Journal of
Sport Biomechanics

Spring 2023. Vol 9. Issue 1

Research Paper

Designing a New Smart Sport Shoes

***Milad Pourhasan[1], Ehsan Fakhri Mirzanag[2], Amir Hossein Sattari[3]**

1. Department of Electrical and Computer, Engineering Faculty, University of Mohaghegh Ardabili, Iran.
2. Department of Sport Biomechanics, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
3. Department of Sport Marketing, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

Use your device to scan and read the article online

Citation: Pourhasan M, Fakhri Mirzanag E, Sattari AH Designing a New Smart Sport Shoes (Persian)]. Journal of Sport Biomechanics. 2022;9(1):48-58. https://doi.org/10.21859/JSportBiomech.9.1.326.3

https://doi.org/10.21859/JSportBiomech.9.1.326.3

CC BY NC

Article Info:

Received: 4 April 2023
Accepted: 17 June 2023
Available Online: 20 June 2023

Keywords:

Smart shoes, Ground reaction forces, Technology

ABSTRACT

Objective The advancement of technology in various fields opens up new opportunities for the future. Technology plays an essential role in sports and sports equipment. Therefore, the aim of the current research is to design and manufacture new smart sports shoes with the ability to measure the ground reaction force.

Methods The current research is of an applied type in order to design and manufacture new smart sports shoes with the ability to measure ground reaction force. After preparing the electronic parts, the control board was first checked using the Jag test. Then, the electronic board was designed and simulated using Altium Designer software, along with other parts. Finally, after soldering the parts, programming was done using Micro Python software.

Results Considering that each sport has its own exercises and a specific order, smart sports shoes can help athletes identify and control the forces they apply to their lower body during various sports activities.

Conclusion The use of new smart sports shoes to measure ground reaction forces and display them online during various sports activities can be useful.

*** *Corresponding Author:***
Milad Pourhasan
Address: Department of Electrical and Computer, Engineering Faculty, University of Mohaghegh Ardabili, Iran.
Tel: +98 (930) 7875522
E-mail: miladpur1996@gmail.com

Extended Abstract

1. Introduction

Sports biomechanics is a scientific field that provides quantitative and sometimes qualitative evaluations of sports performance (1). Measuring and specifying human movements during sports activities is one of the vital aspects for athletes today and an important program for coaches to improve techniques and prevent sports injuries (2). Advances in technology in various fields pave the way for a growing future, including smart applications, wearable technologies, and the Internet of Things, which enable comprehensive integration into people's lives (3). By exploring the effects of smart technologies on sports equipment development, materials engineering for sports equipment has led to many advances in the sports industry, such as the use of lightweight materials with high resistance and unique designs and features (4, 5). Accordingly, Nobakht et al. (2023) conducted research to design and manufacture various sports shoes using nano silver to prevent germs and viruses. The results showed that the use of nano silver in designing and manufacturing various sports shoes can be useful in preventing and controlling many microbes and viruses (7).

2. Methods

According to the subject and objectives of the research, an applied research method was used in this study. First, electronic components such as Arduino Nano board, nanopower supply, force-sensitive sensor, jumper wire, 10-ohm resistor, MicroPython chip, electronic printed board, system parasite trap, Wi-Fi module, and a pair of sports shoes were prepared to place the parts inside. After preparing the electronic parts, the control board was first checked with a JTAG test to ensure that there was no interference or disturbance on the parts. In the second step, all sensors and the microcontroller board were designed and simulated using Altium Designer software, as shown in Fig. 1.
Next, we wired and soldered the electronic board. After finishing the soldering, we designed the system's power supply and connected it to the control chip. In the next step, which was the most important part of the work, we installed the MicroPython software on the programming system. By connecting the control board with the network cable, we first tested the sensors and started writing the programming, which is the programming language used in this project. After writing the programming process, we coded the written codes for the Android operating system, then sent the sensor information to the Wi-Fi module and coded the network address for these sensors. After this step, the control board designed and coded using Android software was designed for these sensors, and the information of the sensors was displayed in the application.

3. Results

Considering that each sport has its own exercises and a unique order, the athletes will be able to identify and control the forces entering their lower body during various sports activities with the design of smart sports shoes.

4. Conclusion

The use of new smart sports shoes to measure ground reaction forces and display them online during various sports activities can be beneficial.

