

בטיחות בקובוט - שילוב של אדם ומכונה

בעבר עמדו בפני התעשיין שתי אפשרויות לעבודה בפס ייצור - להעסיק פועלים בעלות יומית גבוהה או להטמיע רובוטיקה בהשקעה התחלתית גבוהה. שני כרופסורים מארה"ב הגדירו אפשרות שלישית: שילוב של קובוט (Collaborative Robot) - רובוט שיתופי, המבצע משימות באינטראקציה עם בני אדם, בעלות יומית נמוכה ובהשקעה התחלתית קטנה

מאת יואל הכט
מנכ"ל חברת iCobots ישראל

צילום: iCobots ישראל

בטיחות ברובוטים לעומת בטיחות בקובוטים

לצד השיפור הטכנולוגי, עלו סוגיות בטיחות מאתגרות ביותר, שהיסודית והמהותית שבהן היא הפרת עקרון הבטיחות החשוב ביותר בעבודה עם רובוטים - הפרדה מוחלטת בין תנועות הרובוט לבין העובד. במפעלים שבהם יושמו רובוטים מסורתיים, קיימים אמצעים רבים המבטיחים כי הרובוט לא יפעל כאשר אדם נמצא בקרבתו. עם אמצעים אלה נמנות גדרות, המקיפות את אזור פעולת הרובוט, וילונות אופטיים, חיישני לחץ, חיישני קרבה להאטת פעולת הרובוט ולעצירתו המוחלטת ועוד. בהיבט הבטיחותי, מצב שבו הרובוט פועל כאשר אדם נמצא בקרבתו הוא אסור.

והנה, בהיבט הבטיחותי יצרה הטכנולוגיה החדשה סתירה פנימית: מצד אחד, הקובוט הוא רובוט, ולכן צריך לחול עליו עקרון ההפרדה בינו לבין העובד. מנגד, כדי להיות קובוט עליו לקיים אינטראקציה פיזית עם בני אדם הנמצאים בסביבת עבודתו, שאם לא כן, הוא ייחשב רובוט.

הן הקובוט והן האדם יכולים להמשיך בעבודה זה בקרבת זה. האפשרות הזו מחייבת חשיבה מחדש על הבטיחות ברובוטים השיתופיים.

בתחום הבטיחות ברובוטים מדובר במהפכה מחשבתית. אך בכל האמור בקובוטים, מבקשים להפר את עקרון ההפרדה ולאפשר לקובוט "לפגוע באנשים" העובדים בסביבתו. יתר על כן, אם לא תיענה הבקשה להפרה זו, הקובוט ישמש כעוד רובוט ותו לא.



בשונה מהרובוט התעשייתי המסורתי, שאינו ניתן לניוד, את הקובוט אפשר לגלגל לעמדת העבודה לצד צוות הפועלים שבמשמרת ולעגון אותו שם זמנית, ללמד אותו את הפעולות הפשוטות, שחוזרות על עצמן, ולהגדיל את פריון העבודה גם במשמרות הבאות. משהסתיימו המשימות בעמדה, אפשר לגלגל את הקובוט לעמדת העבודה הבאה לצורך חבירה עם צוות אחר ומשימה חדשה.

כיום, הקובוטים משמשים בתעשייה לפריקה וטעינה מפס נע, לאוטומציה של משימות עיבוד מתכת, לשיפור זמני מחזור של מכונות CNC, תפעול עמדות הזרקת פלסטיק, למשימות אריזה, טיפול במעגלים מודפסים, ולבדיקה ובחינה של רכיבים אלקטרוניים.

רצפת הייצור של התעשייה הישראלית משנה את פניה מדי יום ומגדילה את הפריון לעובד. היא משפרת את איכות המוצרים, את זמני התגובה לשינויים בביקוש, מייצרת באופן ידיוותי לסביבה ועוד. בשנים האחרונות, הודות לטכנולוגיה חדישה - הקובוט, מתחולל שינוי מרתק באינטראקציה בין בני האדם לבין הרובוטים. קובוט (Collaborative Robot) הוא רובוט, שייעודו ביצוע משימות תוך קיום אינטראקציה פיזית עם בני אדם הנמצאים בסביבת עבודתו.

