مقاله تحقیقی

شبیه سازی سیستم هاورس با استفاده از دانش اوریگامی و سنجش مقاومت مکانیکی آن

ناصر مهدوی شهری .Ph.D* ، رویا جاجوندیان .M.Sc **، عطیه اسدپور .B.Sc *، سیدمجتبی زبرجد.Ph.D ***

* گروه زیست شناسی دانشکده علوم پایه دانشگاه فردوسی مشهد و گروه زیست شناسی دانشکده علوم پایه دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مشهد

** دانشکده پرستازی و مامایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد بجنورد

*** دانشگاه مهندسی دانشکده فردوسی مشهد

وصول: مردادماه۸۵ ، پذیرش : مهرماه۸۵

چکیده

مقدمه و هدف: تمایل بشر به فراگیری از طبیعت، به پیدایش علم جدیدی به نام بیونیک انجامیده است. بیونیک دانش بررسی روشهای ساخت سیستمهای مکانیکی با مشخصه‌هایی متناظر با ویژگیهای موجودات زنده است. سیبرنتیک دانش و علم شناخت اصول کلی کنترل و بهره گیری از اصول حاکم در موجودات زنده در علوم مهندسی و جامعه بشری است. هدف از این پژوهش مطالعه مقدماتی الگوی حاکم در ساختار سیستم هاورس استخوان و ارتباط برقرار کردن بین علوم بیونیک و سیبرنتیک در راستای ادراک بیشتر مفاهیم در علوم مختلف و استفاده بهینه از سیستمها و مدل های زیستی برای طراحی صنعتی است.

مواد و روش ها: در تحقیق حاضر با کمک از علم اوریگامی و با استفاده از کاغذ به عنوان یک ماده اولیه و ابتدایی و در دسترس و الگوگیری از شکلهایی با سطح مقطع دایره در سیستم هاورس در قیاس با دو مدل مثلث و مربع، میزان تغییر شکل در برابر فشار و حداکثر قدرت تحمل نیرو مطالعه و بررسی شد.

یافته ها: نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهند که مدل دایره در قیاس با دو مدل دیگر چه در حالت منفرد و چه در حالت چند تایی حداکثر مقاومت در برابر نیروی وارده را از خود نشان می‌دهد.

نتیجه گیری: در واقع حضور سیستمهای هاورس و ساختار بی بدیل قرارگیری تیغه‌های استخوانی و نظم ذاتی آنها می‌تواند نمونه‌ای از مدلهای ایده آل در طراحی ساختارهای محافظت کننده‌ای باشد که در صنعت برای حمایت و محافظت از وسایل و ایجاد استحکام به کار گرفته می‌شوند.

کلیدواژه‌ها: بیونیک، سیستم هاورس، مقاومت، حداکثر نیرو، تغییر شکل

آدرس مکاتبه: استان خراسان شمالی، بجنورد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بجنورد ، دانشکده پرستاری و مامائی ، صندوق پستی: ۹٤۱٥٦

E-mail: jajvandian@gmail.com

مقدمه

جهان زنده پیرامون بشر همواره الهام بخش انسان بوده است.برای مثال پرواز پرندگان هزاران سال رویا آفرین و الهام بخش طرحهای بیشماری از ماشینهای پرنده بوده است. موجودات زنده را می‌توان نوع ویژه‌ای ماشین با مکانیسم معین و بسیار پیچیده‌ای دانست که باید با هم اندیشی زیست شناسان و مهندسان درکانون یک علم مشترک، به نام بیونیک به بحث گذاشته شوند تا بتوان درهایی به اسرار آنها گشود [۱]. دانش بیونیک بر پایه تقلید ساز وکارهای زیست شناختی بنا نهاده شده است [۲]. این دانش هنوز بسان کودکی نوپاست که در ابتدای جاده‌ای منتهی به افقهای روشن گام بر می‌دارد .در این دانش روشهای ساخت سیستمهای مکانیکی با مشخصاتی متناظر با ویژگیهای موجودات زنده مورد بررسی قرار می‌گیرند[۱]. علامت اختصاری بیونیک، از تقاطع چاقوی جراحی، دستگاه هویه لحیم و علامت انتگرال شکل گرفته است که نشانگر هم اندیشی و اتفاق نظر زیست شناسان صنعت گران و ریاضی دانان در دانشی است که می‌تواند نوید بخش قابلیت نفوذ علم بیونیک در تمام چیزهایی باشد که تاکنون هیچکس به آن نفوذ ننموده است[۳]. به عبارت ساده می‌توان گفت بیونیک علم سیستمهایی است که خصوصیات ویژه سیستمهای زنده را دارند و به سیستمهای زنده شبیه‌اند [۱].

