



כלי אוטומטי לזיהוי אזורים במוח בזמן אמת במהלך גירוי מוחי עמוק (DBS)

רקע

פרקינסון

פרקינסון היא מחלה נוירו-דגנרטיבית הנגרמת ממחסור בדופמין ובתאים מייצרי דופמין בחומר השחור (אזור במוח), עקב הצטברות חלבון בשם אלפא - סינוקלאין. לפי הערכות כ-10 מיליון אנשים ברחבי העולם חולים במחלה.

גירוי מוחי עמוק (DBS)

גירוי מוחי עמוק (DBS) היא שיטת גירוי מוחי חשמלי בתדר גבוה של הגרעינים הבזאליים - המטרות, באמצעות אלקטרודות מושלתות. השיטה משמשת כטיפול מוצלח לתסמינים מוטוריים, לאחר ששאר טיפולים נמצאו לא יעילים. במהלך הניתוח למיקום האלקטרודות, יש צורך בזיהוי המטרות. המטרות הן זעירות, ושלל עזרים (לדוגמה MRI) לא יעילים לצורך זיהוי טרם הניתוח ובזמן הניתוח. פעולת ניווט האלקטרודות בנייתוח מסובכת ביותר וצריכה להתבצע בזמן אמת, כיום נדרשים לשם כך נירוכירורג ואלקטרופיזיולוג נווט. לטיפול אחוזי כישלון של 10% הנובעים מטעויות אנוש, חוסר דיוק ושלל סיבות אחרות. יעילות הטיפול צונחת כאשר האלקטרודות ממוקמות מחוץ ליעד המטרה.

דחף עצבי - הספייק

תקשורת בסיסית במוח מתבצעת באמצעות העברת מידע אלקטרוסטטי בין נירונים. פעולה זו נקראת דחף עצבי, או ספייק. ספייקים ניתנים למדידה בעזרת הקלטות מוח.

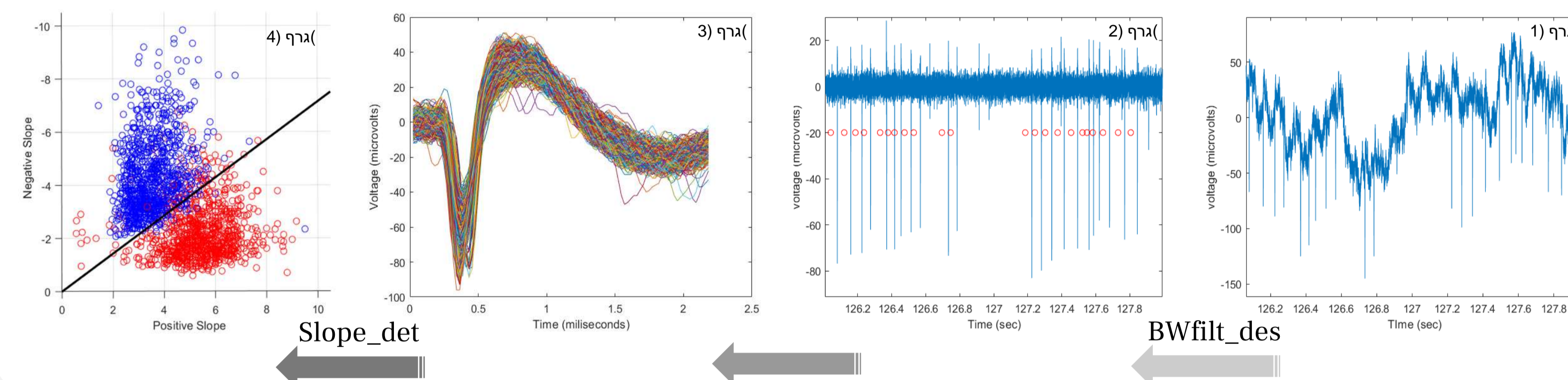
השערה ומטרת המחקר

מטרת המחקר: להצליח לזהות בזמן אמת, בצורה אוטומטית ודינאמית, את אזורי המטרות - על מנת ליצור יעול והנגשה גלובלית וכלכלית להליך ה-DBS.

