

# מניעת טעויות אנוש בתחבורה על ידי תקינה

אבי הראל – ארגולייט בע"מ

המאמר עוסק בשאלה האם ניתן להנחות לצמצום הסיכוי לטעויות אנוש באמצעות תקינה, והאם התקינה הנוכחית אכן תורמת לכך? המאמר מציג מחקר מכין שבדק את האפקטיביות של תקני בטיחות בנושא של מניעת טעויות אנוש. המחקר המכין כלל בדיקה של טעויות אנוש קריטיות במגוון של תחומים, ושימש כבסיס לתכן למניעת טעויות שימוש. המחקר במאמר זה מיישם את ממצאי המחקר המכין לתחום של טעויות אנוש בתחבורה.

מבוא

## טעויות אנוש בתחבורה

בקרב חוקרי תאונות בתחום התחבורה מקובל לייחס למפעילים את האחריות לגורם האנושי. כך, למשל, נהוג לייחס לגורם האנושי כ-70-80% מהתאונות האוויריות (Wiegmann and Shappell, 1999), וכ-80% מהתאונות הימיות (Goulielmos, 1997; Mitchel & Bright, 1995). לפיכך, ניתן היה לצפות שהמחקר בתחום גורמי אנוש בתחבורה יקדיש חלק נכבד לנושא שיטות למניעת טעויות אנוש. המציאות היא שונה. יש מעט מאוד מחקר בנושא זה. הסבר על הצורך במחקר כזה, כולל דוגמאות מתחום התחבורה, ראה מאמרים של הראל (2007, 1020) וכן של Zonnenshein and Harel (2009).

## אחריות המפעיל למניעת תאונות

באופן מסורתי, מנהלי המערכת מצפים מהמשתמש לפעול על פי ההוראות, ומצפים מהמפעיל להימנע מטעויות. במקרה של טעות בהבנת הסיטואציה, האחריות מוטלת על הנהג. לדוגמא, בהתנגשות הרכבות ב-Ladbroke Grove ליד תחנת פדינגטון בלונדון בשנת 1999, נהג הקטר הואשם באי ציות לרמזור אדום, שנראה בקושי, ושהיה ידוע בחוסר אמינותו (Hall, 2003; Vaughn, 2003).

במקרה של תפעול בשגגה, האחריות מוטלת על המפעיל. לדוגמא, תאונת המיכלית Torrey Canyon שגרמה לאסון האקולוגי החמור ביותר בבריטניה אי פעם, הקברניט הואשם בגרימת התאונה, לאחר שלא הבחין בכך שמוט ההיגוי היה במצב שמנע ניהוג (Cowan, 1968; Perow, 1968).

כמו כן, מצפים מהמפעילים להעריך תוך כדי תפעול הציוד מהי המשמעות של כל אופציה בה יבחרו לגבי הבטיחות בכל מצבי התפעול העתידיים. בפועל, המפעילים מתקשים לזהות ולזכור את הוראות השימוש בכל המצבים, ולהעריך כראוי את המשמעות של כל אופציות התפעול לגבי היבטי בטיחות בשינוי בהתנהגות המערכת. במקרה של תאונה, מקובל להאשים את המפעיל ברשלנות ובחריגה מדרך התפעול הסבירה. לדוגמא, בתאונה במפגן האווירי של מטוס Airbus 320A בטיסת AF-296 הואשם קברניט המטוס והורשע בהריגה לאחר שלא היה מודע לשינויים מסוימים בתכן שגרמו לשינויים באופן תגובת המטוס לפקודות הטייסים (Kilroy, 2006).

שינוי המיקוד

הגישה המקובלת על ידי מומחים בתחום הארגונומיה היא שהדרישה מהמפעילים להימנע מטעויות אינה סבירה, ואינה עומדת במבחן המציאות. לדוגמא, גישה זו הוצגה לצורך הסבר גורמי התאונה של טיסת AF 296 (Wiener, 1989). בפועל התנהגות המפעילים היא על פי גרסת גורמי אנוש של חוקי מרפי: "אם המערכת מאפשרת למפעיל לטעות, בסופו של דבר הוא יטעה".

