Journal of Cognitive psychology
September 2025, Volume 13, Issue 1

Moral Judgment in Civil Engineers: An Empirical Study of Brain Hemodynamic Activity

Mahdiyar Mokhlespour Esfahani [1], Alireza Moradi [2], Mehrdad Dadgostar [3], Nooshin Pourbaghi [4] & Mostafa Khanzadi [5*]

[1.] *Ph.D. Candidate in Construction Engineering and Management, School of Civil Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.*
[2.] *Professor of Clinical Psychology, Department of Clinical Psychology, Kharazmi University, Tehran, Iran.*
[3.] *Ph.D., Athinoula A. Martinos Center for Biomedical Imaging, Massachusetts General Hospital, Harvard Medical School, Charlestown, MA, United States.*
[4.] *Ph.D. Candidate, Department of Neuroscience, Institute for Cognitive Science Studies, Tehran, Iran.*
[5.] *Professor, School of Civil Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran. (Khanzadi@iust.ac.ir)*

Citation: Mokhlespour Esfahani M, Moradi A, Dadgostar M, Pourbaghi N, Khanzadi M. Moral Judgment in Civil Engineers: An Empirical Study of Brain Hemodynamic Activity. CPJ 2025; 13 (1) [Persian].

Article Info:

Received:
2025/04/06

Accepted:
2025/06/21

Abstract

The aim of this study was to assess the moral development of civil engineers using Kohlberg's moral dilemma stories alongside simultaneous recording of brain activity. Thirty right-handed male engineers with at least three years of professional experience participated in the study. Hemodynamic activity was measured using near-infrared spectroscopy (NIRS) in the ventromedial prefrontal cortex (VMPFC), ventrolateral prefrontal cortex (VLPFC), and dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC) across three phases: story reading, question answering, and prioritization. Data were analyzed using the Mann–Whitney U test. Results indicated that HbO2 levels in the right DLPFC and left VLPFC during story reading were significantly higher in engineers with higher moral judgment scores ($p = 0.047$ and $p = 0.026$). In the prioritization phase, Hb levels in the right VLPFC were significantly elevated in participants with lower moral scores ($p = 0.015$). These findings confirm the critical role of prefrontal regions in moral judgment processing, consistent with previous research. Although NIRS offers several advantages, its limited depth of measurement is a constraint. This study provides novel neurobiological evidence aligned with moral dilemma questionnaires, representing a step forward in predicting engineers' moral development and enabling the use of brain data for artificial intelligence–based prediction. Future research is recommended to include female engineers, left-handed individuals, and broader brain regions.

Key words
Brain mapping, moral dilemmas, construction industry, hemodynamic brain activity, stages of moral development

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-05-25]

بررسی قضاوت اخلاقی در مهندسان عمران: مطالعه‌ی تجربی فعالیت همودینامیک مغز

مهدیار مخلص پور اصفهانی [۱]، علیرضا مرادی [۲]، مهرداد دادگستر [۳]، نوشین پورباقی [۴] و مصطفی خانزادی [۵*]

۱. دانشجوی دکتری مهندسی و مدیریت ساخت، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران.

۲. استاد روانشناسی بالینی، گروه روانشناسی بالینی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.

۳. دکتری، مرکز تصویربرداری بیومدیکال آتینولا مارتینوس، بیمارستان عمومی ماساچوست، دانشکده پزشکی هاروارد، چارلستاون، ایالات متحده.

۴. دانشجوی دکتری علوم اعصاب شناختی، رایانش و هوش مصنوعی، موسسه آموزش عالی علوم شناختی، تهران، ایران.

۵. (نویسنده مسئول) استاد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران. *Khanzadi@iust.ac.ir*

تاریخ دریافت
۱۴۰۴/۰۱/۱۷

تاریخ پذیرش نهایی
۱۴۰۴/۰۳/۳۱

چکیده

هدف این پژوهش سنجش سطح رشد اخلاقی مهندسان عمران با استفاده از داستان‌های دوراهی اخلاقی کلبرگ و ثبت هم‌زمان داده‌های مغزی بود. ۳۰ مهندس مرد راست‌دست با حداقل سه سال سابقه اجرایی در مطالعه شرکت کردند و فعالیت همودینامیک مغز آن‌ها با طیف‌سنجی فروسرخ نزدیک (NIRS) در نواحی قشر پیش‌پیشانی شکمی-میانی (VMPFC)، شکمی-جانبی (VLPFC) و پشتی-جانبی (DLPFC) در سه مرحله خواندن داستان، پاسخ به پرسش‌ها و اولویت‌بندی بررسی شد. داده‌ها با آزمون من‌ویتنی تحلیل شدند و نتایج نشان داد میزان HbO2 در DLPFC راست و VLPFC چپ هنگام خواندن داستان‌ها در مهندسان با قضاوت اخلاقی بالاتر به‌طور معناداری بیشتر بود (۰,۰۴۷ =p و ۰,۰۲۶ =p). در مرحله اولویت‌بندی، میزان Hb در VLPFC راست در گروه با نمره اخلاقی پایین‌تر به‌طور معناداری افزایش یافت (۰,۰۱۵ = p). این یافته‌ها نقش کلیدی نواحی پیش‌پیشانی در پردازش قضاوت‌های اخلاقی را تأیید کرده و با مطالعات پیشین همسو است. هرچند NIRS مزایای متعددی دارد، محدودیت آن در عمق اندازه‌گیری فعالیت مغزی وجود دارد. پژوهش حاضر با ارائه شواهد زیستی همسو با پرسشنامه‌های دوراهی اخلاقی، گامی نوین در پیش‌بینی سطح اخلاقی مهندسان برداشته و امکان استفاده از داده‌های مغزی برای پیش‌بینی رشد اخلاقی با هوش مصنوعی را فراهم می‌کند. پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده مهندسان زن، افراد چپ‌دست و نواحی مغزی گسترده‌تر مورد بررسی قرار گیرند.

واژگان کلیدی
نقشه‌برداری مغز، دوراهی اخلاقی، صنعت ساخت، فعالیت همودینامیک مغز، مراحل رشد اخلاقی

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-05-25]

مقدمه

اخلاق حرفه‌ای مهندسی به مجموعه‌ای از اصول و استانداردها اطلاق می‌شود که رفتار و تصمیم‌گیری‌های مهندسان در چارچوب حرفه‌ای آن‌ها را هدایت می‌کند. پایبندی به این اصول، به‌ویژه برای مهندسان عمران، اهمیت ویژه‌ای دارد، زیرا تصمیمات آنان به‌طور مستقیم بر ایمنی عمومی، رفاه جامعه و کیفیت زندگی اثرگذار است (خانی‌پور و همکاران، ۲۰۲۰). رشد اخلاقی در مهندسان به معنای پیشرفت تدریجی در مراحل مختلف قضاوت اخلاقی است و مهندسانی که به سطوح بالاتری از این رشد دست می‌یابند، قادر خواهند بود در موقعیت‌های حرفه‌ای پیچیده تصمیماتی متوازن و جامع اتخاذ کنند که منافع تمامی ذی‌نفعان و جامعه را مدنظر قرار دهد (میرزایی و همکاران، ۲۰۱۴). ارتقای مهارت‌های رفتار اخلاقی از معیارهای کلیدی در انتخاب و ارزیابی مهندسان محسوب می‌شود، چرا که رفتار اخلاقی بخشی جدایی‌ناپذیر از هویت و عملکرد حرفه‌ای آنان است (بایراکتاروا و وودکاک، ۲۰۱۶). جوامع حرفه‌ای همواره با چالش‌ها و رسوایی‌های ناشی از رویه‌های غیراخلاقی و غیرقانونی مواجه بوده‌اند (خانی‌پور و همکاران، ۲۰۲۰)، بنابراین توسعه و تمرین رفتار اخلاقی برای مهندسان ضروری است (بایراکتاروا و وودکاک، ۲۰۱۶). پیش‌شرط بروز رفتار اخلاقی صحیح، برخورداری از قضاوت اخلاقی دقیق است. در این زمینه، الگوی رشد اخلاقی کلبرگ نقش مؤثری در تعیین سطح اخلاقی افراد ایفا کرده است (میرزایی و همکاران، ۲۰۱۴). این الگو شامل سه سطح اصلی پیش‌قراردادی، قراردادی و فوق‌قراردادی است (کلبرگ، ۱۹۷۱؛ کلبرگ و همکاران، ۱۹۸۳؛ والرو، ۲۰۱۲). در سطح پیش‌قراردادی (مراحل یک و دو)، تصمیم‌گیری مهندسان عمدتاً بر اساس منافع شخصی یا اجتناب از تنبیه صورت می‌گیرد. با پیشرفت به سطح قراردادی (مراحل سوم و چهارم)، مهندسان نیازهای خود و همکارانشان را مطابق با الزامات جامعه و قوانین متعادل می‌کنند. در سطح فوق‌قراردادی (مراحل پنجم و ششم)، تصمیم‌گیری صرفاً بر اساس موازین اخلاقی و بدون توجه به منافع شخصی یا مالی صورت می‌گیرد (کلبرگ، ۱۹۷۱؛ کلبرگ و همکاران، ۱۹۸۳؛ والرو، ۲۰۱۲).

