

רשת עצבית מלאכותית ושימושיה

Agnieszka Pregowska^{1*}, Magdalena Osial²

¹המכון למחקר טכנולוגי בסיסי, האקדמיה הפולנית למדעים, ורשה, פולין
²הפקולטה לכימיה, אוניברסיטת ורשה, ורשה, פולין

סוקרת צעירה

JANE
גיל: 10



המוח שלכם שולט בכל מה שאתם עושים, והוא עוצמתי יותר מכל מחשב שבנמצא. האיבר המורכב הזה שולח מסרים באמצעות תאים שנקראים נוירונים, ולעולם אינו מפסיק לנתח נתונים, אפילו כשאתם ישנים. מדענים מנסים להבין את המוח במטרה ליצור גרסה דיגיטלית שלו. אולם, כדי שמחשבים יעשו את הדברים שמוחנו מבצע, עלינו ליצור רשת עצבית מלאכותית, שמכילה נוירונים דיגיטליים המחברים לרשת מורכבת שדומה למבנה המוח. כדי ליצור רשת כזו, אנו צריכים להשתמש בשפה הכי אוניברסלית-מתמטית.

האם מחשבים יכולים לבצע את העבודה של המוח?

במשך שנים רבות, השתמשנו במחשבים למטרות שונות: לעבוד, לשחק, לתקשר, לצפות בסרטים ולבצע דברים רבים נוספים. מדי שנה, אנו מפתחים מחשבים טובים ומהירים יותר, אך זה לא מספיק עבורנו-אנו חולמים על מחשבי-על עם כוחות חישוב שהם מעבר לדמיונו. מחשבים כאלה יאפשרו לנו להשתמש בהרבה יותר נתונים בזמן קצר. מדענים מקבלים השראה לפיתוח מחשבים עוצמתיים כאלה מהאופן שבו המוח בנוי. המוח מורכב מתאים

נירון (Neuron)

תא במוח ובמערכת העצבים, שאחראי על שליחת אותות לתאים אחרים.

רשת עצבית מלאכותית (Artificial neural network)

גרסה דיגיטלית של הרשת המוחית, שמבצעת חישובים מתמטיים בתוך רכיבים שנקראים צמתים.

דנדרית (Dendrite)

שלוחה של נירון, אשר מקבל גירוי ומעביר אותות לגוף התא.

אקסון (Axon)

מבנה ארוך ודק שאחראי על יצירה של האות בנירון, ועל עיבודו.

סינפסה (Synapse)

נקודת תקשורת, שבה הנירונים השולחים מעבירים את ההודעה לנירונים המקבלים.

שפה בינרית (Binary language)

שפת מכונה שמייצגת נתונים באמצעות מערכת של שני סימנים 0 ו-1.

שנקראים **נירונים**, המחברים זה לזה ברשת עצומה שבה אותות חשמליים מעבירים נתונים בין הנירונים. מדענים מנסים ליצור גרסה דיגיטלית של הרשת העצבית הטבעית. הם יוצרים ניורונים מלאכותיים שמחברים בתוך רשת רחבת-היקף, שבה במקום האותות החשמליים שמשמשים במוחנו, הנתונים מיוצגים על ידי מספרים דיגיטליים במעגלים אלקטרוניים. זה נקרא **רשת עצבית מלאכותית**—רשתות אלה מסוגלות לבצע מטלות מסוימות, כמו זיהוי תמונה, ביעילות רבה. אולם, עדיין לא הגענו לגבול של מה שִׁמְחֶשְׁבִים יכולים לעשות עם רשת עצבית מלאכותית. אולי באחד הימים מחשבים יהיו מסוגלים לחשוב כמו בני אדם!

