زندگی صحنه یکتای، هنرمندی ماست

هر کسی نغمه خود خواند و از صحنه رود

صحنه پیوسته تجاست

خرم آن نغمه که مردم بسپارند به یاد

عنوان پایان نامه:

طراحی مکانیزم چهار میله ای با درنظر گرفتن اثر لقی بدون عیب شاخه ای و مداری

جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

مهندسی مکانیک- طراحی کاربردی

استاد راهنما:

دکتر حمید رضا محمدی دانیالی

استاد مشاور:

مهندس میر مجتبی واردی کولایی

نگارش:

آرش سردشتی

بهمن ماه ۱۳۹۰

تقدیم به سرمایه های زندگی ام

پدر عزیز

و

مادر مهربانم

تشکر و قدردانی

این تحقیق، به واسطه راهنمایی های جناب آقای دکتر محمدی دانیالی و جناب آقای مهندس واردی در قالب پایان نامه کارشناسی ارشد اینجانب انجام شده است. برخود لازم می دانم از این دو استاد بزرگوار به واسطه راهنمایی های ارزشمندشان تشکر و قدردانی نمایم.

فهرست مطالب

چکیده	*i*
فهرست مطالب	*ii*
فهرست اشکال	*v*
فهرست جداول	*ix*
نمادها (علائم)	*x*
فصل اول- مقدمه	**۱**
۱-۱- مکانیزم	۲
۱-۲- مکانیزم چهار میله ای	۲
۱-۲-۱- طراحی مکانیزم چهار میله ای	۲
۱-۳- فرآیند بهینه سازی	۴
۱-۳-۱- تابع جریمه	۶
۱-۴- اصلاح حل	۸
۱-۴-۱- عیب شاخه ای	۹
۱-۴-۲- عیب مداری	۹
۱-۵- علل ایجاد انحراف یا خطا در یک مکانیزم	۱۱
۱-۶- لقی	۱۲
۱-۷- ادبیات موضوع	۱۲
۱-۷-۱- مدل کردن لقی مفصل	۱۳
۱-۷-۲- تحقیقات روی لقی مفاصل	۱۴
۱-۸- سازمان پایان نامه	۱۵
فصل دوم- طراحی مکانیزم تولید مسیر	**۱۶**
۲-۱- مکانیزم تولید مسیر	۱۷
۲-۲- تحلیل مکانیزم چهار میله ای برای حالت بدون لقی	۱۷
۲-۳- تحلیل مکانیزم چهار میله ای برای حالت یک لقی	۱۹
۲-۴- تحلیل مکانیزم چهار میله ای برای حالت دو لقی	۲۲

۲-۵- تحلیل مکانیزم چهار میله ای برای حالت سه لقی ۲۵
۲-۶- تحلیل مکانیزم چهار میله ای برای حالت چهار لقی ۲۹
۲-۷- متغییر های مستقل طراحی ۳۲
۲-۷-۱- طراحی مکانیزم چهار میله ای تولید مسیر با n نقطه دقت ۳۲
۲-۷-۲- تابع هدف ۳۲
۲-۷-۳- قیود ۳۳
۲-۸- فرآیند بهینه سازی ۳۶
۲-۹- بررسی دینامیکی مکانیزم ۳۶
۲-۱۰- نتایج ۳۹
۲-۱۰-۱- طراحی مکانیزم تولید مسیر با بیست نقطه هدف ۳۹
۲-۱۰-۲- طراحی مکانیزم تولید مسیر با پنج نقطه دقت ۴۹
فصل سوم- طراحی مکانیزم تولید تابع ۵۹
۳-۱- مکانیزم تولید تابع ۶۰
۳-۲- بدست آوردن روابط برای حالت بدون لقی ۶۰
۳-۳- بدست آوردن روابط برای حالت یک لقی ۶۱
۳-۴- بدست آوردن روابط برای حالت دو لقی ۶۲
۳-۵- بدست آوردن روابط برای حالت سه لقی ۶۳
۳-۶- بدست آوردن روابط برای حالت چهار لقی ۶۴
۳-۷- متغییر های مستقل طراحی ۶۵
۳-۷-۱- طراحی مکانیزم تولید تابع با n نقطه دقت ۶۵
۳-۷-۲- تابع هدف ۶۵
۳-۷-۳- قیود ۶۵
۳-۸- فرآیند بهینه سازی ۶۵
۳-۹- بررسی دینامیکی مکانیزم ۶۶
۳-۱۰- نتایج ۶۸
۳-۱۰-۱- طراحی مکانیزم تولید تابع با بیست نقطه دقت ۶۸
۳-۱۰-۲- طراحی مکانیزم تولید تابع با سه نقطه دقت ۷۸
فصل چهارم- نتیجه گیری و پیشنهادات ۸۸

