

طراحی ربات پوشیدنی کمک حرکتی برای دست

با توجه به آسیب‌های مختلف که در اثر فعالیت‌های ورزشی و یا سکتی برای افراد پیش می‌آید و نیاز به درمان‌های توانبخشی پیدا می‌کنند وجود ربات پوشیدنی احساس می‌شود. در این مقاله به طراحی یک ربات کمک حرکتی پرداخته شده است که متشکل از یک مکانیزم شش میله‌ای می‌باشد. این مکانیزم دارای یک درجه آزادی می‌باشد و برای انجام حرکت رادیال/ اولنار مچ دست مورد استفاده قرار می‌گیرد و به صورت موازی با بدن شخص حرکت می‌کند. طراحی ربات به گونه‌ای است که ابعاد ربات متناسب با دست بیمار خواهد بود و همچنین حرکت طبیعی دست را فراهم می‌کند. در این مقاله ابتدا با انجام آزمایش مسیر حرکت دست برای انجام حرکت رادیال/ اولنار به دست آمده و سپس مکانیزم مناسب انتخاب شده و به تحلیل موقعیت مفصل‌های محرک پرداخته شده است. از آنجایی که این ربات پوشیدنی می‌باشد برای کاهش خطای حرکت بین دست و ربات و با توجه به محدودیت‌هایی که وجود دارد مسئله بهینه‌سازی مطرح شده است و در نهایت ربات از نظر دینامیکی مورد بررسی قرار گرفته است.

سیده مرضیه سیدآقامیری^۱

دانشجوی کارشناسی ارشد

حسن ظهور^۲

استاد

واژه‌های راهنما: ربات پوشیدنی، حرکت رادیال/ اولنار، مکانیزم شش میله

۱- مقدمه

اولین کاربرد عملی ربات‌های اگزواسکتون افزایش ظرفیت حمل بار توسط سربازان و همچنین کمک به راه رفتن در مسافت‌های طولانی بود. پس از تحقق عملکرد باور نکردنی اگزواسکتون در این زمینه، محققان از این تکنولوژی در زمینه پزشکی به منظور بهبود توانایی‌های فیزیکی افراد از طریق تکنیک‌هایی مانند توانبخشی استفاده کردند [۱]. بنابر تحقیقات انجام شده آسیب‌هایی از قبیل جراحات‌های وارده به قسمت مرکزی یا جانبی سیستم عصبی منجر به از کار افتادگی اندام فوقانی (ناتوانی در حرکت ارادی یک عضله یا گروهی از عضلات) می‌شود. علت این صدمات، سکتی مغزی، اتفاقات ناگوار در ورزش و رانندگی یا حوادث شغلی می‌باشد. بر اساس انجمن ملی سکتی مغزی ایالات متحده^۳، حدود ۸۰٪ از نجات یافتگان سکتی مغزی دچار همی‌پلژی^۴ می‌شوند که باعث ضعف یا ناتوانی در حرکت یک طرف بدن می‌شود.

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد مکترونیک، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
^۲ استاد، قطب علمی طراحی، رباتیک و اتوماسیون دانشگاه شریف، عضو پیوسته فرهنگستان علوم ج. ا. | zohoor@sharif.edu

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۹/۱۶، تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۲/۰۷

^۳ The US National Stroke Association

^۴ Hemiparesis

اسپاسم روی ۴۰٪ از نجات یافتگان سکنه مغزی اثر می‌گذارد که باعث سفت و محکم شدن ماهیچه‌ها می‌شود و حرکت را محدود می‌کند. درمان اولیه برای این موارد توانبخشی است. درموردی که توانبخشی میسر باشد، توانبخشی شامل ساعت‌های زیاد و روش‌های ماهرانه است. تعداد افرادی که قادر به ارائه چنین خدماتی برای پوشش تمام بیمارانی که نیاز به کمک دارند ناکافی است و همچنین روند بهبود برای افراد مختلف بسیار متفاوت می‌باشد، درحالی که برخی افراد نسبتاً به سرعت بهبود می‌یابند، این روند برای دیگران می‌تواند زمان طولانی داشته باشد و یا حتی یک فرایند مادام‌العمر باشد.

بسیاری از تحقیقات نشان داده‌اند که ربات‌های توانبخشی می‌توانند در بهبود کارکرد بازو بعد از سکنه مغزی مفید واقع شوند [۲]. ربات پوشیدنی برای کمک به حرکت افرادی که از نظر جسمی ضعیف هستند مانند افراد مسن، مجروح یا افراد ناتوان مورد استفاده قرار می‌گیرد. حرکت اندام فوقانی (حرکات شانه، آرنج و مچ دست) از اهمیت بیشتری برای انجام فعالیت روزانه برخوردار هستند. در سال‌های اخیر طراحی‌های مکانیکی مختلفی ارائه شده است [۳].

پری^۱ و روزن^۲ ربات پوشیدنی هفت درجه آزادی فعال آنتروپومتری به نام EXO-7 را طراحی کردند. EXO-7 با توجه به اندازه‌های بدن انسان طراحی شد. این طراحی می‌تواند با درست قراردادن مجموعه محورها در مچ دست بهبود پیدا کند. در EXO-7، از اتصال‌های باز شونده ربات - انسان، به جای طراحی‌های ربات پوشیدنی [۴،۵،۶،۷] که از اتصال‌های بسته استفاده می‌کنند که به طور کامل بازو را محصور می‌کنند، به وجود می‌آید. بنابراین کاربر به راحتی می‌تواند لباس را بپوشد [۸].