לרעיון הקובוטים (שמשויך לפרופ' אדוארד קולגייט ומיכאל פשקין מאוניברסיטת נורת'וסטרן בארה"ב) אמנם מלאו כבר יותר מ-20 שנים, אולם רק בשנים האחרונות הוא הגיע לבשלות עסקית.

אם בעבר עמדו בפני התעשיין רק שתי אפשרויות לעבודה בפס ייצור - האחת, להעסיק פועלים בעלות יומית גבוהה ובהשקעה התחלתית קטנה; והאחרת, להטמיע רובוטיקה בעלות יומית נמוכה, אך בהשקעה התחלתית גדולה - הרי שהרעיון של קולגייט ופשקין הגדיר קטגוריה חדשה לעבודה בפס הייצור.

הקטגוריה החדשה מאפשרת לתעשיין לבחון את האפשרות השלישית, והיא, שילוב של קובוט בייצור, כך שהעלות היומית יכולה להצטמצם עד כדי פחות משליש (במקרה של שלוש משמרות), וההשקעה ההתחלתית תהיה קטנה.

חברת Rethink Robotics GmbH הגרמנית משווקת דור מתקדם ומשודרג של קובוט, שתכליתו היא עבודה בצוותא עם פועלי ייצור.

מערך היישום ולא רק את בטיחות הקובוט. כדי לייעל את העבודה, מחברים לעתים את הקובוט למסוע כך שיוכל לנוע מעמדה לעמדה. ייתכן כי בכל עמדה הקובוט מבצע יישום שאין בו סכנה, אולם המעבר בין העמדות על גבי המסוע, שאינו מסוע שיתופי, עלול להיות מוקד סיכון.

אנו נתקלים כיום בשתי שגיאות נפוצות בניהול סיכונים בתחום הקובוטים:

1. החלת מדיניות בטיחות קובוטית על רובוט עם חיישנים.
2. החלת מדיניות בטיחות רובוטית על קובוט, על אף שהחמרה אינה נדרשת. מחיר השגיאה הראשונה הוא פגיעה באנשים. מחירה של השגיאה השנייה הוא "רק" כספי. לכאורה, בהיבט ניהול הסיכונים, נטען כי עדיף להימנע מהטעות הראשונה. לכן, נמליץ להקיף את הקובוט בגדר ובאמצעי הגנה נוספים, על אף שאינם נחוצים מבחינה בטיחותית.



המציאות ברצפת הייצור מורכבת יותר. ההמלצה הבטיחותית להוסיף גדר מייקרת את הפרויקט ומעביה על כדאיותו הכלכלית. יתר על כן, לעתים, בשל מגבלות מקום, כלל לא ניתן להציב גדר סביב הרובוט. כך, באמצעות הטיעון הבטיחותי שלעיל, אנחנו "הורגים" את הפרויקט עוד בטרם החל ומונעים הכנסה ואימוץ של טכנולוגיה חדשה בשם הבטיחות. עניינו של ניהול הסיכונים איננו מניעת עשייה, אלא עשייה נכונה, עשייה בטוחה, אשר תאפשר לארגון לעשות יותר במחיר נמוך יותר.

לסיכום: הקובוטים הופכים להיות חלק מהנוף בקווי הייצור ומביאים בשורה מרתקת בכל האמור באינטראקציה בין בני אדם לרובוטים. על אנשי הבטיחות חובה להבין את הטכנולוגיה החדשה, כדי לאזן בין אכיפת עקרונות הבטיחות המסורתיים בתחום הרובוטיקה לבין מימוש יתרונות הקובוטים ברצפת הייצור. ■

כאשר הקובוט פוגע באדם, עליו לזהות את הפגיעה. על הקובוט להיות מצויד בחיישנים המאפשרים את זיהוי הפגיעה. בחלק מהקובוטים מותקנים חיישני כוח, שבעזרתם הקובוט "מרגיש" כאשר הוא פוגע בדבר מה.

