



اظهارنامه‌ی دانشجو

اینجانب آرش عثمانی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته تکنولوژی معماری گروه تکنولوژی معماری دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه هنر اسلامی تبریز به شماره‌ی دانشجویی ۹۰۱۳۲۳۰۶ تعهد می‌نمایم که تحقیقات ارائه شده در این پایان‌نامه با عنوان سازه‌های سهموی هذلولوی قیچی‌سان توسط شخص اینجانب انجام شده و صحت و اصالت مطالب نگارش شده مورد تأیید می‌باشد و در موارد استفاده از کار دیگر محققان به مرجع مورد استفاده اشاره شده است. همچنین تعهد می‌نمایم که مطالب مندرج در پایان‌نامه تاکنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط اینجانب یا فرد دیگری ارائه نشده است و در تدوین متن پایان‌نامه چارچوب مصوب دانشگاه را به طور کامل رعایت کرده‌ام و هرگونه مقاله مستخرج از دستاوردهای این پایان‌نامه را با ذکر نام استاد راهنما، استاد مشاور و دانشجو منتشر نخواهم کرد. همچنین کلیه حقوق مادی و معنوی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوری‌های ناشی از تحقیق، همچنین چاپ و تکثیر، نسخه برداری، ترجمه و اقتباس از این پایان‌نامه کارشناسی ارشد، برای دانشگاه هنر اسلامی تبریز محفوظ است.

امضاء دانشجو:

تاریخ:



دانشگاه سبزاسلامی تبریز
۱۳۷۸

دانشکده‌ی معماری و شهرسازی
گروه تکنولوژی معماری

پایان نامه

جهت اخذ درجه‌ی کارشناسی ارشد/
رشته / گرایش تکنولوژی معماری

عنوان:

سازه‌های سهموی هذلولوی قیچی سان

نگارش:

آرش عثمانی

اساتید راهنما:

دکتر محمد رضا متینی - دکتر یاسر شهبازی

بهمن ۹۲

تقدیم به:

روح پاک پدرم که عالمانه به من آموخت تا چگونه در عرصه زندگی، ایستادگی را تجربه
نمایم،

و به روح پاک مادرم، دریای بی کران فداکاری و عشق که وجودم برایش همه رنج بود و
وجودش برایم همه مهر،

و به :

همسرمهربانم، اسطوره زندگی، پناه خستگی و امید بودنم.

| | |
|------------------------------|-------------------------------|
| فرض بود بر همه شکر و سپاس | شکر و سپاسی نه به حد قیاس |
| شکر و سپاسی که خدا را سزد | خالق ما، رازق ما را سزد |
| رازق ما آن که به خوان نعم | خواند جهان را به وجود از عدم |
| هست جهان سفره احسان او | اهل جهان رله خور خوان او |
| هر که نه پرورده این نعمت است | از سر خوان عدمش قسمت است |
| مائده فیض چه جزو و چه گل | برده از او فیض چه خار و چه گل |
| او چمن آراست دگر ها چمن | باد برد شاخ گل و نسترن |
| ور نکند طرح چمن از نخست | بر قد گلبن نشود جامه چست |
| نسخه هر گل که رقم ها در اوست | شرح کمال چمن آرا در اوست |

.....

به مصداق «من لم یشکر المخلوق لم یشکر الخالق» بسی شایسته است از اساتید

فرهیخته و فرزانه جناب آقای

دکتر محمدرضا متینی و دکتر یاسر شهبازی

که با کرامتی چون خورشید ، سرزمین دل را روشنی بخشیدند و گلشن سرای علم و دانش را با راهنمایی های کار ساز و سازنده بارور ساختند ؛ تقدیر و تشکر نمایم.



بسمه تعالی

مشخصات رساله/پایان نامه تحصیلی دانشجویی

چکیده پایان نامه

عنوان پایان نامه: سازه‌های سهموی هذلولوی قیچی سان

استاد راهنما: دکتر محمد رضا متینی – دکتر یاسر شهبازی

استاد مشاور:

نام دانشجو: آرش عثمانی

شماره دانشجویی: ۹۰۱۳۲۳۰۶ کارشناسی ارشد دکتری □ تعداد صفحات: ۸۱

دانشکده: معماری و شهرسازی گروه: تکنولوژی معماری تاریخ دفاع: تاریخ تصویب:

چکیده:

سازه‌های بازوبسته‌شونده قیچی سان تاکنون در فرم‌های مسطح، تک انحنا و یا دو انحنا هم‌جهت طراحی و اجرا شده‌اند. به عبارت دیگر فرم‌هایی که با تکیه بر این سازه‌ها تاکنون اجرا شده‌اند، سازه‌های مسطح مانند دال‌های تخت یا سازه‌های تک انحنا مانند سقف‌های طاقی و استوانه‌ای شکل و یا سازه‌های با ۲ انحنا هم‌جهت همچون سازه‌های گنبدی شکل می‌باشد. در این پایان‌نامه یک سیستم سازه قیچی سان باز و بسته شونده، که توانایی باز و بسته شدن میان هندسه خطوط راست و اشکال با ۲ انحنای متفاوت را داشته، طراحی شده است. نکته‌ای که می‌بایست بدان توجه داشت فرم سهموی هذلولوی موردنظر نیز از المان‌های قیچی سان مستقیم، طراحی، آزمایش، شبیه‌سازی و تولید شده است.