המוח הוא המחשב המוטבע של בני אדם

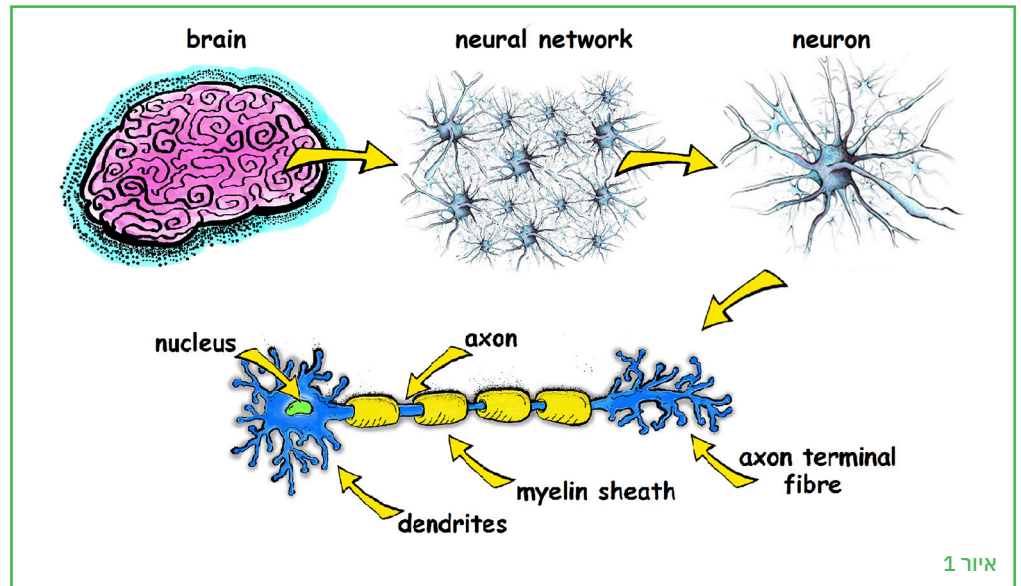
האם ידעתם שבמשך שנייה אחת המוח יכול לקבל מיליארדים על גבי מיליארדים של אותות? זוהי כמות נתונים עצומה שזורמת דרך המוח בכל שנייה! המוח האנושי הוא המחשב המוטבע שלנו, והוא המכונה המורכבת ביותר שאי פעם נוצרה. היא הרבה יותר קטנה מכדור כדורגל, אך יש לה הרבה יותר תאים מכמות הכוכבים בגלקסיית שביל החלב! אם נִדְמָה את הגוף לספינה, אז המוח הוא רב החובל. המוח יכול להסתגל במהירות רבה למצבים חדשים לגמרי ובלתי מוכרים. הוא גם יכול לזהות אובייקטים הרבה יותר מהר מהמחשב הטוב ביותר בעולם. כשאתם רואים פְּנִים של חבריכם הטובים, מוחכם מזהה אותם מהר יותר מהמהירות שבה זבובים מנפנפים בכנפיהם. מחשבים יכולים לזהות דפוסים מורכבים רבים, אך אפילו המחשבים המהירים ביותר עדיין אינם יכולים להתחרות עם המוח האנושי. מדענים מתחומים שונים מנסים כל העת להבין את מכלול התהליכים שמתרחשים במוח כשהוא מבצע מטלות כמו זיהוי תבניות.

כפי שציינו, ניורונים הם תאים במוח שיכולים להוליך אותות חשמליים ולהעביר מידע לתאים אחרים. לנירונים יש גוף תא המכיל גרעין, ומבנים ארוכים דמויי חוט שנשלחים מגוף התא במטרה להעביר אותות חשמליים. מבנים אלה נחלקים לשתי קבוצות: **דְּנְדְרִיטִים**—מקבלים נתונים מנירונים אחרים ומעבירים את הנתונים לְעֵבֶר גוף התא; ו**אֶקְסוֹנִים**—מעבירים נתונים הרחק מגוף התא דרך ניורונים אחרים. דנדרטים הם קצרים הרבה יותר מאקסונים, ולאקסונים לעיתים קרובות יש מעטפת שומנית שנקראת יריעת מִיאֵלִין, אשר פועלת כחומר מבודד סביב לחוט, ומסייעת לאותות החשמליים לזרום (**איור 1**). המקום שבו שני ניורונים נפגשים כדי להעביר אותות זה לזה נקרא **סינפְּסָה**.

