

תקינה להתמודדות עם טעויות אנוש

א. הראל

ארגולייט בע"מ – רח' גבעון 6, חיפה 34335

תקציר

תקינה בינלאומית להנדסת גורמי אנוש ולשימושיות קיימת כבר משנות התשעים. הבעיות בתקינה הבינלאומית הן: א. היא מסובכת מדי, ב. היא פונה אל אנשי מקצוע בתחום הנדסת גורמי אנוש והנדסת שימושיות, ולא אל המפתחים, ו-ג. הפתרונות המוצעים לבעיות קריטיות, אינם מספקים. בארץ, עד כה לא היה ביקוש לתקינה. במסגרת וועדת התקינה לאיכות של מכון התקנים הוקמה לאחרונה וועדה טכנית שעוסקת בתקינה לשימושיות. יותר מדי מוצרים גומרים פיתוח, עוברים את בדיקות האישור בהצלחה, יוצאים לשוק, ונכשלים, מסיבות שונות הקשורות לשימושיות: מפני שהם חסרי תועלת, מפני שהם מסובכים מדי לשימוש, מפני שהם מאפשרים טעויות שימוש קריטיות. וועדת התקינה הישראלית לשימושיות שמה לעצמה מטרה ליצור תקנים שמיועדים לשימוש על ידי המפתחים, ושתועלתם למפתחים ולצרכנים אינם מוטלת בספק. בשאיפה, הכוונה היא לאמץ תקינה בינלאומית. בפרויקט הראשון של הוועדה בנושא השימושיות של התרעות קוליות ברפואה התברר שהתקן הבינלאומי הפופולרי IEC 60601-1-8 סובל ממספר ליקויים בסיסיים.

1. טעויות אנוש

טעות בהקלדה. במקום טקסט, הוקלד קיצור לפעולה שמשנה את מצב הטקסט במסך. הפעולה הבאה גורמת למחיקת כל הטקסט מהמסך, ובהמשך, מהקובץ. עבודה של שעה הלכה לטמיון. צריך להקליד הכל מהתחלה (http://jefthefmovie.com/jef_project_notes.htm).

טעות בהקלדה. בדרכו אל כוכב הלכת מאדים, הלווין הסובייטי פובוס 1 מקבל פקודת סגירה. כל ההשקעה הלכה לטמיון (http://www.jnd.org/dn.mss/commentary_huma.html).

תקלה במערכת טלביזיה בכבלים. טעות בתפעול השלט של הממיר הדיגיטלי. רואים שלג. יש מספר סיבות אפשריות, יש מספר אופציות להתגבר על התקלה. לא כולם מסתדרים בעצמם. רבים נאלצים חדשות לבקרים לקרוא לשרות הלקוחות. חברת הכבלים מפסידה, בגלל הוצאות שירות הלקוחות ובגלל אובדן אמון הלקוחות (<http://www.ynet.co.il/articles/0,7340,L-3347955,00.html>).

תקלה במערכת הקבצים. מערכת ההפעלה מבקשת את אישור המפעיל לפעולת תיקון. המפעיל מאשר. המערכת מוחקת את כל הקבצים מהדיסק. המפעיל מתקשר אל שירות הלקוחות והם מסבירים לו בנימוס שהוא היה אמור לעשות גיבוי לכל הקבצים לפני שאישר את פעולת התיקון.

תקלה במכוננית. צינור בלוי גורם לאיבוד מי צינון. נורית התרעה דולקת, אבל המשמעות לא ברורה, לא תמיד, לא לכל אחד, לא בכל מצב. הלך מנוע.

בסקר לא פורמלי שערכנו לאחרונה התבררה בעיה של תקלות זמניות, שנובעות מקשיי תפעול, שנפתרות בדרך כלל בתוך המשפחה. התופעה עליה דווח היא של הופעת שלג על גבי המסך, ללא כל סיבה נראית לעין. בדרך כלל, הבעיה נפתרת בכך שאחד מבני המשפחה, המיומן בתפעול המערכת, לוחץ שתיים-שלוש לחיצות על השלט-רחוק של הממיר הדיגיטלי, והמערכת חוזרת לפעול כשורה. בחלק ניכר של

האוכלוסיה, כולל אנשים מבוגרים שמתגוררים בגפם, פתרון הבעיה מורכב יותר, והוא כרוך בהנחה טלפונית של שירות הלקוחות של חברת הכבלים או הלוויין, שמסבירים למתלונן על מה להסתכל במערכת ועל מה ללחוץ בשלט כדי שהמערכת תחזור לפעול כסדרה.

2. התקינה

במסגרת וועדת התקינה לאיכות של מכון התקנים הוקמה לאחרונה וועדה טכנית שעוסקת בתקינה לשימושיות (הראל 2007d). יותר מדי מוצרים גומרים פיתוח, עוברים את בדיקות האישור בהצלחה, יוצאים לשוק, ונכשלים, מסיבות שונות הקשורות לשימושיות: בגלל שהם חסרי תועלת, בגלל שהם מסובכים מדי לשימוש, בגלל שהם מאפשרים טעויות שימוש קריטיות. יותר מדי מערכות שמיועדות להגן על מתקנים ועל הציבור, פועלים היטב בשלב בדיקות האישור, אבל נכשלים בשעת מבחן, מכיוון שבשלב התכנון לא נשקלו גורמים הקשורים לתהליכי התפעול ולמאפיינים פסיכולוגיים של הציבור. יותר מדי זמן אנחנו מבזבזים בהפעלת תוכנה משרדית בניסיון להבין מהו מצב המערכת, ומה צריך לעשות כדי שהתוכנה תעשה את מה שאנחנו רוצים. או בניסיון להבין מדוע הטלביזיה הביתית מראה שלג במקום תמונה, ומה עלינו לעשות כדי למנוע מצבים כאילו.

להלן מספר דוגמאות של טעויות תיכון נפוצות שניתן למנוע על ידי תקינה:

דוגמא בנושא **תכנון מסכי מחשב**: בהתלבטות בין העמסת מסך במידע, לבין חלוקת המידע בין מספר מסכים, הנטייה בקרב אנשי פיתוח היא לצמצם את מספר המסכים. לעומתם, אנשי השיווק נוהגים להנחות את אנשי הפיתוח לצמצם את כמות המידע על גבי המסך. התקינה בנושא זה תנחה את המפתחים לגבי התאמת סוג הפתרון למצבי התפעול.

דוגמא בנושא **תכנון פקדים**: טעות נפוצה אצל אנשי פיתוח היא להעמיס פונקציות דומות על פקד, כאשר בחירת הפונקציה נעשית על ידי תלות במצב המערכת. במקרים בהם המפעיל טועה בזיהוי מצב המערכת, הוא מפעיל בשוגג את פונקציה שאינה תואמת את כוונתו. טעויות מצב הן גורם עיקרי לסיבוכיות בהפעלה של ציוד בשימוש יומיומי, (כדוגמת מערכות טלביזיה בכבלים), וכן לתאונות רבות להפעלת מערכות בקרה בתעשייה, בתחנות כוח, בתחבורה – כולל במצבי חירום. התקינה בנושא זה תנחה את המפתחים כיצד למנוע מהמפעיל טעויות מצב, כיצד לאתר אותן וכיצד להגיב להן (הראל, 2007a).

דוגמא בנושא **ניהול האינטראקציה**: טעות נפוצה אצל אנשי פיתוח היא לתמוך בכל הפונקציות האפשריות, בכל מצבי התפעול, כאשר האחריות לבחירת מצב התפעול מוטלת על המשתמש. התקינה בנושא זה תנחה את המפתחים להגדיר את האינטראקציה על פי תרחישים, ובכך למנוע בעיות התמצאות ושליטה, כגון בהפעלת ציוד ביתי (לדוגמא – תנור המיקרוגל) וכן זו המוכרת לנו בכתיבת טקסטים בעברית בישומי חלונות.