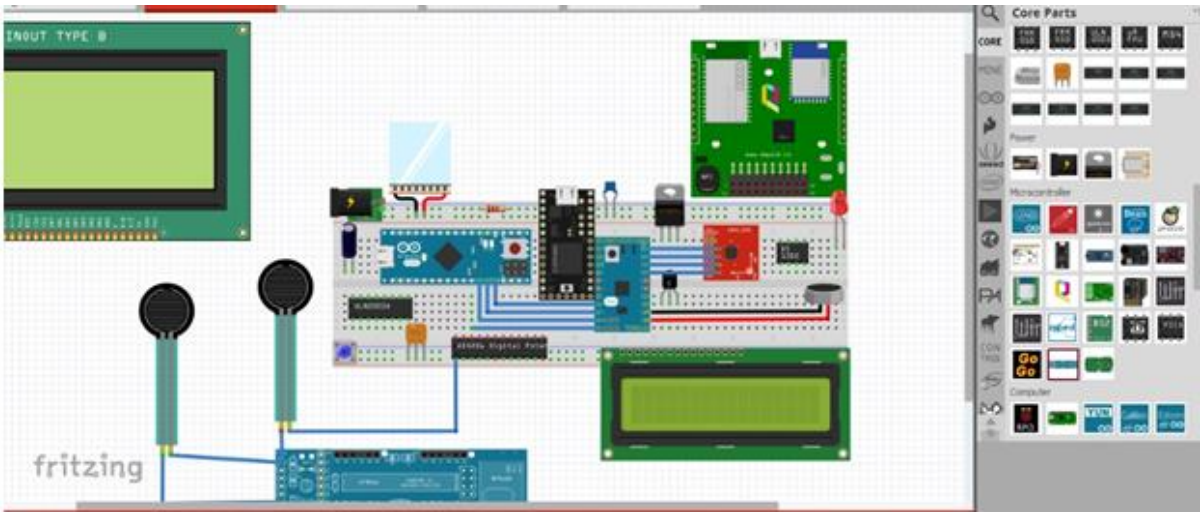


Fig 1. Simulation of electronic components using Altium Designer software

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

Considering that the present research is based on a non-human sample, there was no need to receive the code of ethics. During the implementation of the research, all ethical principles were observed by the authors.

Funding

This research did not receive any grant from funding agencies in the public, commercial, or non-profit sectors.

Authors' contributions

Mr. Milad pour Hassan initiated the idea of the article and conducted the laboratory work. Mr. Ehsan Fakhri Mirzanagh developed the initial idea, writing plan, made modifications, and submitted the article. Mr. Amir Hossein Sattari wrote the article and conducted the laboratory work.

Conflicts of interest

The authors declared no conflict of interest.

مقاله پژوهشی

طراحی کفش ورزشی جدید هوشمند

*میلاد پورحسن[۱]، احسان فخری میرزانق[۲]، امیرحسین ستاری[۳]

۱. گروه برق و کامپیوتر، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۲. گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۳. گروه مدیریت ورزشی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۲۱۵ فروردین ۱۴۰۲
تاریخ پذیرش: ۲۷ خرداد ۱۴۰۲
تاریخ انتشار: ۳۰ خرداد ۱۴۰۲

کلید واژه‌ها:
کفش هوشمند، نیروی عکس-العمل زمین، تکنولوژی

چکیده

هدف پیشرفت تکنولوژی در حوزه‌های مختلف راه را برای آینده رو به رشد هموار می‌کند، تکنولوژی نقش اساسی در ورزش و تجهیزات ورزشی ایفا می‌کند. لذا هدف از پژوهش حاضر طراحی و ساخت کفش جدید ورزشی هوشمند با قابلیت سنجش نیروی عکس‌العمل زمین می‌باشد.

روش‌ها پژوهش حاضر از نوع کاربردی به‌منظور طراحی و ساخت کفش جدید ورزشی هوشمند با قابلیت سنجش نیروی عکس‌العمل زمین می‌باشد. بعد از تهیه قطعات الکترونیک ابتدا برد کنترلی را با تست جاگ بررسی کرده سپس برد الکترونیکی به همراه سایر قطعات با نرم‌افزار Altium Designer طراحی کرده و شبیه‌سازی شد؛ و درنهایت بعد از لحیم‌کاری قطعات برنامه‌نویسی به‌وسیله نرم‌افزار میکرو پایتون انجام گرفت.

یافته‌ها با توجه به اینکه هر ورزشی تمرین‌های خاص خود و همچنین ترتیبی خاص به همراه دارند. در طراحی کفش ورزشی هوشمند، ورزشکار قادر خواهد بود نیروهای وارده به اندام تحتانی را طی اجرای فعالیت ورزشی مختلف شناسایی و سپس کنترل نماید.

نتیجه‌گیری استفاده از کفش ورزشی جدید هوشمند جهت سنجش نیروهای عکس‌العمل زمین و نمایش آن‌ها به‌صورت آنلاین طی اجرای فعالیت‌های ورزشی مختلف می‌تواند مفید واقع گردد.