در میان مهندسان صنایع مختلف، شایستگی اخلاقی در مهندسان عمران اهمیت ویژه‌ای دارد، زیرا آنان در ساخت زیرساخت‌های حیاتی کشور نقش دارند و باید آگاه باشند که پیشرفت‌های فناوری و مسائل نوظهور جهانی نیازمند حس قوی مسئولیت‌پذیری اخلاقی است. انجمن مهندسان عمران آمریکا (ASCE)در ویرایش سوم گزارش دانش مهندسی عمران، اخلاق را به عنوان یک نتیجه یادگیری جداگانه از حرفه‌ای‌گرایی مشخص کرده است تا اهمیت ویژه اخلاق در این رشته تأکید شود (هالند و همکاران، ۲۰۲۴). بنابراین، مهندسان حوزه صنعت ساخت باید آمادگی لازم برای مواجهه با معضلات اخلاقی را داشته باشند تا استدلالی صحیح ارائه داده و عملکردی مناسب از خود نشان دهند. استانداردهای اخلاقی در حرفه مهندسی مسئولیت‌های حرفه در قبال مردم و محیط‌زیست را بیان می‌کنند و مهندسان باید درک عمیق و جامعی از این استانداردها داشته باشند (گوگینز و هادوکیوویچ، ۲۰۲۲). آن‌ها همچنین باید تلاش کنند احساسات و قضاوت اخلاقی خود را پرورش دهند تا از نظر اخلاقی مسئولیت‌پذیر باشند (روزر، ۲۰۱۰؛ گونتزبرگر و همکاران، ۲۰۱۹). این مسئولیت به‌ویژه در پروژه‌های بزرگ عمرانی که منابع عمومی مصرف می‌کنند و بر زندگی مردم تأثیر می‌گذارند، اهمیت دارد. تحقیقات نوروبیولوژی اخلاق با استفاده از رویکردهای آزمایشی متنوع از جمله وظایف مشاهده‌ای و سناریوهای تصمیم‌گیری فعال پیشرفت کرده است (پرهن و همکاران، ۲۰۰۸؛ بذرام و همکاران، ۲۰۲۲) و نشان‌دهنده الگوهای فعال‌سازی مشخص در وظایف اخلاقی مختلف است (ککدا و همکاران، ۲۰۱۱؛ مول و همکاران، ۲۰۰۲). قضاوت اخلاقی ناشی از فعالیت هماهنگ یک شبکه عصبی توزیع‌شده شامل ساختارهای قشری و زیرقشری مغز است. قشر پیش‌پیشانی (PFC) که بخش قدامی لوب‌های پیشانی را تشکیل می‌دهد، پایه عصبی پیچیده‌ترین توانایی‌های شناختی انسان است و در فرآیندهای شناختی نقش اساسی دارد، به‌گونه‌ای که افکار، اعمال و هیجانات را از طریق ارتباطات گسترده با سایر نواحی مغز تنظیم می‌کند (تینسلی، ۲۰۱۶؛ ویور، ۲۰۱۵؛ میلا و همکاران، ۲۰۱۹؛ موریگوچی و هیراکی، ۲۰۱۳). بررسی عملکرد شناختی افراد آسیب‌دیده در

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-05-25]

ناحیهPFC ، نقش اساسی آن در پیچیده‌ترین جنبه‌های شناخت و رفتار انسانی را نشان می‌دهد (فوناهاشی، ۲۰۱۷). مطالعات تصویربرداری عصبی نواحی مختلف قشر پیش‌پیشانی شاملDLPFC ، VLPFCو OFC را در طول وظایف اخلاقی شناسایی کرده‌اند (سونیک و همکاران، ۲۰۱۴؛ ککدا و همکاران، ۲۰۱۱؛ یانگ و همکاران، ۲۰۱۴؛ کلدول و همکاران، ۲۰۱۵؛ فوماگالی و همکاران، ۲۰۱۲؛ موحدی و محمدی، ۲۰۱۸). تخصص عملکردی در PFC به گونه‌ای است که VMPFC بیشتر با جنبه‌های عاطفی پردازش اخلاقی مرتبط است، در حالی که DLPFC از عملکردهای شناختی تأملی پشتیبانی می‌کند (هاینرلمن، ۲۰۱۲). این تعامل پیچیده بین سیستم‌های عاطفی و شناختی پایه نوروبیولوژیکی قضاوت‌های اخلاقی پیچیده در زمینه‌های اجتماعی است (مول و همکاران، گوداینف و همکاران، ۲۰۰۴). بنابراین، بررسی قضاوت اخلاقی با نقشه‌برداری مغز در قسمت پیش‌پیشانی می‌تواند جنبه‌های جدیدی از ارزیابی عینی افراد را روشن سازد.در مهندسی عمران، تحقیقات متعددی در زمینه اخلاق‌مداری انجام شده است. به عنوان مثال، ییپ و همکاران (۲۰۲۴) با استفاده از پرسشنامه آنلاین داده‌های ۹۵ مترور کشور مالزی را جمع‌آوری و با تحلیل عاملی اکتشافی و مدل‌سازی معادلات ساختاری (PLS-SEM)تحلیل کردند. نتایج هفت مؤلفه کلیدی تخلفات اخلاقی مترورها را شناسایی کرد که شایع‌ترین آن‌ها تبانی پیمانکاران و تقلب مالی بود. در مطالعه‌ای دیگر، رفتارهای غیراخلاقی ذی‌نفعان در کشور غنا با پیمایش ۲۷۳ نفر شناسایی شد؛ فساد، رشوه‌خواری و مداخله سیاسی رایج‌ترین موارد بودند. محدودیت تحقیق شامل جغرافیای محلی و پرسشنامه‌های ناقص بود و پیشنهاد شد نظارت مستمر و آموزش اخلاق حرفه‌ای در مطالعات آینده مدنظر قرار گیرد (کافی و همکاران، ۲۰۲۵). کوریبو و همکاران (۲۰۲۳) با تحلیل ۶۸ متخصص، نشان دادند که رفتارهای اخلاقی عملکرد پروژه‌ها را ۳۷٫۸ درصد بهبود می‌بخشد، در حالی که رفتارهای غیراخلاقی پیامدهای منفی جدی دارد. محدودیت پژوهش حجم نمونه بود و نیاز به تقویت مقررات اخلاقی و ایجاد نهادهای ضد فساد مستقل مورد تأکید قرار گرفت.

