
۳-۱-۱. ابزار Open / Close Project ۶۵
۳-۱-۲. ابزار Save Project ۶۵

۳-۱-۳. ابزار Import STL ۶۵
۳-۱-۴. ابزار STL Library ۶۵
۳-۱-۵. ابزار Import Images ۶۵
۳-۱-۶. ابزار Change Orientation ۶۵
۳-۱-۷. ابزار Online Reslice ۶۶
۳-۱-۸. ابزار Crop Project ۶۷
۳-۱-۹. ابزار Make Project Anonymous ۶۸
۳-۱-۱۰. ابزار Project Information ۶۸
۳-۱-۱۱. ابزار Save/print screenshot ۶۹
۳-۲. منو Edit ۶۹
۳-۲-۱. ابزار Undo ۷۰
۳-۲-۲. ابزار Redo ۷۰
۳-۲-۳. ابزار Show undo list ۷۰
۳-۳. منو View ۷۱
۳-۳-۱. ابزار Toolbars ۷۱
۳-۳-۲. ابزار Status bar ۷۲
۳-۳-۳. ابزار Project Management ۷۲
۳-۳-۴. ابزار Project Management Tabs ۷۳
۳-۳-۵. ابزار Show/Hide ۷۳
۳-۳-۶. ابزار Pan View ۷۴
۳-۳-۷. ابزار Rotate View ۷۴
۳-۳-۸. ابزار Zoom ۷۵
۳-۳-۹. ابزار Unzoom ۷۶
۳-۳-۱۰. ابزار Zoom To Full Screen ۷۶
۳-۳-۱۱. ابزار 3D Background Color ۷۶
۳-۳-۱۲. ابزار Pseudo Colors ۷۷
۳-۳-۱۳. ابزار Masks Shades ۷۸
۳-۳-۱۴. ابزار Layouts ۷۸

۳-۴. منو Segmentation ۸۰
۳-۴-۱. ابزار Thresholding ۸۰
۳-۴-۲. ابزار Edit Masks ۸۳
۳-۴-۳. ابزار Multiple Slice Edit ۸۴
۳-۴-۴. ابزار Crop Mask ۸۵
۳-۴-۵. ابزار Edit Mask In 3D ۸۶
۳-۴-۶. ابزار Region Growing ۸۸
۳-۴-۷. ابزار Dynamic Region Growing ۸۹
۳-۴-۸. ابزار Boolean Operations ۹۱
۳-۴-۹. ابزار Cavity Fill ۹۲
۳-۵. منو Tools ۹۴
۳-۵-۱. ابزار Measure Distance ۹۴
۳-۵-۲. ابزار Measure Angle ۹۵
۳-۵-۳. ابزار Measure 3D Distance ۹۵
۳-۵-۴. ابزار Measure 3D Angle ۹۶
۳-۵-۵. ابزار Measure Density In Rectangle ۹۷
۳-۵-۶. ابزار Measure Density In Ellipse ۹۸
۳-۵-۷. ابزار Add Text Annotation ۹۸
۳-۶. خلاصه فصل ۹۹

فصل ۴. مدل‌سازی سه‌بعدی ۱۰۱

۴-۱. معرفی ابزارهای منو Segmentation ۱۰۱
۴-۱-۱. ابزار Calculate 3D ۱۰۱
۴-۱-۲. ابزار Calculate Polylines ۱۰۹
۴-۱-۳. ابزار Update Polylines ۱۱۰
۴-۱-۴. ابزار Cavity Fill from Polylines ۱۱۰
۴-۱-۵. ابزار Calculate Polylines From 3D ۱۱۱
۴-۱-۶. ابزار Calculate Mask From 3D ۱۱۱

۴-۱-۷. ابزار Labels ۱۱۲
۴-۲. پنجره‌های جانبی ۱۱۳
۴-۲-۱. پنجره ماسک ۱۱۳
۴-۲-۲. پنجره فرایندهای CAD ۱۱۴
۴-۳. خلاصه فصل ۱۱۵

