

Az enyhe kognitív zavar automatikus azonosítása beszédátiratok alapján

Vincze Veronika^{1,2}, Hoffmann Ildikó^{3,4}, Szatlóczki Gréta⁴, Bíró Edit⁵,
Gosztolya Gábor², Tóth László², Pákáski Magdolna⁵, Kálmán János⁵

¹Szegedi Tudományegyetem, Informatikai Tanszékcsoport,
Szeged, Árpád tér 2., e-mail: vinczev@inf.u-szeged.hu

²MTA-SZTE Mesterséges Intelligencia Kutatócsoport,
Szeged, Tisza Lajos körút 103., e-mail: {ggabor,tothl}@inf.u-szeged.hu

³Szegedi Tudományegyetem, Magyar Nyelvészeti Tanszék,
Szeged, Egyetem u. 2., e-mail: {hoffmannildi,szatloczkigreti}@gmail.com

⁴MTA Nyelvtudományi Intézet
Budapest, Benczúr u. 33.

⁵Szegedi Tudományegyetem, Pszichiátriai Klinika,
Szeged, Kálvária sugárút 57. e-mail: edit17@gmail.com,
magdolna.pakaski@gmail.com, kalman.janos@med.u-szeged.hu

Kivonat Ebben a munkában az enyhe kognitív zavarban szenvedő páciensek automatikus azonosítására törekszünk beszédátirataik alapján. A rendszer elsődlegesen beszélt nyelvi sajátosságokra, illetve a beszédátiratok automatikus morfológiai és szintaktikai elemzésén alapuló jellemzőkre épül. Cikkünkben elemezzük az egyes jellemzők megkülönböztető szerepét mind statisztikai, mind gépi tanulási szempontból. Eredményeink alapján elsődlegesen a morfológiai jellemzők és a beszédjellemzők bírnak fontos szereppel a páciensek státuszának automatikus megállapításában.

Kulcsszavak: enyhe kognitív zavar, demencia, gépi tanulás, beszédátirat

1. Bevezetés

Az enyhe kognitív zavar olyan tünetegyüttes, melynek fontos szerepe van az Alzheimer-kór korai felismerésében [1]. Tünetei már akár kilenc évvel a tényleges diagnózis előtt jelentkezhetnek, például nyelvi zavarok formájában [2]. Így tehát sok esetben a páciensek nyelvhasználata alapján már a demencia tényleges klinikai megjelenése előtti fázisban is megállapíthatók az enyhe kognitív zavar jelei.

Nagyon sok beteg esetében az enyhe kognitív zavart egyáltalán nem diagnosztizálják, mivel a kognitív képességek károsodásának felismerése a betegség korai szakaszában még a szakértők számára sem triviális, egyes becslések szerint [3] a demenciában szenvedő betegek akár 50%-a sem részesül a megfelelő diagnózisban. Ugyan léteznek a Mini Mental Teszthez hasonló, széles körben használt szűrővizsgálatok, ezek azonban többnyire nem elég érzékenyek ahhoz, hogy megbízhatóan kimutassák az enyhe kognitív zavart annak korai szakaszában. A nyelvi

memória tesztelésére irányuló szűrővizsgálatok hatékonyabbak az enyhe kognitív zavar felismerésében, azonban sok esetben tévesen betegnek diagnosztizálják az egyébként egészséges pácienseket [4].

Mind a mai napig kutatás tárgyát képezi, hogy milyen tesztek és vizsgálatok képesek a legérzékenyebben kimutatni a korai Alzheimer-kórban és egyéb demenciákban megjelenő kognitív és nyelvi változásokat [5]. Noha a nyelvi képességek károsodása már a betegség igen korai szakaszában is jelentkezik, a nyelvi képességek értékelésére mégsem fordítottak kellő figyelmet az Alzheimer-kór diagnosztizálása során [6]. A demencia korai felismerésének és pontos diagnosztizálásának igen fontos szerepe van abban, hogy a szakszerű kezelés megindításával a betegség előrehaladása lelassuljon, illetve az új tünetek megjelenése minél később következzen be [7].