برای ایجاد سازه‌های قیچی سان سهموی هذلولوی، سه فرایند مختلف در نظر گرفته شد و هر یک به صورت شبیه‌سازی کامپیوتری و در نهایت مدل آزمایشگاهی ارائه شده است. در مدل اول از دو قیچی خطی مرزی و یک سری کابل استفاده شده است، که با حرکت دو قیچی در دو راستای مختلف و موازی در فضا فرم سهموی هذلولوی ایجاد می‌شود. در مدل دوم از چهار قیچی مرزی و دو سری کابل استفاده شده است، که قیچی‌های با حرکت در راستای لبه‌ها فرم سهموی هذلولوی را تولید می‌شود. در مدل سوم تمام اعضا قیچی بوده و هیچ کابل و یا عضو اضافی در ساختار سازه وجود ندارد. با مقایسه سه مدل می‌توان به توانایی بازوبسته شدن مدل ۲ قیچی در یک خط در بالاترین نقطه سازه، توانایی بازوبسته شدن مدل ۴ قیچی در پایین‌ترین نقطه به صورت خطی و توانایی و امکان بازوبسته شدن مدل نهایی در یک نقطه اشاره نمود.

کلمات کلیدی: سازه‌های بازوبسته‌شونده، سازه‌های قیچی سان، فرم سهموی هذلولوی.

فصل اول: کلیات تحقیق

| | |
|---|---------------------------------------|
| ۲ | ۱- مقدمه |
| ۲ | ۱-۱- بیان مسئله |
| ۳ | ۲-۱- اهداف تحقیق |
| ۳ | ۳-۱- ضرورت تحقیق |
| ۴ | ۴-۱- حوزه و دامنه تحقیق |
| ۴ | ۵-۱- روش‌شناسی (متدولوژی) تحقیق |
| ۵ | ۶-۱- سازماندهی رساله |

فصل دوم: سازه‌های تغییر فرم‌پذیر

| | |
|---|--|
| ۷ | ۲- مقدمه |
| ۷ | ۱-۲- دسته بندی سازه‌های تغییر فرم‌پذیر |
| ۸ | ۲-۲- سازه‌های تغییر فرم‌پذیر |
| ۸ | ۳-۲- سازه‌های تغییر فرم‌پذیر |

فصل سوم: سازه‌های قیچی سان: گونه شناسی، اصول هندسی و تاریخچه

| | |
|----|----------------|
| ۱۷ | ۳- مقدمه |
|----|----------------|

- ۱۷-۱-۳- اصطلاحات و تعاریف ۱۷
- ۱۷-۱-۱-۳- المان‌های قیچی سان ۱۷
- ۱۸-۱-۳- شرایط عمومی گسترش پذیری ۱۸
- ۱۹-۲-۳- گونه شناسی سازه‌های قیچی سان ۱۹
- ۱۹-۲-۱- سازه‌های قیچی سان انتقالی ۱۹
- ۱۹-۱-۲-۳- سازه‌های قیچی سان انتقالی با اعضای با طول ثابت ۱۹
- ۲۰-۲-۱-۲-۳- سازه‌های قیچی سان انتقالی با اعضای با طول متفاوت ۲۰
- ۲۲-۳-۱-۲-۳- سازه‌های قیچی سان انتقالی با هندسه آزاد ۲۲
- ۲۲-۲-۲- سازه‌های قیچی سان منحنی ۲۲
- ۲۲-۱-۲-۲-۳- سازه‌های قیچی سان منحنی با هندسه مدور ۲۲
- ۲۴-۲-۲-۲-۳- سازه‌های قیچی سان منحنی با هندسه آزاد ۲۴
- ۲۵-۳-۲-۳- سازه‌های قیچی سان با اعضای زاویه‌دار ۲۵
- ۲۵-۱-۳-۲-۳- سازه‌های قیچی سان با اعضا منفرد زاویه‌دار ۲۵
- ۲۶-۲-۳-۲-۳- سازه‌های قیچی سان با اعضا چند زاویه‌دار ۲۶
- ۲۷-۳- تاریخچه سازه‌های قیچی سان ۲۷

