



Original Article

Application of Participatory Ergonomics Principles as a Strategy for Sustainable Environmental Management

Farahnaz Dastranj¹ , Ali Mohammadi^{1*} , Hassan Sadeghi Naeini² , Hanieh Nikoomaram¹ , Reza Azizinezhad³ 

¹ Department of Natural Resources and Environment, SR.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran

² Industrial Design Department, School of Architecture and Urban Studies, Iran University of Science and Technology (IUST), Tehran, Iran

³ Department of Agricultural Science and Engineering, SR.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran

Article History:

Received: 15 March 2025

Revised: 25 May 2025

Accepted: 29 May 2025

ePublished: 21 June 2025

***Corresponding author:** Ali Mohammadi, Department of Natural Resources and Environment, SR.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran

Email: ali.mohammadi@sbiau.ac.ir

Abstract

Objectives: Participatory ergonomics, with its focus on the active involvement of stakeholders in designing and improving work systems, can be proposed as a key strategy for sustainable environmental management. The present study aimed to explore the mechanisms of integrating ergonomic principles and employee participation to elucidate how environmental sustainability can be achieved in workplace settings.

Methods: The present descriptive-analytical study was conducted in the Iranian automotive industry. The participatory ergonomics program involved a 14-member expert team through weekly sessions consisting of two hours of theoretical training and one hour of practical application over three months. The primary objectives of the program encompassed comprehensive training on ergonomics checkpoints established by the International Labour Organization (ILO), integration of ergonomic principles with environmental sustainability considerations, and development of practical competencies to implement acquired knowledge in actual workplace environments.

Results: Following the completion of the participatory ergonomics program and a thorough assessment of workplace issues, the ergonomics team successfully developed fifty practical recommendations, 20% of which addressed environmental concerns. Through six months of sustained collaboration between workers and management support, ten of the proposed recommendations were implemented.

Conclusion: The application of participatory ergonomics principles, emphasizing stakeholder engagement in work system design, can serve as a pivotal strategy for sustainable environmental management. This approach not only enhances employees' physical and psychological well-being but also establishes an inseparable connection between technology, humans, and the environment by reducing occupational stress and natural resource consumption. Undoubtedly, interdisciplinary research in ergonomics and environmental sustainability can play a strategic role in achieving balanced development for future generations.

Keywords: Environment, Ergonomics, Sustainability



Extended Abstract

Background and Objective

In recent decades, the environment has faced unprecedented challenges. In the meantime, sustainable environmental management has been proposed as a solution to reduce environmental damage. Fulfilling this goal requires approaches that strengthen the active participation of stakeholders in the decision-making and implementation process. Participatory ergonomics, as a new paradigm, offers significant capacities for aligning human needs and environmental requirements. Participatory ergonomics, as a tool within the framework of macroergonomics, can provide a better understanding of sustainable development and facilitate its realization. Inspired by democratic and participatory principles, this approach seeks to actively involve employees, users, and other stakeholders in the process of identifying problems and designing solutions. According to the definition of the Brundtland World Commission, sustainable development is development that meets the needs of the present generation without compromising the ability of future generations to meet their own needs. In order to achieve the goals of sustainable development, the identification of new opportunities in the field of ergonomics and drawing its relationship with sustainability goals is an essential step. The present study aimed to explain how to achieve environmental sustainability in workplaces by examining the mechanisms of integrating ergonomic principles and employee participation.

Materials and Methods

The present study followed a descriptive-analytical method conducted in the Iranian automotive industry. A total of 14 experts were selected to participate in the participatory ergonomics program. The participatory ergonomics course was designed to last three months with 12 weekly training sessions. The course objectives included comprehensive training on the International Labour Organization (ILO) ergonomic checkpoints, integrating ergonomics with environmental issues, and enabling the operationalization of what was learned in a real workplace. This educational approach allowed participants to simultaneously learn theoretical concepts while applying them in the workplace, which led to a deeper understanding and greater retention of what was learned.

Results

The participatory ergonomics team came up with 50 suggestions, among which, 10 and 40 were directly and indirectly related to environmental issues, respectively; therefore, 10 suggestions were implemented.

A review of the suggestions directly related to environmental issues shows that three suggestions are dedicated to solving the oil leakage problem in hydraulic devices. By implementing these improvements, the indicators related to the reduction of oil consumption and chemical waste, air and water pollution, waste, and energy consumption, as well as the increase of oil useful life, will be improved.

In the implementation of the project to improve the timing of forklift traffic, this equipment contributes significantly to the phenomenon of global warming and air pollution by emitting harmful compounds. The density of unnecessary forklift traffic increases fuel consumption and, as a result, produces more CO₂ emissions. Carbon footprint is a measure of greenhouse

gas emissions, especially CO₂.

The plan to install signboards and navigation in the company's environment is a step towards improving environmental indicators. Optimized signboards prevent unnecessary traffic with shorter and smoother routes, which leads to a reduction in greenhouse gas emissions. Energy consumption optimization has been achieved during the implementation of the project to install local lighting for base-mounted scissors. Environmental indicators include energy efficiency in lighting and the reduction of carbon emissions.

The design of a local ventilation system in the grinding section is a solution to control air pollutants. Environmental indicators include the reduction of suspended particles and hazardous waste.

The plan to provide laundry facilities for workers who work with pressing machines is a significant step towards protecting the environment. Environmental indicators include reducing water pollution, preventing the transfer of pollutants to the home environment, and managing hazardous waste.

In addition, the plan to provide rest facilities in the workplace can play an important role in promoting environmental sustainability. Environmental indicators include indoor air quality, energy efficiency, as well as social well-being and sustainability.

The plan to replace stainless steel containers with disposable containers in food service, which is underway, is a fundamental step in reducing plastic waste and carbon footprint.

Implementing proposals indirectly related to environmental issues is considered a step towards preserving the environment.

The project of installing warning signs of the risk of electrocution and fire on electrical panels that has been implemented can play a significant role in reducing accidents. The reduction of environmental risk through fire prevention, pollutant emissions, and hazardous waste can be assessed.

Moreover, the project of insulating the electrical wires of the laser device that has been implemented has a direct impact on reducing energy losses and improving environmental indicators, including the reduction of energy losses, insulation stability, and carbon footprint. Other improvements implemented in the workplace, including replacing forklift seats, modifying work chairs, purchasing new devices, designing and manufacturing a wheeled table, and installing a spot weld support balancer, have been made to prevent musculoskeletal disorders (especially back pain) among employees. The most important indicators include the occupational disease burden index, hospital carbon footprint, and medical waste.

