

با حمایت صندوق نوآوری و شکوفایی  
و به سفارش یک شرکت دانش بنیان منتشر می شود:

## بهینه سازی ربات اسکلت بیرونی کمک حرکتی برای استفاده در نسخه شخصی



مهلت ارسال پروپوزال ها:

۱۴۰۰/۰۴/۲۵

فناوری ربات اسکلت بیرونی به افراد دچار ضایعه نخاعی و بیماران پاراپلژیک کمک می کند تا قادر به راه رفتن با این ربات کمک حرکتی شوند.

نسخه توسعه یافته توسط شرکت متقاضی، نسخه در مانگامی با جرم ۳۱ کیلوگرم است. این شرکت در نظر دارد تا نسخه خانگی ربات اسکلت بیرونی را با وزن، حجم و قیمت تمام شده کمتر به بازار ارائه دهد، به طوری که جرم نهایی دستگاه در بازه ۲۲ الی ۲۵ کیلوگرم قرار گیرد؛ بنابراین تیم مجری می بایست طراحی مکانیکی و الکترونیکی مورد نظر در ربات را به منظور کاهش وزن و حجم ارائه نماید و نسخه قابل استفاده شخصی را با قیمت مناسب به بازار داخلی توسعه دهد.

شرکت در این فراخوان تحقیقاتی و ارائه پروپوزال در قالب انفرادی، گروهی، شرکتی و سازمانی مجاز است.



پروپوزالی که بیشترین تناسب را با الزامات این نیاز تحقیقاتی داشته باشد انتخاب و به عنوان مجری به شرکت دانش بنیان متقاضی معرفی خواهد شد.





## بسمه تعالی

صندوق نوآوری و شکوفایی به‌منظور تقویت توان توسعه فناوری شرکت‌های دانش‌بنیان با رویکرد نوآوری باز و همکاری فناورانه، خدمت جدیدی را طراحی و عرضه کرده است که در قالب آن، نیازهای تحقیقاتی و فناورانه شرکت‌های دانش‌بنیان و متعاقباً، گروه‌های پژوهشی و فناور توانمند برای اجرای طرح‌های تحقیقاتی و توسعه فناوری‌های مورد نیاز این شرکت‌ها را شناسایی می‌نماید.

آنچه پیش رو دارید، نیاز تحقیقاتی/فناورانه یکی از شرکت‌های دانش‌بنیان متقاضی است که توسط صندوق نوآوری و شکوفایی شناسایی و در قالب فراخوان منتشر شده است. لطفاً به موارد زیر توجه فرمائید:

