بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده‌ی معماری و شهرسازی
گروه تکنولوژی معماری

پایان نامه
جهت اخذ درجه‌ی کارشناسی ارشد/
رشته/ تکنولوژی معماری

عـــنـــوان:

نمای متحرک هوشمند با استفاده از مفصل مفصل خودبازشونده

نگارش:

مصطفی حکمتیان اصل

استاد راهنما:

دکتر یاسر شهبازی

استاد مشاور:

دکتر فرزین حق‌پرست

شهریور ۹۲

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

دانشگاه هنر اسلامی تبریز
۱۳۷۸

بسمه تعالی

تاریخ: ۹۲/۸/۴
شماره: ۱۶۴۲
پیوست:

جلسه دفاعیه پایان نامه تحصیلی **مصطفی حکمتیان اصل** به شماره دانشجویی ۹۰۱۳۲۳۰۴دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی تکنولوژی معماری دانشکده معماری و شهرسازی تحت عنوان: **طراحی نمای متحرک هوشمند با استفاده از مفصل خود باز شونده** به ارزش ۴ واحد درساعت ۱۴/۳۰ روز شنبه تاریخ ۹۲/۶/۲۳ توسط اعضای هیئت داوران بشرح ذیل تشکیل گردید و ضمن ارزیابی بانمره به عدد ۱۹/۴ به حروف نوزده و چهار دهم و درجه عالی با اصلاحات/ بدون اصلاحات مورد تصویب قرار گرفت .

هیئت داوران

۱- استاد راهنما : **آقای دکتر یاسر شهبازی** امضاء

۲- استاد مشاور: **آقای دکتر فرزین حق پرست** امضاء

۳- **آقای دکترعباس غفاری** امضاء

۴- **آقای دکتر محسن وفامهر** امضاء

نماینده آموزش
نام و نام خانوادگی نرگس لاری
امضاء

رئیس دانشکده
نام و نام خانوادگی
امضاء

رونوشت:
- بایگانی

تبریز- خیابان آزادی- میدان حکیم نظامی- دانشگاه هنر اسلامی تبریز- کدپستی ۵۱۶۴۷/۳۶۹۳۱ - صندوق پستی: ۵۱۳۸۵/۴۵۶۷ - تلفن: ۳۸و۵۴۱۲۱۳۵ - دورنگار: ۵۴۱۲۱۴۰

تقدیم به روشنی بخش دیدگانم، پدر و مادر مهربانم

و پشتیبانان همیشگی ام، برادران و خواهرانم.

سپاس خدایی را که اوّل و آخرِ وجود است، بی آنکه اوّلی بر او پیشی بگیرد یا آخری پس از او باشد؛ خدایی که دست هر چشمی از دامن دیدارش کوتاه است و فهم هر کبوتر توصیفگری از پرواز در آسمان وصفش عاجز است.

...

و سپاسی بیکران از استاد ارجمندم، جناب آقای دکتر شهبازی...

اظهارنامه‌ی دانشجو

اینجانب **مصطفی حکمتیان اصل** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته **تکنولوژی معماری** گرایش ..... گروه تکنولوژی معماری دانشکده معماری و شهر سازی دانشگاه هنر اسلامی تبریز به شماره-ی دانشجویی **۹۰۱۳۲۳۰۴** تعهد می نمایم که تحقیقات ارائه شده در این پایان نامه با عنوان **طراحی نمای متحرک هوشمند با استفاده از مفصل خود بازشونده** توسط شخص اینجانب انجام شده و صحت و اصالت مطالب نگارش شده مورد تأیید می باشد و در موارد استفاده از کار دیگر محققان به مرجع مورد استفاده اشاره شده است. همچنین تعهد می نمایم که مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط اینجانب یا فرد دیگری ارائه نشده است و در تدوین متن پایان نامه چارچوب مصوب دانشگاه را به طور کامل رعایت کرده‌ام و هرگونه مقاله مستخرج از دستاوردهای این پایان نامه را با ذکر نام استاد راهنما، استاد مشاور و دانشجو منتشر خواهم کرد. همچنین کلیه حقوق مادی و معنوی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوری های 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:

بسمه تعالی

مشخصات رساله/پایان نامه تحصیلی دانشجویی

چکیده پایان نامه

عنوان پایان نامه: **طراحی نمای متحرک هوشمند با استفاده از مفصل خودبازشونده**

استاد راهنما: **دکتر یاسر شهبازی**

استاد مشاور: **دکتر فرزین حق‌پرست**

نام دانشجو: **مصطفی حکمتیان اصل**

شماره دانشجویی: ۹۰۱۳۲۳۰۴ کارشناسی ارشد ☐ دکتری ☐ تعداد صفحات: ۱۸۴

دانشکده: معماری و شهرسازی گروه : تکنولوژی معماری تاریخ دفاع: ۹۲/۶/۲۳ تاریخ تصویب: ۹۲/۶/۲۳

چکیده:

یکی از چالش‌های اساسی در نماهای متحرک مکانیسم باز و بسته شدن آن‌ها است. به طور کلی نماهای متحرک به سه شیوه دستی، الکترومکانیکی و مواد هوشمند باز و بسته می‌شوند. شیوه دستی و الکترومکانیکی بواسطه غیرهوشمند بودنشان برای استفاده امروزی چندان مناسب نیستند. یکی از روش‌های در حال توسعه امروزی استفاده از مواد هوشمند برای باز و بسته کردن این نوع نماها است. این نوع مواد با استفاده از خواص ذاتی درونیشان مانند، نیروی الاستیک و کرنش تغییر حالت می-دهند. با استفاده از این خصوصیات ذاتی ما مفصل هوشمندی طراحی کردیم که بدون نیاز به هیچ نیروی الکترومکانیکی به طور خود کار باز و بسته می‌شود.

