

ارزیابی الگوریتم‌های طبقه‌بندی در تشخیص بیماری پارکینسون مبتنی بر داده‌های صوتی

زینب عباسی

دانشکده مهندسی، مرکز آموزش عالی محلات، محلات، ایران؛

چکیده

این مقاله با هدف بهبود تشخیص بیماری پارکینسون بر اساس ویژگی‌های صوتی، رویکردی دو مرحله‌ای ارائه می‌دهد: ابتدا برای غلبه بر مشکل عدم توازن نمونه‌ها، از الگوریتم بیش‌نمونه‌برداری SMOTE استفاده شده است. سپس عملکرد سه الگوریتم طبقه‌بندی پرکاربرد یعنی درخت تصمیم C4.5، شبکه عصبی پرسپترون چندلایه (MLP) و جنگل تصادفی (RF) بر روی داده‌های متوازن‌شده ارزیابی و مقایسه گردید. آزمایش‌ها بر روی مجموعه‌داده پارکینسون از مخزن UCI و با استفاده از اعتبارسنجی متقابل پنج‌بخشی انجام شد. معیارهای ارزیابی شامل دقت، حساسیت، اختصاصیت و میانگین هندسی بود. نتایج نشان داد که استفاده از SMOTE به طور قابل‌توجهی تعادل بین معیارهای حساسیت و اختصاصیت را بهبود بخشید. در میان طبقه‌بندها، الگوریتم جنگل تصادفی (RF)، به‌عنوان کارآمدترین طبقه‌بند برای تشخیص دقیق و متوازن بیماران و افراد سالم شناسایی شد.

مقدمه

بیماری پارکینسون یکی از بیماری‌های شایع در جهان است که تشخیص آن چالشی مهم در سیستم درمانی محسوب می‌شود. الگوریتم‌های یادگیری ماشین با توانایی خود در کشف الگوها و یادگیری روابط بین داده‌ها می‌توانند برای تشخیص به موقع بیماری پارکینسون بسیار موثر باشند. با آموزش مدل‌های طبقه‌بندی و پیش‌بینی کننده با استفاده از مجموعه داده‌های حاوی ویژگی‌های استخراج‌شده از سیگنال‌های صوتی افراد سالم و بیمار، می‌توان سیستم‌های تشخیص بالینی ایجاد کرد که روال تشخیص بیماری را سریع و دقیق انجام دهند.

چارچوب پیشنهادی

در این مقاله سه الگوریتم طبقه‌بندی پرکاربرد به نام‌های درخت تصمیم (C4.5)، شبکه عصبی پرسپترون چندلایه (MLP) و جنگل تصادفی (RF) برای تشخیص بیماری پارکینسون استفاده شده است. علاوه بر این برای غلبه بر چالش وجود داده‌های نامتوازن از روش نمونه‌برداری بیش‌ازحد اقلیت مصنوعی (SMOTE) برای ایجاد یک مجموعه‌داده متوازن و بهبود عملکرد طبقه‌بندی در شناسایی بیماران استفاده می‌شود. سپس، مدل‌های آموزش‌دیده بر اساس معیارهای دقت، حساسیت و دقت تشخیص (اختصاص‌مندی) مورد سنجش و مقایسه قرار می‌گیرند تا کارآمدترین الگوریتم شناسایی گردد.

شبیه سازی و نتایج

در جدول ۱، نتایج اجرای آزمایش‌ها ارائه شده است. شایان ذکر است که پس از اجرای الگوریتم SMOTE، تعداد کل نمونه‌های مجموعه به ۲۴۳ نمونه رسید، که از این تعداد ۹۶ نفر سالم و ۱۴۷ نفر بیمار بودند. یعنی تعداد افراد سالم به کمک الگوریتم SMOTE، دو برابر شد که نرخ عدم توازن را به مقدار زیادی بهبود می‌دهد.

