

## סקירת מאמרים חדשים על בטיחות וגיהות בבנייה

ד"ר הדס פיק – מחלקת מחקר

**“שיטת ניהול מידע משולבת עם מערכות מיקום בזמן אמת על מנת לשפר ביצועי בטיחות בבנייה”**

המחקר הנוכחי מציע שיטה חדשה להערכה ומעקב מרחוק אחר שימוש בציוד מגן אישי.

**תקציר:** תאונות באתרי בנייה הופכות לתאונות קטלניות בעקבות שימוש לקוי וחוסר בשימוש בציוד מגן אישי. המחקר הנוכחי מציע שיטה חדשה להערכה מרחוק וניטור שימוש בציוד מגן אישי דרך השמה של חיישני לחץ וטכנולוגיות מיקום. פותחו מערכות למיקום עובדים בזמן אמת כדי לזהות אם העובד צריך לחבוש ציוד מגן אישי והאם 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

**“לקראת הגל השלישי: בטיחות וגיהות תעסוקתית המאופשרת ע"י בניית אובייקט חכמה (smart construction object- SCO)”**

שילוב בינה מלאכותית בכלי עבודה בענף הבנייה תוריד פציעות ותאונות עבודה.

**תקציר:** במשך עשרות שנים נעשה מאמץ רב להגביר בטיחות וגיהות תעסוקתית ע"י חוקרים. מטכנולוגיות "קשות" (גל ראשון) כמו אספקת ציוד מגן אישי עד לגישות יותר "רכות" (גל שני) כמו טיפוח של תרבות בטיחות. למרות השיפור הגדול שנעשה בתחום, ענף הבנייה הוא עדיין אחד המגזרים המסוכנים ביותר ויש צורך בגישות חדשניות ומהפכניות לשימור בטיחות. המחקר הנוכחי ביקש לפתח מערכת ניהולית המאופשרת ע"י "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 והרוגים. נמצא כי המערכת יכולה לזהות מצבים מסוכנים ולהגיב אליהם בצורה אוטונומית. ממחקר זה ניתן להציע כי בנייה חכמה תוך שילוב של בינה מלאכותית מבטיחה שיפור בבטיחות וגיהות 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.

### **"חסמים להסתגלות לשינוי אקלים בתעשיית הבנייה באוסטרליה - תנופה לרפורמה הרגולטורית"**

לתעשיית הבנייה יכולת גדולה להפחתת פליטת גזי חממה ובכך למזער שינויי אקלים.

**תקציר:** יש להתייחס לסיכונים בענף הבנייה הנגרמים ע"י שינוי אקלים. לבניינים ישנה רגישות לסיכון הנובע משינוי אקלים, בנוסף, בניינים הם גם חלק מהגורמים לפליטת גזי חממה התורמים לשינוי האקלים. למעשה, לתעשיית הבנייה פוטנציאל משמעותי להפחתת פליטת גזי החממה דרך התאמה ושינויים בענף הבנייה. המחקר הנוכחי בוחן את החסמים להסתגלות והתאמה לשינויי אקלים בתעשיית הבנייה באוסטרליה באמצעות ראיונות עם בעלי עניין מהתחום. החסמים שזוהו במחקר: שימוש בשפה לא עקבית ועמומה. רגולציה מוגבלת, חוסר יכולת נתפסת לזמות, חוסר מודעות לשינויי אקלים, חוסר בדרישות מהלקוחות ליישם יוזמות. בהתאם יש לטפל בשינויי אקלים דרך חקיקת רגולציות. בנוסף יש להתייחס לקשרים של ענף הבנייה מקצועות ותהליכים סביבתיים.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132318302191>

Hurlimann, A. C., Browne, G. R., Warren-Myers, G., & Francis, V. (2018). Barriers to climate change adaptation in the Australian construction industry—Impetus for regulatory reform. *Building and Environment*, 137, 235-245

### **"בטיחות וגיהות בענף הבנייה בארה"ב: לקחים מעשור של אי-סדר"**

כלקח מהעשור האחרון בענף הבנייה בארה"ב יש צורך לא רק בייצור חוקים אלא גם לאכוף חוקים ששומרים על בטיחות וגיהות