بی^۳ و همکاران ربات هفت درجه آزادی ارائه دادند که حرکات اداکشن/ اداکشن و فلکشن/ اکستنشن شانه، فلکشن/ اکستنشن آرنج و سوپینیشن/ پرونیشن ساعد و انحراف رادیال/ اولنار و فلکشن/ اکستنشن مچ را دارد. اگزواسکتون ایجاد شده سازگار با حرکت طبیعی بازو و فضای کاری کاربر می‌باشد. محور چرخش مفصل مچ در خط بین کاپیتیت و لونیت استخوان‌های کارپوس قرار دارد که اجازه آموزش ارگونومیک حرکات طبیعی دست را می‌دهد [۹]. سجادی و همکاران یک ربات توانبخشی ارتز برای مچ دست ارائه دادند. این ربات دارای سه درجه آزادی می‌باشد که شبیه به مفصل مچ دست انسان است. این ساختار دارای یک پایه اتوماتیک است که باعث می‌شود ربات برای هر دو دست مناسب باشد [۱۰].

فقیهی و همکاران ربات پوشیدنی برای مچ دست را طراحی کردند. این ربات دارای سه درجه آزادی که شامل فلکشن/ اکستنشن، رادیال/ اولنار و سوپینیشن/ پرونیشن است و بر اساس محورهای آناتومی بدن می‌باشد. چهار استپر موتور مسئول ایجاد حرکت هستند. اگزواسکتون می‌تواند برای توانبخشی عصبی و همچنین بعد از عمل مچ دست و ساعد مورد استفاده قرار گیرد. هر موتور اینکودر جداگانه برای اندازه گیری زاویه و موقعیت و فرستادن بازخورد به کنترلر دارد. هدف از این طراحی ایجاد رباتی قابل اعتماد است که قوی و قابل استفاده برای تست بالینی می‌باشد [۱۱].

¹Perry

²Rosen

³Ye

پزنت و همکاران اگزواسکتونی طراحی کردند که دارای عملکرد مطلوب از لحاظ دامنه حرکت، خروجی گشتاور، اصطکاک و پهنای باند موقعیت حلقه بسته در مقایسه با دستگاه های موجود می باشد [۱۲].

آقامیری و ظهور ربات پوشیدنی کمک حرکتی و توانبخشی چهار درجه آزادی هایبیرید را برای حرکت سوپینیشن/ پرونیشن ساعد و فلکشن/ اکستنشن و رادیال/ اولنار مچ دست طراحی کرده اند که قابل حمل می باشد و دارای اتصالات بازشونده است. این ربات متشکل از یک مکانیزم شش میله می باشد [۱۳].

اکثر ربات های طراحی شده به دلیل داشتن درجات آزادی زیاد سنگین می باشند و در محیط آزمایشگاه مورد استفاده قرار می گیرند و آفست بین دو محور فلکشن/ اکستنشن با رادیال/ اولنار که حدود ۵ میلیمتر می باشد را در نظر نگرفته اند و همچنین برای انجام حرکات و چرخش دست شخص باید اهرمی را در دست خود بگیرد بنابراین امکان انجام کاری را با دست خود ندارد. با توجه به آنکه عده کمی از بیماران هستند که هر هفت درجه آزادی دست آنها دچار مشکل شده باشد بنابراین در این مقاله مکانیزم شش میله ای برای انجام حرکت رادیال/ اولنار در نظر گرفته شده است که حرکتی مشابه حرکت طبیعی دست برای شخص ایجاد می کند. و از آنجایی که این ربات بر پشت دست شخص قرار می گیرد امکان انجام کارهای روزانه را برای شخص میسر می کند. این ربات می تواند برای توانبخشی و همچنین بعد از عمل مچ دست مورد استفاده قرار گیرد.

۲- انتخاب مکانیزم و تحلیل سینماتیک و دینامیک ربات

در ابتدا با انجام آزمایش مسیر حرکت دست برای انجام حرکت رادیال/ اولنار به دست آمده است و سپس مکانیزم مناسب انتخاب شده و از نظر سینماتیک و دینامیک مورد بررسی قرار گرفته است.

۲-۱- انتخاب مکانیزم

با انجام آزمایش، موقعیت نقاط مشخص شده در شکل (۱) برای انجام حرکت رادیال/ اولنار به دست آمده و نمودار مربوط به موقعیت هر کدام از نقاط در شکل (۲) مشخص شده است. نقطه OA به عنوان مبدا مختصات در نظر گرفته شده است.

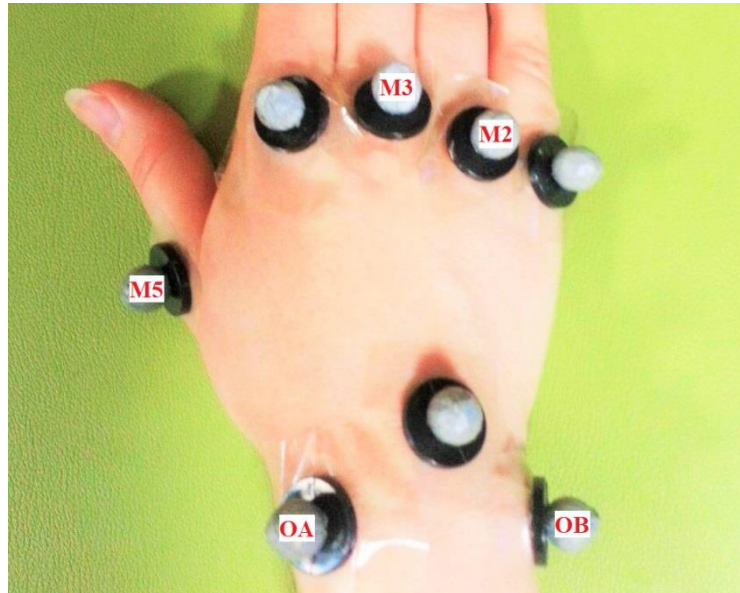
با در نظر گرفتن انواع مختلف مکانیزم ها و آناتومی دست و همچنین شکل دوران دست برای انجام حرکت رادیال/ اولنار در صفحه، مکانیزم های مختلف در سالی دورک طراحی و با حرکت طبیعی دست مقایسه شده و در نهایت مکانیزم شش میله Watt I (شکل (۳)) برای انجام این کار در نظر گرفته شده است.