השערת המחקר: ניתן לזהות בצורה אוטומטית את האזור בו ממוקמת האלקטרודה בזמן אמת, על סמך צורת הספייק בלבד הנקלטת מהאלקטרודה.

מהלך המחקר

נאספו הקלטות חוץ-תאיות משני אזורים צמודים בגרעינים הבזאליים (מטרות DBS); ה-GP וה-Striatum. בוצע סינון בין רעשי הרקע לספייקים, ואנליזה שבמרכזה ניתוח אשכולות למאפיינים שניתן להפיק מצורת הספייק.

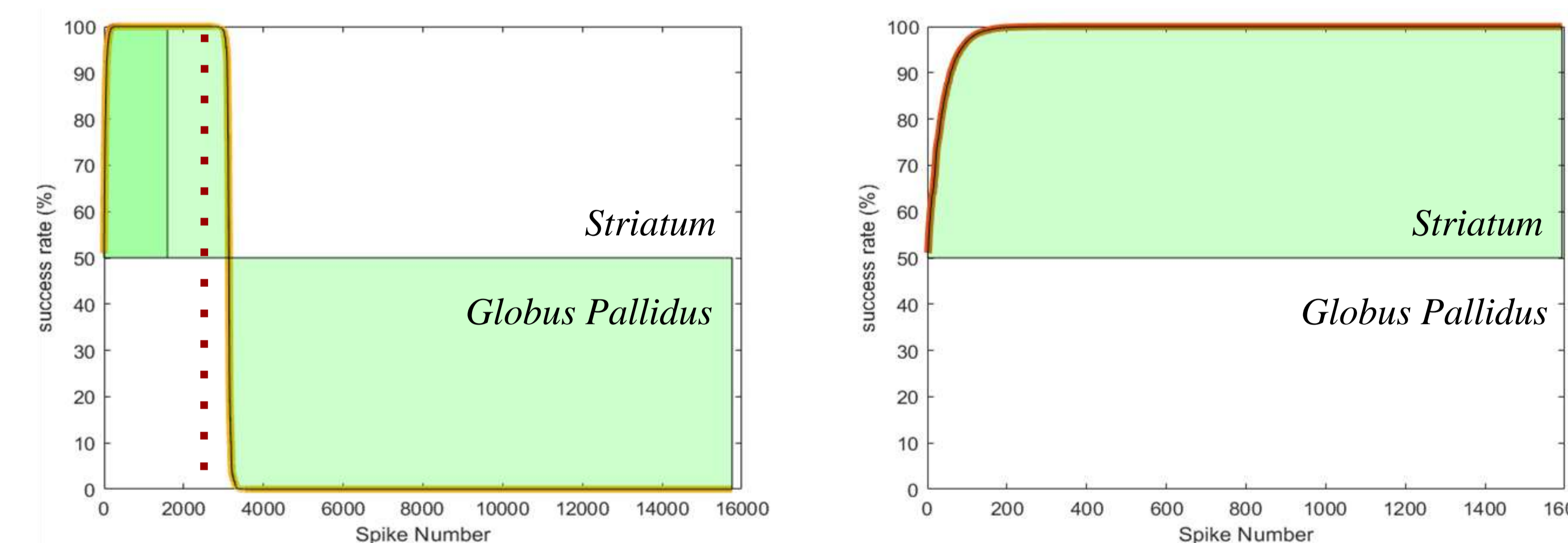


שלבי ביצוע המחקר: **השלב הראשון** (גרף 1), הקלטות חוץ תאיות לפני סינון רעשי רקע. **השלב השני** (גרף 2), הקלטה שעברה סינון ספייקים מרעשי הרקע עם הפילטר BWfilter_designer. **השלב השלישי** (גרף 3), צורת הספייק המתקבלת מקיבוץ הספייקים המזוהים בשלב השני. **השלב הרביעי** (גרף 4), אנליזה על מאפיינים שניתן להפיק מצורת הספייק עם הפונקציה Slope_det. בגרף, כל נקודה מייצגת ספייק, על ציר X - השיפוע הראשון של הספייק, ועל ציר Y - השיפוע השני של הספייק (דוגמאות לחלק ממאפייני הספייק). צבעים הם שיוך לשני אזורי מטרות של DBS - הסטריאטום (כחול) וה-GP (אדום).

תוצאות

תוצאות האנליזה הניחו בסיס לכתיבת אלגוריתם, ולאחר שנבדק על הקלטות שטרם נחשף אליהם, ניתן לראות כי

האלגוריתם מצליח לזהות בין מטרות ה-DBS בצורה דינאמית, בזמן אמת, במהירות גבוהה וביעילות הקרובה למאה אחוזים.



גרף 5: דוגמה להחלטת האלגוריתם על אזור בהינתן הסטריאטום. האלגוריתם מצליח לזהות אותו לאחר כ-100 ספייקים.

גרף 6: החלטה דינאמית של האלגוריתם על אזור בהינתן הסטריאטום. בספייק 2500 האלגוריתם מקבל מידע מה-GP. ההחלטה משתנית לאחר כ-600 ספייקים.

