بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی(نوشیراونی) بابل
دانشکده مکانیک

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد در رشته مکانیک طراحی کاربردی

موضوع:

بهینه سازی مسیر و زاویه انتقال مکانیزم های چهار میله ای

استاد راهنما:
جناب آقای دکتر حمیدرضا محمدی دانیالی

استاد مشاور:
جناب آقای دکتر مرتضی دردل

نگارش:
صابر علی نیا

تیرماه ۱۳۸۹

تقدیم به روح بزرگ پدرم که همواره پشتیبانم است....

احساست می کنم
احساس با تو بودن
شیرین و تلخ
شیرینی آن یادت
و تلخی فراقت
و آرامش زمانی که به تصویر می کشد در خیالم چهره ات را.

پس از حمد و سپاس پروردگار متعال، وظیفه ی خود می دانم که از استاد عزیزم جناب آقای دکتر حمیدرضا محمدی که با رهنمودهای خود مرا یاری نمودند سپاسگزاری نمایم.همچنین از استاد مشاور محترم، جناب آقای دکتر دردل و دوست عزیزم جناب آقای دکتر عباس نژاد که از هیچ کمکی دریغ نورزیدند تشکر می نمایم.

چکیده:

هدف ما در این پایان نامه بکارگیری روش های بهینهسازی برای سنتز مکانیزمهای صفحهای میباشد. این فرآیند با الگوریتم (Pso(Particle swarm optimazation و تغییری که در محاسبهی تابع هدف آن ایجاد نمودیم انجام میگیرد. بکارگیری این روش برای مکانیزم های چهار عضوی حل های دقیقی را به همراه خواهد داشت که قابل بسط برای سایر مکانیزم ها نیز میباشد. در محاسبهی تابع هدف برای حداقل کردن خطا، برخلاف دیگران زوایای ورودی بعنوان پارامترهای طراحی در نظر گرفته نمیشوند، چون علاوه بر اینکه این تعداد متغیرهای طراحی به همراه پارامترهای هندسی مکانیزم هنگامی که تعداد نقاط طراحی ما زیاد باشد حجم زیادی از محاسبات را در پی خواهد داشت، جوابهای دقیقی را هم به همراه نخواهند داشت بنابراین با تقسیمبندی مسیر طی شده به تعداد معینی از نقاط و تعیین خطای بین هر یک از این نقاط و نقاط طراحی و تعیین حداقل خطا در هر تکرار ضمن پیدا کردن مسیر بهینه حجم عملیات را وقتی که تعداد نقاط طراحی ما زیاد هستند به شدت کاهش دادیم.

واژههای کلیدی: سنتز مکانیزم، PSO، بهینهسازی، تولید تابع، تولید مسیر.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول-مقدمه