*نویسنده مسئول:
میلاد پورحسن
آدرس: گروه برق و کامپیوتر، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
تلفن: ۷۸۷۵۵۲۲ (۹۳۰) ۹۸+
ایمیل: miladpur1996@gmail.com

مقدمه

بیومکانیک ورزشی بیانگر علمی است که ارزیابی‌های کمی و گاهی کیفی عملکرد ورزشی را ارائه می‌دهد (۱). اندازه‌گیری و مشخص کردن حرکات انسان در حین اجرای فعالیت‌های ورزشی امروزه یکی از جنبه‌های حیاتی برای ورزشکاران و یکی از برنامه‌های مهم برای مربیان به‌منظور ارزیابی عملکرد ورزشکاران، بهبود تکنیک به‌منظور پیشگیری از آسیب‌های ورزشی است (۲). پیشرفت تکنولوژی در حوزه‌های مختلف راه را برای آینده رو به رشد هموار می‌کند که به گفته سازمان غذا و دارو ایالات‌متحده، حوزه‌های مانند اپلیکیشن‌های هوشمند، فناوری اطلاعات، فناوری‌های پوشیدنی هوشمند و فناوری اطلاعات توسط اینترنت اشیا، دید جامعی در زندگی افراد امکان‌پذیر می‌سازد (۳). به دلیل افزایش تعداد علاقه‌مندان به ورزش که در سطوح مختلف ورزشی و تفریحی رقابت می‌کنند، نیازهای ورزشکاران در سطح حرفه‌ای دائماً در حال افزایش است (۳). در این میان پیشرفت‌های متعدد در فناوری‌های ورزشی به وجود آمده که به ورزشکاران رشته‌های مختلف ورزشی کمک به سزایی کرده است (۸)، در همین راستا کیدا و همکاران ۲۰۱۹ طی پژوهشی به تأثیر لباس‌های ورزشی هوشمند در ورزش پرداختند، نتایج بیانگر این موضوع می‌باشد، برنامه‌های کاربردی ویژه در ورزش علی‌الخصوص برای افراد دارای معلولیت بسیار محدود هستند، اما مسیرهای ممکن برای توسعه بیشتر را نشان می‌دهند. درنهایت، ازآنجایی‌که تجهیزات اغلب در ورزش افراد دارای معلولیت از اهمیت خاصی برخوردار است، نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که سیستم‌های پوشیدنی هوشمند نویدبخش پشتیبانی از تجهیزات برای رفع نیازهای فردی ورزشکاران هستند (۹).

بنابراین با در نظر گرفتن موارد فوق پیشرفت تجهیزات ورزشی نوین انقلابی جدید در تمام رقابت‌های ورزشی و مهندسانی که درحال‌توسعه تجهیزات ورزشی برای افزایش و پیشرفت عملکرد ورزشکاران و همچنین کاهش نرخ آسیب‌دیدگی‌های ورزشی هستند را به وجود آورده است (۴, ۵). با بررسی برخی از تأثیرات عمده تکنولوژی‌های هوشمند مرتبط با توسعه تجهیزات ورزشی بسیاری از پیشرفت‌های دیگر در صنعت ورزش از طریق مهندسی مواد مورد استفاده در ساخت تجهیزات ورزشی اتفاق افتاده است (۴, ۵). مانند استفاده از نانو کامپوزیت‌های شیمیایی تقویت شده با الیاف (فیبر) موادی با وزنی سبک، مقاومتی بالا و با طراحی و ویژگی‌های منحصربه‌فرد، کاربرد گسترده‌ای در تجهیزات ورزشی به وجود آوردند (۶). پژوهش‌ها نشان داده‌اند که نانو کامپوزیت‌های پلیمری حاوی نانو ذرات نقره، پایداری بالا و فعالیت ضد باکتریایی طولانی‌مدت دارند و بااین‌حال، برای سلول‌ها و بافت‌های انسانی سمی نیستند. همچنین، این نانو کامپوزیت‌ها انتخابی مناسب برای از بین بردن گونه‌های متعددی از باکتری‌ها و قارچ‌ها هستند (۱۰). در همین راستا نوبخت و همکاران ۲۰۲۳ طی پژوهشی به طراحی و ساخت کفش ورزشی جدید آنتی میکروب با استفاده از نانو نقره به‌منظور پیشگیری از میکروب‌ها و ویروس‌ها و ویروس‌ها پرداختند، نتایج نشان داد، استفاده از نانو نقره در طراحی و ساخت انواع کفش‌های ورزشی به‌منظور پیشگیری و کنترل بسیاری از میکروب‌ها و ویروس‌ها می‌تواند مفید واقع گردد (۷). در مطالعه دیگر به توسعه انرژی ارتعاشی پیزوالکتریک جهت کاهش مصرف باتری کفش‌های هوشمند انجام شد که این ارتعاش توسط نیروهای تکانشی در زیره کفش در حین راه رفتن و دویدن ایجاد می‌شوند؛ که قادر است داده‌های حسگر را از طریق ال دی‌های به کار گرفته شده هنگامی‌که کاربر با کفش مدنظر فعالیت انجام می‌دهد مکرراً ارسال نمایید. در حال حاضر، صنعت تکنولوژی ورزشی درحال‌توسعه کفش‌های هوشمندی است که قادر باشند، وضعیت اندام دوندگان طی اجرای فعالیت‌های ورزشی کنترل نمایند (۱۱).

نیروی عکس‌العمل زمین[1]یک عامل مهم در مطالعه کینتیک اندام تحتانی در حین دویدن است (۱۲، ۱۳)؛ که در انواع مطالعات تجربی استفاده شده است. نیروی عکس‌العمل زمین مقدار نیروی اعمال شده بر سطح می‌باشد و در برخی از مطالعات با آسیب‌های

1. GRF

دویدن گزارش شده است (۱۴-۱۶). لذا هدف از پژوهش حاضر طراحی و ساخت کفش جدید ورزشی هوشمند با قابلیت سنجش نیروهای وارده به سطح می‌باشد.

روش شناسی

با توجه به موضوع و اهداف تحقیق، روش به کار گرفته شده در این تحقیق از نوع کاربردی بود. در ابتدا به ابزار و مواد مورد نیاز اندازه‌گیری، روش‌های جمع‌آوری اطلاعات، روش‌های اجرای تحقیق مورد بحث و بررسی قرار می‌دهیم.

جهت طراحی و ساخت کفش ورزشی جدید هوشمند ابتدا قطعات الکترونیکی مانند برد آردینو مدل نانو[1] منبع تغذیه نانو[2] سنسور حساس به نیرو[3] سیم جامپر، مقاومت ۱۰ اهم، تراشه میکروپایتون[4] برد چاپی الکترونیکی[5] پارازیت گیر سیستم، ماژول وای فای[6] و یک جفت کفش ورزشی جهت قرار دادن قطعات داخل آن تهیه شد.

سنسور حساس به فشار یک سنسور پیزو مقاومتی است. هر چه بیشتر فشار وارد شود، مقاومت سنسور کمتر می‌شود. با فشار دادن شدید، مقاومت از بی‌نهایت به k~50 تغییر می‌کند. سنسور خود نازک و انعطاف‌پذیر است، اما مقاومت در هنگام خم شدن تغییر نمی‌کند. مقاومت تنها زمانی تغییر می‌کند که به ناحیه گرد در انتهای سنسور فشار وارد شود. به‌عنوان سنسور حضور (کسی ایستاده)، سنسور وزن، سنسور فشار تست ضربه و غیره استفاده می‌شود.

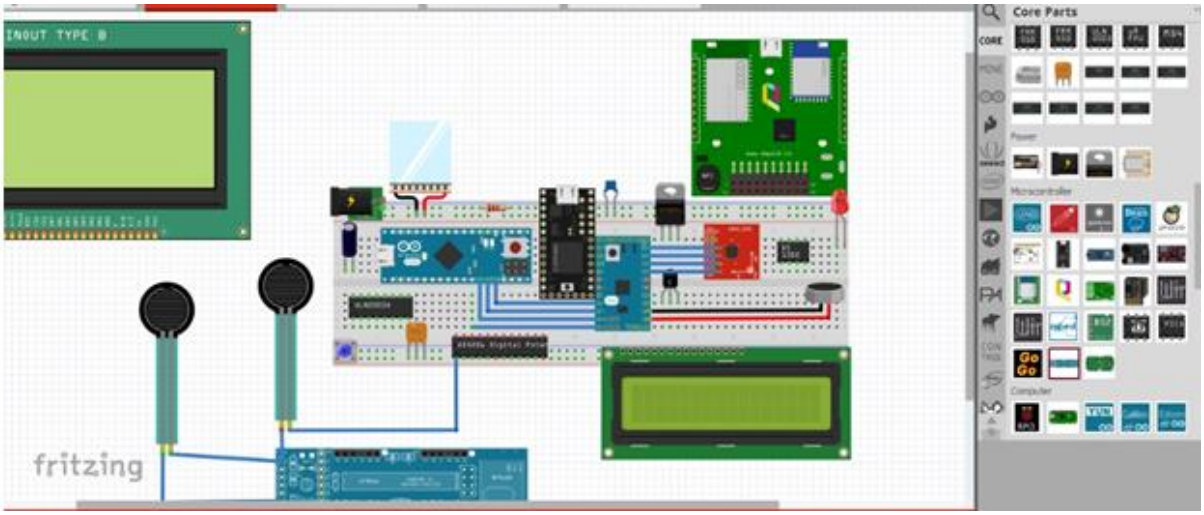
ماژول وای فای[7] ارتباط‌های بین ما و اجسام اطراف و همچنین ارتباطات آن‌ها را با یکدیگر آسان‌تر می‌کند. معمولاً کار با شبکه‌های وای فای و اینترنت به‌صورت مستقیم و با کد نویسی کاری دشوار و زمان‌بر است. برد توسعه NodeMcu به‌منظور ساده کردن کار با این نوع شبکه‌ها طراحی شده است کار با این برد بسیار ساده و شباهت زیادی به بردهای اردینو دارد و کد نویسی‌اش در محیطی به نام lua script انجام می‌شود.