גם כאשר ניורונים אינם שולחים אות חשמלי לנירונים אחרים, תמיד ישנה רמת רקע נמוכה של פעילות חשמלית שמתקדמת לאורך הנירונים. מדענים מכנים את חשמל הרקע הזה "רעש", וכאשר משתמשים בצידוד כדי לשרטט גרף של הפעילות החשמלית של ניורונים, הרעש מופיע כקו מעט מפותל. כאשר הנירון מעביר אות חשמלי, הדבר נראה כמו עלייה חדה או שיא על גבי הגרף (**איור 2**). אם כן, אנו יכולים לחשוב על נירון כיחידה שמתקיימת באחד משני מצבים: "כבוי" (רעש), או "דלוק" (שולח אות חשמלי חד) [1]. בשפת המתמטיקה ניתן לייצג מצבים אלה באמצעות שני סמלים: "0" (כבוי), ו-"1" (דלוק). השפה של הספרות 0 ו-1 מוכרת בתור **שפה בינרית**, וזוהי גם השפה שעליה מבוססים מחשבים!

איור 1

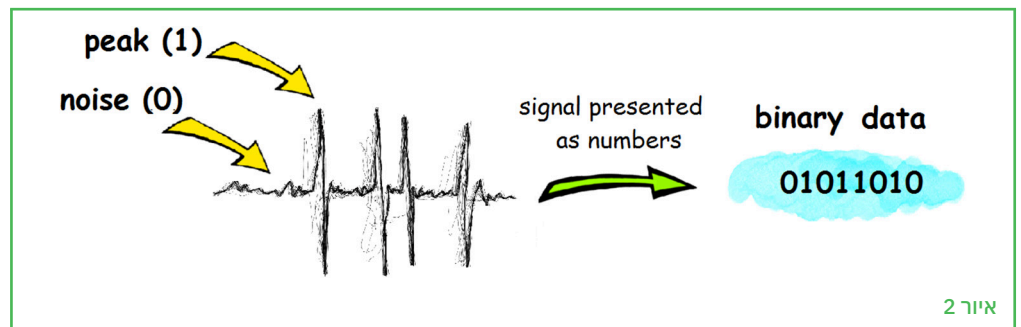
מרכיבי המוח. המוח מורכב מניורונים (neurons) רבים שמחוברים ברשת מוחית מורכבת. לכל ניורון יש גוף תא, שמכיל את הגרעין (nucleus) מגוף התא שנקראות אקסון (axon) ודנדריטים (dendrites). דנדריטים מקבלים אותות חשמליים שמגיעים לתוך התא, בעוד שאקסון מעביר את האות החשמלי הרחק מגוף התא, אל עבר ניורונים אחרים.



איור 1

איור 2

שפה בינרית. אותות חשמליים יכולים להיות מיוצגים באמצעות שפה בינרית-סדרה של ספרות 0-1.



איור 2

יצירת רשת עצבית מלאכותית

דמיינו יצירה של מבנה תלת-ממדי גדול מצינורות בכמה צורות וגדלים. כל צינור יכול להיות מחובר לצינורות רבים אחרים, ויש לו שסתום שיכול להיפתח או להיסגר. כפועל יוצא, מתקבלים מיליוני צירופים של חיבורי צינורות. כעת, נחבר את מתקן הצינורות לברז מים. צינורות בגדלים שונים יאפשרו למים לזרום במהירויות שונות, ואם השסתומים סגורים, המים לא יזרמו. המים מייצגים את הנתונים שמועברים במוח; הצינורות מייצגים ניורונים והשסתומים מייצגים את הקשרים בין ניורונים-הסינפסות. מדענים מנסים ליצור מוח דיגיטלי שמחבר בין ניורונים דיגיטליים כמו צינורות המים הדמיוניים הללו. בהתבסס על קידוד בינרי של ניורונים, מדענים מקווים ליצור מכונה חושבת שהיא גרסה אלקטרונית מדויקת של המוח, מלאה בניורונים דיגיטליים שפועלים יחד ברשת גדולה, יעילה ואמינה: רשת עצבית מלאכותית.