فصل چهارم: هندسه سطوح انحنادار

- ۳۶-۴- مقدمه ۳۶

۳۶..... ۱-۴- انحنایها

۴۰..... ۱-۲-۴- سطوح دوار

۴۱..... ۲-۲-۴- سطوح انتقالی

۴۴..... ۳-۲-۴- سطوح خط دار

۴۶..... ۴-۲-۴- سطوح پیچیده

فصل پنجم: سازه‌های سهموی هذلولی قیچی سان

۴۸..... ۵- مقدمه

۴۸..... ۱-۵- سازه‌های سهموی هذلولوی قیچی سان با دو قیچی مرزی

۵۳..... ۲-۵- سازه‌های سهموی هذلولوی قیچی سان با چهار قیچی مرزی

۵۷..... ۳-۵- سازه‌های سهموی هذلولوی قیچی سان تمام قیچی

۶۱..... ۴-۵- بررسی ویژگی‌های سازه‌های سهموی هذلولوی قیچی سان

۶۱..... ۱-۴-۵- نحوه باز و بسته شدن

۶۲..... ۲-۴-۵- پوشش

۶۲..... ۳-۴-۵- مزایا

۶۲..... ۳-۴-۵- معایب

فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادات آتی

۶۴..... ۱-۶- نتیجه گیری

۶۴ ۱-۷- پیشنهادات آتی

۶۵ فهرست منابع و مآخذ

فهرست تصاویر و شکل‌ها

| صفحه | عنوان |
|------|---|
| ۲ | شکل ۱-۱: نمونه‌ای از سازه‌های تغییر فرم‌پذیر (Zuk and Clark, 1970) ۲ |
| ۷ | شکل ۱-۲: دسته‌بندی سیستم‌های تغییر فرم‌پذیر (N. Burford, C. Gengnagel, 2004) ۷ |
| ۸ | شکل ۲-۲: گونه‌های مختلف سازه‌های تغییر فرم‌پذیر (N. Burford, C. Gengnagel, 2004) ۸ |
| ۹ | شکل ۲-۳ الف: سقف‌های تغییر فرم‌پذیر اولیه، چادر سرخ بوستان سایوکس (Otto, F et al, 1971) ۹ |
| ۹ | شکل ۲-۳ ب و ج: سقف‌های تغییر فرم‌پذیر اولیه، کولوسئوم (Escrig, F., Brebbia, C, 1996) ۹ |
| ۹ | شکل ۲-۴: ورزشگاه شهر پیتزبورگ (Lorentz, 2008) ۹ |
| ۱۰ | شکل ۲-۵: لامپهای تغییر فرم‌پذیر خیابان سچوبورگ پلین (Korkmaz, K, 2004) ۱۰ |
| ۱۱ | شکل ۲-۶: ماشین سایه و پاپیون سویس‌باو (Tischhauser, A., and S. von Moos, 1998) ۱۱ |
| ۱۱ | شکل ۲-۷: دیده‌های مدل پاپیون (Tischhauser, A., and S. von Moos, 2009) ۱۱ |
| ۱۲ | شکل ۲-۸: سایه‌بان‌های موزه هنری میلوکی (Galinsky, 2009) ۱۲ |
| ۱۲ | شکل ۲-۹: سقف تغییر فرم پذیر مرکز اورژانس توسط سانتیاگو کالاتراوا (Calatrava, 2009) ۱۲ |
| ۱۳ | شکل ۲-۱۰: مراحل باز شدن پل غلتان (Heatherwick-Studio, 2009) ۱۳ |
| ۱۳ | شکل ۲-۱۱: تغییر فرم‌های CSA (Kokawa, T., and T. Hokkaido, 1997) ۱۳ |
| ۱۴ | شکل ۲-۱۲: مکانیسم اصلی VGT و تغییرات شکلی (Inoue, F, 2008) ۱۴ |
| ۱۴ | شکل ۲-۱۳: طرح بنای یادبود متحرک (Inoue, F & et al, 2006) ۱۴ |
| ۱۵ | شکل ۲-۱۴: بنای یادبود متحرک در اکسپوی ۲۰۰۵ (Inoue, F, 2008) ۱۵ |
| ۱۵ | شکل ۲-۱۵: سازه قوسی به همراه مکانیزم VGT (Inoue, F, 2008) ۱۵ |
| ۱۷ | شکل ۳-۱: المان قیچی‌سان (Y. Akgun, 2009) ۱۷ |

