

בטיחות בעבודה מסביב לגלובוס - סקירת מחקרים חדשים מהעולם

מחלקת המחקר במוסד לבטיחות ולגיהות עוסקת בחקירת הגורמים לתאונות עבודה בבנייה בישראל, כחלק מהירתמות המוסד למאמץ הכולל לצמצום תאונות אלה. במסגרת המידע הארצי והעולמי הנאסף בנושא "בוער" זה, בחרנו להביא בפניכם תמצית מחקרים שפורסמו בשנה האחרונה ומופיעים בספרות המדעית-מקצועית

מאת ד"ר הדס פיק, מחלקת מחקר

המוסד לבטיחות ולגיהות

שם המחקר: "בטיחות וגיהות בענף הבנייה בארה"ב: לקחים מעשור של אי-סדר"

הנושא: כלקח מהעשור האחרון בענף הבנייה בארה"ב יש צורך לא רק בייצור חוקים, אלא גם באכיפת חוקים ששומרים על בטיחות וגיהות **תקציר:** תעשיית הבנייה היא אחת התעשיות המסוכנות ביותר בארה"ב ומושפעת ממחזור העסקים הכללי. במחקר נבחנו מגמות בתעשיות, כולל המיתון החמור שהיה בארה"ב בעשור האחרון. בעקבות המיתון בשנים 2008-2010, 2.7 מיליון עובדים ו-20% מהמעסיקים עזבו את התעשייה. עד 2010 מספר ההרוגים בתעשייה היה גבוה מאוד, ורק כאשר החלה התעשייה להתאושש מהמיתון, החל מספר ההרוגים והפצעים לרדת. הסיכונים לפציעות היו ללא פרופורציה למספר המעסיקים. מספר מעסיקים קטן היה אחראי ל-57% מהתאונות הקטלניות בתעשייה. המעסיקים אשר נותרו בתעשייה לא אימצו תרבות טובה של בטיחות וגיהות, במיוחד אלו שהעסיקו מהגרים. כיום, אין הגבלות לגבי היכולת להיות קבלן או עובד בנייה, ונדרשות דרכים לקביעת דרישות מינימליות כדי להפוך לקבלן או לעובד בנייה.

כמה רשויות בארה"ב מחייבות מינימום הכשרה תעסוקתית ובריאות מקצועית לכך. כותבי המאמר מציינים שזו אכן התחלה טובה, אבל יש לדרוש מינימום כישורים נדרשים. אפשר לכלול באישורי הבנייה דרישות לבטיחות ולגיהות תעסוקתית ולאכוף חוקים עד כדי תביעות פליליות, כשדרישות בסיסיות לבטיחות מופרות.

https://academic.oup.com/annweh/article/62/Supplement_1/S25/5096686

Ringen, K., Dong, X. S., Goldenhar, L. M., & Cain, C. T. (2018). Construction Safety and Health in the USA: Lessons From a Decade of Turmoil. *Annals of work exposures and health*, 62(Supplement_1), S25-S33.

שם המחקר: "לקראת הגל השלישי: בטיחות וגיהות תעסוקתית, המאופשרת על ידי בניית אובייקט חכמה (smart construction object - SCO)"

הנושא: שילוב בינה מלאכותית בכלי עבודה בענף הבנייה תוריד **פציעות ותאונות עבודה**

תקציר: במשך עשרות שנים נעשה מאמץ רב של חוקרים להגביר בטיחות וגיהות תעסוקתית. מטכנולוגיות "קשות" (גל ראשון), כמו אספקת ציוד מגן אישי, עד לגישות יותר "רכות" (גל שני), כמו טיפוח של תרבות בטיחות. למרות השיפור הגדול שנעשה, ענף הבנייה הוא עדיין אחד הענפים המסוכנים ביותר, ויש צורך בגישות חדשניות ומהפכניות לשימור הבטיחות בו. המחקר הנוכחי ביקש לפתח מערכת ניהולית המאופשרת על ידי "בניית אובייקט חכמה". העיקרון המרכזי של המערכת הוא לייצר מכונות המשלבות בינה מלאכותית כאשר הן מבצעות פעולות הדורשות אינטליגנציה. צעד זה מייצג "גל שלישי" בניהול בטיחות וגיהות בענף הבנייה. המערכת מתחזקת בטיחות וגיהות תעסוקתית ורותמת כוח של מודעות, תקשורתיות ואוטונומיות. המערכת עברה תיקוף והודגמה גם באתר בנייה וגם בבדיקת מעבדה מבוקרת עם עגורן, שהוא אחד הגורמים המשמעותיים לפציעות ולהרוגים. נמצא כי המערכת יכולה לזהות מצבים מסוכנים ולהגיב אליהם בצורה אוטונומית. ממחקר זה עולה כי בנייה חכמה, תוך שילוב של בינה מלאכותית, מבטיחה שיפור בבטיחות ובגיהות תעסוקתית.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925753517319914>

