

طراحی و ساخت پروتز پا هوشمند و کاور پروتز با فناوری پرینتر سه بعدی با قابلیت تغییر ابعاد در سایزهای مختلف

خلاصه

قطع عضو یک تغییر دائمی است و برای بعضی از بیمارها، درد یا بیماری در اندام آسیب دیده ممکن است پذیرفتنی باشد و اما برای بعضی دیگر از دست دادن یک عضو، ناراحتی غیرقابل فهمیدن و سازگاری است.

علیرغم پروتزهای مدرن، برخی از سازگاری ها مورد نیاز است و افراد در توانایی خود برای تنظیم و قبول تغییر تصویر بدنشان و گاهی اوقات شیوه زندگی خود متفاوت هستند.

تکنولوژی های مرتبط با پروتز در دو دهه گذشته به میزان قابل توجهی پیشرفت کرده است که عمدتاً به دلیل تقاضای قطع عضو شده ها است.

امروزه افرادی که به هر دلیل مجبور به قطع پا شده اند، دامنه انتخاب گسترده ای دارند مدل های مختلف پروتز پای مصنوعی برای فعالیت های گوناگون، از پیاده روی، رقص و دویدن گرفته تا دوچرخه سواری، گلف، شنا و حتی اسکی روی برف طراحی شده است.

مواد فولادی و چوبی سنگین تر ظرف سال ها با پلاستیک سبک، آلیاژهای فلزی و کامپوزیت فیبر کربنی جایگزین شده است.

بسیاری از پاهای مصنوعی جدید شباهت زیادی به پای طبیعی انسان دارند و بخشی از انرژی تولید شده هنگام راه رفتن را ذخیره می کنند و به بدن برمی گردانند.

امروزه افراد سالم با قطع عضو پا تا وسط ساق پا باید بتوانند در طیف گسترده ای از مسئولیت های عادی شرکت کنند و آن ها می توانند بدون هیچ لنگ زدن قابل تشخیص در فعالیت های تفریحی و ورزشی شرکت کنند.



انتشار مقاله:

پنجمین کنفرانس ملی مهندسی برق و مکاترونیک

کلمات کلیدی: پروتز پا، پروتز هوشمند ، پروتز رباتیک ، پای مصنوعی، پرینتر سه بعدی

فهرست عناوین این مقاله:

– 1 مقدمه

– 2 قطعات پروتز پای مصنوعی و انواع آن

– 3 SACH – پای الاستیک

– 4 پای پروتز مصنوعی تک محور (Single-Axis Foot)

– 5 پای پروتز مصنوعی چند محور (Multi-Axis Foot)

– 6 پای مصنوعی پروتز پاسخ – پویا (Dynamic-Response Foot)

- 7- [پای مصنوعی پروتز میکروپروسور \(Microprocessor Foot\)](#)
- 8- [حس دوباره اندام ها با اتصال رشته های عصبی بدن به اندام های مصنوعی](#)
- 9- [پای رباتیک می تواند به افراد دارای نقص عضو تعادل بهتری بدهد](#)
- 10- [دمیدن روح تازه به صنعت پروتز با روکشهای سفارشی ساخته شده با پرینتر سه بعدی](#)
- 11- [بهبود کیفیت زندگی افراد قطع عضو با روش نوین تولید لاینر پروتز یا توسط پرینتر سه بعدی](#)
- 12- [معرفی نرم افزارهای طراحی و تحلیلی برای پرینت سه بعدی](#)

مقدمه

هنگامی که پا و اعضای تحتانی بدن قطع شده و یا از بین می رود، یک دستگاه پروتز، می تواند نقش مهمی در توان بخشی بازی کند و برای بسیاری از افراد، یک عضو مصنوعی می تواند تحرک و توانایی مدیریت فعالیت های روزمره را بهبود ببخشد و همچنین ابزارهایی برای مستقل بودن فرد را فراهم آورد.

در کشورهای توسعه یافته علت اصلی قطع عضو اندام تحتانی، اختلال در گردش خون است و دلیل اصلی این اختلالات تصلب شریان است، اگر چه تا یک سوم از بیماران همچنین دچار دیابت نیز هستند. این افراد معمولاً در دهه ششم زندگی خود بوده و یا مسن تر هستند و اکثراً مشکلات پزشکی دیگری نیز دارند که توانایی راه رفتن آن ها را محدود می کند. و در مقایسه در کشورهای در حال توسعه، اکثریت قطع عضوها به علت آسیب های مربوط به حادثه در زمان درگیری یا آسیب های صنعتی یا ترافیکی ایجاد می شوند.

قطع عضو یک تغییر دائمی است و برای بعضی از بیماران، درد یا بیماری در اندام آسیب دیده ممکن است پذیرفتنی باشد و اما برای بعضی دیگر از دست دادن یک عضو، ناراحتی غیرقابل فهمیدن و سازگاری است.

علیرغم پروتزهای مدرن، برخی از سازگاری ها مورد نیاز است و افراد در توانایی خود برای تنظیم و قبول تغییر تصویر بدنشان و گاهی اوقات شیوه زندگی خود متفاوت هستند.

تکنولوژی های مرتبط با پروتز در دو دهه گذشته به میزان قابل توجهی پیشرفت کرده است که عمدتاً به دلیل تقاضای قطع عضو شده ها است و امروزه افراد سالم با قطع عضو پا تا وسط ساق پا باید بتوانند در طیف گسترده ای از مسئولیت های عادی شرکت کنند و آن ها می توانند بدون هیچ لنگ زدن قابل تشخیص، در فعالیت های تفریحی و ورزشی شرکت کنند.