- شکل ۳-۲: شرایط عمومی برای سازه‌های قیچی‌سان (Y. Akgun, 2009) ۱۸
- شکل ۳-۳: هندسه سازه‌های قیچی‌سان انتقالی با اعضای با طول ثابت (Y. Akgun, 2009) ۱۹
- شکل ۳-۴: سازه‌های قیچی‌سان انتقالی با اعضای با طول متفاوت (Y. Akgun, 2009) ۲۱
- شکل ۳-۵: سازه‌های قیچی‌سان انتقالی با هندسه آزاد (Y. Akgun, 2009) ۲۲
- شکل ۳-۶: سازه‌های قیچی‌سان منحنی با یک مرکز (Y. Akgun, 2009) ۲۳
- شکل ۳-۷: ویژگی‌های هندسی یک مدول قیچی‌سان برای سازه‌های منحنی مدور (Y. Akgun, 2009) ۲۴
- شکل ۳-۸: سازه‌های قیچی‌سان منحنی با هندسه آزاد (Y. Akgun, 2009) ۲۴
- شکل ۳-۹: واحدهای زاویه‌دار یا واحدهای هابرمن (N, TEMMERMAN & et al, 2010) ۲۵
- شکل ۳-۱۰: یک سازه باز و بسته شونده شعاعی با مدول‌های منفرد زاویه‌دار ، مدول‌ها در سه مرحله گسترش هابرمن (N, TEMMERMAN & et al, 2010) ۲۵
- شکل ۳-۱۱: المان چند زاویه‌ای (You, Z & et al) ۲۶
- شکل ۳-۱۲: یک سازه باز و بسته شونده شعاعی با مدول‌های چند زاویه‌ای ، مدول‌ها در سه مرحله گسترش (You, Z & et al) ۲۶
- شکل ۳-۱۳: پوسته تغییر فرم پذیر پینرو (Pinero, 1962) ۲۷
- شکل ۳-۱۴: سازه‌های باز و بسته شونده از اسریگ و والکارسل (Escrig, F, 1985) ۲۸
- شکل ۳-۱۵: شبکه دوطرفه سطحی با مدول‌های انتقالی و طاق استوانه‌ای با مدول‌های مدور (Escrig, F, 1985) ۲۸
- شکل ۳-۱۶: پلان و نمای شبکه کروی دو طرفه با مدول‌های هندسه مدور (Escrig, F, 1987) ۲۸
- شکل ۳-۱۷: پلان و نمای شبکه کروی سه طرفه با مدول‌های هندسه مدور (Escrig, F, 1987) ۲۹
- شکل ۳-۱۸: پلان و نمای گنبد ژئودزیک با مدول‌های هندسه مدور (Escrig, F, 1987) ۲۹
- شکل ۳-۱۹: تاق باز و بسته شونده اسکریگ با صفحات صلب (Robbin, T, 1996) ۲۹
- شکل ۳-۲۰: استخر سن پابلو در سویل (Escrig, F, 1994) ۳۰
- شکل ۳-۲۱: ستون‌های قیچی‌سان مسطح و منشوری راسکین (Raskin I and Roorda J , 1998) ۳۰
- شکل ۳-۲۲: دال‌های قیچی‌سان راسکین (Raskin I and Roorda J , 1998) ۳۰
- شکل ۳-۲۳: سازه‌های باز و بسته شونده حلقوی (You, Z., and S. Pellegrino, 1993) ۳۱
- شکل ۳-۲۴: گسترش گنبد ژئودزیک (Hoberman, 2009) ۳۱
- شکل ۳-۲۵: گسترش صفحات نمایش تصویری: تغییر فرم و جزئیات (Barco, 2009) ۳۱
- شکل ۳-۲۶: المان زاویه دار (Korkmaz, K, 2004) ۳۲
- شکل ۳-۲۷: گنبد ایریش (Hoberman, 2009) ۳۲
- شکل ۳-۲۸: کمان هوبرمن (Hoberman, 2009) ۳۳

- شکل ۳-۲۹: اعضای چند زاویه ای و کاربردش (You, Z., and S. Pellegrino, 1997) ۳۳
- شکل ۳-۳۰: سازه قیچی سان ریپمن (Rippmann, M, 2007) ۳۴
- شکل ۴-۱: انحناهای استوانه (فولر مور، ۱۳۸۲) ۳۶
- شکل ۴-۲: تاب خوردگی هندسی (ماریو سالوادوری، ۱۳۷۴) ۳۷
- شکل ۴-۳: تاب خوردگی استوانه (فولر مور، ۱۳۸۲) ۳۷
- شکل ۴-۴: انحناهای یک گنبد کروی (ماریو سالوادوری، ۱۳۷۴) ۳۸
- شکل ۴-۵: انحناهای یک گنبد سهموی (ماریو سالوادوری، ۱۳۷۴) ۳۸
- شکل ۴-۶: گسترش سطوح با برش‌های هم‌جهت (فولر مور، ۱۳۸۲) ۳۸
- شکل ۴-۷: سطوح سهموی هذلولی (ماریو سالوادوری، ۱۳۷۴) ۳۹
- شکل ۴-۸: خطوط اصلی انحنا در سطوح سهموی هذلولی (ماریو سالوادوری، ۱۳۷۴) ۳۹
- شکل ۴-۹: سطوح زین میمونی (فولر مور، ۱۳۸۲) ۳۹
- شکل ۴-۱۰: سطوح دوار (فولر مور، ۱۳۸۲) ۴۰
- شکل ۴-۱۱: سطوح دوار بیضوی (ماریو سالوادوری، ۱۳۷۴) ۴۰
- شکل ۴-۱۲: سطوح دوار سهموی (ماریو سالوادوری، ۱۳۷۴) ۴۰
- شکل ۴-۱۳: سطوح مخروطی (فولر مور، ۱۳۸۲) ۴۱
- شکل ۴-۱۴: سطوح ماریپیچی (فولر مور، ۱۳۸۲) ۴۱
- شکل ۴-۱۵: سطوح استوانه‌ای (ماریو سالوادوری، ۱۳۷۴) ۴۱
- شکل ۴-۱۶: سطح سهموی بیضوی (ماریو سالوادوری، ۱۳۷۴) ۴۲
- شکل ۴-۱۷: سطح سهموی هذلولی (فولر مور، ۱۳۸۲) ۴۲
- شکل ۴-۱۸: مولدهای مستقیم الخط سطح سهموی هذلولی (فولر مور، ۱۳۸۲) ۴۳
- شکل ۴-۱۹: سقف سهموی هذلولی (فولر مور، ۱۳۸۲) ۴۳
- شکل ۴-۲۰: سطح شبه مخروطی سهموی هذلولی (سالوادوری، ۱۳۷۴) ۴۳
- شکل ۴-۲۱: سطح شبه مخروطی سهموی هذلولی طره شده (سالوادوری، ۱۳۷۴) ۴۳
- شکل ۴-۲۲: شکل سهموی هذلولی چتری (ماریو سالوادوری، ۱۳۷۴) ۴۳
- شکل ۴-۲۳: ترکیب سهموی هذلولی‌های مورب (ماریو سالوادوری، ۱۳۷۴) ۴۴
- شکل ۴-۲۴: سطح مخروطی شکل (فولر مور، ۱۳۸۲) ۴۴
- شکل ۴-۲۵: سطح شبه مخروطی (فولر مور، ۱۳۸۲) ۴۴
- شکل ۴-۲۶: سطح شبه مخروط طره شده (ماریو سالوادوری، ۱۳۷۴) ۴۵
- شکل ۴-۲۷: قطاع مخروطی (ماریو سالوادوری، ۱۳۷۴) ۴۵

