

פרויקט באינטרנט של הדברים

סמינר - Bionics and IoT



מגישים:

יואב יעבץ, 212617864, yoavjavits@campus.technion.ac.il

מור לוי, 211810452, morlevy@campus.technion.ac.il

גלעד שמרלר, 212139240, shmerler@campus.technion.ac.il

תוכן עניינים

1.....	דף שער
Error! Bookmark not defined.....	תוכן עניינים
3.....	מבוא:
3.....	איך פועל איבר מלאכותי?
3.....	אילו סוגי איברים מלאכותיים קיימים כיום?
4.....	כיצד בעצם פועלים איברים ביוניים?
4.....	איך עובדים החיישנים אליהם מחובר האיבר ומהי רמת הרזולוציה שניתן להגיע אליה?
4.....	מה ההתפתחויות הטכנולוגיות שצפויות בתחום?
5.....	כיצד ניתן לרתום את הכוח של הבינה המלאכותית על מנת לשפר את האיברים הביוניים?
6.....	מפתחים בולטים בתחום האיברים הביוניים
6.....	ואיך כל זה מתקשר ל-IoT?
8.....	ביבליוגרפיה:

מבוא:

איברים ביוניים הם הגשר שמחבר בין הביולוגיה לבין הטכנולוגיה. באמצעות איברים ביוניים ניתן לקחת איבר קטוע או שאינו מתפקד עוד וליצור איבר חדש שיצליח לתפקד ולעשות את הדרוש. בעצם כך אנחנו מתגברים על המגבלות של הטבע ואומרים שאין כזה דבר "אדם שבור", אלא רק הטכנולוגיה שיש כיום היא לא מספיק טובה.

ניתן לסווג באופן כללי את סוגי האיברים הביוניים לשניים עיקריים: איברים שנועדו לשמש כתחלופה לאיבר שנהרס, ואיברים שנועדו לשפר יכולות של האדם.

כמו כן, כאשר בונים איבר ביוני יש לשים לב לכמה אלמנטים חשובים:

1. היצירה של האיבר במובן הפיזי-מכני (חומרים מתאימים, צורה מתאימה).
2. החיבור של האיבר במובן הכימי והביולוגי (להבין איזה תנועה האדם רוצה לעשות).
3. יצירה של איבר שיכול לספק את התנועה הרצויה.

במאמר זה נרצה לדון באספקטים השונים שצינו לעיל, ובנוסף באפשרות להשתמש באיברים ביוניים בעתיד כדי לשפר את האדם ולהפוך אותו לטוב יותר ולא רק על מנת להחליף איבר שנהרס.

איך פועל איבר מלאכותי?

עבור ההסבר ניקח בתור דוגמה את אחד האיברים המלאכותיים הנפוצים ביותר - זרועות מלאכותיות. זרועות ביוניות הן גפיים מלאכותיות המשתמשות בטכנולוגיה חדשנית על מנת להתחבר לגוף. הם משתמשים בחיישנים מיוחדים כדי לזהות ולהמיר אותות חשמליים הנוצרים באופן טבעי מהשרירים לתנועה. כאשר המוח רוצה להזיז איבר הוא שולח פולס חשמלי שעובר במערכת העצבית של הגוף שאומר לגוף לבצע תנועה כלשהי. מטרת החוקרים כאשר הם יוצרים איבר מלאכותי היא להבין איך השרירים זזים כתוצאה מאותן אותות חשמליים ולהזיז את האיבר המלאכותי באופן המתאים לאותו גירוי חשמלי.

נקודה חשובה נוספת היא שזרועות ביוניות נבנות בהתאמה אישית עבור אותו אדם כדי להתאים לאיבר למבנה הגוף של אותו האדם ולכל מיני הבדלים קטנים בדרך הפעולה של המערכת העצבית.

אילו סוגי איברים מלאכותיים קיימים כיום?