۴-۱- نتایج مسایل تولید مسیر ۸۹
۴-۲- نتایج مسایل تولید تابع ۹۰
۴-۳- پیشنهادات کارهای آینده ۹۲
منابع و مراجع ۹۳

فهرست اشکال

شکل ۱-۱- مکانیزم چهار میله ای تولید مسیر ۳
شکل ۱-۲- مکانیزم چهار میله ای تولید تابع ۴
شکل ۱-۳- عیب شاخه ای در مکانیزم چهار میله ای ۹
شکل ۱-۴- عیب مداری در مکانیزم چهار میله ای ۱۰
شکل ۱-۵- (a) عضو لقی معادل (b) مدل لقی مفصل ۱۳
شکل ۲-۱- مکانیزم چهار میله ای تولید مسیر در حالت یک لقی ۱۹
شکل ۲-۲- مدل سینماتیکی مکانیزم چهار میله ای تولید مسیر در حالت یک لقی ۲۰
شکل ۲-۳- مکانیزم چهار میله ای تولید مسیر در حالت دو لقی ۲۲
شکل ۲-۴- مدل سینماتیکی مکانیزم چهار میله ای تولید مسیر در حالت دو لقی ۲۳
شکل ۲-۵- مکانیزم چهار میله ای تولید مسیر در حالت سه لقی ۲۶
شکل ۲-۶- مدل سینماتیکی مکانیزم چهار میله ای تولید مسیر در حالت سه لقی ۲۶
شکل ۲-۷- مکانیزم چهار میله ای تولید مسیر در حالت چهار لقی ۲۹
شکل ۲-۸- مدل سینماتیکی مکانیزم چهار میله ای تولید مسیر در حالت چهار لقی ۲۹
شکل-۲-۹- الگوریتم طراحی مکانیزم تولید مسیر ۳۵
شکل ۲-۱۰- دیاگرام آزاد مکانیزم چهار میله ای تولید مسیر ۳۷
شکل ۲-۱۱- نمودار مسیر تولید شده توسط نقطه P از عضو واسط در مساله طراحی تولید مسیر با بیست نقطه دقت ۴۳
شکل ۲-۱۲- نمودار خطای مسیر تولید شده توسط نقطه P از عضو واسط در مساله طراحی تولید مسیر با بیست نقطه دقت ۴۴
شکل ۲-۱۳- نمودار زاویه لقی بین عضو ثابت (زمین) و عضو ورودی در مساله طراحی تولید مسیر بیست نقطه دقت ۴۴
شکل ۲-۱۴- نمودار زاویه لقی بین عضو ورودی و عضو واسط در مساله طراحی تولید مسیر بیست نقطه دقت ۴۵
شکل ۲-۱۵- نمودار زاویه لقی بین عضو واسط و عضو پیرو در مساله طراحی تولید مسیر بیست نقطه دقت ۴۵
شکل ۲-۱۶- نمودار زاویه لقی بین عضو پیرو و عضو ثابت در مساله طراحی تولید مسیر بیست نقطه دقت ۴۶
شکل ۲-۱۷- نمودار قید عیب شاخه ای در مساله طراحی تولید مسیر بیست نقطه دقت ۴۶

