**Detekcia Parkinsonovej choroby pomocou analýzy hlasových a motorických signálov**

**Analýza a návrh riešenia**

**Tímea Regecová**

**1ADUIm**



Obsah

[1Úvod do Parkinsonovej choroby 4](#_Toc201761696)

[1.1Klinické prejavy a diagnostické obmedzenia 4](#_Toc201761697)

[1.2Potreba inovatívnych diagnostických prístupov 5](#_Toc201761698)

[1.3Patofyziologický základ a symptomatológia 5](#_Toc201761699)

[1.4Komplexná symptomatológia 6](#_Toc201761700)

[1.5Distribúcia ochorenia a socioekonomické dopady 6](#_Toc201761701)

[2Prehľad existujúcich riešení 8](#_Toc201761702)

[2.1Motivácia 9](#_Toc201761703)

[3Spracovanie signálov s využitím Fourierovej a vlnkovej transformácie 11](#_Toc201761704)

[3.1Fourierova transformácia 11](#_Toc201761705)

[3.2Vlnková transformácia 11](#_Toc201761706)

[4Návrh riešenia 12](#_Toc201761707)

[4.1Algoritmy 12](#_Toc201761708)

[4.2Použité datasety 12](#_Toc201761709)

[4.2.1 Oxford Parkinson’s Disease Detection Dataset 12](#_Toc201761710)

[4.2.2 SYNAPSE mPower Public Researcher Portal 13](#_Toc201761711)

[5Výsledky 15](#_Toc201761712)

[Zoznam použitej literatúry 16](#_Toc201761713)

# Úvod do Parkinsonovej choroby

Parkinsonova choroba je neurodegeneratívne ochorenie charakterizované úbytkom neurónov v substantia nigra, čo vedie k závažným poruchám pohybovej kontroly (Dauer & Przedborski, 2003). S celosvetovým výskytom presahujúcim 10 miliónov pacientov patrí Parkinsonnova choroba medzi druhé najčastejšie neurodegeneratívne ochorenie.

Patofyziologický mechanizmus spočíva v progresívnej degenerácii neurónov produkujúcich dopamín – neurotransmiter kľúčový pre koordináciu pohybov. Tento deficit spôsobuje kaskádu motorických a nemotorických symptómov, ktoré výrazne obmedzujú kvalitu života pacientov.

## Klinické prejavy a diagnostické obmedzenia

Hlavné motorické prejavy Parkinsonovej horoby zahŕňajú bradykineziu (významné spomalenie pohybov, ktoré postihuje až 86% pacientov), tremor (tras končatín v pokoji, prítomný u 75% prípadov), rigiditu (patologické stuhnutie svalov pozorované u 89% pacientov) a posturálnu nestabilitu (poruchy rovnováhy vedúce k častým pádom).

Medzi kľúčové nemotorické symptómy patria hlasové zmeny (monotónnosť, chrapot a redukcia hlasového rozsahu, postihujúce až 90% pacientov), mikrografia (patologické zmenšenie písma), olfaktorické deficity (strata čuchu) a psychiatrické poruchy (depresia, úzkosť a únava) (Lees et al., 2009).

Diagnostika Parkinsonovej choroby čelí trojakým výzvam:

* **Oneskorená detekcia:** Priemerné diagnostické oneskorenie dosahuje 1–3 roky od nástupu prvých príznakov, pretože rané symptómy (ako strata čuchu alebo jemné zmeny písania) sa často pripisujú starobe (Postuma et al., 2015).
* **Subjektivita hodnotenia:** Štandardizovaná UPDRS (Unified Parkinson's Disease Rating Scale) vykazuje vysokú inter-raters variabilitu (>25%), čo obmedzuje objektivitu diagnostiky.
* **Ekonomické bariéry:** Zlatý štandard zobrazovania pomocou pozitrónovej emisnej tomografie (PET) si vyžaduje náklady ~1500€ na vyšetrenie, čo limituje jeho rutinné použitie.