مطالعات دیگر مانند آموا و استین (۲۰۲۳)، یاپ و همکاران (۲۰۲۲)، براون و لوسرمور (۲۰۱۵) و مَن فونگ هو (۲۰۱۱) نیز به بررسی موانع اخلاقی، فساد و صلاحیت‌های مورد نیاز مهندسان در کشورهای مختلف پرداخته و ضرورت استفاده از چارچوب‌های جامع و رویکردهای نوین برای توسعه اخلاق حرفه‌ای در صنعت ساخت را تأیید کرده‌اند. بررسی تحقیقات پیشین نشان می‌دهد که تعیین سطح رشد اخلاقی مهندسان عمران با داستان‌های اخلاقی کلبرگ به ندرت انجام شده است، در حالی که سایر رشته‌ها مانند پرستاری از این روش بهره برده‌اند. همچنین، اغلب روش‌های مورد استفاده در صنعت ساخت ذهنی بوده‌اند، مانند پرسشنامه، مصاحبه و تحلیل آماری، و نیاز به روش‌های عینی و نوین برای ارزیابی اخلاق حرفه‌ای وجود دارد.با توجه به خلا پژوهشی فوق، پژوهش حاضر با استفاده از داستان‌های دوراهی اخلاقی کلبرگ مطابق روش رست (۱۹۷۹) و ثبت همزمان داده‌های مغزی توسط fNIRS، تلاش می‌کند شواهد زیستی تأییدکننده داستان‌های کلبرگ ارائه کند، دسته‌بندی مهندسان عمران به دو گروه اخلاقی مناسب و نامناسب را به صورت عینی انجام دهد و امکان پیش‌بینی سطوح اخلاقی مهندسان با استفاده از هوش مصنوعی فراهم شود. هدف اصلی این پژوهش سنجش سطح رشد اخلاقی مهندسان عمران با ترکیب رویکرد روان‌شناختی و نوروبیولوژیکی است.

روش

نمونه گیری

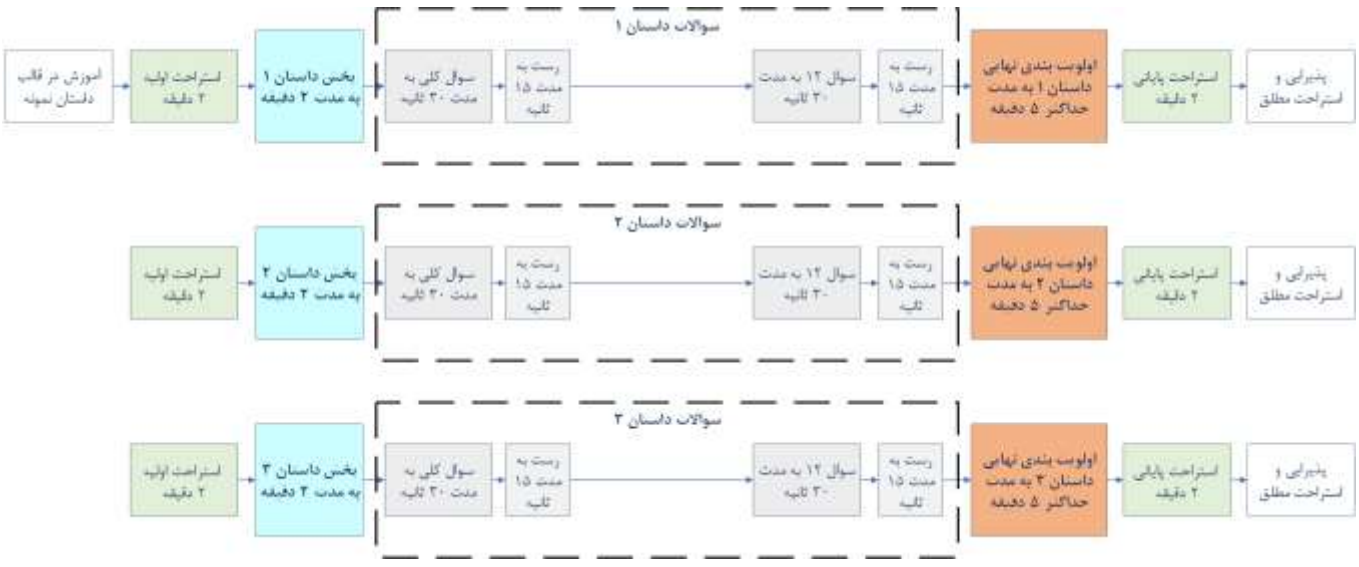
در این پژوهش، سی شرکت‌کننده مرد، راست‌دست و سالم، با محدوده سنی ۲۷ تا ۴۵ سال (میانگین ± انحراف معیار: ۳۵٫۷۷ ± ۵٫۸۹) مشارکت کردند. هیچ‌یک از شرکت‌کنندگان سابقه اختلالات قلبی-عروقی، عصبی یا روانپزشکی نداشتند. تمامی افراد دارای حداقل مدرک کارشناسی در رشته مهندسی عمران مورد تأیید وزارت علوم ایران و حداقل سه سال سابقه کاری اجرایی بودند. همه شرکت‌کنندگان رضایت‌نامه آگاهانه کتبی ارائه کردند و این مطالعه با تأیید کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی ایران (شناسه اخلاقی: IR.IUMS.REC.1403.238) انجام شد.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-05-25]

شیوه اجرای پژوهش

شرکت‌کنندگان ابتدا به آزمایشگاه دعوت شدند و با روش اجرای آزمون توجیه گردیدند. هیچ‌یک تجربه قبلی در انجام آزمون قضاوت اخلاقی رست (۱۹۷۹) نداشتند. آزمون روی صفحه کامپیوتر نمایش داده شد و کدنویسی آن با استفاده از نرم‌افزار Matlab نسخه ۲۰۲۲ bانجام گرفت. این آزمون شامل سه داستان—داروساز(Heinz) ، نشریه و زندانی—بود که شرکت‌کنندگان را در مواجهه با دوراهی‌های اخلاقی قرار می‌دادند. نمونه داستان داروساز در پیوست شماره ۱ ارائه شده و برای آشنایی کامل با جزئیات داستان‌ها و نحوه نمره‌دهی، به پژوهش‌های رست (۱۹۷۹) و کدیور (۱۳۷۷) ارجاع داده شده است.فعالیت fNIRS با نمایش یک داستان نمونه آغاز شد و سپس پرسش‌هایی به شرکت‌کنندگان ارائه شد که اهمیت هر پرسش در طیف پنج‌درجه‌ای لیکرت از «خیلی کم» (۱) تا «خیلی زیاد» (۵) مشخص می‌شد. همچنین نحوه اولویت‌بندی چهار پرسش مهم‌تر توضیح داده شد. پس از اتمام بخش آموزشی، اجرای داستان‌های سه‌گانه آغاز گردید. در ابتدای هر داستان، شرکت‌کننده به مدت دو دقیقه در حالت استراحت قرار می‌گرفت و سپس داستان به صورت متن و صدای گوینده برای دو دقیقه پخش می‌شد. پس از آن، پرسش اصلی و دوازده پرسش مرتبط، هر یک به مدت ۳۰ ثانیه نمایش داده می‌شد و پنج ثانیه پیش از پایان زمان، صدای بوقی برای هشدار پایان زمان پخش می‌گردید تا پاسخ‌ها با انگشت دست غالب (راست) ثبت شوند. پس از هر پرسش، صفحه‌ای سفید با علامت بعلاوه به مدت ۱۵ ثانیه نمایش داده می‌شد تا دقت تحلیل داده‌ها افزایش یابد.پس از پاسخ‌دهی به تمام پرسش‌ها، برگه‌ای شامل تمامی پرسش‌ها و پاسخ‌ها به شرکت‌کننده بازگردانده شد و او پنج دقیقه فرصت داشت تا چهار پرسش مهم‌تر را در جدول اولویت‌بندی یادداشت کند. پس از اولویت‌بندی، شرکت‌کننده به مدت دو دقیقه در حالت استراحت پایان داستان قرار می‌گرفت. این چرخه برای هر سه داستان تکرار شد.برای کاهش اضطراب ناشی از ناهمگونی تجربه آزمایش و جلوگیری از خستگی، پس از استراحت پایان هر داستان از شرکت‌کنندگان پذیرایی می‌شد. در تمامی مراحل از شرکت‌کنندگان خواسته شد کمترین حرکت سر و بدن را داشته باشند، صحبت نکنند و از نفس‌های عمیق یا سرفه خودداری کنند. اپراتور آزمایشگاه در صورت بروز هرگونه مشکل، آن را به شرکت‌کننده اطلاع می‌داد و مشکل رفع می‌شد. شیوه اجرای فعالیت fNIRS و آماده‌سازی شرکت‌کنندگان برای انجام آزمون به ترتیب در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است.