باید گفت موجودات زنده محصول هنرمندی انتخاب طبیعی در گذر زمان بوده اند و تکامل موجب پیدایش مکانیسمهایی منحصر به‌فرد در زمان و مکان خاص خود شده است که می‌توان از روی آنها نسخه برداری کرد. چرا که ملکولهای خطی DNA,RNA و پروتیین، سه سیستم مملو از اطلاعات اند که در سراسر مسیر تکامل مانند حلقه‌های فنر روی یکدیگر قوس می‌خورند. هر روند تکامل به ضرب چکش روی سندان مقاوم تجربیات زندگی فرو زده می‌شود و این رفتار است که اهمیت حیاتی در تعیین این موضوع دارد که آیا DNA به نسل بعد منتقل خواهد شد یا نه؛ و ما نه فقط به وسیله توارث ژنی بلکه به وسیله مراقبت توسط نسل قبل در جریان رشد اولیه مان و انواع تجربیاتی که در زندگی خود با آنها برخورد کرده‌ایم برای زندگی آماده می‌شویم. بنابراین فرآیند تکامل را باید مطالعه کرد و از آن بسیاری چیزها آموخت. به عبارتی نخستین صورت محسوسی که مثل «ایده» خود را در آن نمودار می‌سازد، طبیعت است و از این رو نخستین صورت زیبایی را می‌توان طبیعت دانست [٤].

اوریگامی[1] نیز یکی از شاخه‌های هنر است که به عنوان کار تفریحی، هنری، آموزشی در عرصه‌های وسیعی مطرح است و حتی می‌توان رگه‌هایی از آن را در طراحی صنعتی دید. هدف اصلی این رشته، تلاش در جهت ایجاد خلاقیت و ساخت ابزاری است که در عین سادگی کاربرد بالایی دارند.

استخوان یا بافت استخوانی، به لحاظ سخت بودن از سایر بافتهای نگهدارنده کاملاً متمایز است [۵] این بافت؛ از بافتهای نرم حمایت کرده، اندامهای حیاتی همچون محتویات جمجمه و قفسه سینه و نخاع رادر خود جای می‌دهد. همچنین مخزن نگهداری املاح از جمله کلسیم، فسفات و سایر یونها است. از طرفی، استخوانها دستگاهی از اهرمها را تشکیل می‌دهند که نیروهای تولید شده در هنگام انقباض عضلات را چند برابر می‌کنند و آنها را به حرکات بدنی مبدل می‌سازند [٦].تقریبا بخش عمده‌ای از کارایی تحسین برانگیز بافت استخوان متراکم را باید مدیون وجود تیغه‌های سازمان یافته سیستم هاورس[2] یا استئونها در ماتریکس استخوان متراکم (دیافیز استخوان دراز) دانست. هر سیستم هاورس از لایه‌های متحدالمرکز تشکیل شده که هر کدام بین ۳ تا ۷ میکرون ضخامت داشته ، تیغه‌های هاورس[3] نامیده می‌شوند [۵] تعداد تیغه‌های هر سیستم بین٤ تا ۲۰ لایه متغیر است و جدیدترین لایه‌ها، داخلی ترین آنهاست. سلولهای استخوانی بین این