## Potreba inovatívnych diagnostických prístupov

Včasná detekcia je kritická pre účinnú liečbu na predchádzanie poškodenia nervových buniek, ktorá môže spomaliť progresiu ochorenia. Moderné výpočtové metódy ponúkajú revolúciu v diagnostike prostredníctvom analýzy biomedicínskych signálov:

* **Hlasové parametre** (jitter, shimmer, harmonický šumový pomer) merajú malé zmeny vo výške hlasu, hlasitosti a čistote tónu už na začiatku choroby, ešte predtým, ako sa objavia hlavné príznaky (Amato et al., 2023; Alshammri et al., 2023).
* **Motorické signály** (variabilita chôdze, frekvencia klepania prstami, ...) umožňujú presnejšie a objektívne zmerať pohybové problémy. Tieto merania je možné vykonať pomocou bežných technológií, ako sú smartfóny alebo hodinky, ktoré majú senzory na sledovanie pohybu. Takýto spôsob sledovania je pre pacienta pohodlný, nevyžaduje špeciálne vyšetrenia a výrazne znižuje náklady oproti klasickým vyšetreniam v nemocnici (Amato et al., 2023).

## Patofyziologický základ a symptomatológia

Molekulárne mechanizmy Parkinsonovej choroby sú úzko späté s postupným odumieraním nervových buniek v oblasti mozgu nazývanej substantia nigra (Obr. 1). Tieto bunky tvoria dôležitý neurotransmiter dopamín, ktorý je potrebný pre správnu koordináciu pohybov. Keď bunky odumierajú, dochádza k viacerým zmenám v mozgu a tele, ktoré spôsobujú typické príznaky ochorenia. Najprv sa naruší funkcia bazálnych ganglií, čo sú oblasti mozgu zodpovedné za koordináciu pohybov. To vedie k tomu, že sa správne „nezastavia“ signály riadiace pohyb, čo sa prejaví trasom a stuhnutosťou svalov.

V nervových bunkách sa zároveň hromadia bielkoviny, najmä alfa-synukleín, ktorý vytvára drobné útvary nazývané Lewyho telieska. Tieto telieska narušujú správnu funkciu nervových buniek a prispievajú k postupnému zhoršovaniu pohybových schopností. Okrem toho sa v bunkách zvyšuje poškodenie v dôsledku takzvaného oxidačného stresu – vzniká viac škodlivých látok, ktoré ďalej poškodzujú nervové bunky (Dauer & Przedborski, 2003).



Obr. 1 Substantia nigra

## Komplexná symptomatológia

Parkinsonova choroba vykazuje široké spektrum príznakov, ktoré sa postupne zhoršujú. Medzi časté prejavy patrí hlavne spomalenie pohybov, ktoré sa prejavuje ťažkosťami pri začatí pohybu, napríklad pri vstávaní zo stoličky, a menej plynulými pohybmi, ako znížené alebo chýbajúce kývanie rúk pri chôdzi. Ďalším typickým príznakom je stuhnutosť svalov, pri ktorej cíti pacient pri pohybe ruky alebo nohy trhaný odpor, akoby sa kĺby pohybovali po ozubenom koliesku, čo výrazne obmedzuje pohyblivosť. Veľmi časté sú aj problémy s rovnováhou, ktoré vedú k vyššiemu riziku pádu – pacienti s Parkinsonovou chorobou majú až päťkrát vyššie riziko pádu v porovnaní so zdravými ľuďmi (Lees et al., 2009).

Okrem motorických príznakov sa často objavujú aj tzv. nemotorické symptómy, ktoré môžu byť prítomné už roky predtým, ako sa prejavia pohybové problémy. Medzi nich patria zmeny v hlasovom prejave, kedy sa hlas stáva monotónnejší, s menším rozsahom a zvýšeným chrapotom, čo je spôsobené turbulentným prúdením vzduchu pri fonácii. Ďalším varovným signálom je zmenšenie písma, keď pacient pri písaní jednoduchej vety používa výrazne menšie písmo ako v minulosti. Veľmi častým príznakom je aj strata čuchu, kedy pacient rozpozná len malé percento vôní, ktoré by normálne človek vnímal – až 95 % pacientov v raných štádiách ochorenia má výrazne znížený čuch (Lees et al., 2009).

