

מודעות אתית וכישורי פתרון בעיות בבינה מלאכותית של סטודנטים למדעים והנדסה

מירי ברק
הטכניון – מכון טכנולוגי לישראל
bmiriam@ed.technion.ac.il

מאיה אושר
הטכניון – מכון טכנולוגי לישראל
mayau@technion.ac.il

Ethical Awareness and Problem-Solving Skills in Artificial Intelligence of Science and Engineering Students

Maya Usher
Technion – Israel Institute of
Technology
mayau@technion.ac.il

Miri Barak
Technion – Israel Institute of
Technology
bmiriam@ed.technion.ac.il

Abstract

Despite the apparent benefits of integrating artificial intelligence (AI) ethics instruction into science and engineering curricula, this subject has not fully taken root within higher education settings. Thus, the current study examined the perceived and actual awareness and problem-solving skills of undergraduate students from a technological university in Israel, who participated in a case-based collaborative learning activity about ethical issues in AI. Applying the mixed methods research design, data were obtained from 153 undergraduate students via pre-and post-questionnaires that included closed-ended and open-ended questions. Findings indicated that while students attached great importance to knowing and learning about ethics in AI, they lacked confidence in their ability to identify and solve ethical problems in practice. Results further revealed a gap between students' perceived ethical awareness of issues in AI, which was considerably higher, and their actual ethical awareness. This gap increased when comparing their perceived ethical awareness with their problem-solving skills of AI-related issues. The study results highlight the importance of integrating educational interventions into the academic curriculum to bridge this gap and provide students with practical opportunities to apply ethical principles in real-world scenarios.

Keyword: Artificial intelligence, case-based learning, ethics education, higher education.

תקציר

בעוד שטכנולוגיית הבינה המלאכותית הופכת לנפוצה בתחומים רבים, חשוב לשקול סוגיות אתיות שביב פיתוחה ואופן השימוש בה. למרות היתרונות הרבים הקיימים בשילוב הוראת אתיקה בבינה מלאכותית בתוכניות הלימודים, נושא זה לא השתרש במלואו במסגרות ההשכלה הגבוהה בארץ ובעולם. לפיכך, מטרת המחקר הנוכחי הינה לבחון את המודעות האתית הנתפסת והממשית, כמו גם את כישורי פתרון הבעיות, של סטודנטים לתואר ראשון בתחומי המדעים וההנדסה הלוקחים חלק בפעילות לימודית שיתופית מבוססת-מקרים על סוגיות עכשוויות בבינה מלאכותית. בהתבסס על מערך המחקר המשולב, הנתונים התקבלו מ-153 סטודנטים לתואר ראשון מאוניברסיטה טכנולוגית בישראל אשר מילאו שאלון מקדים ומסכם שכלל שאלות סגורות ופתוחות. הממצאים הצביעו על כך שבעוד שהלומדים ייחסו חשיבות רבה לידע וללמידה על סוגיות אתיות בבינה מלאכותית, הם הראו חוסר אמון ביכולתם לזהות ולפתור בעיות אתיות כאלו בפועל. בנוסף, הממצאים חשפו פער בין המודעות האתית הנתפסת שלהם בנוגע לסוגיות אתיות בבינה מלאכותית, שהייתה גבוהה בהרבה, לבין המודעות האתית שלהם בפועל כפי שזו באה לידי ביטוי בשאלות הפתוחות. פער זה אף התרחב מהשוואת המודעות האתית הנתפסת שלהם עם כישורי פתרון הבעיות שהציגו בנושאים הקשורים לאתיקה בבינה מלאכותית. תוצאות המחקר מדגישות את החשיבות בשילוב

התערבויות חינוכיות בתוכנית הלימודים האקדמית בכדי לגשר על פער זה ולספק לסטודנטים הזדמנויות מעשיות ליישם עקרונות אתיים בתרחישים מן העולם האמיתי.
מילות מפתח: בינה מלאכותית, למידה מבוססת-מקרים, הוראת אתיקה, מודעות אתית, השכלה גבוהה.

מבוא

השפעתה המתפשטת של הבינה המלאכותית משנה את עולמנו בדרכים חסרות תקדים ומחלחלת להיבטים שונים של החברה, החל משירותי בריאות ופיננסים ועד לתחבורה וחינוך (Dignum, 2018; Zhou et al., 2020). ככל שטכנולוגיות אלו ממשיכות להתפתח ולזכות לאימוץ נרחב, ההתייחסות להשלכות האתיות הקשורות לפיתוחן ולשימוש בהן הופכת לחיונית (Ng et al., 2021; Zhou et al., 2020). הספרות המחקרית התמקדה רבות בממדים האתיים הייחודיים של בינה מלאכותית, דוגמת חששות לפרטיות סביב איסוף נתונים, הטיה אלגוריתמית בתהליכי קבלת החלטות וחוסר שקיפות. חששות אתיים אלו מעלים שאלות קריטיות לגבי אחריותיות והשלכות לא מכוונות אפשריות (Rocher et al., 2019; Zawacki-Richter et al., 2019).