1- Origami
2- Haversian Syatem
3- Haversian lamellae

تیغه‌ها قرار دارند و کانالیکولها با مجاری هاورس ارتباط می‌یابند. در اشاره مختصر به سازمان بندی استخوان باید گفت دو نوع سیستم هاورس در استخوان دیده می‌شود که عبارتند از استئون اولیه (سیستم هاورس آتیپیک) که اولین استئونهایی هستند که شکل می‌گیرند و بدون تیغه هستند و استئونهای ثانویه (سیستم هاورس تیپیک) که تیغه‌های متحد المرکز در اطراف مجاری عروقی استخوان بالغ را شکل می‌دهند [۷]. بخش مرکزی هر سیستم هاورس را یک کانال مرکزی حاوی عروق خونی، اعصاب و بافت همبند تشکیل می‌دهد که تیغه‌های متحد المرکز استخوان با نظم تحسین برانگیزی در اطراف این محور مرکزی قرار گرفته اند [۲]. در مجاورت پریوست، تیغه‌های سیستم هاورس به موزات محیط استخوان قرار می‌گیرند و سیستم پریوستی[1] را شکل می‌دهند. درمجاورت آندوست نیز تیغه‌هایی به موزات حفره مغزی قرار گرفته، سیستم اندوستی[2] را پدید می‌آورند. به این ترتیب دیافیز اغلب از سیستم هاورس و به مقادیر کمتر از سیستمهای بین هاورسی، آندوستی و پریوستی تشکیل شده است [۸]. تیغه‌های بنیابینی هاورس[3] خود به دو صورت دیده می‌شوند: تیغه‌های موازی[4] که به شکل فضاهای مثلثی یا چهار ضلعی مابین سیستمهای هاورس را پر می‌کند و موازی با محور اصلی استخوان طویل هستند [۵] وتیغه‌های منحنی[5] که سیستمهای هاورس ناقص فاقد مجرا و متشکل از چند تیغه استخوانی نیم دایره هستند و در اثر تغییر شکل و جابجایی سیستمهای هاورس در رشد استخوان پدید می‌آیند و تیغه‌های اطرافی داخلی و خارجی در زیر پرپوست واطراف سوراخ مرکزی استخوان و زیراندوست.

شباهت بسیاری از استخوانها به اهرمهای ساخته بشر، ستونهای نگهدارنده و داربستها می‌تواند زمینه اندیشه‌های جالبی با استفاده از مفاهیم و معیارهای مکانیکی باشد. از آنجایی که در قلمرو بیونیک مدل، پلی است میان زیست شناس و مهندس؛ و مدل خوب، پژوهشگران زمینه‌های مختلف را قادر می‌سازد با وجود تفاوت اصطلاحات فنی خود، مقصود یکدیگر را بفهمند [۱]. بنابراین در پژوهش حاضر سعی شد با مطالعه در حیطه دانش بیونیک و سیبرنتیک؛ در کنار علم شناخت استخوان و بافت اختصاصی تشکیل دهنده آن؛ زمینه‌های ارتباط این علوم باهم فراهم شود تا بتوان با یاد آوری منطق خلل ناپذیر حاکم بر نظام پر شکوه خلقت، گامی در راستای استفاده بهینه از سیستمها و مدلهای زیستی در طراحیهای صنعتی برداشت و با استناد به الگوی بی بدیل استخوان و سختی و استحکام این بافت در موارد دیگری از جمله طراحی سازمانبندیهای مقاوم در برابر فشار در مواردی مثل ضربه گیر یا پایه‌ها یا در مواردی مثل قرار دادن این الگوها در بین وسایل سنگین به منظور جلوگیری از بروز شکستگیها و کاهش ضربات حاصل از حمل و نقل یا جابجایی بین وسایل، با هدف حداکثر کارایی با حداقل هزینه و حداقل وزن بهره برد.