Discussion

The present work, focusing on the application of participatory ergonomics principles as a solution for sustainable environmental management, indicated that integrating stakeholders' perspectives in the design and optimization process of systems, in addition to improving productivity, had tangible effects on reducing pressure on natural resources and improving environmental indicators. The resulting improvements, including the reduction of carbon footprint, energy consumption, and waste production, align with the United Nations' sustainable development goals. The outstanding advantage of the present study is that it is a new integrated approach that simultaneously addresses

ergonomic and environmental dimensions and provides solutions to improve working conditions. The findings emphasize the need to include the concept of sustainability in a human-centered framework, which means that long-term achievement of environmental sustainability is impossible without considering human needs and limitations. This perspective is entirely consistent with the definition of sustainable development. It is suggested that future research examine the long-term effects of collaborative ergonomics on macro-environmental indicators (e.g.,

climate change and air quality).

Conclusion

Participatory ergonomics, focusing on stakeholder participation in the design of work systems, can play a key role in sustainable environmental management. This approach not only improves employees' physical and mental health but also establishes an unbreakable link between technology, humans, and the environment by reducing job stress and the consumption of natural resources.

Please cite this article as follows: Dastranj F, Mohammadi A, Sadeghi Naeini H, Nikoomaram H, Azizinezhad R. Application of Participatory Ergonomics Principles as a Strategy for Sustainable Environmental Management. *Iran J Ergon.* 2025; 13(1): 28-37. DOI: 10.32592/IJE.13.1.28

کاربست اصول ارگونومی مشارکتی، راهکاری برای مدیریت پایدار محیط زیست

فرحناز دسترنج^۱، علی محمدی^{۱*}، حسن صادقی نائینی^۲، هانیه نیکومرام^۱، رضا عزیزی نژاد^۳

^۱ گروه مدیریت محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
^۲ گروه طراحی صنعتی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت، تهران، ایران
^۳ گروه بیوتکنولوژی و به نژادی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

چکیده

اهداف: ارگونومی مشارکتی با تمرکز بر مشارکت فعال ذی نفعان در طراحی و بهبود سیستم‌های کاری می‌تواند به عنوان راهکاری کلیدی در مدیریت پایدار محیط زیست مطرح شود. این پژوهش بر آن است تا با بررسی سازکارهای تلفیق اصول ارگونومی و مشارکت کارکنان، چگونگی تحقق پایداری زیست محیطی در محیط‌های کاری را تبیین کند.

روش کار: این مطالعه توصیفی تحلیلی در یکی از صنایع خودروسازی ایران انجام شد. برنامه ارگونومی مشارکتی با تیم چهارده نفره از کارشناسان با جلسات هفتگی دو ساعت تئوری و یک ساعت عملی به مدت سه ماه برگزار شد. اهداف اصلی دوره شامل آموزش جامع سرفصل‌های چک پوینت‌های ارگونومی سازمان بین‌المللی کار (ILO)، تلفیق مباحث ارگونومی با موضوعات محیط زیستی و ایجاد توانایی عملیاتی کردن آموخته‌ها در محیط کار واقعی بود.

یافته‌ها: تیم ارگونومی پس از اتمام برنامه ارگونومی مشارکتی و بررسی دقیق مشکلات محیط کار، موفق به ارائه پنجاه پیشنهاد کاربردی شد که از این تعداد، بیست درصد به مسائل زیست محیطی اختصاص داشت. پس از شش ماه همکاری مستمر کارگران و پشتیبانی مدیریت، ده مورد از پیشنهادهای ارائه شده به مرحله اجرا رسید. **نتیجه‌گیری:** کاربربست اصول ارگونومی مشارکتی با محوریت مشارکت ذی نفعان در طراحی سیستم‌های کاری می‌تواند به عنوان راهکاری کلیدی در مدیریت پایدار محیط زیست ایفای نقش کند. این رویکرد نه تنها سلامت جسمی و روانی کارکنان را ارتقا می‌بخشد، بلکه با کاهش استرس‌های شغلی و مصرف منابع طبیعی، پیوندی ناگسستنی میان فناوری، انسان و محیط زیست برقرار می‌سازد. بی تردید پژوهش‌های میان‌رشته‌ای در حوزه ارگونومی و پایداری زیست محیطی می‌توانند نقشی راهبردی در تحقق توسعه‌ای متوازن برای نسل‌های آینده ایفا کنند.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۱۲/۲۵
تاریخ داوری مقاله: ۱۴۰۴/۰۳/۰۴
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۴/۰۳/۰۸
تاریخ انتشار مقاله: ۱۴۰۴/۰۳/۳۱

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی
همدان محفوظ است.

* نویسنده مسئول: علی محمدی، گروه
مدیریت محیط زیست، واحد علوم و
تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران،
ایران

ایمیل: ali.mohammadi@srbiau.ac.ir

کلید واژه‌ها: ارگونومی، پایداری، محیط زیست

استناد: دسترنج، فرحناز؛ محمدی، علی؛ صادقی نائینی، حسن؛ نیکومرام، هانیه؛ عزیزی نژاد، رضا. کاربربست اصول ارگونومی مشارکتی، راهکاری برای مدیریت پایدار محیط زیست. مجله ارگونومی، بهار ۱۴۰۴؛ ۱۳(۱): ۳۷-۲۸

مقدمه

به عنوان راهکاری کلیدی برای کاهش آسیب‌های زیست محیطی و تضمین بقای نسل‌های آینده مطرح شده است. تحقق این هدف نیازمند رویکردهایی است که مشارکت فعال ذی نفعان را در فرایند تصمیم‌گیری و اجرا تقویت کند. در این راستا، ارگونومی مشارکتی به عنوان پارادایمی نوین، ظرفیت‌های چشمگیری را برای همسوسازی نیازهای انسانی و الزامات زیست محیطی ارائه می‌دهد [۲]. فعالیت‌های کنونی بشر، توانایی سیستم‌های اجتماعی و طبیعی را در مواجهه با چالش‌های پیش رو به شدت تضعیف کرده است. از این رو، بسیج

در دهه‌های اخیر، محیط زیست به عنوان بستر حیات انسان‌ها و سایر موجودات زنده، با چالش‌هایی بی سابقه مواجه شده است. افزایش جمعیت، توسعه صنعتی، تغییرات آب و هوایی، آلودگی‌های گسترده زیست محیطی، کمبود منابع آب، رشد سریع شهرنشینی، بحران‌های غذایی و انرژی، معضلات حوزه سلامت و پزشکی و مدیریت ناکارآمد پسماندها فشار فزاینده‌ای بر اکوسیستم‌های جهانی وارد کرده‌اند. بی تردید مقابله با این چالش‌ها مستلزم تحولی اساسی در نگرش و رفتار انسان‌هاست [۱]. در این میان، مدیریت پایدار محیط زیست

مهارت‌ها و دانش مرتبط با عوامل انسانی و ارگونومی برای مقابله با بحران‌های موجود، امری ضروری است [۳].