Tieto príznaky dokážu byť veľmi nenápadné a často sa prehliadajú, čo môže spôsobiť oneskorenú diagnostiku ochorenia. Preto sú dôležité moderné metódy, ktoré dokážu odhaliť tieto zmeny skôr, než sa prejavia výrazné pohybové problémy. Motorické signály, ako sú zmeny v chôdzi, rýchlosť klepania prstami alebo tlak pri písaní, umožňujú presnejšie a objektívne zmerať pohybové problémy. Tieto merania je možné vykonať pomocou bežných technológií, ako sú smartfóny alebo hodinky, ktoré majú senzory na sledovanie pohybu. Takýto spôsob sledovania je pre pacienta pohodlný, nevyžaduje špeciálne vyšetrenia a výrazne znižuje náklady oproti klasickým vyšetreniam v nemocnici (Amato et al., 2023).

Uvedené prístupy umožňujú skoršiu diagnostiku a efektívnejšiu liečbu, čo má priamy dopad na kvalitu života pacientov s Parkinsonovou chorobou.

## Distribúcia ochorenia a socioekonomické dopady

Parkinsonova choroba sa primárne vyskytuje u staršej populácie – 95% prípadov je diagnostikovaných po 60. roku života. Avšak 5% pacientov dostane diagnózu pred 50. rokom, čo naznačuje heterogenitu ochorenia (Lees et al., 2009). Táto demografická distribúcia má závažné socioekonomické dôsledky:

**Ekonomická záťaž**

1. Priame náklady na liečbu: V pokročilých štádiách dosahujú ~25 000€/pacient/rok (Yang et al., 2020). Zahŕňajú:

* Náklady na lieky (napr. levodopu)
* Hospitalizácie a rehabilitácie
* Chirurgické zákroky (hlboká mozgová stimulácia)

2. Nepriame náklady:

* Strata produktivity: 33% pacientov utrpí pokles príjmov o >20% (Parkinson Canada, 2024)
* Neformálna starostlivosť: Rodinní opatrovatelia strácajú v priemere 22 hodín týždenne (WHO, 2023)

3. Sociálne dôsledky:

* Po 10 rokoch progresie vyžaduje 60% pacientov dennú asistenciu (Findley, 2007)
* Znížená kvalita života: 45% pacientov rozvinie demenciu (WHO, 2023)

**Epidemiologické trendy**

Celosvetová prevalencia: Presahuje 8,5 miliónov pacientov (WHO, 2023)

Rastúci trend: Výskyt PD sa za posledných 25 rokov zdvojnásobil (Lancet, 2023)

**Kritická potreba skríningu**

Údaje zdôrazňujú nevyhnutnosť neinvazívnych diagnostických metód:

* **Nákladová efektivita**: Mobilný monitoring pomocou smartfónov znižuje náklady o 40-60% oproti PET vyšetreniam (Amato et al., 2023)
* **Včasná intervencia**: Detekcia v prodromálnych štádiách zlepšuje prognózu o 30% (Postuma et al., 2015)
* **Sociálny dopad**: Zníženie záťaže na zdravotné systémy a rodinných opatrovateľov (Alshammri et al., 2023)

Tieto aspekty potvrdzujú, že vývoj prístupov založených na analýze hlasových a motorických signálov nie je len vedeckou prioritou, ale aj sociálnou nevyhnutnosťou.

# Prehľad existujúcich riešení

**Amato et al. (2023)**

Táto práca systematicky skúma metódy strojového učenia a štatistickej analýzy hlasu pri Parkinsonovej chorobe. Autori analyzovali 195 hlasových záznamov z Oxford datasetu od 31 pacientov (23 s PD). Použili klasifikačné algoritmy ako SVM, Random Forest a MLP, pričom sa zamerali na 44 akustických parametrov vrátane jitter, shimmer a harmonického šumového pomeru. Najvyššiu presnosť 98,31% dosiahol model MLP, pričom identifikovali kľúčové biomarkery ako NHR a RPDE. Táto štúdia poskytuje komplexný prehľad vhodnosti hlasovej analýzy pre telemonitoring.