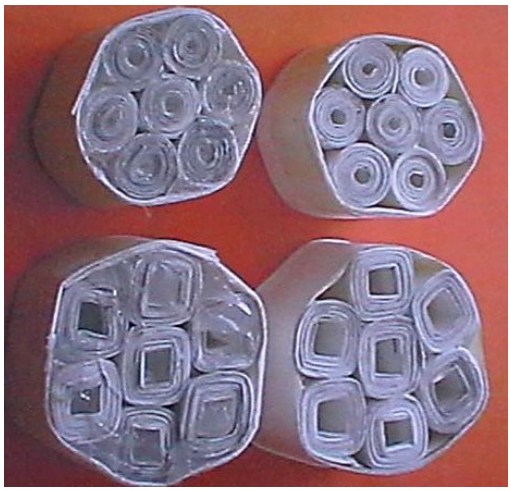
مواد و روشها

نوارهایی از مقوای ضخیم به طول ۱۰۰ و عرض ۱ سانتی متر به تعداد واحدهای سازنده سیستم هاورس ماکت برش زده شد و هر نوار به شکل لابیرنتی دور اشکال مربع، مثلث و دایره درحول خود پیچیده شد. واحدهای سازنده ماکت به این ترتیب جداگانه ساخته شد. واحدهای مورد نیاز با استفاده از چسب مایع درکنار هم قرار گرفتند. برای جلوگیری از بهم ریختگی ماکت در زمان وارد کردن فشار، دور واحدهای متصل به هم، نواری از جنس مقوای اولیه پیچیده شد. برای آزمایش استحکام ماکت با پلیمر، ماکتهای یکسانی با همان شرایط قبلی تهیه شد و حفرات موجود در ماکت با چسب آکواریوم پر شد. همچنین ماکتهایی به شیوه‌های قبل و از

1- Outer basic Lamellar
2- Inner basic lamellar
3- Intermediate lamellae
4- Parallel lamellae
5- Carved lamellae

مقوای نازک باطول ۵۰ و عرض ۱/۵ سانتی متر نیز تهیه شد. لازم به ذکر است که در کل ماکتها، قطر بخش سطحی لابیرنت واحدهای تشکیل دهنده ماکتها در تمام اشکال و تمام واحدها یکسان و برابر ۲ سانتی متر انتخاب شد. از هر شکل ماکت، یک واحد تکی نیز برای تعیین استحکام واحدها ساخته شد. اشکال ماکت سیستم هاورس به صورت ماکت مثلثی، دایره‌ای و مربعی به شیوه فوق تهیه شد که در شکل شماره ۱ و ۲ نشان داده شده است.

شکل ۱. مدلهای تکی و چند تایی از سیستم هاورس در شکلهای مربع، مثلث و دایره



شکل ۲. مدلهای چند تایی از سیستم هاورس به صورت ساده و همراه با پلیمر

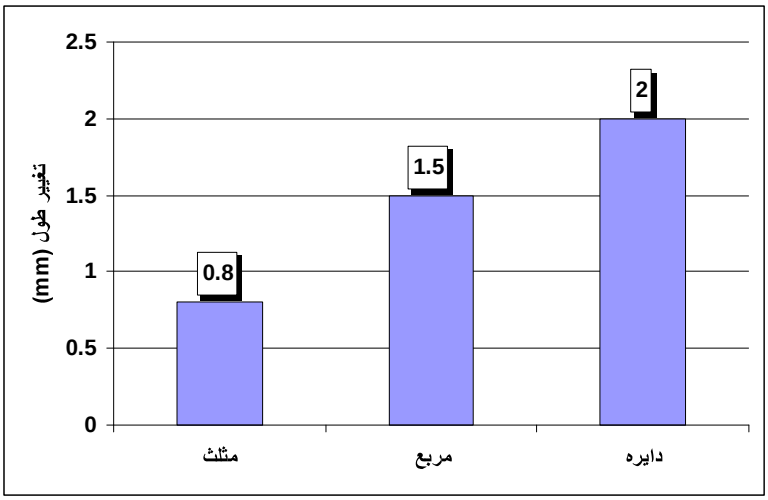
برای القای فشار بر ماکتها از دستگاه کشش ، فشار **Zwic** با **Lotzer** ۲۵ تنی استفاده شد و توسط کامپیوتر متصل به دستگاه، نمودار فشارهای وارد شده بر ماکتها برحسب تغییر نیرو بر تغییر طول رسم شد. همچنین نمودارها سنجش قدرت مقاومت در برابر تغییر شکل و انعطاف پذیری بر اساس نیرو نیز در هر ۵ مدل به صورت جداگانه رسم شدند.