ارگونومی به‌عنوان دانش طراحی سیستم‌ها و محیط‌های کاری متناسب با ویژگی‌های فیزیکی و روانی انسان، همواره بر بهبود تعامل بین انسان و محیط تأکید داشته است. ارگونومی علمی است که به طراحی، اصلاح و بهینه‌سازی سه عامل کلیدی محیط، مشاغل و تجهیزات می‌پردازد؛ به‌گونه‌ای که این موارد با ویژگی‌های افراد سازگار باشند و ضمن تأمین سلامت، بهره‌وری مطلوب را نیز به همراه داشته باشند [۴، ۵]. هرچند مطالعات زیست‌محیطی گستره وسیعی را دربرمی‌گیرد، برخی از مشکلات جهانی نظیر تغییرات اقلیمی، بحران‌های انرژی و اقتصادی را نمی‌توان صرفاً از طریق میکروارگونومی رفع کرد. از این منظر، رویکرد ماکروارگونومی که تعاملات پیچیده میان انسان‌ها، سازمان‌ها و سیستم‌ها را در نظر می‌گیرد، نقش بسزایی ایفا می‌کند [۶]. در این میان، ارگونومی مشارکتی به‌عنوان ابزاری کلیدی در چهارچوب ماکروارگونومی می‌تواند درک بهتری از توسعه پایدار ارائه دهد و تحقق آن را تسهیل کند. این رویکرد با الهام از اصول دموکراتیک و مشارکتی، درصدد درگیرسازی فعال کارکنان، کاربران و دیگر ذی‌نفعان در فرایند شناسایی مشکلات و طراحی راه‌حل‌هاست [۷]. براساس اصول فرایند ارگونومی مشارکتی، درگیری و هم‌فکری کارکنان در طراحی و تحلیل مشکلات شغلی با بهره‌گیری از ابزارها و روش‌های این رویکرد، نه‌تنها موجب ارتقای توانمندی‌های فردی می‌شود، بلکه مهارت‌های فنی و اجتماعی آنان را نیز گسترش می‌دهد. این فرایند تحول‌آفرین، سازمان را دستخوش تغییراتی سازنده می‌کند که از رهگذر ارائه راهکارهای کارآمد و طراحی ارگونومیک، به بهبود پایدار شرایط کاری می‌انجامد [۸].

توسعه پایدار براساس تعریف کمیسیون جهانی برانلند Brundlant، توسعه‌ای است که نیازهای نسل کنونی را بدون به خطر انداختن توانایی نسل‌های آینده در تأمین نیازهای خود برآورده می‌سازد. این تعریف به‌عنوان مبنایی برای درک و اجرای اصول پایداری در سراسر جهان پذیرفته شده است. پایداری بر سه رکن اساسی اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی استوار است [۹]. امروزه جامعه و نهادها به‌الگویی راهبردی نیازمندند که بر محورهای اساسی حفاظت از سلامت انسان، بهره‌وری خردمندانه از مواد بازیافتی، کاهش ردپای زیستی، و جای‌گزینی منابع انرژی پایدار تأکید دارد [۱۰]. انجمن بین‌المللی ارگونومی در سال ۲۰۰۸، کمیته فنی ارگونومی / فاکتورهای انسانی برای توسعه پایدار را تأسیس کرد که از اقدامات مهم در این زمینه بود [۱۱]. برای رسیدن به اهداف توسعه پایدار، شناسایی فرصت‌های نوین در حوزه ارگونومی و ترسیم ارتباط آن با اهداف پایداری گامی ضروری محسوب می‌شود [۱۲]. غفلت از اصول ارگونومی در طراحی سیستم‌های کاری می‌تواند به خطاهای انسانی بینجامد که پیامدهای آن، آسیب‌های جبران‌ناپذیری به محیط‌زیست ازجمله نشت مواد خطرناک، آلودگی گسترده یا فجایع زیست‌محیطی وارد می‌سازد [۱۳]. در مواجهه با تغییرات چشمگیر اکولوژیکی، سازمان‌ها به‌طور فزاینده‌ای به سمت طراحی سیستم‌های کاری

حرکت می‌کنند که نه‌تنها بهره‌وری را ارتقا می‌دهند، بلکه در راستای حفظ منابع طبیعی، کاهش آلودگی‌ها، رعایت حقوق کارکنان و مشارکت در بهبود جامعه نیز گام برمی‌دارند [۱۴]. Ryan و Wilson در مطالعه‌ای بر ارگونومی و پایداری در شرکت‌های راه‌آهن نشان دادند که ادغام اصول ارگونومی در سیاست‌های پایداری، نه‌تنها عملکرد سازمانی را بهبود می‌بخشد، بلکه تأثیرات منفی بر محیط‌زیست را نیز کاهش می‌دهد [۱۵]. Kirby و Gamble نیز در مقاله‌ای با معرفی مفهوم ارگونومی اقلیمی، بر ضرورت توسعه روش‌ها و ابزارهای تخصصی در این حوزه تأکید کردند [۱۶]. Fang و همکاران در مطالعه‌ای مروری، تأثیر اقدامات کاهش کربن بر راحتی انسان را از منظر ارگونومی بررسی کردند. نتایج نشان داد که پژوهش‌های اخیر عمدتاً بر آسایش حرارتی و کیفیت هوا متمرکز بوده‌اند [۱۷]. Hanson نیز بر نقش کلیدی متخصصان ارگونومی در حل چالش‌های ناشی از گذار به اقتصاد پایدارتر تأکید کرده است [۱۸]. همکاران در مطالعه‌ای نشان دادند که مشارکت فعال کارکنان در طراحی و اجرای برنامه‌های کاهش مصرف انرژی، به تغییر رفتارهای مرتبط با انرژی و افزایش بهره‌وری منجر می‌شود [۱۹].

نائینی و عربشاهی نیز دریافتند که پیوند میان ارگونومی صنعتی و پایداری می‌تواند به رویکردی نوین در برنامه‌ریزی‌های سلامت پایدار محیط‌های کاری بینجامد [۲۰]. نائینی در پژوهشی با مرور مقالات مرتبط با ارگونومی و پایداری، عبارت جدید «ارگونومی، طراحی و پایداری» را پیشنهاد داد [۲۱]. سهرابی و مهدوی نیز اثربخشی برنامه‌های ارگونومی مشارکتی را در افزایش رضایت و انگیزش شغلی کارکنان تأیید کردند [۲۲].

مطالعات متعددی از کتاب چک‌پوینت‌های ارگونومی به‌عنوان ابزاری مؤثر در برنامه‌های مداخلاتی مشارکتی استفاده کرده‌اند [۲۵-۲۳]. دسترنج و همکاران با بهره‌گیری از این چک‌پوینت‌ها، وضعیت ایمنی، بهداشت و شرایط کار را در یک شرکت دارویی ارزیابی کردند [۲۶]. در مطالعه سهرابی نیز به‌گونه‌ای بر اهمیت راهبردی ارگونومی در تحقق اهداف توسعه پایدار تأکید شده است [۲۷].