۲-۲- تحلیل سینماتیک مکانیزم شش میله

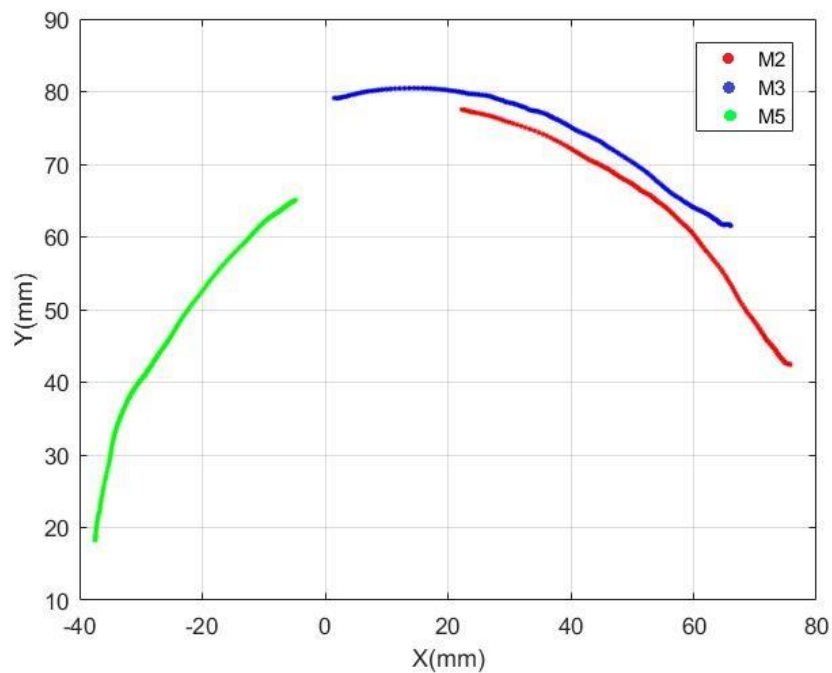
از آنجا که هدف طراحی ربات می باشد با استفاده از سینماتیک معکوس موقعیت های مفصل های محرک محاسبه می شود. ربات باید طوری طراحی شود که متناسب با ابعاد دست باشد و حرکت طبیعی دست (با استفاده از داده های آزمایشگاهی اطلاعات مربوط به حرکت دست به دست آمده است) را نیز ایجاد کند. با توجه به آنکه حرکت رادیال/ اولنار در صفحه می باشد، برای حل از روش حلقه بردار^۱ استفاده شده است.

¹ Vector loop

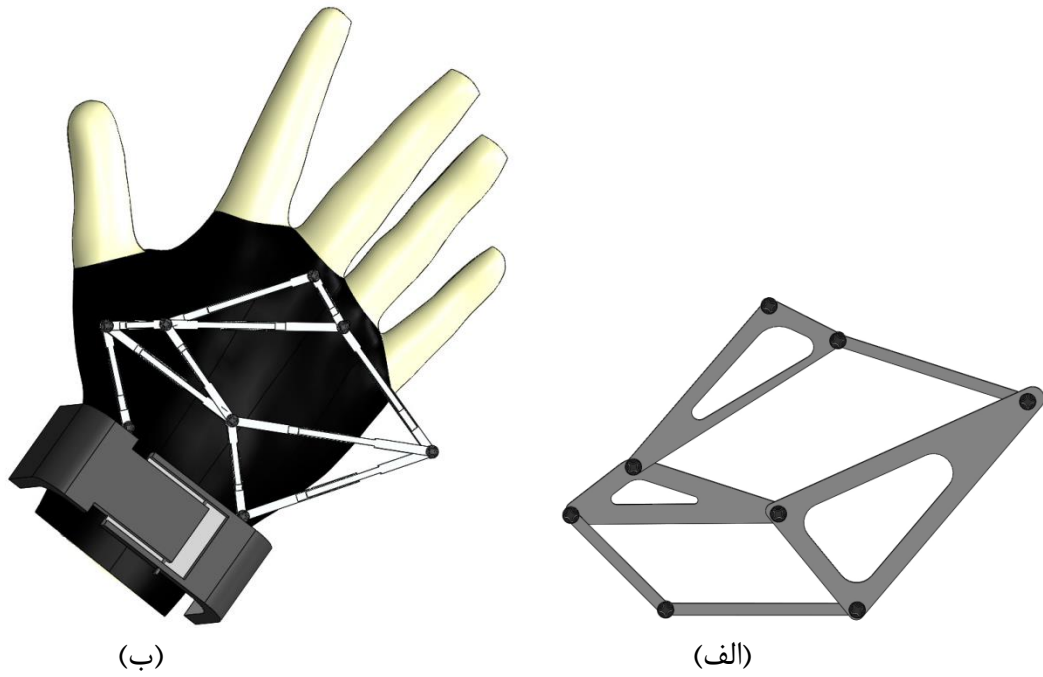
در این روش با در نظر گرفتن تعداد متغیرها، تعداد حلقه‌ها مشخص می‌شود. در مکانیزم ارائه شده که در شکل (۴) آمده است θ_2 ورودی مکانیزم و $\theta_3, \theta_4, \theta_6$ و θ_7 متغیرهای مجهول مساله هستند. پس این مکانیزم دارای دو حلقه OAABOB و BCED و چهار معادله می‌باشد.