- شرکت در این فراخوان تحقیقاتی و ارائه پروپوزال در قالب انفرادی، گروهی، شرکتی یا سازمانی مجاز است. همه پژوهشگران، دانشجویان، دانش‌آموختگان و اعضای هیئت‌علمی دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی، شرکت‌های دانش‌بنیان و فناور و سایر علاقمندان می‌توانند با تدوین و ارسال پروپوزال در این فراخوان شرکت کنند.
- پروپوزال‌ها صرفاً باید در چارچوب تدوین‌شده صندوق نوآوری و شکوفایی و حداکثر تا تاریخ ۱۴۰۰/۰۴/۲۵ در قالب Word در سامانه غزال به آدرس <https://ghazal.inif.ir/grant> ارسال شوند. پروپوزال‌هایی که در چارچوبی غیراز آن، یا به روش‌های دیگر به دست صندوق برسند، وارد فرایند ارزیابی نخواهند شد.
- پس از اتمام مهلت ارسال پروپوزال‌ها، فرایند ارزیابی آن‌ها توسط صندوق نوآوری و شکوفایی آغاز خواهد شد. پروپوزالی که بیشترین تناسب را با الزامات این نیاز تحقیقاتی داشته باشد، انتخاب و به‌عنوان «مجری» برای مذاکرات تکمیلی به شرکت دانش‌بنیان متقاضی معرفی خواهد شد.
- در صورت توافق پروپوزال‌دهنده منتخب (مجری تحقیق) و شرکت دانش‌بنیان (متقاضی تحقیق)، قرارداد ۳جانبه‌ای مابین «صندوق»، «متقاضی» و «مجری» منعقد خواهد شد. در قالب این قرارداد، صندوق نوآوری تا ۷۰ درصد هزینه اجرای طرح تحقیقاتی را به شکل بلاعوض به متقاضی خواهد پرداخت تا به‌طور مرحله‌ای و متناسب با پیشرفت اجرای طرح، در اختیار مجری قرار گیرد.
- گرچه در این فراخوان، گام‌های کلی برای اجرای تحقیق مورد نظر پیش‌بینی و معرفی شده است، اما پیشنهاددهندگان می‌توانند از هر روش یا فناوری دلخواه و در قالب یک برنامه تحقیقاتی متفاوت برای حل این مسئله تحقیقاتی و دستیابی به اهداف آن استفاده کنند.
- تدوین و ارسال پروپوزال در قالب این فراخوان، به‌منزله بهره‌مندی از حمایت‌های صندوق نوآوری و شکوفایی نخواهد بود و برای فرستنده حقی ایجاد نمی‌کند. صندوق نوآوری و شکوفایی خود را ملزم به رعایت محرمانگی دانسته و مفاد کلیه طرح‌های ارسالی محرمانه نزد صندوق باقی خواهد ماند.
- هرگونه سؤال یا ابهام در خصوص این فرایند را با شرکت بومرنگ به‌عنوان کارگزار صندوق در میان بگذارید (شماره تماس: ۸۸۳۹۸۵۴۳ و ۸۸۳۹۸۵۶۳-۰۲۱)



## درباره شرکت دانش بنیان متقاضی

این فراخوان به سفارش یک شرکت دانش بنیان نوپای نوع ۱ تنظیم شده است. این شرکت در حوزه طراحی و ساخت ربات‌های کمک حرکتی و توان بخشی فعالیت می‌کند که مورد استفاده بیماران پاراپلژیک، سالمندان، افراد کم توان و ورزشکاران هستند. همچنین این شرکت سابقه طراحی و ساخت ربات اسکلت بیرونی توان بخشی پایین تنه را دارد. این ربات مخصوص راه رفتن افراد دچار کم توانی و ناتوانی در استفاده از اندام‌های پایین تنه است و به کاربرد در راه رفتن، نشستن و برخاستن کمک می‌کند و می‌تواند به عنوان جایگزین ویلچر استفاده شود.

### ضرورت مسئله

افراد قطع نخاع از ناحیه پشتی (پاراپلژی) مبتلا به فلج کامل پاها و تنه در هر دو سمت (هر دو پا) هستند، درعین حال دارای دست‌های سالمی هستند. آسیب نخاعی زیر سطح مهره اول پشتی (T1) موجب ضعف عضلانی و حسی تنه و پاها می‌شوند و بخش عمده‌ای از توانایی‌های خود را از دست می‌دهند و با مشکلات فراوانی دست‌وپنجه نرم می‌کنند. صندلی چرخ‌دار برخی از مشکلات دسترسی این بیماران را حل می‌کند، اما نشستن دائم روی صندلی چرخ‌دار باعث بروز عوارض متعددی می‌شود که چند عارضه مهم آن عبارت است از:

- زخم بستر
- پوکی استخوان (پا)
- اختلال در سیستم گوارشی
- عفونت کلیه
- پوکی استخوان

### مسئله اصلی تحقیق

#### (نیاز تحقیقاتی):

مسئله این تحقیق عبارت است از «بهینه‌سازی ربات اسکلت بیرونی کمک حرکتی برای استفاده در نسخه شخصی»

این عوارض، مشکلات جانبی بیمار پاراپلژیک است. به همین دلیل پزشکان به این بیماران توصیه می‌کنند که در طول روز ساعتی را (حداقل یک ساعت) فقط بایستند و بهتر است با کمک وسایلی مثل بریس و واکر، حتی راه بروند.

