



Neumann János
Számítógép-tudományi Társaság
Orvos-biológiai Szakosztály



Orvosi informatika

A XXXIV. Neumann Kollokvium konferencia-kiadványa

Pannon Egyetem, Veszprém,
2021. december 3-4.

Szerkesztők:

Vassányi István, Fogarassyné Vathy Ágnes

Orvosi informatika — XXXIV. Neumann Kollokvium

Szerkesztők: Vassányi István, Fogarassyné Vathy Ágnes

Kiadta a Neumann János Számítógép-tudományi Társaság

Veszprém, 2021.

ISBN 978-963-396-217-6

XXXIV. Neumann Kollokvium

Veszprém, 2021. december 3-4.

© Neumann János Számítógép-tudományi Társaság.

Minden jog fenntartva.

© John von Neumann Computer Society. All Rights Reserved

Beköszöntő

Nagy örömmel rendeztük meg a XXXIV. Neumann Kollokviumot a hagyományoknak megfelelően ezúttal Veszprémben, a Pannon Egyetemen, bár sajnos megint csak tele-konferencia formájában, mivel a személyes részvételtől a járványveszély miatt idén is le kellett mondanunk. Az érdeklődés ettől függetlenül nagy volt, ami bizonyítja, hogy a Kollokvium továbbra is a hazai egészségügyi informatikai kutatás-fejlesztés meghatározó eseménye és fóruma.

A Kollokvium alapvető jellegzetessége a sokszínűség. Bár a hazánkban évtizedek óta működő tudományos műhelyek adottak, mégis a témák változatossága évről-évre szembetűnő. Az idei nagy téma az egészségügyi adatmodellezés, adatelemzés volt, ez a téma jellemezte az előadások több mint felét, ez alkotta a konferencia első napjának a programját. Hallhattunk beszámolókat biológiai alapkutatásról, régebb óta futó, országos szintű adatelemzési projektek újabb eredményeiről, az új eGYSE szolgáltatásról, az ICD-11-re való átállás informatikai támogatásáról, illetve az igazán forró kérdésről, a Covid járvány modellezéséről is. Ez utóbbi volt a témája a konferencia nyitóeseményeként rendezett kerekasztal-beszélgetésnek is, melyre a terület legismertebb szakértőit hívtuk meg. A beszélgetés végére kibontakozó kép meglepte a laikus hallgatókat azzal, hogy a járvány lefolyása ilyen sokféleképpen és főleg—megfelelő pontosságú bemeneti adatok birtokában—ilyen pontosan leírható és előre is jelezhető.

Öröközöld téma az egészségügyi jelfeldolgozás és diagnosztika, hiszen folyamatosan újabb eszközök, modalitások és diagnosztikai algoritmusok illetve számítási architektúrák jelennek meg, illetve új ötletekkel a meglévő módszerek hatékonysága is javítható, új típusú ellátások alakíthatók ki. A konferencia második napjának jelfeldolgozási és diagnosztikai szekciójában értesültünk egy komoly telemedicinális kísérlet első és igazán biztató eredményeiről, melyek alapján állíthatjuk, hogy az itt kialakított ellátási modellnek hosszabb távon és szélesebb (országos) körben is jövője kell, hogy legyen. A klasszikus egészségügyi jelfeldolgozást egy vérnyomásméréssel kapcsolatos, egy EEG és egy EKG témájú előadás

képviselte, és nagy érdeklődéssel hallgattuk az intenzív osztályos vércukorszint-szabályozás és a képregisztráció továbbfejlesztett módszereiről szóló beszámolókat is. A konferencia utolsó szekciója különféle egészségügyi szolgáltatásokról, webes rendszerekről szólt. Két előadás vette célba a weblapok akadálymentesítését, egy az online oktatás minden egyetemen érezhető hatásait, egy az autizmussal élők támogatását, végül megismertük egy folyamatban lévő, idős emberek revitalizálását célzó európai projekt célkitűzéseit is.