با وجود پژوهش‌های گسترده درباره ارگونومی مشارکتی در کشورهای پیشرفته، تحقیقات مرتبط با ارگونومی و پایداری همچنان محدود و عمدتاً نظری باقی مانده است. از این‌رو، تأکید اصلی این پژوهش بر این اصل است که سلامت انسان و محیط‌زیست دو مقوله جدایی‌ناپذیرند و بهبود یکی بدون توجه به دیگری، نتایجی ناقص و گاه نامطلوب به همراه خواهد داشت. این پژوهش بر آن است تا با بررسی سازکارهای تلفیق اصول ارگونومی و مشارکت کارکنان، چگونگی تحقق پایداری زیست‌محیطی در محیط‌های کاری را تبیین کند.

روش کار

این مطالعه از نوع توصیفی تحلیلی است که در یکی از صنایع خودروسازی ایران انجام شده است. با توجه به شرایط شرکت و براساس مکاتبات مدیریتی، چهارده نفر از کارشناسان بخش‌های مهندسی و خدمات فنی واحدهای پرس، رنگ، ایمنی و بهداشت برای

پیشنهادهای در حین اجرای پژوهش و برخی دیگر پس از اتمام آن عملیاتی شد.

یافته‌ها

در این پژوهش، تیم ارگونومی مشارکتی پس از طی دوره آموزشی سه‌ماهه و بررسی دقیق چالش‌های محیط کار، موفق به ارائه پنجاه پیشنهاد کاربردی شد که از این تعداد، ده پیشنهاد به‌طور مستقیم مرتبط با مسائل زیست‌محیطی (جدول ۱) و چهل پیشنهاد به‌طور غیرمستقیم مرتبط با مسائل زیست‌محیطی (جدول ۲) بود. این پیشنهادها در فرم‌های ویژه شرکت ثبت شد تا پس از ارزیابی‌های کارشناسی، اولویت‌بندی و اجرایی شوند. پس از شش ماه همکاری مستمر کارگران و پشتیبانی مدیریت، ده مورد از پیشنهادها ارائه‌شده به مرحله اجرا رسید.

در بخش پیشنهادهایی که به‌طور مستقیم با مسائل زیست‌محیطی مرتبط‌اند، دو مورد به مرحله اجرای کامل رسید و دو مورد دیگر در دست اقدام قرار گرفت. از جمله این بهبودها می‌توان به اصلاح زمان‌بندی تردد لیفتراک‌ها، اصلاح و نصب روشنایی موضعی روی قیچی پایه‌دار، فراهم کردن تسهیلات استراحت و جای‌گزینی ظروف استیل با ظروف یک‌بارمصرف در سرو غذا اشاره کرد (جدول ۱). در بخش پیشنهادهایی که به‌طور غیرمستقیم با مسائل زیست‌محیطی مرتبط‌اند نیز هشت پیشنهاد به مرحله اجرا درآمد و یک مورد در حال پیگیری است که شامل تعویض صندلی لیفتراک‌ها، برچسب‌گذاری کلیدهای روشن‌وخاموش دستگاه‌ها، نصب علائم هشداردهنده خطر برق‌گرفتگی و خطر آتش‌سوزی روی تابلوهای برق، اصلاح صندلی‌ها، خریداری دستگاه‌های جدید، طراحی و ساخت میز کار چرخ‌دار، نصب بالانسور برای نگه داری عمل نقطه‌کاری و عایق کردن سیم‌های برق دستگاه‌ها و برچسب‌گذاری علائم روی دستگاه‌ها هستند (جدول ۲).

مشارکت در برنامه ارگونومی مشارکتی انتخاب شدند. ابزارهای استفاده‌شده در این پژوهش، چک‌پوینت‌های ارگونومی سازمان بین‌المللی کار (ILO) است. کتاب چک‌پوینت‌های ارگونومی، با همکاری سازمان بین‌المللی کار و انجمن بین‌المللی ارگونومی تهیه شده است و ویرایش دوم آن در سال ۲۰۱۰ منتشر شد [۲۸] و در سال ۱۳۹۴ دسترنج و هلالی آن را به فارسی ترجمه کردند. این کتاب شامل ۱۳۲ اصل ارگونومی در نه سرفصل اصلی (حمل و نگهداری مواد، ابزارهای دستی، ایمنی ماشین‌آلات، طراحی ایستگاه کار، تأمین روشنایی، محوطه و ساختمان، عوامل و مواد خطرناک، تسهیلات رفاهی و سازمان‌دهی کار) است.

فرایند اجرای دوره ارگونومی مشارکتی در قالب برنامه‌ای منسجم و ساختاریافته طی سه ماه اجرا شد. برنامه زمان‌بندی دوره به‌صورت دوازده جلسه آموزشی هفتگی، هر جلسه متشکل از دو بخش تئوری (دو ساعت) و عملی (یک ساعت) طراحی شده بود. روش آموزشی استفاده‌شده در این دوره، یادگیری در عمل انتخاب شد که از روش‌های مؤثر آموزش مفاهیم ارگونومی محسوب می‌شود. اهداف اصلی دوره شامل آموزش جامع سرفصل‌های چک‌پوینت‌های ارگونومی، تلفیق مباحث ارگونومی با موضوعات محیط‌زیستی و ایجاد توانایی عملیاتی کردن آموخته‌ها در محیط کار واقعی بود. این رویکرد آموزشی به شرکت‌کنندگان امکان داد تا مفاهیم نظری را هم‌زمان با کاربرد عملی آن‌ها در محیط کار فراگیرند، که منجر به درک عمیق‌تر و ماندگاری بیشتر آموخته‌ها شد. بررسی‌ها نشان داد که ۲۱ مورد (شانزده درصد) از چک‌پوینت‌های ارگونومی، مرتبط با مسائل محیط‌زیستی از جمله مدیریت پسماندها، بازیافت ضایعات، بهینه‌سازی روشنایی، کاهش مصرف انرژی، کنترل آلودگی صوتی، مدیریت مواد شیمیایی خطرناک، کاهش مصرف آب و کاهش آلودگی هوا هستند. در طول دوره، تیم ارگونومی مشارکتی ضمن یادگیری اصول ارگونومی، پیشنهادهای کاربردی نیز ارائه می‌کردند که در پایان دوره در فرم مخصوص پیشنهادها شرکت ثبت شد. برخی از این