انتظار می‌رود در آینده نزدیک و با توسعه فناوری اسکلت بیرونی، بیمار پاراپلژیک بتواند تمام کارهای روزمره خود را با آن انجام دهد، درنتیجه عوارض استفاده از صندلی چرخ‌دار به حداقل خود خواهد رسید.

در ایران به‌خصوص به دلیل آمار بالای تصادفات، تعداد قابل توجهی از جمعیت جوان کشور دچار این مشکل می‌شوند و لذا توسعه این فناوری از ارزش والایی برخوردار است. همچنین کشورهای منطقه به دلیل جنگ‌های اخیر می‌توانند توجیه اقتصادی توسعه این فناوری را بالاتر ببرند.

### مشروح مسئله تحقیقاتی

شرکت دانش‌بنیان متقاضی موفق به توسعه فناوری اسکلت بیرونی شده است که در مراکز درمانی و توان‌بخشی مورد استفاده قرار می‌گیرد و توسط کاربر پوشیده می‌شود. ربات توسعه‌یافته، مورد استفاده بیماران ضایعه نخاعی و افرادی است که در ناحیه پایین‌تنه دچار اختلالات حسی و حرکتی هستند. این افراد به کمک این دستگاه قادر به راه رفتن خواهند بود.



شکل ۱- اسکلت بیرونی توسعه‌یافته توسط شرکت متقاضی - نمونه درمانگاهی

ربات فوق از اجزاء زیر تشکیل شده است:

۱. گیربکس هارمونیک
۲. موتورهای BLDC
۳. درایو موتورها
۴. برد دیسکوری (کنترلر مرکزی)
۵. باتری
۶. برد پاور با قابلیت BMS
۷. کنترلر دستی

در کاربرد درمانگاهی، نمونه موجود دارای ویژگی‌های زیر می‌باشد:

۱. با توجه به آنکه ربات توسط بیماران مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرد، لینک‌های اصلی (ران و ساق) متناسب با قد بیمار تنظیم می‌شود، از این رو دارای مکانیزم تنظیم طول مورد نیاز است.
۲. ربات می‌تواند حداقل ۴ ساعت بدون نیاز به تعویض باتری کار کند. همچنین با توجه به داشتن باتری یدک می‌تواند در صورت اتمام حین کار، جابجا شود.
۳. تنوع استفاده‌کنندگان، این الزام را ایجاد می‌کند که توان ربات به شکل بیشتر از نیاز (over design) انتخاب شود. توضیح اینکه استفاده از ربات نیازمند آموزش است. در مراحل اولیه آموزش به دلیل اینکه کاربر به شکل غیر بهینه از ربات استفاده می‌کند، گشتاورهای مقاوم زیاده‌تر از حد عادی است و لذا ربات برای اینکه همیشه با کاربران جدید آموزش ندیده آزمایش می‌شود، به این دلیل بیش از حد عادی توان دارد. استفاده بهینه از ربات به این معناست که کاربر در اثر تمرین با دستگاه، آموخته است که هر وقت یک پای روبات روی زمین است، وزن خود را با کمک پارالل، واکر یا عصا، روی آن بیاندازد تا پای دیگر به راحتی قدم بردارد و وقتی پای دیگر به زمین رسید، بتواند به موقع وزن خود را به آن پا منتقل کند. وقتی کاربر هنوز این فرآیند را به طور عملی یاد نگرفته است، فشار زیادی به موتورهای دستگاه وارد می‌شود. به همین دلیل دستگاه باید بتواند برای چنین شرایطی جوابگو باشد. حداکثر گشتاور خروجی ربات موجود، ۱۹۰ نیوتن متر است، در حالی که این عدد برای ربات‌های شخصی سازندگان خارجی بین ۵۷ تا ۹۵ نیوتن متر است.