A bemutatott kutatások egy része egyéni PhD projektekhez kapcsolódik, de megjelentek a maguk területén nemzetközileg is elismert kutatócsoportok legfrissebb eredményei is.

A XXXIV. Neumann Kollokvium az NJSzT Orvos-biológiai Szakosztálya, a Pannon Egyetem Műszaki Informatikai Kara és a Veszprémi Akadémiai Bizottság Egészségügyi Informatikai Munkabizottságának szakmai összefogásával valósult meg. Külön szeretnénk megköszönni a meghívott előadóknak a részvételt és a Tudományos Bizottság tagjainak a szakmai előkészítésben nyújtott segítségét.

Veszprém, 2021. december

VASSÁNYI ISTVÁN ÉS FOGARASSYÉ VATHY ÁGNES

a kötet szerkesztői

Tudományos bizottság

A bizottság elnöke:

SURJÁN GYÖRGY, Országos Kórházi Főigazgatóság
NJSzT OBSz elnök

A bizottság tagjai:

BALKÁNYI LÁSZLÓ, Pannon Egyetem

BARI FERENC, Szegedi Tudományegyetem

BERTALAN LÓRÁNT, Semmelweis Egyetem

FOGARASSYNÉ VATHY ÁGNES, Pannon Egyetem

KÓSA ISTVÁN, Szegedi Tudományegyetem/Pannon Egyetem

KOZMANN GYÖRGY, Pannon Egyetem

NAGY ISTVÁN, Gottsegen György Országos Kardiológiai Int.

NYÁRI TIBOR, Szegedi Tudományegyetem

RÁROSI FERENC, Szegedi Tudományegyetem

TOLNAI JÓZSEF, Szegedi Tudományegyetem

VASSÁNYI ISTVÁN, Pannon Egyetem

Konferenciaprogram és tartalomjegyzék

I. szekció: Egészségügyi adatelemzés

Járványmodellezés kerekasztal

Meghívott előadók: *Csikász-Nagy Attila (PPKE), Ferenci Tamás (ÓE),
Szederkényi Gábor (PPKE).*

Moderátor: *Surján György (OKFŐ)*

Az orvosi szöveg, mint adat - esettanulmány: leletezés1
Balkányi László

Új központi elektronikus egészségügyi fejlesztés - eGYSE Gyógyászati
segédeszközök elektronikus vényen6
Bertalan Lóránt

A Covid-19 Sars-Cov-2 járvány alatti D3-vitamin forgalmának alakulása
Magyarországon13
Batta Balázs, Hercegné Havasi Ildikó, Merth Gabriella

Hallgatói kérdőívek szabad szöveges válaszainak értékelése szöveg-
bányászati módszerekkel19
Boda Krisztina, Szűcs Mónika, Rárosi Ferenc

Akut stroke betegutak kockázati tényezői24
Vassányi István, Kovács Tamás, Surján György, Nagy Zoltán

Egészségügyi indikációk és ICD-11 diagnóziskódok illesztését támogató
alkalmazás31
Takács Krisztián, Vassányi István, Balkányi László

II. szekció: Egészségügyi adatmodellezés

ICD-11 kódok validálását végző webszolgáltatás fejlesztése35
Kukoda Balázs, Vassányi István, Balkányi László

Graphletek funkcionális eloszlása a C. elegans konnektómban.....43
*Vassy Zsolt, Fenyves Bánk Gábor, Szilágyi Gábor Sándor,
Csermely Péter*

A kardiológiai ellátórendszer kiemelkedő befolyással rendelkező
intézményei: Az Egyetemi Klinikák.....51
Vassy Zsolt, Vassányi István, Kósa István

Magyarországi járványadatok elemzése rendszerelméleti
megközelítéssel.....58
Csutak Balázs, Polcz Péter, Szederkényi Gábor

Az antraciklinnel kezelt betegek szívelégtelenségi rizikófaktorainak analízise (csak előadás)

Fogarassy György, Fogarassyné Vathy Ágnes

A térbeli készséget fejlesztő virtuális valóság alapú teszteken töltött idők meghatározása64