>> [بیشتر بدانید: پرینتر سه بعدی در مدارس برای رشد خلاقیت دانش آموزان](#)

قطعات پروتز پای مصنوعی و انواع آن

طیف وسیعی از پروتزهای پا طراحی شده اند تا کارکرد و در بسیاری موارد ظاهری مانند یک پای طبیعی را ارائه دهند. اگر چه طرح های مختلفی وجود دارد اما اکثراً قطعات مشابهی دارند این قطعات شامل:

- یک سوکت که در آن انتهای عضو قطع شده اندازه و فیت می شود.
- تعلیق، که پروتز را روی عضو قطع شده نگه می دارد.
- شفت.
- پا.
- پوشش برای بهبود بخشیدن ظاهر.
- کاور پروتز.
- قطعات هوشمند و سنسورهای بکار رفته در پروتز جهت کارایی بالا و فرستادن اطلاعات به سیستم کامپیوتری.

نمونه های مختلف از قطعات پروتز و انواع آن در شکل شماره ۱ نشان داده شده.

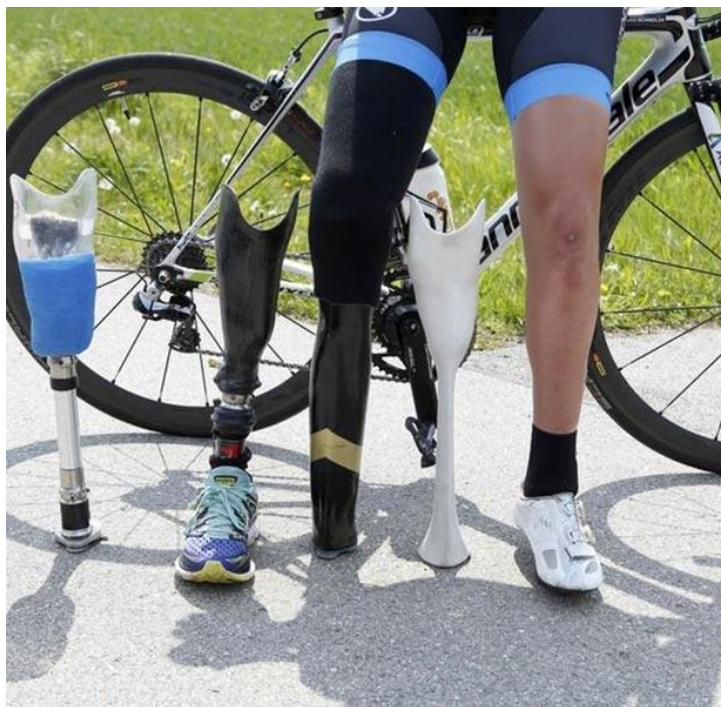


شکل ۱ انواع پروتز پا و قطعات آن

سوکت اغلب با فوم یا سیلیکون به منظور حفاظت از انتهای عضو قطع شده پوشانده شود و جوراب های خاصی نیز روی انتهای عضو قطع شده پوشیده می شوند تا بتوانند اندازه مناسب و راحتی را تضمین کنند.

در طول دهه گذشته، تکنولوژی و تحقیقات به طور قابل توجه قابلیت و ظاهر پاهای مصنوعی را گسترش داده اند و امروزه افراد دارای عضو قطع شده می توانند از میان مجموعه گسترده ای از پاها انتخاب کنند.

مدل های مختلف برای فعالیت هایی از راه رفتن، رقصیدن و دویدن تا دوچرخه سواری، گلف، شنا و حتی اسکی روی برف طراحی شده اند.



مواد سنگین چوبی و استیل در طول سال ها توسط پلاستیک های سبک وزن، آلیاژهای فلزی و کامپوزیت های کربنی جایگزین شده اند و بسیاری از پاهای مصنوعی امروزه مانند بسیاری از پاهای واقعی می توانند مقداری از انرژی تولید شده در طی راه رفتن را ذخیره کرده و بازگردانند.

سایر ویژگی های کلیدی شامل حالت ارتجاعی پا و پاشنه است که اجازه حرکت طبیعی تر در مچ پا، جذب شوک، چرخش چند محوری، ارتفاع پاشنه قابل تنظیم و مواد ضد آب را می دهد.

در هنگام انتخاب پا مناسب برای شیوه زندگی خود باید چند عامل را در نظر بگیرید این عوامل عبارتند از: درجه و میزان قطع عضو، سن، وزن، اندازه پا، سطح فعالیت، اهداف و نیازهای شغلی و زیبایی کاورهای بکار رفته در پروتز.

از نظر ساختاری پروتزها می تواند به دو دسته تقسیم شود:

- پروتزی که با اتصال سفت و سخت به مفصل ساق پا (بدون مفصل)
- پروتزی که دارای مکانیزم مفصل پای لولادار هستند (مفصل).

از لحاظ عملکرد، پای مصنوعی از مچ را می توان به گروه های زیر تقسیم کرد:

- مچ پای ثابت با پاشنه نرم (SACH)
- پای الاستیک (انعطاف پذیر) (Elastic Keel Foot)
- پای تک محور (Single-Axis Foot)
- پای چند محور (Multi-Axis Foot)
- پای پاسخ - پویا (Dynamic-Response Foot)
- پای میکروپروسسور (Microprocessor Foot)

SACH و پای الاستیک

اساسی ترین نوع پای پروتزی به دو نوع تقسیم می شود: مچ پای ثابت با پاشنه نرم (SACH) و پای الاستیک.

این طرح ها از نئوپرن کورپ و یا فوم اورهانی تشکیل شده اند که بر روی یک حلقه درونی ساخته شده اند و ظاهری شبیه پای انسان دارند. از آن جا که این نوع پای مصنوعی لولا و هیچ قطعه جانبی ای ندارند، نسبتاً ارزان، با دوام بوده و عملاً و نیازمند تعمیر و نگهداری نیستند.