همان طوری که اشاره شد، محصول ساخته شده برای استفاده در کلینیک‌ها و مراکز درمانی طراحی شده و فرض بر این است که کاربران مختلفی از آن استفاده می‌کنند یا یک کاربر در طول روز، یک جلسه یک‌ساعته یا حداکثر دو جلسه (با فاصله زمانی - مثلاً صبح و عصر) از آن استفاده می‌کند، مسئله وزن و حجم نسخه درمانگاهی، اگرچه مهم است اما در اولویت‌بندی اهداف طراحی، اولویت نخست نبوده است. (جرم ربات ساخته شده توسط این شرکت ۳۱ کیلوگرم و حجم آن در شکل شماره ۱ قابل مشاهده است).

در حال حاضر شرکت متقاضی در نظر دارد که نسخه شخصی این ربات را نیز توسعه دهد، بنابراین تغییرات زیر باید مدنظر گرفته شود:

- وزن ربات باید به حداقل برسد.
- حجم ربات باید کمترین میزان برسد.
- قیمت تمام شده باید طوری باشد که متناسب با قدرت خرید کاربران باشد.

در نمونه فعلی، نزدیک به ۸۰ درصد از وزن ربات، مربوط به موتورها و گیربکس‌ها است (۴ سری)، لذا برای کاهش وزن تمرکز باید روی آن‌ها (یا هر مکانیزم انتقال نیروی دیگر) باشد و مثلاً استفاده از فیبرکربن یا تایتانیوم برای

کاهش وزن اسکلت ربات، فقط اثری ۲۰ درصدی دارد. نکته مهم این است که یک راه بسیار ساده برای کاهش وزن بدون کاهش گشتاور، استفاده از موتورهای پرتوان و کم‌وزن ساخته شده از آلایژ نئودونیوم است؛ اما در این حالت قیمت دستگاه ناگهان در حدود ۳ برابر بیشتر می‌شود که این موضوع با توجه به عدم تناسب با قدرت خرید اکثریت کاربران، مطلوب نیست.

بنابراین مسئله این پروژه تحقیقاتی عبارت است از کاهش وزن، حجم و قیمت ربات موجود، با در نظر گرفتن سه نکته زیر:

۱. ربات مورد نظر استفاده یک نفر به‌طور شخصی خواهد بود، لذا احتیاج به مکانیزم تنظیم طول ندارد. این خود باعث کاهش وزن و حجم خواهد شد.
۲. معمولاً یک فرد (حتی سالم) روزانه بیش از یک ساعت راه نمی‌رود؛ بنابراین باتری موردنیاز کافی است برای عملکرد یک ساعت و نیم (با ضریب اطمینان) طراحی شود. این امر باعث کاهش وزن و حجم باتری نسبت به نمونه موجود می‌شود. همچنین وجود یک باتری یدک مثل نمونه موجود الزامی نیست، چون کاربر به احتمال زیاد پس از یک ساعت راهپیمایی در روز خسته می‌شود و در محل کار یا خانه استراحت می‌کند که این زمان خوبی برای شارژ باتری است. عدم نیاز به باتری یدک به نوبه خود قیمت را کاهش می‌دهد.
۳. این ربات مخصوص یک نفر خواهد بود و بنا نیست به شکل مستمر با افرادی تست شود که آموزش ندیده‌اند. حداکثر یک‌بار خود کاربر اصلی دوره آموزشی را با این ربات می‌گذراند که آن‌هم چون در کلینیک خواهد بود، کسری توان موردنیاز به دلیل وزن اندازی ناصحیح، با کمک فیزیوتراپ یا کاردرمانگر حاضر جبران می‌شود تا کاربر به سطح استفاده صحیح از ربات برسد و بتواند با ربات به‌خوبی راه برود. لذا *overdesign* نمونه موجود در اینجا نیاز نیست و این خود باعث کم شدن توان موردنیاز و در نتیجه وزن و نیز قیمت دستگاه می‌شود.
۴. همچنین باید گفت در نسخه درمانگاهی، کاربر باید بتواند با کمک دستگاه از روی صندلی بلند شود، چراکه در درمانگاه این امکان وجود ندارد که کاردرمانگر بتواند هر بیمار را با انرژی خود از صندلی بلند کند، زیرا این امر فشار زیادی به کاردرمانگر وارد می‌کند؛ اما در نسخه شخصی، همراه کاربر می‌تواند در هر کورس پیاده‌روی یک‌بار به کاربر برای بلند شدن کمک کند و لذا ربات لازم نیست گشتاور نسبتاً زیاد مربوط به بلند شدن از روی صندلی را تأمین کند و این خود عاملی برای سبک شدن است.