شکل ۱. شیوه اجرای فعالیت fNIRS پژوهش



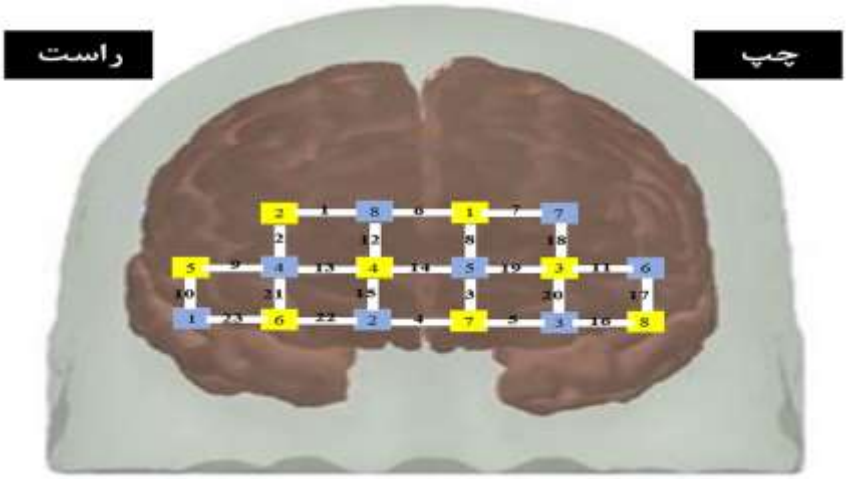
[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-05-25]

شکل ۲. آماده سازی شرکت کننده جهت انجام فعالیت fNIRS

ابزارها

طیف‌نگاری کارکردی مادون قرمز نزدیک (fNIRS) یک فناوری تصویربرداری کارکردی نوری است که فعالیت عصبی و پاسخ‌های همودینامیک مغز را اندازه‌گیری می‌کند (قدمگاهی ثانی و همکاران، ۲۰۲۳). در این مطالعه، از سیستم توپوگرافی نوری چندکاناله شرکت Artinis Medical Systems با دو طول‌موج مادون قرمز ۷۳۰ و ۸۵۰ نانومتر برای پایش تغییرات همودینامیک مغز حین انجام تکالیف داستان‌های سه‌گانه کلبرگ استفاده شد. این سیستم شامل ۸ پروب فرستنده و ۸ پروب گیرنده بود که به‌صورت متناوب با فاصله ۳ سانتی‌متر بین هر پروب قرار گرفته و در مجموع ۲۳ کانال ایجاد می‌کردند. فرکانس نمونه‌برداری نیز ۱۰ هرتز بود. هندسه قرارگیری کانال‌ها و پروب‌های نوری بر روی سر در شکل ۳ نشان داده شده است.تحلیل داده‌های fNIRS با استفاده از جعبه‌ابزار Homer3 در نرم‌افزار MATLAB انجام شد (هاپرت و همکاران، ۲۰۰۹). سیگنال‌های نوری fNIRS بر اساس قانون اصلاح‌شده بیر-لامبرت پردازش و تحلیل گردید (بواس و همکاران، ۲۰۰۱).

شکل۳.هندسه قرارگیری ۲۳ کانال و پروب های نوری



[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-05-25]

این روش امکان محاسبه‌ی سیگنال‌های تغییرات غلظت هموگلوبین اکسیژنه (HbO2) و هموگلوبین دی‌اکسیژنه (Hb) را با واحد میلی‌مولار-میلی‌متر فراهم کرد. از آنجا که سیگنال‌های مرتبط با فعالیت نورونی در داده‌های fNIRS در محدوده‌ی فرکانسی ۰/۰۰۳ تا ۰/۱۱۰ هرتز قرار دارند و محدوده‌ی فرکانسی قابل دسترسی در بازه‌ی ۰ تا ۰/۸۵ هرتز بود، بنابراین برای حذف نویزهای حرکتی و فیزیولوژیکی، از تبدیل ویولِت (درخت تجزیه‌ی موجک گسسته) با سه سطح استفاده شد (دادگستر و همکاران، ۲۰۱۶؛ شیرزادی و همکاران، ۲۰۲۰؛ شیرزادی و همکاران، ۲۰۲۴). تجزیه با استفاده از موجک مادر دابِچیز ۵ (Db5) اعمال گردید. با توجه به باند فرکانسی مورد نظر، سطح A3 انتخاب شد و سایر ضرایب شامل D1، D2 و D3 برابر صفر در نظر گرفته شدند. جهت ثبت داده‌های fNIRS در فضای استاندارد مغز، از نواحی برودمَن (تاگارد و همکاران، ۲۰۰۶) در نیمکره‌های چپ و راست با ترکیب ۲، ۳ یا ۶ کانال مجاور مطابق جدول ۱ استفاده گردید.

جدول ۱. نواحی مختلف مغزی و کانالهای مشخص کننده آنها

ردیف	ناحیه	کانالها
۱	Right DLPFC	۱، ۲، ۹
۲	Left DLPFC	۷، ۱۱، ۱۸
۳	Right VLPFC	۱۰، ۲۳
۴	Left VLPFC	۱۶، ۱۷
۵	VMPFC	۳، ۴، ۵، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۹، ۲۰، ۲۱، ۲۲

تحلیل‌های آماری با نرم‌افزار SPSS نسخه‌ی ۲۲ انجام گرفت. ابتدا مهندسان بر اساس نمره‌ی کسب‌شده در آزمون قضاوت اخلاقی، به دو دسته‌ی بالاتر و پایین‌تر از نمره‌ی میانگین (عدد ۱۰) تقسیم شدند و مقدار p-value به کمک آزمون t مستقل محاسبه شد که برابر ۰,۰۰۰ بود. لذا، دسته‌بندی افراد به دو گروه کمتر و بیشتر از عدد میانگین، معنادار تلقی شد. در ادامه، آزمون شاپیرو-ویلک برای داده‌های fNIRS هر دسته انجام شد و نشان داد که توزیع داده‌ها در برخی کانال‌ها و حالت‌ها نرمال نبود. بنابراین، برای تعیین معناداری فعالیت نواحی مختلف مغزی میان دو دسته‌ی مهندسان، از آزمون ناپارامتریک من-ویتنی استفاده شد (مک‌نایت و نجاب، ۲۰۱۰). سطح معناداری نیز $p < ۰,۰۵$ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