- איברים מלאכותיים שלא עושים פעולה כלשהי ומטרתם קוסמטית בלבד.
- תותבות רגילות הדורשות התערבות ידנית של האדם כדי לעבוד.
- תותבות ביוניות שיש להן שקע מותאם אישית עם חיישנים שנמצאים במגע עם העור ומזהים אותות חשמליים מהשרירים, וממירים את האותות הללו לתנועה.
- תותבות ביוניות מיוחדות יותר, שהולכות צעד אחד נוסף קדימה ויש להן תושבות וחיווט המחברים בניתוח לעצם ולעצבים. זוהי טכנולוגיה שהיא כרגע עוד בשלבי התפתחות ולא נמצאת בשימוש מאוד רחב. התותבות הללו מתחברות בדרך כלל לעצם, אבל קיימים סוגים מפותחים מספיק שמסוגלים גם להתחבר לעצבים מתחת לעור.

כיצד בעצם פועלים איברים ביוניים?

האיבר הביוני מחובר לאיבר הקטוע באמצעות חיישנים המזהים את האותות החשמליים של השרירים ומתרגמים את ההתכווצויות והאותות הללו לתנועות שונות. זרועות ביוניות לדוגמה, מתחברות לגוף בדרך כלל, באמצעות כיס ואקום מיוחד שמותאם אישית ויש בו הרבה חיישנים שנמצאים במגע עם העור ומזהים את פעילות המערכת העצבית שמטרתה להזיז את השריר. כך בעצם מקבלים את אחד האפקטים החשובים ביותר - ניתן לחבר איברים ביוניים לאדם והוא לא יצטרך לאמן מחדש את השרירים כדי לבצע פעולות, אלא הן יתפקדו בדיוק כפי שהן תפקדו קודם לכן.

כיום, עם פיתוח הטכנולוגיה הקיימת טכנולוגיית האיברים הביוניים הפכה קלה ושיימה יותר מכיוון שניתן לקלוט גירויים חשמליים ספציפיים מהשרירים ולתרגם אותם באופן ספציפי לפעולה מסוימת כגון אחיזה או הרמה וכדומה. הגירויים החשמליים הללו זהים לגירויים החשמליים שהיו לפני קטיעת האיבר, וכך האדם שיש לו את האיבר המלאכותי, יכול לבצע פעולות שקשורות לשרירים בדיוק באותו האופן שהוא היה מבצע את התנועה הזו לפני הקטיעה. בנוסף, חיבור של האיבר הביוני למערכת העצבית ממש הופך גם הוא לאפשרי, וכך ניתן לשפר משמעותית את התפקוד המדויק ואת היכולת לחוש תנועה וגירוי, כמו אחיזה באובייקט כלשהו.

איך עובדים החיישנים אליהם מחובר האיבר ומהי רמת הרזולוציה שניתן להגיע אליה?

לדוגמה, חיישני הזרוע הביונית הם העצם אלקטרודות הנוגעות בעור וכך מתעדות את פעילות השרירים באמצעות תהליך הנקרא אלקטרומיוגרפיה. מכיוון שבמצב זה האיבר לא מחובר למערכת העצבית, ניתן בקלות להסיר ולחבר מחדש את האיבר מבלי להשפיע על השימוש בו. גם במישור הביצועים היה שיפור משמעותי מאוד בשנים האחרונות: הביצועים של הזרועות הביוניות השתפרו מאוד וזאת בזכות מיפוי מדויק מאוד של סוגי הגירויים החשמליים ואופן פעולתם, וכיום כאשר משתמשים בהן ניתן לשלוט אפילו בחוזק האחיזה, על מנת לגרום למשתמש את החוויה כאילו הוא ממש משתמש באיבר שלו.