بعد از تهیه قطعات مورد گفته شده، ابتدا برد کنترلی را با تست جاگ[8] بررسی کرده تا برد و سنسورها هیچ پارازیت و اغتشاشی روی قطعات نداشته باشند (۱۷). از این تست زمانی که در پروژه‌ها برای انجام تست اولیه نیاز به یک بار آزمایش کردن اینورتور لازم باشد از تست جاگ استفاده می‌شود. در مرحله بعد، برد میکرو کنترلر و کل سیستم و سنسورها را با نرم‌افزار Altium Designer طراحی کرده و شبیه‌سازی شد (شکل ۱).

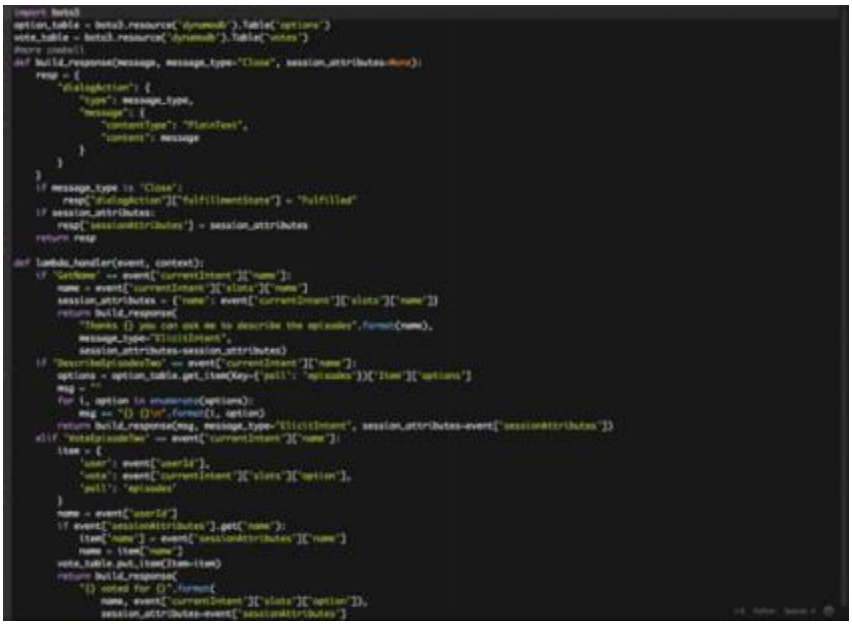
در ادامه برد الکترونیکی سیم‌کشی و لحیم کاری شد؛ و منبع تغذیه سیستم را طراحی و به تراشه کنترلی متصل نمودیم. بخش بعدی که مهم‌ترین بخش کار می‌باشد، نرم‌افزار میکروپایتون را بر روی سیستم برنامه‌نویسی نصب کرده و با متصل کردن برد کنترلی با کابل شبکه ابتدا سنسورها را آزمایش کرده و شروع به نوشتن برنامه‌نویسی نمودیم که زبان برنامه‌نویسی در این پروژه با میکرو

1. Arduino Nano
2. Nano power supply
3. FSR
4. Micropython chip
5. Electronic printed circuit board
6. Wi-Fi module
7. Wi-Fi
8. JOG