برای طراحی چنین مفصلی مطالعات خود را بر روی مفاصل رولومیتی خودبازشونده نوار فنری به کار رفته در زمینه هوا فضا گذاشتیم. این نوع مفاصل با استفاده از نیروی ذاتی فتر باز می‌شوند اما برای مکانیسم برگشتی و بستن آنها نیاز به مکانیسم دیگری داشتیم. بر مبنای استفاده از مواد هوشمند به سمت آلیاژهای حافظه دار شکلی رفتیم. چنین موادی در یک محدوده دمایی خاص دچار کرنش بالایی می‌شوند. اعمال حرارت می‌تواند بوسله جریان الکترسیته، آب‌گرم، انرژی تابشی خورشید و روشهای دیگر صورت پذیرد. این میزان کرنش برگشت‌پذیر و دارای قابلیت تکرارپذیری بسیار

بالایی است، اما بواسطه محدودیت‌های بالای این آلیاژها نمی‌توانستیم از آنها به صورت منفرد برای مکانیسم برگشتی استفاده کرد، از این رو به سراغ ترکیب این آلیاژ با مکانیسم‌های کنترلی حرکت مانند چرخ دنده‌های ساعت و اهرام رفتیم. با ترکیبی از این مکانیسم‌ها بود که توانستیم مفصل را بدون هیچ وسیله الکترومکانیکی باز و بسته کنیم.

همزمان با طراحی مکانیسم مفصل به بررسی نحوه حرکت اجزاء متحرک در نماهای مختلف پرداختیم. نماهای متحرک چرخشی را به واسطه جذابیت فرمی بیشتر و همخوانی بهتر با مفصل طراحی شده مورد تجزیه و تحلیل قرار دادیم. مفصل طراحی شده به شکلی است که بایستی قابلیت چرخش دو پانل در یک نقطه را داشته باشد. با بسط فرم مثلثی شکل و برداشتن نقاط مشترک دو مثلث به فرمی لوزی شکل که قابلیت چرخش ۲ پانل در یک نقطه را داشت رسیدیم. سپس با منعطف و اصلاح نمودن این فرم لوزی شکل به هندسه‌ی مناسبی دست پیدا کردیم.

به طور کلی این نما برای کنترل انرژی حرارتی و تابشی خورشید طراحی شده است. نحوه عملکرد این نما بدین شکل بود که در هنگام که حرارت تابشی خورشید بالاست این نما باز می‌شود و جلوی حرارت ورودی به داخل ساختمان را می‌گیرد و هنگامی که ورود حرارت خورشیدی به داخل مطلوبیت دارد نما جمع می‌شود. بستن نما در چهار مرحله و هر مرحله به میزان ۳۰ درجه با استفاده از اعمال حرارت به آلیاژ حافظه دار شکلی و در ترکیب با مکانیسم‌های کنترلی حرکت صورت می-پذیرد. اعمال حرارت به این آلیاژ بواسطه جریان الکتریکی صورت می‌پذیرد. باز شدن نما بواسطه خاصیت نیروی الاستیک فنر صورت می‌پذیرد.

کلمات کلیدی: معماری انعطاف‌پذیر، نمای متحرک، مفصل خودبازشونده، آلیاژ حافظه دار شکلی، مکانیسم حرکتی.

امضا ی استاد راهنما:

تاریخ

امضاء

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول: کلیات تحقیق

۱- مقدمه ۲
۱-۱- بیان مسئله ۲
۱-۲- ضرورت تحقیق ۳
۱-۳- اهداف تحقیق ٤
۱-٤- روش تحقیق ٥
۱-٤-۳- شناخت کلیت طرح ٥
۱-٤-٤- جمع آوری و آنالیز اطلاعات ٥
۱-٤-٥- پرورش و ارائه طرح نهایی..... ٥

.....

فصل دوم: نماهای متحرک هوشمند

۲- مقدمه ۷
۲-۱- معماری متحرک ۸
۲-۲- گونه شناسی معماری متحرک ۱۲
۲-۳- ساختمان هوشمند ۱۸
۲-٤- نماهای متحرک هوشمند ۲۱
۲-٥- توانایی نماهای متحرک هوشمند برای دستیابی به معماری پایدار ۲٤
۲-٦- روش‌های کنترل نماهای متحرک ۳۳
۲-۷- مکانیسم حرکتی ۳۹
۲-۸- روش‌های حرکت در عناصر متحرک صلب ساختمانی ٤۹
۲-۸-۱-۱-حرکت چرخشی ٤۹
۲-۸-۱-۲-حرکت انتقالی ٥۰
۲-۸-۱-۳-حرکت ترکیبی انتقالی و چرخشی(تاشونده) ٥۰
۲-۸-۲- تاثیر جهت بر روی حرکت ٥۰
۲-۹- عناصر متحرک انعطاف‌پذیر ٥۱

۲-۱۰- نمونه‌های موردی ۵۳
۲-۱۰-۱- نماهای متحرک لغزشی ۵۳
۲-۱۰-۲- نماهای چرخشی ۵۷
۲-۱۰-۳- نماهای متحرک تاشونده ۶۱
۲-۱۰-٤- نماهای انعطاف‌پذیر متحرک ۶۶
۲-۱۱- نتیجه گیری ۶۶
.....