Ebben a munkában az enyhe kognitív zavarban szenvedő páciensek automatikus azonosítására törekszünk beszédátirataik alapján. A rendszer elsődlegesen beszélt nyelvi sajátosságokra, illetve a beszédátiratok automatikus morfológiai és szintaktikai elemzésén alapuló jellemzőkre épül.

Távlati célunk egy olyan automatikus rendszer kifejlesztése, amely képes az enyhe kognitív zavarra jellemző nyelvi tünetek időben történő detektálására, így a személy még időben megfelelő kezelésben tud részesülni. Fontosnak tartjuk azonban elmondani, hogy semmi esetre sem kívánjuk a pácienseket automatikusan diagnosztizálni, hiszen ez orvosi szakértelmet és gyakorlatot kívánó feladat. A mesterséges intelligencia eszközeivel azonban egyfajta szűrővizsgálatot tudunk létrehozni, melynek során kiszűrjük a rizikócsoportha sorolt pácienseket, akiket a későbbiek folyamán szakorvosok vizsgálnak meg, felállítva a tényleges diagnózist.

2. Anyagok

Vizsgálatainkban 69 személy beszédátiratait használtuk fel. A vizsgáltak mindegyike azonos feladatot kapott: spontán beszéd keretében fel kellett idézniük két rövid történetet, illetve a tegnapi napjukat. A vizsgálati személyek teljes nyelvi produkciójáról hangfelvétel készült. Az adatfelvételre minden esetben a szegedi memóriaambulancián került sor.

A fentebb ismertetett felvételek hanganyagához nyelvész szakértők kézzel készítettek beszédátiratokat. Jelenlegi kutatásainkban e kézi leiratok képezték nyelvtechnológiai vizsgálataink alapját, vagyis csakis írásbeli jellemzőkkel dolgoztunk, azonban a hanganyagok beszédtechnológiai vizsgálata is zajlik kutatásainkkal egyidejűleg.

Minden vizsgált személy esetében rendelkezésünkre állt a pontos orvosi diagnózis, azaz ismert volt, hogy az illető szenved-e enyhe kognitív zavarban vagy más demenciában. Ezen információk alapján két csoportba soroltuk a vizsgált személyeket: enyhe kognitív zavarban szenvedők (39 személy tartozott ide) és kontrollcsoport (30 személlyel). A nemek, illetve diagnózis szerinti megoszlást az 1. táblázat mutatja.

Vizsgálataink során a betegek személyes adatait teljes mértékben bizalmasan és az adatvédelmi előírásoknak megfelelően kezeltük.

1. táblázat. A betegek adatai.

	Enyhe kognitív zavar	Kontroll	Összesen
Férfi	14	11	25
Nő	25	19	44
Összesen	39	30	69

3. Nyelvi sajátosságok a beszédátiratokban

A beszédátiratokra jellemző nyelvi sajátosságokat az alábbi példa segítségével mutatjuk be.

Tegnap ő .. hát általában én nyolc órákor kelek ... fél kilenc körül szedem be a gyöccereimet tehát közbe eszek ő a gyöccerekre tehát mire az utolsó cukorgyógyszer is bekerül ... őhhöhh mm kávéit iszok ő ... utánna .. feltkáva ha van főzve akkor ő megiszom a gyerekektől maradt megiszom ha nem akkor teszek föl ... De tegnap ő volt és utánna megittam és tettem föl ... utánna vo előtte már bekapcsoltam a számítógépet mivel őüőü hát nem könyvelés hanem tehát adatrögzítést csinálok ... és akkor ő tehát az küldöm be a cégnek ... és ő ... eszt ő mekcsináltam .. Közben az internet elment nálam és ő akkor még egyszer mekcsináltam a műveletet ... és akkor kérdeztem a titkárnőt hogy ő .. ement az első üzenet, tehát aa fájlátvitel ... éss ily ez eszt már délután kérdeztem mer egész nap ott volt ... höhő ... nem egész nap hanem olyan jó délig ott volt mondom biztos nem ér rá mer láttam hogy ott van a szkájtnál ... és akkor őő ő ...

