

שימוש ב OCT ולמידת מכונה לזיהוי חריגות ראייה בילדים עם נוירופיברומטוזיס סוג 1

אילת גולדשטיין¹, קרלוס פרסנט קנידה², ז'ואן ג'יספס פרסריסס²
¹המחלקה למדעי המחשב, המרכז הרב תחומי ירושלים
²האוניברסיטה הפוליטכנית של קטלוניה, המחלקה לאופטיקה ואופטומטריה

מטרות: לפתח ולהעריך מודלים של למידת מכונה לזיהוי חריגות ראייה "נוכחיות" בילדי NF-1 על בסיס מדידות עובי שכבות (OCT ולא תמונות גולמיות), ולגזור ספי-חתך פרשניים לסיכון.

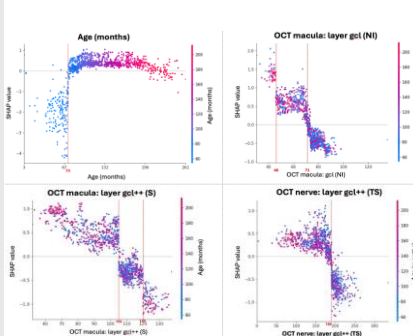
רקע: נוירופיברומטוזיס סוג 1 (NF-1) היא מחלה גנטית בילדים עם סיכון מוגבר לפגיעה בראייה. OCT מאפשר מדידה לא-פולשנית ברזולוציה גבוהה של שכבות רשתית ועצב הראייה, אך חסרים כלים כמותיים, פרשניים וישימים קלינית שמתרגמים את המדידות להערכת סיכון לחריגות ראייה.

שיטות המחקר: מחקר רטרוספקטיבי-אורכי במרכז רפואי יחיד (2018–2023), שכלל 515 מדידות OCT מ-168 ילדים/נערים עם NF-1 (גיל 3–19). חדות ראייה הוגדרה לפי ספי LogMAR מותאמי-גיל, ובוצעו סריקות OCT של ה-macula ועצב הראייה עם סגמנטציה אוטומטית לשכבות GCL+, GCL+ RNFL, וכווראיד. נבחנו 9 אלגוריתמים (כולל Logistic Regression, Random Forest, ו-Balanced Random Forest) עם GroupKFold למניעת דליפת מידע בין ביקורים של אותו מטופל. הביצועים הוערכו באמצעות PR-AUC, AUC, Recall/Precision ומדדים נוספים; פרשנות ניתנה בעזרת SHAP והופקו ספי-חתך ושילוב מצטבר.

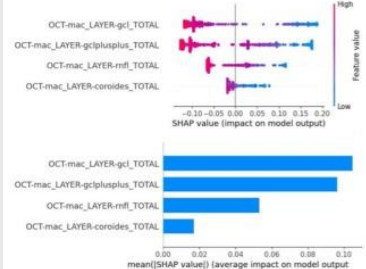


ממצאים: מודל Balanced Random Forest נבחר כמודל סופי בשל Recall הגבוה ביותר (0.66) תוך Overfitting נמוך ($\Delta AUC=0.04$). על סמך שכבות macula מצטברות התקבלו $AUC=0.82$ ו- $PR=0.75$ עם $Precision=0.62$. דלדול (thinning) של RNFL ושל GCL+ זוהה כמנבא מרכזי לחריגות ראייה, והוגדרו ספי-חתך שבהם הסיכון עולה בחדות. ניתוח מצטבר הראה כי חצית $3 \leq$ מתוך 8 ספים מזהה 84% מהמקרים החריגים, במחיר סימון 44% מהנורמליים.

תרשימי תלות SHAP מציגים את הקשר בין עובי שכבות OCT במקולה ובעצב הראייה לבין תחזית המודל. ערכי SHAP גבוהים מצביעים על סיכון מוגבר לראייה חריגה. הקווים האדומים מסמנים ספי עובי שבהם הסיכון החזוי עולה, ועשויים לשמש כמדדים קליניים פרשניים.



תרשימי SHAP המציגים את תרומת עובי שכבות המקולה והשכבות העצביות לחיזוי ראייה חריגה. המאפיינים מדורגים לפי חשיבותם; צבע אדום מציינ ערכים גבוהים וכחול ערכים נמוכים. ערכי SHAP חיוביים מעלים את ההסתברות החזויה לראייה חריגה, וערכים שליליים מפחיתים אותה. תרשים העמודות מציג את חשיבות המאפיינים הכוללת.



מסקנות והמלצות: מדידות OCT כמותיות בשילוב מודלים פרשניים מאפשרות סיווג סיכון קליני בר-יישום לזיהוי חריגות ראייה בילדי NF-1, עם אפשרות להגדיר ספים ברורים ולעבוד בגישה מצטברת המותאמת לצורכי סקר/מעקב. מומלץ לבצע ולידציה פרוספקטיבית רב-מרכזית, לבחון הטמעה בזרימת העבודה הקלינית, ולהעריך האם שימוש בכלי מפחית החמצת מקרים ומשפר תוצאי ראייה לאורך זמן.