דוגמא מתחום **התרעות הקוליות במצבי חירום**: מפעילי אזעקות נוטים להפעיל אותן בכל מקרה של ספק, וגורמים לציבור לאבד את האימון במערכת, בגלל ריבוי התרעות שווא. מפתחי מערכות התרעה נוטים להיענות לאופן תפעול שגוי זה (הראל, 2007b). תקינה בנושא זה תנחה את המפתחים כיצד לספק לציבור מגוון של אינדיקציות לגבי סוג ותוקף האיום, כולל זמנים קריטיים, באופן שיעורר את אימון הציבור בהתרעות (Harel, 2006).

דוגמא מתחום **הבטיחות באימונים**: הוראות הבטיחות נבנות על פי לקחים מתאונות, בשכבות עבות, שמונעות למעשה לעמוד ביעדי האימון. בשטח, המפקדים נאלצים למצוא קיצורי דרך, על מנת לעמוד במשימות. תקינה בתחום זה תנחה את המפקדים כיצד להבטיח איתור טעויות מצב מבעוד מועד (הראל, 2007c).

דוגמא מתחום **הבטיחות בשימוש במים חמים**: הברזים המקובלים בשוק מאפשרים למשתמש לפתוח ברז מים לוהטים מבלי משים, ולגרום בטעות לכוויות. תקינה בנושא זה תנחה את המשווקים להעדיף ברזים בעלי מנגנוני וויסות טמפרטורה הכוללים התקנת חסם על הטמפרטורה המרבית.

דוגמא מתחום **מנעולי דלת כניסה למכונית, לבית ולמשרד**: המנעולים הדומיננטיים בשוק מאפשרים למשתמש בהם לנעול את דלת הכניסה מבחוץ בטריקה, כאשר המפתח נמצא בתוך המכונית, הבית או המשרד. תקינה בנושא זה תנחה את המשווקים להעדיף מנעולים שמאפשרים טריקת דלת מתוך המכונית, הבית או המשרד, אך לא מבחוץ.

3. פולחן הטכנולוגיה

מה אנחנו מצפים מהטכנולוגיה, ומה אנחנו מקבלים? לעתים קרובות, אנחנו נמצאים במצב בו אנחנו לא מצליחים להשתמש במוצר מסוים, או מצליחים בו חלקית – לא יודעים איך לנצל את מלוא היכולת שבו. לפעמים, אנחנו פשוט תקועים, אובדי עצות. בגלל תקלה ברכב, בפני שלא הבנו איך להגיב נכון במקרה של תקלה, או מפני שמערכת הוידאו הביתית נמצאת במין מצב כזה, שכל מה שאנחנו מנסים, שום דבר לא הולך, ורואים רק שלג. סוג של מעשה שטן. אנחנו מרגישים מטופשים וחסרי אונים. ביחוד כשהיצרן מציין בחוברת ההפעלה שהציוד הוא חכם. האם זה הכרח המציאות? האם אנחנו יכולים או רשאים לצפות ליותר ממה שאנחנו מקבלים? שהציוד לא יהיה כל כך חכם? שיהיה קצת יותר טיפש, שנוכל להבין אותו?

יש אנשים שסוגדים למוצרים טכנולוגיים – מכוניות יוקרה, מצלמות וידאו, טלפונים סלולריים, מערכות וידאו וסטריאו ביתיות – מקדישים להם יותר מאשר לבני משפחתם. ויש אנשים שמנצלים אותה, את הטכנולוגיה, בלי שום סנטימנטים, כאמצעי גרידא להשגת מטרות שונות, כגון הגעה למקום מסוים, יצירת קשר עם אנשים אחרים, הפקת מזכרות, הנאה ממוסיקה, ועוד. אבל כולנו, בלי יוצא מהכלל, סובלים ממנה מדי פעם. לעתים די קרובות, כשהמוצר הטכנולוגי לא ממלא אחר צפיותינו, כשאינו משתף פעולה, כשהוא מעניש אותנו על כך שאנחנו פועלים שלא על פי הוראות היצרן: לפעמים בקנס כספי – תשלום לטכנאי על מנת שיחזיר מצב לקדמותו, לפעמים אנחנו רק מבזבזים את זמננו בנסיונות של "איך לעזאזל מזיזים בטלפון הזה את השעה לשעון קיץ?", ותמיד משלמים בעצבים שלנו. בבושה שאנחנו כל כך מטומטמים, שהצלחנו לקלקל את המכשיר המעולה הזה, או בתסכול שבזבזנו עליו כל כך הרבה זמן, והבן הקטן סידר את זה בתוך שניה, ועכשיו זה סוף-סוף עובד כמו שצריך ... עד הפעם הבאה.

4. תקלות מדומות

תקלה מדומה זוהי תופעה של מצב מערכת כתוצאה מטעות של המפעיל, אותו המפעיל תופס לעתים בטעות כתקלה של המערכת.

לדוגמא, כאשר הטלביזיה פועלת כמקלט, כלומר ללא חיבור למערכת הכבלים או ללוויין, הופעת השלג מוכרת כמצב של אין קליטה, או של יציאה מכיול הערוצים. כאשר הטלביזיה מחוברת לכבלים או ללוויין, ערוץ הקליטה של הטלביזיה הוא הכבל ממערכת הכבלים או הלוויין, והופעת השלג יכולה לנבוע גם מחיבור

לקוי של כבל זה. שלג שמקורו בחיבור לקוי או ביציאה מכיול, הינו תופעה של תקלה רגילה. דוגמא לתקלה מדומה זוהי הופעה של שלג שמקורה בטעות בהפעלת השלט-רחוק, כאשר המשתמש מכבה בטעות את הממיר הדיגיטלי.

במערכת שרת-לקוח, ההתייחסות אל תקלות מדומות שונה אצל השרת ואצל הלקוח. לדוגמא, אם מאורע מסויים צריך לקרות כשהשרת במצב מסוים, אבל בפועל, הוא קורה כשהשרת במצב אחר, אז מנקודת מבטו של השרת, המאורע הוא בלתי צפוי, אבל מנקודת המבט של הלקוח, מצב השרת הוא בלתי צפוי.

5. טעויות מפעיל

מהן טעויות מפעיל? מי אשם בהן? מי אחראי למנוע אותן?

המונח 'טעויות מפעיל' הוא רב משמעי, והוא מטעה. בדרך כלל, הוא מתייחס למצב שהוא בלתי צפוי מבחינת המפעיל, שהוא תוצאה מפעילות קודמת שלו. הפעילות הקודמת יכולה להיות בכוונה או בטעות. לצורך הדוגמא, נניח שכפתור בקרת ההתרעה הקולית במוניטור בבית חולים עבר למצב השתקה. הסיבה לכך יכולה להיות בטעות, למשל, בגלל שמישהו שעבר ליד המוניטור, נגע בכפתור מבלי משים, או בגלל שילד בביקור חולים לחץ עליו מתוך סקרנות. הסיבה יכולה להיות גם במכוון, למשל, לצורך תחזוקה, או בשעת ביקור רופאים. במקרים שונים, תגובת המערכת צריכה להיות שונה. במקרה של השתקה בטעות, היינו רוצים שהערכת תתריע על כך. במקרה של השתקה במתכוון, היינו רוצים שהמערכת לא תטריד את המפעילים בהתרעות שווא. במקרה של ביקור רופאים, היינו רוצים שהמערכת תתריע כעבור זמן מוקצב מראש, שנקבע על פי הערכה של משך הביקור. המקרה של טעות מתייחס למצבים בהם המערכת אינה מגיבה בהתאם לציפיות המפעיל.