*Guzsvinecz Tibor, Mihálykóné Orbán Éva, Sikné Lányi Cecília,
Perge Erika*

III. szekció: Egészségügyi jelfeldolgozás és diagnosztika szekció

Első tapasztalatok kardiometabolikus betegek kombinált tréning és táplálkozás monitorozásával71

*Máthéné Köteles Éva, Ábrahám Judit, Vágvolgyi Anna, Korom Andrea,
Szálka Brigitta, Barnai Mária, Bilicki Vilmos, Lengyel Csaba,
Kósa István*

Automatizált vérnyomásmérés bal kamrai keringéstámogatással élő betegek esetén77

Nagy Péter, Sax Balázs, Oszthimer István, Jobbágy Ákos

A kamrai repolarizációs heterogenitás QRST integrál alapú osztályozási lehetőségei végtagi I. elvezetési EKG mérések alapján83

Tuboly Gergely, Kozmann György

Improved insulin sensitivity prediction method using sex information of the patients87

*Bálint Szabó, Ákos Szlávecz, Béla Paláncz, Geoffrey Chase,
Balázs Benyó*

Geometric modelling and co-registration based approach for defining multiple patient parameters in medical diagnostics95

Bazsó Sándor, Viola Árpád, Hajdu Angéla, Benyó Balázs

Towards a High-Performance Independent Component Analysis Implementation on GPUs102

Zeyu Wang, György Kozmann, Zoltán Juhász

IV. szekció: Egészségügyi szolgáltatások, webes rendszerek szekció

A covid-19 járvány miatt bevezetett online oktatás hatásai a hallgatók vizsgán elért eredményére108

Rárosi Ferenc, Szűcs Mónika, Boda Krisztina

Idős emberek egészség-megőrzése és vitalizálása informatikai eszközökkel: a Turntable projekt tapasztalatai	113
<i>Vassányi István, Szakonyi Benedek</i>	
InfoBázis—felhasználóbarát online adatbázis tervezése autizmussal élő emberek támogatásához.....	118
<i>Havasi Ágnes, Kancsó Martin, Imre Anna, Kis-Jakab Éva, Sikné Lányi Cecília</i>	
Európai COVID-19 információt tartalmazó WEB oldalak akadálymentességi tesztelése	126
<i>Jinat Ara, Sikné Lányi Cecília</i>	
Weblapokra vonatkozó esélyegyenlőséget fejlesztő ajánlások megfogalmazása a Semmelweis Egyetem weblapjainak akadálymentességi vizsgálata alapján.....	134
<i>Bede-Fazekas Eszter, Sándor Zoltán</i>	

Az orvosi szöveg, mint adat - esettanulmány: leletezés

Balkányi László

Pannon Egyetem, Egészségügyi Informatikai Kutató-Fejlesztő Központ,
8200 Veszprém, Egyetem utca 10.

lbalkanyi@gmail.com

Összefoglaló:

A szerző két, képalkotó eljárással végzett orvosi vizsgálati lelet információtartalmát feltáró projekt tanulságait összegzi. Az első projekt az emésztőszervek endoszkópos vizsgálatának leletezését könnyítő számítógépes program elkészítése kapcsán végzett információ tartalmat feltáró munka volt, míg a másik projektben echokardiographias vizsgálati leletek alkotta corpust vizsgáltunk meg. Egy orvosi vizsgálat eredményét rögzítő lelet (a vizsgálat metaadatai mellett) két érdemi részből áll egy „leírásból” és egy „véleményből”. Az előadás bemutatja mindkét lelettípus vizsgálat-specifikus szemantikai-ontológiai strukturáját és az információ tartalmat meghatározó fogalmi entitás készletét, mind a „leírás”, mind a „vélemény” tekintetében. Az endoszkópos lelet strukturáját az eredeti *Maratka terminologia* [1] alapján mutatjuk be, míg az echocardiographias corpust az *American Society Of Echocardiography* [2] protokollja alapján, melyre a magyar protokoll is épül.