فصل سوم: مفاصل خودبازشونده

۲-مقدمه ۶۸
۳-۱- انواع سازه‌های گسترش پذیر بر مبنای مدول‌های گسترش ۷۲
۳-۱-۱- سازه‌های تغییر فرم‌پذیر صلب ۷۲
۳-۱-۲- سازه‌های گسترش‌پذیر انعطاف‌پذیر ۷۳
۳-۲- انواع مفاصل به کار رفته در سازه‌های تغییر فرم‌پذیر ۷٤
۳-۲-۱- مفاصل صلب ۷٤
۳-۲-۲- مفاصل انعطاف‌پذیر ۷۶
۳-۳- انواع روش‌های مکانیسم ایجاد حرکت در سازه‌های تغییرفرم‌پذیر ۷۷
۳-۳-۱- مکانیسم‌های دستی ۸۰
۳-۳-۲- مکانیسم‌های الکترومکانیکی(غیر هوشمند): ۸۱
۳-۳-۲-۱- معایب استفاده از سیستم‌های الکترومکانیکی ۸٤
۳-۳-۲-۲- مکانیسم‌های خودکار (هوشمند) ۸۶
۳-٤- انتخاب مفصل مناسب برای شروع روند طراحی ۸۹
۳-۵- مفاصل خودبازشونده ۹۱
۳-۵-۲- مفاصل خودبازشونده نوار فنری ۹۱
۳-۵-۳- نوار فنری‌ها ۹۳
۳-۵-۳-۱-۱- نوار فنری معمولی ۹۳
۳-۵-۱-۱-۱-۱- نوار فنری با مقطع منحنی رو به بالا ۹۳
۳-۵-۱-۱-۱-۲- نوار فنری لوله‌ای ۹۵
۳-۵-۱-۱-۲- نوار فنری‌های کامپوزیت ۹۵

۳-٦- مصالح مورد استفاده در انواع نوار فنری‌ها ۹٦
۳-۷- پیشینه مفاصل نوار فنری‌ها غلتکی ۹۷
۳-۸- نمونه‌های موردی مفاصل خود بازشونده ۱۰۰
۲-۸-۱- نوار فنری صرف به عنوان مفصل ۱۰۰
۲-۸-۲- نوار فنری به عنوان بخشی از مفصل ۱۰۲
۲-۹- نحوه قرار گیری نوار فنری‌ها در مفاصل خود بازشونده ۱۱۵
۲-۱۰- نتیجه گیری ۱۱٦

فصل چهارم: آلیاژهای حافظه دار شکلی

٤- مقدمه ۱۱۹
٤-۱- آلیاژهای حافظه دار شکلی ۱۲۰
٤-۲- انواع آلیاژهای حافظه دار بر اساس محرک ۱۲٤
٤-۳- انواع اثر حافظه‌ی شکلی ۱۲٤
٤-۳-۱- اثر حافظه‌دار شکلی یک طرفه ۱۲۵
٤-۳-۲- اثر حافظه‌ی شکلی دوطرفه ۱۲٦
٤-۳-۳- اثر حافظه‌ی شکلی چندگانه ۱۲۷
٤-۳-٤- اثر حافظه شکلی پاسخگو به حرارت(روش‌های نوین) ۱۲۸
٤-۳-۵- اثر حافظه‌ی شکلی پاسخ دهنده به نور ۱۲۹
٤-۳-٦- اثر حافظه‌ی شکلی پاسخ‌دهنده به مواد شیمیایی ۱۲۹
٤-۳-۷- سایر انواع محرک ۱۳۰
٤-٤- مزیت آلیاژهای حافظه دار شکلی در سازه‌های تغییر فرم‌پذیر ۱۳۱
٤-۵- انواع روشهای اعمال حرارت به آلیاژ حافظه دار شکلی ۱۳۱
٤-٦- نمونه‌های کاربردی آلیاژهای حافظه دار در سازه‌های تغییر فرم‌پذیر ۱۳۲
٤-۷- نتیجه گیری ۱۳۹

فصل پنجم: طراحی

۵- مقدمه ۱٤۱

۵-۱- تشریح روند طراحی مکانیسم ۱۴۲
۵-۲- میزان آلیاژ مورد نیاز در مفصل ۱۵۷
۵-۳- حرارت دهی به سیم‌ها ۱۶۰
۵-۴- هندسه نما ۱۶۲
۵-۵- پاسخ به مولفه‌های محیط ۱۶۸
۵-۵-۱- کنترل انرژی حرارتی خورشید ۱۶۸
. ۵-۵-۲- نور خورشید ۱۶۹
۵-۵-۳- تهویه ۱۷۰
۵-۵-۴- تولید انرژی ۱۷۱
۵-۶- اتصال پانل‌ها ۱۷۱
۵-۷- مصالح ۱۷۲
۵-۸- مزایا و معایب ۱۷۲
۵-۹- نتیجه گیری و پیشنهادات آتی ۱۷۴
.....
فهرست منابع و ماخذ ۱۷۵

فهرست شکل ها و تصاویر

عنوان صفحه

شکل ۲-۱: خانه گردان طراحی شده توسط نروی (El-Zanfaly, ۲۰۱۰) **۹**
شکل ۲-۲: موزه میلواکی با بال‌های متحرک طراحی شده توسط کالاتراوا (El-Zanfaly, ۲۰۱۰) **۱۰**
شکل ۲-۳: ورودی انبار خانه ارنستینگو سانتیاگو کالاتراوا (Hansanuwat, ۲۰۱۰) **۱۰**
شکل۲-۴: ساختمان انیستیتوی عرب نمونه شاخص از معماری متحرک (Hansanuwat, ۲۰۱۰) **۱۱**
شکل ۲-۵: گونه شناسی انواع سازه‌های متحرک (Fox, ۲۰۰۱)..... **۱۰**
شکل۲-۶: نمونه از سازه‌های گسترش‌پذیر، پوسته کروی (Escrig & Sanchez, ۲۰۱۰)..... **۱۴**
شکل۲-۷: نماهای رسانه‌ای که نقش زیبایی شناسی را ایفا می‌کند (csuchicoedu) **۱۵**
شکل۲-۸: پروژه HYPOSURFACE (hyposurface, ۲۰۱۳)..... **۱۶**
شکل ۲-۹: پروژه Helio Trace طراحی شده توسط چاک هابرمن(hoberman, ۲۰۱۳) **۱۷**
شکل۲-۱۰: نمونه ای از مفصل، قیچی مفصل و ...(robotecture, ۲۰۱۰)..... **۱۸**
شکل ۲-۱۱: ساختمان اداری SOM اولین ساختمان هوشمند جهان (Wigginton & Harris, ۲۰۱۰) **۲۰**