این پاها به احساس نرمی و جذب انرژی کمک می کنند اما به به اندازه پاهای پاسخ – پویا انرژی را ذخیره نمی کنند و باز نمی گردانند. SACH پاهای الاستیک معمولاً برای افراد قطع عضو شده ای تجویز می شوند که فعالیت هایشان به مقدار کمی پیاده روی با تغییرات سرعت کم محدود می شود.

SACH ساده ترین نوع پای مصنوعی بدون مفصل است این نام به یک وسیله پاشنه لاستیکی تا حدی نرم اشاره می کند که با فشردن در اثر فشار مرحله اولیه راه رفتن کار مچ را تقلید می کند.

پای SACH در ارتفاع پاشنه های مختلف در دسترس است تا با کفش های متفاوت با ارتفاع پاشنه های مختلف هماهنگ باشند.

که نمونه ای از آن در شکل شماره ۲ نشان داده شده.



تصویر ۲: نمونه ای از پروتزهای SACH

پای انعطاف پذیر: این پای مصنوعی اجازه حرکات مشابه با پای SACH را می دهد علاوه بر این، قسمت جلوی پا می تواند روی سطوح ناهموار هم از راه رفتن و دویدن حمایت کند.

پای پروتز مصنوعی تک محور (Single-Axis Foot)

همانطور که در تصویر شماره ۳ نمایان است پای مفصل دار یک محوره شامل یک مفصل میچ پا است که اجازه می دهد تا پا به سمت بالا و پایین حرکت کند و پایداری زانو را افزایش می دهد.

هرچه سریعتر کف پا به طور کامل با زمین ارتباط برقرار کند و پروتز پایدارتر می شود این موضوع برای کاربران با سطوح بالاتر آمپوتاسیون (قطع عضو در بین زانو و لگن) مفید است.

استفاده کننده پروتز باید پروتز را به طور فعال کنترل کرده تا از لرزش زانوی خود جلوگیری کند و مکانیزم پای تک محوره باعث کاهش نیاز به این کنترل کردن مداوم می شود.

متاسفانه مچ پا تک محوره، وزن پروتز را افزایش می دهد، نیاز به خدمات دوره ای دارد و کمی گران تر از پای SACH است و پای تک محوره ممکن است برای افرادی مناسب تر باشد که پایداری برایشان حائز اهمیت است.



تصویر ۳: نمونه ای از پروتزهای تک محوره

>>بیشتر بدانید: [پرینتر سه بعدی بتن](#)

پای پروتز مصنوعی چند محور (Multi-Axis Foot)

اگر چه از لحاظ وزن، دوام و هزینه شبیه پای تک محوره است اما پای چند محوره روی سطوح ناهموار عملکرد بهتری دارد. علاوه بر حرکت بالا و پایین پای تک محوره، یک پای چند محوره می تواند به چپ و راست نیز حرکت کند و از آنجا که مفصل مچ پای اضافه شده می تواند مقداری از فشارهای پیاده روی را جذب کند، می تواند به محافظت از پوست و پروتز کمک می کند همانند تصویر شماره ۴.



تصویر ۴: نمونه ای از پروتزهای چند محوره

پای مصنوعی پروتز پاسخ – پویا (Dynamic-Response Foot)

افراد با شیوه زندگی فعال تر به طور معمول یک پای پاسخگو را ترجیح می دهند پای پاسخ-پویا برای افرادی ایده آل است که می خواهند سرعت پیاده روی را تغییر دهند، مسیرها را سریع تغییر داده و یا فاصله های زیادی را طی کنند.

پاهای پاسخ-پویا، انرژی را در طول چرخه راه رفتن ذخیره کرده و سپس آزاد می کند و علاوه بر این، این پاها یک محدوده نرمال تر حرکت و یک مدل راه رفتن متقارن را ارائه می دهند و برخی از پاهای پاسخ – پویا شامل یک طرح تقسیم انگشت هستند همانند تصویر شماره ۵ که باعث افزایش ثبات پا می شوند.



تصویر ۵: نمونه ای از پروتزهای پای پاسخ – پویا

پای مصنوعی پروتز میکروپروسسور (Microprocessor Foot)

یک دسته نسبتاً جدید از اجزای پروتزی هستند.

این اجزای پاها / مچ پا دارای سنسورهای کوچک کنترل کامپیوتری هستند مانند تصویر شماره ۶ که اطلاعات را هم از اندام فرد و هم محیط اطراف خود پردازش می کنند. نمودارهای ۱ و ۲ تا با نیازهای مختلف سازگار شوند و بر اساس اطلاعاتی بدست آمده از سیگنال های ورودی، این پردازنده ها یک الگوریتم یا مجموعه ای از قوانین را برای تصمیم گیری در مورد اینکه چگونه مچ پا یا پا باید در هر شرایطی پاسخ دهد، اعمال می کنند.

ریزپردازنده دستورالعمل هایی را برای قسمت های مختلف پروتز فراهم می کند تا عملکرد مطلوب پا را تولید کند. مچ های پا با MPC در حال حاضر از سنسورهای مختلف از جمله سنسورهای زاویه مچ پا، شتاب سنج،ژیروسکوپ ها و

سنسورهای گشتاور استفاده می کنند سپس ریزپردازنده ها در این سیستم ها سیگنال های ورودی را دریافت می کنند و تصمیم می گیرند که چگونه موقعیت مچ پا را تعیین کنند، چگونه می توان پایداری مچ پا را افزایش داده و چگونه موتور مچ پا را در فاز ایستاده تنظیم کنند.

