



# اوج

فصلنامه

فصلنامه علمی - تحقیقاتی موسسه آموزش عالی اوج

سال اول - بهار ۹۵ - شماره اول - قیمت ۴۰۰۰ تومان



فصلنامه اوج آماده دریافت آثار و مقالات  
صاحبان نظران ، اندیشمندان ، اساتید و  
دانشجویان محترم می باشد.



ساخت مخازن چند لایه با چندین جنس مختلف  
در موسسه آموزشی عالی اوج



نشریه علمی - تحقیقاتی موسسه آموزش عالی اوج

فهرست مطالب:

بخش اول: مقالات علمی تحقیقاتی ..... ۱

۱- بررسی رابطه‌ی بین خواص مکانیکی و ضخامت لایه‌ها

در روش استریولیتوگرافی ..... ۲

۲- طراحی سیستمی فضاپیمای زیرمداری با ترکیب

ماتریس ساختار طراحی اجزا محور و پارامتر محور ..... ۱۲

۳- تکنولوژی پیل سوختی و کاربرد آن در خودرو ..... ۲۱

۴- انواع سیستم های تعلیق در اتومبیل ها ..... ۲۹

۵- مروری بر سیستم کنترل دمای ماهواره‌ها ..... ۳۸

بخش دوم: چکیده پایان نامه‌های برتر موسسه ..... ۵۳

بخش سوم: گزارش ..... ۵۸

گزارش پروژه‌های انجام شده موسسه ..... ۵۹

به بهانه روز جهانی محیط زیست ..... ۶۲

آدرس: کیلومتر ۳۰ اتوبان کرج - قزوین، آبیگ ابتدای

شهرک قدس،

موسسه آموزش

عالی اوج، طبقه

اول، معاونت

پژوهشی.



تلفن: ۰۲۸-۳۲۸۸۲۳۱۰-۱۳

E-mail: [info@ooj.ac.ir](mailto:info@ooj.ac.ir)

صاحب امتیاز:

موسسه آموزش عالی اوج

مدیر مسئول:

بابک منافی

سردبیر:

حمید اکبریگلو

هیئت تحریریه:

دکتر کرامت ملک‌زاده، دکتر فرشاد پازوکی،

دکتر محمد مهدی هادوی، دکتر ایرج فروزان

شورای نویسندگان (تحت نظر هیئت تحریریه):

مهندس محمد مهدی کشاورزی،

مهندس محسن کامیاب، مهندس مهسا معزز،

مهندس کنایون رهبری، مهندس امین علمداری

مدیر داخلی:

عزیزاله یونسی

مدیر روابط عمومی:

آزاده منتظری

ویراستار و صفحه‌آرایی:

مسعود باقرزاده

طرح روی جلد:

نیلوفر نعمت‌الهی

مقررات نشریه:

۱- نشریه اوج آماده پذیرش آثار و مقالات ارسالی اساتید،

دانشجویان و محققین می‌باشد.

۲- پذیرش مقالات باید به صورت تایپ شده و طبق فرمت

مجله باشد.

۳- نشریه در ویرایش و اصلاح مطالب رسیده آزاد است.

۴- استفاده از مقالات نشریه با ذکر منابع و رعایت حقوق

نویسندگان بلامانع می‌باشد.

۵- نتایج، صحت و درستی مطالب به عهده نویسندگان

می‌باشد و نشریه در این مورد تعهدی ندارد.



## سخن سردبیر

الکون که بیاری خدا و تلاش همه دست اندرکاران اولین شماره از نشریه اوج به چاپ رسید، لازم است در ابتدای کار از زحمات همه کسانی که در تهیه و آغاز این کار ماریاری رسانند، تشکر و قدردانی کنم.

با توجه به اینکه دانشگاه همواره مبداء تحولات علمی در کشور بوده، پیشرفت صنایع نیز در گرو ارتباط موثر و مداوم با دانشگاه ها صورت می گیرد. دست اندرکاران این نشریه نیز با درک این موضوع و در جهت ایفای این نقش اقدام به تهیه و چاپ این نشریه نموده اند که امیدوارم بتواند گامی هر چند کوچک در راستای پیشرفت صنایع کشور بردارد.

این نشریه از بخش های مختلفی تشکیل شده که بخش اول اختصاص پیدا کرده به مقالات علمی و تحقیقاتی که حاصل تحقیق و پژوهش اساتید و دانشجویان بوده و بخش دوم که چکیده پایان نامه های برتر موسسه می باشد و بخش پایانی که مطالب و گزارش از فعالیت های علمی و پژوهشی در آن آورده می شود.

زمان انتشار این نشریه معارف بود با ۵ ژوئن، روز جهانی محیط زیست، که به این مناسبت طرح پشت جلد این شماره به این موضوع اختصاص پیدا کرده است تا سهمی در بزرگداشت این روز داشته باشد.

حمید - اکبری سگلو



## بخش اول: مقالات علمی تحقیقاتی



## بررسی رابطه‌ی بین خواص مکانیکی و ضخامت لایه‌ها در روش

### استریولیتوگرافی

بابک منافی<sup>۱</sup>، علیرضا مسیبی<sup>۲</sup>

چکیده :

روش استریولیتوگرافی یک فرآیند نمونه‌سازی سریع است که این امکان را فراهم می‌آورد تا اطلاعات CAD بتوانند به قطعاتی از جنس رزین اپوکسی برای ساخت مدل‌های فیزیکی تبدیل شوند. دقت ابعادی در فرآیند استریولیتوگرافی تابعی از پارامترهای ساخت همانند عمق هاشور عمل آمدن رزین، ضخامت لایه، جهت‌گیری و نوع ردیف هاشورزنی لیزر یا منبع نوری است. این مقاله تلاش دارد تا پارامترهای گوناگونی را که در فرآیند استریولیتوگرافی حاکم است، مشخص کند و به ویژه تاثیر ضخامت لایه را بر روی مشخصات قطعه‌ی تولید شده، مورد مطالعه قرار دهد. همچنین، این مقاله قصد دارد تا در آزمایش‌ها و دستاوردهای مهندسی در زمینه‌ی بررسی تاثیر ضخامت لایه در فرآیند استریولیتوگرافی بر روی کیفیت قطعه‌ی نهایی تحقیق کند. نتایج برای یافتن مقداری بهینه برای آن ضخامت لایه‌ای که درش خواص مکانیکی با حداکثر دقت ابعادی ظاهر شود، بررسی شده‌اند؛ که این مقدار بهینه طبق این تحقیق برابر با ۱۰۰ میکرومتر خواهد بود. ارائه‌ی ضخامت بهینه برای قطعات ساخته شده به روش استریولیتوگرافی، نتیجه‌ی نهایی این مقاله است.

واژه‌های کلیدی : نمونه‌سازی سریع ، پارامترهای فرآیند ، فرآیند استریولیتوگرافی ، دقت ابعادی، ضخامت لایه و خواص مکانیکی.

#### ۱-۱- مقدمه :

شکل می‌گیرد و با سازه‌ی قبلی موجود آمیخته می‌شود ، تغییرات حجمی بالقوه‌ی ماده در طی فرآیند سبب می‌شود تا تنش‌های داخلی و یا تغییرشکل‌های ابعادی پدید آید.

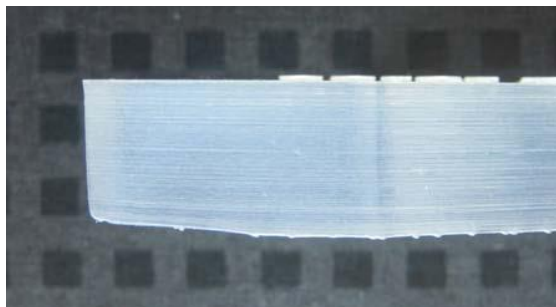
نمونه‌سازی سریع یک تکنولوژی ساخت نوین می‌باشد که با توانایی‌های ذاتی خود این قابلیت را دارد که مدل‌های CAD را مستقیماً به قطعات

ناپایداری ابعادی و تنش‌های پسماند، محدوده‌ی کاربرد روش‌های ساخت را محدود می‌کنند. در حالت عمومی ، این تاثیرات به علت تغییر شکل‌های ماده در حین پروسه‌ی تولید می‌باشند که به عنوان مثال شامل ساخت لایه‌به‌لایه‌ی قطعات پیچیده نیز می‌باشند. هنگامی که لایه‌ی ثانویه

<sup>۱</sup> کارشناسی ارشد مهندسی ساخت و تولید

<sup>۲</sup> کارشناسی ارشد مهندسی ساخت و تولید



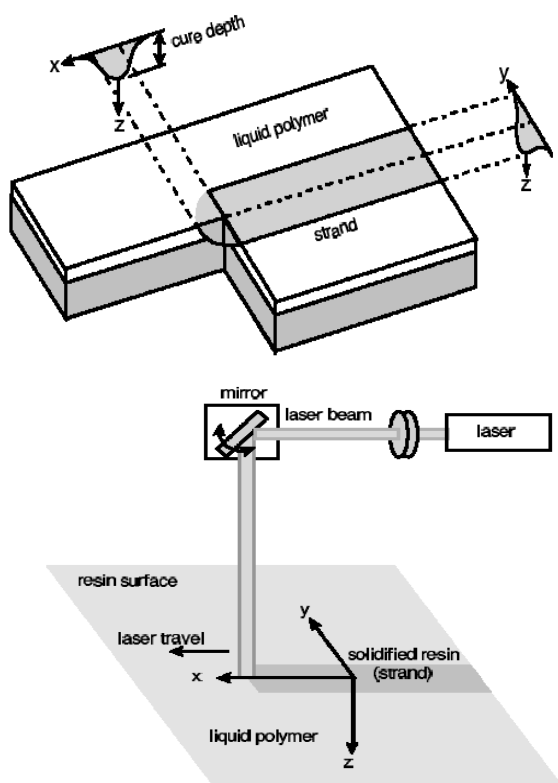


شکل ۱: تغییر شکل ابعادی در پروسه ی استریولیتوگرافی [۱]

تغییرات ابعادی به چندین فاکتور بستگی دارد و آن ها بوسیله ی خواص مکانیکی رزین در حین فرآیند عمل آمدن رزین، تحت تاثیر قرار می گیرند. تنش های ایجاد شده و اعوجاج ها، نتیجه ی پیچیدگی اثر متقابل افزایش سفتی، کاهش جریان پذیری و تغییرات حجمی به سبب انقباض رزین در فرآیند پلیمریزاسیون و انبساط حرارتی در حین پروسه ی عمل آمدن آن می باشند. کنترل فرآیند و مراحل پردازش دارای اهمیت بسیار مهمی در کاهش تنش های پسماند و تغییرات ابعادی می باشد. برای انتقال از نمونه سازی سریع به ساخت سریع (RM)، ساخت قطعاتی که استانداردهای لازم را برای روش های ساخت، برآورده سازند بسیار ضروری می باشد، این امر سبب می شود تا انحرافات ابعادی و تنش های داخلی که در استفاده از روش های نمونه سازی سریع برای ساخت سریع قطعات بوجود می آیند، کنترل شوند و لازمه ی آن وجود یک دیدگاه عمیق بر روی رفتار مواد در حین فرآیند و تاثیر پارامترهای فرآیند ساخت بر روی ساختار و خواص قطعات تولید شده می

فیزیکی تبدیل کند و برای آن که به صورت موثر باشد، برای پیشرفت باید پارامترهای زمان، هزینه و کیفیت آن بهینه شود. در پروسه ی SLM<sup>3</sup> که از آن برای ساخت سریع قطعات فلزی استفاده می شود، گرادیان شدید حرارتی و تغییر شکل ماده سبب می شود تا تنش ها و تغییر شکل های ابعادی حاصل شود. تغییر شکل به علت عمل زینتر شدن نیز سبب بوجود آمدن اعوجاج های ظاهری، ابعادی و شکست قطعات سرامیکی ساخته شده در پروسه ی SLM می شود [۱]. در بین بسیاری از روش های نمونه سازی سریع، روش استریولیتوگرافی دقت ابعادی و صافی سطح بهتری را با توجه به مشخصات کیفیتی قطعه ارائه می دهد [۲]. فرآیندی که سبب اعوجاج در پروسه ی استریولیتوگرافی می شود انقباض در اثر پدیده ی فوتوپلیمریزاسیون و گرم شدن آنی رزین در طی پروسه ی عمل آمدن آن در اثر تماس با نور می باشد. واکنش پلیمریزاسیون رزین سبب شیب آنی برای کاهش حجم مخصوص ماده در محدوده ی ۵ الی ۱۰ درصد و شیب انبساط حرارتی می شود، در نتیجه اعوجاج و ناپایداری ابعادی مشاهده می شود. [۱]





شکل ۲: شماتیکی از فرآیند استریولیتوگرافی ( ساپورت نشان داده نشده است). در شکل بالایی، عمق نفوذ لیزر به خوبی نشان داده شده است. [۵]

موضوع اصلی بهینه کردن پارامترهای فرآیند در روش استریولیتوگرافی می باشد تا اینکه خواص مکانیکی قطعات ساخته شده با استفاده از این روش از جنس رزین اپوکسی، ارتقاء داده شود. یکی از کاربردهای مهم فرآیند استریولیتوگرافی، ساخت سریع ابزار برای قالب گیری تزریقی و نمونه سازی برای عمل ریخته گری می باشد. قالب های ساخته شده توسط فرآیند استریولیتوگرافی تحت تاثیر کشش و فشار قوی و ضریب ضربه ی بالایی به واسطه ی فشار بالای تزریق می باشند. برای اینکه تعداد تزریقات بالایی را بدون خرابی پیش از موعد

باشد [۴ و ۳]. شکل شماره ی ۱ یک نمای کلی از فرآیند استریولیتوگرافی را نشان می دهد که در آن قطعات پیچیده از جنس مونومر پلاستیکی بصورت مستقیم از مدل ۳ بعدی کامپیوتری بوسیله ی فرآیند پلیمریزاسیون نوری ساخته می شوند. فرآیند استریولیتوگرافی شامل مدل سازی یک جسم توپر با استفاده از نرم افزار CAD و سپس تبدیل مدل توپر سه بعدی به فایل با پسوند STL<sup>۴</sup> برای بوجود آوردن مش های حجمی و سازه ی حمایتگر<sup>۵</sup> و لایه لایه کردن مدل سه بعدی برای این که مجموعه ایی از سطح مقطع های لایه ها بدست آید، می باشد. سپس با انتقال دادن مدل برش خورده به دستگاه استریولیتوگرافی عمل ساختن سازه ی حمایتگر شروع می شود و در نهایت قطعه لایه به لایه در بالای تانک رزین مایع توسط لیزری از جنس Nd:YV04<sup>۶</sup> که نمای کلی سطح مقطع های صفحه ایی را دنبال و در برخورد با رزین آن را جامد می کند ساخته می شود. برداشتن سازه ی حمایتگر برای این می باشد که قطعه ی خام برداشته شده و در نهایت قطعه توسط یک کوره ی کنترل شده یا کوره ی ماورای بنفش<sup>۷</sup> باز پخت شود.



داشته باشیم ، قالب باید بتواند کشش بالا ، خمش بالا و مقاومت به ضربه بالایی را تحمل کند. مقاومت در ساخت سریع ابزار<sup>۸</sup> بسیار مهم می باشد، زیرا قطعات باید بتوانند در مقابل فشارها در حین تست مجموعه و همچنین زمانی که از آن ها به عنوان قالب برای قالب گیری تزریقی استفاده می شوند، دوام بیاورند.

### ۱-۲- ادبیات گذشته

در سال های گذشته تحقیقات بسیاری بر روی فرآیند استریولیتوگرافی صورت گرفته است. دیانا [۶] به همراه دیگران در حدود ۵۰ عدد از متغیرهایی که فرآیند استریولیتوگرافی را تحت تاثیر قرار می دهند ، تعیین و مشخص کرد. او متوجه شد که پارامتر صافی سطح از ضخامت لایه تاثیر می پذیرد و هرچه ضخامت لایه ی ساخته شده کمتر باشد ، صافی سطح بهتری را می توان مشاهده کرد. آقای اسکال [۷] و همکارانش فرآیند پلیمریزاسیون را برای شناخت بهتر پروسه ی استریولیتوگرافی مورد بررسی قرار دادند . آقایان بیلی و ماهان [۸] تست های ضربه را بر روی نمونه هایی که با جهت گیری های مختلف در صفحه های ZX, YZ, XY توسط پروسه ی استریولیتوگرافی ساخته شده بودند انجام دادند و متوجه شدند که قطعاتی که در صفحه ی XY ساخته می شوند دارای مقاومت بالاتری می باشند. بِنرجی [۹] و همکارانش آزمون تست کشش را بر

روی نمونه های استریولیتوگرافی که دارای زمان های مختلفی برای انجام عمل بازپخت<sup>۹</sup> و ضخامت لایه های مختلفی بودند، انجام دادند و پی بردند که مقاومت کششی به ضخامت لایه بستگی دارد و زمان بازپخت برای ساخت نمونه، دارای تاثیر کمتری بر روی قطعات کوچک همانند نمونه ی تست آزمایش استاندارد می باشد. جیکوبز [۱۰] خواص مکانیکی همگن را برای مدل های ساخته شده به روش استریولیتوگرافی مطرح کرد. . تی سونگ جونگ و وی سیانگ لای [۱۱] مطرح کردند که مبانی اصلی برای سیستم های چاپ ۳ بعدی، سرعت ، دقت و مقاومت قطعه ی خام اولیه<sup>۱۰</sup> می باشند. آن ها پارامترهای پایه ای فرآیند را ( از قبیل ضخامت لایه ، مکان قرار گیری قطعه ی خام اولیه و...) با استفاده از تکنیک های آنالیز ANOVA بررسی کردند تا مقدار پارامترهای بهینه را برای بالا بردن میزان دقت ابعادی بدست آورند. آقای وطنی و همکارانش طی تحقیقاتی پی بردند که در روش استریولیتوگرافی . هرچه ضخامت لایه ها بیشتر باشد مقدار پیچش کرل کمتر شده و دقت ابعادی بالاتر می رود.[۱۲]

کارهای انجام شده در گذشته آشکار می سازد که تا کنون کارهای متعددی بر روی صافی سطح و پیچش کرل انجام شده است و فقط تعداد کمی از آن ها شامل تاثیر پارامترهای فرآیند (همانند ضخامت لایه) بر روی خواص مکانیکی قطعه



می‌باشند. از این رو در این مقاله کوششی شده است تا تاثیر پارامترهای فرآیند همانند ضخامت لایه را بر روی خواص مکانیکی قطعه همانند کشش ، ضربه و مقاومت خمشی بررسی گردد. در سال ۲۰۱۰ [۲] کشش ، ضربه و مقاومت خمشی قطعات ساخته شده ، بوسیله ی دستگاه استریولیتوگرافی 5000 از جنس رزین CIBSTOOL SL5530، مورد مطالعه قرار گرفت که شرح آزمایشات آن ها در مقاله ذکر شده است. در پایان با توجه به تمامی تحقیقات صورت گرفته تا کنون ، نتیجه ی نهایی پیرامون انتخاب ضخامت بهینه برای ساخت قطعات به روش استریولیتوگرافی اتخاذ شده است.

### ۱-۳- شرح آزمایش

از سیستم سه بعدی استریولیتوگرافی 5000 برای ساخت قطعات به روش استریولیتوگرافی استفاده می‌شود. سیستم دارای پارامترهای سخت افزاری و نرم افزاری می باشد که هر دوی این پارامترها بر روی مقاومت مکانیکی تاثیر می گذارند. از ماده ی رزین اپوکسی SL5510 که مخصوص عملیات استریولیتوگرافی است ، برای ساخت مدل ها استفاده می شود.

۳ ضخامت لایه ی مختلف به شرح ۵۰ ، ۱۰۰ و ۱۵۰ میکرومتر برای هر تست انجام می شود. مدل ها در نرم افزار CATIA مدل سازی شده و پس از آن به فرمت STL که فرمت ورودی برای

دستگاه های نمونه سازی سریع می باشد ، تبدیل می شود. در ماشین های نمونه سازی سریع از نوع استریولیتوگرافی ، از نرم افزار 3D Light Year استفاده می شود تا فایل ورودی با پسوند STL را دریافت و مورد بررسی و پردازش برای انجام عملیات قرار دهد. پس از پردازش مراحل بر روی فایل ورودی در نرم افزار 3D Light Year ، مدل ها در ضخامت لایه های مختلف بوسیله ی قرار دادن لایه ها بصورت افقی در صفحه ی XY برای رسیدن به استحکام بالاتر ، ساخته می شوند. چنانچه پیشتر ذکر شد ، برای انجام هر تست ۳ ضخامت لایه ی مختلف استفاده می شود. زمان بازپخت در کوره به مقدار ۶۰ دقیقه بصورت ثابت برای تمامی نمونه ها تنظیم شده است و دیگر پارامترها همانند پارامترهای مربوط به طرز اسکن کردن قطعه توسط لیزر ، برای تمامی نمونه ها ثابت در نظر گرفته شده و در نتیجه از ذکر کردن آن ها اجتناب شده است.