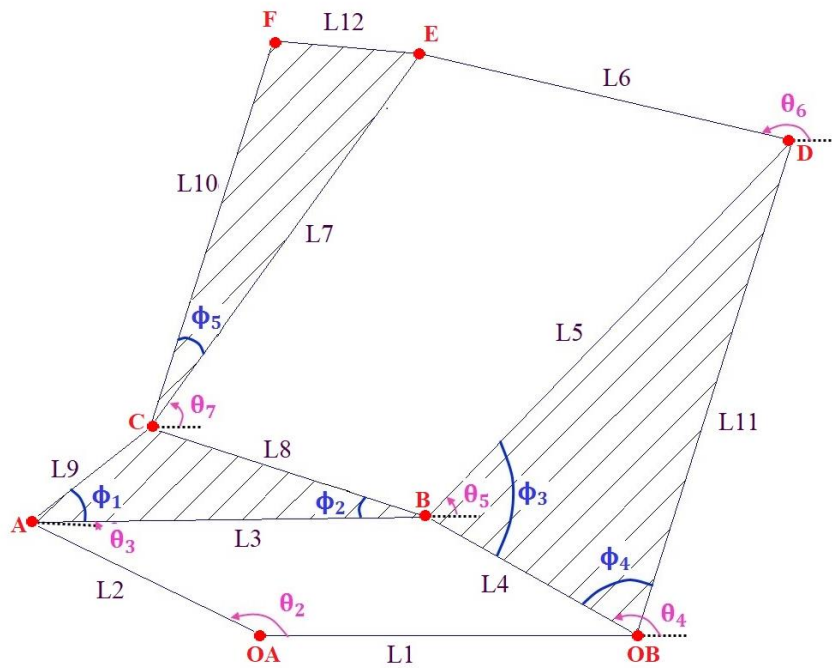
شکل ۱- نقاط مشخص شده برای تعیین موقعیت دست در حرکت رادیال / اولنار



شکل ۲- مسیر حرکت نقاط M2، M3 و M5 در یک سیکل حرکت رادیال / اولنار



شکل ۳- (الف) مکانیزم انتخاب شده (ب) نحوه قرارگیری مکانیزم روی دست



شکل ۴- مکانیزم شش میله

$$\begin{cases} \text{Loop1: OAABOB: } -L_1 + L_2 + L_3 - L_4 = 0 \\ \text{Loop2: BCED: } L_5 + L_6 - L_7 - L_8 = 0 \end{cases} \quad (1)$$

با تصویر کردن بردارها روی محورها، معادلات (۲) به دست می‌آید:

$$\begin{cases} -L_1 \cos \theta_1 + L_2 \cos \theta_2 + L_3 \cos \theta_3 - L_4 \cos \theta_4 = 0 \\ -L_1 \sin \theta_1 + L_2 \sin \theta_2 + L_3 \sin \theta_3 - L_4 \sin \theta_4 = 0 \\ L_5 \cos \theta_5 + L_6 \cos \theta_6 - L_7 \cos \theta_7 - L_8 \cos \theta_8 = 0 \\ L_5 \sin \theta_5 + L_6 \sin \theta_6 - L_7 \sin \theta_7 - L_8 \sin \theta_8 = 0 \end{cases} \quad (2)$$

$L_1, L_2, L_3, L_4, L_5, L_6, L_7, L_8, L_{10}, L_{10}$ و ϕ_2 و ϕ_3 پارامترهای طراحی می‌باشند و θ_2 ورودی مکانیزم و θ_7 خروجی می‌باشد. از آنجا که ϕ_2 و ϕ_3 زوایای داخلی مثلث‌های صلب مکانیزم می‌باشند، پس θ_5 و θ_8 بر حسب θ_4 و θ_3 قابل محاسبه می‌باشند. لینک OAOB در امتداد محور قرار می‌گیرد و زاویه آن برابر صفر می‌باشد.

$$\theta_5 = 180 + \theta_4 + \phi_3 \quad (3)$$

$$\theta_8 = 180 + \theta_3 - \phi_2 \quad (4)$$

$$\theta_1 = 0 \quad (5)$$

برای حل سینماتیک معکوس با استفاده از فرمول‌های مثلثاتی تمام زاویه‌های مجهول بر حسب ورودی نوشته شده و سپس با بهینه سازی ابعاد ربات به دست می‌آید.