فصل ۵. خروجی‌های نرم‌افزار ۱۱۷

۵-۱. منو Export ۱۱۷
۵-۱-۱. گزینه Dicom ۱۱۸
۵-۱-۲. گزینه BMP/JPEG ۱۱۹
۵-۱-۳. ابزار STL ۱۲۰
۵-۱-۴. ابزار Point Cloud ۱۲۰
۵-۱-۵. ابزار IGES ۱۲۱
۵-۱-۶. ابزار Gray Values ۱۲۲
۵-۱-۷. فرمت‌های نرم‌افزارهای تحلیلی از منو Export ۱۲۲
۵-۲. تبدیل مدل سطحی به مدل حجمی ۱۲۳
۵-۲-۱. آغاز کار با نرم‌افزار Solid Works ۱۲۳
۵-۲-۲. فرمت‌های مورداستفاده در نرم‌افزار سالیدورک ۱۲۵
۵-۲-۳. ایجاد سطح از مش‌های سطحی ۱۳۲
۵-۲-۴. اتصال سطوح به هم ۱۳۵
۵-۲-۵. حجم دهی به مدل ۱۳۶
۵-۲-۶. فراخوانی با فرمت STL ۱۳۷
۵-۲-۷. تبدیل سطح به حجم ۱۳۹
۵-۳. خلاصه فصل ۱۴۱

فصل ۶. عملیات مهندسی به کمک کامپیوتر (CAE) ۱۴۳

۶-۱. مفاهیم پایه ۱۴۴
۶-۱-۱. مهندسی به کمک کامپیوتر ۱۴۴

۶-۱-۲. تجزیه‌وتحلیل به روش المان محدود FEM ۱۴۴
۶-۱-۳. فرایند مش بندی ۱۴۴
۶-۱-۴. فرمت‌های استاندارد برای انجام فرایند CAE ۱۴۵
۶-۲. ارتباط میمیکس با سایر نرم‌افزارهای مهندسی ۱۴۸
۶-۲-۱. ارتباط میمیکس با نرم‌افزار Solid Works ۱۴۹
۶-۲-۲. ارتباط میمیکس با ABAQUS ۱۴۹
۶-۲-۳. ارتباط میمیکس با Magics ۱۵۰
۶-۳. انجام فرایند CAE با استفاده از میمیکس ۱۵۰
۶-۳-۱. ایجاد مدل هندسی به‌صورت سطح ۱۵۱
۶-۳-۲. فرایند اصلاح و بهینه‌سازی سطح ۱۵۱
۶-۳-۳. فرایند بازسازی و اصلاح مش بندی سطحی ۱۵۳
۶-۳-۴. فرایند تبدیل سطح به حجم ۱۶۲
۶-۳-۵. فرایند مش بندی حجمی ۱۶۴
۶-۳-۶. اختصاص خواص مواد به‌صورت پیشرفته ۱۶۶
۶-۳-۷. تکمیل فرایند تحلیل ۱۷۱
۶-۴. خلاصه فصل ۱۷۲

فصل ۷. پروژه جامع اول **۱۷۳**

۷-۱. عنوان پروژه ۱۷۳
۷-۲. کاربرد پروژه ۱۷۴
۷-۳. مراحل انجام پروژه ۱۷۵
۷-۳-۱. ورود تصاویر و جهت‌یابی ۱۷۵
۷-۳-۲. ایجاد ماسک و مدل سه‌بعدی اولیه ۱۷۸
۷-۳-۳. اندازه‌گیری قطر تومور ۱۸۰
۷-۳-۴. استخراج مدل هندسی تومور ۱۸۳
۷-۴. خلاصه فصل ۱۸۸

فصل ۸. پروژه جامع دوم ۱۸۹

۸-۱. مقدمه ۱۸۹
۸-۲. عنوان پروژه ۱۸۹
۸-۳. کاربرد پروژه ۱۹۰
۸-۴. مراحل انجام پروژه ۱۹۰
۸-۴-۱. تصویربرداری ۱۹۰
۸-۴-۲. فراخوانی تصاویر در میمیکس و تعیین جهت‌گیری ۱۹۲
۸-۴-۳. ایجاد ماسک و مدل سه‌بعدی اولیه ۱۹۴
۸-۴-۴. استخراج مدل و تبدیل مدل سطحی به حجمی ۱۹۹
۸-۴-۵. مش بندی حجمی در نرم‌افزار ABAQUS ۲۰۵
۸-۴-۶. تکمیل فرآیند تحلیل ۲۰۶
۸-۵. خلاصه فصل ۲۰۷