شکل ۲-۱۸- نمودار قید عیب مداری در مساله طراحی تولید مسیر بیست نقطه دقت ۴۷
شکل ۲-۱۹- نمودار همگرایی پاسخ ها بر حسب تعداد تکرار در روش اجتماع ذرات در حالت طراحی بدون لقی در مساله طراحی تولید مسیر بیست نقطه دقت ۴۷
شکل ۲-۲۰- نمودار مسیر تولید شده توسط نقطه P از عضو واسط در مساله طراحی تولید مسیر بیست نقطه دقت در حالت های واقعی ۴۸
شکل ۲-۲۱- نمودار خطای مسیر تولید شده توسط نقطه P از عضو واسط در مساله طراحی تولید مسیر با بیست نقطه دقت در حالت های واقعی ۴۹
شکل ۲-۲۲- - نمودار مسیر تولید شده توسط نقطه P از عضو واسط در مساله طراحی تولید مسیر با پنج نقطه دقت ۵۲
شکل ۲-۲۳ نمودار خطای مسیر تولید شده توسط نقطه P از عضو واسط در مساله طراحی تولید مسیر با پنج نقطه دقت ۵۳
شکل ۲-۲۴- نمودار زاویه لقی بین عضو ثابت (زمین) و عضو ورودی در مساله طراحی تولید مسیر پنج نقطه دقت ۵۳
شکل ۲-۲۵- نمودار زاویه لقی بین عضو ورودی و عضو واسط در مساله طراحی تولید مسیر پنج نقطه دقت ۵۴
شکل ۲-۲۶- نمودار زاویه لقی بین عضو واسط و عضو پیرو در مساله طراحی تولید مسیر پنج نقطه دقت ۵۴
شکل ۲-۲۷- نمودار زاویه لقی بین عضو پیرو و عضو ثابت در مساله طراحی تولید مسیر پنج نقطه دقت ۵۵
شکل ۲-۲۸- نمودار قید عیب شاخه ای در مساله پنج نقطه طراحی تولید مسیر دقت ۵۵
شکل ۲-۲۹- نمودار قید عیب مداری در مساله طراحی تولید مسیر پنج نقطه دقت ۵۶
شکل ۲-۳۰- نمودار همگرایی پاسخ ها بر حسب تعداد تکرار در روش اجتماع ذرات در حالت طراحی با سه لقی در مساله طراحی تولید مسیر پنج نقطه دقت ۵۶
شکل ۲-۳۱- نمودار مسیر تولید شده توسط نقطه P از عضو واسط در مساله طراحی تولید مسیر پنج نقطه دقت در حالت های واقعی ۵۷
شکل ۲-۳۲- نمودار خطای مسیر تولید شده توسط نقطه P از عضو واسط در مساله طراحی تولید مسیر با پنج نقطه دقت در حالت های واقعی ۵۸
شکل ۳-۱- مکانیزم چهار میله ای تولید تابع در حالت یک لقی ۶۱
شکل ۳-۲- مکانیزم چهار میله ای تولید تابع در حالت دو لقی ۶۲