בשנים האחרונות התפיסה שהמפעיל אחראי למניעת תאונות עברה שינוי מהותי. בניגוד לתפיסה הישנה, שהטילה את האחריות על המפעיל, בתפיסה החדשה האחריות היא על מתכנני המערכת ועל ממוני הבטיחות (Dekker, 2007). תפקידם להבטיח שהמפעיל יהיה מסוגל להבין את מצב המערכת, לתפוס את רמת הסיכון, למנוע אפשרות להפעלת בקרים בשגגה, ולהתמודד עם הסיכון בעוד מועד.

### *סמנטיקה של טעויות אנוש*

על פי התפיסה החדשה, תאונות הן תוצאה של הפעלה במצבים חריגים, ולכן לא ניתן לייחס אותן למפעיל בלבד. כאשר מדברים על טעות אנוש, המילה "אנוש" צריכה להתייחס לאנשים שונים: המשתמשים, המפעילים, המפתחים, הלקוחות, ממוני הבטיחות, וכיו"ב. המינוח המקובל כיום הוא "טעות שימוש". מינוח זה מייחס את התאונה לאירוע ולמצב, ולא לאדם ספציפי.

### *תכן למניעת טעויות שימוש*

דרך מעשית למנוע טעויות שימוש היא על ידי התחשבות במגבלות המשתמש והמפעיל בשלב הגדרת אופן פעולת המערכת. למשל, את התאונה של טיסת AF-296 ואת התאונה של המיכלית Torrey Canyon ניתן היה למנוע, לו המתכננים היו מקפידים על הימנעות ממצבי תפעול חריגים, ועל אינדיקציה לנהגים לגבי מצבי תמרון חריגים.

גישה זו לוקה בכך שהיא משחררת את המפעיל מאחריות, ועלולה לעודד התנהגות רשלנית של המשתמשים. בעזרת טיעונים מעין אלו נוקטים ממוני הבטיחות במדיניות של גלגול האחריות למניעת תאונות על המפעילים (Reason, 1997).

### *תרומת היצרנים על למניעת טעויות שימוש*

היצרנים של כלי תחבורה חרדים למוניטין שלהם, ולכן עושים כמיטב יכולתם למנוע תקלות. לא כך הדבר לגבי תקלות שנובעות מטעויות. לדוגמא, בכל המכוניות בעלות המוניטין יש אינדיקציה לחום מנוע. הנהג אמור להבחין במצב של חום מנוע חריג. במקרה שהנהג לא הבחין בכך, האחריות מוטלת עליו. במקרה של נזק למנוע, הוא לוקח את האחריות על עצמו (הראל, 2007). ציבור הלקוחות של כלי תחבורה אינו מודע לכך שהיצרן יכול היה לספק התרעה אמינה יותר למצבי תקלה, והיצרן נהנה ממצב בו הוא מתבקש לספק מנועים חליפים למנועים שניזוקו באחריות הנהג. תקינה למניעת טעויות שימוש עשויה לגרום לשינוי, לדרוש מהיצרנים אינדיקציה ברורה והתרעה אפקטיבית למצבים חריגים, כגון של חום מנוע גבוהה מעל לערך סף (הראל, 2010).

### *מתודולוגיה למניעת טעויות שימוש*

המתודולוגיה המקובלת למניעת טעויות שימוש מבוססת על מודל הגבינה השוויצרית (Reason, 1997). על פי מודל זה, האחראים על תפעול המערכת מחויבים להציב מחסומים בפני האירועים המסוכנים. אין להסתפק

במחסום אחד, מכיוון שאף מחסום אינו מוחלט. המחסומים משולים לפרוסות של גבינה שוויצרית, המכילים חורים. ריבוי המחסומים מאפשר חסימת מעברים בחורים.

### חסמים ארגוניים

ההיסטוריה של חקר תאונות מראה שהמונים על הבטיחות מעדיפים לגלגל את האחריות לתאונות על המפעילים על פני האופציה של חקר הסיבות המבנית לתאונה. זאת, מכיוון שבדרך זו הם פטורים מלתת דין וחשבון על כך שלא מנעו את התאונה. גישה זו לוקה לא רק בהיבט המוסרי, אלא גם בכך שהיא מונעת תהליכים של שיפור הבטיחות (Dekker, 2006). מצד המשתמשים, הם מגיבים בסימפטום "הראש הקטן" ומעדיפים שיקולים של אבטחת עתידם במקרה של טעות קטלנית על פני שיקולים של טובת הציבור (Kohn, 2000). מצד הארגון, הוא נמנע מתהליך של הפקת לקחים, שימנע חזרה על הטעות בעתיד. לדוגמא, הפקת לקחים מהתאונה של AF-296 הייתה יכולה למנוע את אסון התעופה בטיסה IC-605 בבנגלור שבהודו בשנת 1990. במקום לחקור את התהליכים המערכתיים שאפשרו את התאונה, הממונים על הבטיחות העדיפו להאשים את המפעילים, ולגרום להרשעתם (Casey, 1998).