הניורונים הדיגיטליים שמייצרים רשת מוחית מלאכותית נקראים **צִמְתִּים**. לכל צומת יש מאפיין מיוחד, שנקרא **משקל**, אשר מתוכנת על ידי המפתחים. המשקל של צומת יכול להיות מושווה לשסתומים במבנה הצינורות הדמיוני שלנו, או לסינפסות במוח-שסתומים המווסתים את עוצמתם של אותות נכנסים. כעת, נדמיין שהצינורות במבנה שלנו מובילים למִקְל, המייצג ניורון מלאכותי. כל שסתום מווסת את כמות המים שנכנסים למכל. כמות המים הכוללת שמגיעה מצינורות שונים היא ה"קֵלֵט" של המכל, אשר נקרא "אות קֵלֵט"

צומת (Node)

רכיב ברשת עצבית מלאכותית שפועל כגרסה דיגיטלית של ניורון.

משקל (Weight)

כלי המאפשר שינוי של האות.

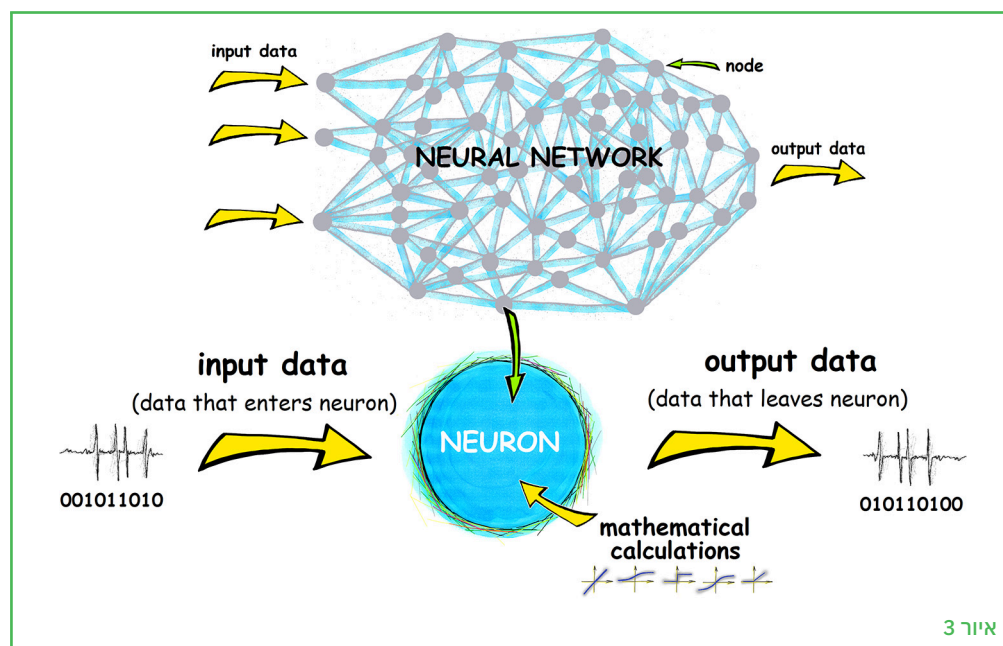
ברשת עצבית מלאכותית. השסתומים מייצגים את המשקלים של הצמתים, אשר מווסתים את עוצמת האותות שמגיעים לצמתים מהסביבה ומניירונים אחרים. המכל המלא במים הוא כמו נתוני פֶּלֶט-התמונות, האותות והצלילים שהמוח מפרש מהעולם שבחוץ.