پس از محاسبه مقادیر میانگین HbO2 و Hb برای تمامی افراد، معناداری تفاوت فعالیت همودینامیک مغز دو گروه مهندسان (با نمره کمتر و بیشتر از میانگین) در نواحی مختلف مغزی در سه شرایطِ خواندن داستان‌ها، پاسخ‌دهی به پرسش‌های دوازده‌گانه، و اولویت‌بندی نهایی مورد بررسی قرار گرفت که نتایج آن به ترتیب در جداول ۲ تا ۴ ارائه شده است.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-05-25]

جدول ۲: نتایج آزمون من ویتنی برای دو گروه مهندسین عمران در هنگام خواندن داستانها

هموگلوبین	ناحیه / نوع آزمون	RDLPFC	LDLPFC	RVLPFC	LVLPFC	VMPFC
HbO2	Mann-Whitney U	۶۹	۸۲	۱۱۸	۶۳	۹۳
	P-value	۰/۰۴۷	۰/۱۴۲	۰/۹۶۸	۰/۰۲۶	۰/۳۰۲
Hb	Mann-Whitney U	۱۰۶	۹۶	۱۱۱	۱۱۸	۱۱۰
	P-value	۰/۶۰۶	۰/۳۶۱	۰/۷۵۱	۰/۹۶۸	۰/۷۲۱

جدول ۳: نتایج آزمون من ویتنی برای دو گروه مهندسین عمران در پاسخ دادن به سوالات دوازده گانه

هموگلوبین	ناحیه / نوع آزمون	RDLPFC	LDLPFC	RVLPFC	LVLPFC	VMPFC
HbO2	Mann-Whitney U	۱۲۲	۱۳۲	۱۳۸	۱۳۷	۱۴۵
	P-value	۰/۳۵۱	۰/۵۴۹	۰/۶۸۹	۰/۶۶۵	۰/۸۶۸
Hb	Mann-Whitney U	۱۰۳	۱۱۶	۱۰۹	۹۰	۱۰۸
	P-value	۰/۵۲۵	۰/۹۰۵	۰/۶۹۱	۰/۲۵۰	۰/۶۶۲

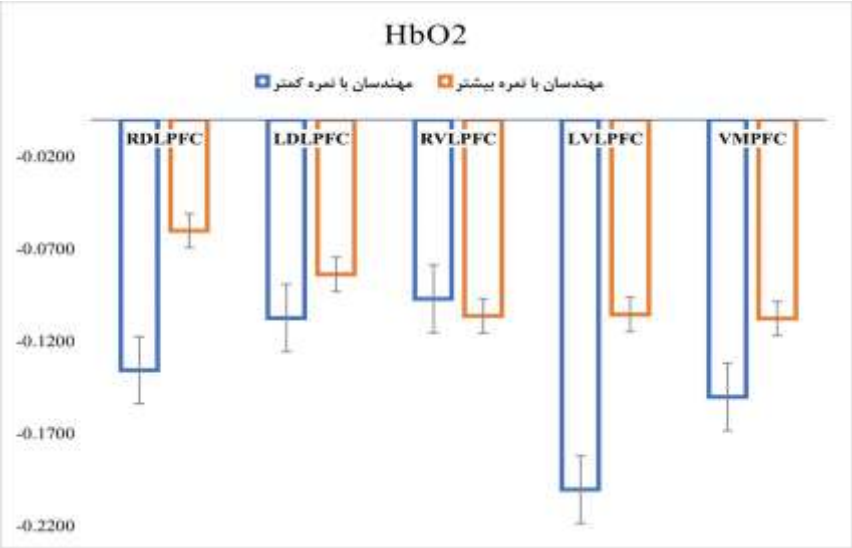
جدول ۴: نتایج آزمون من ویتنی برای دو گروه مهندسین عمران در هنگام اولویت بندی نهایی

هموگلوبین	ناحیه / نوع آزمون	RDLPFC	LDLPFC	RVLPFC	LVLPFC	VMPFC
HbO2	Mann-Whitney U	۱۱۷	۱۰۹	۸۸	۹۴	۸۸
	P-value	۰/۹۳۷	۰/۶۹۱	۰/۲۱۹	۰/۳۲۱	۰/۲۱۹
Hb	Mann-Whitney U	۱۰۰	۱۰۲	۵۸	۹۰	۸۵
	P-value	۰/۴۵۱	۰/۵۰۰	۰/۰۱۵	۰/۲۵۰	۰/۱۷۷

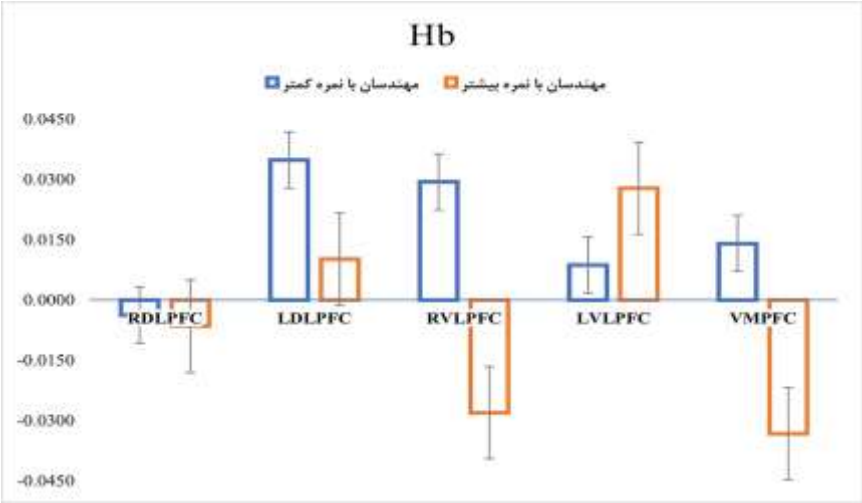
جداول فوق نشان میدهند که تفاوت معناداری بین دو گروه مهندسان، هنگام خواندن داستانها در مقدار HbO2 در نواحی RDLPFC و LVLPFC رخ داده است (شکل ۴). مقدار p-value در ناحیه DLPFC سمت راست سر برابر ۰,۰۴۷ بوده و میزان فعالیت همودینامیک در این ناحیه برای گروه مهندسان با نمره کمتر برابر ۱۲,۴۳ و برای گروه مهندسان با نمره بیشتر برابر ۱۸,۹۴ بود. همچنین، مقدار p-value در ناحیه VLPFC سمت چپ سر برابر ۰,۰۲۶ و میزان فعالیت همودینامیک در این ناحیه برای گروه مهندسان با نمره کمتر برابر ۱۲ و برای گروه مهندسان با نمره بیشتر برابر ۱۹,۲۹ بوده است.تفاوت معنادار دیگر هنگام اولویت بندی نهایی در مقدار Hb و در ناحیه VLPFC سمت راست سر رخ داده است (شکل ۵). مقدار p-value در این ناحیه برابر ۰,۰۱۵ و میزان فعالیت همودینامیک در آن برای گروه مهندسان با نمره کمتر برابر ۲۰,۳۶ و برای گروه مهندسان با نمره بیشتر برابر ۱۲,۴۱ بوده است. شایان ذکر است که تفاوت معناداری در مقدار HbO2 و Hb هنگام پاسخ دادن به سوالات دوازده گانه بین دو گروه یافت نشد.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-05-25]

شکل ۴: میانگین و خطای استاندارد HbO2 مهندسان در نواحی مختلف مغزی در هنگام خواندن داستانها



شکل ۵: میانگین و خطای استاندارد Hb مهندسان در نواحی مختلف مغزی در هنگام اولویت بندی سوالات داستانها