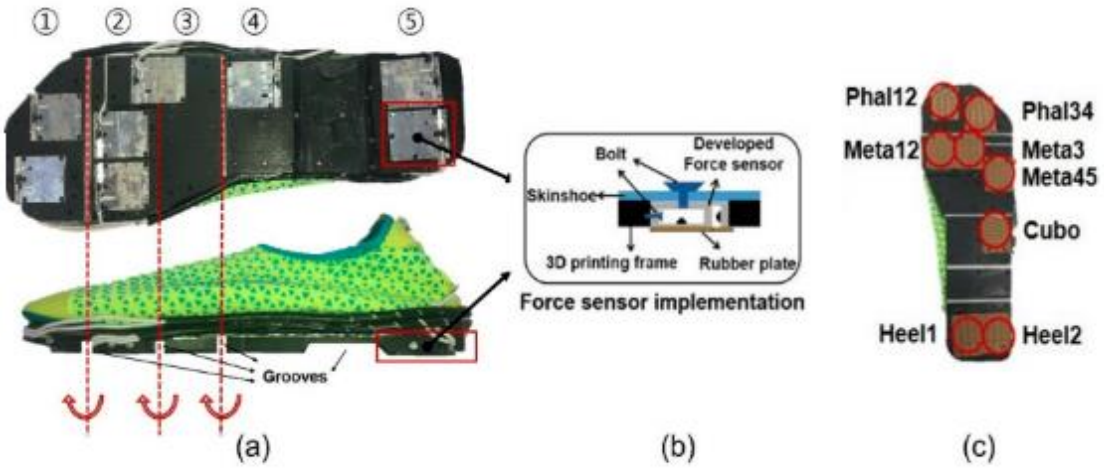
پایتون می‌باشد. بعد از نوشتن پروسه برنامه‌نویسی، کدهای نوشته رو را برای سیستم عامل اندروید کد نویسی کرده و سپس اطلاعات سنسورها را به ماژول وای فای ارسال کرده و آدرس شبکه را برای این سنسورها کد نویسی نمودیم؛ و بعد از این مرحله برد کنترلی طراحی و کد نویسی شده با استفاده از نرم‌افزار اندروید را برای این سنسورها طراحی شده و اطلاعات سنسورها در اپلیکیشن نمایش داده شد مطابق شکل ۲ در نهایت پس از آماده‌سازی قطعات در برد کنترلی برای انجام تست نمونه اولیه، مراحل نصب سیستم بر روی کفش ورزشی مدنظر انجام گرفت (مطابق شکل ۳).



شکل ۱. شبیه‌سازی قطعات الکترونیکی با استفاده از نرم‌افزار Altium Designer



شکل ۲. کد نویسی میکرو کنترل‌ها



شکل ۳. شماتیک مراحل نصب سیستم بر روی کفش ورزشی جدید و ابعاد سیستم کنترلی کفش

نتایج

با توجه به اینکه هر ورزشی تمرین‌های خاص خود و همچنین ترتیبی خاص به همراه دارند. در طراحی کفش ورزشی هوشمند، که رفتار ورزشکار در شرایط‌های مختلف به چالش کشیده می‌شود، و کنترل بهتری بر بیولوژی سیستمی خود را داشته باشد. در نهایت قادر خواهد بود حرکت فشار بروی کف‌پا رو کنترل نماید، این امر باعث می‌شود ورزشکار در تست‌های مختلف ورزشی توسط Master ارزیابی شود و توسط اپلیکیشن برنامه نویسی شده سنسورها کنترل شود.

بحث

هدف از این مطالعه طراحی و ساخت کفش جدید ورزشی هوشمند با قابلیت سنجش نیروی عکس‌العمل زمین بود. قطعات الکترونیکی تعبیه شده در کفش ورزشی هوشمند به‌صورت هم‌زمان نیروی عکس‌العمل زمین طی اجرای فعالیت‌های ورزشی اندازه‌گیری می‌نماید. این کار با استفاده از ورودی آنالوگ جریانی در برد آردینو نانو که قادر است این پارامتر را به‌طور هم‌زمان کنترل کند که بر اساس کتابخانه ۲۰۳ اردینو و کد نویسی پایتون با ایجاد سه شرط در خروجی سنسورها با استفاده مرجع فرکانسی سنسورها را به‌طور هم‌زمان کنترل و ازآنجاکه برد اردینو قابلیت کنترل و ارزیابی ۵ ورودی آنالوگ و ۵ خروجی آنالوگ را دارد، ابتدا این سنسور بر اثر تغییر مقاومت داخلی هریک از سنسورها یک سیگنال جریانی تولید کرده و به تبع آن سیگنال را به ورودی آنالوگ برد اردینو انتقال داده و از طریق میکروکنترل داخلی این برد داده‌ها پردازش شده و در خروجی تحویل یک گیرنده یا تراشه‌ی وای فای می‌گردد که این تراشه وای فای اطلاعات را از طریق وای فای به نرم‌افزار داخل گوشی همراه انتقال داده و از طریق نرم‌افزار این اطلاعات نمایش داده می‌شود. در همین راستا هگلند و همکاران ۱۹۸۱ به طراحی صفحه نیرو جهت سنجش نیروهای عکس‌العمل زمین طی اجرای فعالیت‌های ورزشی پرداخت (۱۸)، لذا کاربر برای اطلاع از متغیرهای همچون مقدار نیروهای وارده به مفاصل که بحث بسیاری زیادی در خصوص شناسایی آسیب‌های ورزشی دارد (۱۹)؛ و تحلیل این متغیرها از طریق برنامه‌های مانند متلب، اکسل، spss