شکل ۲-۱۲: ساختمان هوشمند GSW (Wigginton & Harris, ۲۰۱۰).....۲۱
شکل ۲-۱۳: دیوار متحرک هوشمند طراحی شده در دانشگاه MIT (Fox, ۲۰۰۱) ۲۳
شکل ۱۵-۲: کرکره‌های متحرک بیرونی برای کاهش انرژی تابشی خورشید. (breprojects, ۲۰۱۳).....۲۵
شکل ۲-۱۶: کرکره‌های قابل تنظیم ساختمان BRE (Wigginton & Harris, ۲۰۱۰).....۲۶
شکل ۲-۱۷: سیستم پیش‌آمدگی متحرک افقی (morphopedia, ۲۰۱۳) ۲۷
شکل ۲-۱۸: نمای متحرک عمودی کتابخانه مرکزی پونیکس (dwlarchitect, ۲۰۱۳) ۲۸
شکل ۲-۲۰: نمای متحرک ساختمان انستیتوی عرب (kfntravelguide.) ۲۹
شکل ۲-۲۱: پنجره‌های الکتروکرومیک (consumerenergycenter, ۲۰۱۳) ۳۰
شکل ۲-۲۲: استفاده از تهویه طبیعی در ساختمان GSW (Wigginton & Harris, ۲۰۱۰) ۳۰
شکل۲-۲۳: ساختمان EVE آرنا (Schumacher & et al, ۲۰۱۰).....۳۱
شکل۲-۲۴: نمونه‌ای از سیستم مدیریت در ساختمان(commend, ۲۰۱۳).....۳۴
شکل۲-۲۵: دیاگرام سیستم کنترلی مستقیم (Fox., ۲۰۰۱) ۳۴
شکل۲-۲۶: نورگیر سقفی با سیستم کنترلی مستقیم (Fox., ۲۰۱۰) ۳۵
شکل ۲-۲۷: دیاگرام سیستم کنترلی غیر مستقیم (Fox., ۲۰۰۱) ۳۶
شکل۲-۲۸: حس‌گرهای به کار رفته در سیستم‌های کنترلی(societyofrobots, ۲۰۱۳).....۳۷
شکل۲-۲۹ : دیاگرام سیستم یادگیری (Fox, ۲۰۰۱) ۳۸
شکل۲-۳۰: محرک خطی با استفاده از سیلندر محرکه (Copley, ۲۰۱۰).....۳۹
شکل ۲-۳۱: محرک مغناطیسی (magneticinnovations, ۲۰۱۰) ۴۰
شکل ۲-۳۱ نمای متحرک رصدخانه موج گرانشی لیزر (eskewdumezripple, ۲۰۱۳).....۳۸
شکل ۲-۳۲: سیلندر الکتروپنوماتیکی (enfieldtech,۲۰۱۳).....۴۱
شکل ۲-۳۳: نمای متحرک ساختمان فیلر (flare-facade , ۲۰۱۳) ۴۲
شکل۲-۳۵: نمای متحرک دستی خوابگاه دانشجویی دانشگاه لیوبلیانا (robotecture, ۲۰۱۲) ۴۲
شکل ۲-۳۶: نمای شیشه‌ای زنده با آلیاژهای حافظه دار (Fox, ۲۰۰۹) ۴۴
شکل ۲-۳۷: پوسته هوشمند پاسخگو به رطوبت (Moloney,۲۰۱۰) ۴۵
شکل۲-۳۸: استفاده از آلیاژ حافظه دار در یک مدل نمای متحرک(infosthetics,۲۰۱۳.) ۴۵
شکل ۲-۳۹: نمایی با استفاده از مصالح هوشمند (Lignearo & et al, ۲۰۱۰) ۴۶
شکل۲-۴۰: استفاده از سیم حافظه دار شکلی در یک الگوی نمای متحرک (fab.cba.mit, ۲۰۱۳).....۴۷
شکل ۲-۴۰: سیستم حرکتی شیمیایی (Hansanuwat, ۲۰۱۰) ۴۸
شکل۲-۴۰: انواع الگوهای حرکتی در عناصر صلب ساختمانی(Schumacher & et al, ۲۰۱۰).....۵۱
شکل ۲-۴۱: پروژه حباب‌ها نمونه‌ای از عناصر انعطاف‌پذیر در معماری (Fox, ۲۰۰۹) ۵۲
شکل ۲-۴۲: الگوهای حرکت افقی و عمودی در نماهای متحرک لغزشی (Moloney, ۲۰ .....۵۳

شکل ۲-٤۳: نمای متحرک لغزشی در بنیاد استونی بروک (Adaptivebuilding, ۲۰۱۲)..... ٥٤

شکل ۲-٤٥: نماهای متحرک لغزشی ساختمان دادگستری (hoberman, ۲۰۱۳) ٥٦

شکل ۲- ٤٦: نمای متحرک ساختمان EWE (Schumacher & et al, ۲۰۱۰) ٥٧

شکل ۲-٤۷: انواع نحوه چرخش صفحات در نماهای متحرک (Moloney, ۲۰۱۰) ٥٨

شکل ۲-٤۸: نمای متحرک با قابلیت چرخش افقی در ساختمان پولا گینزا (hoberman, ۲۰۱۳)..... ٥٩