بحث و نتیجه‌گیری

مطابق مباحث پیشین، داده‌های همودینامیک مغزی مهندسان عمران در نواحی پیش‌پیشانیDLPFC ، VLPFC، VMPFC هنگام مواجهه با داستان‌های دوراهی اخلاقی کلبرگ در سه مرحله خواندن داستان، پاسخ به پرسش‌ها و اولویت‌بندی مورد تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد که تفاوت معناداری در سطح Hb در ناحیه DLPFC راست و VLPFC چپ در مرحله خواندن داستان‌ها میان مهندسان با قضاوت اخلاقی بالاتر و ضعیف‌تر وجود داشته است. (p = ۰,۰۴۷ و p = ۰,۰۲۶). فعالیت نواحی فوق در مهندسان با نمره اخلاقی بهتر، بیشتر بود. نتایج فوق با پژوهش های پیشین مطابقت دارد. درخصوص ناحیه R-DLPFC؛ گرین (۲۰۰۴) از تصویربرداری عملکردی مغز (fMRI) برای بررسی فعالیت مغزی افراد در

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-05-25]

هنگام مواجهه با معضلات اخلاقی استفاده کرد. نتایج نشان داد در مواقعی که افراد تصمیمات پیچیده و اخلاقی میگیرند، فعالیت بیشتری در R-DLPFC رخ داده است. همچنین، فعالیت این ناحیه در زمان مواجهه با تعارضات اخلاقی افزایش می‌یابد. این بخش از مغز به فرد کمک می‌کند تا میان گزینه‌های اخلاقی مختلف تصمیم‌گیری کرده و فرآیند تحلیل و مدیریت تعارضات اخلاقی را به‌طور مؤثرتری انجام دهد (گرین، ۲۰۰۴). مطالعات دیگری نشان داده‌اند که در معضلات پیچیده اخلاقی، زمانی که تضاد شدیدی میان احساسات منفی و استدلال منطقی شکل می‌گیرد، ناحیه R-DLPFC نقش محوری در مدیریت این تعارض‌ها داشته و به فرد در اتخاذ تصمیمات اخلاقی پیچیده کمک می‌کند (گرین و همکاران، ۲۰۰۹). درخصوص ناحیه L-VLPFC؛ مطالعه ای نشان داد که ناحیه L-VLPFC در مردان برای کنترل شناختی، تنظیم پاسخ‌های تکانه ای، و تعادل بین هیجان و منطق فعال می شود (لی و همکاران، ۲۰۲۴). اربورث و همکاران (۲۰۲۱) نشان دادند که L-VLPFC یکی از مناطق پیشانی کلیدی است که در تنظیم هیجان دارد. در واقع، ارتباط این ناحیه با آمیگدال بیانگر تعامل بین سیستم‌های شناختی و هیجانی است (اربورث و همکاران، ۲۰۲۱؛ بوهله و همکاران ۲۰۱۴). همچنین، یافته های دیگر مطالعه حاضر نشان داد که هنگام اولویت‌بندی سوالات، میزان HbO2در ناحیه VLPFC راست در گروه با نمره اخلاقی پایین‌تر، به‌طور معناداری بیشتر بود ($p < ۰,۰۱۵$). تحقیقات گذشته نیز موید نتیجه بدست آمده هستند و نشان داده‌اند که میزان فعال‌سازی ناحیه VLPFC راست با سطح توانایی‌های شناختی افراد ارتباط مستقیم دارد و افراد با توانایی شناختی متوسط یا پایین‌تر، فعال‌سازی بیشتری در این ناحیه نشان داده اند که می تواند به دلیل نیاز به تلاش بیشتر برای پردازش اطلاعات، کنترل بازداری، و پردازش تعارض باشد (کنیشی و همکاران، ۱۹۹۹). در مطالعه ای دیگر گراهام و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که ناحیه VLPFC راست، در مرحله انتخاب پاسخ در گروه افراد با هوش متوسط فعال‌تر بوده است، بدین معنی که افراد با هوش متوسط برای انتخاب پاسخ مناسب و مهار پاسخ‌های نامناسب به منابع شناختی بیشتری نیاز داشتند. به عبارت دیگر، آن‌ها نیاز داشتند که فرآیندهای پیچیده‌تری مانند بازنگری استراتژی‌ها و نگهداری اطلاعات مرتبط با قوانین انتخاب پاسخ را مدیریت کنند لذا در ناحیه VLPFC راست فعالیت بیشتری انجام گرفته است. برخلاف آن، افراد با هوش تر (IQ) به‌طور کارآمدتری از منابع مغزی خود استفاده کرده اند. این تفاوت‌ها نشان‌دهنده آن است که افراد باIQ بالا، استراتژی‌های بهتری برای مدیریت بازخورد و برنامه‌ریزی برای پاسخ‌های بعدی داشته اند و از منابع شناختی خود به طور کارآمدتری استفاده کرده اند. بنابراین، یافته های پژوهش حاضر با نتایج تحقیقات پیشین مطابقت داشته است و بیانگر نقش کلیدی نواحی پیش پیشانی (PFC) در پردازش تعارضات و قضاوت‌های اخلاقی می باشد. این مطالعه دارای محدودیت‌هایی مانند نمونه‌گیری از مردان راست‌دست، بررسی نواحی پیش پیشانی ، و عمق اندک اندازه‌گیری فعالیت مغزی است. پیشنهاد می‌شود تا در تحقیقات آینده نمونه گیری متنوع تری شامل مهندسان خانم و افراد چپ‌دست انجام شود و نواحی بیشتری از مغز مانند TJC مورد بررسی قرار گیرد. تحقیق حاضر گامی نوین در پیش‌بینی سطح اخلاقی مهندسان با استفاده از داده‌های همودینامیک مغزی برداشته، شواهد زیستی همسو با نتایج پرسشنامه دوراهی‌های اخلاقی کلبرگ ارائه کرده و امکان پیش‌بینی سطح رشد اخلاقی مهندسان عمران را با کمک هوش مصنوعی فراهم نموده است.

تشکر و قدردانی

نویسندگان بدین‌وسیله مراتب قدردانی خود را از آزمایشگاه ملی نقشه‌برداری مغز، تهران، ایران، به‌دلیل فراهم‌سازی خدمات ثبت داده‌های مورد استفاده در این پژوهش ابراز می‌دارند.

بیانیه اخلاقی

مطالعات مربوط به شرکت کنندگان انسانی توسط کمیته اخلاق پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی ایران (IR.IUMS.REC.1403.238) بررسی و تایید شد. شرکت کنندگان رضایت آگاهانه کتبی خود را برای شرکت در این مطالعه ارائه کردند.

تعارض منافع

نویسندگان هیچ منافع مالی و معنوی مرتبط با این مقاله نداشته و هیچ تعارض منافع بالقوه‌ای دیگری وجود ندارد.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-05-25]

پیوست شماره ۱

۱) خانمی به بیماری سختی مبتلا شده و در بستر مرگ افتاده‌بود. به عقیده پزشکان تنها داروی دست‌سازی که اخیراً توسط یک داروساز ساخته شده‌بود می‌توانست جان او را نجات دهد. داروساز برای ساختن این دارو زمان و هزینه خیلی زیادی صرف کرده‌بود؛ به همین دلیل ده برابر هزینه‌ی ساخت آن را از مشتری طلب می‌کرد. همسر این خانم برای جور کردن پول به هر راهی متوسل شد اما فقط توانست نیمی از آن را تهیه کند. او به داروساز گفت که همسرش در حال مرگ است و از او تقاضا کرد یا دارو را ارزان‌تر بفروشد یا اجازه دهد که بقیه‌ی پول را بعداً قسطی بپردازد. اما داروساز گفت که دارو را بازحمت ساخته و می‌خواهد از راه فروش آن پولدار شود. همسر بیمار ناامید شد و به این فکر افتاد که به شکلی وارد داروخانه شود و دارو را برای همسرش بدزدد.