מדוגמא זו מדוגמאות רבות אחרות ברור שאותה התנהגות של המערכת יכולה להתפרש כהתנהגות תקינה או כטעות. מה שיקבע את אופן הפירוש זהו הכוונה והצפיות של המפעיל. תפעול המערכת יכול להכשל במספר אופנים, חלקם קשורים למפעיל, חלקם קשורים לאנשים אחרים. באופן כללי, המערכת אינה יכולה לקבוע באופן מוחלט שפעילות מסויימת היא בטעות. מי שיכול להחליט על כך הוא המפעיל, על פי תפקידו, כוונותיו וציפיותיו מהמערכת. ניתוח של משמעויות הפעילות החריגה של המפעיל מוצג אצל (Woods and Cook, 2003). הטעות זוהי הערכתו הסובייקטיבית של המפעיל לגבי ההתאמה של התוצאה לכוונתו, ואינה מתייחסת לסיבה (Hollnagel, 1983). בכל מקרה, האחראיות לטיפול הולם לכל המקרים היא על המפתח.

6. מהי טעות אנוש?

המונח 'טעויות אנוש' מתייחס אל פעולות של המפעיל, כאשר הפונקציה של המערכת בתגובה לפעולה שונה מהפונקציה לה המפעיל ציפה. טעויות המפעיל הן גורם עיקרי לירידת התפוקה של המערכת, ולחוסר שביעות רצון של המפעיל ואף לתאונות. מאמר זה סוקר שיטות למניעת נזקים כתוצאה מטעויות הפעלה. בעיות קריטיות בתפעול מערכות נמצאות בתחום האפור בין הנדסת מערכת לבין הגורם האנושי. תאונות רבות שקרו בעבר הן תוצאה של התנהגות מפעיל שלא נצפתה מראש על ידי מתכנני המערכת. במקרים מסוימים, ההתנהגות הבלתי צפויה גורמת לכך שהמערכת נמצאת במצב חריג, ואופן התגובה שלה לארועים נוספים עלול להיות קטלני.

בדרך כלל, אנחנו מתכוונים לכך שהמפעיל הוא זה שעושה את הטעות, אבל למעשה, לטעות יש תמיד שני שותפים: המפתח והמשתמש. תפקיד המפתח הוא לשמור על המערכת בפני טעויות אפשריות באופן השימוש, ואילו המשתמש הוא הקורבן, במקרה שהמפתח נכשל בתפקידו.

7. סמנטיקה של טעויות אנוש

סיבה עיקרית לכשל תהליך הפקת הלקחים הינה סמנטית: המונח טעות אנוש מטיל את האחריות למצב הבעייתי על המשתמש או המפעיל, בעוד שלמעשה הבעיה היא של תיאום בין המשתמש לבין המפתח, כלומר, מצבים בהם המשתמש פועל בדרך אותה המפתח לא צפה בשלב ההגדרות או הבדיקות. פתרון במישור הסמנטי הוא להגדיר את מצבי הכשל כמצבי תקלת תפעול.

במסמך עמדה לכנס של נאט"ו בענין טעויות אנוש, הציג אריק הולנאגל את בעיית הסמנטיקה של המונח. העמדה שהוא הציג, שהיא גם נקודת מוצא למאמר זה, היא שהמושג "טעות אנוש" אינו מתייחס לגורם למצב, כי אם לתוצאה (Hollnagel, 1983). למעשה, אנשים נוהגים להשתמש במושג זה בשלשה מצבים: על מנת לתאר סיבה לתקלה, על מנת לתאר את התקלה עצמה ואל מנת לתאר סטיה מתהליך שנחשב לראוי, שהסתיימה בתקלה (Woods & Cook, 2003).

נצא מנקודת הנחה שמפתחי מערכות עושים כמיטב יכולתם על מנת למנוע את טעויות המפעיל. למרות זאת, המפעיל "מצליח" להפגיע אותנו, כאשר הוא פועל שלא על פי הציפיות שלנו. לעתים, מקור ההפתעה הוא בטעות, ולעתים, ההפתעה היא כשהמפעיל משוכנע שהמערכת פועלת באופן מסוים, או במצב מסוים, אבל המערכת אינה תומכת באופן פעולה זה, או במצב פעולה זה. במקרים אילו, אין לייחס את הבעיה למפעיל, אלא למפתח. הבעיה היא של חוסר תיאום ציפיות בין המפעיל לבין המפתח. האתגר של מפתח המערכת הוא לצפות מראש את כל הטעויות האפשריות של המפעיל, ולמצוא להן מענה. אם המפתח נכשל בכך, זה בגלל שהוא טעה בחיזוי אופן התנהגות המפעיל, ולכן מדובר ב"טעות מפתח". הסמנטיקה של "טעות מפעיל" מטילה את האחריות למצב של חוסר תיאום על המפעיל, ומשחררת למעשה את המפתח מאחריות למניעת ההפתעות.

על מנת להבטיח התייחסות נאותה של המפתחים למצבים של חוסר תיאום, במקום להשתמש במונחים של "טעות", עלינו להשתמש במונחים של "הפתעה" או "פעולה חריגה", או "פעולה בלתי צפויה של המפעיל".

8. אחריות המפתחים

מפתחי מערכות רואים זאת כחלק בלתי נפרד מתפקידם לבחון את נושא האמינות של רכיבים אלקטרוניים, ולנקוט בצעדים להבטיח את אמינות המערכת גם במקרים של תקלות ברכיבים. לא כך הדבר כשמדובר באמינות המפעיל. מפתחי מערכות אינם מוכנים לקחת אחריות על טעויות של המפעיל, ולעתים מנצלים את טעויות המפעיל להצדקת מחדלים בתכנון. לדוגמא, התרעות על חוסר מנוע המכונית מבוססת על מדידת טמפרטורת מי הצינור. בדרך כלל החיווי הוא על ידי שעון, כאשר הנהג נדרש להסתכל על לוח השעונים. נהג שמתרשל בכך עלול לשאת בתוצאות של התחממות יתר של המנוע. יתרה מזאת, במקרה של דליפת מים כתוצאה מבלאי של מערכת הצינור, המערכת מפסיקה להתריע. שיטה זו של חיווי על טמפרטורה, שתוכננה לספק התרעה רק במצבים כשהכל פועל כשורה, הינה מחדל של תעשיית המכוניות,

שהצרכנים אינם מודעים אליו, מכיוון שבמקרה של תקלה, הם מואשמים בהתרשלות בכך שלא טיפלו במערכת הצינון כראוי, בכך שלא בדקו את המים ובכך שלא הסתכלו כל הזמן על לוח השעונים.

9. שיטת ההכחשה

באופן טיפוסי, מפתחי מערכות נוטים להכחיש את עצם קיום הבעיה. ההליך המקובל של הכחשת בעיה הוא על ידי בחינה עצמית: אם אני מסתדר עם הפעלת המערכת, אין שום סיבה מדוע אחרים לא יוכלו להסתדר עם זה. דוגמאות של הכחשה ניתן לראות במספר תגובות למאמר על הבעייתיות של השלט-רחוק של הממיר הדיגיטלי. המאמר הסביר שכפל המשמעות של פקדי השלט שנגרמה כתוצאה מהוספת פונקציות שליטה בטלביזיה לשלט-רחוק של הממיר הדיגיטלי מאפשרת מצבים של טעות משתמש, ושהמשתמש אינו מודע לטעויות שלו, ולכן עדיף היה לו השלט לא היה תומך בפונקציות של הטלביזיה. להלן מבחר תגובות:

אפשר להמשיך להשתמש בשלט הרגיל... לא צריך להסיר אופציה שיש מי שמשתמש בה. (שחר)
לא מסכים בכלל. לא צריך להיות גאון כדי להפעיל את השלט ששולט גם על הטלויזיה וגם על הממיר זה פשוט עושה את החיים יותר נוחים ולא צריך כל הזמן לחפש את השלט של הטלויזיה כדי להדליק אותה ווליום זה הרבה יותר נוח ופשוט. (איש)

להפסיק את השליטה בטלביזיה משלט הכבלים? תגידו, הם שפויים? זה יהיה פשוט אסון. אחרי כל כך הרבה שנים, מישהו באמת חושב שאני או רבים שכמותי זוכרים בכלל איפה השלט של הטלויזיה? שטויות. משעמם לאנשים לעשות מחקרים על שטויות. בסה"כ יש ללחוץ על כפתור למעבר בין טלויזיה לממיר מה מסובך? (ארז, מרכז).