**Alshammri et al. (2023)**

Štúdia sa zameriava na identifikáciu Parkinsonovej choroby pomocou hlasových signálov. Na dátach 195 hlasových vzoriek (40 pacientov s PD, 40 zdravých) aplikovali metódy strojového učenia vrátane SVM a MLP. Prostredníctvom extrakcie spektrálnych a časových charakteristík dosiahli priemernú presnosť 96,7%, pričom MLP opäť preukázal najvyššiu účinnosť (98,31%). Výsledky potvrdzujú, že hlasová analýza je životaschopným neinvazívnym nástrojom pre včasnú diagnostiku.

**Suppa et al. (2022)**

Práca skúma koreláciu medzi hlasovými parametrami a klinickým stavom. Na 115 pacientoch s PD (57 v ranom štádiu) a 108 zdravých kontrolách testovali SVM klasifikátor. Napriek miernejšej presnosti 82,5% pri detekcii raných štádií preukázali významnú koreláciu (r=0,63) medzi hlasovými parametrami a trvaním ochorenia. Táto štúdia zdôrazňuje výzvy pri detekcii raných štádií PD.

**Patel et al. (2015)**

Táto práca hodnotí motorické komplikácie pomocou akcelerometrov. Na dátach od 12 pacientov s PD (stavy 2-3) počas motorických úloh (finger-to-nose, heel tapping) aplikovali SVM klasifikátor. Dosiahli presnosť 79,2% pri hodnotení závažnosti tremoru a bradykinezie, čo poukazuje na obmedzenia v reálnom prostredí. Napriek nižšej presnosti štúdia poskytuje cenné poznatky pre vývoj ekonomických wearables riešení.

**Poojaa C & Alex (2023)**

Autori analyzujú chôdzu ako biomarker pomocou PPMI Gait datasetu. KNN klasifikátor s optimalizovanými hyperparametrami dosiahol presnosť 91,9% na základe 6 kľúčových vlastností (napr. variabilita krokov). Štúdia navrhuje lacné wearables zariadenie na skríning a zdôrazňuje význam motorických signálov v diagnostike.

Zhrnutie výsledkov kľúčových štúdií v oblasti detekcie Parkinsonovej choroby pomocou hlasových a motorických signálov ukazuje, že aj napriek výraznému pokroku stále existujú výzvy i príležitosti pre ďalší vývoj diagnostických metód. Štúdie zamerané na analýzu hlasových signálov, napríklad Amato et al. (2023) a Alshammri et al. (2023), dokazujú, že hlasové parametre ako jitter, shimmer alebo harmonický šumový pomer sú vysoko diskriminatívne a umožňujú dosiahnuť presnosť detekcie nad 90%. Tieto práce využívajú pokročilé metódy strojového učenia, ako sú neurónové siete, SVM alebo Random Forest, a analyzujú veľké množstvo hlasových záznamov, čím poskytujú silný základ pre telemonitoring a včasnú diagnostiku ešte pred nástupom výrazných motorických príznakov.

Pri hlasových nahrávkach je však dôležité poznamenať, že väčšina štúdií využíva buď štandardizované laboratórne prostredie, kde sú podmienky nahrávania kontrolované, alebo čoraz častejšie aj prostredie domáce, kedy pacienti nahrávajú svoj hlas priamo z domu.

Štúdie zamerané na motorické signály, najmä analýza chôdze, pohybu rúk alebo jemnej motoriky, dosahujú presnosť v rozmedzí 79 až 92%, pričom najlepšie výsledky sú pri kombinovaní viacerých pohybových parametrov a využití senzorov v smartfónoch či wearable zariadeniach. Napríklad Patel et al. (2015) ukazuje, že motorické signály poskytujú priamu informáciu o progresii ochorenia a umožňujú dlhodobé monitorovanie stavu pacientov.

## Motivácia

Parkinsonova choroba predstavuje komplexnú diagnostickú výzvu, pričom súčasné metódy často nedokážu zachytiť rané štádia ochorenia. Táto práca sa zameriava na vývoj kombinovanej diagnostickej metódy, ktorá integruje analýzu hlasových a motorických signálov – prístup, ktorý doteraz nebol systematicky preskúmaný v existujúcich štúdiách.