شکل ۳-۳- مکانیزم چهار میله ای تولید تابع در حالت سه لقی ۶۳
شکل ۳-۴- مکانیزم چهار میله ای تولید تابع در حالت چهار لقی ۶۵
شکل ۳-۵- دیاگرام آزاد مکانیزم چهار میله ای تولید تابع ۶۷
شکل ۳-۶- نمودار زوایای واقعی (تولید شده) و زوایای مطلوب عضو پیرو نسبت به زوایای عضو ورودی در مساله طراحی تولید تابع بیست نقطه دقت ۷۲
شکل ۳-۷- نمودار خطای زوایای واقعی (تولید شده) نسبت به زوایای مطلوب عضو پیرو بر حسب زوایای ورودی در مساله طراحی تولید تابع بیست نقطه دقت ۷۳
شکل ۳-۸- نمودار زاویه لقی بین عضو ثابت (زمین) و عضو ورودی در مساله طراحی تولید تابع بیست نقطه دقت ۷۴
شکل ۳-۹- نمودار زاویه لقی بین عضو ورودی و عضو واسط در مساله طراحی تولید تابع بیست نقطه دقت ۷۴
شکل ۳-۱۰- نمودار زاویه لقی بین عضو واسط و عضو پیرو در مساله طراحی تولید تابع بیست نقطه دقت ۷۵
شکل ۳-۱۱- نمودار زاویه لقی بین عضو پیرو و عضو ثابت (زمین) در مساله طراحی تولید تابع بیست نقطه دقت ۷۵
شکل ۳-۱۲- نمودار قید عیب شاخه ای در مساله طراحی تولید تابع بیست نقطه ۷۶
شکل ۳-۱۳- نمودار قید عیب مداری در مساله طراحی تولید تابع بیست نقطه ۷۶
شکل ۳-۱۴- نمودار همگرایی پاسخ ها بر حسب تعداد تکرار در روش اجتماع ذرات در حالت طراحی بدون لقی در مساله طراحی تولید تابع بیست نقطه ۷۷
شکل ۳-۱۵- نمودار زوایای واقعی (تولید شده) و زوایای مطلوب عضو پیرو نسبت به زوایای عضو ورودی در حالت های واقعی در مساله طراحی تولید تابع بیست نقطه ۷۸
شکل ۳-۱۶- نمودار خطای زوایای واقعی (تولید شده) نسبت به زوایای مطلوب عضو پیرو بر حسب زوایای عضو ورودی در مساله طراحی تولید تابع بیست نقطه ۷۸
شکل ۳-۱۷- زوایای واقعی (تولید شده) و زوایای مطلوب عضو پیرو نسبت به زوایای عضو ورودی در مساله طراحی تولید تابع سه نقطه ۸۱
شکل ۳-۱۸- نمودار خطای زوایای واقعی (تولید شده) نسبت به زوایای مطلوب عضو پیرو در مساله طراحی تولید تابع سه نقطه ۸۲
شکل ۳-۱۹- نمودار زاویه لقی بین عضو ثابت (زمین) و عضو ورودی در مساله طراحی تولید تابع سه نقطه ۸۲

شکل ۳-۲۰- نمودار زاویه لقی بین عضو ورودی و عضو واسط در مساله طراحی تولید تابع سه نقطه ۸۳
شکل ۳-۲۱- نمودار زاویه لقی بین عضو واسط و عضو پیرو در مساله طراحی تولید تابع سه نقطه ۸۳
شکل ۳-۲۲- نمودار زاویه لقی بین عضو پیرو و عضو ثابت (زمین) در مساله طراحی تولید تابع سه نقطه ۸۴
شکل ۳-۲۳- نمودار قید عیب شاخه ای در مساله طراحی تولید تابع سه نقطه ۸۴
شکل ۳-۲۴- نمودار قید عیب مداری در مساله طراحی تولید تابع سه نقطه ۸۵
شکل ۳-۲۵- نمودار همگرایی پاسخ ها بر حسب تعداد تکرار در روش اجتماع ذرات در حالت طراحی بدون لقی در مساله طراحی تولید تابع سه نقطه ۸۶
شکل ۳-۲۶- زوایای واقعی (تولید شده) و زوایای مطلوب عضو پیرو نسبت به زوایای عضو ورودی در مساله طراحی تولید تابع سه نقطه ۸۷
شکل ۳-۲۷- نمودار خطای زوایای تولید شده توسط نقطه P از عضو واسط بر حسب زوایای ورودی در مساله طراحی تولید تابع سه نقطه ۸۷

فهرست جداول

جدول ۲-۱- طراحی تولید مسیر برای بیست نقطه دقت ۴۰

جدول ۲-۲- طراحی تولید مسیر برای پنج نقطه دقت ۵۰

جدول ۳-۱- طراحی تولید تابع برای بیست نقطه دقت ۶۹

جدول ۳-۲- طراحی تولید تابع برای پنج نقطه دقت ۷۸

نمادها (علائم):