جدول ۱: پیشنهادها دارای ارتباط مستقیم با مسائل زیست‌محیطی

پیشنهادهای بهبود	اثرات مرتبط زیست‌محیطی	وضعیت
تعویض ابزار روغن‌ریزی هیدرولیک‌ها	کاهش مصرف روغن و پسماندهای شیمیایی، کاهش آلودگی هوا، کاهش	اجرا نشده
تخلیه روغن‌های زیر دستگاه هیدرولیک	آلودگی آب و میزان نشت روغن	اجرا نشده
تعویض محل مقسم روغن دستگاه‌های پرس ضربه‌ای	کاهش آلودگی هوا و ردپای کربن	اجرا شده
اصلاح زمان‌بندی تردد لیفتراک‌ها	کاهش آلودگی هوا، کاهش آلودگی صوتی و کاهش مصرف انرژی	اجرا نشده
نصب تابلوهای راهنمایی مسیرها در کل شرکت	کاهش مصرف انرژی و ردپای کربن	اجرا شده
اصلاح و نصب روشنایی موضعی روی قیچی پایه‌دار	کاهش ذرات معلق و کاهش پسماند خطرناک	اجرا نشده
نصب سیستم تهویه موضعی برای خروج آلاینده‌ها در واحد سنگ‌زنی	کاهش آلودگی آب، کاهش مصرف آب و انرژی و مدیریت پسماندهای خطرناک	اجرا نشده
فراهم کردن امکانات شست‌وشوی لباس‌ها برای پرسنل خدمات فنی	کیفیت هوای داخلی، مصرف انرژی و رفاه و پایداری اجتماعی	در دست اقدام
فراهم کردن تسهیلات استراحت	کاهش پسماند، ردپای کربن و بازیافت‌پذیری	در دست اقدام
جای‌گزینی ظروف استیل با ظروف یک‌بارمصرف در سرو غذای کلیه کارکنان		

جدول ۲: پیشنهادهای دارای ارتباط غیرمستقیم با مسائل زیست‌محیطی

عنوان پیشنهادها	وضعیت
اصلاح برنامه زمانی جرثقیل سقفی در بخش رنگ	اجرا نشده
اصلاح ریل حمل‌ونقل در بخش رنگ	اجرا نشده
ایمن‌سازی پله‌های سالن رنگ	اجرا نشده
ایمن‌سازی دریچه مخزن آتش‌نشانی سالن رنگ	اجرا نشده
تعمیر محل پین واگن هود رنگ	اجرا نشده
تغییر مکان کف‌پوش‌ها در نزدیکی اتاق آستر	اجرا نشده
تغییر مکان محل ابزارهای زیرکار رنگ	اجرا نشده
اصلاح کلیدهای کنترل جرثقیل‌ها	اجرا نشده
برچسب‌گذاری علائم روی شیرهای تنظیم دستگاه‌های هیدرولیک	در دست اقدام
برچسب‌گذاری کلیدهای روشن‌وخاموش دستگاه و تجهیزات مختلف لیزر	اجرا شده
تعبیه جای پای ایمن در بالای دستگاه‌های هیدرولیک	اجرا نشده
تغییر رنگ ستون‌های دارای کپسول‌های اطفای حریق	اجرا نشده
تغییر محل قرارگیری کلید اضطراری دستگاه در واحد پلاسما	اجرا نشده
جانمایی و نصب استپ قارچی پرس هیدرولیک	اجرا نشده
نصب علائم هشداردهنده خطر برق‌گرفتگی و خطر آتش‌سوزی بر تابلوهای برق	اجرا شده
اصلاح ارتفاع فیکسچر در کارگاه چکش‌کاری	اجرا نشده
اصلاح صندلی قابل تنظیم واحد نیبلر	اجرا نشده
اصلاح صندلی‌های گیوتین	اجرا شده
اصلاح محل قرارگیری پالت‌های پرس ضربه‌ای	اجرا نشده
تعویض صندلی لیفتراک‌ها	اجرا شده
تغییر جهت مانیتور واحد سی‌ان‌سی	اجرا نشده
تغییر محل پنل شاسی پرس ضربه‌ای	اجرا نشده
طراحی و ساخت زیرپالته شیب‌دار واحد سی‌ان‌سی	اجرا نشده
طراحی و ساخت زیرپالته شیب‌دار ۴۵ درجه واحد صاف‌کاری	اجرا نشده
طراحی و ساخت زیرپالته شیب‌دار ۴۵ درجه واحد سنگ‌زنی	اجرا نشده
طراحی و ساخت میز کار قابل تنظیم واحد برش‌کاری	اجرا نشده
نصب صفحه شیب‌دار برای خروج قطعه کار به داخل پالت برای گیوتین	اجرا شده
نصب قرار نگه‌دارنده ورق برای گیوتین	اجرا نشده
اصلاح سطح کار ایستگاه رنگ	اجرا نشده
اصلاح سطح کار ایستگاه سمباده‌زنی رنگ	اجرا نشده
اصلاح سطح کار سندینگ خشک سقف	اجرا نشده
طراحی و ساخت اتاقک در زیرزمین	اجرا نشده
طراحی و ساخت میز کار چرخ‌دار واحد کانال‌سازی	اجرا شده
طراحی و ساخت میز کار واحد کانال‌سازی	اجرا نشده
نصب بالانسور برای نگه‌داری عمل نقطه‌کاری واحد کانال‌سازی	اجرا شده
خارج کردن تخلیه پالت‌های ضایعات	اجرا نشده
عایق کردن سیم‌های برق دستگاه لیزر	اجرا شده
نصب پوشش‌های ضدارعاش روی ابزارهای مرتعش	اجرا نشده
در اختیار قرار دادن جعبه کمک‌های اولیه به سرپرستان واحدها	اجرا نشده
نصب علائم هشداردهنده استفاده از وسایل حفاظت فردی در رنگ	اجرا نشده

- بررسی دقیق پیشنهادهایی که به‌طور مستقیم با مسائل زیست‌محیطی مرتبطان نشان می‌دهد که سه مورد اول به حل مشکل نشت روغن در دستگاه‌های هیدرولیک اختصاص دارد. اجرای این پیشنهادها نه تنها سلامت کارگران را تأمین می‌کند، بلکه چالش‌های

زیست‌محیطی مرتبط با نشت روغن را نیز رفع می‌سازد. به‌عنوان نمونه، با به‌کارگیری ابزارهای ارگونومیک در فرایند روغن‌کاری صفحات پرس هیدرولیک، اثرات زیست‌محیطی از جمله کاهش مصرف روغن و پسماندهای شیمیایی ارتقا خواهد یافت [۲۹].

می‌انجامند. شاخص‌های ارزیابی این طرح شامل کیفیت هوای داخلی (سنجش دی‌اکسیدکربن و ذرات معلق)، بهره‌وری انرژی و شاخص‌های رفاه و پایداری اجتماعی نظیر دسترسی به فضای سبز و شرایط آکوستیک مطلوب است [۳۰].

- طرح جای‌گزینی ظروف استیل با ظروف یک‌بارمصرف در سرو غذا، علاوه بر تأمین سلامت کارگران، گامی اساسی در کاهش تولید زباله‌های پلاستیکی است. آمارهای سازمان ملل متحد نشان می‌دهند سالانه حدود سیصد میلیون تن پلاستیک تولید می‌شود که نیمی از آن به محصولات یک‌بارمصرف اختصاص دارد. این در حالی است که عمر مفید این ظروف به بیست دقیقه محدود می‌شود، اما بقایای آن‌ها تا پانصد سال در طبیعت باقی می‌ماند. مهم‌ترین اثرات زیست‌محیطی این طرح شامل کاهش تولید پسماند، کاهش ردپای کربن و بازیافت‌پذیری است [۳۳].