بزرگترین مزیت بالقوه یک سیستم مچ پا / پا با MPC نسبت به دیگر پروتزهای پا، توانایی افزایش واکنش نسبت به شرایط مختلف محیطی با ارائه خواص مکانیکی متفاوت یا ترازبندی برای بهبود تعادل و تحرک کاربر است به عنوان مثال، پای مصنوعی غیر MPC به راحتی روی زمین صاف کار می کند؛ با این حال، این پاها در سطوح ناهموار یا سرآشویی توانایی محدودتری برای تغییر خواص مکانیکی و یا تراز دارند.

پاهای قدرتی نیروی محرکه برای افزایش قابلیت پیاده روی در زمان واقعی فراهم کنند برخی از مدل های خاص شامل نرم افزار و همچنین گزینه های اتصال به دستگاه های تلفن همراه از طریق تلفن های هوشمند و یا برنامه های کامپیوتری هستند.

اینکار اجازه می دهد تا متخصص پروتز و کاربر بتوانند عملکرد مچ پا و پا را با فعالیت های مختلف مطابقت دهند و اجازه تنظیمات به دست آوردن ورودی و زمان بندی، و روشن یا خاموش کردن برخی از ویژگی های خاص را می دهند تمام این توابع یک تجربه منحصر به فردتر به کاربر ارائه می دهند.

هدف این کلاس پروتزی پا

هدف نهایی این کلاس پای پروتزی، این است که توابع پای انسان را تقلید کند با این حال، دستگاه ها در توانایی خود برای برای هماهنگی با محیط ها متفاوت هستند اگر چه این نوع پاها می توانند به طور خودکار حرکت پاها و مچ پا را هماهنگ کنند، به طور مستقیم با بدن ارتباط ندارند.

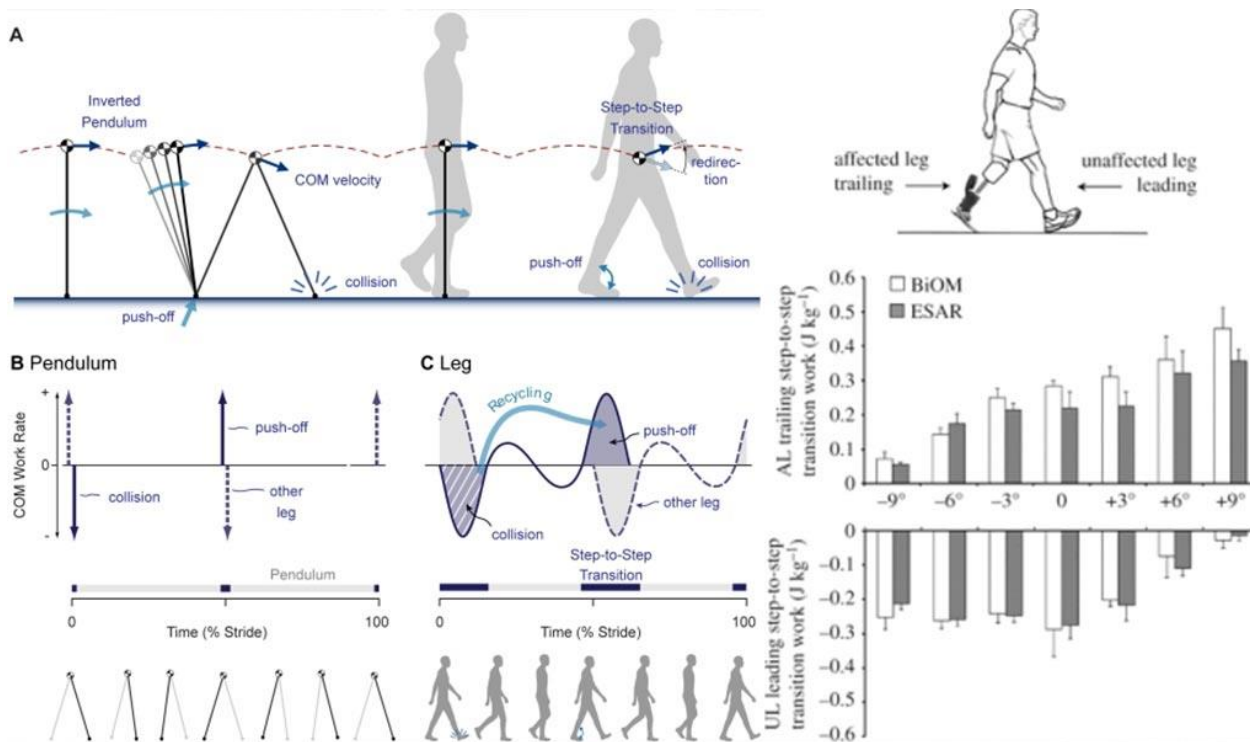
میکروپروسسور یا پایه پروتزهای متحرک نیاز به باتری دارند تا تراشه ها، سنسورها، موتورها و محرک ها را به قدرت برسانند. علاوه بر این، قطعات الکترونیکی همراه با سیستم های ریزپردازنده، آن ها را حساس تر از همتایان غیرفعال خود می سازند بسیاری از آن ها نباید در آب و یا در محیط های پر گرد و غبار یا کثیف استفاده شوند.

با توجه به قطعات اضافی مورد نیاز با افزودن ریزپردازنده، آن ها اغلب وزن بیشتری نسبت به دیگر پروتزهای بدن دارند و کاربران ممکن است در زمانی که ریزپردازنده اطلاعات را استخراج می کند و جنبه های مختلف مچ پا یا پا را تنظیم می کند، متوجه صداهایی از پروتز شوند.

