



חרקים רובוטיים זעירים (Credit: University Harvard, Chirarattananon Pakpong and Ma Kevin).

בשעות מוקדמות מאוד של בוקר אחד, בקיץ האחרון במעבדה לרובוטיקה באוניברסיטת הרווארד, חרק רובוטי החל לטוס. גודלו מחצית מהגודל של מהדק נייר, ומשקלו פחות מעשירית גרם. הוא קפץ כמה סנטימטרים, ריחף לרגע באמצעות כנפיים שברירות, מתנפנות, ואז האיץ באוויר בתוואי שנקבע מראש.

כמו הורה גאה הצופה בצעדים הראשונים של ילדו, פאקונג צ'יראטאנאנון Chirarattananon Pakpong צילם מיד סרטון של הגוזל הממריא ושלח אותו למנחה שלו לדוקטורט ולעמיתיו בשעה שלוש בבוקר. בשורת הנושא הוא כתב: "טיסה של RoboBee".

"הייתי כל כך נרגש, לא יכולתי לישון", נזכר צ'יראטאנאנון, מחבר שותף מוביל במאמר שפורסם השבוע בכתב העת סיינס.

הצלחתה של הטיסה המבוקרת הראשונה של רובוט בגודל חרק היא שיאה של עבודה בת יותר מעשור, בראשות חוקרים בבית הספר להנדסה ויישומים מדעיים באוניברסיטה הרווארד ומכון Wyss להנדסה בהשראה ביולוגית באוניברסיטת הרווארד.

"זה מה שאני מנסה לעשות במשך 12 השנים האחרונות, פשוטו כמשמעו", אומר רוברט ווד, פרופסור להנדסה ומדע יישומי, חבר סגל Wyss, וחוקר ראשי של הקרן הלאומית למדע, התומכת בפרויקט ובעיצוב, בחומרים, בייצור זו מעבדה של האחרונות הדרך פריצות בזכות רק באמת זהו RoboBee. שאיפשרה לנו בכלל לנסות זאת. וזה פשוט עבד, מרהיב ביותר."

בהשראת הביולוגיה של זבוב, עם אנטומיה בקנה מידה תת מילימטרי, הרובוט מנפנף בשתי כנפיים דקיקות, כמעט בלתי נראות, בקצב של 120 פעמים בשנייה. "המכשיר הזעיר מייצג את חוד החנית המוחלט של מערכות מיקרו-ייצור ושליטה וסייע לדחיפת החדשנות בתחומים אלה על ידי עשרות חוקרים ברחבי הרווארד במשך שנים."

"נדרשנו לפתח פתרונות מההתחלה, לכל דבר", מסביר ווד. "בכל פעם שפתרנו בעיה אחת, צצו חמש בעיות חדשות. זו היתה מטרה נעה" אמר.

שרירי הטיסה, למשל, לא באים ארוזים מראש לרובוטים בגודל של אצבע. "רובוטים גדולים יכולים לרוץ על מנועים אלקטרומגנטיים, אבל בקנה המידה הקטן הזה יש צורך בפתרונות חלופיים, ולא היו כאלה" אומר אחד מהכותבים קווין מא, סטודנט לתואר שני.

הרובוט הזעיר מנופף בכנפיו באמצעות הפעלת רצועות של קרמיקה שהתרחבו ולהתכווצו כאשר הופעל

שדה חשמלי. צירים דקים של פלסטיק שובצו בתוך מסגרת גוף מסיבי פחם ושימשו כמפרקים, ומערכת בקרה מאוזנת בעדינות פקדה על סיבוב תנועות הרובוט שהתבטאו בנפנוף הכנף. כל כנף נשלטה באופן עצמאי בזמן אמת.

בקנה המידה הזעיר, שינויים קטנים בזרימת האוויר יכולים להיות בעלי השפעה גדולה מן הרגיל על דינאמיקת הטיסה, ומערכת הבקרה חייבת להגיב הרבה יותר מהר כדי להשאיר את הרובוט יציב (המערכת).

לצורך ייצור החרקים הרובוטיים מנצלים המפתחים את טכניקת הייצור הגאונית שפותחה על ידי צוותו של ווד בשנת 2011. גיליונות של חומרים שונים בחיתוך לייזר שכבה אחר שכבה ודחוקים יחד לתוך משטח דק המתקפל כמו ספר ילדים שממנו קופצות דמויות קרטון אלא שבמקום דמויות הקרטון מדובר במעגל אלקטרוני מלא.