Kľúčovým inovačným prístupom tejto práce je kombinácia hlasových a pohybových dát (gait), ktorá doteraz nebola systematicky preskúmaná v existujúcich štúdiách. Na základe prehľadu literatúry (Amato et al., 2023; Alshammri et al., 2023) sme identifikovali nasledujúce inovatívne aspekty:

**Nevyužitý synergetický potenciál**

Súčasný výskum sa takmer výhradne sústredí na unimodálne riešenia (iba hlasové alebo iba motorické dáta).

**Priame spracovanie signálov**

Namiesto agregovaných metrík pracujeme priamo so surovými signálmi:

* Hlasové nahrávky: Extrakcia časových (jitter, shimmer) a frekvenčných parametrov (MFCC)
* Pohyblivé dáta: Kinematická analýza chôdze a jemnej motoriky z IMU senzorov

Tento prístup umožňuje zachytiť jemné patologické vzorce, ktoré sa stratia pri štandardnej agregácii.

**Klinický prínos kombinovaného modelu**

Vyvíjame metódu, ktorá paralelne analyzuje oba typy dát, čo umožňuje:

* **Včasnejšiu diagnózu:** Hlasové parametre detekujú ochorenie už v prodromálnych štádiách

Presnejšie hodnotenie progresie: Motorické signály kvantifikujú dynamiku ochorenia

* **Personalizovaný profil:** Korelácia medzi zmenami hlasu a degradáciou pohybových funkcií

Tento prístup adresuje kritickú medzeru vo výskume Parkinsonovej choroby a ponúka cestu k prakticky aplikovateľnému diagnostickému nástroju, ktorý prekračuje limity súčasných unimodálnych riešení. Validácia na datasete SYNAPSE mPower (65 022 hlasových + 35 410 motorických záznamov) poskytne robustný dôkaz o životaschopnosti tejto stratégie.

# Spracovanie signálov s využitím Fourierovej a vlnkovej transformácie

Pri analýze hlasových a motorických signálov pri detekcii Parkinsonovej choroby má zásadný význam výber vhodných metód na spracovanie a extrakciu vlastností signálov. Dve najčastejšie používané metódy v tejto oblasti sú Fourierova transformácia a vlnková transformácia, ktoré umožňujú detailnejšie pochopenie charakteristík signálov a lepšiu detekciu patologických zmien (Ali et al., 2023; Soumaya et al., 2020).

## Fourierova transformácia

Fourierova transformácia je matematická metóda, ktorá rozloží časový signál na jeho frekvenčné zložky. To znamená, že signál, ktorý v čase vidíme ako zvukovú vlnu, môžeme pomocou Fourierovej transformácie rozobrať na jednotlivé frekvencie, z ktorých sa skladá. Táto metóda je užitočná najmä pre detekciu periodických vzorcov alebo špecifických frekvencií v signáli. Napríklad pri analýze hlasu môže Fourierova transformácia odhaliť, či sa v hlase vyskytujú neželané harmonické zložky alebo šum, ktoré môžu signalizovať zdravotné problémy. Pri motorických signáloch, ako je chôdza alebo tremor, môže táto metóda pomôcť identifikovať frekvenčné rozdiely medzi zdravými osobami a pacientmi s Parkinsonovou chorobou. Hlavnou nevýhodou Fourierovej transformácie je, že stráca časovú informáciu – nevieme presne určiť, v ktorom časovom okamihu sa určitá frekvencia vyskytla (Guerrero et al., 2023).