شکل ۲-٤۹: نمای متحرک چرخشی دوار در انیستیتوی جهان عرب (kfntravelguide,۲۰۱۳) ٦٠

شکل۲-٥٠: مکانیسم نمای متحرک انیستیتوی جهان عرب (kfntravelguide,۲۰۱۳) ٦١

شکل ۲-٥١: نحوه حرکت در نماهای تاشونده (Moloney, ۲۰۱۰) ٦٢

شکل ۲-٥٢: نمای متحرک درنمایشگاه شرکت کیفر تکنیک (Schumacher & et al, ۲۰۱۰) ٦٣

شکل۲-٥٣: جزییات نمای متحرک نمایشگاه شرکت کیفر تکنیک (Schumacher & et al, ۲۰۱۰) ٦٤

شکل ۲-٥٤: نمای متحرک پنوماتیک (Moloney,۲۰۱۰) ٦٥

شکل ۳-۱: سقف غشایی باز و بسته شونده مسجد النبی (sl-rasch, ۲۰۱۳) ٦٨

شکل۳-۲: استفاده از سیستم‌های دستی (hoberman, ۲۰۱۳)..... ٦٩

شکل۳-۳: مکانیسم‌های الکترومکانیکی در موزه میلواکی (Schumacher & et al, ۲۰۱۰) ۷۰

شکل ۳-٤: مفصل رولومیتی خود بازشونده (Pellegrino & et al, ۲۰۰۰) ۷۱

شکل ۳-٥: سازه‌ی گسترش پذیر صلب قیچی‌سان (Akgün & et al, ۲۰۱۱) ۷۲

.شکل ۳-٦: سازه‌های انعطاف پذیر کششی- فشاری (تنسگریتی) (Tibert, ۲۰۰۲) ۷۳

شکل ۳-۷: مفصل صلب به کار رفته در سازه‌های تغییر فرم‌پذیر (starsys, ۲۰۱۳)..... ۷٤

شکل۳-۸ :دو نوع مفصل مفصل صلب (starsys, ۲۰۱۳) ۷٥

شکل۳-۹: مفصل انعطاف‌پذیر بر پایه نوار فنری(Hoffait & et al, ۲۰۱۰) ۷٦

شکل ۳-۱۰: گسترش مکانیکی کنترل شده در سازه‌های تغییر فرم‌پذیر (Tibert, ۲۰۰۲) ۷۷

شکل۳-۱۱: گسترش سازه با آزاد سازی انرژی الاستیک داخلی (Soykasap & et al, ۲۰۰۸) ۷۸

شکل ۳-۱۲: تقسیم‌بندی مکانیسم‌های کنترل گسترش در سازه‌های باز و بسته شونده (نگارنده) ۷۹

شکل۳-۱۳: باز و بسته کردن سازه‌های کوچک و با سیستم دستی(Schumacher & et al, ۲۰۱۰) ۸۰

شکل ۳-۱٤: گسترش الکترومکانیکی سقف باز و بسته شونده در گنبد اقیانوس(Ishii, ۲۰۰۰) ۸۱

شکل۳-۱٥: عملکرد پیچیده حرکتی الکترومکانیکی درآنتن فضایی EGS (next-upg, ۲۰۱۳) ۸۲

شکل ۳-۱٦:گنبد اکسپو با موتور الکتروپنوماتیکی (Kronenburg & Klassen, ۲۰۰٦) ۸۳

شکل۳-۱۷: موتورهای به کار رفته در سازه‌های تغییرفرم‌پذیر(ohioelectricmotors, ۲۰۱۳) ۸٤

شکل ۳-۱۸: استفاده از مواد هوشمند برای باز کردن سازه‌های تغییر فرم‌پذیر (Lan & et al, ۲۰۰۷).....۸٦