اجرای پیشنهادهایی که به‌طور غیرمستقیم با مسائل محیط‌زیست مرتبطاند (جدول ۲) نه تنها به بهینه‌سازی شرایط کاری می‌انجامد، بلکه به‌صورت غیرمستقیم گامی در مسیر حفظ محیط‌زیست محسوب می‌شود. در ادامه، به‌اختصار تأثیرات زیست‌محیطی این اقدامات تشریح می‌شود.

- درباره پروژه نصب علائم هشداردهنده خطر برق‌گرفتگی و آتش‌سوزی روی تابلوهای برق، که هم‌اکنون به مرحله اجرا رسیده است، باید اشاره کرد که بر پایه گزارش سازمان بین‌المللی کار، سالانه نزدیک به شصت‌هزار حادثه ناشی از برق‌گرفتگی در محیط‌های صنعتی رخ می‌دهد که ۲۳ درصد از این موارد، مرتبط با تابلوهای برق است. نصب اصولی این علائم می‌تواند سهم بسزایی در کاهش این‌گونه حوادث ایفا کند. کاهش ریسک محیطی از طریق پیشگیری از آتش‌سوزی، کاهش انتشار آلاینده‌ها و کاهش پسماندهای خطرناک قابل ارزیابی است.

- پروژه عایق‌کاری سیم‌های برق دستگاه لیزر، که هم‌اکنون به مرحله اجرا رسیده است، علاوه بر تأمین ایمنی کارگران، تأثیر مستقیمی بر کاهش اتلاف انرژی و ارتقای شاخص‌های زیست‌محیطی دارد. براساس مطالعات، هفت تا دوازده درصد از اتلاف انرژی در سیستم‌های صنعتی، ناشی از عایق‌کاری نامناسب سیم‌ها و کابل‌هاست. مزایای کلیدی این پروژه صرفه‌جویی انرژی از طریق کاهش اتلاف برق، کاهش گرمایش تجهیزات و در نتیجه افزایش عمر مفید دستگاه‌ها و کاهش ضایعات الکترونیکی و کمک به محیط‌زیست است. اثرات زیست‌محیطی عایق‌کاری شامل کاهش اتلاف انرژی، پایداری عایق و ردپای کربن است.

- بهبودهای اجراشده در محیط کار، از جمله تعویض صندلی لیفتراک‌ها، اصلاح صندلی‌های کاری، خرید دستگاه‌های نوین، طراحی و ساخت میز کار چرخ‌دار و نصب بالانسور برای نگه‌دارنده‌های جوش نقطه‌ای، همگی در راستای پیشگیری از اختلالات اسکلتی-عضلانی به‌ویژه کمردرد کارکنان صورت پذیرفته است. در این باره به شاخص‌های متعددی توجه شده است که از آن جمله می‌توان به شاخص بار بیماری‌های شغلی اشاره کرد که شامل روزهای

- در اجرای پروژه اصلاح زمان‌بندی تردد لیفتراک‌ها، که بخشی از آن طبق اعلام مدیریت به مرحله عمل درآمده است، باید توجه داشت که این ماشین‌آلات صنعتی یکی از منابع عمده آلاینده‌های جوی و منتشرکننده گازهای گل‌خانه‌ای و همچنین تهدیدکننده سلامت کارگران به شمار می‌آیند. این تجهیزات با انتشار ترکیبات مضر، سهمی چشمگیر در تشدید پدیده گرمایش زمین و آلودگی هوای محیط‌های صنعتی دارند. نکته مهم این است که تراکم ترددهای غیرضروری لیفتراک‌ها موجب افزایش مصرف سوخت و در پی آن، انتشار بیشتر دی‌اکسیدکربن را فراهم می‌آورد. ردپای کربن به‌عنوان سنج‌های کلیدی در ارزیابی‌های زیست‌محیطی، معیار سنجش انتشار گازهای گل‌خانه‌ای به‌ویژه دی‌اکسیدکربن و سایر گازهای هم‌ارزش ناشی از فعالیت‌های انسانی محسوب می‌شود [۳۰].

- طرح نصب تابلوهای راهنمایی و مسیریابی در محیط شرکت، افزون بر ارتقای ایمنی و بهره‌وری، گامی بلند در مسیر بهبود اثرات زیست‌محیطی به شمار می‌رود. تابلوهای راهنمایی بهینه‌شده، با مسیرهای کوتاه‌تر و روان‌تر از ترددهای غیرضروری جلوگیری می‌کنند. این موضوع منجر به کاهش مصرف سوخت و انتشار گازهای گل‌خانه‌ای می‌شود [۳۱].

- در اجرای پروژه نصب روشنایی موضعی دستگاه‌های چپ‌چی پایه‌دار، که اینک به ثمر نهشته است، بهینه‌سازی مصرف انرژی الکتریکی در قالب نورپردازی هدفمند، رویکردی کارآمد و خردمندانه به شمار می‌آید. شایان ذکر است که سامانه‌های روشنایی صنعتی، سهمی ۲۵ تا سی درصدی از کل مصرف برق کارخانجات را به خود اختصاص می‌دهند. استقرار سیستم روشنایی موضعی می‌تواند علاوه بر کاهش خستگی بینایی کارگران، نقشی بسزا در کاستن از ردپای کربن واحدهای صنعتی ایفا کند [۳۲].

- طرح سیستم تهویه موضعی در بخش سنگ‌زنی، راهکاری کارآمد برای کاهش مواجهه کارگران و مهار آلاینده‌های هوا مانند ذرات معلق، گردوغبار فلزات و ترکیبات سمی محسوب می‌شود. از اثرات برجسته زیست‌محیطی این سیستم می‌توان به کاهش ذرات معلق و کاهش پسماندهای خطرناک اشاره کرد.

- طرح تأمین امکانات شست‌وشوی لباس پرسنل خدمات فنی، که با دستگاه‌های پرس هیدرولیک سروکار دارند، گامی بلند در مسیر حفظ سلامت نیروی کار و صیانت از محیط‌زیست است. این اقدام مانع انتقال آلاینده‌ها و سایر ترکیبات شیمیایی به اکوسیستم‌های آبی می‌شود. امکانات شست‌وشوی صنعتی مجهز به تصفیه پساب، ضمن کاهش مصرف آب و انرژی، از ورود این ترکیبات به چرخه طبیعت جلوگیری می‌کنند. مهم‌ترین اثرات زیست‌محیطی این طرح شامل کاهش آلودگی آب‌های زیرزمینی، جلوگیری از انتقال آلاینده‌ها به محیط خانه و مدیریت پسماندهای خطرناک است [۳۰].