۱- ۱ مقدمه ۲

۱-۲ تاریخچه ی سنتز ابعادی ۳

۱-۳ محاسبات اولیه در برسی مکانیزم ها ٤

۱-٤ تاریخچه ی بکارگیری بهینه سازی در مکانیزم ها ٥

۱-٥ فرمول بندی عمومی ۷

۱-٦ کاربرد مکانیزم های چهار عضوی در صنعت ۸

فصل دوم- کلیات و روابط حاکم بر مسئله

۲-۱ روش های سنتز مکانیزم ها ۱۱

۲-۱-۱ روش های نقطه دقت ۱٤

۲-۱-۲ روش های معادله منحنی عضو واسطه ۱٤

۲-۱-۳ روش های بهینه سازی ۱٥

۲-۲ مدارها و شاخه ها در مکانیزم ۱۹

۲-۳ تولید تابع ۲۰

۲-۳-۱- توابع ورودی - خروجی ۲۰

۲-۳-۲ معادله ی حلقه برای یک مکانیزم چهار میله ای ۲٤

۲-٤ زاویه ی انتقال و کیفیت آن در مکانیزم های صفحه ای ۲٦

۲-٥ آنالیز حرکتی عضو واسطه ۳۰

فصل سوم-بهینه سازی به روش PSO

۳-۱ بهینه سازی گروه ذرات **(PSO)** ۳٤

۳-۲مقدار دهی اولیه برای دسته ۳٦

۳-۲-۱ تعیین پارامترهای الگوریتم ۳٦

۳-۲-۲ مقدار دهی اولیه برای موقعیت و سرعت ۳۸

۳-۲-۳ مقدار دهی اولیه برای g Best و p Best ۳۸

۳-۳ بخش عملیات ۳۹

۳-۳-۱ محاسبه تابع هدف ۳۹

۳-۳-۲ محاسبه ی سرعت جدید ٤٠
۳-۳-۳ ایجاد دسته ی جدید ٤١
۳-٤ قیود در بهینه سازی ٤٢
۳-٤-۱ کنترل قید با توابع جریمه ٤٢
۳-٤-۲ کنترل قید با تبدیل پارامترها ٤٣
فصل چهارم-الگوریتم های بکارگرفته شده و دسته بندی مکانیزم ها
٤-۱ الگوریتم های بکار گرفته شده برای بهینه سازی ٤٥
٤-۲ حل مسئله ی بهینه سازی با PSO (الگوریتم اول) ٤٥
٤-۳-حل مسئلهی بهینهسازی با PSO (الگوریتم دوم) ٥٣
٤-٤-دستهبندی مکانیزم های چهار لینکی صفحهای ٥٥
٤-٤-۱-آنالیز مکانیزم صفحهای ٥٥
٤-٤-۲- زاویهی ورودی ٥٩
فصل پنجم- نتیجه گیری و جمع بندی
٥-۱ نتایج ٦٢
٥-۲ مقایسه دو الگوریتم ٦٨
٥-۳ پیشنهاداتی برای ادامه کار محققین در آینده ٧٧
منابع ٧٨
ضمیمه ٨١

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل۱-۱ کاربرد مکانیزم چهار میله ای..... ۷
شکل ۱-۲ کاربرد مکانیزم چهار میله ای..... ۸
شکل ۱-۳ کاربرد مکانیزم چهار میله ای..... ۸
شکل ۲-۱ میر طی شده توسط مکانیزم ۱۶
شکل ۲-۲ مکانیزم سنتز شده ۱۶
شکل ۲-۳ مسیر طی شده توسط مکانیزم..... ۱۷
شکل ۲-٤ مکانیزم سنتز شده ۱۷
شکل۲-۵ عیب مدار و شاخه در مکانیزم ۱۹
شکل ۲-٦ مکانیزم چهار میله ای برای تولید مسیر..... ۲۱
شکل۲-۷ تعیین زاویه انتقال..... ۲٦
شکل ۲-۸ کیفیت انتقال نیرو در مکانیزم ها ۲۷
شکل ۲-۹ نبدیل دستگاه های مختصات ۳۱
شکل۳-۱ فرآیندکلی PSO..... ۳۵
شکل ۳-۲ الگوریتم مقداردهی اولیه ۳۷
شکل ۳-۳ الگوریتم بخش عملیات..... ۳۹
شکل۳-٤ عوامل تأثیر گذار بر سرعت یک ذره..... ٤۱
شکل ۳-۵ موقعیت جدید ذره ٤۱
شکل٤-۱ حرکت عضو ورودی در جهت بیرونی ٤۹
شکل٤-۲ حرکت عضو ورودی در جهت درونی ۵۰
شکل٤-۳ شرط (٤-۸) برقرار نباشد..... ۵۱
شکل ٤-٤ مکانیزم در جهت درونی مقید است..... ۵۲
شکل ٤-۵ تعیین زاویه ی انتقال حداقل ۵۱
شکل٤-٦ تعیین زاویه ی انتقال حداکثر..... ۵۲
شکل٤-۷ دسته بندی مکانیزم ها ۵۵
شکل٤-۸ دسته بندی مکانیزم با استفاده از پارامترهای هندسی..... ۵٦
شکل ٤-۹ محدوده دوران بین Ψ_1 و Ψ_1 – ۵۸