Niu, Y., Lu, W., Xue, F., Liu, D., Chen, K., Fang, D., & Anumba, C. (2019). Towards the "third wave": An SCO-enabled occupational health and safety management system for construction. *Safety science*, 111, 213-223.

אחרי בטיחות אישית בבנייה באמצעות טכנולוגיות לבישות. מאפייני טכנולוגיה זו יכולים לבוא ביצעים בטיחותיים ולזהות ולנתח שיטות לניהול בטיחות.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580517309184>

Awolusi, I., Marks, E., & Hallowell, M. (2018). Wearable technology for personalized construction safety monitoring and trending: Review of applicable devices. *Automation in construction*, 85, 96-106.

שם המחקר: "מערכת למעקב בטיחותי נגד גז מסוכן בזמן אמת בענף הבנייה"

הנושא: שילוב שתי מערכות טכנולוגיות לכדי מערכת מיוחדת אחת, שמאפשרת ניטור חזותי של מצב הבטיחות באתר, ובכך, מאפשרת לסלק, אוטומטית, גז מסוכן.

תקציר: מחקרים רבים בשנים האחרונות התמקדו בטכנולוגיה מתקדמת כדרך לשיפור ניהול הבטיחות בבנייה. מערכת סנסורים אלחוטית (WSN-Wireless sensor network) מצליחה להבחין במצבים סביבתיים. שיטת ניהול מידע (BIM - Building information modeling) היא טכנולוגיה פורצת דרך בבנייה, שמטרתה תכנון, ייעול וביצוע של פרויקטים, והיא ייצוג דיגיטלי של המבנה האמיתי, על כל מאפייניו. המאמר הנוכחי משלב את שתי המערכות לכדי מערכת אחת מיוחדת, שמאפשרת ניטור חזותי של מצב הבטיחות באתר הבנייה וסילוק גזים מסוכנים באופן אוטומטי. חיישנים אלחוטיים מונחים באתר בנייה, החיישנים אוספים את נתוני רמות הגז המסוכן באופן ספציפי, ואת נתוני המצב הסביבתי (טמפרטורה ולחות) באופן כללי. אם באזור מסוים ייקלטו חריגות, תופעל אזעקה ומאוורר, כדי להזהיר את העובדים ולהסיר את הסיכון.

<https://www.mdpi.com/1424-8220/18/2/436>

Cheung, W. F., Lin, T. H., & Lin, Y. C. (2018). A real-time construction safety monitoring system for hazardous gas integrating wireless sensor network and building information modeling technologies. *Sensors*, 18(2), 436.

שם המחקר: "שיטת ניהול מידע משולבת עם מערכות מיקום בזמן אמת, כדי לשפר ביצועי בטיחות בבנייה"

הנושא: המחקר הנוכחי מציע שיטה חדשה להערכה ולמעקב מרחוק אחר שימוש בצידוד מגן אישי.

תקציר: תאונות באתרי בנייה הופכות לתאונות קטלניות בעקבות שימוש לקוי וחוסר בשימוש בצידוד מגן אישי. המחקר הנוכחי מציע שיטה חדשה להערכה מרחוק, וניטור שימוש בצידוד מגן אישי דרך השמה של חיישני לחץ וטכנולוגיות מיקום. פותחו מערכות למיקום עובדים בזמן אמת, כדי לזהות אם העובד צריך לחבוש צידוד מגן אישי, ואם הוא לובש אותו באופן הנכון. ניתן יהיה להזהיר את העובד דרך המערכת. זו נבחנת בתנאי מעבדה באזור פתוח, כדי להוכיח את יעילותה.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092575351730704X>

Dong, S., Li, H., & Yin, Q. (2018). Building information modeling in combination with real time location systems and sensors for safety performance enhancement. *Safety science*, 102, 226-237. ■

שם המחקר: "אינטראקציה חזותית הולוגרפית ושיתוף פעולה מרחוק בבטיחות ובגיהות בענף הבנייה"

הנושא: לטכנולוגיה מעורבת (אמיתית ווירטואלית) יש פוטנציאל לייעל תקשורת של סיכוני בטיחות באתרי בנייה, על ידי שיפור ביצועים מבחינת דיוק, יעילות וקלות שימוש.