- شکل ۴-۲۸: هذلولی یک صفحه‌ای (فولر مور، ۱۳۸۲) ۴۵
- شکل ۴-۲۹: طاق دو طرفه (فولر مور، ۱۳۸۲) ۴۶
- شکل ۵-۱: جزئیات قیچی‌های خطی مرزی به کار گرفته شده (نگارنده) ۴۹
- شکل ۵-۲: مراحل باز و بسته شدن نمونه شبیه‌سازی شده کامپیوتری دو قیچی مرزی با پوشش شبکه کابل‌ها (نگارنده) ۵۰
- شکل ۵-۳: مراحل باز و بسته شدن نمونه شبیه‌سازی شده کامپیوتری دو قیچی مرزی با پوشش غشایی (نگارنده). ۵۱
- شکل ۵-۴: مراحل باز و بسته شدن نمونه آزمایشگاهی دو قیچی مرزی با پوشش شبکه کابلی (نگارنده) ۵۲
- شکل ۵-۵: مراحل باز و بسته شدن نمونه شبیه‌سازی شده کامپیوتری چهار قیچی مرزی با پوشش شبکه کابل‌ها (نگارنده) ۵۴
- شکل ۵-۶: مراحل باز و بسته شدن نمونه شبیه‌سازی شده کامپیوتری چهار قیچی مرزی با پوشش غشایی (نگارنده) ۵۵
- شکل ۵-۷: مراحل باز و بسته شدن نمونه آزمایشگاهی چهار قیچی مرزی با پوشش شبکه کابلی (نگارنده) ۵۶
- شکل ۵-۸: مراحل باز و بسته شدن نمونه شبیه‌سازی شده کامپیوتری تمام قیچی (نگارنده) ۵۹
- شکل ۵-۹: مراحل باز و بسته شدن نمونه آزمایشگاهی تمام قیچی (نگارنده) ۶۰
- شکل ۵-۱۰: جزئیات اجزای سیستم تمام قیچی (Y, Akgun.2010) ۶۱
- شکل ۵-۱۱: جزئیات اتصالات سیستم‌های رایج (Y, Akgun.2010) ۶۱
- شکل ۵-۱۲: نحوه مجاله شدن غشا در سازه‌های چهار قیچی (نگارنده) ۶۲

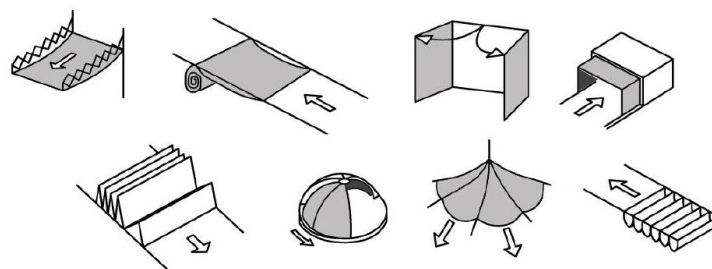
فصل اول

کلیات تحقیق

در تمام طول تاریخ مردم تلاش کرده‌اند ساختمان‌های انعطاف‌پذیر بسازند که توانای وفق دادن با شرایط و نیاز-های متغیر باشد. هدف اصلی معماری متحرک، طراحی فضاها و پوسته‌های ساختمانی انطباق‌پذیر بوده، که جزء اصلی این ساختمان‌ها کاربرد سازه‌های مکانیکی می‌باشد. (Zuk and Clark 1970). توسعه‌های اخیر در زمینه‌های تکنولوژی ساخت، رباتیک و علم مواد، علاقه به سازه‌های بازوبسته شونده و تغییر فرم‌پذیر را افزایش داده است. دلیل پشت این علاقه در ارتباط با رشد نیاز به عملکردهای انعطاف‌پذیر، انطباق‌پذیر، پایداری و توانای بالای عملکرد سازه‌ای می‌باشد. پیچیدگی در فرایند طراحی، ساخت و فن اجرا برای این نوع از سازه‌ها، و محدودیت در پوشش فرم، یک تحقیق را با رویکرد پوشش فرم‌های جدید توسط سازه‌های قیچی‌سان را ایجاب می‌نماید. در این تحقیق ابتدا نمایی کلی از سازه‌های باز و بسته شونده و سازه‌های قیچی‌سان با توجه به تغییرات زمانی و الگوی فرمی، مرور می‌شود. سپس با معرفی انواع فرم‌های هندسی به بررسی شکل‌گیری و ایجاد فرم‌های سهموی هذلولوی پرداخته و روش‌های هندسی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. همچنین با استفاده از الگوهای هندسی به ایجاد فرم‌های سهموی هذلولوی با روش‌های متفاوت پرداخته و در نهایت درستی این نمونه‌ها به وسیله مدل‌های فیزیکی و شبیه‌سازی‌های کامپیوتری مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. نتیجه این تحقیق امکان عملی بودن سازه‌های قیچی‌سان سهموی هذلولوی را نشان می‌دهد.