Érvelésünk a szerint az orvosi nyelven megfogalmazott leletállítások adatként értelmezhetőek, kezelhetőek, feldolgozhatóak. Egy orvosi lelet összetett információs objektum, melynek mérhető az információ tartalma, konzekvensen leírható, más leletekkel összehasonlítható szerkezete van és elhelyezhető az összes lehetséges lelet alkotta vizsgálat-specifikus információterben. A két projekt eredményei alapján jó eséllyel állítható, hogy (1) megfelelően strukturált és szabványos tartalomról épített részletes leletszövegek nem igényelnek semmiféle további „kódolást”, (2) azokból egyrészt közvetlenül nyerhető minden olyan információ, mely nemcsak a beteg állapotának megítélését, kezelését teszi lehetővé, hanem akár orvosi minőségbiztosítási, akár teljesítménymérési, akár epidemiológiai statisztikai vagy finanszírozási célokat is kiszolgálhat.

Bevezető

Az orvosi információ kezelés központi problémája sok évtized óta a „kódolás”. A klinikai dokumentáció az orvosi szakvéleményt szabad szöveges megfogalmazásban rögzíti, majd ezt a különböző célokra különböző jellegű, strukturált nomenklatúrák, terminológiák mentén

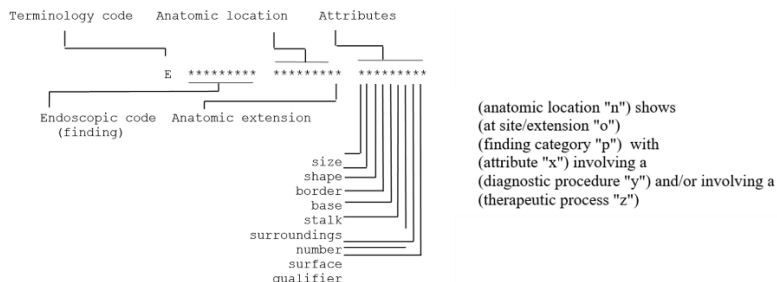
„kódolja”. E közlemény célja annak megmutatása, hogy (1) jó terminológia választással, a használat segítségével, az orvos klinikai dokumentációs munkáját közvetlenül támogatva olyan, szakember és algoritmus által egyaránt „olvasható” dokumentáció készíthető, mely nem igényel további kódolást, (2) az ilyen (véges terminológiával, strukturált tartalommal bíró) orvosi szöveg közvetlenül adatként értelmezhető, tehát pl. mérhető az információtartalma, minősége (szerkezete, összetettsége) más hasonló dokumentumokkal objektív módon összehasonlítható. Esettanulmányként két orvosi lelet típuson végzett korábbi munkát mutatunk be és annak tanulságait vonjuk le. A közlemény bemutatja a lelet típusok vizsgálat-specifikus szemantikai-ontológiai strukturáját és az információ tartalmat meghatározó fogalmi entitás készletét. Az emésztőszervi endoszkópos lelet (EEL) strukturáját az eredeti Maratka terminologia [1] alapján mutatjuk be, míg az echo-cardiographias corpust (EC) az American Society Of Echocardiography protokollja alapján [2], melyre a magyar protokoll is épül.

Módszer

Mindkét lelet-típusnál az alábbi lépéseket követtük: (1) terminológia kiválasztása -> véges fogalom készlet beazonosítása; (2) a lehetséges lelet-állítások és lelet struktúra modellezése -> szemantikus szerkezet modell (3) információ tér számítása (összes lehetséges leletállítás információ tartalma alapján); (4) eredmények vizuális bemutatása. Terjedelmi korlátok miatt a módszerek részleteit nem tudjuk ismertetni: az információ tartalom számítása részleteiben itt [3] követhető az EEL esetében, és itt [4] az EC esetében.

Eredmények

Az EEL szemantikus modellezés eredménye az 1. ábrán látható. A modell szerint az endoszkópos vizsgálat során az orvos végig halad a vizsgálható lumenben (pl. nyelőcső), és látott elváltozásokat (vagy azok hiányát negatív lelet estében) formális állításokban rögzíti. Minden egyes állítás megnevezi az elváltozást (p), annak anatómiai helyét (n), kiterjedését (o), attribútumait (x), az elvégzett diagnosztika és/vagy terápiás beavatkozást (y, z). Végighaladva a vizsgált területeken összeáll a lelet. A 2. ábrán bemutatjuk a lehetséges állítások számait és a számított információ tartalmat. A szemantikai – ontológiai modellt használva készíthető számítógépes program mely a leletezést a lehetséges állításokat fa struktúrába állítva jelentősen megkönnyíti és a későbbi statisztikai feldolgozást megkönnyíti.

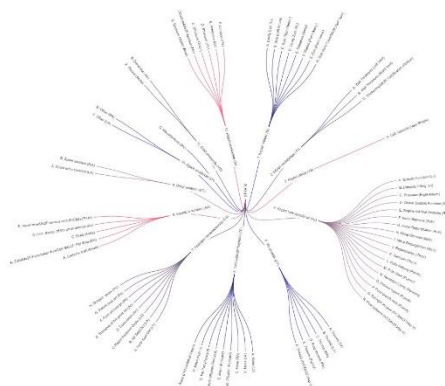


1. ábra: EEL lelet szemantikus modellje

Examination types	Number of possible statements	Information content of one statement in bits (rounded)	Total information space size in Gigabytes	Comment
esophagoscopy	$5,73 \cdot 10^8$	29	2,08	parts
gastroscope	$1,05 \cdot 10^9$	30	3,92	of
duodenoscopy	$2,34 \cdot 10^9$	31	9,08	panendoscopy
postop.end.	$1,22 \cdot 10^8$	27	0,41	suppl. modal.
ercp	$2,33 \cdot 10^9$	31	9,06	alone
colonoscopy	$8,18 \cdot 10^8$	30	3,03	standing
laparoscopy	$7,17 \cdot 10^8$	30	2,64	modalities
sum	$7,94 \cdot 10^9$	(not relevant)	30,22	suppl.: supplementing modal.: modality

2. ábra: a vizsgálati modalitások állítátszámai és információtartalma

Az EC lelet esetében a szemantikus modell kissé különbözik, mert ez a lelettípus nem csak morfológiai leírást, hanem funkcionális információt is tartalmaz. Ennek megfelelően a 'lelettér' nagyságrendekkel nagyobb, mint a csak morfológiai információt adó endoszkópos lelet esetén. Valójában a két lelettípus ilyen értelemben nem összehasonlítható, de nem is ez a cél, hanem annak megmutatása, hogy két, teljesen eltérő lelet típusnál ugyanaz az alap gondolatmenet vezet eredményhez, a kvantitatív módon történő lelet kezelés számaihoz. Az alábbi 3. ábrán az echokardiográfiás lelet egyszerűsített szemantikus modelljének képét, és egy ~11000 leletből alkotott korpuszon a számított információtartalmat mutatom be. (A teljes modellezés munka és a számítás menete itt elérhető [4]). A modell képe a részletek olvashatóság nélkül is mutatja, hogy az echokardiográfiás lelet jóval részletesebb, információ tartalma ezért, ahogy fentebb jeleztem, jóval nagyobb, mint az endoszkópos leleté.

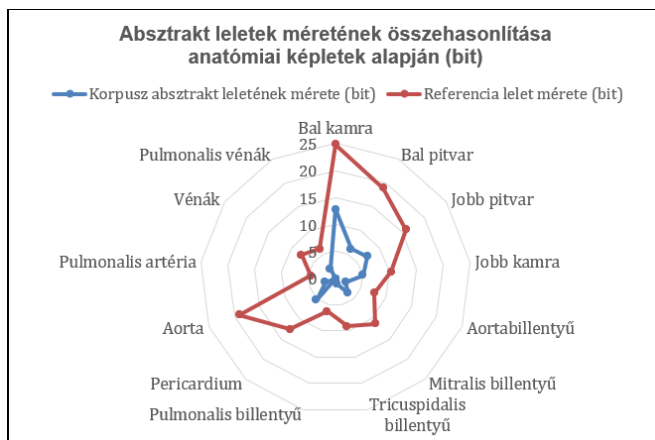


Referencia lelet információtartalma	156,84 bit
Modell tudásterének mérete	$2,66 \cdot 10^{24}$ YB
Korpusz absztrakt leletének információtartalma	47,20 bit
Korpusz tudásterének mérete	868,30 PB

3. ábra: az echokardiográfiás lelet szemantikus szerkezetének vizualizációja és a lelet-tér/ lelet / korpusz mérete

Megvitatás

Kérdés, hogy van-e értelme a teljes lehetséges tudásteret mérni, hoz-e a leletek megértésében, objektív összehasonlításában hozzáadott értéket egy, a leletek információ-tartalmát kvantitatív módon jellemző eszköz használata?



A szerző álláspontja szerint a teljes lehetséges tudáster és egy adott korpusz méretének összehasonlítása jól jellemezheti tudásunk hiányosságait, de a

módszer talán még jobban használható a különböző korpuszok összehasonlítására. Orvos-szakmailag jól strukturált modellel pedig maga a leletezési munka is kvantitatív módon értékelhető, ezt mutatja a fenti 4. ábra.

A szerzett tapasztalatok szerint, miközben a szabad-szöveges orvosi leletek feldolgozása lehetséges, de az eredményekhez képes aránytalan erőfeszítést igényel jelenlegi módszereinkkel, a strukturált, definiált terminológiát támogató leletezése eszközüik bevezetése segíti az orvost, emelheti a munka minőséget, ahogy azt a fenti ábrán a kék és piros színnel jelöl területek különbsége jelzi.

Hivatkozások

- [1] Maratka, Z.: *Terminology, Definitions and Diagnostic Criteria in Digestive Endoscopy*, Normed Verlag, Bad Homburg, 1989
- [2] Gardin, J. M. at al. (2002). *Recommendations for a Standardized Report for Adult Transthoracic Echocardiography: A Report from the American Society of Echocardiography's Nomenclature and Standards Committee and Task Force for a Standardized Echocardiography Report*. Journal of the American Society of Echocardiography: Official Publication of the American Society of Echocardiography. 15 (3): 275–90.
- [3] Balkányi, L: *Explorations on the nature of medical information* - 1996 - Rijksuniversiteit te Leiden
- [4] Kukoda, B: *Betegségcsoportok fogalmi terének modellezését és mérését segítő keretrendszer készítése* szakdolgozat, Egészségügyi Informatikai Kutató-Fejlesztő Központ, Pannon Egyetem, Veszprém

Új központi elektronikus egészségügyi fejlesztés - eGYSE

Gyógyászati segédeszközök elektronikus vényen

Dr. Bertalan Lóránt

eRecept és eEgészségügy szakértő¹, címzetes egyetemi tanár -
mesteroktató²

¹OKFŐ Informatikai Helyettes Főigazgatóság, H-1123 Budapest, Alkotás
utca 17-19

²Semmelweis Egyetem, Egészségtudományi Kar, H-1088 Budapest, Vas u.
17.

bertalan.lorant@okfo.gov.hu

Összefoglaló: 4 évvel a gyógyszeres eRecept rendszer bevezetése után, 2021. november 1-jén elindult az EESZT és eGYSE modulján keresztül a gyógyászati segédeszközök széles körének elektronikus vényen történő felírása, rendelése és kiadása. A cikkben - egy rövid magyar eRecept kronológia, használat és bevezetési tapasztalat bemutatása után- összefoglalva olvashatják a legfontosabb információkat az eGYSE receptek felírásáról és kiváltásáról, illetve ismertetjük az induló szolgáltatás várható szakmai és lakossági előnyeit is.