شکل ٤-١٠ محدوده دوران بین Ψ_2 و $-\Psi_2$ ٥٨
شکل ٤-١١ محدوده دوران $[\Psi_1,\Psi_2],[-\Psi_2,-\Psi_1]$..... ٥٩
شکل ٥-١ مکانیزم سنتز شده بر عبور از سه نقطه..... ٦٢
شکل ٥-٢ خطای مکانیزم سنتز شده ٦٣
شکل ٥-٣ خطای مکانیزم سنتز شده ٦٤
شکل ٥-٤ مکانیزم سنتز شده برای عبور از شش نقطه ٦٥
شکل ٥-٥ خطای مکانیزم سنتز شده ٦٦
شکل ٥-٦ مکانیزم سنتز شده برای عبور ١٨ نقطه ٦٧
شکل ٥-٧ مکانیزم سنتز شده برای عبور ٢٥ نقطه ٦٨
شکل ٥-٨ خطای مکانیزم سنتز شده..... ٦٨
شکل ٥-٩ خطای مکانیزم سنتز شده برای ٣ نقطه با الگوریتم اول..... ٦٩
شکل ٥-١٠ مکانیزم سنتز شده برای عبور ٣ نقطه ٦٩
شکل ٥-١١ خطای مکانیزم سنتز شده برای٦ نقطه با الگوریتم اول..... ٧٠
شکل ٥-١٢ مکانیزم سنتز شده برای عبور٦ نقطه..... ٧١
شکل ٥-١٣ خطای مکانیزم سنتز شده برای٩ نقطه با الگوریتم اول..... ٧٢
شکل ٥-١٤ مکانیزم سنتز شده برای عبور٩ نقطه..... ٧٢
شکل ٥-١٥ خطای مکانیزم سنتز شده برای٩ نقطه با الگوریتم دوم..... ٧٣
شکل ٥-١٦ مکانیزم سنتز شده برای عبور٩ نقطه..... ٧٣
شکل ٥-١٧ خطای مکانیزم سنتز شده برای٢٥ نقطه با الگوریتم اول..... ٧٤
شکل ٥-١٨ مکانیزم سنتز شده برای عبور٢٥ نقطه..... ٧٥

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۲-۱ روش های بکار گرفته شده برای سنتز مکانیزم ها ۱۳
جدول ۲-۲ تعداد مدارها و شاخه ها ۲۰

فصل اول

مقدمه

۱- ۱ مقدمه:

زنجیره های سینماتیکی یک بخش مهم از مکانیزم ها هستند. برخلاف چرخدنده ها و بادامک ها زنجیره ها حرکت را از یک جسم صلب به جسم دیگر از طریق تماس سطحی بین اتصالات دو عضو مجاور انتقال می دهند. تحقیقات در سینماتیک زنجیره ها به دو بخش تقسیم می گردد. ۱. آنالیز ۲. سنتز

آنالیز: فرآیند بررسی حرکت همه اعضا و یا بعضی از اعضای زنجیره بر اساس پارامترهای هندسی مکانیزم می باشد.

سنتز: پیدا کردن یک مکانیزم که بتواند یک حرکت معین یا مسیر دلخواه را ایجاد نماید.

بطور کلی، سنتز مکانیزم ها به سه بخش متفاوت: ۱) سنتز نوع، ۲) سنتز عددی، ۳) سنتز ابعادی تقسیم میگردد. دو سنتز اول مربوط به نوع مکانیزم و تعداد اعضای مورد نیاز برای حرکت مکانیکی بخصوص هستند، در حالی که هدف از سنتز ابعادی پیدا کردن همه ی پارامترهای ابعادی یک مکانیزم برای ایجاد حرکت دلخواه می باشد. هدف ما در این تحقیق سنتز ابعادی برای یک مسیر مورد نظر می باشد.

در بررسی ابعادی سه مسئله ی مهم مورد بررسی قرار می گیرد که عبارتند از:

۱. **تولید تابع:** هدف پیدا کردن مکانیزم برای ایجاد یک دسته از زوج های ورودی و خروجی معین می باشد.

۲. **تولید مسیر:** هدف پیدا نمودن یک مکانیزم برای عبور عضو واسطه از یک سری از نقاط معین است.

۳. **هدایت جسم صلب** : هدف پیدا نمودن مکانیزم برای عبور عضو واسطه از موقعیت های تعیین شده برای آن بعنوان یک جسم صلب است.

برای سنتز یک مکانیزم گاهی از روش های دقیق و گاهی از روش های تقریبی استفاده می گردد. سنتز دقیق به معنی حل معادلات حاکم بر مسئله به صورت دقیق می باشد و در سنتز تقریبی هدف حداقل کردن خطا برای این معادلات می باشد که سنتز بهینه اختصاص به این روش از حل دارد.

۱-۲ تاریخچه ی سنتز ابعادی:

سنتز ابعادی بخش اصلی فرآیند طراحی و اولین قدم در طراحی ماشین می باشد. به همین خاطر بیش از صد سال است که سنتز مکانیزم ها توجه بسیاری از طراحان را به سمت خود جلب کرده است. هر چند روش های اولیه برای سنتز بصورت ترسیمی بودند اما بعدها این روش ها بصورت حل دقیق تغییر یافتند. طبیعت غیر خطی بودن معادلات سنتز مانع از رشد این روش های دقیق برای کاربردهای مختلف می گردید و همین امر باعث شد تا تکنیک های عددی با ظهور کامپیوترهای پرقدرت به حل این معادلات غیر خطی کمک کنند. اگر چه روش های عددی منجر به حل تقریبی برای این معادلات می شدند ولی محدودیت برای تعداد متغیرهای طراحی باعث یک مشکل اساسی شد. اواسط دهه ی ٦٠ با گسترش تکنیک های محاسباتی و روش های بهینه سازی ▪ مکانیزم ها این مشکل اساسی برطرف گردید.

فوائد بسیاری در بکارگیری روش های بهینه سازی مکانیزم ها وجود دارد. برای مثال: هیچ قیدی برای تعداد متغیرهای طراحی وجود ندارد بنابراین ویژگی هایی همچون قابلیت حرکت، زاویه ی انتقال و... را می توان فرمول بندی کرد و در معادله بعنوان پارامترهای طراحی محاسبه نمود. در قرن نوزدهم کمپ (١٨٧٦) و برمستر (١٨٨٨) سنتز ابعادی را در مسائل سینماتیک بکار گرفتند ولی در آن زمان پیشرفت کمی در این زمینه ایجاد گردید[1]. در قرن بیستم بعضی از محققان تلاش خود را در زمینه ی سنتز سینماتیکی با توجه به شاخه ی خاصی از مکانیزم بکار گرفتند. بعد از جنگ جهانی دوم هنگامی که صنعت به سرعت رشد نمود، تقاضا برای طراحی مکانیزم های خاص افزایش یافت. نیازهای جدید، مسائل طراحی را با استفاده از روش های قدیمی بسیار پیچیده و سخت نمود. در سال (١٩٥٤) لویتسکی و شاکوازیان روش حداقل مربعات را برای سنتز مکانیزم های فضایی RSSR معرفی کردند[2]، و در سال (١٩٥٥) فرودِنشتین یک روش تقریبی برای سنتز مکانیزم های صفحه ای چهارمیله ای برای تولید تابع معرفی کرد [3]. این دو کار موجب ایجاد عصر جدید ▪ سینماتیکی معروف به سینماتیک مدرن شدند.

معادلات معروف فرودنشتاین و معادلات ورودی – خروجی برای مکانیزم RRRR صفحه ای در سال (١٩٩٥) شکل گرفتند که بعدها برای سایر مکانیزم های صفحه ای گسترش یافتند و ایجاد یک رابطه ی کلیدی در سنتز سینماتیکی کردند[3]. بعد از این تحقیقات، فرودنشتین و سایرین بر روی یک روش سنتز،

معروف به سنتز با استفاده از نقطه ی دقت کار کردند و موفق شدند با استفاده از چند جمله ای های تقریبی حاصله از نقاط دقت این روش را معرفی کنند. اگرچه سنتز با استفاده از نقاط دقت برای مکانیزم های ساده مناسب می باشد، نواقصی همچون محدودیت تعداد متغیرهای طراحی و عدم کنترل بر روی قیود طراحی باعث عدم استفاده از این روش برای مکانیزم های پیچیده تر می گردد. اواسط دهه ٦٠، روش های بهینه سازی با بکارگیری برنامه های محاسباتی معرفی شدند و مسائل سنتز مکانیزم ها را کنترل نمودند (فاکس و ویلمرت ١٩٦٧)[4]. با افزایش پیشرفت در برنامه های محاسباتی بعد از جنگ جهانی دوم، کاربرد روش های بهینه سازی به سرعت افزایش یافت و پنجره ی جدیدی را برروی روش ها ی قدیمی سینماتیک باز نمود.