לאור הצורך לטפל בהשלכות הללו, ישנה הכרה גוברת בחשיבות הוראת האתיקה בבינה מלאכותית (Borenstein & Howard, 2021; Xia et al., 2022). שילוב אתיקה בתוכניות הלימודים עשוי להקנות לסטודנטים את הידע והכישורים הנדרשים על מנת לנווט בנוף המורכב של הבינה המלאכותית ולטפל בדילמות אתיות ביעילות (Ouyang, Zheng & Jiao, 2022). בעוד ששילוב פוטנציאלי זה עשוי להציע יתרונות משמעותיים, יישומו במוסדות חינוכיים נותר מוגבל (Borenstein & Howard, 2021; Xia et al., 2022). הדבר בא לידי ביטוי במחקר הדל יחסית המוקדש לחקר השילוב של הוראת האתיקה בבינה מלאכותית בהקשרים חינוכיים, במיוחד במסגרות של השכלה גבוהה (Bogina et al., 2022; Zawacki-Richter et al., 2019).

בכדי לטפל ביעילות בחששות אתיים בבינה מלאכותית, פרקטיקות חינוכיות יכולות להסתמך על האפקטיביות של למידה מבוססת-מקרים (Case-based learning) – שיטת הוראה בה הלומדים עוסקים בתרחישים שונים המבוססים על מצבים אמיתיים אשר נמצאת בשימוש נרחב בכדי לספק תוכן אתי במסגרות חינוכיות (Barak & Green, 2021; Martin, Conlonb & Bowe, 2021; Watts et al., 2017). יתרה מכך, למידה מבוססת-מקרים המערבת פעילויות קריאה משותפות ודיונים קבוצתיים על דילמות אתיות יעילה בקידום המודעות האתית של הלומדים (Barak & Green, 2020; Tang & Lee, 2020). בתחום האתיקה של הבינה המלאכותית, ישנה חשיבות רבה להבנת המודעות האתית וכישורי פתרון הבעיות של סטודנטים לתואר ראשון במדעים והנדסה, שכן הם המניעים העתידיים של חדשנות וטכנולוגיה בתחום זה (Borenstein & Howard, 2021). לפיכך, הערכה וטיפוח ההבנה האתית ויכולות פתרון הבעיות שלהם חיונית בכדי להבטיח התקדמות אחראית ואתית של טכנולוגיות אלו (Borenstein & Howard, 2021; Ng et al., 2021). עם זאת, קיים מחסור במחקרים אמפיריים החוקרים באופן ספציפי את השימוש של למידה שיתופית מבוססת-מקרים בהוראת האתיקה בבינה מלאכותית בקרב סטודנטים למדעים והנדסה (Kong, Cheung, 2021; Zhang, 2023; Martin et al., 2021).

מטרה ושאלת המחקר

לאור הנאמר לעיל, מטרת המחקר הינה לבחון את המודעות האתית הנתפסת והממשית וכישורי פתרון בעיות של סטודנטים לתואר ראשון הלוקחים חלק בפעילות לימודית שיתופית מבוססת-מקרים על סוגיות עכשוויות בפיתוח ושימוש בבינה מלאכותית. מטרה זו העלתה את שאלות המחקר הבאות:

1. האם ובאיזה אופן ניתן לטפח את המודעות האתית הנתפסת והממשית של הסטודנטים באמצעות למידה שיתופית מבוססת-מקרים על סוגיות עכשוויות בבינה מלאכותית?
2. האם ובאיזה אופן ניתן לטפח את כישורי פתרון בעיות אתיות של הסטודנטים באמצעות למידה שיתופית מבוססת-מקרים על סוגיות עכשוויות בבינה מלאכותית?
3. מהם ההבדלים בין המודעות האתית הנתפסת, המודעות האתית הממשית וכישורי פתרון הבעיות של הסטודנטים, בהתייחס לסוגיות עכשוויות בבינה מלאכותית?

אוכלוסיית וסביבת המחקר

המחקר כלל 153 סטודנטים לתואר ראשון באוניברסיטה טכנולוגית גדולה מבוססת-מחקר בישראל. התפלגות המשיבים לפי דיסציפלינות הינה: הנדסה (44%), מדעים (35%) וחינוך מדעי (21%). בזמן ביצוע המחקר, תחילת 2023, רוב המשתתפים (62%) דיווחו על ניסיון מוגבל או בינוני בשימוש בכלים מבוססי בינה מלאכותית, כחמישית (19%) דיווחו שכמעט ואין להם ניסיון וחמישית (19%) דיווחו שיש להם ניסיון רב או רב מאוד.