فصل ۹. ضمیمه ۲۰۹

۹-۱. تصویربرداری به روش تشدید مغناطیسی (MRI) ۲۰۹
۹-۱-۱. انواع دستگاه MRI ۲۱۰
۹-۱-۲. موقعیت آناتومیکی ۲۱۱
۹-۱-۳. انواع تصویربرداری به روش MRI ۲۱۱
۹-۱-۴. مقطع تصویربرداری ۲۱۳
۹-۱-۵. نوع تصویرسازی ۲۱۳
۹-۱-۶. رزولوشن تصاویر ۲۱۵
۹-۱-۷. ضخامت مقطع ۲۱۵
۹-۱-۸. ردیف تصویربرداری ۲۱۵
۹-۱-۹. پروتکل پیشنهادی برای تصویربرداری به روش MRI ۲۱۵
۹-۱-۱۰. مزایای روش MRI ۲۱۶
۹-۲. تصویربرداری به روش مقطع‌نگاری کامپیوتری CT ۲۱۶
۹-۲-۱. اساس کار CT Scan ۲۱۷
۹-۲-۲. واحد هانسفیلد ۲۱۸

۹-۲-۳. الگوریتم بازسازی تصاویر در CT scan ۲۱۹
۹-۲-۴. موقعیت آناتومیکی ۲۲۰
۹-۲-۵. انواع تصویربرداری به روش CT scan ۲۲۱
۹-۲-۶. مقطع تصویربرداری ۲۲۲
۹-۲-۷. پروتکل پیشنهادی برای CT scan ۲۲۳
۹-۲-۸. مزایای روش CT scan ۲۲۳
۹-۳. کلیدهای میانبر در نرم‌افزار میمیکس ۲۲۵

منابع و مآخذ **۲۲۷**

مقدمه مؤلفین

یگانه خالق هستی را شاکریم که فرصت ایجاد ارتباطی علمی؛ در قالب کتاب پیش روی را با جامعه مهندسی زیست پزشکی کشور برایمان فراهم ساخت. امیدواریم محتوای مطرح‌شده در کتاب بتواند در بسط و تعمیق علم مهندسی زیست پزشکی در ایران مثبت باشد.

سال‌هاست که ابزارها و روش‌های مهندسی به کمک پزشکان آمده‌اند و خدمات درمانی را در بخش‌های مختلف متحول ساخته‌اند، این تحول شامل بهبود عملکردها، ایجاد روش‌های تشخیصی و درمانی جدید و در پی آن‌ها؛ کاهش هزینه‌ها و بازه‌های زمانی؛ در درمان و تشخیص بیماری‌هاست. مهندسینی که به‌صورت خاص در این حوزه فعالیت می‌کنند (مهندسین زیست پزشکی)، به بدن انسان به‌مثابه یک سیستم زنده می‌نگرند و به دنبال ایجاد ارتباط منطقی بین علوم مهندسی، علوم زیستی و پزشکی هستند، به همین جهت است که مهندسی زیست پزشکی، یک رشته بین‌رشته‌ای محسوب می‌شود.

مهندسین در تمامی رشته‌ها و گرایش‌ها از ابزارهای شبیه‌سازی باهدف کاهش هزینه‌ها، زمان فرایندها و بهبود عملکردها استفاده می‌کنند. شبیه‌سازی امکان ایجاد نمونه محصول و خدمات با کمترین قیمت و زمان را برای ما فراهم می‌کند. از ابزارها و روش‌های مختلف شبیه‌سازی در مهندسی استفاده می‌شود اما قدرتمندترین ابزارها برای شبیه‌سازی پدیده‌های پیرامون ما؛ کامپیوترها هستند. کاربرد شبیه‌سازی‌های کامپیوتری در مهندسی قدمتی حدود ۷۰ سال دارد و به جنگ جهانی دوم بازمی‌گردد.

در مهندسی زیست پزشکی با توجه به پیچیدگی‌ها و حساسیت‌های سیستم‌های زیستی؛ شبیه‌سازی کامپیوتری از اهمیت بسیاری برخوردار است. یکی از پیشگامان کاربرد شبیه‌سازی‌های کامپیوتری در این حوزه شرکت متریالایز است که در سال ۱۹۹۰ میلادی با هدف بهبود سلامت جامعه بشری تأسیس شده است.