لازم به توضیح است که نکات فوق، منطبق بر تجربه موجود شرکت متقاضی در این زمینه است، اما ممکن است ارائه‌دهندگان پروپوزال از ابتدا مکانیزم دیگری برای زنجیره انتقال حرکت (drive train) پیشنهاد دهند که به مراتب کارا تر از مکانیزم موجود به‌منظور کاهش وزن، حجم و قیمت باشد. لذا تأکید می‌شود که این نکات فقط

به‌عنوان پیشنهاد در نظر گرفته شده است و راهکارهای نوین دیگر نیز مورد استقبال قرار خواهد گرفت. لازم به ذکر است که در صورت نیاز امکان بازدید از ربات موجود ساخته شده توسط شرکت دانش‌بنیان متقاضی فراهم است.

### گام‌های تحقیق:

- ارائه پیشنهاد یا پیشنهادهایی در خصوص مکانیزم انتقال حرکت که متضمن کاهش وزن، حجم و قیمت ربات باشد.
- طراحی مفهومی مکانیکی، مبتنی بر پیشنهادهای ارائه شده
- طراحی اجزاء مکانیکی مبتنی بر طراحی مفهومی
- طراحی مدارات الکترونیکی، مبتنی بر پیشنهادهای ارائه شده
- سفارش و ساخت اجزاء (مکانیکی و الکترونیکی)
- مونتاژ قطعات و اجزاء
- تست اولیه هر یک از محورها (عملگرها) به‌طور مجزا
- رفع ایرادات احتمالی عملگرها
- مونتاژ نهایی پس از رفع عیوب
- پیاده‌سازی GAIT (گیت) به معنای توالی عملگرهای درگیر در فرآیند راه رفتن و نمودار زمانی موقعیت، سرعت و شتاب هر یک از عملگرها در محور زمان است. با توجه به اینکه شرکت دانش‌بنیان متقاضی دانش فنی این بخش کار را کسب کرده است، پیشنهاددهنده می‌تواند از این قسمت چشم‌پوشی کند)
- آزمایش نمونه با فرد سالم
- آزمایش نمونه با فرد بیمار
- تحویل پروتوتایپ و مدارک طراحی (تشریح روش‌های ساخت اجزاء به شکل مکتوب و فیلم آزمایش‌های نمونه ساخته شده با فرد سالم و بیمار)

### راهکارهای غیر جذاب

- هزینه خرید و تأمین چهار عدد موتور، گیربکس راه‌انداز موتور و المان اندازه‌گیری موقعیت (انکودر، هال سنسور و ...) یا هر مکانیزم دیگر برای زنجیره انتقال حرکت بیشتر از ۵۰ میلیون تومان
- پیشنهاد مکانیزمی که لازمه ساخت آن فاصله بیش از ۴۰ سانتی‌متر بین مفصل زانو و مفصل ران باشد.



### خروجی‌های مورد انتظار تحقیق

- طراحی مکانیکی عملگر مورد استفاده در ربات برای کم کردن حجم و عرض ربات به صورت یکپارچه، شامل نقشه‌ها و همچنین نکات مهم در طراحی
- ارائه نقشه شماتیکی و مونتاژی بردهای قدرت، راه‌انداز و کنترلی ربات در ابعاد حداقلی
- اجرای سخت‌افزاری بردهای فوق
- ارائه طراحی سخت‌افزار در قالب مچ‌بند، عصا یا واکر هوشمند برای ارسال دستورات و کنترل ربات توسط توان یاب
- ارائه طراحی سخت‌افزاری سیستم کنترل ربات مبتنی بر میکروکنترلر stm429
- ساخت نمونه اولیه (پروتوتایپ)