כחלק מן ההתערבות המחקרית, המשתתפים לקחו חלק בפעילות למידה שיתופית מבוססת-מקרים על סוגיות עכשוויות בפיתוח ושימוש בבינה מלאכותית, אשר כללה שני שלבים: ראשית, הסטודנטים התבקשו לקרוא באופן אינדיבידואלי שישה חקרי מקרה המתארים דילמות אתיות הקשורות לפיתוח ו/או שימוש בבינה מלאכותית. לאחר מכן, הם התבקשו לבחור מקרה אחד שנראה להם המעניין ביותר ולהרהר על הדילמות האתיות והחששות החברתיים סביבו. בשלב השני עבדו הסטודנטים בקבוצות קטנות של שלושה עד חמישה לומדים, כאשר כל לומד/ת הציג/ה בפני חברי הקבוצה האחרים את המקרה שבחר/ה. לאחר מכן ניהלו הסטודנטים דיון קבוצתי על הסוגיות האתיות שעולות מחקרי המקרה ופתרונות אפשריים. להלן דוגמה מקוצרת לאחד מחקרי המקרה שהוצגו לסטודנטים.

מכוניות ללא נהג: האם ניתן להוריד את הידיים מהגה?

מחקר שנערך באוניברסיטת MIT בחן את נקודת המבט האנושית על החלטות מוסריות שמתקבלות על ידי מכוניות אוטונומיות. המחקר השתמש בפלטפורמה מקוונת בשם 'מכונת המוסר', שהציגה דילמות מוסריות בהן אנשים צריכים לבחור ב"רעה הפחות גרועה מתוך שתי רעות." למשל, בחירה בין סיכון החיים של הנוסעים ברכב לבין הימנעות מדריסת הולכי רגל. המשתתפים התבקשו לקרוא את הדילמות השונות, לקבל החלטות ולבחון את החלטותיהם בהשוואה להחלטות המשתתפים האחרים. נתונים נאספו ממיליוני אנשים ברחבי העולם. תוצאות המחקר הראו העדפה להציל בני אדם על פני חיות, רבים על פני מעטים, נשים על פני גברים, ספורטאים על פני אנשים עם עודף משקל ואנשים בעלי מעמד גבוה יותר על פני חסרי בית. החוקרים השתדלו לוודא שהנתונים יתבססו על מדגם מייצג ובלתי מוטה, אך מכיוון שהם התבססו על מתנדבים, התברר בדיעבד שהיה ייצוג יתר של גברים צעירים. למרות זאת, ממצאי המחקר מהווים היום בסיס לשיקולים מוסריים בתכנון ובייצור של המכוניות האוטונומיות.

השאלות שהוצגו לרפלקציה עצמית ולדיון הקבוצתי:

- מהן הסוגיות האתיות העיקריות שעולות לדעתכם ממקרה זה?
- כיצד לדעתכם ניתן לתת מענה ולפתור את הסוגיות האתיות הללו?
- אילו לקחים ניתן ללמוד מן המקרה, הן מנקודת מבט המשתמש והן מנקודת מבט המפתחים/החוקרים?

שיטת המחקר, כלי המחקר וניתוח

במחקר זה נעשה שימוש במתודת המחקר המעורב המתכנס, אשר בה נאספים ומנותחים נתונים כמותיים ואיכותיים יחדיו, ולאחר מכן מושווים על מנת לבחון האם הם תואמים ומשלימים זה את זה (Creswell, 2014). הנתונים נאספו באמצעות שאלון מקוון מקדים ומסכם אשר התבסס על שאלון קיים ממחקרן של ברק וגרין (2021). השאלון הורכב משני חלקים: החלק הראשון בחן את המודעות הנתפסת של הלומדים לסוגיות אתיות בבינה מלאכותית באמצעות שאלה סגורה בה התבקשו לדרג את מידת הסכמתם עם שמונה פריטים המתייחסים לאתיקה בבינה מלאכותית על סולם Likert הנע בין 1 ("כלל לא מסכים") ל-5 ("מסכים במידה רבה"). החלק השני בחן את המודעות הממשית של הלומדים ואת כישורי פתרון הבעיות שלהם בהקשר לאתיקה בבינה מלאכותית באמצעות יכולתם לזהות דילמות אתיות פוטנציאליות ולהציע פתרונות אפשריים. למשתתפים הוצגה תמונה של מעבדת מחקר העוסקת בניתוח נתוני עתק בהקשר של בינה מלאכותית. הם התבקשו לבחון את התמונה בקפידה ובביקורתיות, ולענות על שתי שאלות פתוחות: א) אילו סוגיות אתיות אפשריות עלולות להתעורר במהלך העבודה במעבדה זו? ב) מהם הפתרונות האפשריים לסוגיות אתיות אלו?