متریالایز برای نائل آمدن به اهداف خود راهکارهای نرم‌افزاری و سخت‌افزاری مختلفی را ارائه می‌دهد که نرم‌افزار Mimics یا شبیه‌ساز یکی از آن‌هاست. راهکارهای نرم‌افزاری متریالایز طی سالیان متمادی شاهد تغییرات و پیشرفت‌های بسیار؛ از یک نرم‌افزار پردازش تصویر تا نرم‌افزاری تحلیلی و از یک نرم‌افزاری پزشکی تا نرم‌افزاری با کاربردهای چندگانه بوده است. در حال حاضر بسته جامع نرم‌افزاری متریالایز با عنوان Mimics Innovation Suite ارائه می‌شود که مشتمل بر ابزارهای هسته پردازش تصویر، بخش مدل‌سازی و ... است.

در کتابی که پیش روی شماست سعی شد با توجه به وجود نسخه‌های مختلف بسته نرم‌افزاری یادشده؛ به عمده بخش‌های پرکاربرد و اساسی هسته اصلی بسته (نرم‌افزار Mimics) با رویکرد فرایند شبیه‌سازی در مهندسی زیست پزشکی پرداخته شود.

محتوای آموزشی کتاب با معرفی کلی مجموعه نرم‌افزاری Mimics Innovation Suite در فصل اول شروع و با بررسی کلیات مبحث پردازش تصویر و ورود دیتا به نرم‌افزار در فصل دوم ادامه می‌یابد. فصول سوم و چهار به‌صورت اختصاصی به معرفی ابزارهای پرکاربرد هسته اصلی نرم‌افزار با هدف ایجاد مدل هندسی از بافت‌ها اختصاص دارند. فصل پنجم به مبحث خروجی‌های قابل استحصال از نرم‌افزار اختصاص داده شد. با توجه به اهمیت موضوع طراحی و تحلیل به کمک کامپیوتر؛ فصل ششم را به معرفی امکانات و ابزارهای این نرم‌افزار در این حوزه اختصاص دادیم. دو فصل پایانی کتاب نیز به انجام دو پروژه کاربردی با استفاده از ابزارهای موجود اختصاص دارند و با توجه به اهمیت آشنایی خواننده با انواع روش‌های تصویربرداری پزشکی و کاربردهای آن‌ها توضیحاتی اجمالی در این خصوص، در غالب یک فصل (ضمیمه) در انتهای کتاب آورده شده است.

در خلال هر فصل نکات کلیدی و کاربردی مرتبط با هر موضوع در بخش‌هایی با همین عنوان طرح شده‌اند. محتوای موجود در این بخش‌ها اغلب نشئت‌گرفته از تجربیات نویسندگان کتاب در کاربرد این نرم‌افزار در مباحث مهندسی و پزشکی است.

با توجه به بین‌رشته‌ای بودن حوزه مهندسی زیست پزشکی و اشتراک‌های موجود بین بخش‌های مختلف مهندسی و پزشکی، لاجرم محتوای مطرح‌شده در این کتاب هم ماهیتی بین‌رشته‌ای و همگرا دارد، ازاین‌جهت و با توجه به نیازها و محدودیت‌های موجود؛ در برخی از فصول نگاهی گذرا به چند نرم‌افزار تخصصی مرتبط دیگر مهندسی داشتیم.

در پایان برخی فصـول پیشنهادهایی متناسب با محتوای آن فصل در قالب عنوان خارج از محدوده بیان‌شـــده‌اند که می‌توانند نقطه آغازی بر تحریک حس کنجکاوی خواننده و حرکت به‌سوی آینده باشند.

به همراه کتاب؛ لوح فشـرده‌ای حاوی اطلاعات لازم و مرتبط با محتوای آموزشی هر فصل نیز در اختیار شماست تا بیشترین بهره از محتوای کتاب برده شود.