- آیا این مرد باید دارو را بدزدد؟

بله، باید بدزدد. ☐ نمی‌توان تصمیم گرفت. ☐ خیر، نباید بدزدد. ☐

برای تصمیم‌گیری در این مورد، سؤالاتی به شکل زیر مطرح شده‌است که پاسخ به آن‌ها قضاوت را آسان‌تر می‌کند. لطفاً درجه اهمیت هر سؤال در قضاوت را جلوی آن علامت بزنید.

سؤال	درجه اهمیت				
	اصلاً	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
۱- آیا باید قوانین اجتماعی را رعایت کرد؟					
۲- هر همسر مهربانی به‌خاطر سلامتی همسرش دزدی می‌کند؟					
۳- این مرد می‌تواند مجازات زندان را به جان بخرد به امید این که شاید دارو برای همسرش مفید باشد؟					
۴- آیا این مرد دزد است یا تحت‌تأثیر افراد نادرست قرار گرفته‌است؟					
۵- این موضوع که مرد نه برای خودش بلکه برای کمک به دیگری دزدی می‌کند چقدر اهمیت دارد؟					
۶- آیا حقوق داروساز به دلیل ساختن دارو باید مورداحترام باشد؟					
۷- زندگی تحت هر شرایطی بر مرگ ترجیح دارد؟					
۸- رفتار افراد با یکدیگر به ارزش‌هایی که به آن پای‌بند هستند بستگی دارد؟					
۹- آیا داروساز از حمایت قوانین ثبت اختراع برخوردار نمی‌شود؟					
۱۰- آیا در این مسئله، قانون مانعی برای رسیدن افراد به حقوق خود است؟					
۱۱- آیا باید به دلیل بی‌انصافی و طمع‌کاری داروساز دارو را از او دزدید؟					
۱۲- دزدی در چنین موقعیتی به نفع جامعه تمام می‌شود؟					

حالا از سؤالات بالا، مهم‌ترین آن‌ها را به ترتیب اولویت انتخاب کنید و شماره سؤال را در ستون مربوطه بنویسید.

اولویت	شماره سؤال
اول	
دوم	
سوم	
چهارم	

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-05-25]

References

Amoah, C., & Steyn, D. (2023). Barriers to unethical and corrupt practices avoidance in the construction industry. *International Journal of Building Pathology and Adaptation*, 41(6), 85–101. https://doi.org/10.1108/IJBPA-01-2022-0021

Bairaktarova, D., & Woodcock, A. (2017). Engineering student's ethical awareness and behavior: A new motivational model. *Science and Engineering Ethics*, 23, 1129–1157. https://doi.org/10.1007/s11948-016-9814-x

Berboth, S., & Morawetz, C. (2021). Amygdala-prefrontal connectivity during emotion regulation: A meta-analysis of psychophysiological interactions. *Neuropsychologia*, 153, 107767. https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2021.107767

Bazram A, khanjani M, asgari M, rezvani nejad S M S. Examining the role of the three principles of personal contact, action, and double effect on moral decision making. CPJ 2022; 10 (2): 4. [In Persian] http://jcp.khu.ac.ir/article-1-3620-fa.html

Boas, D. A., Gaudette, T., Strangman, G., Cheng, X., Marota, J. J. A., & Mandeville, J. B. (2001). The accuracy of near infrared spectroscopy and imaging during focal changes in cerebral hemodynamics. *NeuroImage*, 13(1), 76–90. https://doi.org/10.1006/nimg.2000.0674

Brown, J., & Loosemore, M. (2015). Behavioural factors influencing corrupt action in the Australian construction industry. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 22(4), 372–389. https://doi.org/10.1108/ECAM-03-2015-0034

Buhle, J. T., Silvers, J. A., Wager, T. D., Lopez, R., Onyemekwu, C., Kober, H., Weber, J., & Ochsner, K. N. (2014). Cognitive reappraisal of emotion: A meta-analysis of human neuroimaging studies. *Cerebral Cortex*, 24(11), 2981–2990. https://doi.org/10.1093/cercor/bht154

Bužgová, R., & Sikorová, L. (2013). Moral judgment competence of nursing students in the Czech Republic. *Nurse Education Today*, 33(10), 1201–1206. https://doi.org/10.1016/j.nedt.2012.06.016

Cáceda, R., James, G.A., Ely, T.D., Snarey, J., Kilts, C.D. (2011). Mode of Effective Connectivity within a Putative Neural Network Differentiates Moral Cognitions Related to Care and Justice Ethics. *PLoS ONE*, 6(2). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0014730

Caldwell, B.M., Harenski, C.L., Harenski, K.A., Fede, S.J., Steele, V.R., Koenigs, M.R., Kiehl, K.A. (2015). Abnormal frontostriatal activity in recently abstinent cocaine users during implicit moral processing. *Frontiers in Human Neuroscience*, 9. https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00565

Chang W.C., Gonzalez Garcia, N.F., & Hasanzadeh, S. (2025). Deep Learning–Based Prediction of Human–Robot Trust Dynamics in Future Construction Using Worker Neuropsychophysiological Responses. *Journal of Computing in Civil Engineering*. 39(4). https://doi.org/10.1061/JCCEE5.CPENG-6302

Coffie, G. H., Novieto, D. T., & Yankah, J. E. (2025). Stakeholder views of prevalent unethical practices in the Ghanaian construction industry. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 32(2), 1010–1031. https://doi.org/10.1108/ECAM-03-2022-0272

Dadgostar, M., Setarehdan, S. K., Shahzadi, S., & Akin, A. (2016). Functional connectivity of the PFC via partial correlation. *Optik*, 127(11), 4748–4754. https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2016.01.139

Fumagalli, M., Priori, A. (2012). Functional and clinical neuroanatomy of morality. *Brain*.135(7), 2006-2021. https://doi.org/10.1093/brain/awr334

Funahashi, S. (2017). Working Memory in the Prefrontal Cortex. *Brain Sciences*. 7(5), 49. doi: 10.3390/brainsci7050049

Gadamagahi, S. N., Moradi, A., Shalbaf, R., & Sadeghi, M. (2023). The effect of cranial electrical stimulation treatment and computerized cognitive rehabilitation on the hemodynamic changes of the prefrontal brain region of children with ADHD. *Journal of Cognitive Psychology*, 11(1), 30–45. [In Persian] http://jcp.khu.ac.ir/article-1-3682-fa.html

Goggins, J., & Hajdukiewicz, M. (2022). The role of community-engaged learning in engineering education for sustainable development. *Sustainability*, 14(13), 8208. https://doi.org/10.3390/su14138208

Goodenough, O.R., Prehn, K. (2004). A neuroscientific approach to normative judgment in law and justice. *Philos Trans R*

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-05-25]

Soc Lond B Biol Sci ,359(1451),1709-1726. https://doi.org/10.1098/rstb.2004.1552

Graham, S., Jiang, J., Manning, V., Nejad, A. B., Zhisheng, K., Salleh, S. R., Golay, X., Berne, Y. I., & McKenna, P. J. (2010). IQ-related fMRI differences during cognitive set shifting. *Cerebral Cortex*, 20(3), 641–649. https://doi.org/10.1093/cercor/bhp130

Greene, J. D. (2009). The cognitive neuroscience of moral judgment. In The cognitive neurosciences IV (Ed. M. S. Gazzaniga). MIT Press.