העקיבות הפנימית של השאלונים הוערכה באמצעות מקדם של Cronbach, עם ערך של 0.77 עבור השאלון המקדים ו-0.73 עבור השאלון המסכם. תקפות המבנה נבדקה על ידי יישום ניתוח גורמים. ניתוח שמונת הפריטים הניב פתרון דו-גורמי שהסביר 63% מסך השונות. בהתאם לכך, שמונת הפריטים חולקו לשתי קטגוריות עיקריות. פריטים אחד עד חמש סווגו כחשיבות נתפסת של אתיקה בבינה מלאכותית, משמע

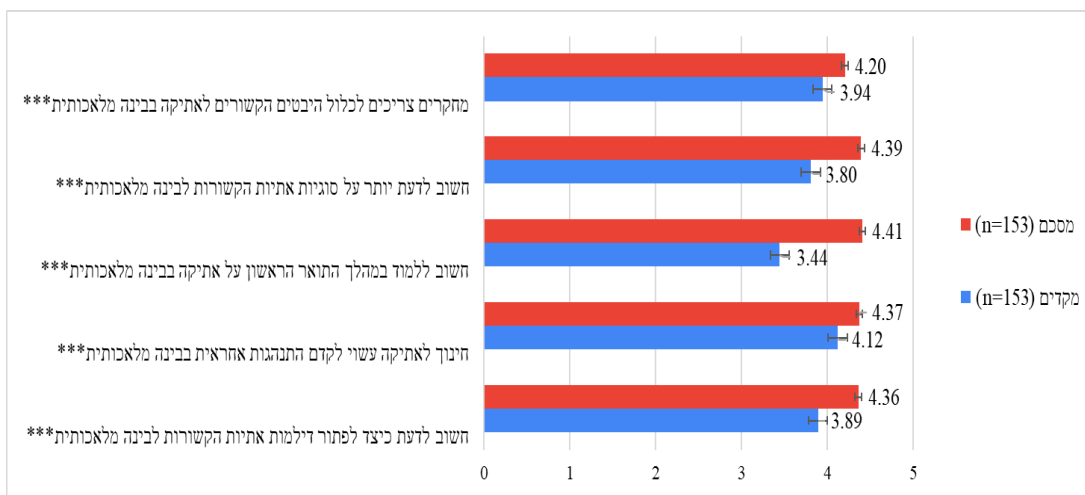
המידה בה הסטודנטים תופסים את הנושא כחשוב ומכריע, בעוד שפריטים שש עד שמונה סווגו כמסוגלות עצמית_נתפסת, משמע היכולת הנתפסת שלהם לזהות ולפתור סוגיות אתיות הקשורות לבינה מלאכותית. לאחר מכן יישמנו סדרה של מבחני t מזווגים בכדי להשוות ציונים ממוצעים על הפריטים מהשאלון המקדים והמסכם. הנתונים האיכותניים, שהתקבלו מהתשובות לשאלת תמונת מעבדת המחקר, נותחו באמצעות גישת ניתוח התוכן האינדוקטיבי (הקונבנציונלי). הנתונים מהשאלון המקדים והמסכם הושוּו בכדי לבחון את מסלול השיפור הפרוטנציאלי של מודעות אתית ומיומנויות פתרון בעיות. לבסוף, בכדי לראות את ההבדלים בין שלושת המשתתפים התלויים (מודעות אתית נתפסת, מודעות אתית ממשית ומיומנויות פתרון בעיות) הרצנו מבחן מדידות חוזרות מסוג ANOVA והשוואה פוסט-הוק באמצעות תיקון Bonferroni בכדי לנטרל השוואות מרובות.

ממצאים

מודעות נתפסת בנוגע לסוגיות אתיות בבינה מלאכותית

ניתוח תשובות המשתתפים לשאלון המקדים והמסכם הצביע על כך שלפני פעילות חקר המקרים, המשתתפים דיווחו על רמה בינונית של מודעות נתפסת כללית לנושאים אתיים בבינה מלאכותית ($M = 3.32, SD = .61$), שעלתה באופן מתון לאחר ההשתתפות בפעילות ($M = 3.82, SD = .50$), עם מובהקות סטטיסטית ($t(152) = 11.90, p < .001, d = .96$). הפסקאות הבאות מדווחות על התוצאות של שני היבטי המודעות הנתפסת: חשיבות נתפסת ומסוגלות עצמית נתפסת לזהות ולפתור סוגיות אתיות בבינה מלאכותית.