شکل۳-۱۹: استفاده از آلیاژ حافظه دار به عنوان محرک (autosplice, ۲۰۱۳) ۸۸

شکل۳-۲۰ : سیستم پیچیده پیستون غیر فعال شیمیایی (odca, ۲۰۱۳) ۸۸

شکل۳-۲۱: مفصل فنر پیچشی استایرس SH-۹۰۱۰ (starsys, ۲۰۱۳) **۹۲**
شکل ۳-۲۲: نوار فنری معمولی (Estanko, ۲۰۱۱) **۹۳**
شکل ۳-۲۳: خم شدگی هم جهت و غیر هم جهت در نوار فنری‌ها (Estanko, ۲۰۱۱) **۹٤**
شکل ۳-۲٤: نوار فنری لوله‌ای ترکیبی (Mallikarachchi & Pellegrino, ۲۰۱۰) **۹۵**
شکل۳-۲۵: نوار فنری با استفاده از مصالح مرکب حافظه دار ارتجاعی (Estanko, ۲۰۱۱) **۹٦**
شکل ۳-۲٦: مفصل نوار فنری طراحی شده توسط وی‌وان (Vyvyan, ۱۹٦۸)..... **۹۷**
شکل ۳-۲۷: طرح مفصل انعطاف‌پذیر که اشاره به نحوه اتصال نوارها دارد(Chiappetta et al ۱۹۹۳) **۹۸**
شکل۳-۲۸ : مفصل نوار فنری همراه با اتصالات غلتان (Auternaud & et al, ۱۹۹۲) **۹۹**
شکل۳-۲۹: اتصالات غلتان(Pellegrino & et al, ۲۰۰۲)..... **۹۹**
شکل۳-۳۰: بلبرینگ‌های خطی همراه با غلطک (Pellegrino et al, ۲۰۰۲))..... **۱۰۰**
شکل ۳- ۳۱: مفاصل بهبود یافته غلتکی (Pellegrino et al, ۲۰۰۲))..... **۱۰۰**
شکل۳-۳۲: اتصال دو میله با استفاده از مفصل نوار فنری (Tibert, ۲۰۰۲) **۱۰۱**
شکل ۳- ۳۳: مدل از یک تنسگریتی با استفاده از مفصل خود بازشونده (Tibert, ۲۰۰۲) **۱۰۲**
شکل۳-۳٤: بازوی متحرک با استفاده از نوار فنری (Mallikarachchi & Pellegrino, ۲۰۱۰) ۱۰۳
شکل ۳-۳۵: فرایند باز شدن بازوی متحرک نوار فنری (Mallikarachchi & Pellegrino, ۲۰۱۰)..... **۱۰۳**
شکل۳-۳٦: آنتن دندانه دار و مکانیسم گسترش آن بر پایه‌ی نوار فنری (Tibert, ۲۰۰۲) **۱۰۵**
شکل ۳-۳۷: مفصل نوار فنری با بلوک‌های انتهایی چوبی (pllegrino, et al., ۲۰۰۰) **۱۰٦**
شکل۳-۳۸: مفصل نوار فنری رولومیتی (Pellegrino & et al., ۲۰۰۲) **۱۰٦**
شکل۳-۳۹: مفصل رولومیتی، نسخه اول (pllegrino, et al., ۲۰۰۰) **۱۰۷**
شکل ۳-٤۰: مفصل رولومیتی خودبازشونده نسخه دوم (pllegrino & et al ۲۰۰۰) **۱۰۸**
شکل ۳-٤۱: جزئیات ترسیمی نسخه های مفصل (Pellegrino & et al, ۲۰۰۰) **۱۱۰**
شکل ۳-٤۲: مفصل طراحی شده توسط اخرس با قابلیت کنترل بازشوندگی (Akhras & et al., ۲۰۱۱)..... **۱۱۱**
شکل ۳-٤۳: مدل ساخته شده مفصل اخرس در دو حالت باز و بسته (Akhras, et al., ۲۰۱۱) **۱۱۳**
شکل ۳-٤٤: مفصل خود باز شونده‌ی هوشمند. (Jeong & et al, ۲۰۱۲) **۱۱٤**
شکل ۳-٤۵: مفصل خود بازشونده بر پایه آلیاژ حافظه دار و نوار فنری (Jeong & et al, ۲۰۱۲) **۱۱٤**
شکل ۳-٤٦: انواع نوارهای فنری در سازه‌های گسترش‌پذیر (pllegrino & et al., ۲۰۰۰) **۱۱۵**
شکل ۳-٤۷: انواع چیدمان نوار فنری در مفاصل(Jeong & et al, ۲۰۱۲) **۱۱٦**
شکل ٤-۱ : آلیاژ حافظه دار شکلی در ۳ فاز دمایی (Addington & Schodek, ۲۰۰۵) **۱۲۱**
شکل٤-۲ : تغییر فاز کریستالی در آلیاژهای حافظه دار (Gao & Huang, ۲۰۰۲) **۱۲۱**
شکل٤-۳:اثر سوپر الاستیسیک مکانیکی ناشی از اثرحافظه شکل(Addington & Schodek, ۲۰۰۵)..... ۱۲۲.
شکل ٤-٤: تفاوت انرژی در اثر حافظه‌ی شکلی و اثر تغییرشکلی (Huang & et al, ۲۰۱۲)..... **۱۲۳**

شکل ٤-٥: الف؛ اثر حافظه‌ی شکلی در پلیمر و فوم پلی اورتان (Sun & et al., ٢٠١٢) **١٢٥**
شکل ٤-٧: نوع محرک‌های اثر حافظه‌ی شکلی یک طرفه(Huang, ٢٠٠٢) **١٢٦**
شکل ٤-٨: اثر حافظه‌دار شکلی دو طرفه در فنر مارپیچی (Huang, ٢٠٠٢) **١٢٧**
شکل٤-٩: اثر حافظه شکلی سه گانه (Huang & et al, ٢٠١٠) **١٢٨**
شکل ٤-١٠: اثر حافظه شکلی پاسخ دهنده به نور (Huang & et al, ٢٠١٢) **١٢٩**
شکل ٤-١١: اثر حافظه‌ی شکلی پاسخگو به مواد شیمیایی (Huang, et al, ٢٠١٠) **١٣٠**
شکل ٤-١٢:انواع روشهای اعمال حرارت آلیاژهای حافظه دار شکلی (Huang,١٩٩٨)..... **١٣٢**
شکل٤-١٣ : آنتن ماهواره ای از آلیاژ حافظه دار شکلی (Huang,١٩٩٨) **١٣٣**
شکل٤-١٤ : مفصل آلیاژ حافظه دار شکلی (Likhachev & et al, ١٩٩٤) **١٣٣**
شکل ٤-١٥: مفصل محرک از آلیاژ حافظه دار شکلی(Huang,١٩٩٨) **١٣٤**
شکل ٤-١٦: کنترل موقعیت پانل‌های ماهواره‌ای با آلیاژ حافظه‌دار (Huang & et al, ٢٠١٢) **١٣٥**
شکل ٤-١٧:یک تیر سیلیکونی و مرکب که در آن‌ها سیم آلیاژ حافظه‌دار شکلی به قطر ١ میلیمتر تعبیه شده است (Huang & et al, ٢٠١٢) **١٣٥**
شکل ٤-١٨: مدل قاب که با استفاده از فنر حافظه دار باز و بسته می‌شود (Huang & et al, ٢٠١٢) **١٣٦**
شکل ٤-١٩: استفاده از سیم آلیاژ حافظه‌دار برای باز کردن غشای سیلیکونی (Huang & et al, ٢٠١٢) ... **١٣٧**
شکل ٤-٢٠: آنتن تغییر فرم‌پذیر، با استفاده ازمحرک آلیاژ حافظه دار(Lan & et al, ٢٠٠٧) **١٣٨**
شکل ٥-١: مدل اصلاحی ساخته شده مفصل رولومیتی (نگارنده) **١٤٣**
شکل ٥-٢: ایده استفاده از کابل‌های اتصالی برای کنترل میزان بازشوندگی مفصل(نگارنده) **١٤٤**
شکل ٣-٥: مفصل رولومیتی طراحی شده برای کاهش شوک ناشی از بازشدگی نوار فنری (نگارنده) **١٤٥**
٥-٤: نمونه ای از الگوی حرکتی اولیه پانل‌ها نما (نگارنده) **١٤٦**
شکل٥-٥: مفصل رولومیتی با چرخ ثابت نیم دایره‌ای در مرکز و رولومیتی متحرک در دو طرف (نگارنده) .. **١٤٧**
شکل ٥-٦: مفصل رولومیتی با چرخ‌های متفاوت (نگارنده) **١٤٨**
شکل ٥-٧: مفصل رولومیتی متحرک با فرم دایره‌ای ثابت در وسط (نگارنده).....**١٤٩**
شکل ٥-٨: مفصل رولومیتی متحرک با فرم دایره‌ای ثابت همراه با دو اتصال دهنده (نگارنده).....**١٥٠**
شکل ٥-٩: نمونه‌ای از سیستم‌های کنترل حرکتی (El-Zanfaly, ٢٠١١) **١٥١**
شکل ٥-١٠: نمونه‌های متداول از چرخ دنده‌های ساعت (angelfire .٢٠١٣m) **١٥٢**
شکل ٥-١١: ایجاد چرخش در چرخ دنده با استفاده از سیم آلیاژ حافظه دار (نگارنده) **١٥٣**
شکل ٥-١٢: استفاده از پالت با دو سیم آلیاژ حافظه دار (نگارنده) **١٥٤**
شکل ٥-١٣: استفاده از فنر آلیاژ حافظه دار برای باز کردن صفحات (Grant & Hayward, ١٩٩٥).....**١٥٥**
شکل ٥-١٣:کرنش در سیم شماره ٢ و برخورد پالت به چرخ دنده (نگارنده) **١٥٧**
شکل٥-١٤: عدم کرنش در سیم‌ها (حالت ثابت)(نگارنده) **١٥٧**

شکل ۵-۱۵:بازگشت اهرام شماره ۲ به حالت اولیه خود(نگارنده) ۱۵۷
شکل ۵-۱٦: کرنش در سیم‌های شماره ۱ و ۲ (نگارنده) ۱۵۷
شکل ۵-۱۷: تصحیح پالت شماره ۲ با قابلیت چرخش در یک جهت و استفاده از فنر (نگارنده).....۱۵۸
شکل ۵-۱۸: عدم توانایی بازگشت پالت شماره ۲ به مکان اولیه (نگارنده) ۱۵۸
شکل ۵-۱۹: مفصل همراه با جزئیات کامل حرکتی(نگارنده) ۱۵۸
شکل ۵-۲۰: تولید آلیاژهای حافظه دار در انواع قطرهای مختلف (stanfordmaterials,۲۰۱۳) ۱٦۰
شکل ۵-۲۱: اعمال حرارت به سیم آلیاژ حافظه دار بواسطه جریان الکتریکی (Huang, ۱۹۹۸).....۱٦۱
شکل۵-۲۲: استفاده از الگوی فیبوناسی در انستیتوی جهان عرب (inhabitat,۲۰۱۳) ۱٦۲
شکل ۵-۲۳: نمای طراحی شده توسط جان چیلتون (Chilton, ۲۰۰۵) ۱٦۳
شکل۵-۲٤: الگوی پایه مثلثی با قابلیت تبدیل به اشکال چند ظلعی مختلف(نگارنده) ۱٦٤
شکل ۵-۲٤: هندسه پانل‌های به کار رفته در نما با قابلیت ایجاد الگوی فرمی جذاب (نگارنده) ۱٦۵
.شکل ۵-۲۵: الگوهای پانل ۵، ۷ و ۸ ظلعی در پانل‌های نما (نگارنده) ۱٦٦
شکل ۵-۲٦: الگوی منعطف شده ٦ پانلی برای ایجاد فرمی جذاب تر (نگارنده) ۱٦٦
شکل ۵-۲۷: یک نمونه از نحوه قرار گیری پانل‌ها در سطح نما در حالت بسته و باز(نگارنده) ۱٦۷
شکل ۵-۲۸: نمونه انتخابی نمای متحرک در یک قاب ثابت مربع شکل (نگارنده) ۱٦۸
شکل ۲-۲۹: نما در حالت کاملاً باز و بسته برای ورود انرژی حرارتی مطلوب (نگارنده) ۱٦۹

فهرست جداول

عنوان صفحه

جدول ماتریکسی شکلی ۲-۱: دسته بندی نماهای متحرک بر اساس پارامترهای محیطی (نگارنده) ۳۱
جدول ۲-۲: مزایا و معایب انواع سیستم‌های کنترلی در نماهای متحرک (نگارنده) ٤۸
جدول ۳-۱: مزایا و معایب مفاصل صلب و انعطاف پذیر (Jeong & et al, ۲۰۱۲) ۷۷
جدول ۳-۲: بررسی عوامل موثر در انتخاب مفاصل و مکانیسم گسترش (نگارنده) ۹۰
جدول ۳-۲: اندازه اجزاء مفصل رولومیتی (Pellegrino & et al, ۲۰۰۰) ۱۰۹
جدول ۵-۱: میزان نیروی تولید شده در یک سیم آلیاژ حافظه دار شکلی (نگارنده) ۱٦۰
جدول ۵-۲: مصالح پیشنهادی برای اجزاء مختلف مفصل و نما (نگارنده) ۱۷۲

فصل اول
کلیات تحقیق

مطالبی که در این فصل بررسی می‌شود

عنوان صفحه

مقدمه..... ۲
بیان مسئله ۲
ضرورت تحقیق ۳
اهداف تحقیق ۴
روش تحقیق ۴
شناخت کلیت طرح ۵
جمع آوری و آنالیز اطلاعات ۵
رورش و ارائه طرح نهایی ۵

۲- مقدمه

یکی از چالش‌های اساسی در نماهای متحرک مکانیسم حرکتی در این نوع نماها است. عمده مکانیسم حرکتی در این نماها مکانیسم‌های الکترومکانیکی است که به وسیله موتورهای الکترومکانیکی باز و بسته می‌شوند. این مکانیسم‌ها دارای معایب زیادی از جمله سروصدای زیاد، نیاز به منبع تغذیه، از کارافتادگی مکانیکی، هزینه بالای نگهداری و ... هستند. مکانیسم نوار فنری به عنوان یک مکانیسم مطلوب برای طراحی مفاصل توسط محققان مختلف ارائه شده است. در این نوع مکانیسم نیروی بازشوندگی توسط نیروی الاستیک فنر تامین شده است و نیروی بسته شدن باید توسط مکانیسم دیگری تامین شود. از سویی تکیه بر مکانیسم‌های هوشمند نیز رو به افزایش است.

آلیاژ حافظه دار شکلی به عنوان یک مکانیسم هوشمند مورد توجه محققان علوم مختلف قرار گرفته است. در همین راسته و بواسطه ارائه دلایل مختلف تمرکز ما در این طرح بر روی مکانیسم-های نوارفنری در ترکیب با مکانیسم‌های برگشتی هوشمند در آلیاژهای حافظه دار است. این نوع مکانیسم باید در ترکیب با مفاصلی به کار میرفت که نیروی اصطکاک کمی ایجاد کند.

۱-۵- بیان مسئله

نما جزء لاینفک معماری بوده است و از عناصر زیبایی شناسی در معماری است ،با پیشرفت تکنولوژی بحث هوشمندی در ساختمان های نوین در سال های اخیر مطرح شده است.با توجه به این مسائل ما شاهد یک نوع معماری هوشمند و یا به طوری یک معماری متحرک هستیم که این حرکت و تحرک بیشتر در نمای ساختمان جلوه می یابد. نماهای هوشمند در معماری می‌تواند باعث جذابیت بصری و ایجاد حس زیبایی شناسی در مخاطب گردد. از دیگر سو کاهش مصرف انرژی در ساختمان ها همواره یکی از دغدغه های اصلی طراحان و معماران بوده است. بدین منظور استفاده از نماهای متحرک هوشمند که قابلیت عکس العمل در مقابل عوامل محیطی را دارند روز به روز در حال افزایش است.

یکی از چالش های اساسی در نماهای متحرک هوشمند نحوه ایجاد مکانیزم حرکتی در آن‌ها می باشد. بسیاری از مکانیزم های موجود برای حرکت این نوع نماها دارای هزینه های بسیار بالا و گزاف هستند که معمولاً به صورت مکانیکی حرکت می کنند. از دیگر مشکلات معمول در مفصل سازه های گسترش پذیر نیاز به روغن کاری است که هزینه این نوع مفصل ها را بالا می برد، همچنین شوک موجود ناشی از ضربه باز شدن نیز همیشه وجود دارد. مشکل اساسی در این مفصل شوک ناشی از قفل شدگی مفصل می باشد، که می تواند به مرور زمان به سازه اصلی نگهدارنه نما اسیب وارد کند. . بر اساس ایده اولیه مفصل‌های تیپ اسپرینگ، مفصل جدیدی طراحی می‌شود که نیروی بازشوندگی آن توسط نیروی الاستیک فنر و نیروی بسته شدن آن توسط آلیاژ حافظه دار صورت بپذیرد.

۱-٦- ضرورت تحقیق

با توجه به رشد روز افزون جوامع در سال‌های اخیر ،تنوع کاربری‌ها و عملکردهای مختلف معماری در راستای پاسخ به نیازهای انسانی افزایش یافته است. از این رو، معماری امروز نیازمند تغییرات و پویایی بیشتری نسبت به گذشته است و بدیهی است که ساختمان‌های جدید، می‌بایست متنوع‌تر، انعطاف‌پذیرتر و قابل انطباق با هرگونه تغییرات احتمالی باشند. یکی از راهکارهای دستیابی به معماری انعطاف‌پذیر و پاسخگو به نیاز کاربران، استفاده از عناصر هوشمند در ساختمان است. در واقع مفهوم هوشمندی در ساختمان، حذف دخالت انسان در کنترل شرایط محیطی می‌باشد. بدین ترتیب که ساختمان با توجه به شرایط لازم برای آسایش انسان که از قبل برای هریک از اجزای آن تعریف شده، نسبت به هرگونه تغییر در شرایط محیطی، واکنشی مناسب نشان می‌دهد. از آنجا که نمای ساختمان مرز بین فضای داخل و خارج می‌باشد، می‌تواند مهم‌ترین نقش را در کنترل شرایط محیطی ایفا کند. بنابراین با به کارگیری هوشمندی در نما می‌توان تا حدود زیادی به این هدف دست یافت.

فقدان مکانیزم مناسب برای این نوع نماها (منظور مکانیسم های ارزان قیمت می باشد) اهمیت خاصی به این موضوع داده است (پیشتر از این نوع مکانیسم برای سازه های گسترش پذیر هوا فضا به دلیل سادگی و عدم نیاز به منبع تغذیه دیگری استفاده شده است). رسیدن به کاهش مصرف انرژی از ضروری ترین و کاربردی ترین دلایل این تحقیق بود است. با توجه به تمام موارد ذکر شده از جمله، قیمت کم، سادگی، عدم نیاز به منبع تغذیه برای حرکت، پاسخگویی به انرژی تابشی خورشید و ... امید است با استفاده از این تکنولوژی یک گام به معماری پایدار نزدیک تر شد