- طرح تأمین تسهیلات استراحت در محیط کار، نقشی دوگانه در ارتقای سلامت کارکنان و پایداری محیط‌زیست ایفا می‌کند. این فضاها با بهره‌گیری از نور طبیعی، مصالح بازیافتی و سیستم‌های تهویه کارآمد، هم‌زمان به بهبود کیفیت هوای داخلی و کاهش مصرف انرژی

ناممکن است. این دیدگاه با تعریف کمیسون جهانی Brundlant [۹] از توسعه پایدار همخوانی تام دارد. پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آتی به بررسی تأثیرات بلندمدت ارگونومی مشارکتی بر شاخص‌های کلان زیست‌محیطی (مانند تغییرات اقلیمی و کیفیت هوا) بپردازند. همچنین تأکید می‌شود که این پژوهش به زوایایی از رویکردهای زیست‌محیطی در مداخلات ارگونومی دقت کرده که به‌نوعی در تحقیقات پیشین کمتر به آن پرداخته شده است. بدیهی است تعمیم‌پذیری یافته‌های این مطالعه نیاز به انجام دادن مداخلات بیشتر و پوشش گونه‌های متعددی از صنایع خواهد داشت و پیشنهاد می‌شود محققان ذی‌ربط موارد اخیر را در تحقیقات آتی در نظر بگیرند.

نتیجه‌گیری

در این عصر، مواجهه هوشمندانه با چالش‌های زیست‌محیطی و نیل به توسعه پایدار، مستلزم اتخاذ رویکردهایی است که به موازات ارتقای بهره‌وری انسانی، حفاظت از محیط‌زیست را نیز در نظر گیرند. ارگونومی مشارکتی با محوریت مشارکت ذی‌نفعان در طراحی سیستم‌های کاری می‌تواند به‌عنوان راهکاری کلیدی در مدیریت پایدار محیط‌زیست ایفای نقش کند. این رویکرد نه‌تنها سلامت جسمی و روانی کارکنان را ارتقا می‌بخشد، بلکه با کاهش استرس‌های شغلی و مصرف منابع طبیعی، پیوندی ناگسستنی میان فناوری، انسان و محیط‌زیست برقرار می‌سازد. بی‌تردید، پژوهش‌های میان‌رشته‌ای در حوزه ارگونومی و پایداری زیست‌محیطی می‌توانند نقشی راهبردی در تحقق توسعه‌ای متوازن برای نسل‌های آینده ایفا کنند.

تشکر و قدردانی

از تمام کسانی که به ما در انجام دادن این تحقیق یاری رساندند کمال تشکر را داریم.

تضاد منافع

بین نویسندگان هیچ‌گونه تضادی در منافع وجود ندارد.

مشارکت‌های نویسندگان

تمام نویسندگان به‌طور مساوی در اجرای این تحقیق مشارکت داشتند.

ملاحظات اخلاقی

این تحقیق هیچ‌گونه ملاحظات اخلاقی نداشته است.

حمایت مالی

این تحقیق حمایت مالی مستقلی نداشته است.

از دست‌رفته کاری و هزینه‌های مستقیم درمانی می‌شود. همچنین شاخص ردپای کربن بیمارستانی، میزان تولید دی‌اکسیدکربن و مصرف آب را می‌سنجد. علاوه بر این، شاخص پسماندهای پزشکی نیز حجم تولید پسماندهای خطرناک و افزایش مصرف انرژی در بخش بستری‌های روزانه را بسیار دقیق ارزیابی کرده است [۳۴].

این اقدامات نه‌تنها به ارتقای سلامت شغلی کارکنان می‌انجامد، بلکه کاهش هزینه‌های درمانی و افزایش بهره‌وری را نیز در پی خواهد داشت. از سوی دیگر، توجه به موضوعات زیست‌محیطی نشان‌دهنده تعهد سازمان به توسعه پایدار و حفظ سلامت محیط‌زیست است.

بحث

این پژوهش با تمرکز بر کاربست اصول ارگونومی مشارکتی به‌عنوان راهکاری در راستای مدیریت پایدار محیط‌زیست، نشان می‌دهد که تلفیق دیدگاه‌های ذی‌نفعان در فرایند طراحی و بهینه‌سازی سیستم‌ها، افزون بر ارتقای بهره‌وری و رفاه انسانی، تأثیرات ملموسی در کاستن از فشار بر منابع طبیعی و بهبود شاخص‌های زیست‌محیطی دارد. یافته‌ها حاکی از آن است که بهبودهای حاصل از مشارکت فعال کارگران، ازجمله کاهش ردپای کربن، کاهش مصرف انرژی و کاهش تولید پسماند، همسو با اهداف توسعه پایدار سازمان ملل متحد است. همخوانی این مطالعه با پژوهش‌های پیشین [۲۳، ۲۴، ۲۶] که از چک‌پوینت‌های ارگونومی سازمان بین‌المللی کار بهره برده‌اند، مؤید آن است که این ابزارها می‌توانند در شناسایی و رفع چالش‌های ارگونومیک و اجرای مداخلات کارآمد در محیط‌های شغلی اثربخش باشند. با این حال، مزیت ممتاز این پژوهش، رویکرد تلفیقی نوینی است که هم‌زمان به ابعاد ارگونومیک و زیست‌محیطی در ارائه راهکارهای بهبود شرایط کار می‌پردازد. این نگرش جامع که کمتر در ادبیات موضوع بدان پرداخته شده است، از جنبه‌های بدیع و کاربردی این تحقیق به شمار می‌آید. ازجمله محدودیت‌های این مطالعه می‌توان به موانع زمانی و مالی اشاره کرد که اجرای تنها ده مداخله از پیشنهادها ارائه‌شده را در بازه شش‌ماهه میسر ساخت؛ اما انتظار می‌رود با تخصیص بهینه‌تر منابع، امکان اجرای مداخلات بیشتری در دوره‌های دوازده‌ماهه و براساس اولویت‌بندی هزینه‌ها فراهم آید. همچنین هم‌زمانی آغاز این پژوهش با تغییرات مدیریت ارشد شرکت، به کاهش انگیزه و تمایل به مشارکت در پروژه انجامید که این امر چالش‌هایی در روند اجرا پدید آورد. یافته‌های این تحقیق بر ضرورت گنجانیدن مفهوم پایداری در چهارچوبی انسان‌محور تأکید می‌ورزد؛ بدین معنا که تحقق بلندمدت پایداری زیست‌محیطی، بدون توجه به نیازها و محدودیت‌های انسانی