١-٣ محاسبات اولیه در بررسی مکانیزم ها:

تلاش محققان در مسائل مربوط به مکانیزم ها مربوط به دو بخش زیر می باشد:

١. رابطه ی بین متغیرهای ورودی و خروجی

٢. حرکت عضو واسطه

مورد اول مربوط به آنالیز تولید تابع می باشد و در مورد دوم بررسی تولید مسیر و هدایت جسم صلب در طراحی مکانیزم ها مورد بررسی قرار می گیرند. با بررسی بر روی خواص مکانیزم های چهار میله ای، سه مسئله ی عمده مرتبط با این مسائل می توان عنوان نمود.

١. قابلیت حرکتی: که امکان دوران هر یک از عضوهای ورودی یا خروجی را بررسی می کند. چنانچه عضوی قادر به دوران به اندازه ی 360° باشد بعنوان لنگ و در غیر اینصورت آونگ خواهد بود. و بر این اساس مکانیزم ها به ٤ دسته :لنگ- لنگ، لنگ- آونگ، آونگ- لنگ، آونگ- آونگ تقسیم بندی می گردند.

۲. بررسی شاخه: برای یک ورودی معین بیش از یک مقدار برای خروجی امکان پذیر می باشد یا به عبارت دیگر پیکربندی های متفاوتی برای یک موقعیت خاص می توان مونتاژ نمود. پس خاصیت شاخه بررسی پیکربندی های ممکن برای این موقعیت می باشد.

۳. انتقال نیرو و گشتاور: برای مکانیزم چهار میله ای این خاصیت مربوط به نیرو یا گشتاور انتقالی از عضو ورودی به عضو خروجی می باشد. به دلیل اینکه هر سه خاصیت ذکر شده به طور مستقیم به هندسه و ابعاد مکانیزم مربوط می شوند، باید در ابتدای فرآیند سنتز مورد توجه قرار گیرند.

۱-٤ تاریخچه ی بکارگیری بهینه سازی در مکانیزم ها

تکنیک حداقل مربعات که در آن بهینه سازی برای توابع هدفی که بصورت حاصل جمع مربعات خطا در فضای اقلیدسی در نظر گرفته می شود اولین بار توسط لویِستکی و شاکوازیان (۱۹٥٤) مطرح گردید [2]. در آن زمان این روش برای سنتز تابع تولید مکانیزم های فضایی (RSSR) و (RSSP) با استفاده از یک سیستم خطی برای معادلات و تعداد محدودی نقاط طراحی بکار گرفته شد.

سپس هان (۱۹٦٦) روش حداقل مربعات وزنی را با تعداد بیشتری از نقاط طراحی مطرح کرد [5]. او روش خود را با مثال هایی از سنتز تولید مسیر برای مکانیزم های صفحه ای توضیح داد. بعد از آن، لوئیس و جیری (۱۹٦۷) روش حداقل مربعات میرا شونده برای حل مسائل سنتز مسیر مکانیزم های صفحه ای را بکار گرفتند[6]. نال و هانت (۱۹۷۱) روشی را برای سنتز مسیر مکانیزم های چهار میله ای و شش میله ا ی بکار گرفتند، در حالی که سارکیسان، گوپتا و راس (۱۹۷۳) روش حداقل مربعات را برای پیدا نمودن مکان هندسی نقاط در یک صفحه ی متحرک که یک دایره را با حداقل خطا تقریب می زد پیشنهاد کردند [7]. روش حداقل مربعات که یک رابطه بین روش نیوتن و روش گرادیان است توسط چن و چان (۱۹۷٤) برای سنتز صفحه ای و فضایی تولید تابع مطرح شد[8]. مسائل سنتز با قیود تساوی (معادلات سازگار) نیز در آن زمان حل شدند. لو یستکی و سارکیسیان (۱۹٦۸) روش لاگرانژ را برای مسائل مقید و صفحه ای تولید تابع بکار گرفتند. هر چند آنها مقدار ضرب کننده در روش لاگرانژ را بر مبنای اینکه مقدار

این ضرائب بسیار کوچک است صفر در نظر گرفتند ولی این فرض عمومی نبود و می توانست منجر به نتایج کاملاً اشتباه گردد.