מה הן הבעיות שעדיין יש אם כך באיברים ביוניים? הבעיה הראשונה היא הטעינה של האיבר. בדרך כלל איברים ביוניים מופעלים על ידי סוללה. זוהי סוללה חזקה מאוד שיכולה להספיק לאורך זמן, אך עדיין יש להטעין אותה כל פרק זמן מסוים. לרוב, זוהי לא בעיה גדולה כל כך, מכיוון שניתן לעשות זאת תוך כדי השינה. בעיה נוספת היא במצב בו האיבר המלאכותי אינו חסין למים, במצב כזה יש לשים לב שלא הורסים את האיבר. לפעמים, ניתן לשים כיסוי אטום או כל מיני פתרונות אחרים על מנת לאפשר למשתמש לעשות דברים נוספים.

מה ההתפתחויות הטכנולוגיות שצפויות בתחום?

כיום יש דגש על פיתוח של טכנולוגיה חדשה שמחברת ישירות את המוח לזרוע התותבת באמצעות אלקטרודות המחוברות לעצבים מתחת לעור. טכנולוגיית הזרוע הביונית האינטואיטיבית הזו דורשת פחות אימון ומספקת תחושה טבעית יותר.

טכנולוגיה זו מספקת מסלול מהיר ונוח יותר למוח על ידי חיבור האיבר הביוני ישירות למערכת העצבים. הטכנולוגיה הזו מאפשרת גם תקשורת דו-כיוונית, ומספקת תחושה שהאיבר הביוני הוא בעצם ממש חלק מהגוף ולא איבר חיצוני. כיום ישנו פיתוח נוסף שבו הזרועות הביוניות יכולות לשלוח רעידות על מנת ליצור אשליה של תנועה, כך שהמשתמש בזרוע הביונית יוכל להסתמך יותר על התחושה של האיבר שעושה את הפעולה ופחות על התבוננות באיבר.

בעיה גדולה נוספת שקיימת בתחום של איברים ביוניים זה הבעיה של היצירה שלהם. בעבר זה היה תהליך אורך מאוד ויקר מאוד שדרש המון בדיקות על מנת להתאים את האיבר בצורה טובה למשתמש וייצור של האיבר בצורה מיוחדת. כיום, יש שיפור משמעותי מאוד בתחום הזה, והייצור יכול להתבצע באמצעות הדפסת תלת ממד של חומרים מיוחדים - בעיקר חומרים רכים שקל להשתמש בהם בהדפסה וביצירה של האיבר, אבל כאשר מעבירים בהם זרם חשמלי, החומר הופך להיות קשיח.

כיצד ניתן לרתום את הכוח של הבינה המלאכותית על מנת לשפר את האיברים הביוניים?

כיום, הבינה המלאכותית כמעורבת בחיינו בכל תחום, וטבעי שגם בתחום של האיברים הביוניים הבינה המלאכותית תהיה בעלת תפקיד משמעותי. הבינה המלאכותית שמסולבת באיברים הביוניים מאפשרת לאיבר לפרש אותות עצביים חשמליים משרירי המטופל בצורה מדויקת וטובה יותר, כך שניתן יהיה לשלוט על התותב בצורה מדויקת יותר ולדמות את התחושה שלא איבר מלאכותי מחובר לגוף, אלא זה כאילו האיבר המקורי עצמו שמחובר.

כפי שראינו בהרצאות על מהו בעצם IoT, פריט שניתן להרכיב אותו על הגוף ומתקשר עם הסביבה ועם גורמים נוספים הוא בעצם יצירת מכשיר של IoT, ודבר זה מתבטא כאשר יוצרים איברים מלאכותיים עם בינה מלאכותית שגורמת לאיבר להגיב ולהיות באינטראקציה עם הסביבה שלו.

ישנם כיום הרבה מאוד מוצרים שמשלבים את האפשרות לנטר מידע ולהשתמש באלגוריתמים של בינה מלאכותית. לדוגמה, limbU הוא בעצם רגליים תותבות חכמות שנותנות למשתמש בהם את היתרון של תגובה מהירה וטובה לגירויים פנימיים וחיצוניים ויכולות לבצע פעולות מורכבות בצורה טובה מאוד כאילו אין למשתמש רגליים תותבות, אלא רק רגליים אמיתיות. לדוגמה, limbU יכול לנטר תנועות גופניות של המשתמש, לעקוב אחר מיקומו של הלובר, ולעדכן את הרופא לגבי המידע הרפואי של הלובר הקשור לשיקום שלו.