یافته‌ها

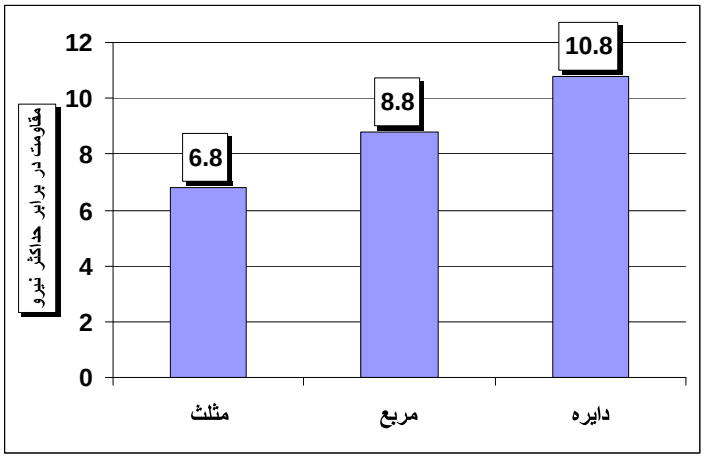
سنجش و مقایسه انعطاف پذیری و مقاومت در برابر حداکثر نیروی وارده در ۳ نوع مدل منفرد ساخته شده، نشان می‌دهد که به ترتیب دایره، مربع و مثلث می‌توانند در مقابل فشار ثابت حداکثر تغییر طول را بدون تغییر شکل داشته باشند (نمودار ۱). مقایسه مقاومت در برابر حداکثر نیروی وارده نیز در مدلهای منفرد ساخته شده نشان دهنده کاهش میزان مقاومت از شکل دایره به سمت مدل مربع و مثلث (نمودار ۲).

سنجش میزان انعطاف‌پذیری و تغییر طول بدون تغییر شکل درمدل چند تایی بر حسب شکل در دو حالت همراه پلیمر و بدون پلیمر در۳ ماکت ساخته شده در نمودار۳ آورده شده است. همان‌گونه که در نمودار مشاهده می‌شود، در هر دو حالت ساده و دارای پلیمر به ترتیب مدل دایره، مربع و مثلث می‌توانند تغییر طول بیشتری بدون از دست دادن شکل خود داشته باشند که میزان انعطاف پذیری در هر سه مدل در حالت همراه با پلیمر افزایش می‌یابد.

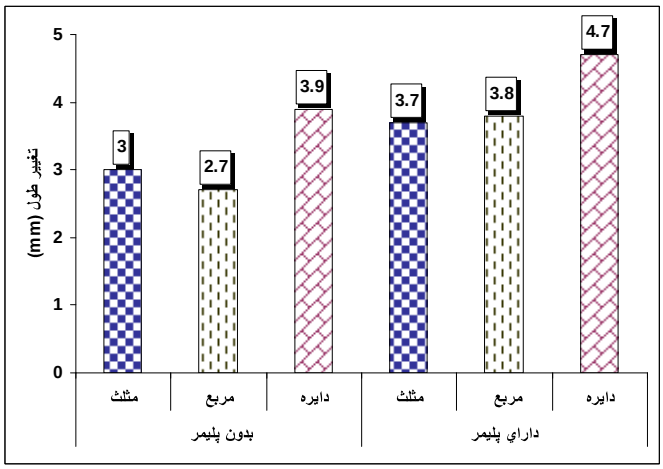
مقایسه مقاومت در برابر حداکثر نیروی وارده نیز در مدلهای چند تایی ساخته شده نشان دهنده کاهش میزان مقاومت از شکل دایره به سمت مدل مربع و مثلث در هر دو حالت دارای پلیمر و بدون پلیمر است (نمودار ٤).



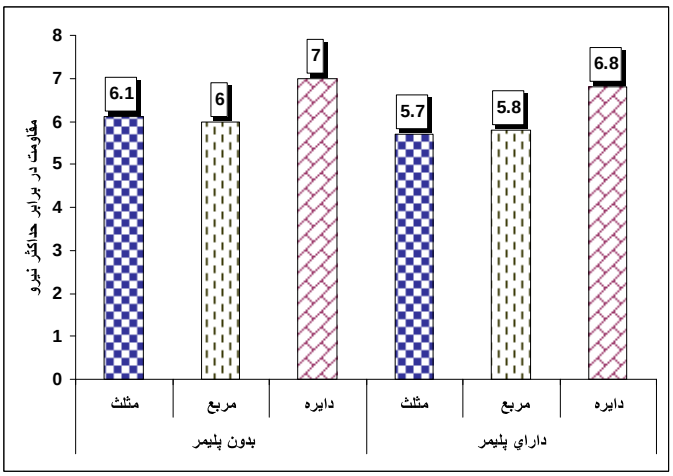
نمودار ۱. مقایسه میزان تغییر طول بر حسب میلی متر در برابر فشار بدون از دست دادن شکل در سه مدل منفرد