سوترلند و راس (۱۹۷۵) روشی را مطرح کردندکه بتواند این عیب را بر طرف کند [9]. آنها ثابت کردند که مقدار مطلق λi در λ ضرورتاً در حالت کلی مقدار ناچیزی نیست و با استفاده از تقریب تیلور، خطای ساختاری مکانیزم را مستقیماً در تابع هدف در نظر گرفتند و بر اساس آن تابع هدف را حل نمودند. آنها همچنین خطای مکانیکی را در یک رابطه و تابع هدف را بصورت یک تابع ترکیب شده در مسائل بهینه سازی در نظر گرفتند.

یک روش خطی توسط بگسی و لی (۱۹۷۵) در کنترل مسائل سنتز برای تولید مسیر و هدایت جسم صلب با رابطه ی حداقل مربعات بکار گرفته شد[10]. آنها با معرفی یک رابطه ی خطی که توصیف می کند حرکت عضو واسطه را با زاویه ی ورودی و زاویه ی بین عضو واسطه و خط مرجع، موفق به انجام این کار شدند. قیود سازگار نیز در شکل خطی بکار گرفته می شوند پس حل بهینه بطور مستقیم بدون نیاز به تکرار حاصل می گردد. این روش بعدها برای حل مسائل چهار میله ا ی تولید تابع و همچنین سنتز مسیر و هدایت جسم صلب مکانیزم های صفحه ای چند حلقه ای بکار گرفته شد. اما بحث از زمانی آغاز شد که مقاله ی سوتزرلند منتشر شد و در آن ادعا شد که فرضیات اولیه در روش خطی بگسی قابل پذیرش نمی باشد و با ارائه ی چند مثال، نادرستی مسائل با آن فرضیات را نشان داد. اما تحقیقات بر روی روش های خطی ادامه داشت(بگسی ۱۹۸۱) و تمام تلاش ها بر آن بود تا ثابت کند که روش ارائه شده همچنان از اعتبار برخوردار می باشد.

بعد از آن چنگ و گوپتا (۱۹۸۸) مقاله ی خود را منتشر کردند که در آن روشِ حداقل مربعات به دو بخش اساسی تقسیم می شد:

۱) بخش مستقیم، ۲) بخش تکراری و نشان دادند که روش خطی مربوط به بخش اول می باشد. آنها همچنین بیان داشتند که نقاط تکین معادلات نرمال شده و مقدار ضریب لاگرانژ بطور مستقیم بر کیفیت محاسبات اثر می گذارد.

تلاش بیشتر محققان برای روش حداقل مربعات توسط وایلد در سال ۱۹۸۲ گزارش شد [11]. او مسائل تولید تابع برای مکانیزم های صفحه ای را با استفاده از معادله ی فرودنشتین که از آنجا یک دسته معادلات خطی برای سنتز حاصل گردیدرا حل کرد.وایلد قابلیت روش حداقل مربعات را با روش نیوتن – رافسون مقایسه کرد و نتیجه گیری مطلوبی را نیز ارائه نمود.

۱-۵ فرمول بندی عمومی:

با بکار گرفتن برنامه های محاسباتی، مسئله ی بهینه سازی در حالت عمومی به شکل

$$\min_x z(x) \qquad (۱-۱)$$

می باشد با توجه به:

$$hi(x) = ۰ \qquad i = 1,....m' \qquad (۱-۲)$$

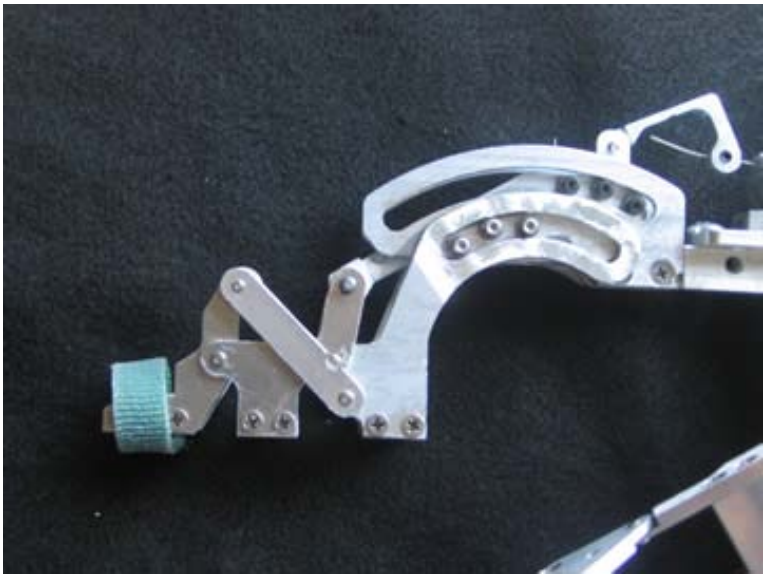
$$g_j(x) \le 0 \qquad i = 1,....m \qquad (۱-۳)$$

که x یک بردار n بعدی بعنوان پارامترهای طراحی بر اساس ابعاد مکانیزم تعریف می گردد. تابع هدف z(x) هم معمولاً بر اساس یک بردار نرمال در فضای اقلیدسی تعریف می گردد که بیانگر اختلاف بین نقاط دلخواه و نقاط واقعی بوده و در اثر حرکت مکانیزم بوجود می آید. توابع $hi(x)$ و $g_j(x)$ مربوط به شرایط طراحی و روابط هندسی است که توسط مکانیزم سنتز شده ارضا می شوند.این قیود برای مثال می توانند قابلیت حرکت، محدودیت طول عضو، محدودیت زاویه ی انتقال و... باشند. برای اغلب مسائل کاربردی، سنتز مکانیزم ها منجر به ایجاد شکل های غیر خطی برای قیود و تابع هدف می گردد. تکنیک های بهینه سازی بسیاری بسته به نوع مسئله برای سنتز مکانیزم های مختلف بکار گرفته می شود.

۱-٦ کاربرد مکانیزم های چهار میله ای در صنعت

شکل۱-۱ مکانیزم محرک تیغه

همانطور که شکل ۱-۱ دیده می شود، این مدل از ۳ بازوی چرخشی تشکیل شده است که هر یک از این بازوها تشکیل شده از یک مکانیزم چهار میله ای هستند و باعث حرکت تیغه از طریق ایجاد یک حرکت دورانی حول محور می گردند. در مکانیزم های چهار میله ای متصل به هم، چرخش یک عضو باعث دوران عضو دیگر می شود. این مکانیزم شبیه مکانیزم تیغه ی چرخشی با استفاده از بخار برای کشتی می باشد. همچنین برای مکانیزم های چرخ آبی نیز بکار گرفته می شود البته در کاربردهای جدید با کمی تغییر این مکانیزم را برای چرخش پره های هلیکوپتر نیز بکار می گیرند.



شکل ۱-۲ مکانیزم انگشت دست

مکانیزم انگشت دست همانطور که در شکل(2-1) مشاهده می کنید از ۲ مکانیزم ٤ میله ای پی درپی تشکیل شده است. بکارگیری دو مکانیزم متوالی باعث کاهش تعداد عملگرهای مورد نیاز شده و افزایش تحمل انگشت برای گرفتن شیء و انتقال نیرو را در پی خواهد داشت.

شکل ۱-۳ مکانیزم چهار میله ای معلّق

مکانیزم ٤ میله ای معلّق که در شکل(۱-۳) نشان داده شده است، تحت عناوین مختلف شناخته می شود مثلاً با نام های مکانیزم ٤ میله ای تغییر پذیر یا مکانیزم آونگی تک محوره این مکانیزم برای ساخت دو چرخه های انعطاف پذیر کاربرد گسترده ای دارد و در آن محور چرخ عقب بر روی بازوی معلق می نشیند.