همانطور که در نتایج جدول ۱ قابل مشاهده است، الگوریتم RF بهترین نتایج را پس از اجرای الگوریتم بیش‌نمونه‌برداری SMOTE کسب کرده است. این نشان دهنده کارایی این الگوریتم در تشخیص و طبقه‌بندی نمونه‌های سالم و بیمار دارد. هم‌چنین با توجه به نتایج تأثیر الگوریتم SMOTE بر روی کاهش عدم توازن و رسیدن به نتایج بهتر به خوبی مشخص است. پیش از اجرای این الگوریتم مقادیر حساسیت و اختصاصیت به ترتیب ۵۸.۳۳ و ۹۸.۶۴ بود، اما پس از اجرای الگوریتم هر دو معیار به یک مقدار تقریباً برابر رسیده‌اند و در نتیجه شاخص میانگین هندسی نیز افزایش خوبی داشته است. یعنی الگوریتم هر دو گروه بیمار و سالم را به خوبی تشخیص می‌دهد.

طبقه‌بند	الگوریتم	دقت	حساسیت	اختصاصیت	میانگین هندسی
C4.5	مجموعه داده اولیه	84.1	66.66	89.79	77.37
	نتایج پس از اجرای SMOTE	77.36	95.83	65.31	79.11
MLP	مجموعه داده اولیه	85.13	58.33	93.87	74.00
	نتایج پس از اجرای SMOTE	89.71	85.41	92.51	88.89
RF	مجموعه داده اولیه	88.72	58.33	98.64	75.85
	نتایج پس از اجرای SMOTE	92.59	92.70	92.51	92.61

جدول ۱. نتایج اجرای آزمایش‌ها

نتیجه گیری

این پژوهش با هدف ارائه یک سیستم تشخیصی دقیق برای بیماری پارکینسون، بر اساس تحلیل ویژگی‌های صوتی انجام شد. هم‌چنین به مسئله عدم توازن داده‌ها توجه شده است. در این مقاله ابتدا با اعمال الگوریتم SMOTE بر روی مجموعه‌داده‌ی پارکینسون متوازن‌سازی تعداد افراد بیمار و سالم انجام شد و سپس عملکرد سه الگوریتم یادگیری ماشین پرکاربرد C4.5، MLP و RF بر اساس معیارهای ارزیابی مختلف مقایسه و تحلیل شد.

نتایج حاصل نشان داد که مرحله‌ی متوازن‌سازی، برای دستیابی به یک تشخیص قابل اعتماد در حوزه پزشکی بسیار ضروری است. در حالی که مدل‌ها روی داده‌های نامتوازن اولیه به سمت طبقه‌ی اکثریت سوگیری شدیدی داشتند و مقدار معیار حساسیت پایین بود، اجرای SMOTE منجر به بهبود حساسیت شد، بدون آن که در مقدار اختصاصیت، کاهش زیادی ایجاد کند. الگوریتم RF با کسب بالاترین مقادیر معیارها، بهینه‌ترین مدل پیش‌بینی و تشخیص برای بیمری پارکینسون را ارائه می‌دهد. این یافته‌ها، نشان دهنده برتری روش‌های ترکیبی مبتنی بر درخت در مواجهه با داده‌های پیچیده و با ابعاد متوسط بر سایر روش‌های ساده است. این پژوهش، می‌تواند به‌عنوان یک ابزار تشخیصی اولیه، به متخصصان مغز و اعصاب در شناسایی سریع‌تر نشانه‌های صوتی پارکینسون کمک کند.

منابع

- [1] Parkinson's Foundation. (2025). Statistics. Available: <https://parkinson.org/Understanding-Parkinsons/Statistics>
- [2] A. Hosseinzadeh, M. R. Baneshi, B. Sedighi, J. Kermanchi, and A. A. Haghdooost, "Estimation of Parkinson's disease prevalence and its geographical variation in Iran," Journal of Mazandaran University of Medical Sciences, vol. 31, pp. 113-124, 2021.
- [3] A. Suppa, G. Costantini, F. Asci, P. Di Leo, M. S. Al-Wardat, G. Di Lazzaro, et al., "Voice in Parkinson's disease: a machine learning study ",Frontiers in neurology, vol. 13, p. 831428, 2022.
- [4] H. Parvin, B. Minaei-Bidgoli, and H. Alinejad-Rokny, "A new imbalanced learning and dictions tree method for breast cancer diagnosis," Journal of Bionanoscience, vol. 7, pp. 673-678, 2013.
- [5] H. Ouifak and A. Idri, "On the performance and interpretability of Mamdani and Takagi-Sugeno-Kang based neuro-fuzzy systems for medical diagnosis," Scientific African, vol. 20, p. e01610, 2023.