۱-۱- بیان مسئله

اکثر سازه‌های بازوبسته‌شونده و تغییر فرم‌پذیر در ادبیات موضوع به صورت فرم‌هایی به صورت باز و، بسته تعریف شده‌اند و تغییر شکل در سازه بین این ۲ حالت به وسیله یکی از انواع مختلف تغییر فرم از قبیل: لغزش، پهن کردن و جمع شدن اتفاق می‌افتد. (Zuk and Clark, 1970). (شکل ۱-۱). طراحی فرم و الگوی سازه‌های باز و بسته شونده بالاخص سازه‌های قیچی‌سان مهم و الگوی حرکتی اهمیت ویژه‌ای دارد. به دلیل وجود حرکت در سیستم، امکان ایجاد فرم‌های پیچیده همچون فرم‌های سهموی هذلولوی و فرم‌های آزاد سخت و غیرممکن می‌نماید.



شکل ۱-۱: نمونه‌ای از سازه‌های تغییر فرم‌پذیر (Zuk and Clark, 1970)

تا به امروز بسیاری از مطالعات در موضوع، این کمبود را نادیده گرفته و اکثر تحقیقات در زمینه سازه‌های بازوبسته شونده و تغییرفرم‌پذیر بر روی موضوعات زیر متمرکز شده‌اند:

دستیابی به فرم‌های تعریف شده با استفاده از المان‌های سازه‌ای معمول از طریق انواع مختلف تاشدن: تئاتر تاشو پینرو (Pinero, E.P, ۱۹۶۱)، الگو و شبکه فضایی نو از اسکریگ و والکارسل (Escrig, F) ۱۹۸۴ و ۱۹۸۵، Escrig, F, and J.P. Valcarcel (۱۹۸۶ و ۱۹۸۷) و سازه‌هایی از کالاتراوا در پایان‌نامه‌اش (Calatrava, ۱۹۸۱) نمونه‌های معروفی برای این زمینه می‌باشند.

دستیابی به فرم‌های تعریف شده با استفاده از المان‌های سازه‌ای با هندسه یا مواد مختلف: تحقیقات پلگرینو و هابرمین بر روی المان‌های زاویه‌دار (Hoberman ۱۹۹۳؛ You, Z., and S. Pellegrino ۱۹۹۷) و مطالعات پلگرینو بر روی صفحات با اتصال قیچی (Jensen, F., and S. Pellegrino ۲۰۰۲) از معروفترین نمونه‌ها در این زمینه می‌باشند.

همکاری المان‌های اضافی برای حرکت یا تثبیت سازه: نمونه‌ای برای این حالت، پل غلتان هیثرویک (Heatherwick-Studio ۲۰۰۹) و خرپای با هندسه متغیر از اینو (Inoue, F., K. Kurita, R. Moroto, and N. Furuya ۲۰۰۶، Inoue, F ۲۰۰۸) بوده، که بازوی هیدرولیکی برای افزایش انعطاف‌پذیری به سازه اضافه شده است. همچنین قوس‌های قیچی‌سان کوکاوا (Kokawa, T., and T. Hokkaido ۱۹۹۷) یک سیستم کابلی زیگزاگی برای حرکت یا تثبیت دارد.

در نتیجه می‌توان ادعا کرد که سازه‌های باز و بسته شونده قیچی‌سان رایج تنها فرم‌های ساده و اولیه را پوشش داده و امکان ایجاد فرم‌های جذاب و پیچیده که مورد علاقه طراحان می‌باشد را میسر نساخته و با توجه به گذشت نیم قرن از کشف و کاربرد آن توسط پینرو، گسترش و توسعه قابل توجهی نداشته است، و کاربرد آن در فضاهای امروزه با توجه به تغییرات زیاد کاربری‌های فضایی و ایجاد فضاهای موقت زیاد، محدود می‌باشد.

۱-۲- اهداف تحقیق

هدف اصلی این پایان‌نامه دستیابی به فرم‌های بازوبسته شونده سهموی هذلولی به وسیله سازه‌های قیچی‌سان می‌باشد، که امکان استفاده بیشتر از این سازه‌ها را در فرم‌های مختلف میسر سازد و دامنه کاربرد این سازه‌ها را که به دلیل محدودیت‌های ایجاد شده کاهش پیدا کرده، افزایش داد.

۱-۳- ضرورت تحقیق

این تحقیق اطلاعات توانایی سازه‌های بازوبسته شونده را بررسی کرده و یک فرم جدید را برای این سازه‌ها پیشنهاد می‌کند، که به وسیله سازه‌های قیچی‌سان خطی، فرم‌های سهموی هذلولی را ایجاد می‌نماید. این طرح باعث توسعه توانایی‌های سازه‌های بازوبسته شونده می‌شود. تاکنون دامنه کاربرد فرمی سازه‌های قیچی‌سان، فرم‌هایی همچون فرم‌های تخت همانند دال‌ها، فرم‌های با یک انحنا همانند استوانه‌ها و فرم‌های با دو انحنا در