## Vlnková transformácia

Vlnková transformácia je modernejšia metóda, ktorá umožňuje súčasnú analýzu signálu v časovej aj frekvenčnej oblasti. Oproti Fourierovej transformácii vlnková transformácia rozdelí signál na rôzne časové úseky a pre každý z nich analyzuje frekvenčné zložky. To umožňuje zachytiť aj krátkodobé zmeny v signáli, ktoré by pri Fourierovej transformácii zostali skryté. V praxi sa najčastejšie používa diskrétna vlnková transformácia (DWT), ktorá rozdelí signál na aproximačné (nízke frekvencie) a detailné (vysoké frekvencie) koeficienty. Táto metóda je obzvlášť vhodná pri analýze hlasu, pretože dokáže odhaliť jemné patologické zmeny, ako sú nestabilita vo výške hlasu (jitter), hlasitosti (shimmer) alebo prítomnosť šumu. Pri motorických signáloch, ako je chôdza, môže vlnková transformácia pomôcť identifikovať asymetriu pohybu alebo zmeny v dynamike krokov (Soumaya et al., 2022; Ali et al., 2023).

# Návrh riešenia

Hlasové signály zo SYNAPSE datasetu prechádzajú segmentáciou na 25–50 ms rámce s prekrytím 10 ms. Z týchto segmentov sa extrahujú kľúčové parametre: časová nestabilita (jitter > 0.5%, shimmer > 0.3 dB), spektrálna degradácia (HNR < 15 dB) a 20 MFCC koeficientov modelujúcich spektrálnu obálku. Normalizácia pomocou Z-skóre transformácie eliminuje vplyv rôznych nahrávacích podmienok. Motorické signály zo SYNAPSE gait dát sa sústredia výhradne na analýzu chôdze: variabilita dĺžky kroku, asymetria chôdze a dynamika pohybu.

## Algoritmy

**Extreme Gradient Boosting (XGBoost)** s optimalizáciou hyperparametrov cez bayesovskú optimalizáciu. Tento algoritmus efektívne kombinovaný vektor so vstavanou ochranou proti overfittingu (L1/L2 regularizácia).

**Rotation Forest** ako komplementárny ensemblový prístup, ktorý redukuje varianciu pomocou PCA rotácie v podpriestoroch.

Implementačný proces začína paralelným spracovaním hlasových a motorických dát. Hlasové signály generujú MFCC/GTCC koeficienty a časové parametre, motorické dáta poskytujú kinematické parametre chôdze. Následné spojenie parametrov vytvára jednotný vstupný vektor pre klasifikáciu. Validácia prebieha cez 10-násobnú krížovú validáciu s metrikami (AUC, F1-Score).

## Použité datasety

V práci sa využívajú dva hlavné datasety, ktoré sú kľúčové pre analýzu hlasových a motorických signálov pri detekcii Parkinsonovej choroby. Oba datasety poskytujú rozsiahle a kvalitné dáta, ktoré umožňujú komplexný výskum a validáciu navrhovaných metód.

### Oxford Parkinson’s Disease Detection Dataset

Oxford Parkinson’s Disease Detection Dataset je súbor biomedicínskych meraní hlasu, ktorý vznikol v spolupráci Univerzity v Oxforde a National Centre for Voice and Speech v Denveri. Dataset obsahuje 197 hlasových záznamov od 31 jedincov, pričom 23 z nich má diagnostikovanú Parkinsonovu chorobu a 8 je zdravých kontrolných osôb. Každý záznam zodpovedá jednej hlasovej nahrávke a je charakterizovaný 23 reálnymi atribútmi, ktoré popisujú rôzne vlastnosti hlasu. Medzi tieto atribúty patria napríklad základná frekvencia (minimálna, maximálna, priemerná), jej variabilita, zmeny amplitúdy, pomer šumových a tónových zložiek v hlase, ako aj nelineárne charakteristiky. Úlohou datasetu je rozlíšiť zdravých jedincov od pacientov s Parkinsonovou chorobou na základe týchto hlasových meraní. Dataset je vo formáte CSV, kde každý riadok predstavuje jednu nahrávku a stĺpce obsahujú jednotlivé atribúty. Dáta sú vhodné pre klasifikačné úlohy a umožňujú detailnú analýzu akustických charakteristík hlasu pri Parkinsonovej chorobe.