**תקציר:** תעשיית הבנייה היא אחת התעשיות המסוכנות ביותר בארה"ב. ומושפעות ממחזור העסקים הכללי. במחקר בחנו מגמות תעשיות 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 הגיע לנקודת שפל ורק כאשר התעשייה החלה להתאושש מהמיתון מספר ההרוגים והפצועים החל 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 מי שיכול להיות קבלן בנייה או עובד בבנייה ונדרשות דרכים לקביעת דרישות

מינימליות בכדי להפוך לקבלן או עובד בבנייה. ישנן כמה רשויות בארה"ב שמחייבות 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 וגיהות תעסוקתית ולאכוף חוקים עד כדי תביעות פליליות כשדרישות בסיסיות לבטיחות מופרות.

[https://academic.oup.com/annweh/article/62/Supplement\\_1/S25/5096686](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.

**“הרחבת הפרדיגמה של בטיחות וגיהות: מסגרת רעיונית חדשה לרווחת העובד”**

הדגשת הצורך בתרגום מושגים תיאורטיים למודלים מעשיים כדי לסייע לרווחת עובדים.

**תקציר:** המאמר מתאר התפתחות של מסגרת רעיונית לרווחת עובדים של המוסד הלאומי לבטיחות וגיהות בעבודה בארה"ב. יש צורך בתרגום של מושגים תיאורטיים למודלים מעשיים למדידה ופעולה. במחקר הנוכחי המסגרת המושגית כוללת חמישה תחומים ועשרים תתי תחומים, החוקרים ממשיגים את רווחת העובד כתופעה סובייקטיבית ואובייקטיבית הכוללת חוויות מתוך ומחוץ לעבודה. רווחת עובדים אובייקטיבית צריכה להתמקד בהגדרות של צרכים בסיסיים הנחוצים לעובדים. לדוגמא: בריאות פיזית, רווחה חומרית, בטיחות פיזית, מערכת יחסים חברתית והרמוניה רוחנית. **מסקנות המאמר:** המסגרת הרעיונית מביאה שני יתרונות: (1) אפיון סטטוס של רווחת העובדים גם בהקשרים של מקום העבודה וגם מחוצה לו. (2) מתן הנחיות ליחידים, ארגונים וממשלות לגבי פעולות שניתן לנקוט כדי לשפר את רווחתם.

[https://journals.lww.com/joem/Fulltext/2018/07000/Expanding\\_the\\_Paradigm\\_of\\_Occupational\\_Safety\\_and\\_Health.3.aspx](https://journals.lww.com/joem/Fulltext/2018/07000/Expanding_the_Paradigm_of_Occupational_Safety_and_Health.3.aspx)

Chari, R., Chang, C. C., Sauter, S. L., Sayers, E. L. P., Cerully, J. L., Schulte, P., ... & Uscher-Pines, L. (2018). Expanding the paradigm of occupational safety and health: a new framework for worker well-being. *Journal of occupational and environmental medicine*, 60(7), 589-593.

**“אינטראקציה חזותית הולוגרפית ושיתוף פעולה מרחוק בבטיחות וגיהות בענף הבנייה”**

לטכנולוגיה מעורבת (אמתית ווירטואלית) יש פוטנציאל לייעל תקשורת של סיכוני בטיחות באתרי בנייה ע"י שיפור ביצועים מבחינת דיוק, יעילות וקלות של שימוש.

**תקציר:** יש צורך בתקשורת יעילה על מנת לזהות סכנות שעלולות להוביל לתאונות בענף הבנייה. המחקר הנוכחי בחן האם כדאי ליישם טכנולוגיה מעורבת (אמתית ווירטואלית) כדי לשפר תקשורת באתרי בנייה. הם פיתחו אינטראקציה חזותית הולוגרפית כדי לאפשר שיתוף פעולה מרחוק, גישה בזמן אמת למידע וביאור חזותי בחלל תלת מימדי משותף. תוצאות המחקר מראות

כי לטכנולוגיה מעורבת יש פוטנציאל גבוה לשפר תקשורת של סיכוני בטיחות וזיהוי סיכונים. משתתפי המחקר הראו רצון מיידי 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.