در این پایان نامه، از پارامترهای زیر استفاده شده است:

a_i = **طول عضو** i

AP = **طول یکی از اضلاع مثلث واسط**

m_i = **جرم عضو** i

β = **زاویه مثلث عضو واسط**

λ = **زاویه مثلث عضو واسط**

θ_i^{jc} = **زاویه عضو** i **جهت** j **لقی**

K_i = **پارامتر نشان دهنده ی مرکز جرم عضو** i

r_i = **شعاع لقی در مفصل** i

α_i = **زاویه لقی در مفصل** i

$x_{G_i}^{jc}$ = **مرکز جرم عضو** i **در حالت** j **لقی در جهت** x

$y_{G_i}^{jc}$ = **مرکز جرم عضو** i **در حالت** j **لقی در جهت** y

$\dot{x}_{G_i}^{jc}$ = **سرعت خطی مرکز جرم عضو** i **در حالت** j **لقی در جهت** x

$\dot{y}_{G_i}^{jc}$ = **سرعت خطی مرکز جرم عضو** i **در حالت** j **لقی در جهت** y

$\ddot{x}_{G_i}^{jc}$ = **شتاب خطی مرکز جرم عضو** i **در حالت** j **لقی در جهت** x

$\ddot{y}_{G_i}^{jc}$ = **شتاب خطی مرکز جرم عضو** i **در حالت** j **لقی در جهت** y

$\dot{\theta}_i^{jc}$ = **سرعت زاویه ای عضو** i **در حالت** j **لقی**

$\ddot{\theta}_i^{jc}$ = شتاب زاویه ای عضو ***i*** در حالت ***j*** لقی

P_x^{jc} = مختصات طول نقطه ای از عضو واسط در حالت ***j*** لقی

P_y^{jc} = مختصات عرض نقطه ای از عضو واسط در حالت ***j*** لقی

I_{G3} = ممان اینرسی عضو واسط نسبت به مرکز جرمش

I_B = ممان اینرسی عضو پیرو نسبت به محور گذرنده ی ***B***

F_{xij} = نیروی مفصلی عضو ***i*** به عضو ***j*** در جهت ***x***

F_{yij} = نیروی مفصلی عضو ***i*** به عضو ***j*** در جهت ***y***

چکیده

مکانیزم های چهار میله ای جزء دسته مکانیزم های ساده ولی مهم و کاربردی طبقه بندی می شوند. همچنین طراحی مکانیزم چهار میله ای تولید مسیر و تولید تابع نیز جزء مسایل مهم و سخت می باشند. در طراحی سینماتیکی، مکانیزم ها معمولاً از لحاظ هندسی ایده آل فرض می شوند و بدون لقی مفاصل مورد مطالعه و بررسی قرار داده می شوند. اما در عمل، لقی مفاصل برای مکانیزم به علت اجازه حرکت نسبی دو عضو متصل به هم لازم است. در گذشته، تحقیقات زیادی در مورد اثر لقی مفاصل صورت گرفته است، با این حال عیب های شاخه ای و مداری در طراحی مکانیزم تولید مسیر و تولید تابع در حضور لقی مورد بررسی قرار نگرفته است. دانش و اطلاعات در مورد عیوب ذکر شده، طراح را قادر می سازد که مکانیزم بدون عیبی طراحی کند. در این پایان نامه، طراحی مکانیزم چهار میله ای با در نظر گرفتن یک، دو، سه و تمام مفصل ها با لقی ارائه می شود. لقی مفصل به عنوان یک عضو مجازی در نظر گرفته می شود و جهت آن به وسیله جهت نیروهای مفصلی مشخص می شود. برنامه بهینه سازی اجتماع ذرات برای حل این مساله غیرخطی مقید مورد استفاده قرار گرفته می شود. تعدادی مثال از طراحی های بهینه برای موارد مختلف یعنی مکانیزم چهار میله ای با لقی در یک، دو، سه و تمام مفاصل و بدون لقی مفصل ارائه شده است. سرانجام، این طراحی های بهینه با حالت های واقعی مقایسه می شوند. نتایج طراحی ها به روشنی نشان می دهد که طراحی مکانیزم های چهار میله ای تولید مسیر و تولید تابع در حضور لقی منجر به نتایج دقیق تری می شوند.