A fenti beszédátírat jól tükrözi az élőbeszéd sajátosságait. Egyrészt számtalan, hezitációt, illetve néma szünetet jelölő formát tartalmaz (ő, höhő, ...), másrészt mivel a beszédátíratok a kiejtést híven követik, találhatunk bennük fonológiai törléseket (*mer*, *ement*) és nyújtásokat is (*utánna*). Kettős szóindítások is előfordulnak (*ez ezt*) különféle szótévesztések mellett (*hát nem könyvelés hanem tehát adatrögzítést*), ezeken felül pedig a vizsgálati személyek által újonnan alkotott, és ily módon a nyelvhasználatban nem elterjedt egységeket is találhatunk (*feltkáva*).

A beszédátíratok vizsgálata arra is rámutatott, hogy érdemes figyelmet fordítani a töltelékszavakra is. Többek között a következő szavakat és kifejezéseket soroltuk ebbe a kategóriába: *ilyen*, *olyan*, *izé*, és *aztán*, és *akkor*, illetve a határozatlan névmásokat, úgymint *valamilyen*, *valahogy*, *valamerre*¹. Úgy tűnik, hogy élőbeszédben az enyhe kognitív zavarban szenvedők gyakran helyettesítenek szavakat határozatlan névmásokkal vagy valamilyen töltelékszavával. Melléknevek helyett pedig előszeretettel használnak parafrázisokat. Ennek megfelelően nem ritkák az *egy ilyen bagolyszerűség* vagy az *olyan délelőtt volt* körülíró, bizonytalanságra utaló kifejezések.

¹ E szavak hasonlítanak a bizonytalanságot jelző ún. weasel és hedge szavakra [8].

4. Módszerek

A vizsgálati személyek státuszának automatikus megállapítására gépi tanulási kísérleteket végeztünk. A feladatra bináris osztályozásként tekintettünk: a vizsgálati személyt az enyhe kognitív zavarban szenvedő, illetve az egészséges csoportok valamelyikébe soroltuk be a rendelkezésre álló beszédátirataik alapján.

Első lépésben a beszédátiratokat automatikus nyelvi előelemzésnek vetettük alá a magyarlanc elemző [9] segítségével. Az elemzés eredményeképpen a szövegeket mondatra, illetve szavakra bontottuk, a szavakhoz morfológiai elemzést rendeltünk, illetve a mondatokhoz szintaktikai (függőségi) elemzést is társítottunk. Az osztályozáshoz többek között felhasználtuk a beszédátiratok automatikus elemzéséből gyűjtött morfológiai, szintaktikai és szemantikai jellemzőket is.

Minden egyes vizsgált személy három felidézési feladatot kapott. Mivel úgy gondoljuk, hogy memóriazavarról lévén szó maguknak a feladatoknak a sorrendje is hasznos információt hordozhat a személy státuszának megállapításában, az egyes feladatokhoz tartozó beszédátiratokat külön-külön dolgoztuk fel, azaz egy-egy beteg esetében három szöveggel dolgoztunk, és ezekben külön-külön vizsgáltuk az alább részletezendő nyelvi jellemzőket.