در نهایت، سطح بالاتری از تکنولوژی و طراحی پیچیده تر این طبقه از پروتزهای پا به این معنی است که هزینه ی آن ها نیز بیشتر است.



تصویر ۶: نمونه ای از پروتزهای پای میکروپروسور



نمودار های ۱ و ۲: نمونه ای از تحلیلی داده های پروتزهای پای میکروپروسور

حس دوباره اندام ها با اتصال رشته های عصبی بدن به اندام های مصنوعی

شیوه کار این پای مصنوعی بدین صورت است: نخست با جراحی، انتهای عصب های باقیمانده از اندام قطع شده به بافتی نزدیک به سطح ران منتقل شد سپس شش حسگر در ناحیه کف پای مصنوعی نصب شد تا حس کردن حرکت و بافت سطوح را امکان پذیر کند.

این حسگرها به محرک های داخل بدنه اندام مصنوعی متصل شدند همانند تصویر شماره ۷ نشان داده شده تا از این طریق به سطح انتهایی اندام قطع شده برسند از این طریق احساسات به مغز بیمار منتقل شد.



تصویر ۷: حسگرهای محرک به اندام بدن

پای رباتیک می تواند به افراد دارای نقص عضو تعادل بهتری بدهد

بیشتر اوقات برای افراد دارای اندام های مصنوعی، لغزیدن باعث زمین خوردن می شود. ولی ممکن است پروتزهای رباتیک نوین با عملکردی بسیار همانند با شیوه کار پاهای انسان، به بازیابی تعادل کاربران کمک کنند.

این راهبرد کنترلی که با مطالعه واکنش های غیر ارادی آدمی و دیگر سامانه های کنترل عصبی عضلانی نوآوری شده و نتایجی امید بخش در شبیه سازی ها و آزمون های آزمایشگاهی داشته است، گام هایی پایدار هنگام راه رفتن روی زمین های ناهموار و بازیابی بهتر هنگام لغزش را ایجاد می کند.

>> بیشتر بدانید: ساخت توربین و بادگیر با پرینتر سه بعدی

یک پژوهش

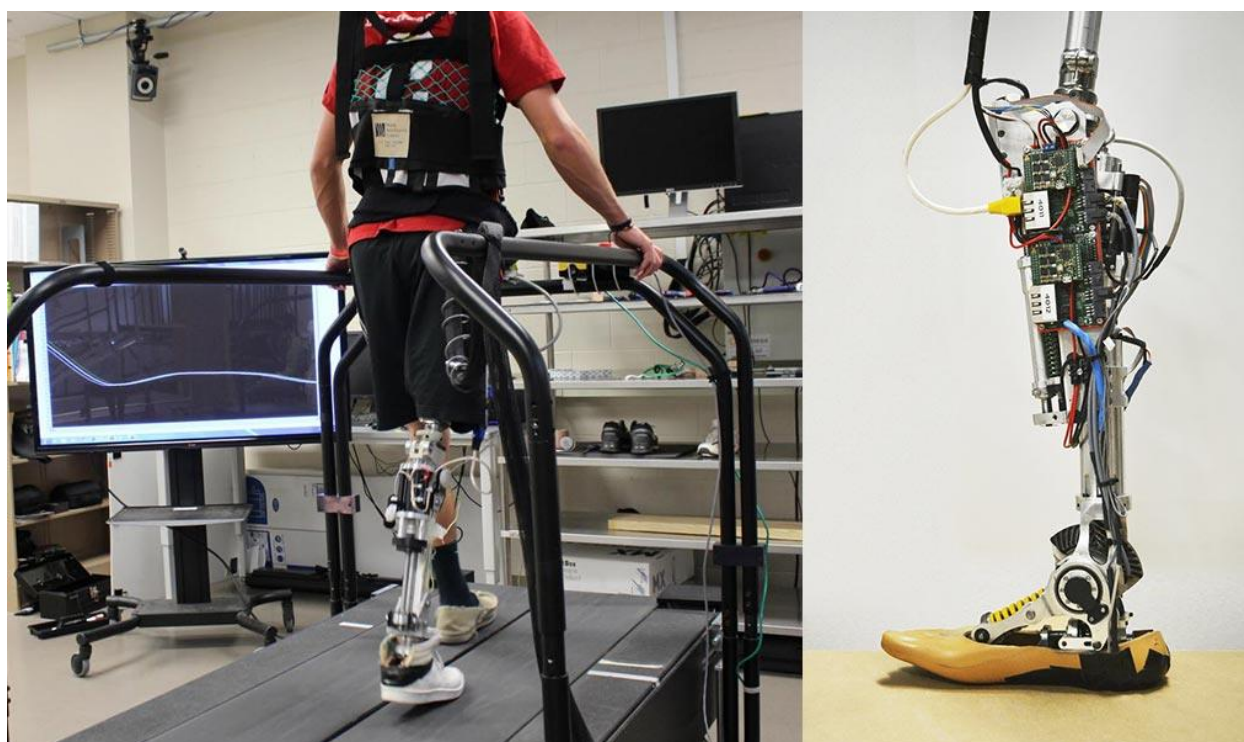
این اصول نه تنها به پروتزهای پا کمک می کند بلکه می تواند برای ربات های پادار نیز کار آمد باشد به تازگی یافته های حاصل از پیاده سازی این الگوی کنترل عصبی عضلانی روی پاهای مصنوعی و همچنین پیاده سازی آن در شبیه سازی ها روی یک ربات راه رونده با ابعاد در شهر هامبورگ آلمان ارائه شده است این پژوهش به طور ویژه بر شیوه کمک این طرح به بهبود بازیابی تعادل متمرکز است.