یک جهت همانند گنبدها بوده است. اگرچه بعد از این نمونه پیشنهادی کاربرد و توانایی این نوع سازه‌ها به فرم‌هایی با دو انحنا در دو جهت مختلف همچون فرم‌های سهموی هذلولی افزایش پیدا کرده و توسعه می‌یابد. به عنوان یک نمونه فرضی، از این قبیل سازه‌ها می‌توان به عنوان سقف نمایشگاه‌های موقت استفاده نمود. به دلیل فرم پربازده به لحاظ سازه‌ای می‌توان از این سازه‌ها برای سایبان فضاهای باز که قابلیت تحمل بارهای سنگین همچون بار برف، بار باد و ... را داشته همانند ایستگاه‌های اتوبوس، پارکینگ‌ها، استخرها و ... استفاده نمود. از کاربردهای دیگر این سیستم قالب‌بندی سازه‌های پوسته بتنی با فرم‌های سهموی هذلولی را نام برد، که به دلیل توانایی سازه‌ای بالا و همچنین ایجاد این نوع از سازه‌ها با سرعت بالا و قابلیت بازوبسته شدن سریع، کاربرد این نوع از سازه‌ها را به قالب‌هایی سریع و قابل استفاده به صورت چند باره افزایش می‌دهد. این تحقیق به مرور و طبقه‌بندی سازه‌های قیچی‌سان رایج پرداخته و انواع فرم‌های مختلف و نحوه ایجاد آنها را با تاکید بر فرم‌های سهموی هذلولی بررسی می‌نماید. همچنین این تحقیق به عنوان مرجعی برای محققان آتی که می‌توانند گونه‌بندی این نوع سازه‌ها و روش‌های فرمی ایجاد شده را مشاهده نمایند.

۱-۴- حوزه و دامنه تحقیق

در این تحقیق سازه‌های قیچی‌سان در ترکیب با فرم‌های سهموی هذلولی، به عنوان اصلی‌ترین موضوع مورد بررسی قرار گرفته شده است. مطالعه بر روی گونه‌شناسی، هندسه، حرکت و آنالیز فرمی سازه‌های قیچی‌سان متداول انجام شده و طراحی‌های متفاوتی براساس هندسه و نحوه حرکت بررسی شده، که حوزه مطالعه این تحقیق می‌باشد.

اگرچه جزئیات تکنیکی، مکانیکی و برقی اصول کنترلی فعالگرها در حیطه و حوزه این مطالعه نمی‌باشد. این موضوع می‌تواند به عنوان موضوع یک رساله در زمینه رباتیک و مهندسی برق مورد مطالعه و تحقیق قرار گیرد.

۱-۵- روش‌شناسی (متدولوژی) تحقیق

در این تحقیق، شبیه‌سازی و نمونه آزمایشگاهی به عنوان اصلی‌ترین روش تحقیق انتخاب شده است. شبیه‌سازی و نمونه آزمایشگاهی شامل نمونه ساخته شده در آزمایشگاه با ابعاد و مقیاس کوچک و شبیه‌سازی کامپیوتری می‌باشد.

در اولین مرحله این مطالعه، ادبیات موضوع کامل و انتقادی مورد بررسی قرار گرفته شده و اصول هندسی کلی سازه‌های بازوبسته شونده مورد مطالعه قرار گرفته شده است. نمونه فیزیکی ساده برای ارزیابی توانایی‌های تغییر شکل سیستم‌های قیچی‌سان ساخته شده و سیستم‌های مختلف را در یک مکانیسم با هم ترکیب کردند.

در مرحله دوم، مطالعه بر روی انواع فرم‌ها به خصوص فرم‌های سهموی هذلولی تمرکز می‌نماید. بررسی ویژگی‌های فرم‌های سهموی هذلولی و نحوه ایجاد آنها با بیان‌های تصویری یکی از موضوعات مورد بحث می‌باشد. در ادامه به بررسی سازه‌های قیچی‌سان و نحوه پوشش فرم‌های مذکور توسط این نوع از سازه‌ها پرداخته می‌شود. نحوه

ایجاد و حرکت این سازه‌ها توسط نرم افزار شبیه سازی کامپیوتری راینو شبیه سازی شده است. این نرم افزار به همراه پلاگین‌های مختلفش همانند گرسه‌پا، توانایی شبیه سازی نحوه ایجاد و حرکت آن را دارد. نمونه‌های آزمایشگاهی مطابق آنالیزهای فرمی و براساس اطلاعات گرفته شده از شبیه‌سازی کامپیوتری در مقیاس کوچک ساخته شده است.

۱-۶- سازماندهی رساله

این پایان‌نامه مطابق فصل‌های زیر سازماندهی شده است:

فصل اول شامل حرکت، هدف، مفاهیم پایه، روش‌شناختی و اهمیت مطالعه می‌باشد.

فصل دوم ادبیاتی انتقادی را که خلاصه مطالعات پیشین بوده و کاربرد عملی سازه‌های بازوبسته شونده و تغییر فرم‌پذیر را نشان می‌دهد. ادبیات جامعی که خلاء موجود را که موضوع این پایان‌نامه است را نشان می‌دهد.

فصل سوم شامل واژه‌شناسی، اصطلاحات و چهارچوب نظری سازه‌ها و مکانیزم قیچی‌سان می‌باشد. این چهارچوب شامل المان‌های اصلی مکانیزم از قبیل گونه‌شناسی و آنالیز هندسی است.