4.1. Felhasznált jellemzők

Vizsgálataink során számos, a beszédátiratokból, illetve azok automatikus nyelvi elemzéséből származó jellemzőt használtunk fel, melyek között találhatunk beszélt nyelvi, morfológiai és szemantikai jellemzőket is. Az alkalmazott jellemzőtér a következő volt:

- **Beszédjellemzők:**
 - kitöltött szünetek száma;
 - néma szünetek száma;
 - hezitációk száma;
 - hezitációk aránya;
 - névelőt követő szünetek száma;
 - nyújtások száma.
- **Morfológiai jellemzők:**
 - szavak száma;
 - írásjelek száma;
 - főnevek száma;
 - igék száma;
 - ismeretlen szavak száma;
 - ismeretlen szavak aránya.
- **Szemantikai jellemzők:**
 - bizonytalan szavak száma;
 - bizonytalan szavak aránya;
 - emlékeztetre utaló kifejezések száma;
 - emlékeztetre utaló kifejezések aránya.
- **Demográfiai jellemzők:**
 - nem;
 - születési év.

4.2. A jellemzők statisztikai elemzése

Statisztikai vizsgálatokat is végeztünk annak érdekében, hogy kiderítsük, mely jellemzők bírnak a legnagyobb megkülönböztető erővel. Ennek érdekében minden egyes jellemzőre és szövegre lebontva kétmintás t-próbát végeztünk az adott jellemző szerepét vizsgálva az enyhe kognitív zavarban szenvedők és a kontrollcsoport tagjainak elkülönítésében. Azt találtuk, hogy a jellemzők nagy része statisztikailag szignifikáns különbségeket mutat a két csoport között, az ezekhez tartozó szignifikanciaszinteket (p-értékeket) részletesen a 2. táblázat ismerteti.

2. táblázat. Statisztikailag szignifikáns jellemzők.

Jellemző	1. szöveg	2. szöveg	3. szöveg
szavak száma		0,0028	
hezitációk száma	0,0083	0,0019	0,0012
bizonytalan szavak száma	0,0188	0,0006	
ismeretlen szavak száma		0,0354	
hezitációk aránya	0,0033		0,0012
bizonytalan szavak aránya	0,0216	0,0007	
mondatbeli szavak száma	0,0133	0,0435	0,0404
néma szünetek száma	0,0073	0,0011	0,0024
nyújtások száma		0,0031	
főnevek száma			0,0331
írásjelek száma		0,0187	

A táblázatból kitűnik, hogy a hezitációk száma, mondatbeli szavak száma és a néma szünetek száma mindhárom szövegtípus esetében szignifikáns eltéréseket mutat a két csoport között. A bizonytalan szavak szintén fontos indikátornak tűnnek. Ezek alapján arra következtethetünk, hogy minél több hezitáció, illetve szünet található a beszédátiratban, illetve minél rövidebbek a mondatok és minél több a bizonytalan szó, annál nagyobb a valószínűsége, hogy a beteg enyhe kognitív zavarban szenved. A születési év, pontosabban az életkor is szignifikáns különbséget mutat: az 1943 előtt született személyek (vagyis akik a vizsgálat idején legalább 71 évesek voltak) nagyobb valószínűséggel szenvednek enyhe kognitív zavarban, mint az ennél fiatalabbak ($p < 0,0309$).

4.3. Gépi tanulási kísérletek

Az enyhe kognitív zavarban szenvedő személyek automatikus azonosítására gépi tanulási kísérleteket is végeztünk a beszédátiratokon. A Weka szoftver [10] segítségével több gépi tanuló algoritmust is kipróbáltunk, és az előzetes mérések alapján a legeredményesebbnek a döntési fa (C4.5) algoritmus [11] tűnt, valamivel meghaladva az SVM-mel [12] elért eredményeket, így a továbbiakban döntési fákat alkalmaztunk.

Méréseikben a fenti jellemzőket vettük alapul. 69 személy adataival dolgoztunk leave-one-out módszerrel, azaz 68 személy adatain tanítottuk a rendszert,

majd az így felépített modell alapján jósoltuk meg a hiányzó 1 státuszát. Ezt a folyamatot 69-szer ismételtük meg, amíg minden egyes személy státuszára kaptunk egy predikciót. A kiértékeléshez a pontosság (accuracy) metrikát alkalmaztuk, emellett a pontosság, fedés, F-mérték metrikákat is használtuk, osztályokra is kivetítve. Az eredmények a 3. táblázatban láthatók.