באמצעות הבנה לעומק של הממשק של מערכת העצבים ובאמצעות אלגוריתמים של למידת מכונה, ניתן לבצע תנועות עדינות מאוד כגון הרמת חפץ שנפל או החזקת האצבעות זו לזו. זה אפשרי מכיוון שבמהלך הניתוח בו שמים את האיבר הביוני, כורכים חתיכת שריר קטנה נכרכת סביב העצב הקטוע כדי לייצר אותות מוגברים.

קבוצת חוקרים מאוניברסיטת טקסס השתמשו בבינה מלאכותית ולמידה עמוקה כדי לשלוט בזרועות תותבות. המערכת אומנה והותאמה בהתבסס על משובים של לובשי התותבת באמצעות ספריות של למידה עמוקה כגון TensorFlow שאפשרו פיתוח של תותבת מתוחכמת יותר.

ישנה קבוצת חוקרים אמריקאית שהרחיקו לכת ויצרו ממשק זרוע תותבת רובוטית שניתנת לשליטה על ידי מוחו של המשתמש. כמו כן, 2 חברות יפניות לקחו את עניין האיברים הביוניים צעד אחד קדימה, ואמרו שאיברים ביוניים לא חייבים להיות פתרון רק למי שנהרס לו איבר, אלא ניתן באופן של לכתחילה להשתמש באיברים ביוניים - הם פיתחו חליפת שלד רובוטית, המגבירה את תנועת הגוף וחוזקו עד פי עשרה.

מפתחים בולטים בתחום האיברים הביוניים

יו הר היה מטפס הרים אחד ממטפסי ההרים הטובים ביותר בארצות הברית. בינואר 1982, לאחר שטיפס במסלול קרח קשה, הוא קיבל כוויות קור חמורות מאוד ברגליים והיה צורך לקטוע את שתי רגליו של הר מתחת לברכיים. הר עבר חודשים של ניתוחים ושיקום. הרופאים אמרו לו שלא יוכל לטפס שוב על הרים לעולם, אך באמצעות תותבות מיוחדות שתכנן, יצר הר כפות רגליים תותבות עם תכונות מיוחדות שעזרו לו כגון קשיחות אצבעות גבוהה, שאפשרו לו לעמוד על קצות סלע ברוחב מטבע, וכפות רגליים משובצות טיטניום שסייעו לו בעלייה על קירות קרח תלולים. בנוסף, הוא השתמש בתותבות הללו כדי לשנות את גובהו ולעשות עוד דברים נוספים שאדם רגיל לא היה יכול לעשות.

הר הוא פרופסור ב-MIT, שם הוא מנהל את קבוצת המחקר "ביומכאטרוניקה". הוא מתמקד בפיתוח מערכות רובוטיות שניתן ללבוש ומגבירות את היכולת הפיזית האנושית. רוב מה שהוא מעצב לא נועד לשימוש האישי, אלא לאחרים שהוא יכול לעזור להם בהתבסס על ניסיונו והידע שלו.

המכשירים האלה הם בעצם חוד החנית של התחום המתפתח של הנדסה המיישמת עקרונות של ביומכניקה ובקרה עצבית כדי להנחות את העיצובים של מכשירי שיקום וחיזוק אנושיים. המטרה היא לשקם אנשים שעברו קטיעת גפיים, וכן להגביר את היכולת הגופנית האנושית גם עבור אנשים שלא עברו כריתת איברים.

אחת ההמצאות הבולטות של הר בתחום של האיברים הביוניים היא ברך הנשלטת על ידי מחשב, ומצוידת במיקרו-מעבד שמרגיש כל הזמן את מיקום המפרק ואת העומסים המופעלים על הגפה, ושולח ומנתח את הנתונים על מנת לגרום למשתמש באיבר הביוני תחושה שהוא כאילו משתמש באיבר אמיתי. ההמצאה הזו הייתה כל כך חדשנית שהיא זכתה להיכלל ברשימה של עשר ההמצאות המובילות בקטגוריית הבריאות על ידי מגזין TIME בשנת 2004.