תקציר: יש צורך בתקשורת יעילה כדי לזהות סכנות שעלולות להוביל לתאונות בענף הבנייה. המחקר הנוכחי בוחן אם כדאי ליישם טכנולוגיה מעורבת (אמיתית ווירטואלית) כדי לשפר תקשורת באתרי בנייה. הם פיתחו אינטראקציה חזותית הולוגרפית כדי לאפשר שיתוף פעולה מרחוק, גישה בזמן אמת למידע וביאור חזותי בחלל תלת-ממדי משותף. תוצאות המחקר מראות כי לטכנולוגיה מעורבת יש פוטנציאל גבוה לשפר תקשורת של סיכוני בטיחות וזיהוי סיכונים. משתתפי המחקר הראו רצון מדי לאמץ את הטכנולוגיה הזו ואף הציעו הצעות לייעולה.

<https://www.cpwr.com/sites/default/files/publications/SS2018-visual-interaction-remote-collaboration.pdf>

Dai, F., & Olorunfemi, A. (2018). Holographic Visual Interaction and Remote Collaboration in Construction Safety and Health.

שם המחקר: "מערכת היחסים בין אקלים בטיחותי, התנהגות בטיחותית והשלכות מבחינת בטיחות לעובדי בנייה בני מיעוטים"

הנושא: קשר חיובי מובהק בין אקלים בטיחותי והתנהגויות בטיחותיות, וקשר שלילי מובהק בין התנהגויות בטיחותיות ותאונות וכמעט תאונות אצל עובדי בנייה בני מיעוטים.

תקציר: במדינות רבות, רוב העובדים בענף הבנייה הם בני מיעוטים. נראה כי בני מיעוטים מעורבים ביותר תאונות מאשר עמיתיהם המקומיים. המחקר הנוכחי מבקש לבחון אצל עובדים בני מיעוטים קשרים בין אקלים בטיחותי, התנהגות בטיחותית ותוצאות הנוגעות לבטיחות. החוקרים אספו שאלונים מ-223 עובדי בנייה נפאלים ומ-56 עובדי בנייה פקיסטנים שעובדים ב-15 אתרי בנייה בהונג קונג. תוצאות המחקר מראות שיש קשר חיובי מובהק בין אקלים בטיחותי והתנהגויות בטיחותיות, וקשר שלילי מובהק בין התנהגויות בטיחותיות ותאונות וכמעט תאונות אצל עובדי בנייה בני מיעוטים.

<https://www.mdpi.com/1660-4601/15/3/484>

Lyu, S., Hon, C., Chan, A., Wong, F., & Javed, A. (2018). Relationships among safety climate, safety behavior, and safety outcomes for ethnic minority construction workers. *International journal of environmental research and public health*, 15(3), 484.

שם המחקר: "טכנולוגיה לבישה מאפשרת מעקב מותאם אישית על בטיחות בבנייה"

הנושא: אימוץ טכנולוגיות לבישות יכול לאפשר איסוף וניתוח נתונים בזמן אמת בעובדים באתרי בנייה.

תקציר: כתוצאה מהתאונות הקטלניות הרבות שמתרחשות בענף הבנייה, תהליך הבנייה נחשב לאחד המסוכנים ביותר. מדידה וניתוח נתונים של מידע הקשור לבטיחות חשובים כדי לפתח מדיניות לשיפור בטיחות. טכנולוגיות לבישות מבוססות על מערכות שונות (לדוגמה, Bluetooth, GPS), שניתן להצמיד לביגוד. אימוץ טכנולוגיות אלו יכול לאפשר איסוף וניתוח נתונים בזמן אמת בעובדים בבנייה. המחקר מספק סקירת אפשרויות למעקב