3. táblázat. Eredmények. EKZ: enyhe kognitív zavar, SVM: Support Vector Machine, C4.5: döntési fák, P: pontosság (precision), R: fedés, F: F-mérték, %: pontosság (accuracy).

Módszer	EKZ			Kontroll			Teljes			%
	P	R	F	P	R	F	P	R	F	
SVM	0,721	0,795	0,756	0,692	0,600	0,643	0,708	0,710	0,707	71,01
C4.5	0,794	0,692	0,740	0,657	0,767	0,708	0,735	0,725	0,726	72,46

Az egyes jellemzőcsoportok hozzáadott értékét is szeretnénk volna megvizsgálni. Ennek érdekében porlasztásos méréseket is végeztünk, melyek során egy adott jellemzőcsoportot kivettünk a gépi tanuló által használt adatok közül. Eredményeinket a 4. táblázat szemlélteti.

4. táblázat. Porlasztásos eredmények. EKZ: enyhe kognitív zavar, SVM: Support Vector Machine, C4.5: döntési fák, P: pontosság (precision), R: fedés, F: F-mérték, %: pontosság (accuracy).

Hiányzó jellemzők	EKZ			Kontroll			Teljes			%	kül.
	P	R	F	P	R	F	P	R	F		
beszéd	0,629	0,564	0,595	0,500	0,567	0,531	0,573	0,565	0,567	56,52	-15,94
morfológia	0,550	0,564	0,557	0,414	0,400	0,407	0,491	0,493	0,492	49,28	-23,18
szemantika	0,703	0,667	0,684	0,594	0,633	0,613	0,655	0,652	0,653	65,22	-7,24
demográfia	0,765	0,667	0,712	0,629	0,733	0,677	0,706	0,696	0,697	69,57	-2,89

5. Eredmények

A teljes jellemzőkészlet használatával 72,46%-os pontosságot értünk el a C4.5 algoritmussal, azaz a 69 esetből 50-szer állapított meg a rendszer pontos diagnózist. Az eredmények alapján van néhány olyan jellemző, amely igen fontosnak bizonyul a páciensek státuszának automatikus megállapításában. A legfontosabb jellemzőknek a következők bizonyultak: bizonytalanságot jelző szavak száma; hezitációk száma; szünetek száma; ismeretlen szavak aránya; főnevek száma.

Amennyiben összevetjük a két gépi tanuló által használt eredményeket, érdekes különbségeket láthatunk a két osztályt nézve. Az enyhe kognitív zavarban szenvedő páciensek megtalálásában jobban teljesít az SVM, mint a C4.5

algoritmus (0,795 fedési értékkel, szemben a 0,692-vel), a pontosság viszont alacsonyabb; a kontrollcsoport esetében viszont fordított a helyzet. Ha tehát az a célunk, hogy a lehetséges betegeknek minél nagyobb arányát fedjük le az automatikus szűrővizsgálattal (akiket aztán tovább lehet irányítani orvosi konzultációra), akkor talán célravezetőbb az SVM használata, ez a feltevés azonban további vizsgálatokat igényel.

Az egyes jellemzőcsoportok hozzáadott értékét megvizsgálendő porlasztásos méréseket is végeztünk a C4.5 algoritmussal. Ezek alapján a legtöbb hozzáadott értéke a morfológiai, illetve a beszédjellemzőknek van, ugyanakkor mindegyik jellemzőcsoport hozzájárult a rendszer pontosságának növeléséhez.