یکی از موارد بررسی شده، نقش ماهیچه بازکننده پا است که در حالت کلی وظیفه راست کردن پا را بر دوش دارد نیروی بازخورد فرآوری شده از این ماهیچه ها به طور خودکار بسته به ناهمواری های زمین واکنش نشان می دهد و در صورت نیاز سریعاً باعث کاهش حرکت های پا و یا کشیدگی بیشتر پا می شود.

پژوهشگران این الگوی عصبی عضلانی را با بکارگیری شبیه سازی های کامپیوتری و همچنین به کمک یک دستگاه کنترل شونده با کابل و با اندازه ی نصف پای انسان به نام Robotic Neuromuscular Leg 2 ارزیابی کردند.

پژوهش نشان داد این روش کنترل عصبی عضلانی می تواند الگوهای راه رفتن معمولی را بازسازی کند و به طور موثری در برابر ناهمواری ها در آغاز نوسان و همچنین پایان نوسان واکنش نشان دهد کارهای بیشتری نیاز است چرا که این طرح کنترلی هنوز نمی تواند در میانه های نوسان واکنشی کارساز از خود نشان دهد.

پروتزهای برقی، موتورهایی دارند که می توانند زاویه زانو و مچ را در هنگام راه رفتن تنظیم کنند و اجازه دهند تا گام هایی طبیعی تر برداشته شود و همچنین این موتورها نیرویی را برای جبران عضلات از دست رفته تولید می کنند و از سختی های فیزیکی راه رفتن برای افراد دارای نقص عضو می کاهند و آن ها را توانمند می سازند تا با سرعت یک انسان تندرست حرکت کنند همانطور که در تصویر شماره ۸ نشان داده شده.



تصویر ۸: پای رباتیک

دمیدن روح تازه به صنعت پروتز با روکشهای سفارشی ساخته شده با پرینتر سه بعدی

افراد معلول بیشتر اوقات احساس مستثنی بودن می کنند چرا که پروتزها همیشه با رنگ پوست ساخته می شود تا همانند پوست واقعی به نظر برسد این عجب به نظر می رسد و منجر به پرسش دیگر افراد می شود.

پوشش‌ها در شکل‌ها و رنگ‌های متنوعی تولید می‌شوند کاربران می‌توانند سبکی را که تمایل دارند انتخاب کنند و آن را به راحتی بر روی پروتز خود بچسبانند مانند تصاویر شماره ۹ در مقاله.

بسیاری از مشتریان این ایده را پیشگامانه عنوان می‌کنند. چرا که اکنون اعتماد به نفس بیشتری نسبت به قبل دارند. روکش‌ها در حال حاضر در دو نوع دست و پا ارائه می‌شود و شما می‌توانید طرح موردنظر خود را انتخاب کنید یا روکش سفارشی برای دست یا پای خود درخواست کنید.

روکش‌ها با تسمه‌های پلی اورتان و قلاب‌های فلزی به پروتز می‌چسبند. روکش‌ها با کیفیت بالا و با استفاده از پلاستیک ABS ساخته می‌شود و آن‌ها بادوام، بسیار سبک و انعطاف‌پذیر هستند و بر راحتی تمیز می‌شوند.





تصویر ۹: تصاویری از کاورهای پروتزهای پا تهیه شده با فناوری پرینتر سه بعدی و الیاف کرین

بهبود کیفیت زندگی افراد قطع عضو با روش نوین تولید لاینر پروتز پا توسط پرینتر سه بعدی

روش جدیدی برای طراحی و ساخت لاینر پروتز پا در زمانی کمتر از یک روز توسعه دادند با ترکیب علوم رایانه و یک فرآیند نوآورانه ساخت پروتز، توانسته لاینرهای پروتز مقرون به صرفه برای افراد قطع عضو پا تولید کرد با بهره گیری از تصویربرداری سه بعدی و روش ساخت کرایوژنیک و سردسازی.

برای افراد قطع عضو از ناحیه پا، رابط میان بخش باقی مانده عضو قطع شده و اندام مصنوعی از اهمیت بسیاری برخوردار و است لاینر یک رابط کاربری نرم است. وظیفه ی اصلی لاینر پروتز پا، جذب نیروهایی است که فرد قطع عضو هنگام راه رفتن بر پروتز مصنوعی خود وارد می کند.

لاینرها کمک می کنند تا اندام باقی مانده فرد قطع عضو، سالم باقی بماند و فرد قطع عضو بتواند پروتز پا را برای مدت طولانی استفاده کند.

کیفیت لاینر بر حفظ سلامتی و حفظ فعالیت بدنی افراد قطع عضو تاثیر به سزایی دارد یک لاینر نامناسب می تواند سبب کاهش تمایل فرد قطع عضو به راه رفتن شود و فرد قطع عضو زمان زیادی را بر صندلی چرخدار بگذراند.

شکل و اندازه ی اندام باقیمانده قطع عضو، پس از قطع عضو و در طول فرآیند بهبودی، به صورت پیوسته تغییر می کند این فرآیند ممکن است بین ۱۲ تا ۱۸ ماه طول بکشد. بنابراین پس از مدتی لاینرها تناسب درستی با فرد قطع عضو نخواهند داشت. نامتناسب بودن لاینر، آسیب بافت اندام باقی مانده قطع عضو، افزایش درد و راحت نبودن کاربر را نتیجه می دهد این وضعیت، با افزایش سطح فعالیت فیزیکی فرد قطع عضو و شرایط آب و هوایی گرم تشدید می شود.

در نتیجه، سرعت بهبود و توانبخشی افراد قطع عضو کاهش می یابد و فرد تمایل دارد بیشتر زمان خود را بر ویلچر سپری کند.