محتوای این کتاب بر تجربیات و دانش محدود نویسندگان آن استوار است و مطمئناً خالی از اشـکال نیست. از تمامی خوانندگان کتاب درخواست می‌شود در صورت مشاهده اشکال در مطالب این کتاب، مراتب را از طریق آدرس پســـت الکترونیک Info@noavarpub.com با نویسندگان کتاب مطرح نمایند تا در ویرایش‌های بعدی کتاب موردتوجه قرار گیرد.

در پایان وظیفه خود می‌دانیم از تمامی افرادی که در مســـیر آماده‌ســـازی این کتاب ما را همراهی نموده‌اند تشـــکر نماییم، به‌ویژه از ســـرکار خانم ماندانا رفیعی مدیریت محترم گروه آموزشـی هیناراد و جناب آقای احسـان سودمند که ما را در تمامی مراحل نگارش کتاب یاری نموده‌اند کمال تشکر را داریم و بهترین‌ها را برای این عزیزان از خداوند متعال خواهانیم.

فصل ۱. مقدمه

مهندسین در تمام رشته‌ها و گرایش‌ها از ابزارهای مدل‌سازی با هدف شبیه‌سازی پدیده‌های فیزیکی استفاده می‌کنند. هر فرایند مدل‌سازی با روش‌های گوناگونی انجام می‌شود که دراین‌بین می‌توان به برخی از رایج‌ترین آن‌ها ازجمله مدل‌سازی هندسی، مدل‌سازی مواد و ... اشاره نمود. در این کتاب به بیان و تشریح مدل‌سازی هندسی بافت‌های بیولوژیک پرداخته می‌شود.

در فرآیند مدل‌سازی هندسی ابزارهای مختلفی مورداستفاده قرار می‌گیرند اما با توجه به رویکرد مدل‌سازی از طریق کامپیوتر، یکی از مهم‌ترین ابزارهایی که می‌تواند مورداستفاده قرارگیرد نرم‌افزارهای مرتبط با این حوزه است. یکی از پرکاربردترین نرم‌افزارهای مدل‌سازی هندسی بافت‌های بیولوژیک، پکیج نرم‌افزاری Mimics Innovation Suite می‌باشد که توسط شرکت متریالایز عرضه گردیده است، این پکیج نرم‌افزاری شامل ابزارهای مختلف ازجمله نرم‌افزار Mimics، 3matic، Magic و ... می‌باشد. نرم‌افزار Mimics هسته اصلی این پکیج را تشکیل می‌دهد که قابلیت ایجاد مدل هندسی سه‌بعدی با استفاده از تصاویر دوبعدی استاندارد پزشکی را داراست. باید توجه داشت که فرآیند کامل مدل‌سازی بافت‌های بیولوژیک با استفاده از این نرم‌افزار امکان‌پذیر نیست و این نرم‌افزار تنها قادر به ایجاد مدل هندسی اولیه از بافت‌های بیولوژیک است.

در کتاب حاضر به نحوه ایجاد مدل هندسی از بافت‌ها در این نرم‌افزار پرداخته‌شده و در کنار آن سایر نرم‌افزارهای تکمیل‌کننده این فرآیند ازجمله نرم‌افزار سالیدورکس و آباکوس نیز مورد استفاده قرارگرفته‌اند.

در این کتاب در فصول اول تا چهارم به تشریح نرم‌افزار میمیکس از پکیج Mimics Innovation Suite پرداخته‌ایم. البته در فصل اول به‌صورت جزئی به توضیح مفاهیم پایه‌ای در

فرایند مدل‌سازی هندسی و معرفی ماژول‌های مختلف این پکیج به همراه کاربردهای آن خواهیم پرداخت. در فصل پنجم به تکمیل فرآیند مدل‌سازی هندسی از طریق نرم‌افزار سالیدورکس پرداخته‌شده است، همان‌طور که بیان شد هدف اصلی، شبیه‌سازی یک پدیده فیزیکی یا یک سیستم بیولوژیک می‌باشد که مدل‌سازی هندسی به‌عنوان مرحله اولیه در فرآیند شبیه‌سازی مورد بررسی قرار می‌گیرد اما برای آنکه بتوانیم فرآیند شبیه‌سازی را تکمیل نماییم نیازمند فرآیندی تحت عنوان فرآیند مهندسی به کمک کامپیوتر خواهیم بود، فرآیندی که با استفاده از مدل هندسی ایجادشده، روابط و معادلات حاکم و شرایط سیستم مورد بررسی این فرآیند را تکمیل خواهد کرد که این فرآیند در فصل ششم و توسط نرم‌افزار ABAQUS بیان خواهد شد. در فصول هفتم و هشتم به بیان دو پروژه کاربردی از مدل‌سازی هندسی بافت‌های بیولوژیک پرداخته‌ایم.

۱-۱. مدل‌سازی هندسی

مدل‌سازی هندسی[1] عبارت است از تعریف یک جسم سه‌بعدی از طریق ایجاد پایگاه داده معرف آن که به‌منظور طراحی، تحلیل مهندسی، ترسیم نقشه، ساخت و... بکار می‌رود. کارکردهای متعدد این پایگاه داده شامل موارد زیر می‌باشد:

- نمایش کامپیوتری شی
- ایجاد ترسیمات[2] گوناگون
- تحلیل و تولید[3]

مدل‌سازی هندسی بخش مهمی از فرآیند طراحی و تولید[4] را شامل می‌شود. فرآیند طراحی و تولید شامل سه مرحله مهم زیر است:

1- Geometrical Modeling
2- Drawing Generation
3- Analysis and Manufacturing
4- CAD/CAM

- طراحی به کمک کامپیوتر[1]
- مهندسی به کمک کامپیوتر[2]
- تولید به کمک کامپیوتر[3]

بسیاری از طراحان ابتدا ایده‌های خود را به‌صورت یک مدل هندسی مناسب طراحی کرده سپس با استفاده از فرآیند مهندسی به کمک کامپیوتر مورد تحلیل و آزمایش قرار می‌دهند و درنهایت وارد مرحله ساخت واقعی می‌شوند.

روش‌های پایه‌ای جهت مدل‌سازی هندسی عبارت‌اند از:

- ترسیمات دوبعدی[4]
- مدل‌سازی سیمی[5]
- مدل‌سازی سطحی[6]
- مدل‌سازی حجمی[7]

۱-۱-۱. مدل‌سازی دو بعد

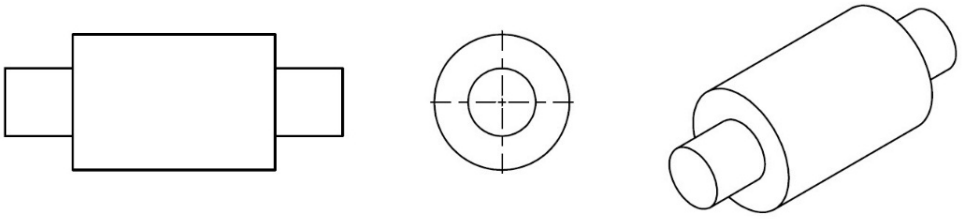
این روش قدیمی‌ترین روش مدل‌سازی هندسی است، در این روش از ترسیم سه نمای متعامد برای معرفی جسم استفاده می‌شود. از نقشه‌های دوبعدی برای شروع فرآیند ساخت نیز استفاده می‌شود.

محدودیت‌های روش مدل‌سازی دوبعدی عبارت‌اند از:

- مهارت بالایی جهت فهم ترسیم‌های دوبعدی نیاز است و احتمال بروز خطا در این روش بالا است

1- Computer Aided Design (CAD)
2- Computer Aided Engineering (CAE)
3- Computer Aided Manufacturing (CAM)
4- 2-D Projection (Drawings)
5- Wireframe Modeling
6- Surface Modeling
7- Solid Modeling

- قابل‌استفاده در تحلیل‌های پیشرفته مهندسی (ازجمله روش اجزا محدود) و یا تولید در ماشین‌های CNC[1] و پرینترهای سه‌بعدی نیست.



تصویر ۱-۱. طرح دوبعدی از یک جسم در دو نمای عمود برهم و نمای سه‌بعدی

(تصاویری از کتاب که دارای جزئیات رنگی و نوشتاری هستند در سی‌دی همراه و در پوشه تصاویر قابل‌دسترسی می‌باشند)

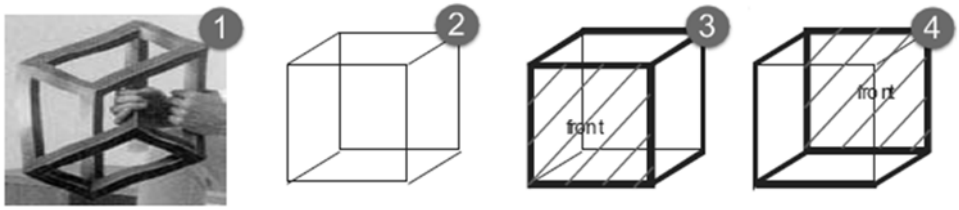
۱-۱-۲. مدل‌سازی سیمی

روش مدل‌سازی سیمی در دهه ۱۹۶۰ میلادی ابداع شد؛ جسم هندسی در این روش توسط لبه‌های مرئی آن نمایش داده می‌شود (تصور کنید با استفاده از یک سیم و خم کردن آن می‌خواهیم یک جسم سه‌بعدی ایجاد کنیم). در این روش برای ساخت مدل، از نقاط، خطوط، کمان‌ها، دایره‌ها و منحنی‌ها استفاده می‌شود. مدل سیمی سه‌بعدی، فاقد سطح تعریف‌شده و یا حجم است، بنابراین بسیاری از تحلیل‌های پیشرفته مهندسی بر روی این مدل‌ها قابل‌اجرا نیست.

محدودیت‌های روش مدل‌سازی سیمی:

- ناکافی بود اطلاعات ذخیره‌شده بر روی جسم ازجمله سطح، حجم و جرم
- مبهم بودن مدل

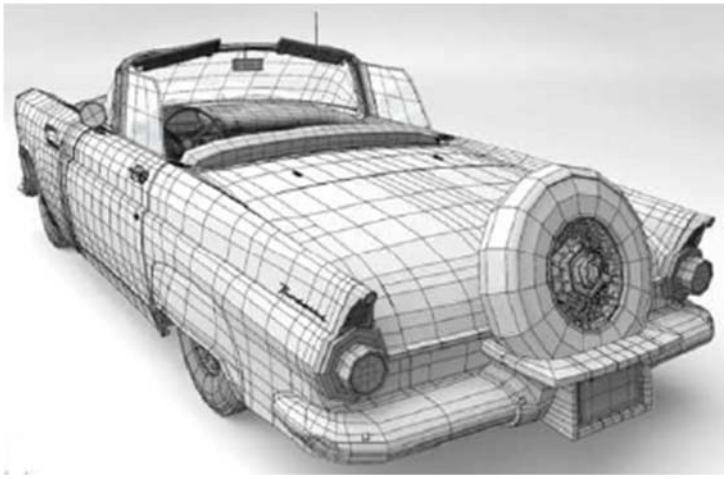
[1]- Computer Numerical Control Machine



تصـویر ۱-۲. یک مدل سـاخته‌شـده به روش مدل‌سـازی سیمی؛ تصویر ۱ جسم سه‌بعدی را نشان می‌دهد، تصـویر ۲ مدل ایجادشده از آن به روش مدل‌سازی سیمی است، تصویر ۳ نمای جلو (Front) و تصویر ۴ نمای عقب را نشان می‌دهد. نبود اطلاعات کافی و ابهام در این تصاویر کاملاً مشخص است.

۱-۱-۳. مدل‌سازی سطحی

مدل‌سـازی سـطحی مرحله‌ای پیشـرفته‌تر از مدل‌سـازی سیمی است و از مجموعه‌ای از نماها[1] تشکیل‌شده است که سطح بیرونی جسم را تعریف می‌کنند. تحلیل‌های مهندسی بیشتری نسبت به مدل‌های سـیمی روی مدل‌های سطحی صورت می‌گیرد. بدنه خودروها، هواپیماها، کشتی‌ها و بسیاری از اجسام با این روش مدل‌سازی می‌شوند.



تصویر ۱-۳. اتومبیل ایجادشده به روش مدل‌سازی سطحی

۱-۱-۴. مدل‌سازی حجمی

مدل‌سازی حجمی کامل‌ترین نوع مدل‌سازی است که تمام انواع تحلیل‌های مهندسی را می‌توان بر روی آن انجام داد. در این روش فضـا به دو مرز داخل و بیرون جسـم تقسـیم می‌شـود. در

[1]- Faces