### ۱-۳-۱- تست کشش

تست کشش بر روی دستگاه تست انیورسال انجام می‌شود. نمونه ی تست کشش بر مبنای مشخصات ASTM D638-03 از نوع شماره ی ۱ ، ساخته و تست شده است. در شکل زیر نمونه‌های تست کشش نمایش داده شده است.



بارگذاری روی برجستگی واقع در بین ۲ تکیه گاه که در فاصله ی ۱۶ میلیمتر از یکدیگر واقع می باشند، مورد بررسی قرار می گیرد. تست خمش بر روی دستگاه تست انیورسال برای هر ۳ نمونه با ضخامت های ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میکرومتر انجام شده و مقاومت خمشی در شکست برای یک تیر با تکیه گاه ساده که بار نقطه ایی در مرکز آن وارد شده است از فرمول زیر محاسبه می شود. [۲]

$$S = \frac{3PL}{2bd^2}$$

نمونه های تست شده در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل ۴: نمونه های ساخته شده برای تست خمش [۲]

تاثیر ضخامت لایه بر روی مقاومت خمشی در جدول شماره ۲ آمده است و نمودار مقاومت خمشی در شکست در مقابل ضخامت لایه در شکل شماره ۵ نشان داده شده است.

جدول ۲: اطلاعات حاصل از تست خمش برای هر نمونه

شماره قطعه	ضخامت لایه (میکرومتر)	استحکام خمشی در شکست (مگا پاسکال)
۱	۵۰	۲۰۶/۸۵
۲	۱۰۰	۱۴۹/۸۴
۳	۱۵۰	۱۷۴/۱۲

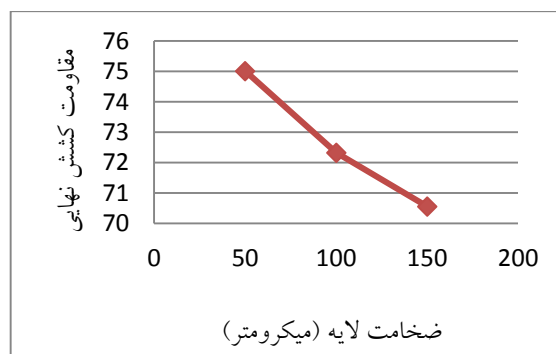


شکل ۳: نمونه های ساخته شده برای تست کشش [۲]

تاثیر ضخامت لایه بر روی مقاومت کششی در جدول شماره ۱ و نمودار مقاومت کشش نهایی<sup>۱۱</sup> در مقابل ضخامت لایه در شکل شماره ۳ نشان داده شده است.

جدول ۱: اطلاعات حاصل از تست کشش برای هر نمونه

شماره قطعه	ضخامت لایه (میکرومتر)	مقاومت کشش نهایی (مگا پاسکال)
۱	۵۰	۷۵/۰۱۳
۲	۱۰۰	۷۲/۳۲۶
۳	۱۵۰	۷۰/۵۵۹



شکل ۳: مقاومت کششی نهایی (بر حسب مگا پاسکال)

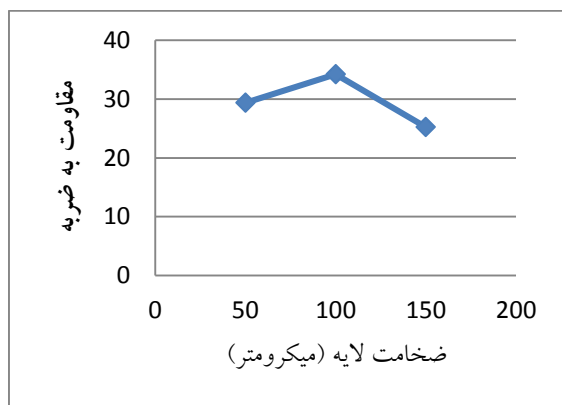
### ۱-۳-۲- تست خمش

خواص خمشی نمونه ی تست با ابعاد 9.6×13×191mm که با نسبت طول به قطر  $(\frac{L}{D})$  ۱۶ به ۱ مطابق با استاندارد ASTM D790 ساخته شده ، تحت تاثیر یک بار نقطه ایی به وسیله ی



جدول ۳: اطلاعات حاصل از تست ضربه برای هر نمونه

شماره قطعه	ضخامت لایه (میکرومتر)	مقاومت به ضربه (ژول بر متر)
۱	۵۰	۲۹/۴
۲	۱۰۰	۳۴/۲۵
۳	۱۵۰	۲۵/۲۵

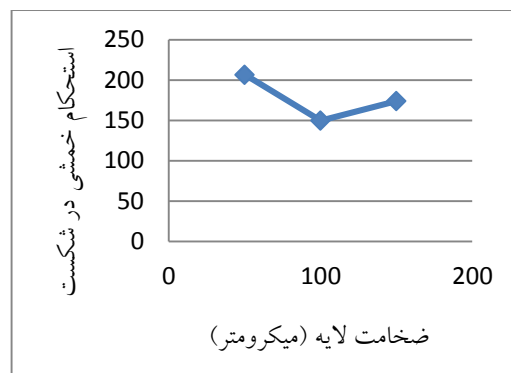


شکل ۷: مقاومت به ضربه (ژول بر متر)

#### ۱-۳-۴- جهت گیری کریستالی<sup>۲</sup>:

ساده ترین راه برای شناخت تفاوت در جهات کریستالوگرافیک، روش چگالی می باشد و این اختلاف، فاکتور اصلی برای تغییرات در خواص مکانیکی می باشد. چگالی قطعه از فرمول زیر بدست می آید:

$$\text{چگالی قطعه} = \frac{\text{وزن قطعه در هوا}}{\text{وزن قطعه در آب} - \text{وزن قطعه در هوا}}$$



شکل ۵: استحکام خمشی در شکست (بر حسب مگاپاسکال)

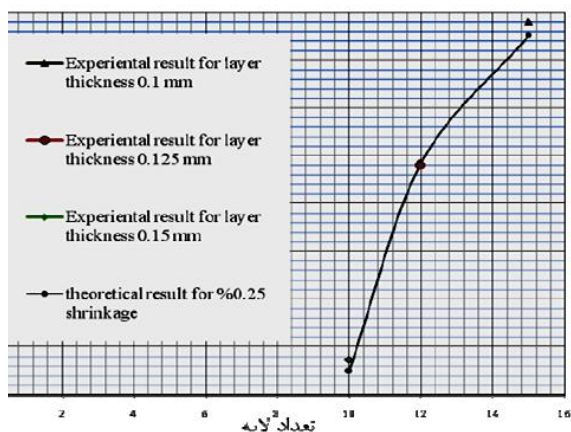
#### ۱-۳-۳- تست ضربه

نمونه ی شکاف دار مربوط به آزمایش پاندول برای تست مقاومت به ضربه بر طبق استاندارد ASTM به شماره ی D256-04 برای آزمونگر ضربه از نوع ایزود ساخته شده است، سپس مقاومت به ضربه بر واحد عرض با تقسیم انرژی جذب شده در حین شکست در راستای سطح مقطع نمونه بر عرض آن محاسبه می شود. نمونه ی مورد آزمایش در شکل زیر نشان داده شده است. [۲]



شکل ۶: نمونه ی ساخته شده برای تست ضربه [۲]

تاثیر تغییرات ضخامت بر روی مقاومت به ضربه در جدول شماره ۳ و نمودار مقاومت به ضربه در مقابل ضخامت لایه در شکل شماره ۷ آمده است.



شکل ۸: نتایج محاسبات تخمین پیچش کرل و اندازه گیری قطعات ساخته شده برای بررسی اثر ضخامت لایه ها. نمودار افقی بیانگر تعداد لایه های ساخت از ضخامت لایه ی مورد نظر برای رسیدن به ضخامت ۱٫۵ میلیمتر می باشد. [۱۲]

#### ۴-۱- بررسی و نتیجه گیری

مقاومت کششی نهایی (UTS) همان گونه که در نمودار ۱ نشان داده شده است، با افزایش در ضخامت لایه کاهش می یابد. بنابراین با افزایش ضخامت لایه خواص کششی کاهش می یابد. اگر قطعه باید به گونه ای طراحی شود تا در برابر نیروهای کششی مقاومت بیشتری داشته باشد، توصیه می شود که تا جایی که ممکن است ضخامت آن کاهش یابد.

نمونه های تست بصورت لایه به لایه ساخته شده اند اما نمونه رفتاری مشابه ساختار کامپوزیتی ندارد.

طبق شکل های ۵ و ۷ از تست خمش و ضربه، نمی توان تعریف یا الگوی مشخصی همانند آنچه که

جدول ۴: نتایج چگالی قطعه ی SL553 [۲]

شماره قطعه	ضخامت لایه (میکرومتر)	وزن قطعه در هوا	وزن قطعه در آب	چگالی
۱	۵۰	۵/۶۵	۱/۰۵۵	۱/۲۲۹۵
۲	۱۰۰	۵/۴۹	۰/۹۸۵	۱/۲۱۸۶
۳	۱۵۰	۵/۷۰	۱/۰۷۵	۱/۲۳۲۴

#### ۱-۳-۵- پیچش کرل و ناپایداری ابعادی

طبق مطالعات صورت گرفته، در قطعات استریولیتوگرافی به خاطر این که مقدار انرژی جذب شده در نقاط مختلف لایه ها و نیز خواص مکانیکی و مقدار انقباض در این لایه ها با یکدیگر متفاوت می باشند. این اختلافات باعث بروز نیروهای داخلی در قطعات می شود. هرچقدر ضخامت لایه های ساخته شده بیشتر شود این اختلاف کمتر و به تبع آن انحرافات نهایی قطعه نیز کاهش می یابد. هرچه ضخامت لایه بیشتر باشد مقدار پیچش کرل کمتر شده و دقت ابعادی بالاتر می رود. در زیر نمودار آزمایشی که توسط آقای مرتضی وطنی و همکارانش پیرامون این موضوع انجام شده است، آمده است. [۱۲]



مراجع :

- [1] Christof Koplín, Matthias Gurr, R. Mülhaupt, Raimund Jaeger, Shape accuracy in stereolithography: a material model for the curing behavior of photo-initiated resins, international conference on rapid prototyping and rapid tooling, Berlin-Germany , September 2008.
- [2] Raju.B.S., Chandrashekar.U, Drakshayani.D.N and Chockalingam.K , DETERMINING THE INFLUENCE OF LAYER THICKNESS FOR RAPID PROTOTYPING WITH STEREO LITHOGRAPHY (SLA) PROCESS, International Journal of Engineering Science and Technology, Vol. 2(7) , 3199-3205, (2010).
- [3] Koplín, C.; Jaeger, R.; Hahn, P. Kinetic model for the coupled volumetric and thermal behavior of dental composites. Dental materials 24, No.8, pp.1017-1024, (2008).
- [4] Koplín, C.; Jaeger, R.; Hahn, P. A material model for internal stress of dental composites caused by the curing process. Dental materials, accepted
- [5] S H Lee, W S Park, H S Cho, W Zhang and M C Leu, A neural network approach to the modelling and analysis of stereolithography processes, Proc Instn Mech Engrs Vol 215 Part B
- [6] Diane. A. Schaub.; Kou Rey Chu.; Douglas.C.Montgomery.; Optimizing Stereolithography Throughput. Journal of Manufacturing Systems, Vol 19, No1, Page No: 18-27, (2000).
- [7] Eschal.J.; Valuation of Stereolithography Resins – Investigation into the photopolymerization. Journal of Polymers, Volume 2, (2001).
- [8] Mahan.; Bayly.; Impact Testing of Stereolithography models to Predict Natural Frequency. Journal of Sound of Vibration, Vol 224, No 3, Page No: 203 – 212, (1999).
- [9] Benerjee.A.Sinha.; K.P.Roy Shekar.; M.K.Benerjee.; A study of SLA process parameter over strength of built model. National level symposium on Rapid Prototyping & Tooling. Vol 1, PP:79-84,(2002).
- [10] Paul F.Jacobs., Edition, Rapid prototyping and Manufacturing “Fundamentals of Stereolithography” .Mc Graw Hill.inc. (SME,Michigan),(1992).

در تست کشش مشاهده شده، یافت.

متفاوت بودن خواص مکانیکی به واسطه ی طبیعت غیر ایزوتروپیک بودن، می باشد. چنان چه در جدول شماره ۴ نشان داده شده است، به علت متفاوت بودن جهات کریستالوگرافیک، چگالی متفاوت می باشد و چگالی برای ضخامت ۱۰۰ میکرومتر کمترین می باشد. در نتیجه مقدار ماده ی مصرفی برای ساخت آن کمتر و از نظر قیمت مقرون به صرفه تر می باشد.

بر اساس مطالعات صورت گرفته بر روی خواص مکانیکی، پایداری ابعادی و پیچش کرل، می توان نتیجه گرفت که ضخامت لایه ی بهینه برای بهترین ثبات اندازه با بالاترین خواص مکانیکی، ۱۰۰ میکرومتر می باشد که هزینه ی تولید آن نیز پایین می باشد، بنابراین برای تولید در بین ۳ لایه با ضخامت های ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میکرومتر ترجیح داده می شود.

پی نوشت:

۱. نوعی از رزین های ترموستینگ می باشند که به وسیله ی نور عمل آوری و به واسطه ی حرارت سخت می شوند.

2. Hatch Cure Depth
3. Selective Laser Sintering
4. Standard Triangular Language
5. SUPPORTER STRUCTURE
6. Neodymium-doped yttrium Vanadate
7. Post Curing Apparatus-PCA
8. RT
9. POST CURING
۱۰. هنوز در کوره پخته نشده است.
11. Ultimate Tensile Strength(UTS)

۱۲. آنالیز چگالی



۱۲- مرتضی وطنی ، عبدالرضا رحیمی ، فرشاد برازنده و امیر صنعتی نژاد ، بررسی اثر تغییر ضخامت لایه ها ، در پیشش کرل بوجود آمده در قطعات ساخته شده به روش استریولیتوگرافی، نهمین کنفرانس مهندسی ساخت و تولید ایران اسفند ۱۳۸۷ بیرجند - دانشگاه بیرجن

[11] Tsung-Jung Hsu. and Wei-Hsiang Lai.; Manufacturing Parts Optimization in the Three Dimensional Printing Process by the Taguchi Method. Journal of the Chinese Institute of Engineers, Vol 33, No 1, Page No 121-130, (2010).



## طراحی سیستمی فضاپیمای زیرمداری با ترکیب ماتریس ساختار طراحی اجزا محور و پارامتر محور

میلاذ محمودی<sup>۱</sup>

چکیده: طراحی سیستمی پروژه‌های بزرگ از جمله کاوشگرها، قواعد خاص خود را دارد. روند طراحی باید بگونه‌ای باشد که تمامی الزامات طراحی و فرآیندها در آن دیده شده و ارتباطات میان اجزای پروژه برای تیم طراح قابل مشاهده باشد. استفاده از ماتریس‌های ساختار طراحی یکی از روش‌های متداول در طراحی سیستمی پروژه‌های بزرگ برای نشان دادن معماری سیستم و نحوه وابستگی اجزا به یکدیگر می‌باشد. در این تحقیق سعی شده است با استفاده از ترکیب ماتریس طراحی اجزا محور و پارامتر محور در قالب یک ماتریس طراحی، روند طراحی یک کاوشگر را ساده‌سازی نموده و از افزایش تعداد حلقه‌های طراحی ممانعت بعمل آید. مزیت ترکیب این دو نوع ماتریس این است که می‌توان ضمن تعیین ارتباطات زیرسیستم‌های اصلی پروژه، ارتباطات سطح پایین مانند پارامترها را نیز مشخص نمود.

واژه‌های کلیدی: طراحی سیستمی، راکت کاوش، ماتریس ساختار طراحی.

پروژه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. این تکنیک در دهه ۱۹۵۰ در صنایع دفاعی آمریکا بوجود آمد و امروزه تبدیل به ابزاری نسبتاً ضروری در کنترل کارایی و کیفیت اجزا در ساختار شکست کار شده است. طرح مدیریت پیکربندی<sup>۲</sup> (CMP) با هدف تعیین و مشخص کردن فعالیت‌های لازم در فرآیند مدیریت پیکربندی پروژه و به منظور پیش‌بینی و برنامه‌ریزی اقدامات لازم برای این فرآیند تهیه شده

### ۱-۲- مقدمه

کیفیت محصول یکی از مواردی است که در موفقیت پروژه تاثیر بسزایی دارد. یکی از ابزارهای کلیدی به منظور تحویل دادن کیفیت و کارایی محصول پروژه، مدیریت پیکربندی می‌باشد. مدیریت پیکربندی تکنیکی است که در مدیریت کردن بهبود ویژگی و روش‌های کار در توسعه

<sup>۱</sup> دانشجوی دکترای مهندسی هوافضا

<sup>۲</sup> - Configuration Management plan





است.

سازی اشاره نمود.

مهم‌ترین ابزار در مدیریت پیکره‌بندی پروژه-های بزرگ، استفاده از ماتریس‌های ساختار طراحی (DSM<sup>۱</sup>) می‌باشد. این ماتریس‌ها علاوه بر مشخص کردن ارتباطات میان زیرسیستم‌ها و معماری سیستم، یک دید بصری شفاف را از پروژه به تیم مهندسی سیستمی می‌دهد. این ماتریس در تمامی روند طراحی، از ابتدای فاز طراحی مفهومی تا پایان طراحی دقیق می‌تواند به کمک تیم طراح بیاید.

در صنعت هوافضا نیز استفاده از این ساختار در دهه ۱۹۹۰ آغاز شد. در سال ۱۹۹۹، احمدی، رومر و وانگ [۱۴] با هدف کاهش هزینه‌ها و تکرار در روند طراحی از DSM و مدل مارکوف استفاده نمودند.

تاریخچه استفاده از ماتریس‌های طراحی یا همان DSM به دهه ۱۹۶۰ در مدیریت پروژه‌ها [۱]، [۲] بزمی‌گردد. در ابتدا هدف از استفاده از این ماتریس‌ها نشان دادن معماری سیستم و ارتباط میان زیرسیستم‌ها بود. استفاده از این ماتریس در پروژه‌های عملی در صنعت با هدف کاهش زمان، هزینه و حلقه‌های طراحی از دهه ۱۹۸۰ و توسط استوارت [۳]، [۴] آغاز شد. بهره‌گیری از این ماتریس‌ها در دهه ۱۹۹۰ به اوج خود رسید و در پروژه‌های بزرگ ساختمانی [۵]، [۶]، [۷]، صنعت ساخت نیمه‌رساناها [۸]، [۹] و در صنعت خودروسازی [۱۰]، [۱۱]، [۱۲]، [۱۳] مورد استفاده قرار گرفت. از دیگر کاربردهای ماتریس-های DSM می‌توان به مخابرات، صنایع الکترونیک، مقیاس‌های کوچک تولید و کارخانجات قطعه

در سال ۱۹۹۳ راجرز [۱۵] با استفاده از یک ماتریس فعالیت محور (activity based) برای بهبود روند طراحی یک UAV استفاده نمود.

در سال ۱۹۹۷ راجرز مجدداً این بار در تز کارشناسی ارشد خود با استفاده از یک ماتریس people based در روند طراحی یک هواپیمای مشترک میان دانشگاه MIT و نیروی هوایی ایالات متحده استفاده نمود [۱۶]. در این ماتریس که تصویر آن در زیر آورده شده است اهمیت ارتباط میان المان‌های ماتریس در سه سطح کم، متوسط و زیاد مشخص شده است.

در این تحقیق سعی خواهد شد با استفاده از ترکیب یک ماتریس ساختار طراحی اجزا محور و پارامتر محور ضمن کاهش حلقه‌های طراحی، روند انجام پروژه را بهینه نموده و دید کاملی نسبت به روند پیشرفت پروژه کسب نمود.

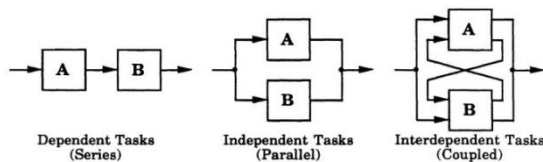
## ۲-۲- ماتریس ساختار طراحی

ماتریس‌های ساختار طراحی به دو دسته کلی

<sup>۱</sup> Design structure matrix



میدهند. مشکل اصلی که طراحی را زمان بر، هزینه بر می‌سازد وجود این نوع از وابستگی است چرا که به معنی وجود حلقه در طراحی است.



شکل ۱: روابط بین المان‌های ماتریس

### ۲-۲-۲- تعریف ماموریت

گام نخست در طراحی سیستمی، دریافت تعریف ماموریت می‌باشد. بر اساس ماموریت در نظر گرفته شده: "فضاپیما می‌بایست پس از اوجگیری تا ارتفاع ۱۲۰ کیلومتری از سطح زمین از حامل خود جدا شده و در مسیر بازگشت بازیابی شود همچنین تصاویر پرتاب در طول مسیر می‌بایست تله‌متری و ذخیره‌سازی شود."