המפעילים של כלי תחבורה אינו מודעים לכך שהאינטרס של האחראים על הבטיחות כוללים אלמנטים של טיוח עובדות, ואינם מסוגלים להתמודד עם החלטות להעמיד אותם לדין. לאחרונה הוצעה מתודולוגיה של תרבות בטיחות להגדרת גבולות האחריות בין בעלי התפקידים האחראים על הבטיחות בארגון, שמעודדת פעילות המבוססת על שיקולי בטיחות, ומעדיפה אותה על פני אינטרסים אישיים של בעלי התפקידים בארגון (Reason, 1997). המתודולוגיה מבוססת על הגדרה מראש של מצבים בעייתיים שמחייבים דיווח, על "קוים אדומים" בקודי ההתנהגות של המפעילים, ועל תהליך התחקור לאחר תאונה. נקודת חולשה במתודולוגיה זו היא בכך שאינה מציעה דרך לזיהוי מצבים בעייתיים המחייבים דיווח, ואינה מציעה דרך להגדיר את המידע הדרוש לצורך התחקור (Dekker, 2007). תקינה למניעת טעויות שימוש עשויה לגרום לשינוי, לחייב את ממוני הבטיחות בארגון להגדיר גבולות של אחריות בין המפעילים לבין הארגון. על מנת ליישם את המתודולוגיה של תרבות בטיחות, יש צורך להגדיר דרך לזיהוי מצבים בעייתיים המחייבים דיווח, וכן להגדיר את המידע הדרוש לצורך תחקור (Harel, 2010).

### מטרת המחקר

מטרת המחקר הייתה לבחון האם התקנים הקיימים כוללים הנחיות למפתחים ולארגונים המפעילים את המערכת כיצד למנוע טעויות שימוש, ואם ההנחיות הכלולות בתקנים הן אפקטיביות.

### שיטה

המחקר נעשה על ידי חברת ארגולייט, בשיתוף מכון התקנים הישראלי.

המחקר התבסס על שני מחקרים מקדימים:

א. מחקר מכין, שנעשה אף הוא בשיתוף מכון התקנים, עסק בהערכת האפקטיביות של תקני בטיחות במניעת טעויות שימוש. המחקר המכין התייחס לאפקטיביות של התרעות ברפואה, התרעות לציבור במצבי חירום והתרעות למפעילים של חדרי בקרה. המחקר המכין התבצע במסגרת הפעילות של וועדות מומחים לתקינה בנושאים הללו. כתוצאה מהממצאים של המחקר המכין הוכן מדריך להערכת האפקטיביות של תקני שימושיות, כאשר הדגש הוא על מניעת טעויות שימוש.

ב. מחקר בשיתוף עם קבוצת העבודה לניהול סיכונים של איל"ט"ם. המחקר התייחס לדרכים אפשריות למניעת טעויות שימוש. סיכום העבודה כולל סיווג מצבי טעות ואפשרויות שעומדות בפני המפעיל בהתמודדות עם המצבים הללו (הראל 2010).

המחקר כלל את השלבים הבאים:

- א. סקר של התקנים הקיימים בנושא מניעת טעויות שימוש בתחבורה
- ב. עבור התקנים הרלבנטיים, בדיקת האפקטיביות במניעת טעויות שימוש נפוצות, על פי שני המדריכים לעיל.

## ממצאים

התקנים הישראליים אלו הם תקנים בינלאומיים שאומצו על ידי וועדות מומחים מטעם מכון התקנים.

כיום אין תקינה שמכוונת לנושא הספציפי של טעויות אנוש. התקנים הבינ"ל שנוגעים לנושא זה הם תקני בטיחות ותקנים כלליים בנושא גורמי אנוש, ובמיוחד בתחום השימושיות. תקני הבטיחות הרלבנטיים הם אלו שעוסקים בניהול סיכונים.