۳-۲- بهینه سازی

برای بهینه سازی ابتدا مکانیزم شش میله با توجه به نقطه شروع حرکت مکانیزم در سالیدورکس طراحی شده و مقادیر اولیه‌ای برای پارامترهای طراحی در نظر گرفته شده است. این ربات بر روی دست قرار می‌گیرد و ابعاد آن که پارامترهای طراحی می‌باشند باید طوری انتخاب شوند که متناسب با ابعاد دست باشند. بنابراین قیدی تعریف می‌شود که حداقل و حداکثر مقدار را برای طول لینک‌ها مشخص می‌کند:

$$L_{j,\min} \leq L_j \leq L_{j,\max} \quad (6)$$

هدف یافتن کوچکترین ابعاد می‌باشد که بتوانند حرکتی مشابه حرکت دست ایجاد کند. و از آنجایی که پارامترهای طراحی ابعاد ربات می‌باشند و باید تا حد امکان کوچک انتخاب شوند تابع هدف error به صورت معادله (۷) تعریف می‌شود که هدف بهینه سازی، کم کردن مقدار این تابع می‌باشد:

$$\text{error} = \sum_{i=1}^{228} (x_{M2} - x_E)^2 + (y_{M2} - y_E)^2 \quad (7)$$

$$\begin{cases} X_{OA} + L_2 \cos \theta_2 + L_3 \cos \theta_3 + L_8 \cos \theta_8 + L_7 \cos \theta_7 = x_E \\ Y_{OA} + L_2 \sin \theta_2 + L_3 \sin \theta_3 + L_8 \sin \theta_8 + L_7 \sin \theta_7 = y_E \end{cases} \quad (8)$$

$(x_{M2}(i), y_{M2}(i))$ مختصات نقاط به دست آمده از داده‌های تجربی (آزمایشگاه) و $(x_E(i), y_E(i))$ مختصات محاسبه شده با وجود ربات می‌باشد که در یک سیکل برای ۲۲۸ نقطه مورد بررسی قرار می‌گیرد و هر زمان که مقدار تابع هدف به حداقل مقدار خود رسید مقادیر پارامترهای طراحی به عنوان مقادیر بهینه انتخاب می‌شوند.

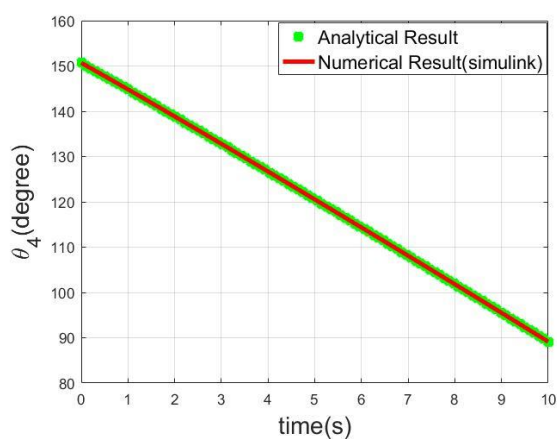
جدول ۱- پارامترهای طراحی به دست آمده با روش fmincon

L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7
49.99 mm	34.348mm	53.07mm	31.9mm	69.99mm	50.99mm	61.58mm
L8	L10	ϕ_2	ϕ_3	ϕ_5	X_{OA}	Y_{OA}
39mm	54.1mm	124.02°	75.25°	18.24°	0	0

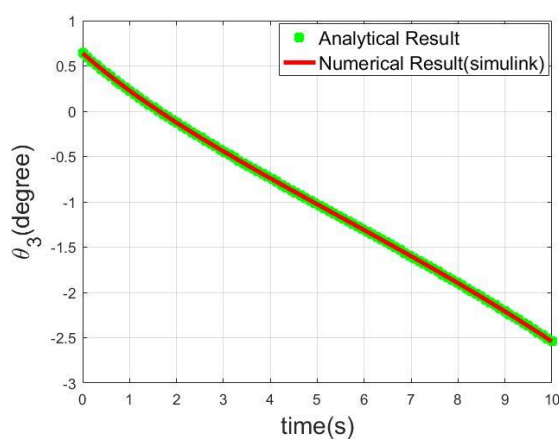
با استفاده از روش بهینه سازی fmincon که برای یافتن حداقل مقدار تابع چند متغیره خطی مقید به کار برده می شود. پارامترهای طراحی به صورت جدول (۱) به دست می آید.

۴-۲- اعتبارسنجی معادلات

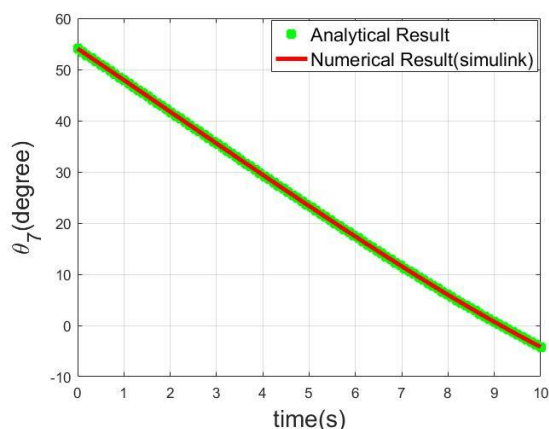
با توجه به ابعاد به دست آمده با روش بهینه سازی fmincon و با استفاده از سیمولینک متلب معادلات و زوایای به دست آمده مورد ارزیابی قرار می گیرد. مدل سیمولینک در پیوست (۱) نشان داده شده است.