فصل چهارم به بررسی آنالیز فرمی نحوه ایجاد فرم‌های با تاکید به فرم‌های سهموی هذلولی می‌پردازد.

فصل پنجم به ارائه روش‌های گوناگون بازوبسته‌شدن فرم‌های سهموی هذلولی توسط سازه‌های قیچی‌سان می‌پردازد. همچنین این این فصل به ارائه نمونه‌های آزمایشگاهی و شبیه‌سازی‌های کامپیوتری پرداخته و در نهایت به راه‌حل‌های اجرایی، برای عملی کردن این نوع سازه‌ها می‌پردازد.

نتایج مهم تحقیق و پیشنهادات آتی در فصل ۶ ارائه می‌گردد.

فصل دوم

سازه‌های تغییر فرم‌پذیر

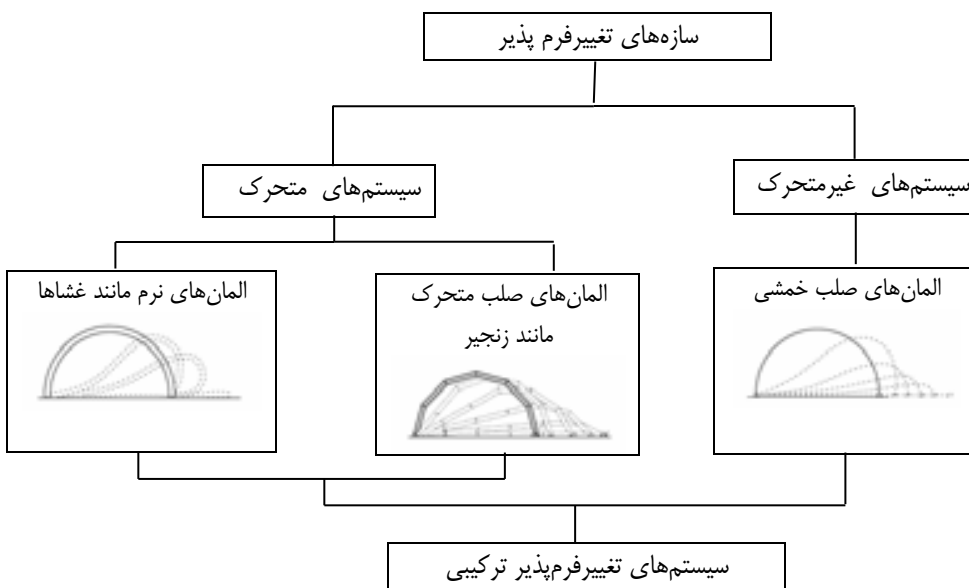
۲- مقدمه

در این فصل ابتدا مفاهیم کلی سازه‌های بازوبسته شونده به طور اجمالی مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد. سپس برخی از نمونه‌های طراحی شده، مدل‌های آزمایشگاهی و پروژه‌های عملی طراحان مشهور در این زمینه مرور شده است، که در مهمترین قسمت این فصل به بررسی پیشینه سازه‌های قیچی‌سان پرداخته می‌شود. در کنکاش طرح‌های مورد نظر مزایا، معایب و توانایی تغییرشکل این سازه‌ها مورد توجه قرار می‌گیرد.

۲-۱- دسته بندی سازه‌های تغییر فرم‌پذیر

سازه‌های بازوبسته شونده، سازه‌هایی هستند که قادر به تغییر اشکال بزرگ با روشی مستقل هستند. متداولترین تغییرشکل‌ها شامل تغییر از یک حالت بسته و جمع‌شده به یک حالت باز و گسترش یافته می‌باشد. معمولاً این سازه‌ها بخاطر انباشتن و حمل و نقل راحت بکار می‌روند. در زمان نیاز این سازه‌ها در پیکره خدماتی‌شان باز می‌شوند. (Tibert, G, 2002). نمونه‌های ساده بازوبسته شدن از صندلی‌های تاشو شروع و به چترها و چادرها و همچنین صفحات خورشیدی و آنتن‌های سفینه‌های فضایی، که به صورت بسته برای پرتاب جمع شده اما سپس باید به طور مستقل به حالت نهایی‌شان باز شوند، می‌باشد.

سازه‌های تغییر فرم‌پذیر براساس فرآیند تغییرشکلی‌شان به ۲ گروه اصلی تقسیم می‌شوند. گروه اول شامل سازه‌هایی است که در آن تغییرات درونی سیستم باعث حرکت و تغییر فرم می‌شود. اما در گروه دوم با تکیه بر تغییرات درونی سیستم امکان ایجاد تغییر شکل وجود ندارد. در شکل ۲-۱ دسته‌بندی مذکور با ذکر مثال‌هایی به تصویر کشیده شده است.



شکل ۲-۱: دسته‌بندی سیستم‌های تغییر فرم‌پذیر (N. Burford, C. Gengnagel, 2004)

سیستم‌های متحرک، سیستم‌های تغییر فرم‌پذیری بوده که شامل المان‌های نرم یا المان‌های صلب با مفصل و یا المان‌های لغزشی می‌باشد. سیستم سازه‌ای می‌تواند شکل یا هندسه‌اش را از طریق یک مکانیزم و بدون هیچ‌گونه