לכל צומת ברשת העצבית המלאכותית יש קֶלֶטִים רבים, שמייצגים אותות קלט מהסביבה ומניירונים אחרים. כאשר הרשת פעילה, הצומת מקבל נתונים שונים (אותות), אשר יכולים להיות מיוצגים על ידי ספרות) דרך כל קלט, ומכפיל את הנתונים במשקלים המיוחסים להם. לאחר מכן, הצומת מסכם את כל אותות הקלט במטרה לקבל את הסך הכול, שהוא אות הפלט. זוכרים כיצד הסברנו שניירונים בדרך כלל חווים רמה נמוכה של רעש חשמלי, שאינו חזק מספיק להעברת האות? ברשת עצבית מלאכותית, אם אות הפלט הוא מתחת לסף שהוגדר מראש, הצומת אינו מעביר נתונים לשכבה הבאה-זה נחשב כרעש. אם אות הפלט עובר את הסף, הצומת שולח אותו לשכבה הבאה-באותו האופן שבו אות נשלח לאורך סינפסה כאשר הפעילות החשמלית במוח גבוהה מספיק. כל זה מתרחש בשפה הבינרית של הספרות 0-1.

במטרה לעצב דור חדש של מחשבי-על ששואב השראה מהמוח האנושי, אנו זקוקים לרשת עצבית שבנויה מניירונים מלאכותיים (איור 3). יצירת רשת כזו לא תתאפשר ללא שימוש במתמטיקה כדי לייצג את האופן שבו ניירונים אמיתיים מתפקדים.

איור 3

המבנה של רשת עצבית מלאכותית. רשת עצבית מלאכותית מורכבת מניירונים מלאכותיים, שנקראים צמתים (nodes), אשר עורכים חישובים על נתוני קלט (input data) ומעבירים הלאה את התוצאות של חישובים אלה כנתוני פלט (output data).



איור 3

ניירונים מלאכותיים: אז והיום

הצומת, או הניירון המלאכותי, הוא יחידה בסיסית של רשת עצבית מלאכותית. הניירון המלאכותי הראשון הוצע בשנת 1943, על ידי וורן מק'קאלוק וולטר פיטס, והוא נקרא פֶּרְסֶפְטֶרוֹן. נתונים נכנסים לניירון מלאכותי פשוט זה, עוברים חישובים מתמטיים, ואז יוצאים ממנו. ניירונים מלאכותיים יכולים להיות מאורגנים בכמה שכבות כך שכל שכבה מבצעת חישובים שונים. השכבה האחרונה היא שכבת הפלט; כל השכבות האחרות נקראות ניירוני

קלט. נירוני קלט אינם מקבלים החלטות סופיות, הם רק מנתחים את הפרטים של אות הקלט, ומעבירים את המידע הלאה לשכבה הבאה לניתוח נוסף. זו הצורה הפשוטה ביותר של רשת עצבית מלאכותית, אך מדענים מנסים לבנות רשתות מורכבות מאוד המחברות נירונים רבים אשר, שלא כמו פרספטרונים, יכולים לבצע חישובים מתקדמים, ממש כמו נירונים במוחות שלנו.

מסקנות

רשתות עצביות מלאכותיות נוצרות במטרה לחקות את המוח האנושי באופן דיגיטלי. הן משמשות כיום עבור ניתוחים מורכבים בתחומים שונים, מרפואה ועד הנדסה, וניתן להשתמש בהן לעיצוב הדור הבא של המחשבים [2]. רשתות עצביות מלאכותיות הן כיום מרכיב חיוני בתעשיית המשחקים. נוסף על כך אנו יכולים לעשות בהן שימוש לצורך זיהוי כתב יד, מה שעשוי להיות מועיל בתעשיות כמו בנקאות. רשתות עצביות מלאכותיות יכולות גם לבצע דברים חשובים רבים בתחום הרפואה. ניתן למשל להשתמש בהן כדי לבנות מודלים של גוף האדם, שיוכלו לסייע לרופאים לאבחן מחלות בקרב מטופליהם בדיוק רב. הודות לרשתות אלה, ניתן לנתח תמונות רפואיות מורכבות, כמו למשל סריקות CT, בִּיקָר מהירות ודיוק. הצפי הוא כי מכונות שמתבססות על רשתות נירונים יהיו מסוגלות לפתור בעיות מורכבות רבות בעצמן, וילמדו מהטעויות של עצמן. ייתכן שבאחד הימים נהיה מסוגלים לחבר בין בני אדם למכונות דרך מכשיר שנקרא ממשק מוח-מכונה! זה יתמיר את המחשבות האנושיות לאותות שיוכלו לשלוט במכונות. אולי, בעתיד, נצטרך רק להשתמש במחשבותינו כדי לתקשר עם הסביבה.