התקינה הבינלאומית נמנעת מהתמודדות עם טעויות אנוש. שיטת התקינה היא כזו שיצרן הציוד מחויב לבצע תהליך של ניהול סיכונים, הכוללים בין השאר גם התייחסות לטעויות תפעול. כלומר, לכאורה, האחריות מוטלת על היצרן. אבל התקינה הבינלאומית אינה מספקת ליצרנים את הכלים למנוע סיכוני תפעול: היא אינה מפרטת את מצבי הטעות האופייניים הנפוצים, ולכן גם לא מספקת הנחיות כיצד להתמודד עימם.

## דיון

המסקנה העיקרית מהמחקר היא שהתקינה יכולה לתרום רבות למניעת טעויות שימוש בתחבורה, אבל כיום, עדיין לא הוגדרו בתקנים מצבי הטעות האופייניים, ולכן לא הוגדרו הנחיות להתמודדות עימם. בפועל, היצרן פטור מהתעסקות עם נושא זה, והתוצאה היא שהיצרנים יכולים להרגיש בטוחים גם כשהם מספקים מערכות שתפעולן רגיש לטעויות שימוש.

מחקר זה שימש כמנוף לשני מחקרים חדשים במרכז גורדון להנדסת מערכות בטכניון: האחד משותף לפרופ' מנחם וייס ולכותב מאמר זה בנושא: *Mitigating the Risks of Unexpected Events*, והשני משותף לד"ר משה ויילר ולכותב מאמר זה בנושא: *Managing the Risks of Use Errors*

## מקורות

- Casey, S. (1998). "Leap of Faith" in *Set Phasers on Stun: And Other True Tales of Design, Technology, and Human Error*. Aegean, Santa Barbara.
- Cowan, E. (1968). *Oil and water - the Torrey Canyon disaster*. Philadelphia: [Lippincott](#).
- Dekker, S. (2006). *The Field Guide to Understanding Human Error*, Ashgate Publishing Co.

Dekker, S. (2007). *Just culture: Balancing Safety and Accountability*, Ashgate Publishing Co.

Goulielmos, M.A. "An Emergency Decision Support System Online for Captains." *Proceedings of IMAS 97*. London: Institute of Marine Engineers, 1997. Paper 16.

Hall, S. (2003). *Beyond Hidden Dangers: Railway Safety into the 21st Century*. Ian Allan. [ISBN 0-7110-2915-6](#).

Harel, A. (2010). Whose Error is This? Standards for Preventing Use Errors. *The 16<sup>th</sup> Industrial engineering and Management Conference, Tel-Aviv*.

Kilroy, C. (2006). "[Investigations: Air France 296](#)". AirDisaster.com.

Kohn, L.T., Corrigan J.M. and Donaldson M.S. (2000). *To Err Is Human*. Washington, DC: National Academy Press.

Mitchell, K. and C.K. Bright. "Minimizing the Potential for Human Error in Ship Operations." IMAS '95 IMarE Conference, Vol. 107, No.2.

Petrow, R. (1968). *In the wake of the Torrey Canyon*. New York: [David McKay Publications](#).

Reason, J. (1997). *Managing the Risks of Organizational Accidents*, Ashgate Publishing Company.

Vaughn, A. (2003). *Tracks to Disaster* (revised ed.). Ian Allen. [ISBN 0-7110-2985-7](#).

Wiegmann, D. and Shappell, S. (1999). Human factors analysis of post-accident data: Applying theoretical taxonomies of human error. *The International Journal of Aviation Psychology*, 7, pp. 67-81.

Wang, J. and Zhang, S.M. (2000). Management of Human Error in Shipping Operations. *Professional Safety*, October.

Wiener, E. L. (1989). Reflections on human error: matters of life and death. *Proceedings of the Human Factors Society 33<sup>rd</sup> Annual Meeting*, 1-7.

Zonnenshein, A. and Harel, A. (2009). Task-oriented System Engineering. *Proceeding of Incose Conference, Singapore*.

הראל, א. 2007. מי צריך תקינה לשימושיות? הכנס הלאומי לאיכות.

הראל, א. 2009. מדריך הערכת תקני שימושיות

<http://usability-standards.com/Guide/u-std-eval-guide.doc>

הראל א. 2010. ניהול סיכוני תפעול: סיכום פעילות במסגרת קבוצת עבודה ניהול סיכונים של אילט"ם