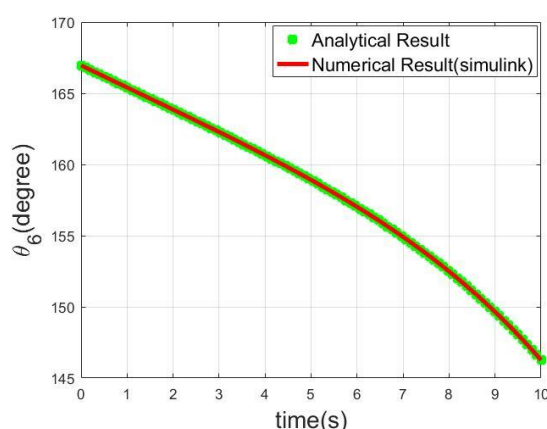
(ب)



(الف)



(د)

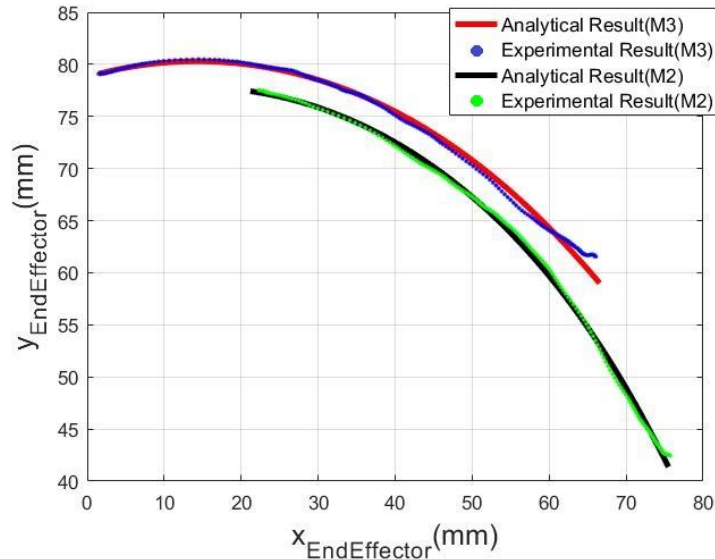


(ج)

شکل ۵- مقایسه زوایای ایده ال و به دست آمده از معادلات (الف) مقایسه θ_3 ایده ال و به دست آمده از معادلات (ب)

مقایسه θ_4 ایده ال و به دست آمده از معادلات (ج) مقایسه θ_6 ایده ال و به دست آمده از معادلات (د)

مقایسه θ_7 ایده ال و به دست آمده از معادلات



شکل ۶- مقایسه نقطه نهایی ایده ال (M2 و M3) و محاسبه شده

۵-۲- محاسبه سرعت و شتاب مکانیزم شش میله‌ای

برای محاسبه گشتاورها در معادلات دینامیکی دانستن مقادیر سرعت و شتاب ضروری می‌باشد. برای محاسبه سرعت‌ها از معادلات حلقه مشتق گرفته می‌شود و با مشتق گیری مجدد شتاب‌ها به دست می‌آیند. به دلیل وجود حلقه‌ها سرعت‌ها و شتاب‌های مفاصل به هم وابسته می‌باشند.

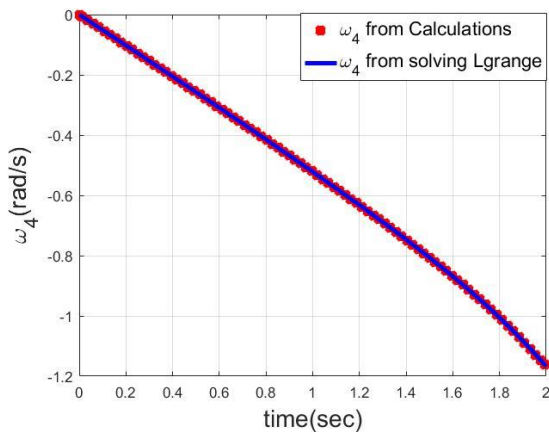
۶-۲- استخراج معادلات به روش نیوتن- اوپلر و لاگرانژ

در روش نیوتن- اوپلر ابتدا دیاگرام آزاد برای هر میله رسم می‌شود و تمام نیروهای وارد بر هر میله مشخص می‌شود و سپس معادلات نیوتن- اوپلر برای آنها نوشته می‌شود. معادلات نوشته شده ارتباط بین نیروها، پارامترهای طراحی، شتاب‌ها و گشتاور را نشان می‌دهد. با استفاده از روش ماتریسی گشتاور مورد نیاز به دست می‌آید.

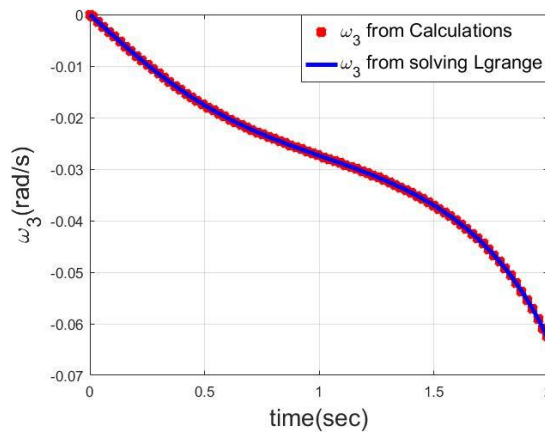
در لاگرانژ نوع اول، معادلات قیدی وارد معادلات اصلی حرکت نمی‌شود و باید به صورت موازی با معادلات حرکت حل شوند. بنابراین، فرمول نیاز به مجموعه ای از معادلات قیدی حاصل از سینماتیک مکانیزم دارد. این معادلات قیدی و مشتقات آنها باید به معادلات حرکت اضافه شوند تا تعداد معادلات و تعداد مجهولات برابر شود.