לפני פעילות חקר המקרים, המשתתפים דיווחו על רמה בינונית-גבוהה של חשיבות נתפסת כללית של אתיקה בבינה מלאכותית ($M = 3.84, SD = .73$), שעלתה באופן משמעותי לאחר השתתפות ($M = 4.35, SD = .54$), עם מובהקות סטטיסטית ($t(152) = 10.31, p < .001, d = .83$). איור 1 מציג את תוצאות השאלון המקדים והמסכם לגבי החשיבות הנתפסת של הסטודנטים. ניתן להבחין כי כל אחד מחמשת הפריטים קיבל ציון גבוה יותר בשאלון המסכם בהשוואה לתוצאות השאלון המקדים. לאחר העיסוק בפעילות חקר המקרים, הפריט שדורג הגבוה ביותר היה: "חשוב ללמוד במהלך התואר הראשון על אתיקה בבינה מלאכותית" ($M = 4.41, SD = .73$), עם גודל ההשפעה החזק ביותר ($d = .94$).

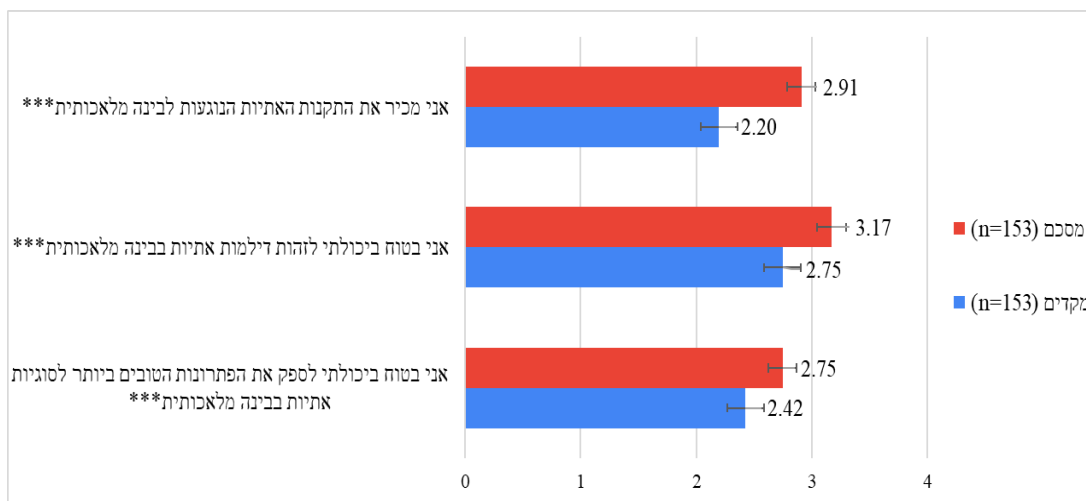


איור 1. תוצאות שאלון מקדים מול מסכם עבור חשיבות נתפסת

*** מובהקות ברמה של $<.001$

לפני פעילות חקר המקרים, המשתתפים טענו לרמה בינונית-נמוכה של מסוגלות עצמית נתפסת כללית לזהות ולפתור סוגיות אתיות הקשורות לבינה מלאכותית ($M = 2.45, SD = .85$), שעלתה באופן מתון לאחר ההשתתפות בפעילות הלימודית ($M = 2.94, SD = .82$), עם מובהקות סטטיסטית ($t(152) = 7.86, p < .001, d = .64$). איור 2 מציג את תוצאות השאלון המקדים והמסכם לגבי המסוגלות

העצמית הנתפסת של הסטודנטים. ניכר כי הציונים הממוצעים לאחר פעילות חקר המקרים היו גבוהים יותר באופן מובהק סטטיסטית בהשוואה לתוצאות שלפני הפעילות. לאחר העיסוק בפעילות הלמידה, פריט המסוגלות העצמית בעל הדירוג הגבוה ביותר היה: "אני בטוח ביכולתי לזהות דילמות אתיות הקשורות בבינה מלאכותית" ($M = 3.17, SD = .94$).



איור 2. תוצאות שאלון מקדים מול מסכם עבור מסוגלות עצמית נתפסת *** מובהקות ברמה של $<.001$

מודעות ממשית בנוגע לסוגיות אתיות בבינה מלאכותית

לפני פעילות חקר המקרים, המשתתפים דיווחו על רמה נמוכה של מודעות ממשית לסוגיות אתיות בבינה מלאכותית ($M = 2.09, SD = .78$), שעלתה באופן משמעותי לאחר ההשתתפות ($M = 3.08, SD = 1.05$), עם מובהקות סטטיסטית ($t(152) = 15.36, p < .001, d = 1.24$). יתרה מכך, מספר הסטודנטים שלא זיהו כל בעיה אתית בשאלה הפתוחה (כלומר ענו שאינם יודעים) ירד מ-33 בשאלון המקדים לשמונה בלבד בשאלון המסכם, עם מובהקות סטטיסטית ($Z = -5.00, p < .001, r = .41$). ניתוח התוכן של הסוגיות האתיות שהעלו הסטודנטים זיהה עלייה במספר הממוצע של קטעי טקסט (מספר הסוגיות האתיות) מהשאלון המקדים למסכם, עלייה מ-1.31 ל-2.14 קטעי טקסט בממוצע לסטודנט/ית.

כישורי פתרון בעיות בבינה מלאכותית

לפני הפעילות הלימודית, המשתתפים דיווחו על רמה נמוכה מאוד של מיומנות פתרון בעיות כללית ($M = 1.63, SD = .66$), שעלתה באופן מתון לאחר השתתפות בפעילות הלמידה ($M = 2.23, SD = 1.08$), עם מובהקות סטטיסטית ($t(152) = 8.94, p < .001, d = .72$). יתרה מכך, מספר הסטודנטים שלא הציעו כל פתרון אפשרי (כלומר, ענו שאינם יודעים) ירד בכמעט מחצית מ-71 בשאלון המקדים ל-38 בשאלון המסכם, עם מובהקות סטטיסטית ($Z = -5.58, p < .001, r = .45$). ניתוח התוכן של הפתרונות האפשריים שהציעו הסטודנטים זיהה עלייה במספר הממוצע של קטעי טקסט (מספר הפתרונות) מהשאלון המקדים למסכם, עלייה מ-1.10 ל-1.48 קטעי טקסט בממוצע לסטודנט/ית.

הבדלים בין מודעות נתפסת, מודעות ממשית וכישורי פתרון בעיות

בשלב האחרון נעשתה השוואה בין שלושת המשתתפים התלויים שנבחנו: מודעות אתית נתפסת, מודעות אתית ממשית ומיומנות פתרון בעיות בבינה מלאכותית, כפי שאלו צוינו בשאלון המסכם. הממצאים מלמדים כי הסטודנטים דיווחו על מודעות נתפסת גבוהה ביחס למודעות הממשית שלהם כפי שזו באה לידי ביטוי בשאלה הפתוחה של תמונת המעבדה. פער זה אף גדל כאשר נעשתה השוואה בין המודעות האתית הנתפסת לבין כישורי פתרון הבעיות שהציגו הסטודנטים בנוגע לסוגיות אתיות בבינה מלאכותית, כפי שניתן לראות בטבלה 1.

הסטודנטים קיבלו את התוצאות הממוצעות הגבוהות ביותר על המודעות הנתפסת שלהם ולאחר מכן על המודעות הממשית, בעוד שקיבלו את התוצאות הממוצעות הנמוכות ביותר על כישורי פתרון הבעיות שלהם בפועל. מבחן ANOVA הראה שההבדלים בין שלושת המשתנים הללו הינם מובהקים סטטיסטית הן עבור השאלון המקדים והן המסכם. מבחן MANOVA הראה כי הציונים הממוצעים של הסטודנטים עבור שלושת המשתנים היו שונים באופן מובהק עבור השאלון המקדים ($F(1.83,151) = 411.92, p = <.001, \eta^2 = .73$) ועבור השאלון המסכם ($F(2,151) = 175.78, p = <.001, \eta^2 = .54$).

טבלה 1. תוצאות מבחן MANOVA להשוואה בין מודעות נתפסת, מודעות ממשית וכישורי פתרון בעיות

η^2	p	F	מודעות ממשית		מודעות נתפסת		תוצאות (n=153)		
			ממוצע	סטיית תקן	ממוצע	סטיית תקן	ממוצע	סטיית תקן	
.73	<.001	411.92	0.66	1.63	0.78	2.09	0.61	3.32	שאלון מקדים
.54	<.001	175.78	1.08	2.23	1.05	3.08	0.50	3.82	שאלון מסכם

דיון

המתח בין הרצון לפרוץ דרך בתחום הבינה המלאכותית לבין הצורך להגן על זכויות אדם מציב את הוראת האתיקה במרכז מחקר זה. המוטיבציה מאחורי ביצוע המחקר נובעת מהספרות המחקרית המצומצמת המוקדשת לחקר השילוב של הוראת אתיקה בבינה מלאכותית במסגרות חינוכיות, במיוחד בהקשרים של השכלה גבוהה (Bogina et al., 2022; Zawacki-Richter et al., 2019). יתרה מזאת, קיים מחסור במחקרים הבוחנים את השימוש בהוראה מבוססת-מקרים בהוראת אתיקה בבינה מלאכותית בקרב סטודנטים למדעים והנדסה (Kong et al., 2023; Martin et al., 2021). מתוך מחשבה זו, תכננו פעילות למידה שיתופית מבוססת-מקרים בה נחשפו הסטודנטים לחקרי מקרה העוסקים בסוגיות אתיות שונות בפיתוח ו/או שימוש בבינה מלאכותית בעולם האמיתי והרהרו בהם באופן אינדיבידואלי כמו גם בדיונים קבוצתיים.

ממצאי המחקר מעלים תובנות חשובות בנוגע לאופן שבו למידה שיתופית מבוססת-מקרים עשויה להשפיע על מודעות אתית וכישורי פתרון בעיות בכל הקשור לשימוש ופיתוח של בינה מלאכותית. אחת הנקודות העיקריות שנבחנו במחקר נוגעת למודעות האתית הנתפסת והממשית של הסטודנטים. התוצאות מצביעות על כך שלפני השתתפותם בפעילות הלמידה השיתופית מבוססת-המקרים, הסטודנטים הראו רמה בינונית של מודעות נתפסת כללית לנושאים אתיים, בעוד שהמודעות שלהם בפועל הייתה נמוכה יחסית. עם זאת, הן רמת המודעות הנתפסת והן המודעות הממשית עלו משמעותית לאחר ההשתתפות בפעילות הלימודית. ממצא זה מצביע על כך שלהתערבות המחקרית הייתה השפעה חיובית על הגברת מודעות הסטודנטים לסוגיות אתיות הקשורות לפיתוח ו/או שימוש בבינה מלאכותית. ממצאים אלו עולים בקנה אחד עם מחקרים קודמים שהדגימו את היעילות של גישת הלמידה מבוססת-המקרים בהגברת ידע אתי, היגיון ומודעות אתית של סטודנטים בנוגע להתנהלות אחראית של מחקר וחינוך הנדסי בכלל (Barak & Green, 2020; Pinkus et al., 2015; Tang & Lee, 2020; 2021). בנוסף, הממצאים מתיישבים עם מחקרים עדכניים שדיווחו על האופן בו חשיפה לחקרי מקרה של יישומי בינה מלאכותית שיפרה את האוריינות והמודעות האתית הנתפסת של סטודנטים (Kong et al., 2023; Lin et al., 2023). בנוסף, הממצאים הראו כי בעוד שהסטודנטים הכירו בחשיבות תחום האתיקה בבינה מלאכותית, הם הביעו רמה נמוכה יחסית של מסוגלות עצמית לזהות ולפתור סוגיות אתיות. באופן דומה, מחקר קודם שעסק בהוראת אתיקה דיווח על עלייה בתפיסות של סטודנטים בנוגע לחשיבות של התנהלות אחראית ואתית בביצוע מחקר אקדמי, בעוד שרבים מהם הביעו אמון נמוך ביכולתם להתמודד עם סוגיות אתיות מורכבות (Barak & Green, 2021).

ייתכן והממצא המעניין ביותר קשור להבדלים שנצפו בין המודעות האתית הנתפסת של הסטודנטים, המודעות האתית הממשית וכישורי פתרון הבעיות שהפגינו. נמצא פער בין האופן בו הסטודנטים העריכו במידה גבוהה את המודעות שלהם לסוגיות אתיות הקשורות לבינה מלאכותית אל מול המודעות הממשית שלהם וכישורי פתרון הבעיות שהציגו. ממצא זה מספק ראיות אמפיריות המשלימות מחקר קודם אשר דיווח

כי חשיבה חדשנית נתפסת של סטודנטים להנדסה לאו דווקא תואמת את מידת החדשנות שלהם בפועל כפי שזו באה לידי ביטוי בפרויקטים הנדסיים קבוצתיים (Usher et al., 2021). נראה כי בעוד שפעילות חקר המקרים השפיעה לטובה על המודעות הנתפסת והממשית של הסטודנטים, כמו גם על כישורי פתרון הבעיות שהפגינו, עדיין ישנו מקום לשיפור מידת ההתאמה בין שלושת המרכיבים הללו.

הידע המעשי ממחקר זה עשוי לשרת בעלי עניין חינוכיים מדיסציפלינות שונות בתכנון התערבויות חינוכיות שמטרתן להגביר את יכולת הסטודנטים להכיר ולהתמודד עם סוגיות אתיות הקשורות לבינה מלאכותית. בהתבסס על ממצאי המחקר, יוזמות חינוכיות אלו צריכות לקדם למידה שיתופית מבוססת-מקרים המציגה תרחישים מהעולם האמיתי. יתרה מכך, ההתמקדות צריכה להתרחב מעבר לקידום ידע ומודעות לאתיקה ולעבר הדגשת המסוגלות העצמית של הלומדים בזיהוי ופתרון בעיות אתיות, כמו גם את כישורי פתרון הבעיות שלהם בהקשרים של בינה מלאכותית.

מקורות

- Barak, M. & Green, G. (2020). Novice researchers' views about online ethics education and the instructional design components that may foster ethical practice. *Science and Engineering Ethics*, 26. <https://doi.org/10.1007/s11948-019-00169-1>
- Barak, M. & Green, G. (2021). Applying a social constructivist approach to an online course on ethics of research. *Science and Engineering Ethics*, 27(8). <https://doi.org/10.1007/s11948-021-00280-2>
- Bogina, V., Hartman, A., Kuflik, T., & Shulner-Tal, A. (2022). Educating Software and AI Stakeholders About Algorithmic Fairness, Accountability, Transparency and Ethics. *International Journal of Artificial Intelligence Education*, 32, 808–833. <https://doi.org/10.1007/s40593-021-00248-0>
- Borenstein, J., & Howard, A. (2021). Emerging challenges in AI and the need for AI ethics education. *AI and Ethics*, 1(1), 61–65. <https://doi.org/10.1007/s43681-020-00002-7>
- Creswell, J. W. (2014). *A Concise Introduction to Mixed Methods Research*. Sage Publications
- Dignum, V. (2018). Ethics in artificial intelligence: introduction to the special issue. *Ethics and Information Technology*, 20, 1–3. <https://doi.org/10.1007/s10676-018-9450-z>
- Kong, S.-C., Cheung, W. M.-Y., & Zhang, G. (2023). Evaluating an artificial intelligence literacy programme for developing university students' conceptual understanding, literacy, empowerment and ethical awareness. *Educational Technology & Society*, 26(1), 16-30.
- Lin, X.- F., Wang, Z., Zhou, W., Luo, G., Hwang, G.- J., Zhou, Y., et. al. (2023). Technological support to foster students' artificial intelligence ethics: An augmented reality-based contextualized dilemma discussion approach. *Computers & Education*, 201. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104813>
- Martin, D. A., Conlonb, E., & Bowe, B. (2021). Using case studies in engineering ethics education: The case for immersive scenarios through stakeholder engagement and real life data. *Australasian Journal of Engineering Education*, 26(1), 47-63, DOI: 10.1080/22054952.2021.1914297
- Ng, D. T. K., Leung, J. K. L., Chu, S. K. W., & Qiao, M. S. (2021). Conceptualizing AI literacy: An exploratory review. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100041>
- Ouyang, F., Zheng, L. & Jiao, P. (2022). Artificial intelligence in online higher education: A systematic review of empirical research from 2011 to 2020. *Education and Information Technologies*, 27, 7893–7925. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-10925-9>
- Pinkus, R. L., Gloeckner, C., & Fortunato, A. (2015). The role of professional knowledge in case-based reasoning in practical ethics. *Science and engineering ethics*, 21(3), 767-787.
- Rocher, L., Hendrickx, J. M. & de Montjoye, Y. A. (2019). Estimating the success of re-identifications in incomplete datasets using generative models. *Nature Communication* 10, 3069, Retrieved February 2022 from: <https://doi.org/10.1038/s41467-019-10933-3>.
- Tang, B. L., & Lee, J. S. C. (2020). A reflective account of a research ethics course for an interdisciplinary cohort of graduate students. *Science and Engineering Ethics*, 26, 1089–1105. DOI: [10.1007/s11948-020-00200-w](https://doi.org/10.1007/s11948-020-00200-w)

- Usher, M., Barak, M., Haick, H. (2021). Online vs. on-campus higher education: Exploring innovation in students' self-reports and students' learning products. *Thinking Skills & Creativity*, 42.
<https://doi.org/10.1016/j.tsc.2021.100965>
- Watts, L. L., Medeiros, K. E., Mulhearn, T. J., Steele, L. M., Connelly, S., & Mumford, M. D. (2017). Are ethics training programs improving? A meta-analytic review of past and present ethics instruction in the sciences. *Ethics & Behavior*, 27(5), 351-384.
- Xia, Q., Chiu, T. K. F., Lee, M., Sanusi, I. T., Dai, Y., & Chai, C. S. (2022). A self-determination theory (SDT) design approach for inclusive and diverse artificial intelligence (AI) education. *Computers & Education*, 189, <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104582>
- Zawacki-Richter, O., Marín, V.I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16(39),
<https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>
- Zhang, H., Lee, I., Ali, S., DiPaola, D., Cheng, Y., & Breazeal, C. (2022). Integrating Ethics and Career Futures with Technical Learning to Promote AI Literacy for Middle School Students: An Exploratory Study. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*.
<https://doi.org/10.1007/s40593-022-00293-3>
- Zhou, J., Chen, F., Berry, A., Reed, M., Zhang, S., & Savage, S. (2020). A Survey on Ethical Principles of AI and Implementations. *2020 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (SSCI)*. Canberra, ACT, Australia, doi: 10.1109/SSCI47803.2020.9308437