Greene, J. D., Nystrom, L. E., Engell, A. D., Darley, J. M., & Cohen, J. D. (2004). The neural bases of cognitive conflict and control in moral judgment. *Neuron*, 44(2), 389–400. https://doi.org/10.1016/j.neuron.2004.09.027

Guntzburger, Y., Pauchant, T. C., & Tanguy, P. A. (2019). Empowering engineering students in ethical risk management: An experimental study. *Science and Engineering Ethics*, 25, 911–937. https://doi.org/10.1007/s11948-018-0044-2

Heinzelmann, N., Giuseppe Ugazio, & Tobler, P. (2012). Practical Implications of Empirically Studying Moral Decision-Making. *Frontiers in Neuroscience*, 6. https://doi.org/10.3389/fnins.2012.00094

Ho, C. M.-F. (2011). Ethics management for the construction industry: A review of ethical decision-making literature. Engineering, *Construction and Architectural Management*, 18(5), 516–537. https://doi.org/10.1108/09699981111165194

Howland, S. J., Jesiek, B. K., Claussen, S., et al. (2024). Measures of ethics and social responsibility among undergraduate engineering students: Findings from a longitudinal study. *Science and Engineering Ethics*, 30(5). https://doi.org/10.1007/s11948-024-00462-8

Huppert, T. J., Diamond, S. G., Franceschini, M. A., & Boas, D. A. (2009). HomER: A review of time-series analysis methods for near-infrared spectroscopy of the brain. *Applied Optics*, 48(10), D280–D298. https://doi.org/10.1364/AO.48.00D280

Kadivar, P. (1999). Moral psychology. Agah Publisher. [In Persian]

Khanipur H, Pourali M, Attar M. The Relationship among the Sense of Power, the Sense of Status and Status Seeking Styles with Self-beneficial and Other-beneficial Unethical Decision-Making. *CPJ* 2020; 8 (3) :38-51. [In Persian] http://jcp.khu.ac.ir/article-1-3341-fa.html

Kohlberg, L. (1971). Stages of moral development as a basis for moral education. In C. M. Beck, B. S. Crittenden, & E. Sullivan (Eds.), Moral education (pp. 23–92). University of Toronto Press. https://doi.org/10.3138/9781442656758-004

Kohlberg, L., Levine, C., & Hewer, A. (1983). Moral stages: A current formulation and a response to critics. Contributions to Human Development, 10, 174.

Konishi, S., Nakajima, K., Uchida, I., Kikyo, H., Kameyama, M., & Miyashita, Y. (1999). Common inhibitory mechanism in human inferior prefrontal cortex revealed by event-related functional MRI. *Brain*, 122(5), 981–991. https://doi.org/10.1093/brain/122.5.981

Kuoribo, E., Yomoah, R., Owusu-Manu, D.-G., Acheampong, A., Edwards, D. J., & Debrah, C. (2023). Assessing the interactive effects of the ethics of construction professionals on project performance in the Ghanaian construction industry. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 30(10), 5233–5252. https://doi.org/10.1108/ECAM-10-2021-0865

Li, X., Turel, O., & He, Q. (2024). Sex modulated the relationship between trait approach motivation and decision-making. *NeuroImage*, 291, 120598. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2024.120598

McKnight, P. E., & Najab, J. (2010). Mann-Whitney U test. In The Corsini Encyclopedia of Psychology. Wiley.

Milla, K., Bakhshipour, E., Bodt, B., Getchell, N. (2019). Does Movement Matter? Prefrontal Cortex Activity During 2D vs. 3D Performance of the Tower of Hanoi Puzzle. *Frontiers in Human Neuroscience*, 3. https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00156

Mirzaee, T., Farahani, M. N., & Hasani, J. (2014). Explore the relationship between affection and conscientiousness with moral judgment. *CPJ*, 2(2), 27–36. [In Persian] http://jcp.khu.ac.ir/article-1-2231-fa.html

Moll, J., de Oliveira-Souza, R., Eslinger, P.J. (2003). Morals and the human brain: a working model. *NeuroReport*.14(3), 299-305. https://doi.org/10.1097/00001756-200303030-00001

Moll, J., de Oliveira-Souza, R., Eslinger, P.J., Bramati, I.E., Mourão-Miranda, J., Andreiuolo, P.A., Pessoa, L. (2002). The

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-05-25]

neural correlates of moral sensitivity: a functional magnetic resonance imaging investigation of basic and moral emotions. *J Neurosci*, 22(7), 2730-2736. https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.22-07-02730.2002

Moriguchi, Y., Hiraki, K. (2013). Prefrontal cortex and executive function in young children: a review of NIRS studies. *Frontiers in Human Neuroscience*. 7. https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00867

Movahedi Y, pourmohammadi M. Cognitive Activity Analysis of the Brain in Creative Design Thinking. *CPJ* 2018; 6 (2) :1-10. [In Persian] http://jcp.khu.ac.ir/article-1-2898-fa.html

Prehn, K., Wartenburger, I., Mériau, K., Scheibe, C., Goodenough, O. R., Villringer, A., van der Meer, E., & Heekeren, H. R. (2008). Individual differences in moral judgment competence influence neural correlates of socio-normative judgments. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 3(1), 33–46. https://doi.org/10.1093/scan/nsm037

Rest, J. (1979). Development in judging moral issues. University of Minnesota Press.

Roeser, S. (2012). Emotional engineers: Toward morally responsible design. *Science and Engineering Ethics*, 18(1), 103–115. https://doi.org/10.1007/s11948-010-9236-0

Sevinc, G., Spreng, R. N. (2014). Contextual and perceptual brain processes underlying moral cognition: a quantitative meta-analysis of moral reasoning and moral emotions. *PLoS One*, 9(2). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0087427

Shirzadi, S., Einalou, Z., & Dadgostar, M. (2020). Investigation of functional connectivity during working memory task and hemispheric lateralization in left- and right-handers measured by fNIRS. *Optik*, 221, 165347. https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2020.165347

Shirzadi, S., Dadgostar, M., Einalou, Z., Erdoğan, S. B., & Akin, A. (2024). Sex-based differences in functional connectivity during a working memory task: An fNIRS study. *Frontiers in Psychology*, 15, 1207202. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1207202

Thagard, P., Gabbay, D. M., & Woods, J. (2006). Philosophy of psychology and cognitive science (Handbook of the Philosophy of Science). North Holland.

Tinsley Chris, J. (2016). Editorial: Structural and Functional Organisation of the Prefrontal Cortex. *Frontiers in Systems Neuroscience*. 10. https://doi.org/10.3389/fnsys.2016.00087

Vallero, D. A. (2012). Ethical decisions in emergent science, engineering and technologies. In Emerging informatics—Innovative concepts and applications.

Weaver, J. (2015). Network Hubs in the Brain Have the Biggest Impact on Behavior. *PLoS Biology*, 13(6). https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1002178

Yap, J. B. H., Skitmore, M., Lim, Y. W., Loo, S.-C., & Gray, J. (2022). Assessing the expected current and future competencies of quantity surveyors in the Malaysian built environment. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 29(6), 2415–2436. https://doi.org/10.1108/ECAM-01-2021-0091

Yang, J., Guan, L., & Qi, M. (2014). Gender Differences in Neural Mechanisms Underlying Moral Judgment of Disgust: A Functional MRI Study. *Journal of Behavioral and Brain Science*, 4, 214-222. https://doi.org/10.4236/jbbs.2014.45023

Yip, H. L., Wong, S. Y., Ding, C. S., & Low, W. W. (2024). Ethical transgressions in the construction industry in Sarawak, Malaysia: Perspectives of quantity surveyors. *Engineering, Construction and Architectural Management*. https://doi.org/10.1108/ECAM-11-2023-1214

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-05-25]