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_j} \right) - \frac{\partial L}{\partial q_j} = Q_j + \sum_{i=1}^k \lambda_i \frac{\partial T_i}{\partial q_j}, \text{ for } j=1 \text{ to } n \quad (9)$$

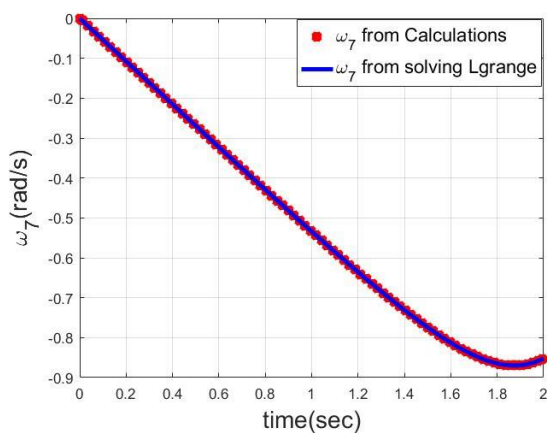
حداکثر گشتاور مورد نیاز به دست آمده برابر ۲/۸ (Nm) می‌باشد که با اعمال به معادلات لاگرانژ سرعت‌ها به صورت شکل (۷) به دست می‌آید.



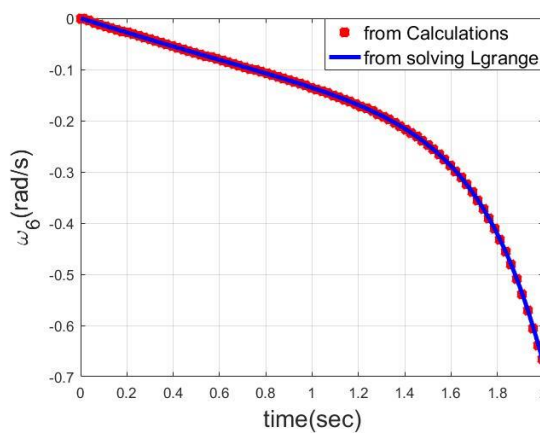
(ب)



(الف)



(د)



(ج)

شکل ۷- مقایسه سرعت زاویه‌ای به دست آمده از روش لاگرانژ و محاسبات (الف) مقایسه سرعت زاویه‌ای ω_3 به دست آمده

از روش لاگرانژ و محاسبات (ب) مقایسه سرعت زاویه‌ای ω_4 به دست آمده از روش لاگرانژ و محاسبات

(ج) مقایسه سرعت زاویه‌ای ω_6 به دست آمده از روش لاگرانژ و محاسبات

(د) مقایسه سرعت زاویه‌ای ω_7 به دست آمده از روش لاگرانژ و محاسبات

۳- نتیجه گیری

هدف اصلی طراحی یک ربات پوشیدنی برای حرکت رادیال/ اولنار دست است که بر پشت دست شخص قرار گرفته و قابلیت کار موازی با بدن انسان را داشته باشد و در انجام حرکات تا زمان بازیابی توان اولیه به بیمار کمک می‌کند. در این مقاله سعی بر آن شده است که با طراحی یک ربات شش میله یک درجه آزادی به صورتی که قابل حمل باشد و با ایجاد فضای کاری متناسب با فضای کاری دست، حرکات طبیعی درست را انجام داده و در انجام فعالیت‌های روزانه به شخص کمک کند. این ربات بر روی دستکش و پشت دست شخص نصب می‌شود و این امکان را فراهم می‌کند تا کف دست شخص برای انجام کارهای روزانه آزاد باشد.

سپاسگزاری

از مرکز تحقیقات فناوری‌های توانبخشی عصبی هوشمند جواد موفقیان کمال تشکر و قدردانی را دارم.

مراجع

- [1] Gahlaut, A., and Kumar Parashar, S., “A State of Art Review on Kinematics and Control Aspects of Exoskeletons”, *International Journal of Engineering Technology Management and Applied Sciences*, Vol. 5, Issue. 3, ISSN 2349-4476, (2017).
- [2] Luna, C., Habib, R. M., and Saad, M., “Admittance-based Upper Limb Robotic active and Active-assistive Movements”, *International Journal of Advanced Robotic Systems*, Vol. 12, Issue. 9, (2015).
- [3] Xiao, Z. G., and Menon, C., “Towards the Development of a Portable Wrist Exoskeleton”, *IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics*, Dec 7-11, Karon Beach, Phuket, Thailand, (2011).
- [4] Kawasaki, H., Ito, S., Ishigure, Y., Nishimoto, Y., and Aoki, T., “Development of a Hand Motion Assist Robot for Rehabilitation Therapy by Patient Self-Motion Control”, in *IEEE International Conference on Rehabilitation Robotics*, Gifu, Japan, pp. 234–240, (2007).
- [5] Gupta, A., and O’Malley, M. K., “Design of a Haptic Arm Exoskeleton for Training and Rehabilitation”, *IEEEASME Trans, Mechatron*, Vol. 11, No. 3, pp. 280–289, (2006).
- [6] Kiguchi, K., Tanaka, T., and Fukuda, T., “Neuro-fuzzy Control of a Robotic Exoskeleton with EMG Signals”, *IEEE Trans, Fuzzy Syst*, Vol. 12, No. 4, pp. 481–490, (2004).
- [7] Gopura, R. A. R. C., and Kiguchi, K., “EMG-based Control of an Exoskeleton Robot for Human Forearm and Wrist Motion Assist”, *IEEE International Conference on Robotics and Automation*, Pasadena, CA, USA, pp. 731–736, (2008).
- [8] Perry, J. C., Rosen, J., and Burns, S., “Upper-Limb Powered Exoskeleton Design”, *IEEEASME Trans, Mechatron.*, Vol. 12, No. 4, pp. 408–417, (2007).
- [9] Ye, W., Li, Z., Yang, C., Chen, F., and Su, C.Y., “Motion Detection Enhanced Control of an Upper Limb Exoskeleton Robot for Rehabilitation Training”, *International Journal of Humanoid Robotics*, Vol. 14, No. 1, (2017).
- [10] Sajadi, M., R., Nasr, A., and Zohoor, H., “Mechanical Design, Fabrication, Kinematics and Dynamics Modeling, Multiple Impedance Control of a Wrist Rehabilitation Robot”, *RSI International Conference on Robotics and Mechatronics*, INSPEC, 15686635, October 7-9, Tehran, Iran, (2015).
- [11] Faghihi, A., Haghpanag, A., and Farahmand, F., “Design and Fabrication of a Robot for Neurorehabilitation; Smart Robo Wrist”, *Journal of Informatics and Computer Engineering (JICE)*, Vol. 2, No. 4, pp. 168-171, (2016).
- [12] Pezent, E., “Design and Characterization of the OpenWrist: A Robotic Wrist Exoskeleton for Coordinated Hand-Wrist Rehabilitation”, *International Conference on Rehabilitation Robotics (ICORR)*, July 17-20, London, (2017)