### الزامات تحقیق

- جرم نهایی دستگاه حداکثر ۲۵ کیلوگرم
- تحمل جرم بیمار حداکثر ۱۰۰ کیلوگرم
- قابلیت تنظیم برای قد بیماران از ۱۵۰ الی ۱۹۰ سانتی‌متر
- مداومت عملکرد باتری ۱,۵ ساعت
- بیرون‌زدگی حداکثر از طرفین پایین‌تنه: هر طرف ۱۰ CM
- حداکثر ضخامت جعبه پشت (بک پک): ۶ CM (جعبه پشتی محل قرار گرفتن باتری، سیستم کنترلی و مدارهای الکتریکی و الکترونیکی است که کاربر مانند کوله‌پشتی از آن استفاده می‌کند)
- تخمین قیمت تمام‌شده با روش‌های ساخت پیشنهادی، در بازه ۱۵۰ میلیون تومان





## تجهیزات و زیرساخت‌هایی یا اطلاعات فنی که متقاضی تحقیق می‌تواند در اختیار مجری قرار دهد

- با توجه به دانش فنی موجود در شرکت متقاضی، در صورتی که طراحی و نمونه‌سازی سخت‌افزاری اجزاء مکانیکی و الکترونیکی با نیل به اهداف کمی ارائه شده انجام شود، شرکت متقاضی می‌تواند GAIT مورد نظر برای پیاده‌سازی الگوی راه رفتن را روی نمونه ساخته شده پیاده کند؛ بنابراین پیشنهاددهنده می‌تواند انجام این قسمت را از اسکوپ کاری خود خارج کند.

## معیارهای ارزیابی و انتخاب مجری

- تحصیلات و سوابق تیم تحقیقاتی و تناسب آن با مسئله
- رویکرد فنی تیم تحقیقاتی به مسئله
- دسترسی به تجهیزات آزمایشگاهی و مواد اولیه و سایر الزامات اجرای تحقیق
- زمان و هزینه اجرای تحقیق

## تسهیم مالکیت فکری

- **مالکیت معنوی:** مجری در مالکیت معنوی ناشی از اجرای تحقیق سهیم خواهد بود و انتشار مقاله مشترک توسط مجری و متقاضی در ژورنال‌های داخلی و خارجی، ارائه مقاله در کنفرانس‌ها و سمینارها با موافقت و اشاره به نام همه دست‌اندرکاران مجاز خواهد بود.
- **مالکیت منافع مادی:** با توجه به مدل کسب‌وکار شرکت متقاضی، منافع مالی ناشی از توسعه این فناوری تماماً متعلق به شرکت متقاضی بوده و مجری صرفاً حق الزحمه اجرای پروژه تحقیقاتی را دریافت خواهد کرد.

## ارسال پروپوزال

پروپوزال‌ها صرفاً باید در چارچوب مورد نظر صندوق نوآوری و شکوفایی، تدوین و حداکثر تا تاریخ ۱۴۰۰/۰۴/۲۵ در سامانه غزال به آدرس <https://ghazal.inif.ir/grant> ارسال شوند. پروپوزال‌هایی که در چارچوبی غیراز آن، یا به روش‌های دیگر به دست صندوق برسند، وارد فرایند ارزیابی نخواهند شد.



تهران، میدان ونک، خیابان ملاصدرا، خیابان پردیس، زاینده رود  
شرقی، شماره ۲۴، مجتمع شکوفایی شرکت های دانش بنیان  
کدپستی: ۱۹۹۱۹۱۳۱۱۱  
تلفن: ۰۲۱-۴۲۱۷۰۰۰۰  
پست الکترونیک: info@inif.ir



www.boomerangtt.com

telegram:boomerangtt

insta:boomerangtt.co

۰۲۱-۸۸۳۹۸۵۶۳-۸۸۳۹۸۵۴۳

آدرس: خیابان شریعتی، بالاتر از مطهری، کوچه بینا،  
پلاک ۸، طبقه دوم