מקורות

1. Gerstner, W., Kistler, W. M., Naud, R., and Paninski, L. 2014. *Neuronal Dynamics: From Single Neurons to Networks and Models of Cognition*. Cambridge: Cambridge University Press.
2. Ghosh-Dastidar, S., and Adeli, H. 2009. Spiking neural networks. *Int. J. Neural Syst.* 19:295–308. doi: 10.1142/S0129065709002002

פורסם אונליין: 05 במאי 2023

נערך על ידי: Lauren Jantzie

מנחה מדעי: Nathan A. Jorgensen

ציטוט: Pregowska A and Osial M (2023) רשת עצבית מלאכותית ושימושיה. *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2021.560631-he

תורגם והותאם מ: Pregowska A and Osial M (2021) What Is An Artificial Neural Network and Why Do We Need It? *Front. Young Minds* 9:560631. doi: 10.3389/frym.2021.560631

הצהרת ניגוד אינטרסים: המחברים מצהירים כי המחקר נערך בהעדר כל קשר מסחרי או פיננסי שיכול להתפרש כניגוד אינטרסים פוטנציאלי.

Pregowska and Osial 2023 © 2021 © **COPYRIGHT** זהו מאמר בגישה פתוחה שמופץ תחת תנאי רישיון **Creative Commons Attribution License (CC BY)**. השימוש, ההפצה או ההעתקה מותרים לשימוש בפורומים אחרים ובלבד שיינתן קרדיט למחבר(ים) המקוריים ולבעל זכויות היוצרים, ושהפרסום המקורי בעיתון זה מצוטט בהתאם למקובל באקדמיה. השימוש, ההפצה או ההעתקה אינם מותרים אם הם אינם עומדים בתנאים אלה.

סוקרת צעירה

JANE, גיל: 10

אני ג'יין, לומדת בכיתה ד, אוהבת לקרוא ספרים, לעסוק באומנות ולשחק בחוץ. אני אוהבת חיות ורוצה לסייע להגן עליהן כשאגדל.

הכותבות

AGNIESZKA PREGOWSKA

אגניאסקה פרגוואסקה היא מדענית מהמכון למחקר טכנולוגי בסיסי באקדמיה הפולנית למדעים. המחקר שלה מתמקד בעיבוד אותות ביו-רפואיים, נירו-אינפורמטיקה, ויישום של מציאות רבודה ומדומה ברפואה. אגניאסקה היא מהנדסת שעובדת על כמה סוגי אותות. היא משתפת פעולה עם מדענים מתחומים של רפואה, ביו-פיזיקה, ביו-הנדסה, מדעי המחשב, סטטיסטיקה ואינפורמטיקה במטרה לספק תובנות לאבחונים רפואיים מותאמים אישית. היא נהנית לטייל, לרכוב על אופניים למרחקים ארוכים, לרקוד ולרכוב על אופנוע. *aprego@ippt.pan.pl

MAGDALENA OSIAL

מגדלנה אוסיאל היא מדענית מאוניברסיטת ורשה. המחקר שלה מתמקד בפיתוח טיפולים עבור מחלות שונות. היא כימאית ומשתפת פעולה עם מדענים מתחומים שונים שעובדים על מגוון פרויקטים בין-תחומיים לרבות חיישנים אלקטרוכימיים, אבחונים רפואיים והנדסה. מגדלנה שואפת להנגיש את המדע לקהל הרחב, ולכן כשאינה במעבדה היא נהנית להעביר סדנאות מדע לילדים. את זמנה הפנוי היא מבלה בטיולים, ציור, משחקי לוח ומשחקי מחשב קלאסיים. *mosial@chem.uw.edu.pl



מוזיאון המדע ע"ש בלומפילד ירושלים
متحف العلوم على اسم بلومفيلد القدس
Bloomfield Science Museum Jerusalem



הוצאת פרונטירז מדע לצעירים ישראל

Hebrew version provided by



THE SAGOL NETWORK