افراد دچار قطع عضو در سال نخست دریافت اندام مصنوعی، دفعات بسیاری به مرکز ساخت پروتز مراجعه می کنند چرا که اندازه و شکل اندام باقی مانده قطع عضو تغییر می کند و با فراهم کردن مجموعه ای از لاینرهای شخصی سازی شده در اندازه های مختلف، تعداد دفعات رجوع کاربر به مرکز ساخت پروتز کاهش می یابد در این شرایط، وضعیت سلامتی و رضایت بیمار بهبود پیدا می کند و افزون بر این، در زمان و هزینه صرفه جویی می شود.

اسکن سه بعدی

اطلاعات به دست آمده از اسکن سه بعدی، برای ایجاد یک مدل کامل و دیجیتال از اندام باقی مانده استفاده می شود مدل به دست آمده در ساخت لاینر سفارشی و شخصی سازی شده نقش مهمی ایفا می کند.

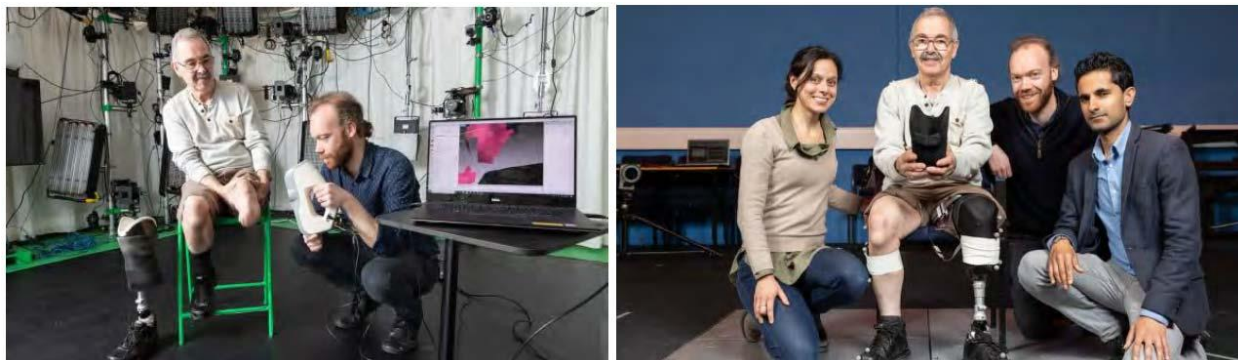
لاینر با روش کرایوژنیک و سردسازی (cryogenic) ساخته می شود این روش سازندگان لاینرها و اندام های مصنوعی را از ساخت قالب های پیچیده و وقت گیر بی نیاز می کند.

جنس لاینرها، یک نوع پلیمر نرم مشابه نئوپرن (neoprene) است نئوپرن یک خانواده از لاستیک مصنوعی است که به عنوان عایق در لباس های غواصی کاربرد دارد و این نوع لاینر در مقایسه با لاینرهای سیلیکونی رایج بسیار راحت تر هستند فرآیند ساخت لاینر از مرحله ی اسکن تا تولید لاینر کمتر از یک روز طول می کشد تصویر شماره ۱۰.

برای آزمایش لاینر جدید از تعدادی حسگر فشار در محل اتصال سوکت و لاینر قرار داده شد و حرکت پای فرد داوطلب با کمک سامانه ی آنالیز حرکتی مورد بررسی قرار گرفت لاینر جدید، فشار بر پای فرد قطع عضو و خطر آسیب به بافت و پوست را به طور چشمگیری کاهش داد.

از زمان قطع عضو تا تصمیم گیری فرد قطع عضو برای تهیه اندام مصنوعی برای دوباره راه رفتن یا استفاده از ویلچر، حدود ۱۸ ماه طول می کشد در این مدت زمان بهبودی، شکل و اندازه ی بخش باقی مانده پای قطع شده تغییر می کند.

این فرآیند، طراحی یک لاینر متناسب با کاربر را با مشکل روبرو می کند.



تصویر 10: تولید لاینر پروتز پا

معرفی نرم افزارهای طراحی و تحلیلی برای پرینت سه بعدی

در این بخش به معرفی اجمالی نرم افزارهای موجود و مورد استفاده در بخش طراحی و ساخت و تحلیل و پرینت پروتزهای توانبخشی خواهیم پرداخت در ساخت پروژه مورد نظر استفاده شده است.