[13] Aghamiri, S. M., and Zohoor, H., “Designing a Hybrid Wearable Robot with Four Degrees of Freedom for the Wrist”, has been Submitted to Iranian Journal of Mechanical Engineering Transactions of the ISME, (2019).

فهرست نمادهای انگلیسی

۱: شماره نقاط به دست آمده از داده‌های تجربی

۲: شماره هر لینک

L: طول لینک‌ها بر حسب میلی متر

نمادهای یونانی

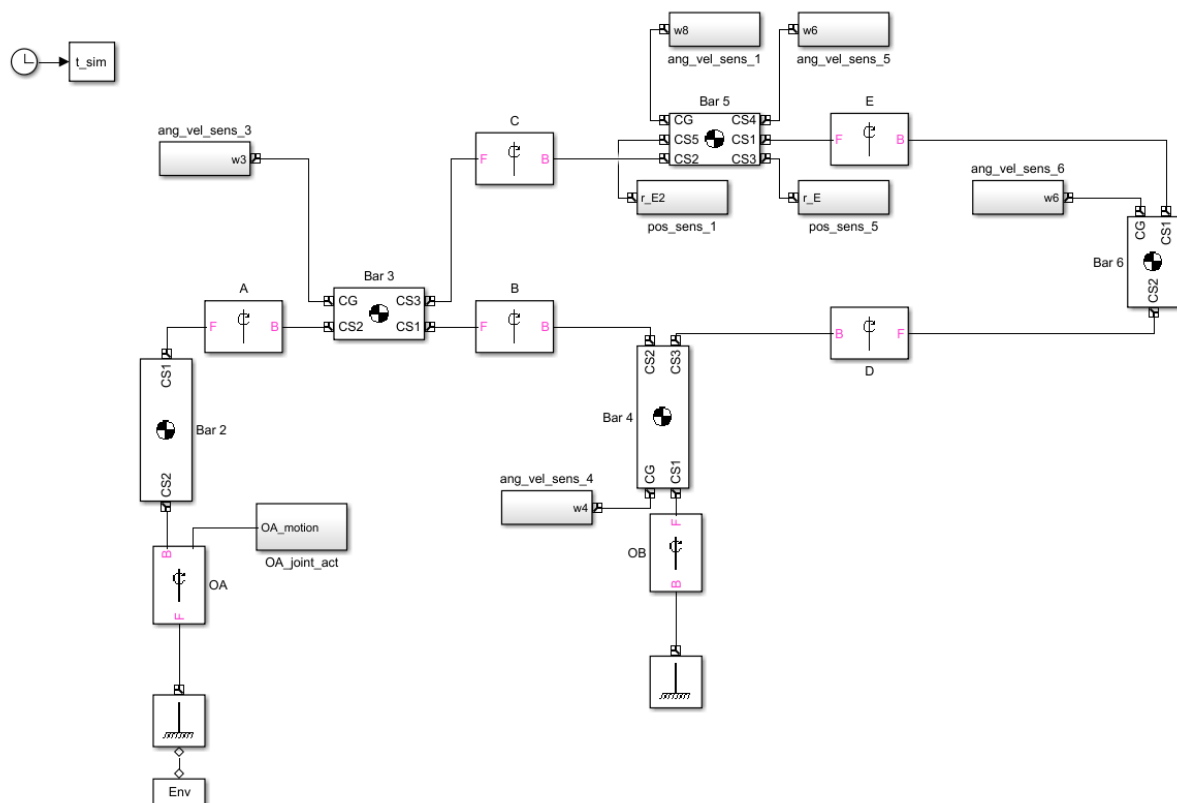
ϕ : زاویه داخلی مثلث

θ : زاویه‌های متغیر

ω : سرعت زاویه‌ای

پیوست‌ها

پیوست ۱-



Abstract

Due to the various injuries that because of exercise or stroke occur to people and require rehabilitation treatments the presence of a wearable robot is important. In this paper, assistive robot is designed that consists of a six-bar mechanism.

This mechanism has one degree of freedom and is used to perform radial / ulnar movement of the wrist and moves in the form of parallel with the person's body. The design of the robot is somehow that the dimensions of the robot are proportional to the patient's hand, and also provides the natural movement of the hand.