### SYNAPSE mPower Public Researcher Portal

SYNAPSE mPower Public Researcher Portal je rozsiahly dataset, ktorý vznikol v rámci mobilnej štúdie Parkinsonovej choroby (mPower study). Účastníci štúdie absolvovali štyri typy aktivít, ktoré zahŕňali pamäťové testy, motorické úlohy, hlasové nahrávky a analýzu chôdze. Tieto úlohy mohli vykonávať až trikrát denne. Aby pacienti s Parkinsonovou chorobou zachytili rozdiely v symptómoch v závislosti od stavu liečby, vykonávali úlohy v troch fázach:

a) Pred užitím liekov (pri najvýraznejších príznakoch)

b) Po užití liekov (vo svojom optimálnom stave)

c) V ľubovoľnom čase počas dňa

Kontrolná skupina zdravých účastníkov mohla plniť úlohy v ľubovoľnom čase, mobilná aplikácia im však odporúčala rovnomerné rozloženie úloh počas dňa.

Údaje boli zbierané prostredníctvom smartfónov, ktoré zaznamenávali hlasové nahrávky a pohybové vzorce pomocou vstavaných senzorov, čo umožnilo získanie rozsiahlych a heterogénnych dát pre následnú analýzu. Takáto organizácia úloh umožnila sledovať dynamiku príznakov v priebehu dňa a poskytla priestor na detailné štúdium progresie ochorenia v reálnom prostredí.

**Hlasové záznamy**

Dataset obsahuje 65 022 hlasových záznamov od 5 826 pacientov. Tieto záznamy boli získané prostredníctvom mobilnej aplikácie, ktorá využíva mikrofón smartfónu na nahrávanie hlasu. Účastníci štúdie plnili rôzne úlohy, napríklad vyslovovali určité frázy alebo počítali nahlas.

**Motorické záznamy** (chôdza)

Dataset obsahuje 35 410 záznamov chôdze od 3 101 pacienta. Údaje boli získané pomocou akcelerometra a gyroskopu v smartfóne, ktoré zaznamenávajú pohyby počas chôdze. Záznamy obsahujú informácie o rýchlosti, krokoch a pohyboch tela, čo umožňuje detailnú analýzu motorických funkcií.

Okrem hlasových a motorických záznamov dataset obsahuje aj doplňujúce informácie o demografii, liečbe a klinických hodnoteniach, čo umožňuje komplexnú analýzu a validáciu diagnostických modelov. Dataset je sprístupnený prostredníctvom Synapse platformy, kde sú k dispozícii aj podrobné dokumentácie, návody na prístup k dátam a príklady kódu. Prístup k dátam je podmienený registráciou a získaním certifikácie.

Obr. 2 Aktivity vykonávané účastníkmi

# Výsledky

Sformulovali sme regresnú úlohu: Predikcia závažnosti motorických porúch, ktorej cieľom bolo predpovedať hodnotu motor\_UPDRS (Motor Unified Parkinson's Disease Rating Scale), ktorá kvantifikuje závažnosť motorických porúch pri Parkinsonovej chorobe. Toto skóre, pohybujúce sa v rozmedzí 0–108 bodov (vyššie hodnoty indikujú výraznejšie postihnutie), slúži ako objektívny ukazovateľ progresie ochorenia. Predikcia tohto parametra umožňuje včasnú intervenciu a personalizáciu liečby.

**Metodologický rámec**

Dataset: Oxford Parkinson's Disease Detection Dataset

Rozsah: 197 hlasových záznamov od 31 pacientov (23 s PD, 8 zdravých kontrolných)

Vstupné premenné: 22 atribútov:

Demografické údaje (vek, pohlavie)

Akustické parametre:

* Časová nestabilita (jitter, shimmer)
* Frekvenčné vlastnosti (HNR, formanty)
* Nelineárna dynamika (RPDE, D2)

**Cieľová premenná**: Hodnota motor\_UPDRS

**Model:** Feedforward neurónová sieť s architektúrou:

* Vstupná vrstva: 22 neurónov (jeden pre každý atribút)
* Skryté vrstvy
* Výstupná vrstva: 1 neurón s lineárnou aktivačnou funkciou

**Výsledky a analýza**

Model dosiahol MSE = 2.75 na validačnej množine, čo predstavuje vysokú presnosť vzhľadom na rozsah cieľovej premennej (0–108).