REFERENCES

1. Moray N. Ergonomics and the global problems of the twenty-first century. *Ergonomics*. 1995;38(8):1691-707. [DOI: [10.1080/00140139508925220](https://doi.org/10.1080/00140139508925220)]
2. Noro K, Imada AS. The rationale and tools of participatory ergonomics. *Participatory Ergonomics*. 1991:3-29. [Link]
3. Thatcher A, Yeow PH. Human factors for a sustainable future. *Applied Ergonomics*. 2016;57: 1-7. [DOI: [10.1016/j.apergo.2016.05.007](https://doi.org/10.1016/j.apergo.2016.05.007)] [PMID]
4. Naeini HS, Dalal K, Mosaddad SH, Karupiah K. Economic effectiveness of Ergonomics interventions. *International Journal of Engineering Science* (2008-4870). 2018;29(3). [Link]

5. Sadeghi Naeini H. Occupational health promotion throughout an interventional ergonomic design (case study: an ergonomic cart design at a food manufacturing company in Iran). *IJOH*. 2015;7(4):172-176. [[Link](#)]
6. Fischer K, Zink KJ. Defining elements of sustainable work systems—a system-oriented approach. *Work*. 2012;41(Supplement 1):3900-5. [DOI: [10.3233/WOR-2012-0059-3900](#)] [[PMID](#)]
7. Imada AS. The rationale and tools of participatory ergonomics. In: Noro K, Imada AS, editor. *Participatory ergonomics*. London, UK Taylor &Francise; 1991.
8. Heines H, Wilson JR. Development of a framework for participatory ergonomics contact research report 174/1998. HSE, Sudbury. 1998;25. [[Link](#)]
9. Brundtland GH. Our common future world commission on environment and development. 1987. [[Link](#)]
10. Imada AS. Achieving sustainability through macroergonomic change management and participation. Corporate sustainability as a challenge for comprehensive management. 2008:129-38. [[Link](#)]
11. Thatcher A, Bolis I, Sigahi TF, García-Acosta G, Lange-Morales K. Past, present, and future of E/HF for sustainability: A perspective from the HFSD Technical Committee. *Work*. 2022;73(s1) : S153-67. [DOI: [10.3233/WOR-211121](#)] [[PMID](#)]
12. Bolis I, Sigahi TF, Thatcher A, Saltorato P, Morioka SN. Contribution of ergonomics and human factors to sustainable development: a systematic literature review. *Ergonomics*. 2023;66(3):303-21. [DOI: [10.1080/00140139.2022.2079729](#)] [[PMID](#)]
13. Pavlovic-Veselinovic S. Ergonomics as a missing part of sustainability. *Work*. 2014;49(3):395-9. [DOI: [10.3233/WOR-141875](#)] [[PMID](#)]
14. Zink KJ, Fischer K. Do we need sustainability as a new approach in human factors and ergonomics?. *Ergonomics*. 2013;56(3):348-56. [DOI: [10.1080/00140139.2012.751456](#)] [[PMID](#)]
15. Ryan B, Wilson JR. Ergonomics in the development and implementation of organisational strategy for sustainability. *Ergonomics*. 2013;56(3):541-55. [DOI: [10.1080/00140139.2012.718372](#)] [[PMID](#)]
16. Kirby B, Gamble R. Climate Ergonomics: Establishing the Role of Ergonomics/Human Factors in Climate Change. *Contemporary Ergonomics & Human Factors* 2022;2. [[Link](#)]
17. Fang M, Yue K, Hu J, Wang L, Yan X, Guo M, et al. A Systematic Review of the Impact of Carbon Reduction Measures on Human Comfort: A Human Factors and Ergonomics Perspective. *Environmental Research Communications*. 2025. [[Link](#)]
18. Hanson MA. Green ergonomics: challenges and opportunities. *Ergonomics*. 2013; ;56(3):399-408. [DOI: [10.1080/00140139.2012.751457](#)] [[PMID](#)]
19. Flemming SA, Hilliard A, Jamieson GA. The need for human factors in the sustainability domain. In *Proceedings of the human factors and ergonomics society annual meeting 2008* (Vol. 52, No. 11, pp. 748-752). Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications. [DOI: [10.1177/154193120805201111](#)]
20. Naeini HS, Arabshahi M. Occupational Health promotion throughout the synergy between ergonomics and sustainable development aspects. *Journal of Health & Safety at Work*. 2019;9(2): 113. [[Link](#)]
21. Naeini HS. Ergonomics on the context of sustainability: A new approach on quality of life. *IJAUP*. 2020;30(2):265-76. [[Link](#)]
22. Sohrabi MS, Mahdavi N. The Effect of Participatory Ergonomic Interventions on the Level of Satisfaction and the Motivating Potential Score of Employees of a Medical Diagnostic Laboratory in Isfahan. *Iran J Ergon* 2019; 7 (2) :1-10. [DOI: [10.30699/ijergon.7.2.1](#)]
23. Abdollahpour N, Helali F. Implementing practical ergonomics knowledge transfer using ergonomic checkpoints to support the participatory ergonomics process in an Industrially Developing country. *IISE Transactions on Occupational Ergonomics and Human Factors*. 2022;10(2):59-70. [DOI: [10.1080/24725838.2022.2054880](#)] [[PMID](#)]
24. Babamiri M, Ghasemi F, Heidari Moghadam R, Derakhshan J, Karimi M. Investigating the working Conditions Using the ILO Checklist Based on the Interventional Approach of Participatory Ergonomics and its Impact on the Quality of Working Life and Musculoskeletal Disorders. *Iran J Ergon*. 2018; 5 (4):49-55. [DOI: [10.30699/ijergon.5.4.49](#)]
25. Sohrabi MS. Ergonomic Interventions in Knowledge-based Companies. *Iran J Ergon*. 2024;12 (1) :41-51. [DOI: [10.32592/IJE.12.1.41](#)]
26. Dastranj F, Helali F, Barkhordari A, Mehrparvar AH, Mahmoudi M. Comparison of the situation of safety, hygiene and work conditions by a participatory ergonomics approach in a pharmaceutical company in Iran. *Tkj*. 2013; 5 (2) :66-73. [[Link](#)]
27. Sohrabi MS. Ergonomics role in sustainable development: A review article for updates the recent knowledge. In *Congress of the International Ergonomics Association 2021* (pp. 588-602). Cham: Springer International Publishing. [[Link](#)]
28. ILO. Ergonomics Checkpoints, Practical and easy-to-implement solutions for improving safety, health and working conditions. Geneva, International Labour Office. 2010. [[Link](#)]
29. United States Environmental Protection Agency. Used Oil Management Program. 2023. [[Link](#)]
30. United States Environmental Protection Agency. Greenhouse Gas Emissions Indicators. Washington: EPA; 2022. [[Link](#)]
31. United States Environmental Protection Agency. SmartWay Transport Partnership. 2023. [[Link](#)]
32. International Energy Agency. Industrial Energy Efficiency 2023. 2023. [[Link](#)]
33. Carbon Trust. Carbon Footprint of Food Packaging. 2021. [[Link](#)]
34. United States Environmental Protection Agency. Medical Waste Management Guidelines 2022. [[Link](#)].