کلید واژه: لقی مفاصل، طراحی مکانیزم چهار میله ای، مکانیزم تولید مسیر، مکانیزم تولید تابع، الگوریتم اجتماع ذرات

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مکانیزم[1]

به ترتیب قرار گرفتن اجزای یک ماشین که حرکت خاصی را تولید کنند، مکانیزم گفته می شود [۱]. یکی از انواع مکانیزم ها، مکانیزم صفحه ای با مفاصل چرخشی است که به دلیل اطمینان از عملکردشان، کاربرد وسیعی در ماشین ها دارند، در اینگونه مکانیزم ها، عضو[2]های مکانیزم نیروهای متفاوتی را به یکدیگر وارد می کنند و در قسمت های مختلف مهندسی مکانیک برای انتقال حرکت و انرژی از یک یا چند ورودی به یک یا چند خروجی، کاربرد گسترده ای دارند[۲].

۱-۲- مکانیزم چهار میله ای[3]

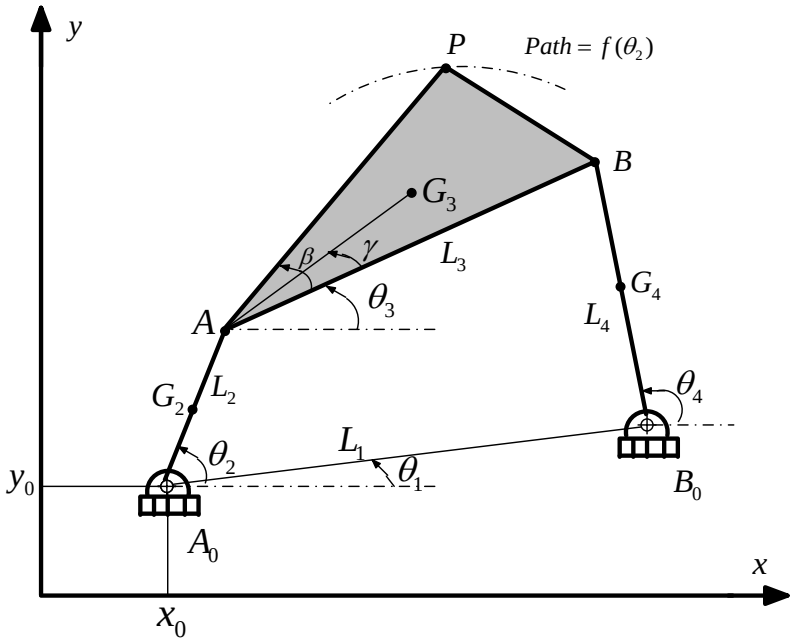
مکانیزم های چهار میله ای جزء دسته مکانیزم های ساده ولی مهم طبقه بندی می شوند [۱]. مسایل مربوط به این نوع مکانیزم دو دسته طراحی مکانیزم و تجزیه و تحلیل مکانیزم را در بر می گیرد، که معمولاً هر کدام از دو دسته ذکر شده، خود به دو بخش تولید تابع[4] و تولید مسیر[5] تقسیم می شوند [۳-۴].

تحلیل یک مکانیزم به فرآیند ترکیب پارامتری عناصر یک مکانیزم گفته می شود که کار خاصی را انجام دهد به عبارت دیگر تحلیل مکانیزم شامل مقادیری از پارامتر ها می شود که فضای طراحی را توضیح می دهد [۱].

۱-۲-۱- طراحی مکانیزم

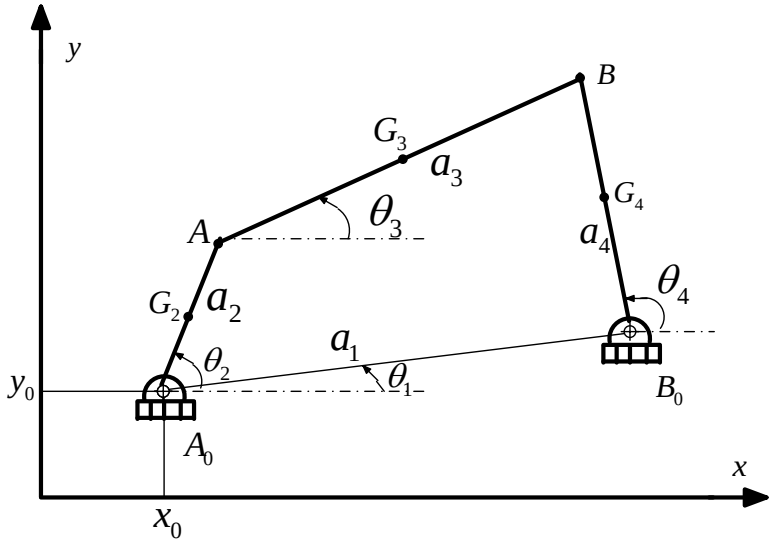
1 - Mechanism
2 - Link
3 – Four bar mechanism
4 – Function generation
5 – Path generation

همانطور که در شکل ۱-۱ نشان داده شده است، طراحی مکانیزم تولید مسیر یعنی دادن یک تکه از مسیر معین و پیدا کردن ابعاد مکانیزمی که یک نقطه از عضو واسط[۶] آن از این مسیر معین عبور کند، یک تکه مسیر به عنوان مجموعه ای از نقاط داده می شود [۱] و همچنین همانطور که در شکل ۱-۲ نشان داده شده است طراحی مکانیزم تولید تابع یعنی دادن تعدای از جفت زوایای عضوهای ورودی و خروجی و پیدا کردن ابعاد مکانیزمی که عضوهای ورودی و خروجی آن، از این جفت زوایا عبور کنند. طراحی مکانیزم چهار میله ای برای تولید یک مسیر خاص یا طراحی مکانیزم تولید تابع برای عبور از جفت زوایای دلخواه، جزء مسایل سخت محسوب می شوند [۱].



شکل ۱-۱- مکانیزم چهار میله ای تولید مسیر

6 - Coupler



شکل ۱-۲- مکانیزم چهار میله ای تولید تابع

۱-۳- فرآیند بهینه سازی[۷]

طراحی و تجزیه و تحلیل مکانیزم چهار میله ای تولید مسیر، موضوعی بوده که در پنجاه سال اخیر همواره مورد مطالعه قرار گرفته است. شمار زیادی از تحقیقات، روی این موضوع با روش های گوناگون صورت گرفته است. مساله طراحی مکانیزم تولید مسیر چهار میله ای شامل بدست آوردن ابعاد مکانیزم با توجه به گذشتن نقطه ای از عضو واسط از خط مسیر دلخواه یا نقاط هدف مورد نظر است. در مسایل طراحی تولید مسیر، حل های تحلیلی، تا نه نقطه دقت را جواب دقیق می دهند و برای بیش از نه نقطه جواب دقیق وجود ندارد که در این موارد باید با یک خطای قابل قبول بین منحنی داده شده و مسیر طی شده توسط عضو واسط، مساله را حل کرد [۱]. بنابراین این نوع مسایل به روش های متنوع عددی حل می شوند که در طول چند سال اخیر، این نوع مسایل بوسیله ی تعداد زیادی روش و تکنیک های مختلف [۵] مانند پیوستگی [۶ و۷]، برنامه ریزی غیر خطی هدف [۸-۹]،

1 – Optimization procedure