ואיך כל זה מתקשר ל-IoT?

כפי שלמדנו בהרצאות, IoT זה בעצם היכולת לקחת הרבה אביזרים טכנולוגיים וליצור מהם קומפלקס אחד גדול שמחבר את כולם, ולוקח מידע מכל אחד ומשתף את השאר על מנת ליצור סוג של מערכת אחת מאוחדת וגדולה.

גם בתחום של איברים ביוניים אנחנו שואפים להגיע למצב הזה. האיברים הביוניים שאנחנו יוצרים מתקשרים עם הסביבה שלהם – קולטים מידע מהסביבה ומבינים באמצעות אלגוריתמים של

למידת מכונה, מה הדבר שאותו בעל האיבר המלאכותי רוצה לעשות, ופועלים בהתאם על מנת לספק את התחושה הטובה ביותר של איבר אמיתי שמחובר ממש לגוף ולא של איבר חיצוני.

בנוסף, האיברים הביוניים אוספים מידע גם על המשתמש בהם ושולחים אותו לגורמים הרלוונטיים – רופאים, מפתחים וכדומה, שיכולים להסיק מסקנות ולקבוע את המשך הטיפול של המטופל או אילו שיפורים ניתן להוסיף לאיברים הביוניים.

תחום נוסף שעולם ה-IoT הביא לנו הוא ההתאמה האישית של המכשיר אל המשתמש בו. יו הר שהזכרנו קודם פיתח תחום זה מאוד, הוא הביא לעולם את המודעות שניתן ליצור איברים ביוניים מותאמים אישית. הוא עצמו עשה זאת עבורו בשביל להמשיך בטיפוס ההרים. הוא יצר רגל ביונית מיוחדת עבור רקדנית שנקטעה לה הרגל. הרגל הביונית הייתה מיוחדת בכך שהיא התאימה בדיוק עבור ריקוד והייתה ממש המשך ישיר של הרקדנית ולא חלק נספח ממנה. הוא גם יצר עבור ספורטאי אולימפי שנקטעה לו הרגל, רגל מיוחדת ששימשה עבורו בריצות והיא הייתה כל כך טובה עד שנאסר עליו להשתמש בה בתחרויות מכיוון שהיא הייתה כל כך טובה. כלומר, אנו רואים שהעולם של IoT ושל התאמה אישית של המוצרים (ובעיקר של מוצרים לבישים) הוא עולם שמתפתח מאוד וגורם לנו לשפר את האמצעים הטכנולוגיים שאנו משתמשים בהם עוד ועוד.

ביבליוגרפיה:

1. https://www.ted.com/talks/hugh_herr_the_new_bionics_that_let_us_run_climb_and_dance
2. <https://www.telehouse.com/astounding-ways-bionics-is-changing-lives-for-the-disabled>
3. <https://www.science.org/doi/full/10.1126/science.295.5557.1018>
4. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1442-9071.2011.02590.x>
5. <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2022.03.10.483755v1>
6. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211285520302950>
7. <https://royalsocietypublishing.org/doi/epdf/10.1098/rspb.2011.1194>
8. <https://news.mit.edu/2021/new-bionics-center-established-mit-24-million-gift-0923>
9. <https://www.telehouse.com/astounding-ways-bionics-is-changing-lives-for-the-disabled>
10. https://academicworks.cuny.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1822&context=ny_pubs
11. <https://www.whatnextglobal.com/post/smart-prosthetics-use-of-ai-and-iot-in-prosthetics>
12. <https://www.scheckandsiress.com/blog/how-do-bionic-arms-work>
13. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7047902>
14. <https://www.coe-iot.com/robo-bionics-improving-human-lives-with-technology>