پایا<sup>۱</sup> و وابسته به زمان تقسیم می‌شوند. تنوع ماتریس‌های ساختار طراحی، ابزارهای متفاوتی را جهت طراحی مفهومی، پیکره‌بندی، طراحی سازمان و جدول زمان‌بندی را در اختیار طراحان و مدیران قرار می‌دهد. از طرفی ابزارهایی مانند خوشه-سازی<sup>۲</sup>، پارتیشن‌سازی<sup>۳</sup>، گسیخته‌سازی<sup>۴</sup> به طراحی مفهومی، مدیریت ریسک در هنگام ساده‌سازی، شناسایی سطح وابستگی زیرسیستم‌ها و... کمک شایانی می‌نماید

### ۲-۲-۱- روابط میان المان‌های ماتریس

کلیه‌ی فعالیت‌هایی که در یک فرآیند طراحی انجام می‌گیرند از یکی از روابط علت و معلولی زیر پیروی می‌نمایند. همانگونه که در شکل پیداست هر گاه یک فعالیت به فعالیت دیگری وابسته بوده و تنها در صورتی انجام گردد که فعالیت اول اجرا شود رابطه‌ی دو فعالیت سری<sup>۵</sup> است.

هرگاه دو فعالیت به یک فعالیت خاص بستگی داشته و فعالیت دیگری انجامش به این فعالیت وابسته باشد اصطلاحاً به این دو فعالیت موازی می‌گویند. حالت سوم وابستگی زمانی است که ورودی دو فعالیت به خروجی یکدیگر وابسته باشد که در این صورت دو فعالیت کوپل یا هم‌بسته را تشکیل

<sup>۴</sup> tearing

<sup>۵</sup> Seri

<sup>۱</sup> Static

<sup>۲</sup> partitioning

<sup>۳</sup> clustering



زنده و پرتابگر.

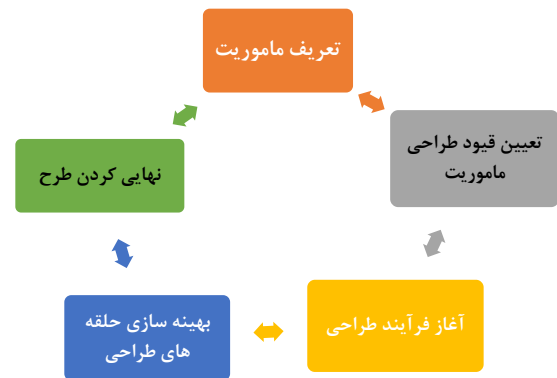
علاوه بر موارد مذکور، زیرسیستم‌هایی نیز هستند که دارای محصول نیستند ولی در روند پروژه از آنها استفاده می‌شود. این زیرسیستم‌ها در WBS پروژه جای می‌گیرند و عبارتند از: آیرودینامیک و گرمایش، دینامیک پرواز و شیشه-سازی و تضمین محصول. در این تحقیق سعی شده است زیرسیستم‌هایی که دارای محصول می‌باشند را وارد چرخه طراحی نموده است.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	STR	SEP	SRV	BIC	REC	AIS	NAV	TRA	LNCH	
1	■									
2		■								
3			■							
4				■						
5					■					
6						■				
7							■			
8								■		
9									■	

شکل ۳: قرارگیری زیرسیستم‌ها در ماتریس

## ۲-۴- وزن‌دهی به ارتباطات زیرسیستمی

برای ورودی پارتیشن‌بندی ارتباطات زیرسیستم‌ها می‌بایست به ارتباطات میان زیرسیستم‌ها وزن‌دهی شود که بر این اساس از ۰ تا ۹ به زیرسیستم‌ها وزن داده می‌شود که وزن بیانگر بیشترین اهمیت میان هر دو زیرسیستم و وزن ۹ بیانگر کمترین اهمیت میان دوزیرسیستم



شکل ۲: روند انجام پروژه برپایه مدل سیستمی

## ۲-۲-۳- قیود طراحی

در نخستین فاز ماموریت دریافت قیود طراحی یکی از مواردی است که دارای اهمیت بالایی می‌باشد. قیود طراحی در این تحقیق مربوط به سه بخش اصلی قید سطح فناوری، قید زمانی و قیود وارد شده از جانب حامل محموله می‌باشد. قیود وارد شده از سمت حامل شامل جدول زیر می‌باشد:

پارامتر	زمان
قطر حامل	
زمان سوزش	
ضربه ویژه	
منحنی تراست حامل	

## ۲-۳- فضاپیمای زیرمداری

بر اساس ماموریت دریافت شده ساختار شکست محصول این فضاپیما بصورت زیر می‌باشد: زیرسیستم‌های اصلی در طراحی این فضاپیما عبارتند از: سازه، جدایش، سامانه خدمات<sup>۱</sup>، کابین زیستی، سامانه بازیابی، ناوبری، رهگیری، موجود

<sup>۱</sup> Service module



رهگیری می‌تواند پیش از شروع پروژه کار خود را آغاز نماید اما سایر زیرسیستم‌ها با یکدیگر هم‌گیر بوده و می‌بایست با هم طراحی شوند. زیرسیستم‌های هم‌گیر نیز می‌بایست همزمان با یکدیگر طراحی را شروع نمایند.

## ۲-۵- گسستن فرآیند مهندسی سیستمی و

### تشکیل مدار اساسی

در زیرسیستم‌های هم‌گیر یافتن نقطه‌ای که بتوان فرضیات طراحی را از آنجا آغاز نمود کاری دشوار است. برای این کار می‌بایست از الگوریتم گسسته‌سازی حلقه استفاده نمود. این الگوریتم با تشکیل طولانی‌ترین مدار موجود در یک حلقه طراحی نقطه آغاز فرضیات را نیز مشخص می‌نماید. مدار اساسی طولانی‌ترین مداری است که در روند حل، توسط برنامه یافته می‌شود اما مدار بهینه در روند پروژه نیست اما استفاده از فرآیند PSM منجر به تشکیل مدارهای اساسی می‌شود که می‌توان بر اساس آنها حلقه‌های بهینه را شناسایی نمود.

می‌باشد. وزن‌دهی در این تحقیق با نظر کارشناسان و بر اساس خبرگی داده شده است. وزن‌دهی اولیه برای پارتیشن‌بندی زیرسیستم‌ها بصورت زیر می‌باشد.

	1! STF	2! SEP	3! SRV	4! BIC	5! REC	6! AIS	7! NAV	8! TRP	9! LNC
1! STR	0	0	0	2	0	0	0	0	2
2! SEP	1	0	0	0	0	0	0	0	0
3! SRV	0	3	0	0	6	0	4	0	6
4! BIC	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5! REC	0	0	2	0	0	0	0	0	6
6! AIS	0	0	0	0	0	0	0	0	3
7! NAV	0	0	2	0	0	0	0	0	0
8! TRP	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9! LNC	0	0	3	0	0	0	0	0	0

شکل ۴: وزن‌دهی به زیرسیستم‌ها

پس از وزن‌دهی به پارامترها با استفاده از کد نرم‌افزاری PSM32 پارتیشن‌بندی انجام داده شده است. نتایج پارتیشن‌بندی انجام شده بصورت زیر می‌باشد:

	1! STF	5! REC	3! SRV	4! BIC	6! AIS	2! SEP	9! LNC	7! NAV	8! TRP
1! STR	0	0	2	0	0	2	0	0	0
5! REC	0	0	2	0	0	6	0	0	0
3! SRV	0	6	0	0	3	6	4	0	0
4! BIC	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6! AIS	0	0	0	0	0	3	0	0	0
2! SEP	1	0	0	0	0	0	0	0	0
9! LNC	0	0	3	0	0	0	0	0	0
7! NAV	0	0	2	0	0	0	0	0	0
8! TRP	0	0	2	0	0	0	0	0	0

شکل ۵: پارتیشن‌بندی زیرسیستم‌ها

نتایج پارتیشن‌بندی نشان می‌دهد زیرسیستم



نقطه آغاز طراحی در زیر زیرسیستم‌ها هم‌گیر انتخاب می‌شود این بدین معناست که می‌بایست در ابتدا وضعیت زیرسامانه بازیابی از نظر فرضیات مشخص شود. در این تحقیق فرض بر آن است که سامانه بازیابی فضاپیما از نوع مکانیزم چتر کاهنده آیرودینامیک کروی بوده و ماکزیمم وزن قابل بازیابی توسط این چتر ۳۵۰ کیلوگرم می‌باشد. بررسی بیشتر مساله نیز نشان می‌دهد، اهمیت این زیرسیستم در ماموریت نیز به نسبت سایر زیرسیستم‌های دارای محصول بالا بوده و فرضیات حل را می‌بایست از نقطه بازیابی آغاز نماییم.

## ۲-۷- شناسایی پارامترهای کلیدی در طراحی

پس از مشخص شدن زیرسیستم‌های اصلی و بهینه کردن تقدم و تاخر در زیرسیستم‌ها، گردش پارامترهای سیستمی در ماتریس سیستمی می‌تواند آغاز شود.

در جدول زیر تعدادی از پارامترهای کلیدی با فاز بروز رسانی هر پارامتر در ماتریس مشخص شده است:

	1! STF	5! REC	3! SRV	4! BIC	6! AIS	2! SEP	9! LNC	7! NAV	8! TRF
1! STR	0+		2			2			
5! REC	0+		2			6			
3! SRV	6		0	3	6	4			
4! BIC	0		0	0					
6! AIS	0		0		3				
2! SEP	1		0			0			
9! LNC	0		3		0				
7! NAV			2			0			
8! TRF			2			0			

شکل ۶: گسسته‌سازی زیرسیستم‌ها

	1! STF	5! REC	3! SRV	4! BIC	6! AIS	2! SEP	9! LNC	7! NAV	8! TRF
1! STR	0+					2			
5! REC	2+					6			
3! SRV			0	3	6	4			
4! BIC	0		0	0					
6! AIS			0		3				
2! SEP			0			0			
9! LNC	0		3		0				
7! NAV			2			0			
8! TRF			2			0			

شکل ۷: گسسته‌سازی زیرسیستم‌های هم‌گیر داخلی

## ۲-۶- شناسایی نقطه آغاز طراحی در زیرسیستم‌های هم‌گیر

فرآیند گسسته‌سازی و شناسایی مدار اساسی زمانی انجام می‌شود که سعی شود نقطه آغاز طراحی را شناسایی نموده و فرضیات حل مساله را از آن نقطه آغاز نماییم. در این تحقیق پس از گسسته‌سازی مسئله و پارتیشن‌بندی مجدد مشخص می‌شود که زیرسیستم بازیابی بعنوان



## ۲-۸- مشخصات فنی محموله

در پایان فاز طراحی دقیق، مشخصات کلی محموله برای ساخت نمونه اولیه مشخص شده است. این موارد در جدول (۲) ذکر شده است:

جدول ۲: مشخصات فنی محموله پس از فاز طراحی دقیق

مقدار	مشخصات فنی
	قطر محموله
	طول محموله
	وزن محموله
	بودجه‌بندی توان مصرفی محموله
	بودجه‌بندی ولتاژ محموله
	ممان‌های محموله در سه محور
	موقعیت مرکز جرم محموله
	موقعیت مرکز فشار محموله

## ۲-۹- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

مهندسی سیستم یک رهیافت روش‌گرا و ساختار یافته برای طراحی، تحقق، مدیریت فنی، بهره‌برداری و بازنشستگی یک سیستم است. یک "سیستم" یک ساختار یا مجموعه‌ای از عناصر متفاوت است که با هم نتایجی غیر قابل کسب توسط هر عنصر به تنهایی را تولید می‌کند. عناصر یا بخش‌ها، می‌توانند شامل افراد، سخت‌افزارها، نرم‌افزارها، تسهیلات، خط‌مشی‌ها و اسنادی باشند؛

جدول ۱: گردش پارامترهای سیستمی در فازهای مختلف طراحی

نام پارامتر	ورودی	خروجی	فاز بروز رسانی
پیکره‌بندی آبرودینامیکی پیشنهادی	سازه	آبرودینامیک و گرمایش	طراحی مفهومی
موقعیت پیشنهادی مرکز جرم با ملاحظات آبرودینامیکی	آبرودینامیک و گرمایش	سازه	طراحی اولیه
مشخصات عملکردی و فنی حامل	پرتابگر	سازه/آبرودینامیک یک گرمایش	طراحی اولیه
شماتیک هندسه محموله	سازه	کپسول زیستی	طراحی اولیه
مشخصات جرمی اینرسی حامل و محموله	تمامی زیرسیستم‌ها	سازه	طراحی دقیق
الگوریتم صدور فرامین	سامانه خدمات	دینامیک پرواز و شبیه‌سازی	طراحی دقیق- ساخت



[5] S. Austin, A. Baldwin, B. Li, and P. Waskett, "Development of the ADePT methodology: An interim report on the link IDAC 100 project," Loughborough University, Dept. of Civil and Building Engineering, Loughborough, U. K., 1998.

[6] S. Austin, A. Baldwin, and A. Newton, "A data flow model to plan and manage the building design process," *J. Eng. Des.*, vol. 7, pp. 3–25, 1996.

[7] P. Huovila, L. Koskela, L. Pietiläinen, and V.-P. Tanhuanpää, "Use of the Design structure matrix in construction," in 3rd Int. Workshop on Lean Construction, Albuquerque, NM, 1995.

[8] S. D. Eppinger, "Innovation at the speed of information," in *Harvard Bus. Rev.*, 2001, vol. 79, pp. 149–158.

[9] S. M. Osborne, "Product development cycle time characterization through modeling of process iteration," M.S. thesis, MIT, Cambridge, MA, 1993.

[10] J. Malmström, P. Pikosz, and J. Malmqvist, "The complementary roles of IDEF0 and DSM for the modeling of information management processes," *Concurrent Eng.: Res. Applicat.*, vol. 7, pp. 95–103, 1999

[11] G. J. Rushton and A. Zakarian, "Modular vehicle architectures: A systems approach," in *10th Annu. Int. Symp. of INCOSE*, Minneapolis, MN, 2000, pp. 29–35.

که همگی جهت تحقق نتایج در سطح سیستم ضروری هستند لذا طراحی بر پایه رویکرد سیستمی و بهره بردن از ابزارهای مورد نظر سیستم می‌بایست در تمامی مراحل پروژه مدنظر قرار گیرد. در این تحقیق نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد زیرسامانه بازیابی با توجه به اهمیت می‌بایست در نخستین فاز ماموریت مدنظر قرار گرفته و فرضیات پیشبرد پروژه را از آن نقطه و همزمان با زیرسامانه سازه آغاز نمود.

## ۲-۱۰- مراجع

[1] E. P. C. Fernando, "Use of interdependency matrix for expediting implementation of an integrated development programme in a developing country," in *2nd Int. Congr. Project Planning by Network Analysis*, Amsterdam, The Netherlands, 1969, pp. 76–85.

[2] M. Hayes, "The role of activity precedence relationships in node-oriented networks," in *2nd Int. Congr. for Project Planning by Network Analysis*, Amsterdam, The Netherlands, 1969, pp. 128–146.

[3] D. V. Steward, "The Design structure system: A method for managing the design of complex systems," *IEEE Trans. Eng. Manage.*, vol. 28, pp. 71–74, 1981.

[4] D. V. Steward, *Systems Analysis and Management: Structure, Strategy, and Design*. New York: PBI, 1981



[12] M.W. Sequeira, "Use of the design structure matrix in the improvement of an automobile development process," M.S. thesis, MIT, Cambridge, MA, 1991.

[13] R. P. Smith and S. D. Eppinger, "Identifying controlling features of engineering design iteration," *Manage. Sci.*, vol. 43, pp. 276–293, 1997.

[14] R. H. Ahmadi, T. A. Roemer, and R. H. Wang, "Structuring product development processes," *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 130, pp. 539–558, 2001

[15] T. R. Browning "An introduction to the use of design structure matrices for systems engineering, project management, and organization planning," MIT Lean Aerospace Initiative, Cambridge, MA, WP97-001-18, 1997.

[16] T. R. Browning, "Systematic IPT integration in lean development programs," M.S. thesis , MIT, Cambridge, MA, 1996.





## تکنولوژی پیل سوختی و کاربرد آن در خودرو

امین علمداری<sup>۱</sup>، حسن شیرازی<sup>۲</sup>

Email:alamdari.amin@yahoo.com

### چکیده

پیل سوختی بهترین پیشنهاد برای جایگزینی بنزین می باشد. سیستم های پیل سوختی هیچ گونه آلودگی نداشته و اجزای متحرک ندارند. راندمان پیل های سوختی بیش از سه برابر موتورهای احتراق داخلی است. علیرغم آن که بنزین توسط موتورهای احتراق داخلی مصرف می شود اکثر پیل های سوختی از هیدروژن به عنوان منبع تجدید پذیر استفاده می کنند. کاربرد پیل های سوختی وابستگی به منابع محدود سوخت های فسیلی را کاهش می دهد و مزایای بسیار دیگری نیز دارد. سوخت های فسیلی به زودی به پایان می رسند و از سوی دیگر از احتراق آنها در خودروها و دیگر وسایل نقلیه، آلاینده های بسیاری چون اکسیدهای نیتروژن، ذرات، منواکسید کربن و دی اکسید کربن انتشار می یابند. با توجه به این دو مشکل اساسی به منظور غلبه بر آنها، سوخت های جایگزین و سیستم های رانش بسیاری پیشنهاد و به کار گرفته شده است. هیدروژن مطمئن ترین منبع انرژی و یک سوخت تجدید پذیر است و می توان آن را از منابع انرژی تجدید پذیر به دست آورد. از لحاظ زیست محیطی بهترین راه استفاده از سوخت در سیستم حمل و نقل به کارگیری پیل های سوختی است که هیدروژن آنها از منابع تجدید پذیر به دست آمده باشد. پیش بینی می شود که مشکلات موجود در زمان حال با کاهش هزینه تولید تجهیزات، بهبود راندمان سیستم های تولید هیدروژن و ارتقاء فناوری در آینده برطرف گردد. در این مطالعه سعی بر این است با معرفی این تکنولوژی و مزایای آن گامی در جهت پیشبرد اهداف آینده پژوهشی برداشته و چشم اندازی نوین در خصوص پیشرفت تکنولوژی خودرو در آینده ارائه گردد.

**کلمات کلیدی:** پیل سوختی، خودرو، مبدل تولید هیدروژن، خودروهای هیبریدی.

### ۳-۱- مقدمه

کیفی تبدیل شده است [4]. بازده موتورها با تکنولوژی پیل سوختی در مقایسه با موتورهای احتراق داخلی مرسوم، حدود ۲ الی ۳ برابر بوده و خروجی آنها عمدتاً گازهای بی خطری همچون

امروزه پیل سوختی به یک رقیب مناسب برای توربین های گاز در نیروگاه ها، موتورهای احتراق داخلی در خودروها و باطری ها در کامپیوترهای

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری مهندسی شیمی دانشگاه تربیت مدرس

<sup>۲</sup> کارشناسی مهندسی مکانیک خودرو



بخار آب است که هیچ گونه آلودگی زیست محیطی به همراه ندارد. استفاده از پیل های سوختی جهت تأمین همزمان الکتریسیته و حرارت به روش الکتروشیمیایی می باشد. پیشرفت های به وجود آمده در این زمینه به خاطر ویژگی های منحصر به فرد فنی، ایمنی و اقتصادی، اخیراً کاربرد وسیعی را در صنایع مختلف خودرو سازی پیدا نموده است [3]. برای انتخاب یک فناوری مناسب برای خودروهای پیل سوختی پارامترهای مؤثر زیادی نظیر زیر ساخت سوخت، هزینه سوخت، هزینه واحد انرژی درخودرو، نوع سوخت مصرفی، ایمنی خودرو، بردخودرو (فاصله بین دو سوخت گیری)، شکل خودرو (ازلحاظ توپولوژی و فضای داخلی) محل نصب مخزن و نوع توده پیل سوختی وجود دارد. بررسی وضعیت کنونی خودروهای پیل سوختی نیاز به زمان داشته و باید دید که چگونه خودروهای پیل سوختی خواهند توانست جایگاه ویژه ای را در بازارفروش به وجود آورند [1]

### ۳-۲- روش کار وانواع پیل های سوختی

#### پیل سوختی چیست؟

پیل سوختی واحدی است که به وسیله واکنش شیمیایی برق تولید می کند هر پیل سوختی دو عدد الکتروود دارد که یکی مثبت و دیگری منفی می باشد که بطور عام کاتد و آند نامیده می شوند واکنش هایی که تولید الکتریسیته می کنند در

الکتروودها اتفاق می افتد. همچنین هر پیل سوختی یک الکتروولیت دارد که ذرات دارای بار الکتریکی را از یک الکتروود به الکتروود دیگر منتقل می کند و یک کاتالیست که انجام واکنش در الکتروودها را تسریع می کند. روش کار پیل سوختی بدین صورت است که هیدروژن ذخیره شده وارد آند یک پیل سوختی شده و هوا هم از طرف کاتد وارد پیل سوختی شده و در اثر واکنش های الکتروشیمیایی الکتریسیته تولید می شود. و تنها محصول جانبی تولید شده آب می باشد که از سمت کاتد و یا آند (بستگی به الکتروولیت به کار رفته در پیل دارد) خارج می شود.