**“מערכת היחסים בין אקלים בטיחותי, התנהגות בטיחותית והשלכות מבחינת בטיחות לעובדי בנייה בני מיעוטים”**

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

**תקציר:** בהרבה מדינות 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 ו-56 עובדי בנייה פקיסטניים 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.

**“יישומים של ריבוד שכבות (הדפסות תלת ממד) בענף הבנייה - סקירה קדימה”**

ענף הבנייה החל להתנסות בריבוד שכבות (הדפסה בתלת ממד), שיטה זו יכולה לתרום לאתגרים הניצבים בפני הענף כמו בטיחות עובדים וייעול תפוקות.

**תקציר:** ריבוד שכבות (הדפסה בתלת ממד) הוא למעשה בנייה של רכיבים בשלבים באמצעות מדפסת תלת מימד ישירות מקובץ דיגיטלי. כרגע ישנם כמה ניסיונות בהדפסות תלת ממד בתעשיית הבנייה. ממחקרים מוקדמים בתחום נראה שלשיטה זו פוטנציאל להפחתת עלויות עבודה, הפחתת פסולת וייצור של גיאומטריות מורכבות ומותאמות אישית שכרגע קשה לייצר באמצעות טכניקות בנייה קונבנציונאליות. המאמר הנוכחי מספק סקירה עדכנית של ריבוד שכבות בהתאם לענף הבנייה. לדוגמא, ניתן להשתמש בשיטה זו לצורך תיקונים במיקומים מסוכנים לעובדים באתר הבנייה, בנייה באזורים עם משאבים חומריים פחותים, ובנייה של חלקים יקרי ערך מותאמים אישית.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580517307847>

Camacho, D. D., Clayton, P., O'Brien, W. J., Seepersad, C., Juenger, M., Ferron, R., & Salamone, S. (2018). Applications of additive manufacturing in the construction industry—A forward-looking review. *Automation in construction*, 89, 110-119.

**“טכנולוגיה לבישה מאפשרת מעקב מותאם אישית על בטיחות בבנייה”**

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

**תקציר :** כתוצאה מהתאונות הקטלניות הרבות שמתרחשות בענף הבנייה, תהליך הבנייה נחשב לאחד מהמסוכנים ביותר. מדידה וניתוח נתונים של מידע הקשור לבטיחות חשובים בכדי לפתח מדיניות לשיפור בטיחות. טכנולוגיות לבישות מבוססות על מערכות שונות (לדוגמא - Bluetooth, GPS), שניתן להצמיד לביגוד. אימוץ של טכנולוגיות אלו יכול לאפשר איסוף וניתוח נתונים בזמן אמת בעובדים בבנייה. המחקר מספק סקירת אפשרויות למעקב אחרי בטיחות אישית בבנייה באמצעות טכנולוגיות לבישות. המאפיינים של טכנולוגיה זו יכולים לנבא ביצועים 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.

**“מערכת למעקב בטיחותי נגד גז מסוכן בזמן אמת בענף הבנייה”**

שילוב שתי מערכות טכנולוגיות למערכת מיוחדת שמאפשרת ניטור חזותי של מצב הבטיחות באתר ובכך מאפשרת לסלק אוטומטית גז מסוכן.

**תקציר :** מחקרים רבים בשנים האחרונות התמקדו בטכנולוגיה מתקדמת כדרך לשפר ניהול בטיחות 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 ומהווה ייצוג דיגיטלי של המבנה האמיתי על כל מאפייניו. המאמר הנוכחי משלב את שתי המערכות למערכת מיוחדת שמאפשרת ניטור חזותי של מצב הבטיחות באתר הבנייה וסילוק גזים מסוכנים באופן אוטומטי. חיישנים אלחוטיים מונחים באתר בנייה, החיישנים אוספים את רמות הגז המסוכן באופן ספציפי והמצב הסביבתי (טמפרטורה ולחות) באופן כללי, אם באזור מסוים יקלטו 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.

---