6. Összegzés

Ebben a munkában bemutattuk az enyhe kognitív zavarban szenvedő személyek automatikus azonosítását beszédátirataik alapján megcélzó rendszerünket. A rendszer elsődlegesen beszélt nyelvi sajátosságokra, illetve a beszédátiratok automatikus morfológiai és szintaktikai elemzésén alapuló jellemzőkre épül. Megvizsgáltuk az egyes jellemzők megkülönböztető szerepét mind statisztikai, mind gépi tanulási szempontból. Az eredmények azt igazolják, hogy elsődlegesen a morfológiai jellemzők és a beszédjellemzők bírnak fontos szereppel a vizsgálati személyek státuszának automatikus megállapításában.

A későbbiekben szeretnénk adatbázisunkat újabb személyek beszédátirataival bővíteni, illetve gépi tanuló rendszerünket is továbbfejleszteni a minél nagyobb pontosság elérése érdekében. További terveink közé tartozik, hogy a hanganyagok beszédtechnológiai vizsgálatával és részletes elemzésével szerzett jellemzőkkel is kiterjesszük rendszerünket, ezáltal beszéd- és nyelvtechnológiai eszközök egyaránt hasznosulhatnak az enyhe kognitív zavar automatikus felismerésében.

Köszönetnyilvánítás

Jelen kutatást a Telemedicina fókuszú kutatások orvosi, matematikai és informatikai tudományterületeken című, TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0073 számú projekt támogatta, valamint a Bolyai János Kutatói Ösztöndíj. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Hivatkozások

1. Negash, S., Petersen, L.E., Geda, Y.E., Knopman, D.S., Boeve, B.F., Smith, G.E., Ivnik, R.J., Howard, D.V., Howard Jr, J.H., Petersen, R.C.: Effects of ApoE genotype and Mild Cognitive Impairment on implicit learning. *Neurobiology of Aging* **28**(6) (2007) 885–893
2. APA: DSM-IV-TR. American Psychiatric Association (2000)

3. Boise, L., Neal, M.B., Kaye, J.: Dementia assessment in primary care: Results from a study in three managed care systems. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences* **59**(6) (2004) M621–M626
4. Roark, B., Mitchell, M., Hosom, J.P., Hollingshead, K., Kaye, J.: Spoken language derived measures for detecting mild cognitive impairment. *Audio, Speech, and Language Processing, IEEE Transactions on* **19**(7) (2011) 2081–2090
5. Chapman, S.B., Zientz, J., Weiner, M., Rosenberg, R., Frawley, W., Burns, M.H.: Discourse changes in early Alzheimer disease, mild cognitive impairment, and normal aging. *Alzheimer Disease & Associated Disorders* **16**(3) (2002) 177–186
6. Bayles, K.A.: Language function in senile dementia. *Brain and Language* **16**(2) (1982) 265–280
7. Kálmán, J., Pákási, M., Hoffmann, I., Drótos, G., Darvas, G., Boda, K., Bencsik, T., Gyimesi, A., Gulyás, Z., Bálint, M., et al.: Early mental test – developing a screening test for mild cognitive impairment. *Ideggyógyászati szemle* **66**(1-2) (2013) 43–52
8. Vincze, V.: Weasels, Hedges and Peacocks: Discourse-level Uncertainty in Wikipedia Articles. In: *Proceedings of the Sixth International Joint Conference on Natural Language Processing*, Nagoya, Japan, Asian Federation of Natural Language Processing (2013) 383–391
9. Zsibrita, J., Vincze, V., Farkas, R.: magyarlanc: A toolkit for morphological and dependency parsing of Hungarian. In: *Proceedings of RANLP*. (2013) 763–771
10. Hall, M., Frank, E., Holmes, G., Pfahringer, B., Reutemann, P., Witten, I.H.: The WEKA data mining software: an update. *SIGKDD Explorations* **11**(1) (2009) 10–18
11. Quinlan, R.: *C4.5: Programs for Machine Learning*. Morgan Kaufmann Publishers, San Mateo, CA (1993)
12. Cortes, C., Vapnik, V.: *Support-vector networks*. Volume 20. Kluwer Academic Publishers (1995)