חדשנות

חדשנות המחקר מתמצתת לארבע נקודות מרכזיות:

- ✓ **יעול השיטה** - אחוזי הצלחה גבוהים יותר
- ✓ **הנגשה כלכלית** - עלות נמוכה יותר
- ✓ **הנגשה גלובלית** - ביותר מקומות בעולם
- ✓ **נגישות** - ליותר מטופלים וליותר מטפלים

הפיתוח יאפשר תשתית לאוטומטיזציה מוחלטת לניווט ב-DBS ויעול משמעותי של הזיהוי המוקדם והניווט בזמן אמת במהלך הניתוח הזה ודומים לו. אלו עשויים ליצור הנגשה גלובלית לטיפול מצד הגדלת מספר המטופלים ומצד הגדלת מספר הנירוכירורגים והאקטרופיזיולוגים שיוכלו להשתמש ולטפל בגירוי מוחי עמוק. עלות הטיפול תרד עקב הפחתה בשימוש של רופאים מומחים, ואחוזי הצלחת הטיפול יעלו.

חשיבות המחקר והצעות להמשך

המחקר הניב שיטה חדשה לזיהוי אזורים במוח - לפי צורת הספייק בלבד. חלק מאותם מאפייני הספייק (כמו שיפועי הספייק) לא נחקרו לפני. התוצאות הראו כי שיטה זו בעלת אחוזי הצלחה גבוהים ביותר. קיימות דרכים לשיפור השיטה, כמו המשך ושילוב מאפיינים נוספים. שלבי המחקר העתידיים כוללים הוספת עוד מטרות ואזורים במסלול האלקטרודה ליכולת הזיהוי של האלגוריתם, וכאשר יושלם יהיה ניתן לזנוח כמעט כל הכנה מראש לניתוח לטובת שימוש באלגוריתם בלבד -

אוטומטיזציה מוחלטת לגירוי מוחי עמוק.

בנוסף, קיימות מספר דרכים מייעלות אנליזה, כמו קוד לזיהוי הקלטות תקולות לצורך העלאת תוקף המסקנות.

מתחרים

נטע צבי רוז

ביה"ס

התיכון הישראלי למדעים

ולאומנויות - יאס"א, ירושלים

מורה מלווה

ד"ר ישראל רפפורט

מנחה

פרופ' חגי ברגמן,

האוניברסיטה העברית בירושלים

הנחיה מטעם התחרות

ד"ר אילנה כספי