نمودار۲. مقایسه میزان مقاومت در برابر حداکثر نیروی وارده در سه مدل منفرد



نمودار ۳. مقایسه میزان تغییر طول بر حسب میلی متر در سه مدل چندتایی در حالت همراه و بدون پلیمر



نمودار۴ . مقایسه مقاومت در برابر حداکثر نیرو وارده در سه مدل چندتایی در حالت همراه و بدون پلیمر

بحث

مقایسه قدرت انعطاف در مقابل فشار در سه مدل ساخته شده به‌صورت منفرد، در نمودار ۱ نشان می‌دهد شکل دایره در مقایسه با مربع و مثلث، بیشترین توانایی جابجایی و تغییر طول بدون از دست دادن ساختار خود را داراست و در مقابل مثلث واجد کمترین توانایی انعطاف‌پذیری در مقابل فشار است. بنابراین می‌توان گفت در شرایطی که حفظ ساختار در مقابل فشار و تحمل بالا بدون تغییر شکل حائز اهمیت باشد و انعطاف‌پذیری مشکل ایجاد نکند، مدل دایره در مقایسه با مربع و مثلث گزینه بسیار مناسبی محسوب می‌شود. مقاومت بالاتر دایره در مقابل حداکثر فشار در نمودار ۲ نیز مناسب بودن الگوی دایره‌ای شکل هاورس را در شرایط تحمل فشار تایید می‌کند. نمودار ۳ نشان می‌دهد که در ماکت چند تایی نیز مشابه با مدل منفرد؛ مدل دایره انعطاف پذیری بیشتری نسبت به دو مورد دیگر نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که در حضور پلیمر، میزان انعطاف پذیری به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد که می‌تواند حاصل تاثیر پلیمر در پخش شدن نیرو در کل شکل باشد. همچنین نمودار شماره ٤ نیز نشان دهنده حداکثر قدرت مقاومت در برابر حداکثر نیرو در شکل دایره است. پس در مواردی که نیاز به تحمل نیروی بیشتری است، دایره می‌تواند بهتر از دو شکل دیگر کاربرد داشته باشد. انعطاف پذیری قابل توجه مدل دایره در مقابل فشار بدون تغییر شکل ؛ در قیاس با دو مدل مربع و مثلث می‌تواند مرتبط با فقدان زوایای نوک تیز در این مدل باشد. چرا که در هنگام اعمال نیرو، جوانه زنی ترک اغلب از نقاط نوک تیز و گوشه‌ها آغاز می‌شود. همچنین با استناد به یافته‌های حاصل از این پژوهش، شکل دایره در حالت چند تایی نیز می‌تواند حداکثر نیرو را بدون تغییر ساختار تحمل کند به‌علاوه در افزایش تعداد واحدها تغییر قابل توجه مشاهده نمی شود.

در خصوص انعطاف و تحمل بالاتر مدل مربع در قیاس با مثلث می‌توان سطح بزرگتر مربع را در افزایش قابلیت تحمل نیرو موثر دانست.

در کل با استناد به نتایج این پژوهش می‌توان گفت انعطاف‌پذیری مدل کاملاً به شکل ساختار بستگی دارد به نحوی که ساختارهای مثلثی با داشتن گوشه‌های نوک تیز و حداقل سطح، کمترین انعطاف پذیری را دارند، ودر مقابل شکل دایره حداکثر انعطاف‌پذیری را در هر دو حالت منفرد و چند تایی نشان می‌دهند. از طرفی به نظر می‌رسد حداکثر نیرویی که توسط ساختارها تحمل می‌شود بطور مستقیم با سطح مقطع آنها همبستگی دارد. به طوری‌که ساختارهای دایره‌ای با کمترین گوشه نوک تیز و بیشترین سطح مقطع، حداکثر تحمل نیروی وارده را نشان می‌دهند، به نحوی که در مدلهای چند تایی این خصوصیات افزایش می‌یابد. از طرفی افزودن پلیمر به‌عنوان فاز نرم و قابل انعطاف، با پرنمودن فضاهای خالی و افزایش سطح مقطع می‌تواند قدرت تحمل نیرو و عدم تغییر شکل در مقابل فشار را افزایش دهد که با افزایش انعطاف‌پذیری در اکثر موارد خواهد انجامید.