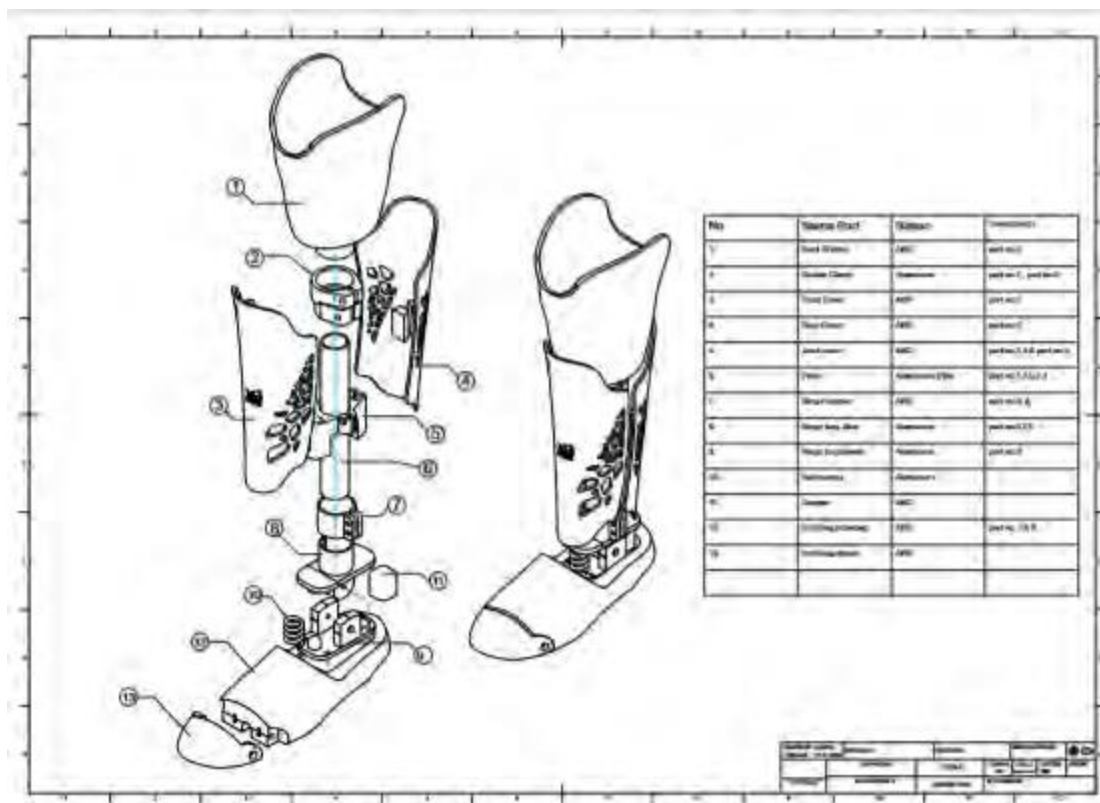
- نرم افزار طراحی صنعتی Solid Works , 3D Max , Catia
- نرم افزار پرینترهای سه بعدی شامل 3D fast , Sketch Up , Mankati UM , Simplify 3D
- نرم افزارهای مهندسی پزشکی Geomagic , Anybody , Gait Analyzia , Opensim
- اسکنرهای سه بعدی بدن Shining3D EinScan SE / SP , IIIDScan PrimeSense 3D Scanner

>>بیشتر بدانید :[فرمت های فایل پرینت سه بعدی](#)

اهداف

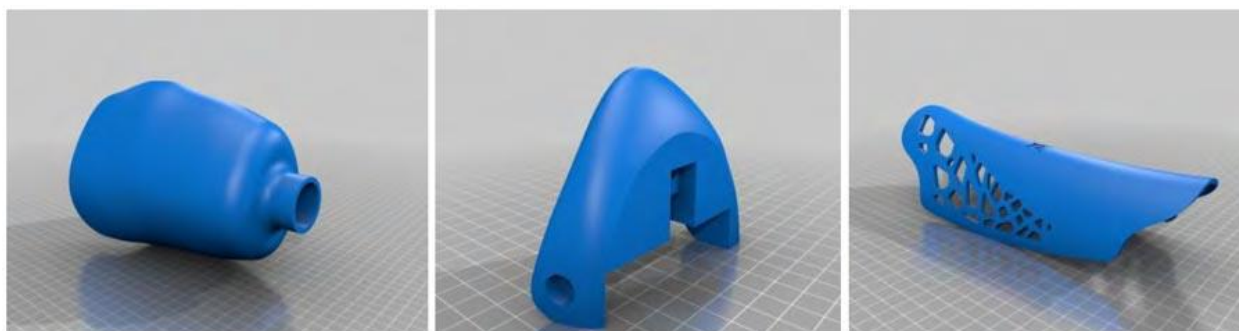
باتوجه به توضیحات گفته شده در مقاله هدف از این مقاله و پروژه

طراحی و ساخت و مونتاژ صفر تا صد پروتز پای هوشمندی بوده که داری: وزن مناسب، کیفیت مناسب، قیمت تمام شده مناسب، طراحی روکش های متفاوت برای پوشش پروتز و کاور پروتز، قابلیت تعویض قطعات، مونتاژ سریع، قابلیت بازیافت، استحکام بالا، نبودن نیاز به ساخت پروتز جدید در صورت رشد و تغییر اندام مورد نظر و ... که نقشه ساخت و تعداد قطعات در تصویر شماره ۱۱ به وضوح قابل مشاهده بوده.



تصویر ۱۱: پروژه انجام شده ساخت پروتز هوشمند پا با فناوری پرینتر سه بعدی

قطعات تهیه شده در پروتز ساخته شده در تصاویر شماره ۱۲ قابل مشاهده بوده که بوسیله نرم افزار طراحی صنعتی سالیدورک کشیده شده سپس در نرم افزارهای تحلیلی مورد بررسی قرار گرفته و در آخر پرینت سه بعدی گرفته شده.



تصویر ۱۲: برخی از قطعات پرینت شده در پروتز طراحی شده

با توجه به تمام توضیحات و مراحل طی شده محصول نهایی قابل ساخت و پرینت بوده که بصورت تصویر شماره ۱۳ به نمایش در آمده محصول نهایی پروژه.



تصویر

۱۳: محصول نهایی که پرینت گرفته شده

پنجمین کنفرانس ملی مهندسی برق و مکاترونیک

Keywords: 3d printing, prosthesis leg , Smart prosthetic leg, 3D Printed Prosthetic Leg, 3d printer

Sources

- 1: Recent advances in carbon nanotube based electrochemical biosensors.
- 2: Smart Wearable EEG Sensor.
- 3: Hand Rehabilitation Robotics on Poststroke Motor Recovery.
- 4: Hybrid Genetic Algorithm for Medical Image Feature Extraction and selection.

5: emtc.ir