#### سیستم پیل سوختی

یک سیستم پیل سوختی را می توان به سه قسمت عمده شامل:

۱) بخش سوخت رسانی ( مبدل سوخت و سیستم ذخیره هیدروژن )

۲) بخش تولید انرژی شامل سری پیل سوختی و سیستم کنترل رطوبت، فشار، دما و دبی گازها

۳) بخش تبدیل انرژی که مربوط به فصل مشترک پیل سوختی و مصرف کننده برق جهت تبدیل جریان و ولتاژ برق به ولتاژ و جریان مناسب می باشد.

پیل های سوختی را از نظر نوع الکتروولیت بکار رفته در آن به ۲ نوع کلی زیر می توان تقسیم کرد:

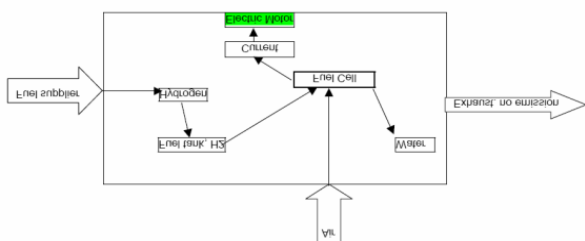


*air fuel cell (LAFC)*

### ۳-۳- طرح های موجود برای خودرو پیل سوختی

#### ۳-۳-۱- طرح خودروی پیل سوختی با مخزن گاز هیدروژن

از مهم ترین مزایای این نوع خودرو می توان به افزایش چشمگیر راندمان خودرو غیر آلاینده بودن ( آلودگی صفر ) اشاره کرد. در این حالت خودرو ساده تر، ارزاتر و سبک تر ساخته شده است و قادر است با یک بار سوخت گیری بیش از ۴۰۰ کیلومتر راه بپیماید. این طرح برای اتوبوس ها پیاده شده است ولی برای خودروهای سواری در حال بررسی می باشد.



شکل ۱: طرح خودروی پیل سوختی با مخزن گاز هیدروژن

#### ۳-۳-۲- طرح خودروی پیل سوختی با مبدل بنزین و گازوئیل

تکنولوژی مبدل بنزین، توسعه یافته ولی از جنبه وزن، اندازه و کارایی در مقایسه با سیستم مبدل متانول عقب افتاده تر است. مبدل بنزین در

۱. پیل سوختی آلی

۲. پیل سوختی فلزی

پیل های سوختی آلی را می توان از لحاظ دمای عملکرد و میزان بازده به موارد زیر تقسیم نمود:

۱. پیل سوختی اسید فسفریک

*Phosphoric acid fuel cell (PAFC)*

۲. پیل سوختی قلیایی *alkaline fuel cell (AFC)*

۳. پیل سوختی کربنات مذاب *Molten carbonate fuel cell (MCFC)*

۴. پیل سوختی اکسید جامد *solid oxide fuel cell (SOFC)*

۵. پیل سوختی متانولی *Direct methanol fuel cell (DMFC)*

۶. پیل سوختی سرامیکی پروتونی

۷. پیل سوختی پلیمری

پیل های سوختی فلزی را می توان به موارد زیر تقسیم نمود [4]:

۱. پیل سوختی روی- هوا *Zinc - air fuel cell (ZAFC)*

۲. پیل سوختی آلومینیوم - هوا *Aluminum- air fuel cell (AAFC)*

۳. پیل سوختی منیزیم - هوا *Magnesium- air fuel cell (MAFC)*

۴. پیل سوختی آهن - هوا *Iron- air fuel cell (IAFC)*

۵. پیل سوختی لیتیم - هوا *Lithium-*



موتور احتراق داخلی هیدروژنی به مقدار زیادی به پارامترهای درسیر تکاملی خودرو و فن آوری تولید، هزینه نفت خام و ارزیابی میزان کاهش انتشار دی اکسید کربن بستگی دارد [5].

۸۵۰ درجه سانتی گراد کار می کند و کارایی آن از مبدل متانول کمتر است. به دلیل پیچیدگی بیشتر مبدل سوخت بنزین قیمت خودرو ۸۵۰ تا ۱۲۰۰ دلار افزایش می یابد و ۲۵۰ کیلوگرم سنگین تر می شود. خودرو پیل سوختی با یک بار سوخت گیری قادر است ۶۰۰ کیلومتر را پیماید [2].

پیل سوختی هیدروژنی	هیدروژنی ICE	موتور های هیبرید بنزینی	بنزینی ICE	نوع موتور
پیل سوختی با موتور الکتریکی	۵۵٪	۴۰٪	۳۰٪	احتراق جرقه ای
پیل سوختی با موتور الکتریکی	۴۰٪	۳۰٪	۳۰٪	احتراق جرقه ای
پیل سوختی با موتور الکتریکی	۳۲/۵۶٪	۳۲/۵۶٪	۳۲/۵۶٪	احتراق جرقه ای
پیل سوختی با موتور الکتریکی	۲۰٪	۲۰٪	۲۰٪	احتراق جرقه ای
پیل سوختی با موتور الکتریکی	۲۱	۲۲	۲۵	احتراق جرقه ای
پیل سوختی با موتور الکتریکی	بزرگ، کوچکتر از ICE HZ	بزرگ	کوچک	احتراق جرقه ای
پیل سوختی با موتور الکتریکی	متوسط روزه بالا	متوسط روزه بالا	متوسط روزه پایین	احتراق جرقه ای
پیل سوختی با موتور الکتریکی	پایین و تولید مقداری NOx	پایین تر از بنزینی	پایین تر از بنزینی	احتراق جرقه ای
پیل سوختی با موتور الکتریکی	در حال توسعه	توسعه داده شده و در حال تولید	توسعه داده شده	احتراق جرقه ای

شکل ۲: مقایسه پیل سوختی با تکنولوژی های دیگر

### ۳-۴- کنترل آلودگی محیط زیست

#### ۳-۴-۱- بررسی و مقایسه پیل سوختی با تکنولوژی های دیگر

در شکل ۲ ویژگی های مهم چهار نوع از مناسب ترین خودروها به طور تخمین معرفی شده است. این خودروها عبارتند از خودروی با موتور احتراق داخلی بنزینی، خودروی هیبریدی بنزینی، خودروی با موتور احتراق داخلی هیدروژنی و خودروی پیل سوختی هیدروژنی. لازم به ذکر است که بسیاری از این تخمین ها به ویژه درباره خودروهای پیل سوختی هیدروژنی به فن آوری مورد استفاده و مشخصات خودرو از نظر اندازه و وزن بستگی دارد. خودروهای با موتور احتراق داخلی هیدروژنی بسیاری از مزایای خودروهای پیل سوختی هیدروژنی از جمله کاهش اتکاء به نفت و کاهش انتشار دی اکسید کربن را دارند. فن آوری موتور احتراق داخلی هیدروژنی را شاید بتوان پلی بین خودروهای بنزینی و خودروهای پیل سوختی هیدروژنی در نظر گرفت. وضعیت

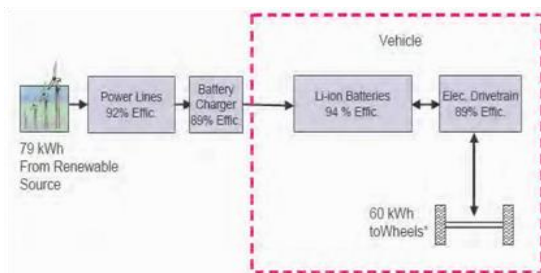
#### ۳-۴-۲- مقایسه کارایی نسبی خودروی

##### برقی با باتری و خودروی برقی با پیل سوختی

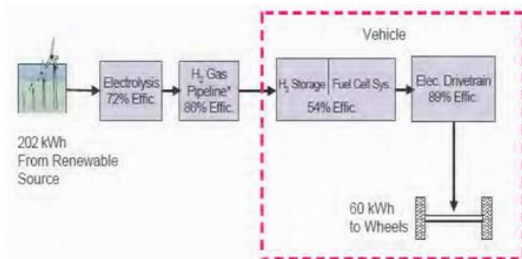
به دلیل اینکه مسائل زیست محیطی موتورهای احتراق داخلی باعث نگرانی های زیادی شده است. خودروهای برقی با باتری و خودروهای برقی با پیل سوختی تنها منابع با آلودگی در حد صفر هستند که می توانند جایگزین موتورهای احتراق داخلی شوند. یک الگوی چاه به چرخ خودروها، الگویی بین منابع اولیه و دست نخورده انرژی (مانند انرژی باد) و چرخ های یک ماشین می باشد. قسمت های مختلف الگو شامل مراحل تبدیل، توزیع و ذخیره کردن انرژی است که برای انتقال و تبدیل انرژی به حرکت واقعی خودرو لازم است. بنابراین با آنالیز راندمان هر الگوی چاه به



تبدیل پایین در خود پیل سوختی (54٪)، راندمان خودرو با پیل سوختی پایین تر از خودرو با باتری می باشد. این راندمان کلی برای الگوی خودروها با پیل سوختی تقریباً 30٪ است، در حالی که این راندمان برای الگوی خودروها با باتری همان طور که قبلاً نیز اشاره شد تقریباً 77٪ است. به عبارتی برای داشتن توان چرخ ها برابر 60 کیلو وات در سیستم خودرو با باتری، توان ورودی 79 کیلو وات و در سیستم خودرو با پیل سوختی توان ورودی 202 کیلو وات می باشد که این توان 2/6 برابر الگوی خودرو با باتری می باشد.



شکل ۳: خودرو برقی با باتری، با ۶۰ کیلو وات نیاز چرخهای خودرو



شکل ۴: خودرو برقی با پیل سوختی، با ۶۰ کیلو وات توان نیاز چرخهای خودرو

### ۳-۴-۳- مقایسه وزن، حجم و قیمت

تحت شرایط یکسان می خواهیم به مقایسه وزن، حجم و قیمت خودروهای با پیل سوختی و

چرخ خودرو می توان انرژی مورد نیاز برای حرکت خودرو را تعیین کرد. در یک مرحله ذخیره انرژی در باتری و دو مرحله توزیع انرژی که در واقع یک وضعیت چاه به چرخ پیش می آید، الگوی خودرو با باتری شامل دو مرحله تبدیل انرژی است. مرحله اول تبدیل باد به الکتریسیته و مرحله دوم تبدیل الکتریسیته به انرژی مکانیکی می باشد. با توجه به راندمان بخش های مختلف که در شکل ۳ و ۴ نشان داده شده است، در این سیستم تقریباً 79 کیلووات انرژی باید تولید شود تا مقدار 60 کیلو وات انرژی الکتریکی لازم به چرخها تحویل داده شود، یعنی راندمان کل 77٪ است.

هیدروژن ذخیره شده وارد آند یک پیل سوختی شده و هوا هم از طرف کاتد وارد پیل سوختی شده و در اثر واکنش های الکتروشیمیایی الکتریسیته تولید می شود.

به عبارتی یک مرحله توزیع و یک مرحله ذخیره در الگوی خودروهای با پیل سوختی، شامل چهار مرحله تبدیل انرژی است. مرحله اول تبدیل یک سوخت غیر فسیلی به الکتریسیته، مرحله دوم تبدیل الکتریسیته به هیدروژن، مرحله سوم تبدیل هیدروژن به الکتریسیته و مرحله چهارم تبدیل الکتریسیته به انرژی مکانیکی است. به علت تبدیل انرژی در چهار مرحله در خودرو با پیل سوختی نسبت به دو مرحله تبدیل انرژی در خودرو با باتری و هم چنین راندمان ذخیره و



جدول ۲: تخمین وزن، حجم و قیمت سیستم خودرو با باتری

عضو	وزن (kg)	حجم (Lit)	قیمت (\$)
باتری لیتیم/یون	451	401	16125
drivetrain	53	68	3826
کل	504	469	19951

### ۳-۵- کار های جدید برای بهبود عملکرد

#### پیل سوختی

#### ۳-۵-۱- بازیابی انرژی در سیستم خنک

#### کاری موتور الکتریکی خودروی

#### پیل سوختی

سیالی که می تواند در این شرایط و فشارهای نسبتاً کم کار کند، سیال واسطه R-134a می باشد. برتری دیگر این سیال نسبت به سیال های دیگر این است که R-134a سیالی دی الکتریک ( عایق الکتریسیته ) می باشد و در صورت نشت، امکان اتصال در قطعات الکترونیکی و موتور کاهش می یابد. در ادامه، به طور کلی مسیر حرکت سیال در سیکل مطرح می گردد. سیال عامل با حالت مایع اشباع وارد پمپ می شود. پس از افزایش فشار با حالت مایع متراکم وارد محفظه ی موتور شده و در فشار ثابت با گرفتن حرارت تولیدی آن تبخیر شده تا کل سیال به حالت بخار مافوق گرم در آید. سپس سیال با این حالت وارد توربین شده و پس از اینکه انرژی خود را در توربین از دست داده، با

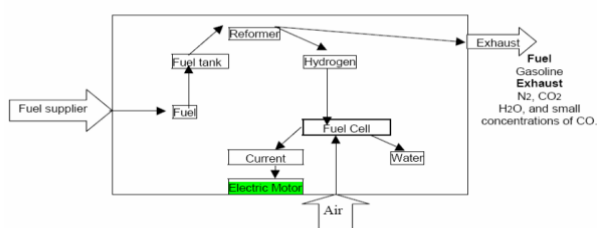
خودروهای با باتری بپردازیم. این مقایسه در جداول ۱ و ۲ آمده است. موقع تفسیر این جداول بسیار مهم است تا توجه کنیم که فاکتور محدود کننده در عملکرد خودروهای با پیل سوختی مقدار توانی است که می تواند تحویل دهد و این توان، شتاب گیری خودرو را نتیجه می دهد. در مورد خودروهای با باتری فاکتور محدود کننده مقدار انرژی تحویلی است و کل مقدار مسافتی که خودرو می تواند طی کند را نتیجه می دهد. این بدان معنی است فاکتورهای مقایسه برای وزن، حجم و قیمت برای خودروهای با پیل سوختی بر مبنای این است که چه مقدار وات (توان) می تواند بر واحد وزن، حجم یا قیمت تحویل دهد. در خودروهای با باتری این مقدار وات ساعت(انرژی) است که می تواند بر واحد وزن، حجم یا قیمت تحویل دهد [6].

جدول ۱: تخمین وزن، حجم و قیمت سیستم خودرو با پیل سوختی

عضو	وزن (kg)	حجم (Lit)	قیمت (\$)
پیل سوختی	617	1182	23033
تانک ذخیره 3/2 کیلوگرمی	51	215	2288
drivetrain	53	68	3826
کل	721	1465	29147



سوختی ۱۲۰ کیلو گرم و قیمت آن ۵۰۰ تا ۶۰۰ دلار افزایش می یابد، مضاعف بر این که بر پیچیدگی خودرو افزوده می شود. گرچه راندمان خودرو نسبت به طرح قبلی کم می شود، ولی راندمان آن دو برابر راندمان موتور احتراق داخلی است و به دلیل وجود منابع عظیم گاز در ایران به عنوان ماده اولیه تولید متانول، مزیت ویژه اقتصادی جهت سرمایه گذاری بر روی متانول در مقایسه با پالایش نفت و تولید بنزین ساده بوده و سرمایه گذاری کمتری را طلب می کند [2],[8].



شکل ۶: طرح خودرو پیل سوختی با مبدل متانول

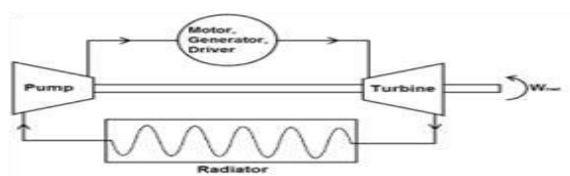
### ۳-۶- نتیجه گیری

با توجه به بحران آلودگی محیط زیست و تمام شدن زود هنگام سوخت های فسیلی، بی شک باید به سوخت های جایگزین و سیستم های رانش پیشرفته در خودروها روی آورد.

خودرو های پیل سوختی یکی از مناسب ترین خودرو ها در جهت بهبود امنیت و کاهش آلودگی های محیط زیست خواهد بود .

در حال حاضر به دلیل نبود فن آوری پیشرفته در این زمینه و هم چنین نبود جایگاه های سوخت گیری مناسب استفاده از آن مقرون به صرفه نمی

حالت بخار اشباع وارد رادیاتور می گردد. در این مرحله رادیاتور که نقش کندانسور را در سیکل دارد، با سرد کردن سیال عامل در فشار ثابت و تبدیل آن به حالت مایع اشباع، آن را آماده ورود به پمپ می کند و به همین ترتیب سیکل ادامه می یابد. از نکات قابل توجه این سیکل این است که توانسته است علاوه بر گرفتن حرارت موتور، کار نیز تولید کند که بخشی از آن می تواند برای راه اندازی پمپ سیرکولاسیون استفاده گردد. شکل زیر سیکل خنک کننده موتور الکتریکی مورد نظر را به طور کامل توضیح می دهد [7].



شکل ۵: شماتیک سیکل طراحی شده

### ۳-۵-۲- بررسی امکان استفاده از مبدل

#### سوخت متانولی جهت تامین هیدروژن مورد نیاز خودرو های پیل سوختی

مزایای این روش به لحاظ توسعه یافتگی و مناسب بودن متانول از جنبه وزن، اندازه، کارایی و درجه حرارت تحمل کرده این نوع مبدل ( ۲۵۰ درجه سانتی گراد ) و همچنین سهولت و سوخت گیری به علت مایع بودن متانول می باشد. در این سیستم خودرو پیل سوختی قادر است ۴۶۰ کیلومتر را با یک بار سوخت گیری طی کند. اما با به کار بردن مبدل متانول، وزن خودرو پیل



باشد .

در آینده نزدیک، هیدروژن یکی از سوخت های اصلی خودرو های سواری می شود.

### ۳-۷- مراجع

- [۱] طباطبایی، کوروش؛ { فناوری پیل های سوختی و کاربرد آن در خودرو }، ۷ صفحه.
- [۲] مجتبی ، نیکخواه ؛ کتاب سوخت های جایگزین- انتشارات سانا، مقاله خودرو های تلفیقی-دانشگاه صنعتی شریف، [www.srist.com](http://www.srist.com)، [www.4shared.com](http://www.4shared.com)، [www.vastdown.com](http://www.vastdown.com)، {خودرو های هیبریدی}، ۱۶۴ صفحه.
- [۳] مالک، علیمحمد؛ لشگری محسن؛ { مطالعه و بررسی پیل های سوختی الکترولیت پلیمر و متانول مستقیم جهت استفاده در صنایع خودرو }، ۱۲ صفحه.
- [۴] مزیدی شرف آبادی، محمد؛ { درس سوخت و احتراق پیل های سوختی، دانشگاه علم و صنعت }، ۴۸ صفحه.
- [5] امیرشکاری ، مجتبی؛ {پیل سوختی هیدروژنی سیستم رانش برتر خودرو ها در آینده}، ۸ صفحه.
- [6] افشاری، ابراهیم ؛ جزایری سید علی؛ ملایی برزی یاسر؛ { بررسی و مقایسه خودرو ها با باتری و پیل سوختی }، ۶ صفحه.
- [7] اسماعیلی ، علی؛ نیرومند امیر حسین؛ پسندیده فر محمد ؛ { بازیابی انرژی در سیستم خنک کاری موتور الکتریکی یک خودرو هیبریدی }، ۴ صفحه.
- [8] مختاری، علی؛ { بررسی امکان استفاده از مبدل سوخت متانولی جهت تامین هیدروژن مورد نیاز پیل سوختی در خودرو های هیبریدی }، ۵ صفحه.





## انواع سیستم‌های تعلیق در اتومبیل‌ها

سجاد عباسی<sup>۱</sup>

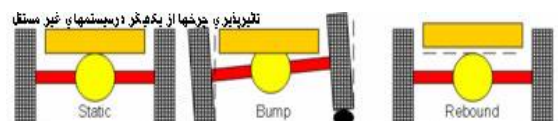
چکیده

سیستم تعلیق مهمترین و در واقع تنها قسمت کنترل تعادل اتومبیل در موقعیت‌ها و شرایط مختلف در حین رانندگی در مسیر حرکت می‌باشد. تحقیقات بسیاری برای رسیدن به یک سیستم مناسب صورت گرفته است که نشان از اهمیت بالای آن می‌باشد چرا که وجود یک سیستم قوی، رانندگی راحت‌تر و همچنین مانده‌گاری بیشتر قطعات خودرو را در نتیجه خواهد داشت. در کاتالوگ‌ها یا دفترچه راهنمای خودروها، در قسمت نوع سیستم تعلیق با نام‌هایی چون؛ سیستم تعلیق مستقل، مک فرسون، پیچشی، چندعضوی و ... مواجه می‌شویم، اما متأسفانه اطلاعات عامه مردم، درباره سیستم تعلیق و انواع و اجزای آن در حد بسیار اندکی می‌باشد؛ در حدی که حتی برخی افراد نمی‌دانند سیستم تعلیق یا Suspension به کدام قسمت یا قسمت‌هایی از خودرو اطلاق می‌شود، بنابراین در این مطلب سعی خواهد شد فلسفه وجود این سیستم، اجزا تشکیل دهنده و انواع مختلف آن همراه با مزایا و معایب هر کدام مورد بررسی قرار گیرد.

### ۴-۱- مقدمه

سیستم‌های تعلیق بطور گسترده به دو دسته مستقل و غیرمستقل تقسیم می‌شوند که هر یک از این دو نیز شامل انواع متفاوتی می‌باشند. در نوع غیر مستقل یا وابسته به طور معمول از یک اکسل یکپارچه، برای هر دو چرخ یک محور استفاده می‌شود؛ که چرخ‌ها را به موازات یکدیگر و عمود بر اکسل نگه می‌دارد و زمانی که تنظیم یک چرخ بر هم بخورد، تنظیم چرخ مقابل آن نیز بر هم خواهد خورد، همچنین اگر یک چرخ با دست اندازی روبرو

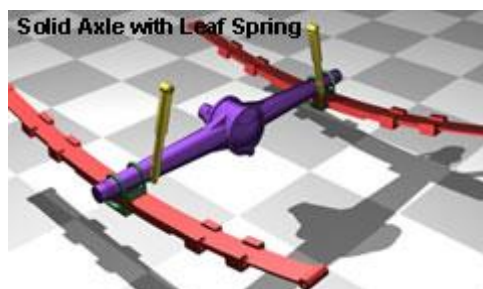
شود و بالا یا پایین برود چرخ دیگر نیز موازی با آن تحت تاثیر این حرکت واقع خواهد شد. در شکل ۱ تاثیرپذیری چرخ‌ها از یکدیگر در شکل غیرمستقل نشان داده شده است.



شکل ۱: تاثیرپذیری چرخ‌ها از یکدیگر در شکل غیرمستقل در نوع مستقل که نوع پیشرفته‌تری محسوب می‌شود، هر چرخ توانایی حرکت مستقل و بدون تاثیر گرفتن از چرخ مقابل را داراست.

<sup>۱</sup> دانشجوی دکترای مهندسی مکانیک





شکل ۲: سیستم صلب همراه با فنر تخت و فنر لول

همچنین با پیشرفت این سیستم طی سالیان گذشته، بر اساس دیگر اجزای تشکیل دهنده سیستم صلب، ممکن است نامهای دیگری نیز به آن اطلاق شود، از جمله زمانی که لینک‌هایی (رابط یا طبق‌های باریک) از روی تیر بصورت عرضی یا طولی به کف اتاق متصل شوند. بر اساس تعداد این لینک‌ها، سیستم را Four Link، Three Link و ... می‌نامند، در صورتی هم که در نوع ۴ لینک دو عدد از لینک‌ها به صورت زاویه‌دار به سمت وسط خودرو منحرف شوند، آنرا Angled Arm می‌نامند. در دو نوع ۳ و ۴ لینکی و همین‌طور اکثر انواع بدون لینک Solid Axle مشکلاتی در زمینه کنترل افقی خودرو وجود دارد. از اینرو از یک میله فولادی به نام Panhard Bar که از یک سمت اکسل به صورت کج به سر لینک مقابل می‌رود، استفاده می‌کنند تا از حرکت خودرو از یک سمت به سمت دیگر به صورت افقی جلوگیری

در ادامه سعی خواهد شد اکثر سیستم‌های تعلیق موجود و حتی برخی انواع از رده خارج شده، مورد بررسی قرار گیرند.

#### ۴-۲- انواع سیستم‌های تعلیق

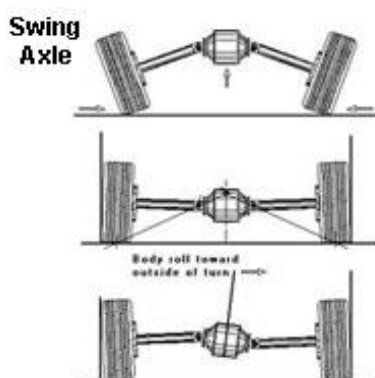
##### ۴-۲-۱- سیستم صلب

اولین تولید انبوه سیستم تعلیق جلو برای خودروها مربوط به این سیستم می‌باشد. این نوع را که Hotchkiss نیز می‌نامند از یک تیر قوی و قطور فولادی تشکیل شده که دو چرخ مقابل را به یکدیگر متصل می‌نماید. این سیستم که پس از موفقیت در درشکه‌ها به خودروها انتقال یافت؛ به حدی خوب و ایده‌آل به نظر می‌رسید که تا مدت زمان زیادی، کسی فکر طراحی سیستمی جدیدتر از آنرا در سر نپروراند. در حالی که این سیستم اولین نوع سیستم تعلیق بوده است اما بدلیل قابلیت‌های خاصش در تحمل وزنهای سنگین، هنوز هم در بسیاری از خودروهای سنگین یافت می‌شود. این سیستم ممکن است بسته به استفاده در جلو یا عقب خودروها با فنر تخت یا فنر لول مورد استفاده قرار گیرد (در خودروهای سنگین غالباً از فنر تخت استفاده می‌شود).



#### ۴-۲-۲- اکسل شناور (swing axle)

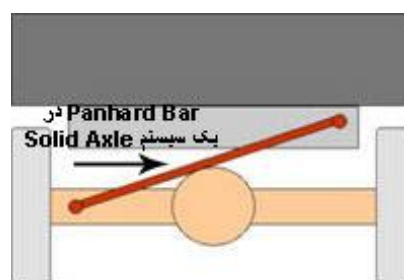
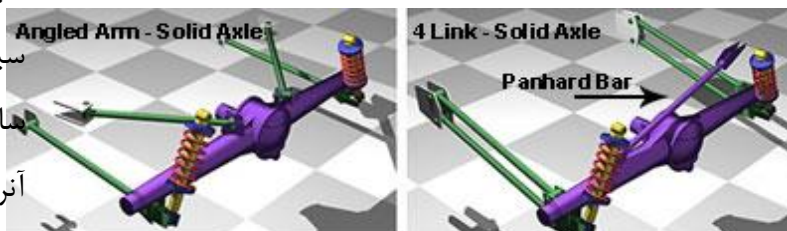
پس از آنکه مهندسين خودرو به معايب سيستم صلب پي بردند كوشش براي ساخت اولين سيستم مستقل آغاز شد. يكي از اين تلاشها به ساخت نوعي با نام اكسل شناور انجاميد كه امروزه آنرا نه مستقل بلكه نيمه مستقل مي دانند. همانگونه كه از نام آن پيدااست اين سيستم اجازه مي دهد تا چرخها به صورت محوري به قسمتي در وسط دو چرخ خودرو متصل شده و قابليت بالا و پايين رفتن در قوس مربوط به خود را داشته باشند. در شكل ۴ شماتيك سيستم تعليق اكسل شناور نشان داده شده است.



شكل ۴: شماتيك سيستم تعليق اكسل شناور

اين سيستم كه بعنوان سيستم تعليق عقب در فولكس هاي Beetle قديمي ديده مي شود، با وجود سادگي نسبي داراي نرمي رانندگي بهتري نسبت به سيستم صلب مي باشد. اما با وجود مستقل بودن بدليل مشكلي در هندلینگ كه آنرا پديده Jacking مي نامند و ناشی از بلند شدن چرخ در سر پيچها بدليل ايجاد زاويه تمايل مثبت در چرخ خارج از پيچ است (اين زاويه بايد منفي شود تا تعادل

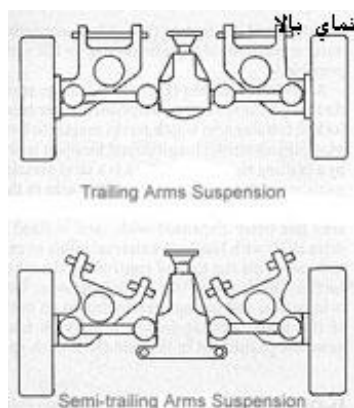
نمايد. Panhard Bar در برخي ديگر سيستمها نيز ممكن است يافت شود.



شكل ۳: انواع سيستم‌های تعلیق در مکانیزم صلب

بطور كل سيستم‌هایی كه از سيستم صلب استفاده مي نمايند، همگي از نوع غير مستقل بوده، داراي سيستمي ساده، قدرتي بالا در تحمل وزن و تقريبا بدون نياز به تنظيم زاويه چرخ مي باشند (در صورتی هم كه تنظيم چرخها به هم بخورد ميزان كردن آنها كار مشكلي خواهد بود). اما در مقابل در اكثر آنها بخصوص انواع غير لينكي؛ وزن وارده بدليل سنگين بودن اكسل بسيار بالا مي باشد. همچنين تحت تاثير قرار گرفتن چرخ مقابل در هنگام مواجه چرخ مخالف با دست‌انداز كه از عيوب تمامي سيستم هاي غيرمستقل مي باشد و همچنين بزرگي سايز سيستم از عيوب سيستم‌های صلب محسوب مي شوند.





شکل ۵: سیستم تعلیق بازوهای دنباله‌ای

اگر این سیستم همراه با فنر لول به کار برده شود، نسبتاً قابل قبول و کم حجم برای اکسل عقب خودروهای کوچک محسوب می شود، افزایش وزن خودرو بدلیل نیاز به قوی بودن بازوها و دیگر اجزا این سیستم، همچنین احتمال خم شدن بازوها در مواجهه با وزنه‌های زیاد نیز از معایب این دو سیستم بالخصوص نوع Trailing Arm می باشند .

#### ۴-۲-۴- سیستم تیر پیچشی Twist Beam (Torsion Beam)

این سیستم زیرشاخه ای از سیستم Trailing Arm محسوب می گردد که در آن بازوهای دو چرخ

خودرو حفظ شود) این سیستم از مقبولیت چندانی برخوردار نشد و جای خود را به دیگر سیستمها داد.

#### ۴-۲-۳- سیستم تعلیق بازوهای دنباله‌ای

#### Trailing Arm Suspension و Semi Trailing Arm Suspension

این سیستم که یک سیستم مستقل محسوب می شود از یک یا چند بازو ( Trailing Arm ) در جلوی هر چرخ بهره می برد که برای حمایت سیستم از سمت دیگر به زیر شاسی متصل میشوند. این سیستم نسبت به سیستمهایی که تا کنون بررسی شد، فضای کمتری را اشغال نموده و انعطاف پذیری بهتری را نیز داراست. اولین بار این سیستم با استفاده از فنر لول در چرخهای جلوی فولکس Beetle استفاده شد. اما بدلیل اینکه در این سیستم زاویه Camber چرخ در تمامی حالات ثابت بود، خیلی زود از رده خارج شد و جای خود را به سیستم مشابهی داد که این مشکل را ندارد و آن سیستم Semi Trailing Arm است که با کج بودن زاویه قرار گیری بازوها ( Trailing Arms ) باعث می شود زاویه Camber بهینه در شرایط مختلف بدست آید. در شکل ۵ سیستم تعلیق بازوهای دنباله‌ای نشان داده شده است.

نیز دارای سیستم Twist Beam با Torsion Bar می باشد که استفاده از لفظ Torsion Beam برای معرفی این نوع سیستم تعلیق چندان هم بی‌ربط نیست و به اصطلاح تلفیقی از نام لوازم بکار رفته در این سیستم است اما استفاده از این نام در انواع با فنر لول چندان درست به نظر نمی رسد. این سیستم ها در مقایسه با دیگر سیستم‌هایی که برای اکسل عقب خودروها بکار می روند کیفیت چندانى دارا نیستند و بیشتر بدلیل اشغال کمتر فضا و همچنین ارزان بودنشان در خودروهای با سایز کوچک استفاده می شوند. در شکل ۶ نمونه‌ای از سیستم تعلیق تیر پیچشی مربوط به اتومبیل پژو ۲۰۶ نشان داده شده است.

بوسیله یک میله مشابه آنچه در Solid Axle دیده می شود به یکدیگر متصل هستند. تفاوت تیر یا میله رابط در این سیستم با سیستم صلب (Solid Beam) در اینجاست که تیر یا میله در سیستم پیچشی (Twist Beam)، توانایی پیچش مختصری را نیز داراست از همین رو آنرا Twist Beam یا میله پیچشی می‌نامند. Twist Beam سیستمی است نیمه مستقل زیرا با وجود قابلیت پیچش مختصر محور رابط دو چرخ، همین اتصال خود باعث عدم استقلال چرخ‌ها می‌گردد. این سیستم بدلیل نحوه قرارگیری کمک‌ها، عدم نیاز به میله موج گیر و عدم نیاز به فضای عرضی زیاد، فضای بسیار کمی را اشغال می‌نماید. همین امر باعث شده این سیستم در اکسل عقب اکثر خودروهای Compact دیفرانسیل جلو مورد استفاده قرار گیرد. در ادامه توضیح این نکته ضروری است که نام اصلی این سیستم Twist Beam می باشد اما به اشتباه آنرا Torsion Beam که نام دیگر Torsion Bar (یک نوع فنر) است نیز می‌نامند و همین امر نیز باعث اشتباه آن با Torsion Bar که در واقع تنها نوعی فنر محسوب می شود و نه یک نوع از سیستم تعلیق می‌گردد. این سیستم غالبا با دو نوع فنر یافت میشود؛ فنر لول و یا Torsion Bar. خودروهایی چون گلف، فیات پونتو و ... از سیستم Twist Beam با فنر لول بهره می‌برند و خودروهایی نظیر پژو ۲۰۶، هیوندای Getz و بیشتر خودروهای پژو نظیر ۴۰۵



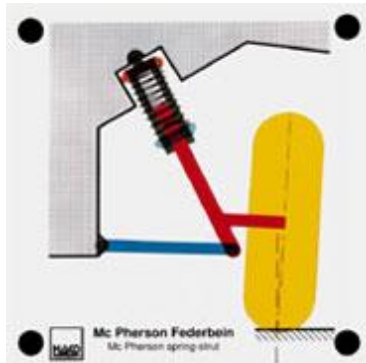
شاخص‌هایی چون کیفیت نسبتاً خوب رانندگی، نسبتاً بهینه بودن زاویه تمایل و ارزان بودن سیستم می‌باشد که هم در اکسل جلو و هم در اکسل عقب خودروهای کلاس متوسط بخصوص خودروهای با دیفرانسیل جلو به وفور یافت می‌شود. نمونه آنرا می‌توانید در اکسل جلوی اکثر خودروها از جمله انواع خودروهای پژو، همچنین پراید، ماتیز، هیوندای ورنه و ... بیابید. شکل ۷ اتصالات و قطعات سیستم تعلیق مک-فرسون و نحوه اتصال آن به بدنه اتومبیل را نشان می‌دهد.



شکل ۶: نمونه‌ای از سیستم تعلیق تیر پیچشی مربوط به اتومبیل پژو ۲۰۶

#### ۴-۲-۵- مک فرسون (McPherson)

این سیستم که در دهه ۷۰ میلادی در اکثر خودروها رواج یافت به نام سازنده‌اش Earle S. McPherson که از کارکنان کارخانه GM و بعدها Ford بود، نامگذاری گردید. در این سیستم که رکن اصلی آن قفل نگهدارنده (Strut) می‌باشد، از خود Strut بعنوان یک لینک برای کنترل وضعیت چرخ استفاده می‌شود و شاسی را به سیستم تعلیق متصل می‌نماید. این سیستم باعث حذف طَبَق بالا و متعلقاتش میشود از اینرو این سیستم در خودروهایی که با کمبود فضا مواجه باشند خصوصا خودروهای دیفرانسیل جلو بسیار کارآمد خواهد بود. این سیستم که غالباً دارای میل موج‌گیر (Anti roll Bar) برای حفظ تعادل خودرو می‌باشد دارای

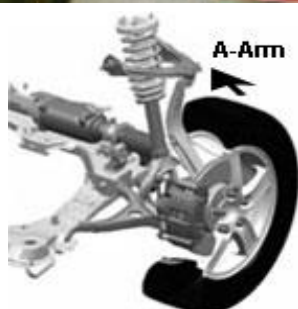


شکل ۷: اتصالات و قطعات سیستم تعلیق مک‌فرسون و نحوه اتصال آن به بدنه اتومبیل

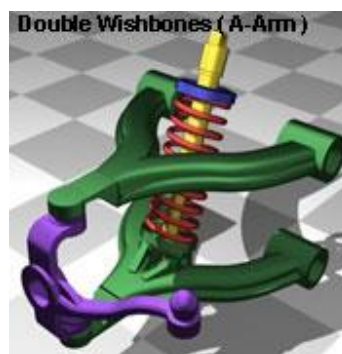
#### ۴-۲-۶- جناغی (wishbone)

تکامل بعدی در سیستم‌های تعلیق طراحی





سیستم جناغی بود که در آن دو طبق به شکل حرف A، با طولهایی یکسان و به موازات یکدیگر در بالا و پایین مرکز چرخ قرار می‌گرفتند.



شکل ۸: سیستم تعلیق جناغی

شکل ۹: سیستم تعلیق جناغی اصلاح شده

این سیستم در اکسل جلوی بسیاری از خودروهای جدید امروزی، خودروهای مسابقه‌ای از جمله فراری، خودروهای کارخانه هوندا و ... یافت می‌شود و تقریباً خالی از هر اشکالی است. این سیستم مستقل از فنر لول که کمک فنر نیز درونش واقع شده بهره می‌برد. اما نمی‌توان برای این شکل قرارگیری فنر و کمک فنر لفظ **Strut** استفاده نمود. زیرا فنر و کمک فنر خاصیت ایفای نقش یک لینک را مانند آنچه در **Strut** وجود دارد ندارند و کاربرد لفظ **Strut** برای این شکل قرارگیری فقط در نوع مک فرسون می‌باشد.

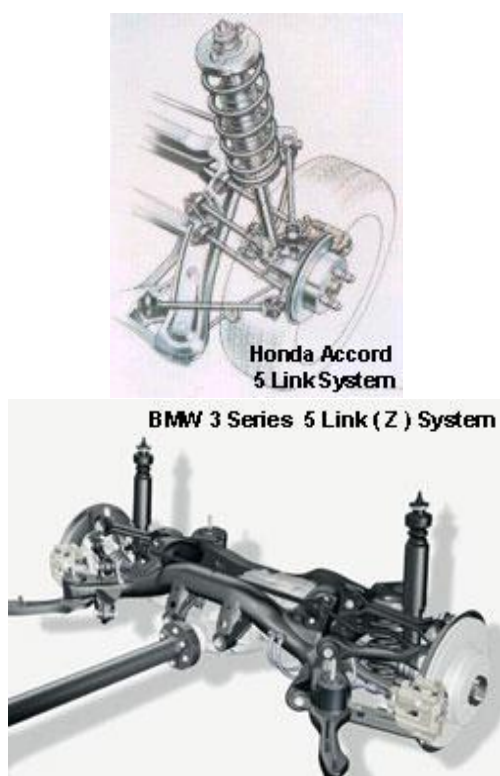
#### ۷-۲-۴- سیستم تعلیق چند بازویی (Multi-Link Suspension)

تعریف دقیقی برای این سیستم که از اوایل دهه ۸۰ رایج گردید وجود ندارد. اما بطور کل هرگاه یک سیستم مستقل دارای بیش از ۲ لینک ( طبق

این سیستم بدلیل وجود دو طبق قوی کنترل بسیار خوبی را دارا بود اما قابلیت تغییر زاویه تمایل را دارا نداشت. همین اشکال باعث طراحی نوع جدید سیستم جناغی گردید. در این نوع برای اینکه سیستم بتواند در هنگام فشردگی زاویه منفی و در هنگام باز شدن زاویه مثبت پیدا نماید طبق بالا کوتاهتر از طبق پایین در نظر گرفته شد. همین امر باعث شد تا طبق پایین حین حرکت شعاعی کمتری را پیموده و چرخ هنگام بالا رفتن دچار زاویه منفی گردد و از انحراف خودرو در پیچها جلوگیری نماید. سیستم تعلیق جناغی اصلاح شده در شکل ۹ نشان داده شده است.



گلانت ، BMW های سری ۳ ، مرسدس های کلاس S و ... ببینید.



شکل ۱۱: سیستم تعلیق اتومبیل‌های BMW و Honda

#### ۴-۳-مراجع

1. Reza N. Jazar (2008). Vehicle Dynamics: Theory and Applications. Spring. p. 455. Retrieved 2012-06-24.
2. "Suspension Basics 1 - Why We Need It". Initial Dave. Retrieved 2015-01-29.
3. Adams, William Bridges (1837). English Pleasure Carriages. London: Charles Knight & Co.
4. "Suspension Basics 3 - Leaf Springs". Initial Dave. Retrieved 2015-01-29.
5. "wagon and carriage".
6. "The Washington Times, Sunday 30 June 1901". Chroniclingamerica.loc.gov. Retrieved 2012-08-16.

( باشد به آن Multi-Link گویند. در مواردی این سیستم با سیستم Trailing Arm نیز تلفیق می‌گردد که مقاومت بالاتری را پدید می‌آورد. اما نوع مرسوم آن که دارای ۴ لینک (رابط) می‌باشد، تقریباً همانند سیستم جناغی A-Arm است با این تفاوت که دسته‌های هر جناغ به یکدیگر متصل نیستند و هر یک به صورت جداگانه تنظیم پذیری بهتری را برای سیستم تعلیق فراهم می‌نماید. سیستم تعلیق چهار بازویی در شکل ۱۰ نشان داده شده است.



شکل ۱۰: سیستم تعلیق چهار بازویی

سیستم‌های دیگری مانند سیستم ۵ لینک اکسل عقب خودروهای هوندا و سیستم Z شکل BMW های سری ۳ نیز با نام Multi-Link شناخته می‌شوند که البته بدلیل دارا بودن بازو می‌توان آنها را تلفیقی از Semi Trailing Arm و Multi-link دانست. نمونه‌هایی از سیستم Multi-link را که آخرین تکنولوژی در سیستم‌های تعلیق مکانیکی اکسل عقب برای خودروهای سواری محسوب می‌شود را می‌توانید در اکسل عقب خودروهایی چون هیوندای ورنه، میتسوبیشی





7. Jain, K.K.; Asthana, R.B. Automobile Engineering. London: Tata McGraw-Hill. pp. 293–294. ISBN 0-07-044529-X. William and



## مروری بر سیستم کنترل دمای ماهواره‌ها

حمید اکبریگلو<sup>۱</sup>

چکیده

این مقاله به معرفی ماهواره و اجزای آن پرداخته و سپس سیستم کنترل دمای ماهواره‌ها را تشریح می‌کند. انواع سیستم کنترل دمای ماهواره و اجزای آن و همچنین نحوه مدلسازی و حل معادلات حاکم بر انتقال حرارت در ماهواره‌ها در این مقاله بحث می‌شود. نحوه محاسبه توزیع دمای ماهواره در شرایط مختلف مداری تشریح شده و چگونگی محاسبه شارهای حرارتی اعمال شده بر ماهواره بیان می‌شود.

واژه‌های کلیدی: ماهواره- کنترل دما- انتقال حرارت

### ۵-۱- مقدمه

ماهواره‌ها متشکل از زیرسامانه‌های مختلفی هستند که برای ماموریت‌های خاصی مانند مخابراتی، هواشناسی، نظامی، سنجش از دور، تحقیقاتی و مانند آن طراحی می‌شوند. زیرسامانه‌های یک ماهواره به طور کلی شامل موارد زیر می‌شود [۱]:

- زیر سیستم سازه
- زیر سیستم پایداری و کنترل وضعیت
- زیر سیستم مخابرات
- زیر سیستم کنترل دما

### • زیر سیستم توان

### • زیر سیستم پردازش داده

ماهواره‌ها به غیر از نوع ماموریتی که دارند، دارای یکسری المان‌های مشترک می‌باشند که می‌توان آنها را مشترک بین همه ماهواره‌ها دانست، مانند آنتن، باتری، صفحات خورشیدی و سنسورها که در شکل ۱، یک نمونه ماهواره نشان داده شده است. آنتن در بخش فوقانی ماهواره قرار می‌گیرد تا به راحتی بتواند در دید سطح زمین باشد و اطلاعات لازم را به ایستگاه زمینی ارسال نماید.

<sup>۱</sup> کارشناسی ارشد مهندسی هوافضا



جدول ۱: الزامات دمایی اجزاء یک نمونه فضاپیما [۱]

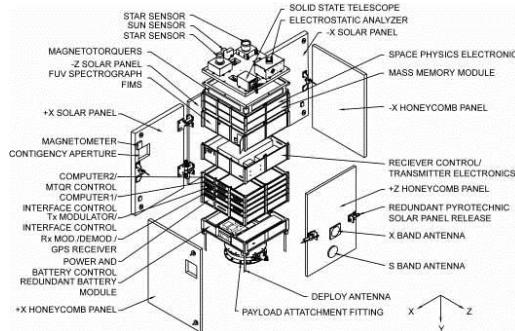
نام قطعه	محدوده دمایی	
	عملیاتی	حیاتی
باتری ها	صفر تا ۱۵	۱۰- تا ۲۵
صفحه زیرین جعبه توان	۱۰- تا ۵۰	۲۰- تا ۶۰
چرخ های واکنشی	۱۰- تا ۴۰	۲۰- تا ۵۰
ژایروی IMU	صفر تا ۴۰	۱۰- تا ۵۰
سنسور ستاره	صفر تا ۳۰	۱۰- تا ۴۰
صفحه زیرین جعبه توان	۲۰- تا ۶۰	۴۰- تا ۷۰
تانک و لوله های هیدرازین	۱۵ تا ۴۰	۵ تا ۵۰
جیم بال آنتن	۴۰- تا ۸۰	۵۰- تا ۹۰
آنتن ها	۱۰۰- تا ۱۰۰	۱۲۰- تا ۱۲۰
صفحات خورشیدی	۱۵۰- تا ۱۱۰	۲۰۰- تا ۱۳۰

اندازه و شکل ماهواره با در نظر گرفتن مأموریت آن و همچنین وسیله پرتاب کننده آن تعیین می‌شود. ماهواره‌ها را بر مبنای روش‌های مختلفی تقسیم بندی می‌کنند، اما چند تقسیم بندی معروف که در اکثر مراجع آمده، بدین شرح است:

جدول ۲: تقسیم‌بندی ماهواره ها بر اساس وزن آنها [۳]

نوع ماهواره	رنج وزنی
ماهواره های بزرگ	بیشتر از ۱۰۰۰ کیلوگرم
ماهواره‌های متوسط	بین ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ کیلوگرم
مینی ماهواره‌ها	بین ۱۰۰ تا ۵۰۰ کیلوگرم
میکروماهواره‌ها	بین ۱۰ تا ۱۰۰ کیلوگرم
نانوماهواره‌ها	بین ۱ تا ۱۰ کیلوگرم
پیکوماهواره‌ها	بین ۱۰۰ گرم تا ۱ کیلوگرم
فمتوماهواره‌ها	کمتر از ۱۰۰ گرم

ماهواره‌های ۵ طبقه آخر به ماهواره‌های کوچک معروف می‌باشند. معمولاً ماهواره‌های کوچک به صورت چندتایی و یا به همراه ماهواره‌های بزرگ به فضا پرتاب می‌شوند.



شکل ۱: طرح و پیکربندی یک ماهواره نمونه [۲]

صفحات خورشیدی در چهار طرف ماهواره قرار می‌گیرد تا از انرژی بدست آمده از تابش خورشید حداکثر استفاده شود. باطری در بخش داخلی ماهواره قرار می‌گیرد. در بخشی که بتوان حرارت تولیدی آن را به بخش‌های دیگری که به این حرارت نیاز دارند، برساند و یا با استفاده از روش انتقال حرارت تشعشعی بتوان آن را دفع نمود.

در جدول (۱) محدوده دماهای مجاز برای هر یک از المان‌ها در یک ماهواره خاص آورده شده است. در سیستم کنترل دمای ماهواره می‌توان از یک المان که حرارت تولید می‌کند و نیاز به دفع حرارت دارد، حرارت را گرفته و به المانی که در دمای پائینی است و نیاز به جذب حرارت دارد انتقال داد تا نیازی به استفاده از حرارت جذب شده از پانل‌های خورشیدی نباشد.

می‌گیرند. شار حرارتی اصلی که در مدار به یک ماهواره اعمال می‌شود عبارتند از: شار خورشیدی، شار انعکاسی زمین و تابش حرارتی زمین [۳].

وظایف سیستم کنترل دما و حرارت در ماهواره عبارتست از:

- حفظ دمای قطعات در محدوده مجاز
- جلوگیری از تغییرات سریع دمایی خارج از محدوده مجاز

توزیع دما در ماهواره با استفاده از سه پارامتر انرژی حرارتی جذب شده، اتلاف حرارتی قطعات داخل و حرارت دفع شده از طریق سطوح خارجی ماهواره به طریق تشعشع به دست می‌آید. برای کنترل حرارت، خواص ترموفیزیکی و خواص اپتیکی سطوح داخل و خارجی ماهواره می‌بایست مشخص بوده و رفتار دمایی در کلیه قطعات و اجزا به دست آید.

به طور کلی هر ماهواره حداکثر دو منطقه مختلف حرارتی را می‌تواند تجربه کند. این دو منطقه حرارتی یکی قسمت روز مدار است که ماهواره در معرض تابش مستقیم خورشید می‌باشد و دیگری قسمت شب مدار است که ماهواره در سایه زمین قرار دارد. هنگامی که ماهواره در قسمت روز مدار قرار دارد علاوه بر شار خورشیدی، شار دیگری نیز بر آن وارد می‌شود و آن شار انعکاسی خورشید توسط زمین است که به آن آلبدو گفته می‌شود. علاوه بر آن، شاری

تقسیم بندی دیگر ماهواره‌ها بر اساس مدار در حال گردش آنها می‌باشد که در جدول (۲) نشان داده شده است.

جدول ۳: تقسیم بندی ماهواره‌ها بر اساس مدار در حال گردش [۳]

نوع مدار	علامت اختصاری	ارتفاع (کیلومتر)
پایین	LEO	کمتر از ۱۰۰۰
متوسط	MEO	۱۰۰۰-۲۰۰۰۰
بالا	HEO	بیش از ۲۰۰۰۰
سنکرون	GEO	۳۶۰۰۰

## ۵-۲- روش‌های کنترل دمای ماهواره

از زمان پرتاب اولین ماهواره تاکنون فعالیت‌های گسترده‌ای در زمینه طراحی زیر سیستم‌های ماهواره صورت گرفته است. یکی از این زیر سیستم‌ها کنترل حرارتی است که وظیفه ثابت نگه داشتن دمای هر قطعه در محدوده مجاز را به عهده دارد.

زمانی که ماهواره‌ای در مدار گردش قرار دارد، با توجه به مشخصات مدار، شرایط کاری متفاوتی را از لحاظ حرارتی احساس می‌کند. ماهواره در معرض تشعشعات گوناگونی از محیط اطراف خویش قرار می‌گیرد. ماهواره به عنوان یک مجموعه مرکب، که محیط‌های عملکردی متنوعی را از نظر ویژگی‌های فیزیکی در طول عمر خود تجربه می‌کنند، نسبت به عامل حرارت حساسیت زیادی دارد. در مدار، ماهواره‌ها در معرض خلاء بالا و دمای پائین (چهار کلوین) قرار



که هم در قسمت روز مدار و هم در قسمت شب مدار بر ماهواره اعمال می‌شود، تابش حرارتی است که ناشی از دمای زمین می‌باشد.

برای طراحی سیستم کنترل دما برای یک ماهواره، ابتدا باید نوع سیستم کنترل حرارت مشخص شود و سپس با توجه به به شکل دقیق هندسی و شرایط مرزی توزیع دما در کلیه قطعات به دست می‌آید و در صورت لزوم تغییراتی در سیستم کنترل حرارت ایجاد می‌شود.

هر ماهواره‌ای با توجه به ماموریت و ساختمان آن زیر سیستم کنترل حرارتی متفاوتی خواهد داشت. به طور کلی دو نوع زیر سیستم کنترل حرارت وجود دارد که شامل فعالو غیر فعال می‌شود. یک مجموعه غیر فعال بر پایه انتقال حرارت تابشی و هدایتی استوار بوده و هیچ یک از بخش‌های آن شامل توان الکتریکی ورودی یا متحرک نمی‌باشد. هر گاه مجموعه غیر فعال نتواند به تنهایی کار کنترل دما را به خوبی انجام دهد به ناچار از سیستم کنترل فعال نیز در کنار سیستم غیر فعال و به صورت کمکی و کامل کننده آن استفاده می‌شود.

#### ۵-۲-۱- کنترل دمایی غیر فعال

روش های کنترل دمایی غیر فعال عموماً با استفاده از مسیر های انتقال حرارت (تشنش و هدایت) دما را کنترل می کنند. کنترل دما به

صورت غیر فعال عموماً توسط انتخاب صحیح وضعیت هندسی و خواص تشنشی عایقها و پوشش های حرارتی انجام می‌گیرد. برای مثال رادیاتورهای ماهواره با استفاده از یک لایه پوشش حرارتی، پوشیده می شوند تا جذب شار حرارتی به حداقل برسد و تشنش حرارتی به محیط بیرون به حد اکثر برسد. این پوشش ها دارای ضریب جذب کم و ضریب صدور بالایی هستند. ابزار های کنترل غیر فعال دما می تواند شامل موارد زیر باشد: پوشش های حرارتی، عایقهای حرارتی، چاههای حرارتی، دابلرها، آینه های سطحی ثانوی و نوار ها.

برای کنترل غیر فعال حرارت از چندین روش استفاده می‌شود که در ادامه چند مورد به طور مختصر، شرح داده شده است.

#### ۵-۲-۱-۱- ابزارهای تغییر فاز

این ابزار یک نوع پوشش پنهانی در مواد برای ذخیره کردن حرارت اضافی می باشد. اغلب آن‌ها شامل یک لفاف آلومینیومی هستند که از داخل واکس زده شده است. این ابزار بهترین وسیله برای جذب حرارت مدارهای الکتریکی هستند. از معایب آن‌ها می توان به زمانی اشاره کرد که شروع به ذوب شدن می کند، که در نهایت باعث عدم جذب گرما و افزایش تدریجی دمای مدارهای الکتریکی می شود.



## ۵-۲-۱-۲- مواد پوشش دهنده‌ی حرارتی

سطوح خارجی با توجه به دمای تقریباً پایین محیط اطراف فقط بصورت تشعشعی با محیط اطراف در ارتباط می‌باشند. به علاوه چون این سطوح در معرض منابع خارجی انرژی قرار دارند خواص تشعشعی آنها می‌بایست بگونه‌ای انتخاب شود که تولید انرژی داخلی توسط قطعات الکتریکی، منابع انرژی خارجی و اتلاف حرارت به فضا طوری بالانس شوند که دمای دلخواه قطعات و ماهواره تامین شود. دو خاصیت مهم هر سطحی در ماهواره که از اهمیت زیادی برخوردارند، عبارتند از: ضریب صدور سطح و ضریب جذب تابش خورشیدی.

عموماً ضریب صدورتابعی از دما است. برای اکثر مواد، ضریب صدور در محدوده‌ی دمایی 300K مورد استفاده قرار می‌گیرد که دقت قابل قبولی را داراست.

پایان عمر خواص سطوح نیز از دیگر مواردیست که می‌بایست در طراحی سیستم کنترل حرارتی در نظر گرفته شود زیرا که خصوصیات سطح در اثر گذشت زمان دستخوش دگرگونی و تحول می‌شود. (خصوصیات سطح تابعی از زمان و مدار می‌باشد). دیگر عواملی که باعث از بین رفتن خصوصیات مواد می‌شود ترکیبی از خلا بالا، ذرات باردار و تشعشع ماوراء بنفش از خورشید می‌باشند. بقیه‌ی عواملی که

باعث آلودگی سطوح می‌گردند، عبارتند از استعمال ناصحیح پوششهای حرارتی، مواد فرار و خروج گاز از پوشش ها و موارد دیگر ...

## ۵-۲-۱-۳- عایق های حرارتی

عایقهای حرارتی باعث کاهش نرخ انتقال حرارت بر واحد سطح بین دو سطح مرزی که در دمای معینی قرار دارند می‌شود. عایق ها معمولاً از یک ماده‌ی همگن ساخته می‌شوند. فوم ها با ضریب هدایت حرارتی پایین یک نمونه از اینها هستند. نمونه دیگر عایق‌های چند لایه ای است که در میان هر لایه خلاء وجود دارد و دارای ضریب صدور پایین می‌باشد.

عایق‌های چند لایه برای کاهش نوسانات دما در قطعات که در اثر تغییرات زمانی شارهای حرارتی خارجی ایجاد می‌شود بکار می‌روند. عایق های چند لایه حفاظ های تشعشعی با ضخامت کم هستند. این عایق‌ها معمولاً از لایه‌هایی با ضخامت ۲۵ میکرومتر پلی استر یا پلی آمید تشکیل شده اند. معمولاً یک طرف یا دو طرف این سطوح را در خلا با پوششی از آلومینیوم یا طلا می‌پوشانند تا به قابلیت صدور پایین دست یابند. کاغذهای فایبر گلاس، تور های پلاستیک و سیلک، ورقه های نازک فوم و غیره به عنوان جداسازی حفاظ های تشعشعی بکار برده می‌شوند و قابلیت هدایت را از حفاظی به حفاظ دیگر به حداقل می‌رساند.



## ۵-۲-۱-۴- چاه های حرارتی

چاه های حرارتی نسبتا جرم حرارتی و ظرفیت بالایی را دارا می باشند. چاه های حرارتی معمولا در تماس با وسایل یا اجزایی می باشند که دمای آنها می بایست کنترل شود. وقتی که حرارت در اجزاء تولید می شود این حرارت بوسیله انتقال حرارت هدایتی یا تشعشعی از طریق چاه های حرارتی به محیط اطراف منتقل می شود و باعث جلوگیری از افزایش دما در اجزاء می شود. چاه های حرارتی همچنین می توانند برای جلوگیری از سرمای سخت در اجزاء ماهواره در زمان هایی که جذب و یا تولید حرارت کم می باشد به کار برده شوند. چاه های حرارتی برای کنترل دمای وسایل یا اجزاء الکترونیکی که تغییرات متناوبی بخاطر تولید حرارت دارند، بکار می روند. چاه های حرارتی کاملا قابل اتکا می باشند چون آنها از نوع غیرفعال اند، اما این نوع چاه های حرارتی بخاطر وزن زیادشان محدودیت دارند.

## ۵-۲-۱-۵- دابلرها

دابلرها که صفحات ضخیم با قابلیت هدایت می باشند گاهی اوقات برای بهبود انتقال حرارت در داخل ماهواره مورد استفاده قرار می گیرند. صفحات دابلر حرارتی به منظور توزیع حرارت تولید شده در نقطه های متمرکز، مورد استفاده قرار می گیرند. مسلما اگر حرارت تولیدی بر روی

قطعات، روی این صفحات دابلر توزیع شود بهتر از زمانی است که کل حرارت تولیدی روی خود قطعه متمرکز شود.

## ۵-۲-۱-۶- جداکننده ها

جدا کننده ها جهت تنظیم و کنترل انتقال حرارت هدایتی بین اجزاء و قطعات بکار برده شده در ماهواره مورد استفاده قرار می گیرند. نیازهای ساختاری ماهواره ایجاب می کند که فلزاتی با ضریب هدایت حرارتی نسبتا پایین مانند تیتانیوم یا فولاد ضدزنگ، برای این منظور مورد استفاده قرار گیرند.

## ۵-۲-۲- کنترل دمائی فعال

کنترل دما به طریق غیرفعال دارای محدودیت هائی است. این نوع کنترل کننده ها نسبت به تغییرات زیاد در تلفات حرارتی اجزاء خیلی موثر نمی باشند. اما در روش کنترل حرارتی فعال، دمای اجزاء به طور پیوسته رصد شده و سخت افزار کنترل حرارت هنگامی که محدوده دمائی از پیش تعیین شده در اجزاء را احساس کرد، خاموش و یا روشن می شود تا در نتیجه، اجزاء در محدوده مطلوب دمائی نگه داشته شوند. گرم کننده ها، ترموستات ها، دریچه های حرارتی، پمپ های حرارتی سیستم های خنک کننده فضایی نمونه هایی از اجزاء کنترل حرارتی فعال هستند که در ماهواره مورد استفاده قرار می گیرند [۳].



## ۵-۲-۲-۱- دریاچه‌ها

دریاچه‌ها سطوحی هستند شبیه پرده کرکه که در جلوی رادیاتور نصب می‌شوند. پره‌ها و صفحه پایه توسط پوشش‌های حرارتی متفاوتی پوشش‌دهی شده‌اند. بنابراین میزان باز و بسته نمودن پره‌ها سبب نمایان شدن صفحه اصلی با زاویای مختلف و همچنین مقادیر متفاوت  $\theta$  و  $\varepsilon$  می‌شود که خود سبب تغییر خواص گرمای تابشی سطوح می‌گردد. پره‌ها توسط عملگرها باز و بسته می‌گردد.

## ۵-۲-۲-۲- گرمکن الکتریکی<sup>۱</sup>

گرمکن الکتریکی وسیله‌ایست که توسط ترموستات کنترل شده و برای گرم کردن بخشهای سرد شده فضاپیما بکار می‌رود. این وسیله با عبور جریان برق از یک مقاومت الکتریکی گرمای مورد نیاز را تولید می‌کند. از این وسیله برای کنترل دقیق دما استفاده می‌شود [4].

## ۵-۲-۲-۳- سیستم گردش- پمپاژ<sup>۲</sup>

سیستم گردش-پمپاژ، از یک سیال برای گردآوری گرما از طریق صفحات سرما و انتقال گرما به رادیاتور فضایی جهت دفع آن اجرای نقش می‌کند. سه نوع سیستم سرمایش گردش وجود دارد: سرمایش هوا، سرمایش آب، و

سرمایش فرئون [۳].

## ۵-۲-۲-۴- مبدل حرارتی

از مبدل‌های حرارتی برای تبادل گرما بین دو یا چند سیال با دمای متفاوت استفاده می‌شود. مبدل‌های حرارتی را می‌توان بصورت تماس مستقیم یا غیر مستقیم بکار برد.

## ۵-۲-۲-۵- سیستم‌های سرمازائی فضایی

سیستم‌های سرمازائی فضائی، برای اجزاء مختلف ماهواره از قبیل آشکار کننده‌های مادون قرمز (که برای کاربردهای حسی دور مورد استفاده قرار می‌گیرند) عمل خنک کاری و تبرید انجام می‌دهد.

استفاده از انواع روش‌های کنترل دمائی به عواملی بستگی دارد که در زیر به تعدادی از آنها اشاره می‌شود:

- وزن کلی ماهواره
- نوع کاربردی ماهواره (مخابراتی- هواشناسی- عکس برداری و ...)
- سطح کلی ماهواره که در دید تابشی خورشید قرار دارد
- ارتفاع قرارگیری ماهواره
- میزان حرارت ایجاد شده در المان‌های ماهواره
- مدت زمان عمر مفید ماهواره
- محدودیت‌های تکنولوژیکی کشور سازنده از نظر مواد
- بخش هدایت کنترل ماهواره

<sup>۲</sup> Pumped-loop system

<sup>۱</sup>Electrical heater





$$Q_{sun} = A_p \times \alpha_s \times S$$

که در آن،  $\alpha_s$  ضریب جذب خورشیدی و  $S$  ثابت خورشیدی و حدود  $1350 \text{ W/m}^2$  است.  $A_p$  بیانگر سطح تصویر شده در مقابل خورشید است [3].

### ۵-۳-۲- شار انعکاسی خورشید توسط

#### زمین

این تابش بخاطر خاصیت انعکاسی سطح زمین در مقابل خورشید می باشد. این تابش تقریباً در تمام نقاط سطح زمین رفتاری دیفیوز دارد. ضریب انعکاس سطح زمین در نقاط مختلف زمین متغیر بوده و بستگی به پوشش سطح زمین دارد. حدود ۹۰-۸۰ درصد تابش انعکاسی از ابرها و مناطق برفی سطح زمین بوده و کمتر از ۱۰ درصد، از مناطق آبی و سایر نقاط سطح زمین می باشد [۳].

هنگامی که ماهواره در مدار قرار می گیرد، اگر ارتفاع ماهواره از سطح زمین در مقایسه با شعاع زمین کم باشد می توان سطح انعکاسی زمین را به صورت یک صفحه صاف در نظر گرفت. اگر ماهواره از سطح زمین فاصله بگیرد جهت محاسبه شار انعکاسی می بایست ضریب دید سطوح ماهواره نسبت به سطح هم وارد محاسبات شود. چون اکثر سطوح خارجی ماهواره موازی سطح زمین و یا عمود بر سطح زمین می باشند ضریب شکلی این دو سطح نسبت به یک کره می بایست بررسی گردد.

- حجم سازه ماهواره

- هزینه مالی ماهواره

### ۵-۳- مؤلفه‌های مختلف حرارت اعمالی بر

#### ماهواره واقع در مدار

بطور کلی مؤلفه‌های مختلف حرارت اعمالی بر سطوح خارجی ماهواره واقع در مدار را می توان به ۴ دسته تقسیم بندی نمود. این مؤلفه‌ها عبارتند از [3, 4]:

الف - تشعشع مستقیم خورشیدی

ب - تشعشع انعکاسی خورشید توسط زمین

ج - تشعشع زمین

د - گرمایش ذرات باردار شار حرارتی خورشیدی

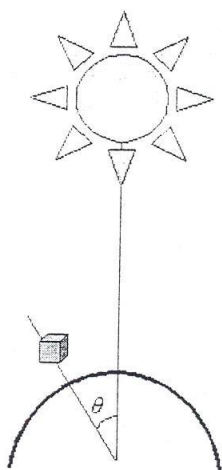
### ۵-۳-۱- تشعشع مستقیم خورشید

تشعشع خورشید مهم‌ترین مؤلفه حرارتی است که بر ماهواره اعمال می‌گردد. بخاطر بیضوی بودن مدار زمین بدور خورشید، در طول سال، شدت تابش حرارتی خورشید در مدار زمین تغییراتی در حدود  $\pm 3.5\%$  درصد و با توجه به فاصله زمین تا خورشید خواهد داشت. در انقلاب تابستانی، زمین در دورترین فاصله از خورشید است و شدت تابش خورشید، کمترین مقدار خود را که برابر با  $1322 \text{ W/m}^2$  است، دارد و در انقلاب زمستانی زمین در کمترین فاصله با خورشید و مقدار آن برابر با  $1414 \text{ W/m}^2$  است [4].

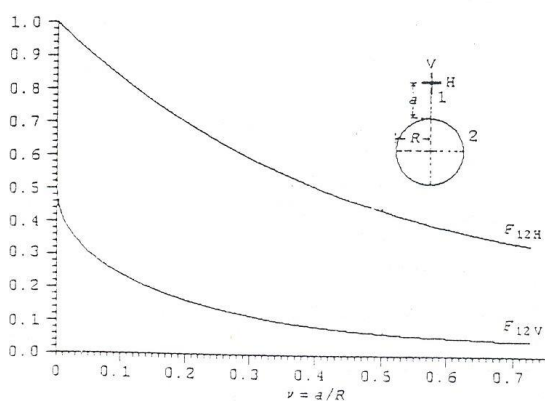
مقدار شار حرارتی خورشیدی دریافتی در

یک سطح به صورت زیر تعریف می‌شود:





شکل ۲: زاویه‌ی  $\theta$  برای محاسبه‌ی شار انعکاسی خورشید توسط زمین [۴]



شکل ۳: ضریب دید صفحات نسبت به زمین [4]

### ۵-۳-۳- شار حرارتی تشعشعی زمین

یکی دیگر از منابع تابش خارجی اعمالی بر سطوح خارجی ماهواره، تشعشع زمین می باشد. تشعشع حرارتی زمین و اتمسفر آن غالباً در طول موج های بزرگتر از ۱/۵ میکرومتر و در محدوده مادون قرمز است. این مقدار تشعشع، تابعی از فصل و عرض جغرافیایی است ولی معمولاً جهت طراحی حرارتی ماهواره مقدار میانگین مورد استفاده قرار می گیرد. هنگام استفاده از این

اگر حرکت ماهواره به دور زمین مطابق شکل ۲ در نظر گرفته شود، در هر لحظه میزان شار انعکاسی برابر خواهد بود با:

$$Q_{\text{Albedo}} = A_p \times \alpha_s \times f_a \times S \times \cos\theta \times \cos\beta \times F_{12}$$

که در آن  $F_{12}$  ضریب دید ماهواره نسبت به سطح زمین است و مقدار انرژی است که از سطح زمین منعکس شده است و به سطوح ماهواره می‌رسد. مقادیر این ضریب برای سطوح افقی و عمودی ماهواره در شکل ۳ آورده شده است.  $f_a$  ضریب آلبدو است و بیانگر میزان بازتابش انرژی خورشیدی از سطح زمین است که تابع نوع پوشش و وضعیت جو زمین است [5]. تابع رفتاری  $f_a$  ضریب آلبدو بسیار پیچیده بوده و مورد نیاز نیست.

شایان ذکر است که در زمان سایه شار حرارتی خورشیدی و شار انعکاسی زمین از موقعیت  $\theta = 90^\circ$  تا  $\theta = 270^\circ$  صفر هستند شکل (۲).

۵۵	۴۵	۲۷۵	۲۲۸	۹۰	۰-۳۰
۳۰	۲۳	۲۵۷	۲۱۸	۰	۳۰-۶۰
۵۷	۵۰	۲۵۷	۲۱۸	۹۰	
۳۰	۲۳	۲۴۴	۲۱۸	۰	۶۰-۹۰
۵۷	۵۰	۲۴۴	۲۱۸	۹۰	

### ۵-۳-۴- گرمایش ذرات باردار

علاوه بر مؤلفه های ذکر شده حرارتی در بالا، یکی دیگر از منابع حرارتی، گرمایش ذرات باردار است. این مولفه گرمایی برای ماهواره هایی که در دماهای معمولی کار می کنند حائز اهمیت نمی باشد. برای ماهواره هایی که برخی سطوح آنها در دماهای خیلی پایین کار می کنند (دماهای  $120\text{K}$  و یا کمتر)، این مؤلفه گرمایی بدلیل حساسیت بالای این سطوح نسبت به بارهای حرارتی محیط، قابل ملاحظه بوده و جهت طراحی حرارتی می بایست در نظر گرفته شود [4]. ذرات بارداری که این مولفه حرارتی را ایجاد می نمایند الکترون و پروتون موجود در فضا می باشند.

شارهای حرارتی که از طرف محیط بیرون بر ماهواره اعمال می شود در شکل ۴ نشان داده شده است.

میانگین، خطای کمی در محاسبات و تجزیه و تحلیل ایجاد می شود. همچنین ذخیره گرما در زمین و یا تغییر در تشعشع خورشیدی جذب شده، باعث تغییرات فصلی کمی در کل ضریب صدور میانگین زمین می گردد [3, 4].

تشعشع زمین در محدوده مادون قرمز صورت می گیرد. به عنوان مثال اگر در حالت سرد دمای متوسط زمین در یک شبانه روز را حدود  $253$  کلوین در نظر بگیریم و آن را یک جسم سیاه فرض کنیم، تابش زمین که ناشی از دمایش می باشد به صورت زیر تعریف می شود:

$$Q_{Earth} = A_p \varepsilon G F_{12}$$

که در آن  $G$  شار تابشی زمین است و در دمای ذکر شده، برابر  $232/3 \text{ W/m}^2$  خواهد بود. مقدار ثابت تابشی زمین برای مدارهای مختلف محاسبه شده و در مراجع موجود است. نمونه ای از این مقادیر به همراه ضریب آلبدو در جدول ۴ آورده شده است. این مقادیر با دقت بالاتر و برای شرایط مختلف مداری در مرجع [۴] محاسبه شده است.

جدول ۴: مقدار تابش فرسرخ زمین و ضریب آلبدوبرای

چند حالت مختلف مدار [1]

شیب مداری (درجه)	زاویه خورشید با صفحه	تابش فرسرخ زمین ( $\frac{W}{m^2}$ )	بازتابش زمین ( $\frac{W}{m^2}$ )
مداری (درجه)	کمترین بیشترین کمترین بیشترین	۲۲۸	۲۷۵
		۱۸	۲۸



نمونه‌هایی از نرم‌افزارهای کامپیوتری جهت بررسی انتقال حرارت در ماهواره نام برد. در تمام این نرم افزارها مراحل طراحی و مدلسازی قطعات و بدنه ماهواره مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته می شوند. چندین طراحی مختلف در این راستا مورد بررسی قرار گرفته و سپس بهترین آن با توجه به نیازمندی‌ها و محدودیت‌های تعیین شده به عنوان طراحی اولیه انتخاب می‌شود [۷، ۳].

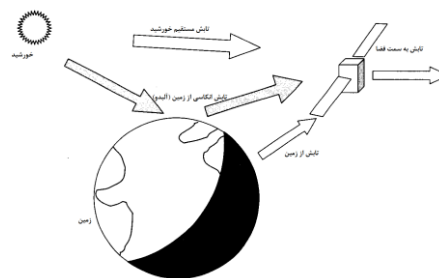
مدل کامل حرارتی برای محاسبه دمای اجزاء مختلف تحت بدترین شرایط گرم و سرد به کمک رایانه اجرا می‌شود. برای بدست آوردن دما به ازای بدترین حالت فاکتورهایی همچون زاویه مدار، حالت‌های کاری، ابعاد ماهواره، شرایط سطوح و غیره لازم است که چندین بار برنامه اجرا شود.

همچنین چندین اجرای پارامتری به منظور بهینه نمودن اندازه رادیاتورها، هیترها و سایر اجزاء سیستم کنترل دما انجام می‌شود. به‌علاوه چندین اجرا نیز به دلیل تغییر طرح و نیز به روزآوری داده‌ها انجام خواهد شد.

#### ۵-۴-۱- مدلسازی حرارتی ماهواره به

##### روش پارامتر توده‌ای

تکنیک‌ها و روشهای مختلفی برای طراحی و تحلیل حرارتی ماهواره‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد که بهترین و مرسوم ترین روش در این زمینه، روش پارامتر توده‌ای می‌باشد [۸].



شکل ۴: شارهای حرارتی اعمالی از طرف محیط بیرون بر ماهواره [6]

#### ۵-۴-۲- اصول مدلسازی حرارتی

برای بررسی، تجزیه و تحلیل دقیق‌تر، ماهواره و یا قطعات موجود در آن به تعداد زیادی گره‌های مجزا تقسیم می‌شوند و سپس معادلات انتقال حرارت با توجه به خواص حرارتی آن قطعه یا ماهواره برای هر گره نوشته می‌شوند. نهایتاً برای قطعه یا ماهواره مورد نظر تعداد  $n$  عدد معادله (برای هر گره یک معادله) خواهیم داشت که بررسی ریاضی این معادله و مدلسازی آن را به عنوان مدلسازی حرارتی می‌شناسیم. با حل این معادلات از طریق حل عددی، می‌توان به دماها و شارهای حرارتی مورد نیاز در شرایط پایدار و یا ناپایدار با شرایط محیطی مختلف رسید. برای ساده‌تر شدن و سرعت در بدست آوردن این جواب‌ها استفاده از نرم‌افزارهای کامپیوتری کاری بسیار رایج است [۳].

از نرم‌افزار SINDA، نرم‌افزار TRASYS، نرم‌افزار MITAS، نرم‌افزار BETA، نرم‌افزار THERMICA، نرم‌افزار ESARAD، نرم‌افزار NASTRAN و غیره می‌توان به عنوان



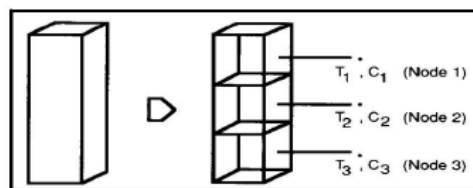
تشابه سیستم های الکتریکی و حرارتی به مهندسين اين امکان را می دهد که به طور وسیعی از قوانین حاکم بر سیستم های الکتریکی مانند اهم و کیرشهف در معادلات بالانس شبکه ها استفاده کرد. در این روش  $T$  دمای هر گره و  $C$  ظرفیت حرارتی، نشانگر خواص ترموفیزیکی حجم گره مورد نظر است. برای آشنایی بیشتر با نحوه مدلسازی و حل به صورت پارامتر توده‌ای به مرجع [۸] مراجعه شود.

#### ۵-۴-۳- معادلات حاکم

برای پیدا کردن توزیع حرارت قطعات مختلف ماهواره در نقاط مختلف مدار نیاز به حل کردن معادله انرژی برای هر یک از اجزاء به صورت گذرا (وابسته به زمان) می باشد. به دلیل اینکه تمام اجزاء ماهواره با یکدیگر تبادل حرارتی دارند، معادله انرژی به صورت یک دستگاه  $n$  معادله  $n$  مجهولی کوپله در می آید، که در آن شرایط مرزی نیز تابعی از زمان هستند. در حل معادله انرژی معمولاً از روش پارامترهای توده‌ای استفاده می شود. در این روش هر جزء از ماهواره به صورت یک یا چند جرم صلب که تمام خواص آن در مرکز آن قرار دارد، فرض می شود. حالت کلی معادله انرژی در آنالیز حرارتی ماهواره به صورت زیر می باشد (استفاده از قانون بالانس انرژی در علم انتقال حرارت):

$$Mc_p \frac{dT}{dt} = Q_s + Q_a + Q_e + Q_d - \sigma \varepsilon AT^4$$

در این روش ماهواره به  $n$  قسمت که هر کدام یک گره نامیده می شود، تقسیم می شود (مانند شکل ۵ فرض می شود که مشخصات حرارتی و ترموفیزیکی هر گره در مرکز آن متمرکز شده است. برای محاسبه پارامترهای مربوط به گره ها مانند کوپلینگ های هدایتی و تابشی از شبیه سازی سیستم های الکتریکی و حرارتی استفاده می شود. با نوشتن معادله انرژی برای هر گره یک دستگاه معادلات  $n \times n$  حاصل می شود که پارامترهای مجهول آن، مقدار دما در گره ها می باشد.



شکل ۵: نمونه ای از گره بندی [4]

#### ۵-۴-۲- تحلیل حرارتی به روش شبکه‌ای

در آنالیز حرارتی معمولاً برای ساده شدن کار، بین سیستم های الکتریکی و حرارتی تشابه برقرار کرده و قوانین حاکم بر سیستم های الکتریکی را برای سیستم های حرارتی نیز بکار می برند [4]

جدول ۵: تشابه سیستم های الکتریکی و حرارتی [۸]

سیستم الکتریکی	سیستم حرارتی	کمیت
$V_2 - V_1$	$T_2 - T_1$	پتانسیل
$I$	$Q$	جریان
$R$	$R$	مقاومت
$I/R$	$C$	هدایت
$C$	$mC_p$	ظرفیت
$I = (V_2 - V_1)/R$	$Q = (T_2 - T_1)/R$	قانون اهم



معادله‌ی فوق، معادله‌ی شار انرژی برای یک جسم است که در حال تبادل حرارت تشعشعی با محیط اطراف خود است. این معادله یک معادله‌ی گذرا با زمان، غیر خطی و با شرایط مرزی متغیر با زمان است که برای حل آن از روش‌های عددی و خطی‌سازی موجود بهره می‌بریم. صورت کلی معادله انتقال حرارت را میتوان به شکل زیر نوشت [۹]:

$$(mc_p)_i \frac{dT_i}{dt} = - \sum_{j=1}^n C_{ij}(T_i - T_j) - \sum_{j=1}^n R_{ij}(T_i^4 - T_j^4) + Q - Q_{i-space}$$

$$Q = Q_{Sun} + Q_{Albedo} + Q_{Earth} + Q_{Dissipation}$$

$$Q_{i-space} = \sigma \varepsilon_i f_{i-space} A_i (T_i^4 - T_{\infty}^4)$$

$$Q_{Sun} = A_p \times \alpha_s \times S$$

$$Q_{Earth} = A_p \times f_{sat-earth} \times \varepsilon \times G$$

$$Q_{Albedo} = A_p \times f_{(sat-earth)} \times \alpha_s \times f_a \times S \times \cos \theta \times \cos \beta$$

$\alpha_s$ : ضریب جذب سطحی ماهواره

S: شدت تابش خورشید،  $W/m^2$

$A_p$ : مساحت موثر،  $m^2$

$\varepsilon$ : ضریب انتشار

A: مساحت رادیاتور،  $m^2$

$f_a$ : ضریب آلبدو

G: شدت تشعشع زمین،  $W/m^2$

$\theta$ : زاویه خط گذرنده از ماهواره و زمین نسبت به

صفحه زمین و خورشید

$\beta$ : زاویه خط گذرنده از زمین و خورشید با صفحه

مداری

معادله انرژی را می‌توان به صورت زیر و در

حالت ماتریسی نوشت:

$$[C][T] + [R][T]^4 - [h_{space}][T]^4 + Q = mc_p \frac{dT}{dt}$$

که مولفه‌های آن در ادامه شرح داده شده است.

$$[R] = \begin{bmatrix} -\sigma \sum_{j=1, j \neq i}^n R_{1,j} & \dots & \sigma R_{1,i} & \dots & \sigma R_{1,n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \dots & \vdots \\ \sigma R_{i,1} & \dots & -\sigma \sum_{j=1, j \neq i}^n R_{i,j} & \dots & \sigma R_{i,n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma R_{n,1} & \dots & \sigma R_{n,i} & \dots & -\sigma \sum_{j=1, j \neq i}^n R_{n,j} \end{bmatrix}$$

$$[C] = \begin{bmatrix} -\sum_{j=1, j \neq i}^n C_{1,j} & \dots & C_{1,i} & \dots & C_{1,n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \dots & \vdots \\ C_{i,1} & \dots & -\sum_{j=1, j \neq i}^n C_{i,j} & \dots & C_{i,n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ C_{n,1} & \dots & C_{n,i} & \dots & -\sum_{j=1, j \neq i}^n C_{n,j} \end{bmatrix}$$

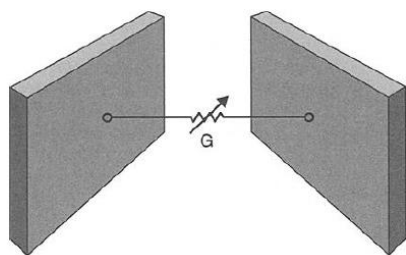
$$[h_{space}] = \begin{bmatrix} \sigma \varepsilon_1 A_1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \ddots & \vdots & \dots & \vdots \\ 0 & \dots & \sigma \varepsilon_i A_i & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & 0 & \dots & \sigma \varepsilon_n A_n \end{bmatrix}$$

$$[T] = \begin{bmatrix} T_1 \\ \vdots \\ T_i \\ \vdots \\ T_n \end{bmatrix}$$



$h_c$ : هدایت حرارتی در سطح تماس

۵-۴-۵- محاسبه کوپلینگ های تشعشی  
انتقال حرارت تشعشی بین قطعات مختلف  
ماهواره نیز با استفاده از شبیه سازی با سیستم  
های الکتریکی مانند شکل ۷ و رابطه زیر به دست  
می آید [4]:



شکل ۷: مقاومت تشعشی [4]

$$\dot{Q} = R_{ij}(T_i^4 - T_j^4)$$

$$R_{ij} = \sigma \varepsilon_j A_j \varepsilon_i \sum_{k=1}^n M_{ik} F_{jk}$$

$$M_{ik} = [\delta_{ij} - (1 - \varepsilon_i) F_{ij}]^{-1}$$

$$\delta_{ij} = \begin{cases} 1, & i = j \\ 0, & i \neq j \end{cases}$$

$f_{ij}$ ، ضریب دید سطوح نسبت به هم می باشد.  
یکی از قسمت‌های مشکل در محاسبه  
کوپلینگ تشعشع، به دست آوردن مقدار ضرایب  
دید قطعات می باشد. برای محاسبه ضرایب دید  
که محاسبات وقت گیری و حجیمی است، میتوان  
از نرم افزارهای موجود بهره برد.