התהליך המהיר, צעד אחר צעד מחליף את מה שהיה אמור להיות מדריך לאמנות מדויקת ומאפשר לצוות של ווד להשתמש בחומרים חזקים יותר בצירופים חדשים, תוך שיפור הדיוק הכולל של כל התקן.

"עכשיו אנחנו יכולים לבנות במהירות אב טיפוס אמין, אשר מאפשר לנו להיות יותר אגרסיביים באופן בו אנו בוחנים אותם," אומר מא, והוסיף כי הצוות ניסה 20 אבות טיפוס בששת החודשים האחרונים.

ישומים של פרויקט RoboBee יכולים לכלול ניטור סביבתי, פעולות חיפוש והצלה, יישומים צבאיים ומודיעיניים או לעזרה בהאבקת יבול. עם זאת ייתכן כי החומרים, טכניקות הייצור ורכיבים שפותחו במסגרתו לאורך השנים עשויים להתברר אפילו יותר משמעותיים. לדוגמה, בתהליך ייצור ה'ספר הקופץ' ניתן לייצר סוג חדש של מכשירים רפואיים מורכבים.

המשרד לפיתוח טכנולוגיה של הרווארד ומכון Wyss, כבר נמצאים בעיצומו של תהליך מסחור של כמה מהטכנולוגיות הללו.

"הביולוגיה נרתמה כדי לפתור בעיות בעולם האמיתי וזו מהותו של מכון Wyss," אומר מייסד המכון ומנהלו, דון אינגבר. "עבודה זו היא דוגמה יפה לאופן שבו קירוב מדענים ומהנדסים מתחומים רבים לכדי ביצוע מחקר בהשראת הטבע – יכול להוביל לפריצות דרך טכניות חשובות."

הפרויקט ממשיך. "עכשיו כשברשותנו פלטפורמה ייחודית זו, יש עשרות בדיקות שאנחנו מתחילים לעשות, כולל בקרת תמרונים אגרסיביים יותר ונחיתה של החרק," אומר ווד.

הצעדים הבאים יהיו כרוכים בשילוב העבודה המקבילה של צוותי מחקר רבים ושונים שעובדים על המוח, התנהגות תיאום המושבה, מקור כוח, וכן הלאה, עד שהחרקים הרובוטיים יהיו אוטונומיים ואלחוטיים באופן מלא.

אבות הטיפוס עדיין קשורים בכבל חשמל דק מאוד, כי אין פתרונות מדף לאחסון אנרגיה, שיהיו קטנים מספיק כדי להיות מותקנים על גופו של הרובוט. לפני שה-RoboBees יוכלו לטוס באופן עצמאי יש לפתח תאי דלק לאיחסון אנרגיה בצפיפות גבוהה.

גם השליטה נעשית ממחשב נפרד ולא מ'מוח' הרובוט. זאת על אף שצוות נפרד עובד על פיתוח מוח יעיל שיוכל לטפל בכוח המיחשוב הנדרש לרובוט.

"הביצועים האווירובוטיים של הזבובים הם המדהימים ביותר בטבע ונעשים בעזרת מוח זעיר," מציין מחבר שותף סויר פולר, חוקר פוסט דוקטורט בצוות של ווד שחקר כיצד מתמודדים זבובי פירות עם ימים סוערים.

"היכולות שלהם עולות על מה שאנחנו יכולים לעשות עם הרובוט שלנו, ולכן ברצוננו להבין את הביולוגיה שלהם טוב יותר ולהחיל אותה על העבודה שלנו".

"פרויקט זה מספק מוטיבציה משותפת למדענים ומהנדסים ברחבי האוניברסיטה לבנות סוללות קטנות יותר, לתכנן מערכות בקרה יעילות יותר, וליצור חומרים חזקים וקלים יותר", אומר ווד. "אולי אינך מצפה שכל האנשים האלה יעבדו יחד עם מומחי ראייה, ביולוגים, מדעני חומרים, מהנדסי חשמל ועוד. מה יש להם במשותף? ובכן, כולם נהנים מפתרון בעיות קשות באמת".

"אני רוצה ליצור משהו שהעולם לא ראה בעבר", מוסיף מא. "זה מרגש למתוח את הגבולות של מה שאנחנו חושבים שאנחנו יכולים לעשות, ואת הגבולות של כושר ההמצאה האנושית".

מחקר זה נתמך על ידי הקרן הלאומית למדע ומכון Wyss להנדסה בהשראת ביולוגית באוניברסיטת הרווארד. </ br

{loadposition content-related}