به‌صورت یک پروسه طولانی مدت و هزینه‌بر از طریق افراد متخصص که آشنایی با تحلیل این دیتاها را داشته باشند در اختیار کاربر قرار می‌دهند،

همچنین در این پژوهش با در نظر گرفتن چهار پارامتر مهم اقتصادی بودن، در دسترس بودن و استحکام و سبکی سنسور و جنس نانویی آن‌ها این مجموعه ساخته شده است و لذا با توجه به اولویت موارد فوق و ساخت نمونه اولیه و آزمایشی که در مراحل بعدی نیاز به اصلاحات و افزایش بهبود عملکرد سیستم قبل تولید انبوه می‌باشد، طراحی و ساخت شکل گرفته است. پیش از ساخت نمونه توسط نرم‌افزار سالیدورک محل‌های دقیق نصب سنسور در جهت هدم درگیری با بدن ورزشکار و رعایت ایمنی دستگاه‌ها در جلوگیری از برخورد و شکست در شرایط مختلف تحلیل و ارزیابی شده است و لذا از این جهت این موارد بررسی شده است و مشکلی از این ناحیه دستگاه‌ها و سنسورها را تهدید نمی‌کند. همچنین از بابت اطمینان از محل دقیق نصب سنسور نیرو و صحیح نشان دادن آن در یک ارزیابی و آزمایش با دستگاه‌های اندازه‌گیری نیرو در ناحیه‌های مختلف کف پا و قرار دادن نیرو در یک نقطه‌ی مبدا طی وزن‌های مختلف ورزشکار سیگنال متفاوتی تولید کرده و اطلاعات طبق مطالب عنوان شده به پردازنده ارسال و تحلیل داده شد و طی فرایند ۵ آزمایش مختلف در چند ناحیه‌ی کف پا، بهترین مکان‌ها قرارگیری این سنسور در پا صورت گرفت تا بهترین خروجی دریافت گردد. پژوهش حاضر دارای محدودیت‌هایی بود که از آن جمله می‌توان به عدم ثبت نیروهای عکس‌العمل در راستای قدامی–خلفی و داخلی–خارجی اشاره نمود که نیاز است در پژوهش‌های آینده با اضافه نمودن این قابلیت و برخی پارامترهای بیومکانیکی دیگری مورد بررسی و تجزیه تحلیل قرار گیرد.

نتیجه‌گیری نهایی

با توجه به اینکه هر ورزشی تمرین‌های خاص خود و همچنین ترتیبی خاص به همراه دارند. در طراحی کفش ورزشی هوشمند که رفتار ورزشکار در شرایط مختلف به چالش کشیده می‌شود و کنترل بهتری بر بیولوژی سیستمی خود را داشته باشد؛ و درنهایت قادر خواهد بود حرکت فشار بروی کف پا رو کنترل نماید، این امر باعث می‌شود ورزشکار در تست‌های مختلف ورزشی توسط Master ارزیابی شود؛ و توسط اپلیکیشن برنامه‌نویسی شده سنسورها کنترل شود.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

اصول اخلاق تماماً در این مقاله رعایت شده است. شرکت کنندگان اجازه داشتند هر زمان که مایل بودند از پژوهش خارج شوند. همچنین همه شرکت کنندگان در جریان روند پژوهش بودند. اطلاعات آن‌ها محرمانه نگه داشته شد.

حامی مالی

این پژوهش هیچ گونه کمک مالی از سازمان های دولتی، خصوصی و غیر انتفاعی دریافت نکرده است.

مشارکت نویسندگان

آقای میلاد پور حسن ایده اولیه مقاله و کار آزمایشگاهی مقاله را انجام داد. آقای احسان فخری میرزانق ایده اولیه، طرح نگارش، اصلاح و سابمیت را انجام داد. آقای امیر حسین ستاری نگارش مقاله و کار آزمایشگاهی را انجام داد.

تعارض

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

Reference

1. Zatsiorsky VM, Fortney VL. Sport biomechanics 2000. journal of sports sciences. 1993;11(4):279-83. [DOI:10.1080/02640419308729997] [PMID]

2. Taborri J, Palermo E, Rossi S. Automatic detection of faults in race walking: A comparative analysis of machine-learning algorithms fed with inertial sensor data. Sensors. 2019;19(6):1461. [DOI:10.3390/s19061461] [PMID] [PMCID]

3. Landers DM. The influence of exercise on mental health: President's council on physical fitness and sports; 1997. [DOI:10.1037/e606932007-001]

4. Iwatsubo T, Kawamura S, Miyamoto K, Yamaguchi T. Numerical analysis of golf club head and ball at various impact points. sports engineering. 2000;3(4):195-204. [DOI:10.1046/j.1460-2687.2000.00055.x]

5. Eftaxiopoulou T, Narayanan A, Dear J, Bull A. A performance comparison between cricket bat designs. proceedings of the institution of mechanical engineers, part P: journal of sports engineering and technology. 2012;226(1):16-23. [DOI:10.1177/1754337111425629]

6. Zhang L, editor The application of composite fiber materials in sports equipment. 2015 international conference on education, management, information and medicine; 2015: atlantis press. [DOI:10.2991/emim-15.2015.88]

7. Nobakht F, Fakhri Mirzanag E, Ashrafi N, Fakhraipur P. design and manufacture of antimicrobial new sport shoes using nano-silver to prevent germs and viruses. journal of sport biomechanics. 2022;8(3):200-12.

8. Kissick J, Webborn N. Concussion in para sport. physical medicine and rehabilitation clinics. 2018;29(2):299-311. [DOI:10.1016/j.pmr.2018.01.002] [PMID]

9. IkedA T, Iguchi Y, Ishihara Y, Shimasaki Y, IkedA H, YoshimurA M. Activity profiles of international goalball players using wearable devices. juntendo medical journal. 2019;65(3):279-85. [DOI:10.14789/jmj.2019.65.JMJ19-OA06]

10. Wijnhoven SW, Peijnenburg WJ, Herberts CA, Hagens WI, Oomen AG, Heugens EH, et al. Nano-silver-a review of available data and knowledge gaps in human and environmental risk assessment. Nanotoxicology. 2009;3(2):109-38. [DOI:10.1080/17435390902725914]

11. Katsumura H, Konishi T, Okumura H, Fukui T, Katsu M, Terada T, et al., editors. Development of piezoelectric vibration energy harvesters for battery-less smart shoes. Journal of physics: conference Series; 2018: IOP Publishing. [DOI:10.1088/1742-6596/1052/1/012060]

12. Zadpoor AA, Nikooyan AA. The relationship between lower-extremity stress fractures and the ground reaction force: a systematic review. Clinical biomechanics. 2011;26(1):23-8. [DOI:10.1016/j.clinbiomech.2010.08.005] [PMID]

13. Gottschall JS, Kram R. Ground reaction forces during downhill and uphill running. Journal of biomechanics. 2005;38(3):445-52. [DOI:10.1016/j.jbiomech.2004.04.023] [PMID]

14. Giakas G, Baltzopoulos V. Time and frequency domain analysis of ground reaction forces during walking: an investigation of variability and symmetry. Gait & Posture. 1997;5(3):189-97. [DOI:10.1016/S0966-6362(96)01083-1]

15. Crowe A, Schiereck P, de Boer R, Keessen W. Characterization of gait of young adult females by means of body centre of mass oscillations derived from ground reaction forces. Gait & Posture. 1993;1(1):61-8. [DOI:10.1016/0966-6362(93)90043-Z]

16. Stergiou N, Giakas G, Byrne JE, Pomeroy V. Frequency domain characteristics of ground reaction forces during walking of young and elderly females. Clinical biomechanics. 2002;17(8):615-7. [DOI:10.1016/S0268-0033(02)00072-4] [PMID]

17. Huang Y, Mouzakitis A, McMurran R, Dhadyalla G, Jones RP, editors. Design validation testing of vehicle instrument cluster using machine vision and hardware-in-the-loop. 2008 IEEE international conference on vehicular electronics and safety; 2008: IEEE.

18. Heglund NC. A simple design for a force-plate to measure ground reaction forces. 1981. [DOI:10.1242/jeb.93.1.333]

19. Hoseini Y, Alemzadeh M. Component of grround reaction forces in people with ankle sprain compared with healthy subjects during running. Journal of paramedical sciences & rehabilitation. 2020;9(2):76-86.