#### ۵-۵- مراجع

1. W. Larson and J. Wertz, Space Missin Analysis and Design, 3rd ed., Microcsrm Press, 1999.

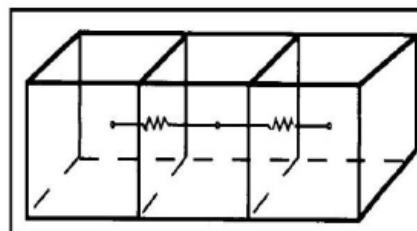
2. [http://satrec.kaist.ac.kr/fims/images/exploded\\_label2.jpg](http://satrec.kaist.ac.kr/fims/images/exploded_label2.jpg), [Online].

$$\begin{bmatrix} \frac{dT_1}{dt} \\ \vdots \\ \frac{dT_i}{dt} \\ \vdots \\ \frac{dT_n}{dt} \end{bmatrix}$$

$$[Q] = \begin{bmatrix} Q_1 \\ \vdots \\ Q_i \\ \vdots \\ Q_n \end{bmatrix}$$

#### ۵-۴-۴- محاسبه کوپلینگ های رسانش

کوپلینگ های رسانش  $C_{ij}$  می بایست برای هر  
کدام از گرهمها با توجه به روابط زیر و مشابه سازی  
با سیستم های الکتریکی مانند شکل ۶ محاسبه  
شود [4]:



شکل ۶: اتصال هدایتی [4]

$$\frac{1}{C_{ij}} = \frac{1}{R_i + R_c + R_j}$$

$$R_i, R_j = \frac{L}{K \cdot A}$$

$$R_c = \frac{1}{h_c \cdot A}$$

L: طول مسیر انتقال حرارت درون قطعه، m

A: مساحت عبور حرارت،  $m^2$

K: ضریب هدایت حرارتی قطعه



۳. کرامت ملک زاده فرد و هادی پورشهسواری، طراحی و شبیه سازی سیستم کنترل دمای ماهواره، ایران جام، ۱۳۹۱
4. D. Gilmore, *Satellite Thermal Control Handbook*, 2nd ed ed., The Aerospace Press, 2002.
5. C. D. Brown, *Elements of Spacecraft Design*, AIAA Education Series, 2002.
6. P. Fortescue, J. Stark and G. Swinerd, *Spacecraft Systems Engineering*, 3rd, Ed., Wiley LTD, 2003.
7. "ECSS-E-ST-31C," 2008.
۸. فرهاد فرهنگ لاله، "تدوین و پیاده سازی مدل تعیین دمای ماهواره نوعی به روش تحلیل گره"، شهرپور 1389.
9. H. B. Khaniki, "Thermal Design and Analysis of a Small Satellite," in *5th IAA Symposium on Small Satellite for Earth Observation*, Berlin, 2005.





بخش دوم: چکیده پایان نامه های برتر موسسه



## مطالعه، بررسی، طراحی و ساخت راکت کامپوزیتی به روش لایه گذاری دستی

مقطع کارشناسی

نگارش: مجید حیدری اوزمچلوئی

استاد راهنما: محمد مهدی کشاورزی

دی ۱۳۹۴

کامپوزیت در اصطلاح به معنای مواد مرکب بوده و بخش دوم عنوان پروژه که لایه گذاری دستی است یکی از انواع نحوه ساخت و تولید کامپوزیت بوده و توجه ما در این پروژه به روش لایه گذاری دستی نسبت به روش های دیگر ساخت بیشتر خواهد بود.

در معرفی اهداف کلی پروژه می توان گفت که جمع آوری اطلاعات کامل و جامع در مورد کامپوزیت ها و معرفی انواع مختلف آن از لحاظ گوناگون از جمله: جنس زمینه و جنس تقویت کننده و نوع و شکل تقویت کننده و .... و روش های مختلف ساخت از جمله روش لایه گذاری دستی خواهیم پرداخت.

و در ادامه تشریح نحوه ساخت یک نمونه کوچک کامپوزیتی (راکدپینگ پنگ) به روش لایه گذاری دستی و ارائه آن همراه با فایل پروژه به موسسه اهداف کلی این پروژه را دربر می گیرد.



## بررسی پارامترهای فرآیند اکستروژن معکوس بر روی نیرو و خواص ماده برای تولید قطعات با مقاطع غیر دایروی

مقطع کارشناسی

نگارش: سید علی رضایی دریاکناری\_رسول رستمی\_سعید جعفری

استاد راهنما: مهندس بابک منافی

اسفند ۹۴

در این پروژه فرآیند اکستروژن معکوس برای تولید قطعات توخالی با مقاطع داخلی شش ضلعی مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین آزمایشات و تست‌های اکستروژن معکوس برای بررسی صحت مدلسازی و تحلیل‌ها انجام شده‌اند. هدف از این کار بررسی تاثیر پارامترهای مختلف از قبیل اصطکاک، درصد کاهش سطح مقطع، پیچیدگی شکل بر فرآیند و بدست آوردن الگوی تغییر شکل برای پیشبینی جریان مواد در فرآیند است. شبیه سازی اکستروژن معکوس بیلت‌های با مقاطع داخلی شش ضلعی منتظم توسط پانچها صورت گرفته و نتایج به دست آمده به صورت نمودارهای بار اکستروژن و فشار نسبی بر حسب تغییرات درصد کاهش سطح مقطع و تغییرات ضریب اصطکاک ارائه شده‌اند. همچنین الگوی تغییر شکل شبکه در حین فرآیند، توزیع کانتورهای تنش و کرنش برای اکستروژن مقاطع مختلف ارائه شده‌اند.



# تحلیل عملکرد سیکل حرارتی نیروگاه بخار شازند اراک با استفاده از معیار اکسرژی

مقطع کارشناسی

نگارش: سعید دلیخون

استاد راهنما: مهندس امین علمداری

اسفند ۱۳۹۴

در این پروژه سیکل بخار نیروگاه شازند که نمونه ای از یک سیکل حرارتی رانکین می باشد، توسط روشی با مبنای ترمودینامیکی، با لحاظ نمودن ملاحظات اقتصادی و در نظر گرفتن امکانات موجود، مورد تحلیل قرار می گیرد. روابط مورد استفاده در بخش مدل سازی ریاضی، سیکل رانکین را از دید گاه واقعی مورد بررسی قرار می دهد. به دلیل دقت محاسبات برای آنتروپی ورودی و خروجی در هر بخش به روش استفاده از معادله ی خط و شیب خط (میان یابی) به دست می آید. آنالیز اکسرژی به ما نشان می دهد که چه مقدار از انرژی تولیدی توسط سوخت های فسیلی، برای تولید برق تخریب می شود. با توجه به محاسبات انجام شده بویلر مهم ترین عامل تخریب اکسرژی سیکل نیروگاه بخار است.

واژه‌های کلیدی:

اکسرژی، سیکل رانکین، قانون اول ترمودینامیک، قانون دوم ترمودینامیک، آنالیز اکسرژی



## آموزش نرم افزار اندروید eclipse

مقطع کارشناسی

نگارش: فاطمه مغانی

استاد راهنما: مهندس مهسا معزز

اسفند ۱۳۹۴

این متن در مورد آموزش نرم افزار اندروید به نام eclipse می‌باشد. اینکه چگونگی دانلود نرم افزار مذکور، نصب، آشنایی با محیط eclipse، نرم افزار شبیه ساز اندروید و همچنین برنامه نویسی می‌باشد. در این متن سعی شده است بیشتر به صورت تصویری آموزش داده شود.

واژه های کلیدی:

اندروید، بهینه سازی، اکتیوییتی، وراثت



## بخش سوم: گزارش



## گزارش پروژه‌های انجام شده موسسه

در این قسمت لیست پروژه‌ها که توسط دانشجویان در سال ۹۵-۹۴ انجام شده آورده شده است. دانشجویان و علاقه مندان میتوانند با مراجعه به کتابخانه موسسه به متن و فایل این پروژه‌ها دسترسی داشته باشند.

جدول ۱: عناوین پروژه‌های کار شده در سال آموزشی ۹۴-۹۵ برای رشته مهندسی کامپیوتر (هر دو گرایش)

نام دانشجو	عنوان پروژه
فاطمه مغانی	برنامه سازی اندروید (ایجاد برنامه آموزشی از طریق فیلم های آموزشی)
پیمان علیزاده	ایجاد فروشگاه اینترنتی
بهزاد توحیدی	وبترین مجازی
رضا ایمانی گلبوس	طراحی و پیاده سازی سناریو ایجاد ارتباط بیسیم و سیمی در دانشکده های یک دانشگاه
بابک نافه بوستان	ربات دنبال کننده مسیر خط در انبار کارگاه های صنعتی
زهرا بیات	نرم افزار کاربردی مدیریت املاک
امیرحسین فارغ	نرم افزار کاربردی مدیریت املاک
جواد رحیمی	بهینه سازی مصرف انرژی در شبکه های حسگر بی سیم
معصومه معدن‌دار	بهینه سازی شبکه های متحمل تاخیر برای کاهش داده های سربار
نگار بابا مرادی	بررسی مدل‌های کسب و کار اینترنتی در ایران
زهرا رحمانی	طراحی سایت فروش اینترنتی
سپیده خان ابادی	طراحی سایت حیوانات خانگی
سمیرا دژم	طراحی سایت حیوانات خانگی
علیرضا صابر	ویرایش و طراحی (بومی سازی بازی سرقت بزرگ خودرو)
جواد رحیمی	روکش های بهینه سازی مصرف انرژی در شبکه های بیسیم
فرامرز گلشنی محب	سنسور هشدار دهنده CO
سید حسین حسینی	سنسور هشدار دهنده CO
لیلا محمودی	سایت گردشگری یزد
منیره کفیری	سایت گردشگری یزد
سعید فرخنده	طراحی و پیاده سازی سناریو ایجاد ارتباط بیسیم و سیمی در دانشکده های یک دانشگاه



جدول ۲: عناوین پروژه های کار شده در سال آموزشی ۹۴-۹۵ برای رشته مهندسی مکانیک خودرو

عنوان پروژه	نام دانشجو
تولید قطعه با روش اکستروژن معکوس اعتشاشی	مرتضی فرجی
ساخت دستگاه ضربه جت	محمد رضا شکرگذار
تولید قطعه با روش اکستروژن معکوس اعتشاشی	محمد رضا رحمت آبادی
تولید قطعه با روش اکستروژن معکوس اعتشاشی	مصطفی جهانگیری
طراحی و ساخت دستگاه اسپورن-رینولدز	محمد رضا راکی
طراحی و ساخت دستگاه اسپورن-رینولدز	میلااد استاجی
طراحی و ساخت دستگاه اسپورن-رینولدز	شوکا پورفیض اله
موتور استرلینگ	مسعود خزلی
ساخت دستگاه ضربه جت	فرشید بختیار
مطالعه کامپوزیت های لایه ای-روش لایه گذاری دستی و ساخت یه نمونه	مجید حیدری اوز مچلوئی
تحلیل عملکرد سیکل حرارتی نیروگاه بخار ساز اراک	سعید دلیخون
مطالعه و بررسی زوایای هندسی فرمان	محمد رضا توکلی
جمع آوری اطلاعات ساخت گلدان بهینه و ساخت یه نمونه	میلااد افتخاری
بررسی عملکرد پارامتر های گیربکس های CVT نوع چمبره ای به کمک adams	علی پاسای
بررسی پارامترهای سیستم تعلیق خودرو به کمک adams	بهزاد عزت پور
بررسی عملکرد پارامتر های گیربکس های CVT نوع چمبره ای به کمک adams	هادی زالی
طراحی و ساخت دستگاه آزمایش شناوری	علی اصغر محمدی
طراحی و ساخت دستگاه آزمایش شناوری	نوید محمد حسینی
طراحی و ساخت دستگاه آزمایش سقوط آزاد	سید محمد شفیعی
طراحی و ساخت دستگاه آزمایش سقوط آزاد	حامد صالحی
توسعه مبدل کاتالیستی three way جهت کاهش انتشار گازهای خروجی	حامد باغجری
توسعه مبدل کاتالیستی three way جهت کاهش انتشار گازهای خروجی	محمد منصور فلاح
بهینه سازی سیستم های جامع خودروی مزدا F۳۲۳	محمد رضا محمدی
طراحی و ساخت دستگاه آزمایش سقوط آزاد	علی اعظمیان
بهبود فرآیند در تولید توپی سویچ پژو	حمیدرضا لطفی سعد
	خانلو
بهبود خودروی کامارو برای مسابقات drag	امیر علیمرادی
بررسی ایمنی عابر پیاده در تصادف با خودرو (شبیه سازی مدل پا)	امید قدسی نژاد
ساخت مخازن و لوله های ۳ لایه با ۳ جنس مختلف به روش اکستروژن معکوس	امیر قاسملو
ساخت مخازن و لوله های ۳ لایه با ۳ جنس مختلف به روش اکستروژن معکوس	مرتضی بهرامی
ساخت مخازن و لوله های ۳ لایه با ۳ جنس مختلف به روش اکستروژن معکوس	امیر طهماسبی
بررسی پارامترهای موثر طراحی موتورهای HCCI	امیر رضا قدیانی
ساخت گیربکس CVT تورویدال	مهران طهاری
ساخت گیربکس CVT تورویدال	مهدی خوش نشین
ساخت گیربکس CVT تورویدال	مصطفی رضازاده





ظرفیت ذخیره سازی اکسیژن در مبدل کاتالیزوری	مرتضی آرین منش
بررسی دستگاه EGR جهت کنترل مواد آلاینده	سعید جعفری
تولید گشتاور مورد نیاز پمپ هیدرولیک و کمپرسر کولر با استفاده از جریان الکتریکی حاصل از گرمای خروجی اگزوز	رضا صفالو کرامت
بررسی ایمنی عابر پیاده (معایب و مزایای استفاده از درب موتور کامپوزیتی)	سید پژمان مظفری
بررسی اکستروژن معکوس اصطکاکی اغتشاشی برای تولید قطعات کامپوزیتی غنی شده با نانوذرات	حمیدرضا مقدم
بررسی اکستروژن معکوس اصطکاکی اغتشاشی برای تولید قطعات کامپوزیتی غنی شده با نانوذرات	محمد طالبی
بررسی اکستروژن معکوس اصطکاکی اغتشاشی برای تولید قطعات کامپوزیتی غنی شده با نانوذرات	صادق رستمی
بررسی اکستروژن معکوس اصطکاکی اغتشاشی برای تولید قطعات کامپوزیتی غنی شده با نانوذرات	وحید ملک زاده
بررسی پارامترهای فرآیند اکستروژن معکوس بر روی نیرو و خواص ماده برای تولید قطعات با مقاطع غیر دایروی	رسول رستمی
بررسی پارامترهای فرآیند اکستروژن معکوس بر روی نیرو و خواص ماده برای تولید قطعات با مقاطع غیر دایروی	سید علی رضایی
بررسی پارامترهای فرآیند اکستروژن معکوس بر روی نیرو و خواص ماده برای تولید قطعات با مقاطع غیر دایروی	سعید جعفری
کاربرد نانو سیالات در مبدل های حرارتی صفحه ایی	حسین فرزین راد
طراحی و ساخت دستگاه ضربه جت	میلااد جمشیدی
طراحی و ساخت سازه آرایه های خورشیدی	امیر رضایی
طراحی و ساخت سازه آرایه های خورشیدی	محمد عمویی
ایجاد اتصال سرامیک- فلز با روش جوشکاری اصطکاکی اغتشاشی	مجتبی حسینی
طراحی و ساخت گیربکس CVT واریوماتیک	فرشید احمدی
طراحی و ساخت گیربکس CVT واریوماتیک	اصغر حاتمی
ساخت موتور استرلینگ	رضا سامن



## به بهانه روز جهانی محیط زیست

### تاریخچه

هر سال ۵ ژوئن در سراسر جهان با عنوان روز جهانی محیط زیست گرامی داشته می‌شود. تاریخچه روز جهانی محیط زیست به سال ۱۹۷۲ یعنی ۴۴ سال پیش بر می‌گردد. در آن سال برای اولین بار، سازمان ملل متحد کنفرانسی را با موضوع انسان و محیط زیست در شهر استکهلم سوئد برگزار کرد. همزمان با برپایی این کنفرانس مجمع عمومی سازمان ملل قطعنامه‌ای را تصویب کرد که منجر به تشکیل UNEP ( برنامه محیط زیست سازمان ملل ) شد. هم اکنون ۴۴ سال است که UNEP در سراسر جهان مراسم ویژه‌ای را به مناسبت این روز برگزار می‌نماید. مراسم این روز می‌تواند به اشکال مختلف باشد مثل راهپیمایی‌های خیابانی، همایش‌های دوچرخه سواری، نمایش، مسابقات نقاشی و مقاله نویسی در مدارس، درختکاری، فعالیت‌های مربوط به بازیافت، پاکسازی و... . هدف از برگزاری چنین مراسمی جلب توجه عمومی به مسایلی است که محیط زیست را آلوده می‌سازد. هر سال نیز یکی از مسایلی که شدیداً محیط زیست را تهدید می‌کند به عنوان موضوع این روز انتخاب می‌شود.

### هدف UNEP از برگزاری چنین مراسمی:

- بخشیدن چهره ای انسانی به مسایل زیست محیطی
- توانمند سازی مردم برای تبدیل شدن به فعالانی در زمینه توسعه پایدار و متوازن
- ارتقا این بینش عموم که جوامع در تغییر دیدگاه‌ها و در خصوص مسئله محیط زیست نقش محوری و اساسی ایفا می‌نمایند
- ترویج مشارکت با هدف اطمینان از برخورداری همه ملت‌ها از آینده‌ای امن تر و سعادت‌مندانه‌تر

### اقدامات محیط زیستی موسسه آموزش عالی اوج:

موسسه آموزش عالی اوج نیز در نظر دارد به منظور سهم داشتن در حفظ و بقای محیط زیست اقداماتی را انجام دهد. در این راستا پروژه‌هایی به منظور بهینه‌سازی مصرف انرژی، آب و کاهش مصرف کاغذ تعریف شده و در حال پیاده‌سازی و اجرا می‌باشند. یکی از پروژه‌های تعریف شده در این راستا، احداث نیروگاه خورشیدی در این موسسه می‌باشد که این پروژه توسط دانشجویان و راهنمایی اساتید در حال طراحی و اجرا می‌باشد که امید است با احداث و راه اندازی آن گامی در کاهش آلاینده های محیط زیست و استفاده از انرژی های پاک برداشته شود.



# گروه مهندسی صبا

صباپایا امپلس  
Saba Paya Atlas

تجهیزات اندازه گیری دقیق برق و الکترونیک  
سیمولاتورهای آموزشی و سیستمهای تحقیقاتی



[www.sabapaya.com](http://www.sabapaya.com)  
[sales@sabapaya.com](mailto:sales@sabapaya.com)

تهران خیابان مطهری خیابان علی اکبری ساختمان صبا  
تلفن: ۸۸۵۰۲۸۳۷ (خط ۵) فاکس: ۸۸۵۰۲۶۹۴ همراه: ۰۲۱-۱۰۵۳۲۱۰-۹۱۲

۱۶ خرداد

روز جهانی محیط زیست

5 June  
World Environment Day