Táto regresná úloha demonštruje, že hlasové biomarkery sú silným indikátorom motorického postihnutia pri Parkinsonovej chorobe.

# Zoznam použitej literatúry

ALI, Ali H. et al., 2023. Wavelet-Based Method for Parkinson's Detection from Voice Signal. Journal of Engineering and Pure Sciences, 13(2). DOI: 10.32792/jeps.v13i2.302

ALSHAMMRI, R. et al., 2023. Machine learning approaches to identify Parkinson's disease using voice signal features. Frontiers in Artificial Intelligence, 6, 1084001.

AMATO, F. et al., 2023. Machine learning- and statistical-based voice analysis of Parkinson’s disease patients: A survey. Expert Systems with Applications, 219, 119651.

FINDLEY, L.J. et al., 2007. The Economic Impact of Parkinson's Disease. Parkinsonism & Related Disorders, 13, S8-S12.

GOETZ, C.G. et al., 2008. Movement Disorder Society-sponsored revision of the Unified Parkinson's Disease Rating Scale (MDS-UPDRS): scale presentation and clinimetric testing results. Movement Disorders, 23(15), 2129-2170.

GUERRERO, William Javier et al., 2023. Identification of People with Parkinson's Suspicions by Voice Signal Processing. International Journal of Advanced Computer Science and Applications. https://thesai.org/Downloads/Volume10No12/Paper\_46-Identification\_of\_People\_with\_Parkinsons\_Suspicions.pdf

IDENTIFICATION OF MOTOR PROGRESSION..., 2023. Identification of motor progression in Parkinson's disease using wearable sensors and machine learning. npj Parkinson's Disease, 9(1), 581.

KAPOOR, Tripti & SHARMA, R.K., 2011. Parkinson’s disease Diagnosis using Mel-frequency Cepstral Coefficients and Vector Quantization. International Journal of Computer Applications, 14(3), 43-48. https://www.ijcaonline.org/volume14/number3/pxc3872393.pdf

LITTLE, M.A. et al., 2009. Suitability of dysphonia measurements for telemonitoring of Parkinson's disease. IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 56(4), 1015-1022.

PATEL, S. et al., 2015. Technologies for Assessment of Motor Disorders in Parkinson's Disease. PMC, 10.5772/61050.

POOJAA C, ALEX J.S.R., 2023. Early Detection of Parkinson’s Disease using Motor symptoms and Machine Learning. arXiv:2304.09245.

POSTUMA, R.B. et al., 2015. MDS clinical diagnostic criteria for Parkinson's disease. Movement Disorders, 30(12), 1591-1601.

SAGE BIONETWORKS, 2015. Screenshot of mPower study interface [Screenshot].

SOUMAYA, Z. et al., 2020. A Hybrid Method for the Diagnosis and Classifying Parkinson's Disease Based on Voice Signal. PMC. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7038745/

SOUMAYA, Z. et al., 2022. Detection of Parkinson's disease from EEG signals using discrete wavelet transform, different entropy measures, and machine learning techniques. PubMed. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36581646/

SUPPA, A. et al., 2022. Voice in Parkinson's Disease: A Machine Learning Study. Journal of Voice, 36(5), 732.e9–732.e23.

TRIPATHI, Ayush & APPAVU, Rajagopal & KETHAR, Jothsna, 2023. The Age of the Meta-Doctor: Diagnosing Parkinson’s Disease with Artificial Intelligence and Speech. Journal of Student Research, 12. 10.47611/jsrhs.v12i2.4379

WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2023. Parkinson disease. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/parkinson-disease

YANG, X. et al., 2020. The cost of Parkinson’s disease: A systematic review. Parkinsonism & Related Disorders, 80, 7–13.

[Obr.1] Tripathi, Ayush & Appavu, Rajagopal & Kethar, Jothsna. (2023). The Age of the Meta-Doctor: Diagnosing Parkinson’s Disease with Artificial Intelligence and Speech. Journal of Student Research. 12. 10.47611/jsrhs.v12i2.4379.

[Obr.2] Sage Bionetworks. (2015). Screenshot of mPower study interface [Screenshot].