עם הזיהוי, על הקובוט לעצור מיד. תנועת הקובוט צריכה לאפשר עצירה מוחלטת עם מרחק עצירה קצר ביותר. על מרחק העצירה משפיעים, בין היתר, שלושה גורמים - המשקל שאותו הקובוט נושא בקצה הזרוע; מהירות התנועה של הזרוע; ואורך הזרוע. לדוגמה, קובוטים הנושאים משקל של 5 קילוגרמים צריכים להיות בעלי זרוע קצרה. קובוטים הנושאים את אותו משקל עם זרוע ארוכה, צריכים לנוע באטיות מרובה.

במקרה של פגיעה, היא צריכה להיות קלה. הדרך המקובלת למנוע פגיעה חזקה מקובוטים היא להגביל מראש את מהירות התנועה שלהם. אפשרות נוספת היא לאפשר מהירות מעט גבוהה יותר, לצד מתן אפשרות לקובוט לספוג חלק מהאנרגיה שבפגיעה. בקובוט המתקדם מסוג סויר (Sawyer), למשל, הותקנו קפיצים פנימיים, הסופגים חלק מהאנרגיה והחומרים שבהם משתמשים, וכן, מבנה זרוע המונע פגיעות חזקות.

שחרור מהיר. יש לאפשר לאדם לדחוף מעליו את הזרוע. מנגנוני קלאץ' בכל אחד ממפרקי הזרוע יכולים לאפשר דחיפה מעין זו גם כאשר הקובוט פועל וגם כאשר אינו פועל.

בטיחות היישום וניהול סיכונים

לבסוף, גם הקובוט הזהיר ביותר, לשם ביצוע היישום הנדרש ממנו, יכול להחזיק בקצה הזרוע מלחם לוחט, סכין חדה, מצבט חזק ועוד. היישום המסוכן, ללא קשר לבטיחות הקובוט, צריך להתבצע רק לאחר ניהול סיכונים פרטני, הבוחן את כל



ספקי רובוטים רבים מוסיפים חיישנים מתקדמים ביותר לרובוטים המסורתיים שלהם כדי להאט את תנועת הרובוט ואף לעצור אותה ובכך, לדעתם, יהפוך הרובוט לקובוט. כמובן, מדובר בלא יותר מהתחכמות שיווקית. רובוט שצריך לעצור כאשר אדם נמצא בקרבתו אינו קובוט. הוא רובוט עם הגנות משוכללות מאוד, אולם אינו יכול לבצע תנועות כשיש אנשים בסביבתו.

יתר על כן, רובוטים עם חיישנים עלולים להתגלות כאיום בטיחותי אם לא נלווים אליהם אמצעי הגנה נוספים. אמנם החיישנים מהווים קו הגנה על העובד המתקרב, אולם בניהול סיכונים נאות עלינו לבחון את שעלול לקרות כאשר קו ההגנה נפרץ, גם אם ההסתברות לכך קטנה ביותר. החיישנים משמשים לזיהוי האדם המתקרב ולהפעלת שרשרת אלגוריתמים, שתפקידם להאט את תנועת הרובוט. אולם מה קורה אם אחד החיישנים כשל? מה קורה אם מערכת הבקרה המנהלת את כלל החיישנים כשלה? במקרה כזה, הרובוט לא יאט את תנועתו, אלא ימשיך כאילו אין מכשול בדרכו. כך עלול העובד להיפגע פגיעה קשה.

לצד השיפור הטכנולוגי, עלו סוגיות בטיחות מאתגרות ביותר, שהיסודית והמהותית שבהן היא הפרת עקרון הבטיחות החשוב ביותר בעבודה עם רובוטים - הפרדה מוחלטת בין תנועות הרובוט לבין העובד

לעתים אנחנו שומעים על "קובוט" שמרים 32 קילוגרמים. במקרה כזה, אם ייפרץ קו ההגנה, העובד עלול למצוא 32 קילוגרמים נופלים על רגלו. כמובן, לא מדובר בקובוט, אלא ברובוט.

תכונות הבטיחות של הקובוט

באשר לבטיחות, המצב בקובוטים שונה בתכלית. כיוון שהקובוט נמצא באינטראקציה עם אנשים, נקודת המוצא היא שיהיה מפגש פיזי בינו לבין האדם. את המפגש הזה צריך לנהל מבחינה בטיחותית. אשר על כן, צריכים להתקיים כמה עקרונות בו-זמנית: