
רשתות עצביות מבוססות תורת המידע ויישומיהן

מחקר לשם מילוי חלקי של הדרישות לקבלת תואר
"דוקטור לפילוסופיה"

מגיש
אביב דותן



הוגש לסנאט אוניברסיטת בן גוריון בנגב

אדר א' ה'תשפ"ב

באר שבע

רשתות עצביות מבוססות תורת המידע ויישומיהן

מחקר לשם מילוי חלקי של הזרישות לקבלת תואר
"דוקטור לפילוסופיה"

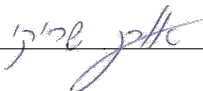

מגיש

אביב דותן

העבודה נעשתה בהדרכת

ד"ר אורן שריקי
ופרופ' מעוז שמיר

המחלקה למדעי הקוגניציה והמוח

אישור המנחים:  

אישור דיקן בית הספר ללימודי מחקר מתקדמים ע"ש קרייטמן:

אדר א' ה'תשפ"ב

באר שבע

הצהרת תלמיד המחקר

אני החתום מטה מצהיר בזאת כי:

- חיברתי את החיבור בעצמי, להוציא את עזרת ההדרכה שקיבלתי מאת המנחה והקולגות.
- החומר המדעי הנכלל בעבודה זו הינו פרי מחקרי מתקופת היותי תלמיד מחקר.

תאריך: כ"א באדר א' ה'תשפ"ב

שם התלמיד: אביב דותן

חתימה: אביב דותן

תקציר

על כל מודל חישובי של רשת תחושתית ראשונית במוח לעמוד במספר דרישות. בפרט, על המודל להיות מסוגל להסביר גם תפקודים מוחיים רגילים וגם הפרעות תפקודיות, תוך שהוא מאפשר יישום סביר מבחינה ביולוגית. יתר על כן, על מנת לאפשר פיתוח של תובנות והבנה מעמיקה, רצוי שלמודל תהיה מטרה חישובית ברורה.

אחד העקרונות החישוביים המתאימים למידול רשתות תחושתיות ראשוניות הוא אנטרופיה מירבית. למרות שעקרון זה שימש בעבר לחקר תפקודי מוח רגילים, יכולתו להסביר הפרעות תפקודיות כמעט שלא נחקרה. כדי לעגן את המחקר שלנו בבעיה ממשית, התמקדנו בסוג מסוים של הפרעה תפקודית: תחושות פנטום הנגרמות מחסך תחושת. לדוגמה, חסך שמיעתי כרוני ידוע כגורם להזיות הנודעות בשם טנטון. כדי לחקור תופעה זו, אִמְנֵנו רשת עצבית משובית מבוססת אנטרופיה מירבית לייצג גירויים שמיעתיים מלאכותיים. ראשית, אנו מראים שהרשת המאומנת מציגה מספר סימני היכר של רשתות שמיעתיות ראשוניות. לאחר מכן, אנו מדמים חסך תחושת כרוני, ומדגימים הופעת פעילות שאינה תלויה בקלט, המזכירה טנטון.

רעיונית, ניתן להשתמש בגישת האנטרופיה המירבית לחקר תופעות שונות במגוון אופנויות תחושתיות. עם זאת, אם נרצה להשתמש במודל דומה עבור הרשתית, למשל, ניתקל בבעיה: ידוע שהרשתית מבצעת דחיסה ומפחיתה מימדים, אך אין מימוש קיים של גישת האנטרופיה המירבית עבור רשתות שכאלה. מונעים מבעיה זו, פיתחנו אלגוריתם חדש ללמידה לא מפקחת, המבוסס על אנטרופיה מירבית, המיועד לרשתות המפחיתות מימדים ולומד למצוא ייצוג זחוס של הקלט שלהן. הגישה שלנו משלבת באופן טבעי אלגוריתם מוכר המבוסס על אנטרופיה מירבית, עם שיטת הפחתת הממדים המוכרת של ניתוח רכיבים עיקריים. בניגוד למקבילתה הנפוצה, הגישה שלנו מאפשרת למידה מקוונת יעילה, מה שהופך אותה למתאימה למידול מנגנוני למידה במוח.

בעוד שגישת האנטרופיה המירבית מתאימה למידול של רשתות תחושתיות ראשוניות, היא אינה מתאימה למידול רשתות גבוהות יותר במוח בשל טבעה הלא מפקח. גישה מתאימה אחרת למידול רשתות כאלו היא עקרון צוואר הבקבוק המידעי. מטרת גישה זו היא למצוא ייצוגים תמציתיים של הקלט אשר רלוונטיים למשימה נתונה; עם זאת, פתרונות קיימים מבוססי רשתות עצביות הינם מוגבלים לייצוגים סטוכסטיים, בעוד שעל הייצוג התמציתי ביותר להיות דטרמיניסטי. בעזרת טכניקות שפיתחנו כדי להתמודד עם הפחתת המימדים המבוססת על אנטרופיה מירבית, גזרנו פונקציית מטרה חליפית לזו של צוואר הבקבוק המידעי, המתאימה ללימוד ייצוגים דטרמיניסטיים. פונקציית מטרה זו מורכבת באופן טבעי משלושה איברים: גורם המקשר את הייצוג למשימה שעל הפרק; גורם הִסְדָּרָה, האוכף את הייצוג להיות תמציתי; וגורם שלישי, המזכיר פונקציות מטרה מוכרות שנגזרות מעיקרון האנטרופיה המירבית. כל אחד מהגורמים הללו מוכר היטב בפני עצמו, מה שמאפשר הבנה אינטואיטיבית של הכוחות הפועלים. שוב, הגישה שלנו מאפשרת למידה מקוונת יעילה, מה שהופך אותה לאידיאלית עבור מידול רשתות גבוהות יותר במוח הדוחסות מימדים.

מטרת עבודה זו להמשיך ולמצב רשתות עצביות המבוססות על תורת המידע כמתאימות למידול הן של תפקודים מוחיים תקינים והן של הפרעות בתפקוד, כמו גם הרחבת מערך הכלים הקיים כהכנה למחקרים קשורים נוספים.