לא יודע על מה הם מדברים.... אני חושב שהשלט בנוי בצורה מעולה שמספקת את כל הצרכים שלי כשאני רואה טלויזיה... כל מה שצריך זה 20 דקות כדי ללמוד להשתלט על ההפעלה שלו זה הכל (ריקרדו)
מה יהיה!?! אנחנו נהפכים לחברה של תוכים, הכל עושים בשבילנו! אנחנו מנוונים את המוח! זה שטויות! ההפעלה היא מאד פשוטה והגיונית! (מוישה).

נשמע כמו כנס פלצני של כאלה שמנסים להצדיק או להמציא את המקצוע המצוץ מהאצבע שלהם. הקושי היחיד הוא בדימונם של "מהנדסי מערכות" = מקצוע דימוני שהומצא ע"י מספר מהנדסים כדי להגדיל את משכורתם בלבד (מגטרון).

דיי כבר יא זקן! לא בעיה להשתלט על ההפעלה הדו שלבית ... קצת תרגול לא יזיק. לא חושב שצריך לבטל את האופציה של השלט להשתלט על הטלויזיה כי גם ככה אתה יכול להשתמש ב2 שלטים. איזה פרימטיב מי שכתב את הכתבה הזאת. ממש מעצבן. הכל עניין של הרגל וקצת רצון. (אריאל)

10. האשמת המפעיל

מפתחים ברמה קצת יותר גבוהה של מודעות לזולת מכירים בכך שאחרים עלולים להתקשות בהפעלת המערכת, אבל מטילים את האחריות למצב זה על המפעילים. דרך זו נוחה למפתחים, מכיוון שהיא משחררת אותם מאחריות למחדלי תיכון.

בקרב מפתחים ומנהלים רווחת הדעה שגורמי האיכות בשימושיות הינם תלויי אינטואיציה - עניין של טעם וריח. במקרים של כשלון, הנטייה היא להטיל את האחריות על המשתמש. הדרך להאשמת המפעיל, קורבן טעות התיכון, באחריות לקשיי התפעול, היא קלה:

א. המפעיל אינו בקיא בפרטים של דרך פעולת המערכת במצבי חריגים, ואינו מסוגל להצביע על מקור הבעיה בליקויי התיכון

ב. המפעילים נוטים לקבל על עצמם את האחריות לכך שהמערכת הגיעה למצב החריג, ולשחרר בכך את המפתחים מאחריותם

ג. בשחזור גורמי התקלה, הבודקים מתקשים להצביע על המצב החריג ולשחזר את האירוע שגרם לו. מבחינה זו הצרכן משתף פעולה עם היצרן, בניגוד לאינטרס שלו. בניגוד למצבים של תקלת חומרה, בדרך כלל המפעילים נוטים לקחת אחריות לפעולות שהם ביצעו. בדרך כלל, המפעילים אינם מודעים לכך שמצב הטעות הוא תוצאה של טעות תיכון, ומייחסים את המצב לפעולה השגויה שלהם. בדרך כלל הם אינם מודעים לזכותם לקבל מערכת שהיא חסינה בפני טעויות, בדומה לזכותם לקבל מערכת ללא תקלות חומרה. לדוגמא, במקרה של תקלה בשלט רחוק של הטלביזיה בכבלים, המשתמש הטיפוסי יודע להתלונן ולבקש להחליף את השלט. לעומת זאת, אם בתפעול השלט רחוק, המשתמש טועה בהעברת המוד לפני פעולת ההדלקה, הכיבוי או החלפת הערוץ, וכתוצאה מכך המערכת אינה מתפקדת, המשתמש הטיפוסי מסתפק בכך שמישהו יחזיר עבורו את המצב לקדמותו, ואינו דורש את החלפת השלט לדגם שהוא גם יהיה חסין בפני טעויות מוד.

דוגמא אחרת היא מתחום הרכב. בעלי רכב בדרך כלל מודעים לזכותם לאמינות של כלי הרכב לאורך זמן. לעומת זאת, אם הם טועים בהבנת המשמעות של נוריות ההתרעה בלוח השעונים, וכתוצאה נגרם נזק לרכב, הם נוטים לקחת אחריות על הנזק, גם במצבים שהנזק נגרם בגלל הטעיה של נוריות החיווי. כך, למשל, במקרה של דליפת מי קירור, החיווי של חום מנוע אינו אמין, מכיוון שהוא מבוסס על מדידת הטמפרטורה של מי הקירור. במקרה של נזק למנוע כתוצאה מנסיעה במצב זה, היצרן אינו מקבל עליו את האחריות, למרות שהחיווי לגבי חום מנוע היה תקין.

דוגמאות של הטלת האחריות על המשתמש ניתן לראות במספר תגובות למאמר השלט-רחוק:

רק אנשים שלא רוצים ללמוד לא מצליחים להפעיל את השלטים האלו. (איש)

הבעיה היא פשוט בהדרכה. אם המתקינים היו מסבירים כמו שצריך את השימוש, אם החברות היו דואגות להסביר בצורה פשוטה ונגישה איך להשתמש כל המחקר הזה לא היה קיים.

זה פשוט אנשים עם חוש טכני גרוע .. זה לא משהו איזה שלט תביא להם הם לא יסתדרו יותר מהפעולות הבסיסיות.. תגייד לאדם כזה לחבר תטלויזיה לממיר.. למרות שזה סה"כ וידי וידי אוידי לאודיו ואפילו יש צבעים שלא תתבלבל חס ושלום אנשים לא מסתדרים עם זה ..זה לא קשור לשלט .. (אביחי)

משתמשים יקרים. האין זה נוח לקחת ולהשמיץ עניין זה או אחר הרי שתי החברות לא מחייבות אותכם להשתמש בשלט באוניברסלי. אז כל האנשים עם קשיי תפיסה תחזרו לעבוד עם 2 השלטים ולמבינים תשתמשו באוניברסלי. לא מספיק הרי השלט החדש של הוט הוא פשוט מציאה הוא יכול לשלוט גם בטלוויזיה וגם בדיוידי או ווידאו .

המשתמשים שמתקשים אינם טפשים: הם פשוט נשים. אשתי למשל, בוגרת תואר במחשבים, ראש צוות פיתוח, חכמה בהחלט ובעלת רקע טכני גבוה מהממוצע, לא מסוגלת עד היום לשים סרט בדיוידי בלי עזרה (לאיזה

מצב לכוון את המערכת? באיזה ערוץ לשים את הטלוויזיה? אוף, למה אני לא רואה כלום? אולי תבוא רגע?)

לכל ה"יורדים" על נשים. אצלי זה ממש הפוך. אנו זו ששולטת בכל המכשירים ומפעילה אותם. גם עם השלט אין לי בעייה. לעומת זאת בעלי - איש מחשבים לא מסתדר עם השלט. לא מצליח להקליט סרט בוידאו וב-DVD וכד.... אז כנראה זה עניין של אנשים שונים לא קשור לזכר או נקבה. אני מכירה עוד הרבה נשים ששולטות הייטב בכל המכשירים.

באופן תגובה זה, המפתחים מתעלמים מקבוצה חשובה של משתמשים, אנשי עסקים, אנשי אקדמיה, מנהלים ומפקדים בכירים, שאין להם עודפי זמן, לבזבזו על לימוד דרך החשיבה של מפתחי המערכת.

11. טעויות קטלניות

הרוח טורקת את הדלת של מכון לבדיקת מי הירדן. לדלת ידית נשלפת, והידית בחוץ. בתוך המכון, עובד המכון שהגיע על מנת לבדוק את המים. המכון נמצא במקום מבודד ולכלוא בפנים אין קשר עם הסביבה. במכון סבורים שהוא נמצא בחופשה. בנס, הוא חולץ כשעודו בחיים (קישור לרפרנס ברשת). שנת 1979, תקלה בכור גרעיני. האינדיקציות למקור התקלה בלתי ברורות ובלתי מובנות לצוות התפעול. בנס נמנע אסון סביבתי (Walker, 2004).

שנת 1967, מיכלית נפט בדרך לנמל בדרום ווילס. מישהו בצוות המיכלית הזיז את בקרת ההיגוי בטעות למצב 'נייטרל'. המיכלית מתקרבת לשרטון. הקברניט לא שולט בהיגוי. המיכלית מתרסקת. האסון האקולוגי הגדול ביותר של המאה שעברה (http://en.wikipedia.org/wiki/Torrey_Canyon). שנת 2001, טעות במינון תרופה במיון ילדים. הילדה, בת שלש, במצב קריטי. ההתרעה הקולית נותקה, כי בעבר כבר היו התרעות שווא רבות. הפעוטה לא טופלה בזמן ויצאה מבית החולים במצב של שיתוק כללי (קישור למאמר ברשת).

שנת 1988, טעויות תכנות בבקרת הטיסה של מטוס נוסעים איירבאס 320. במפגן אווירי, בטיסה 296 של חברת אייר פראנס. המטוס אינו מגיב לפקודת נסיקה. המטוס מתרסק (קישור למאמר ב-Wiki). השנים 1985-87, המפעילה של מערכת רדיותרפיה פועלת מהר מדי, המערכת מקרינה בעוצמות גבוהות בסדרי גודל מהמתוכנן. ששה נפגעים. (<http://en.wikipedia.org/wiki/Therac-25>) שנת 1990, תרגיל סיוע לגייסות בצאלים. קצין הקישור הארטילרי טועה במילת הקוד של בקרת האש. קציני בקרת התרגיל עסוקים במשימות אחרות. מפקד סוללת התותחנים אינו יודע את מיקום הגייסות. חמישה הרוגים ועשרה פצועים (קישור למאמר ב-Wiki).

האם ניתן היה למנוע את הטעויות הללו? על מי הוטלה האחריות? מהם הלקחים שהופקו? האם הטעות הבאה נמנעה? תשובה לשאלות הללו עבור חלק מהדוגמאות לעיל, ודוגמאות אחרות, ניתן למצוא אצל Casey (1998).

בשנים האחרונות, פותחו טכניקות מתוחכמות לאינטראקציה בתחום השליטה והבקרה. טכניקות אלה נדרשו על מנת להגדיל את רוחב הסרט בין המפעיל למערכת, ובכך לעזור בהפעלת מערכות מורכבות. מעט מדי נעשה לשפר את האמינות והחסינות שלהן בפני טעויות אנוש. קיים קושי להעריך את הסיכונים שהטכנולוגיות החדשות יוצרות בתחום הבטיחות. כתוצאה מקושי זה, נושאי אינטראקציה נעדרים כמעט לחלוטין מתקני פיתוח בינלאומיים, כגון IEC 615098 או DO 178B (Palanque et al., 2004). על מודלים של התרחשות תאונות ניתן לקרוא אצל Reason (1990).

12. התמודדות עם טעויות מפעיל

במהלך התפעול, המפעיל עסוק גם בנושאים אחרים הקשורים לתפקידו, ולכן אינו תמיד ממוקד בכל פרטי מצב המערכת והתפעול. לפיכך, הנחת העבודה בתכנון ממשק הפעלה צריכה להיות שהמפעיל יעשה כל טעות אפשרית.

ניתן להתמודד עם טעויות מפעיל בשתי דרכים: על ידי מניעה, ועל ידי תיכון להתמודדות עם מצבים חריגים הנובעים מהטעויות. הטיפול בטעויות ובפעולות חריגות הוא מסובך, מחייב השקעת תשומת לב בפרטים רבים, ומאפשר הסלמה, תקלות וטעויות נוספות. לפיכך, הדרך המועדפת להגנה בפני טעויות היא על ידי מניעתן.

- **מניעת טעויות תפעול:** דרכים להמנעות מטעויות מפעיל הן על ידי מניעת טעויות ועל ידי צמצום הסיכוי לטעות.
- **ניהול האינטראקציה במצבי טעות:** במקרים מסויימים, כאשר הסיכון של פעולה אוטומטית בלתי הולמת הינו גבוה, אין לנו ברירה אלא לאפשר למפעיל לחרוג מהפעילות השגרתית, ולטעות. זאת, כשמדובר בפעולות חיוניות של המפעיל, כגון, לצורך פתרון בעיות, כאשר חייבים לאפשר לו שליטה במערכת. מפתחי המערכת נדרשים לפרוש רשת בטחון למקרים של פעילות מפעיל שהיא בלתי צפויה.

13. אחריות המפעיל במצבי תאונה

במקרים של טעות שמסתיימת בתאונה, אין אפשרות להתכחש לקיום הבעיה התפעולית, והפיתרון אז הוא להטיל את האחריות לתקלה על המפעיל. כך, לדוגמא, בסקר של גורמי תאונות אויריות עורכי הסקר ייחסו ש-60-80 אחוז מהתאונות לטעויות מפעיל (Perrow, 1984). בספרו "מים נושקים למים" מספר סמי מיכאל על התחכמות יתר של מהנדס בנין, שתכנן והקים מבנה מרשים בעוצמתו, שהיה מיזוג של מבצר, שנועד לעמוד בפגזות הסורים, ותחנה הידרומטרית, הרושמת יומם וליל את תנודות המים בירדן. גיבור הסיפור, יוסף, הועסק בתפקיד מודד מים. בטקס החניכה של המבנה, הוא נחרד להווכח שדלת הכניסה כוללת ידית פתיחה חיצונית, אבל אין לה מנגנון פתיחה מבפנים. הוא חשש מהאפשרות שהרוח העזה של עמק החולה תטרוק את הדלת אחרי, והוא ישאר נעול בפנים. כשהוא העיר למהנדס על כך הסיכון, המהנדס נקט בלשון עממית: "רק טמבל ייתן לדלת משוריית כזו לקבור אותו מבפנים." (קישור לפרנס ברשת).

במקרים בהם חוקרי התאונה מתקשים לפענח את מנגנון הכשל, הדרך המקובלת לחפות על האין-אונות שלהם או על חלקם ביצירת מצב שאיפשר את התאונה, היא על ידי הענשת הקורבן, דהיינו, המפעיל שנפל בפח שהטמינו לו, בחוסר תשומת לב, המפתחים. כך, למשל, קברניט המיכלית שגרמה לאסון האקולוגי בשנת 1967 פוטר מעבודתו, והושעה מכל פעילות ימית

(http://en.wikipedia.org/wiki/Torrey_Canyon). להצדקת האשמת הקורבן, בדרך כלל נוהגים לחקור את האירוע באופן יסודי ולמצוא מספר נקודות בהן הקורבן לכאורה התנהג שלא כראוי. כך, למשל, קברניט מטוס האיירבאס 320 בטיסה 296 של אייר-פרנס, הואשם בשורה של נושאים שאינם קשורים כלל לסיבת התאונה, כגון, חוסר מוכנות לתמרון, חוסר תיאום בין אנשי הצוות, תמרון שלא על פי התכנון, רצף אירועים מהיר מדי, זחירות דעת, יהירות, אווירת החג במפגן האוירי והשפעת הדיילות שביקרו בתא

הטייס. טייס אחר שהיה עד לתאונה והעיד מטעם ההגנה, הושעה מעבודתו ללא פיצויים, בטענה של אי-שפיות. כל זאת, על מנת לאפשר את הרשעת הקברניט באשמת הריגה, ולדון אותו למאסר (http://en.wikipedia.org/wiki/Air_France_Flight_296). כך גם, בין השאר, קציני צה"ל שהיו מעורבים בתאונת האימונים בצאלים, הורשעו בדין והוכנסו לכלא, באמתלות שאינן קשורות לפליטת הפה של קצין הקישור (קישור למאמר ב-Wiki).

14. אבטחת שימושיות ואבטחת איכות

המסמך ISO 9241-11 (1998) Guidance on Usability מגדיר שימושיות של מוצר (או מערכת) כיכולת של משתמשים מוגדרים להשיג יעדים מוגדרים באפקטיביות, יעילות, ובשביעות רצון, בהקשר שימוש מוגדר. המושגים הללו מגדירים למעשה את התועלת שמתקבלת מהשימוש במערכת, ולכן מבחינת ההגדרה, שני המושגים קרובים ביותר זה לזה. בפרקטיקה, לעומת זאת, מדובר בשני עולמות שונים, כאשר באופן מסורתי תהליכי אבטחת איכות המקובלים בתעשייה מתעלמים מפגמים קריטיים בתיכון הקשורים בטעויות תפעול. בתהליכי אבטחת שימושיות המסורתיים, לעומת זאת, הנטייה היא להתמקד באבטחת איכות התפעול בשלבים הראשונים של תפעול המערכת: בשלב ההתנסות הראשונית ובשלב הלמידה. הנושא החשוב של התמודדות עם בעיות תפעול בתהליכים שגרתיים נופל בין הכיסאות. מדובר בשני סוגים של בעיות: מצבים של טעות תפעול, וקשיים של המפעילים להתמודד עם תקלות מערכת. הנחת העבודה בתכנון ממשק הפעלה צריכה להיות שהמפעיל יעשה כל טעות אפשרית. הטיפול בטעויות ובפעולות חריגות הוא מסובך, מחייב השקעת תשומת לב בפרטים רבים, ומאפשר הסלמה, תקלות וטעויות נוספות. לפיכך, הדרך המועדפת להגנה בפני טעויות היא על ידי מניעתן. דרכים להמנעות מטעויות מפעיל הן על ידי מניעת טעויות ועל ידי צמצום הסיכוי לטעות. במקרים מסויימים, כאשר הסיכון של פעולה אוטומטית בלתי הולמת הינו גבוה, אין לנו ברירה אלא לאפשר למפעיל לחרוג מהפעילות השגרתית, ולטעות. זאת, כשמדובר בפעולות חיוניות של המפעיל, כגון, לצורך פתרון בעיות, כאשר חייבים לאפשר לו שליטה במערכת. מפתחי המערכת נדרשים לפרוש רשת בטחון למקרים של פעילות מפעיל שהיא בלתי צפויה. לדרך זו יש יתרונות מסויימים:

- א. היא משחררת את הממונים על הבטיחות מאחריות למחדל
- ב. במקרה של תאונה קטלנית, האשמת המפעילים מסייעת לשיכוך כאבי הקורבנות, ולשיכוך פחדי הציבור מפני תאונות דומות
- ג. הענשת המפעילים מסייעת להם להתמודד עם רגשות האשם. הדרך להאשמת המפעיל, קורבן טעות התיכון, באחריות לתאונה, היא קלה:
- א. המפעיל אינו בקיא בפרטים של דרך פעולת המערכת במצבי חריגים, ואינו מסוגל להצביע על מקור הבעיה בליקוי התיכון
- ב. המפעילים נוטים לקבל על עצמם את האחריות לטעות המצב, ולשחרר בכך את המפתחים מאחריותם
- ג. במקרה של טעות קטלנית, החוקרים מתקשים להצביע על המצב החריג ולשחזר את האירוע הקטלני

15. מניעת תאונות חוזרות

במקרה של אסון שנגרם באירוע בו המפעיל לא הבין את כוונת המתכנן, הנוהג הרווח הוא להטיל את האחריות על המפעיל, במקום על המתכנן. לדוגמא, במפגן האווירי בשנת 1988 באלזס, צרפת, מטוס 320A התרסק מכיוון שהטייס לא היה מודע לשינוי באופן התנהגות של הדגם החדש של המטוס. הטייס הואשם והורשע, ובכך נמנעה האפשרות לחקור כראוי את גורמי הכשל, ליישם את הלקחים הדרושים, לתקן את הליקוי ולמנוע את האסון הבא. כתוצאה מכך, אחרי 19 חודשים, מטוס נוסף התרסק בבנגלור בהודו בנסיבות דומות. הבעיה בהענשת המפעיל היא בכך שהיא מונעת פתרון בעיית התיכון, מכיוון שהיא מסיחה את הדעת מהגורמים המבניים לתאונה. במקום לחקור את התאונה, לנתח ולהבין את הסיבות לה, משליכים כמה אנשים לכלא. בגישה זו, החוקרים של תאונות קטלניות נכשלים בכך שאינם פועלים למנוע בעיות דומות בעתיד (Norman, 1990). התוצאה היא שהתאונה חוזרת על עצמה. כך, 19 חודשים לאחר התאונה של מטוס האיירבאס 320 במפגן האווירי, התרסק מטוס נוסעים מדגם זה בבאנגלור שבהודו ו-94 אנשים מצאו את מותם, בגלל אותה תקלה (http://en.wikipedia.org/wiki/Flight_605). חקירה רצינית של הגורמים לתאונה הראשונה החלה רק אחרי התאונה השנייה. כך גם, שנתיים לאחר תאונת צאלים א', קרתה תאונת צאלים ב', בגלל כשל חוזר של מניעת ירי על כוחותינו (קישור למאמר ב-Wiki). האשמת הקורבנות באחריות לתאונת האימונים צאלים א', איפשרה למערכת הבטחון להתרשל בחקירת גורמי הכשל, בהסקת מסקנות ראויות לגבי האפשרות לאתר מצבים כאלו בעוד מועד, ובהפקת הלקחים הדרושים. נהלי הבטיחות של הסיוע הארטילרי, שלא מנעו את תאונת צאלים א' נבחנו מחדש רק לאחר תאונת צאלים ב'. הפקת הלקחים של התאונה הראשונה במלואם ובזמן היתה עשויה למנוע את התאונה השנייה.

על מנת לאפשר חקירה יסודית של גורמי הכשל, יש להימנע מהטלת האשמה על המפעיל, ולחקור את הגורמים המערכתיים אשר אפשרו את הכשל. כך, למשל, וועדת חקירה שנייה שחקרה את תאונת המטוס הניו-זילאנדי בקוטב הדרומי הפכה את מסקנות וועדת החקירה הראשונה, זיכתה את צוות המטוס מאשמה, וסללה בכך את הדרך לחקירה יסודית של גורמי הכשל
[http://en.wikipedia.org/wiki/Air New Zealand Flight 901](http://en.wikipedia.org/wiki/Air_New_Zealand_Flight_901)

16. מטרות התקינה לשימושיות

המטרות של תקינה להתמודדות עם טעויות אנוש הן:

- א. **הנחית המפתחים** כיצד להימנע מטעויות תיכון נפוצות, כאלה הגורמות לאובדן תפוקה, לירידה בבטיחות, לנזקים בגין תפעול שגוי ולחוסר שביעות כללית מהמוצרים,
- ב. **הגדרת אחריות היצרן** למצבים של טעויות משתמש, התקינה להגדרת אחריות היצרן בנושא זה תגדיר את אחריות היצרן לחסינות המערכת בפני טעויות תפעול, כולל פעולה במוד שגוי, ולנזקים שנגרמים בגין מידע בלתי מדויק או בלתי מספק.
- ג. **תחקור תאונות** שמקורן בתקלות תפעול שמיוחסות לטעויות מפעיל. התקינה לתחקור תאונות תחייב מינוי חוקרים מארגונים שאינם מעורבים בתאונה, תעודד את המפעיל לשתף פעולה בשיחזור נסיבות התאונה ותחייב את החוקרים לחקור את הנסיבות התפעוליות והארגוניות שאיפשרו את התאונה.

ד. **תחקור מצבים של כמעט-תאונה.** כנגד כל תאונה ניתן לזהות עשרות עד מאות מצבים של כמעט-תאונה, מהם ניתן היה ללמוד לגבי הנסיבות שגרמו לתאונה. התקינה לתחקור מצבים של כמעט-תאונה תחייב למנות צוותי בטיחות קבועים שתפקידם לתחקר, להמליץ על ישום ולוודא ישום ההמלצות, עבור כל מקרה של כמעט-תאונה.

17. עקרונות התקינה לשימושיות

- **עקרון האטרקטיביות למפתח:** הגישה היא שהדרך של שכנוע המפתחים בכדאיות ההשקעה בישום תקנים עדיפה על פני הדרך של כפייה. עקרון האטרקטיביות פירושו:
 - א. **הוכחת התועלת:** התועלת שבישום התקנים צריכה להיות מפורשת וברורה.
 - ב. **שימושיות התקנים:** התקנים צריכים להיות קלים ללימוד ולישום.
- **עקרון הרצף לאבטחת רלבנטיות לאורך זמן:** חוסר הרלבנטיות של התקנים הבנילאומיים נובע במידה רבה מתלותם בטכנולוגיה. עקרון הרצף מיועד להבטיח שהתקנים יהיו רלבנטיים לאורך זמן. זאת, על ידי ניסוח התקנים בדרך של עקרונות כלליים, במונחים שאינם תלויים בטכנולוגיה.

18. הוכחת התועלת למפתח

- **אמות מידה להוכחת התועלת למפתח, לתעשייה ולציבור:** דרך אפשרית להוכיח את התועלת שבתקן היא בעזרת קריטריונים כגון ערכה של מקרים לדוגמא (benchmark) או תרחישים, כאשר את תרומת התקן המוצע משווים לעומת החלופות על פי המקרים שבדוגמאות. דוגמאות של קריטריונים כאלו (ישימות לתקנים עבור מוצרים או מערכות) הן קלות ההתמצאות במערכת ורגישות לטעויות משתמש, בתרחישים של התקנה, איתחול, תפעול שוטף ופתרון בעיות.
- **הגדרת תוקף התקן ומגבלותיו:** על מנת לשכנע את המפתחים שהתקנים הינם רלבנטיים למערכת שבאחריותם, צריך להגדיר ולציין בפירוט את תוקפם ואת מגבלותיהם של התקנים.
- **הנחיה לתכנון ממוקד משתמש:** מפתחי מערכות מתקשים להתאים את אפיון המערכת לצרכי המשתמש. הטעות האופיינית בקרב מפתחים היא להניח שהמשתמשים יפעילו את המוצר באופן דומה לאופן בו הם מפעילים אותו במהלך הפיתוח. התקנים צריכים לכלול הנחיות לגבי התאמת ממשק ההפעלה לתרחישי ההפעלה של המשתמש. לדוגמא, למפתחי תוכנה, שמפעילים אותה באופן אינטנסיבי, נוח להשתמש במקשי קיצור במהלך הבדיקות. אצל המשתמש, הפעלה בטעות של מקשי הקיצור גורמת לעתים להתנהגות מביכה של התוכנה. התקנים צריכים להנחות את המפתחים לגבי התאמת מקשי הקיצור לצרכי המשתמש.
- **התאמה לעולם המושגים של המפתח:** על מנת להבטיח את אטרקטיביות התקן למפתח, צריך לאפשר למפתח להפעיל את המוצר במהלך הפיתוח בדרך הפעולה העדיפה עליו. זאת, מבלי שיכפה על המשתמש את דרך החשיבה שלו ואת תהליכי התפעול המועדפים עליו. לדוגמא, תקנים למוצרים או מערכות צריכים לאפשר למפתח לכלול במערכת מוד הפעלה המותאם לו, ולאפשר לו לישם מוד זה לצורך בדיקות. בנוסף, התקנים צריכים ולהנחות את המפתח להגדיר את מוד ההפעלה של המשתמש כמועדף על פני זה של המפתח. לדוגמא, התקנים צריכים לאפשר למפתח

להגדיר מקשי קיצור רבים לצורך בדיקות, ולהנחות את המפתח להפעיל אותם בשלב הבדיקות בלבד.

19. שימושיות התקנים

הכמות העצומה של תקנים יוצרת בעיה למפתח, להכיר את התקנים הקיימים ולזהות את אלו מהם שהם רלבנטיים לפרויקט ספציפי. מפתחי תוכנה מתקשים ללמוד ולישם את התקנים הקיימים. כאשר מחייבים אותם, הם נאלצים להעזר בחברות יעוץ או בספרות הדרכה. תכנית העבודה שאושרה לוועדה זו כוללת פיתוח של מורה נבוכים למפתח, מערכת תומכת החלטות המאפשרת למפתח התמצאות מהירה, בעזרת קישורי HTML. האתגר שלנו הוא לבנות מורה נבוכים כזה, שמאפשר למפתח למצוא את ההנחיות המתאימות למאפייני התפעול הספציפיים לתרחיש.

20. מצב התקינה לשימושיות

תקינה בינלאומית לשימושיות (http://www.usabilitynet.org/tools/r_international.htm) קיימת כבר משנות התשעים (לדוגמא - Bevan, 2001). הנסיון מוכיח שמפתחי מערכות אינם מכירים את התקנים, אינם לומדים אותם, ואינם מנסים אפילו לישם אותם. הסיבות לכך הן מגוונות, אבל השורה התחתונה היא יחס גבוה מדי של עלות-תועלת. הסיבות לכך הן:

1. **הכמות**: כמות התקנים בנושא שימושיות היא עצומה. הכמות העצומה מעידה על הצורך שיש לתעשה בתקנים, אבל, היא גם מהווה אבן נגף, מכיוון שמרוב עצים לא רואים את היער.
2. **שרירותיות**: במקרים רבים, התקינה אינה מבוססת על מחקר בסיסי בגורמי אנוש, וההחלטות השרירותיות הן לעתים שגויות. לדוגמא: <http://www.cja-jca.org/cgi/content/full/50/3/221>
3. **התיישנות**: חלק ניכר מהתקנים הוא ספציפי לטכנולוגיה. תקנים רבים שנכתבו לפני עשור כבר אינם רלבנטיים כיום.
4. **רלבנטיות**: הנחיות רבות הן רלבנטיות למצבי תפעול מסויימים, כאשר ישומן למצבי תפעול (תרחישים) אחרים יוצר בעיה למשתמש (ראה דוגמת 'דילמת עומס מסך' אצל הראל, 2007a). בכל פרויקט ספציפי, רק חלק קטן מהתקנים הוא רלבנטי, אבל קשה למצוא את החלקים הרלבנטיים, ולהעריך ולשפוט את מידת הרלבנטיות שלהם למצבי התפעול. ביחוד, מכיוון שבעיות המשתמש הן לעתים בלתי צפויות.
5. **קשיים להעריך את תרומת התקנים**: בסקר התקנים שערכתי לא מצאתי הוכחות חד משמעיות לתרומת התקנים לשיפור השימושיות (הסבר אפשרי לכך ניתן למצוא במאמר באינטרנט: http://www.taskz.com/ucd_righi2_indepth.php) כתוצאה מהמגבלות הללו, מפתחי מערכות נוטים להמעיט בחשיבות התקנים כדרך לשיפור השימושיות.

21. במכון התקנים הישראלי

בארץ, עד כה לא היה ביקוש לתקינה לשימושיות. וועדת התקינה הישראלית לשימושיות שמה לעצמה מטרה ליצור תקנים שמיועדים לשימוש על ידי המפתחים, ושתועלתם למפתחים ולצרכנים אינם מוטלת בספק (<http://www.usability-standards.com/Principles/Principles.htm>). בשאיפה, הכוונה היא לאמץ תקינה בינלאומית, אבל כבר כיום ברור לנו שעיקר התועלת תהיה מתקינה מקורית.