لازم به یادآوری است که گالیله (١٦٣٨) اهمیت احتمالی وجود بافت اسفنجی میان استخوانها را تشخیص داد و ادعا نمود که درمیان دو استوانه هم وزن آنکه توخالی است، نسبت به آنکه توپراست، استحکام بیشتری دارد. امروزه نیز طبق تئوری Terajectional، طرح ترابکولاراستخوان منطبق بر مسیر فشارهای وارده برآن مطرح می‌شود.

نتایج پژوهش حاضر نیز به صراحت نشان می‌دهند که الگوی دایره در سازمان بندی سیستم هاورس مقاوم‌ترین و مناسب ترین الگویی است که هنرمندی تحسین برانگیز خلقت یکتا هنرمند آفرینش در گذر نیروهای پیش برنده فرگشت به موازات بیشمار شاهکارهای خلقت به نظم کشیده است و اینجاست که انسان می‌تواند با اندیشیدن و الگو گیری از نظام خلقت مسیر خود را به سمت توسعه پایدار بیابد و جهل بر علم بی نظیر خلقت را با نور مطلق جایگزین سازد.

در پایان باید یادآوری نمود که افزایش علاقه متخصصین مکانیک به حرکت انسان و سایر موجودات زنده سبب توسعه تحقیقات روی بافت استخوان شده و پژوهشهای متعددی در

باره پارامترهای فیزیکی استخوان انجام شده است. به نحوی که شباهت بسیاری از استخوانها به اهرمهای ساخته انسان، ستونهای نگهدارنده، قوسها، و داربستها ما را وا می‌دارد با استفاده از مفاهیم و معیارهای مکانیکی به بررسی نحوه عمل آنها بپردازیم. امروز می‌توانیم آینده‌ای را تجسم نمود که در آن بیونیک نقش مهمی خواهد یافت و با افقهای تازه‌ای که پیوسته نمودار می‌شوند می‌توان به تماشای درخشش بیونیک و هنر اوریگامی در آینده‌ای نه چندان دور نشست.

در این بین موارد زیر می‌تواند در پژوهشهای بعدی مد نظر علاقمندان قرار گیرد: تکرار آزمایش با مدل سازی دقیق از سیستم هاورس و افزایش تعداد و جهت لایه‌ها در استخوان، تغییر میزان فضای خالی بین تیغه‌های استخوانی در مدل و اندازه گیری میزان مقاومت مدل و مقایسه آنها، مقایسه مدلهای دایره با بیضیهایی با کانونهای مختلف، مقایسه مدلها مختلف دایره با جنسهای مختلف نظیر کاغذ و مقوا و صفحات چوب یا پلاستیک و فلز و مقایسه پاسخ به فشار.

Reference

۱. ژراردین ل: بیونیک (تکنولوژی از جانداران الهام می‌گیرد)، ترجمه بهزاد م.قوامی پ. نشر سروش، ۱۳۶۰.

۲. **میرونف ا.** بیونیک عنصر زندگی، ترجمه کاوه ح، انتشارات گوتنبرگ، ۱۳۶۵.

۳. **پکلیس و.** الفبای سیبرنتیک، ترجمه آزاد منش ا، نشر سپیده انقلاب، ۱۳۷۳.

۴. **هسکت ج.** طراحی صنعتی .ترجمه رضایی نصیر غ. ۱۳۸۰

۵. **پوستی ا.** بافت شناسی مقایسه‌ای و هیستوتکنیک، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۶۸.

۶. **کوئیرا ژ.** بافت شناسی پایه، ترجمه صادقی ع، عسگری م، جواهری پ، انتشارات دانش پژوه **۱۳۸۲**.

۷. **ویلیامز پ.** راجز استخوان شناسی، آناتومی گری، ترجمه سمیعی ف، انتشارات چهر، ۱۳۶۱.

۸. **آروند م، گنجی ف** . بافت‌شناسی عملی، انتشارات دانشگاه علوم پزشکی مشهد، ۱۳۷۹

This document was created with Win2PDF available at http://www.daneprairie.com.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.