22. תיאור מקרה – תקן בינ"ל להתרעות ברפואה – IEC 60601-1-8

התקן הבינ"ל IEC 60601-1-8 מגדיר למפתחי ציוד רפואי כיצד עליהם לתכנן את התרעות במצבי חירום, כולל במקרים של הדרדרות במצב החולה או במקרים של תקלה במערכת תומכת חיים. הערכת התקן התבססה על רשימה של תרחישים לאופני כשל בהיבטים של שימושיות של התרעות קוליות במצבי חירום בישומים כלשהם, לאו דוקא ברפואה. רשימת התרחישים אורגנה בשש קבוצות, על פי שישה יעדים:

- מניעת מצבים של חוסר התרעה במצבי חירום
- הגנה בפני מצבים חריגים
- אבטחת מובחנות ההתרעה
- אבטחת מודעות השומעים לסוג האירוע
- אבטחת התנהגות בטיחותית
- אבטחת הערך הדיאגנוסטי של ההתרעה

בסך הכל, התקן מתאר היטב מגוון של בעיות שכיחות במערכות התרעה מקובלות. בהשוואה של התקן לרשימת התרחישים נמצא שהוא מתייחס כמעט לכל אופני הכשל. למרות זאת, בהבטים של שימושיות, התקן לוקה במספר נושאים:

א. איכות הפתרונות

בגלל טעות בהגדרת תפקידי ערוץ השמע והחזותי, התקן מעמיס על ערוץ השמע מידע רב מדי. בנסיון לכסות מגוון של מצבים, התקן נסחף לתהליכי תפעול מורכבים מדי. התקן כולל התייחסות מפורטת למצבים של טעויות משתמש נפוצות, אבל אינו מיישם עקרונות מתחום השימושיות להתמודד עם מצבים אלו. במיוחד, קיימת בעיה בנושאים של מגוון ואיכות צלילי ההתרעה, אופן הקצאת התפקידים לערוצי הקלט של המפעיל, אופן השתקת ההתרעה במצבים בהם היא מפריעה. בעיית איכות הפתרונות נובעת מאפיון חלקי של האינטראקציה, ומחוסר התחשבות בכל אופני הכשל שמקורם בטעות מפעיל.

ב. אבטחת איכות ציוד ההתרעה

בעיית מרכזית בתקן היא שהוא פונה אל היצרנים, שבעיית טעויות המשתמש אינה מטרידה אותו במיוחד, במקום אל הלקוח, החשוף לתביעות במקרה של טעות משתמש. כך, למשל, התקן מחייב את היצרן לחשוף פרטים תפעוליים מורכבים בהוראות ההפעלה. המשתמש נדרש לקרוא את ההוראות, לשנן אותם בעל פה ולזכור אותם בשעת חירום. בנוסף, יש מקום לשיפורים במספר היבטים של אבטחת איכות הציוד נשוא התקן, כולל, אופן ההתאמה לתהליכי תפעול מקובלים ולציוד קיים, אופן הבדיקות, המנעות מעיסוק בטכנולוגיות עתידיות ובאלגוריתמים עכשוויים.

ג. קריאות התקן

התקן כתוב וערוך באופן בלתי קריא. צריך לקרוא את כל התקן שלש פעמים עד שמבינים מה כתוב בו. קיים טשטוש בין מושגים מתחום המערכות המבוזרות ומתחום האיתחוס של מערכות. קיים טשטוש גבולות בין תיאור מצב קיים לבין ההנחיות ליצרנים וללקוחות. יש הפניות רבות לתקנים חיצוניים, מבלי לספק הסבר לסיבת ההפניה. הטקסט מנסה, ללא הצלחה, להפריד בין ההנחיות לבין השיקולים מאחוריהם, וכולל סתירות פנימיות רבות.

23. שיפור ההתמצאות בהנחיות

תהליכי תפעול ההתרעות הינם מורכבים, והיצרנים עלולים לטעות בהבנת המשמעות של ישום ההנחיות בתרחישים מסויימים. שני עזרים פותחו במטרה להקל על ההתמצאות בהנחיות:

תקן אינטראקטיבי: לשיפור ההנחיות פותחה גירסא אינטראקטיבית של התקן, על בסיס טכנולוגית ההיפרטקסט, כולל קישורים בין הסעיפים השונים ובין הנספחים, שמקלה על המשתמש במהלך הקריאה בו.

הדמיה: ניתן למנוע אי הבנות בעזרת הדמיה של תהליכי תפעול, הכוללים הגדרה אינטראקטיבית של התרחיש ושל רמת הסיכון, השמעת ההתרעה הקולית, תצוגת מאפייני ההתרעה, השתקת אמצעי ההתרעה, תזכורת, איתחול בהחלפת חולה, מצבי תקלה בציוד ניטור החולה ובציוד ההתרעה, ועוד.

24. לקחים

בדוגמא זו של תקן ביני"ל שהוא פופולרי ועדכני, התקן נמצא בלתי ראוי לישום בהיבטי שימושיות, ובימים אלו הצוות שוקל לכתוב את התקן מחדש.

שני לקחים חשובים הם בנושא של מיצוב התקן ושל שיפור ההתמצאות בו. בנושא מיצוב התקן, נמצא יתרון להפנות את ההנחיות אל הלקוחות, במקום אל היצרנים. בנושא שיפור ההתמצאות בתקן, עלה הצורך לספק תקן אינטראקטיבי וכן תוכנת הדמיה שמדגימה את ההנחיות התקן.

25. סיכום

התקינה לשימושיות נמצאת כיום בראשית דרכה. וועדות מומחים ראשונות הוקמו בנושאים של השימושיות של התרעות קוליות במצבי חירום. מסקנות חלקיות מהוועדה הראשונה מעידות על מגבלות רציניות של התקנים הבינלאומיים. וועדות נוספות נמצאות בשלבי הקמה, כולל תקינה למפרטי קונטקסט הפעלה ומאפייני משתמש, ולשילוב גורמי אנוש בתהליכי פיתוח ואבטחת איכות, מניעה והגנה בפני טעויות מצב. כמו כן, וועדת התקינה לשימושיות מסייעת לוועדת ישומי עברית בתוכנה ובאינטרנט לשלב שיקולי שימושיות בתקנים בנושאים של עריכת טקסטים דו-כיווניים.

26. מקורות

- Bevan N., 2001, International standards for HCI and usability, *International Journal of Human-Computer Studies*, Volume 55, Number 4, pp. 533-552(20), Academic Press (available at: http://www.usabilitynet.org/tools/r_international.htm)
- Casey, S., 1998, *Set Phasers on Stun*, Aegean Publishing Company, Santa Barbara, Ca.
- Harel, A., 2006 - Alarm Reliability, *User Experience Magazine*, Vol 5., Issue 3.
- Norman, D. A., 1983, Design rules based on analyses of human error, *Communications of the ACM*, v.26 n.4, p.254-258, April 1983 (available at http://cpe.njit.edu/dlnotes/CIS/CIS732_447/Cis732_1R.pdf)
- Norman, D. A., 1990, Commentary: Human Error and the Design of Computer Systems, Editorial published in *Communications of the ACM*, 1990, 33, 4-7.
- Perrow, C. (1984). *Normal Accidents: Living with High Risk Technologies*. NY: Basic Books.
- הראל, א., 2007a, מיגון מערכות בפני טעויות אנוש, הכנס הרביעי של INCOSE ISRAEL הרצליה
- הראל, א., 2007b, לקחים מהפעלת הצופרים במלחמת לבנון השנייה, הכנס הלאומי להנדסת בטיחות
- הראל, א., 2007c, מיגון מערכות בפני טעויות מצב, פוסטר בכנס הרביעי של INCOSE ISRAEL הרצליה
- הראל, א., 2007d, מי צריך תקינה לשימושיות? הכנס הלאומי לאיכות, תל-אביב