Bevezető

Egy online felmérés eredményei alapján az elmúlt évben az EESZT ismertsége és népszerűsége nagyot nőtt a magyar lakosság körében, részben a COVID pandémia hatására. A **magyarorszag.hu** oldal elektronikus szolgáltatásai közül - a felhasználók visszajelzése alapján - az 5 legnépszerűbb központi e-ügyintézési szolgáltatás 2021. augusztus végén az alábbiak voltak:

1. eBEV-szolgáltatások
2. **Elektronikus Egészségügyi Szolgáltatási Tér (EESZT)**
3. Földhivatali-nyilvántartás (e-tulajdoni lap online ügyintézés)
4. Gépjárműkereső
5. TAJ-nyilvántartással összefüggő szolgáltatások

A magyar eRecept rendszer 2017. november 1. indult, kezdetben a közhiteles PUPHA gyógyszer törzsben lévő gyári és magisztrális

gyógyszerekkel. Az addig összegyűlt nemzetközi tapasztalatok alapján, a rendszerbe már a kezdetektől integráltuk a fokozottan ellenőrzött gyógyszereket is. Az átmeneti időszak 2020 januárjáig tartott, több szakasszal, a papíralapú felírási igazolás fokozatos kivezetésével, működésoptimalizáló és üzembiztonsági fejlesztésekkel.

Az első COVID-hullám idején, 2020 márciusától, a koronavírus járvány alatt hozott első intézkedések között bevezették a könnyített (telefonos) vényfelírást és TAJ alapú kiváltást amely a későbbiekben is megmaradt. Ugyanez év áprilisában elindult a képviseleti (meghatalmazási) rendszer is. Majd 2020 májusától a betegszervezetek kérésére soron kívül biztosítottuk bizonyos - NEAK által meghatározott - GYSE termékkörök rendelkezésére a gyógyszeres eRecepten.

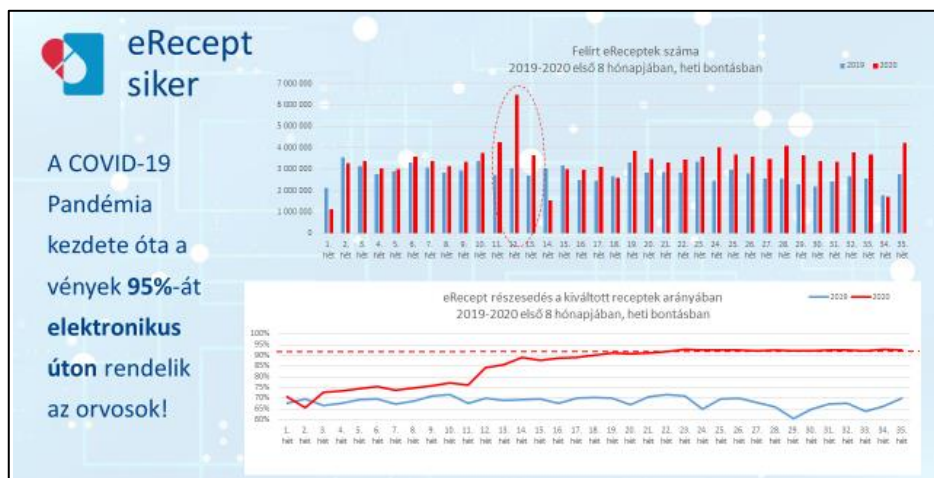
Az EESZT-ben továbbra is orvos-páciens találkozót követően írható fel eRecept! A járvány kezdete óta ez a találkozó - a jogszabályi előírások teljesítése mellett - **telemedicinális** ellátás keretében is történhet.



1. sz. ábra: Az EESZT fő moduljai és központi alkalmazásai

A módosított 44/2004. (IV. 28.) ESzCsM rendelet 23/C. § szerint, az emelt és kiemelt támogatással rendelhető gyógyszerekre és gyógyászati segédeszközökre kiállított szakorvosi javaslatok érvényesek maradtak a **veszélyhelyzet** időtartama alatt, és annak megszűnését követően 90 napig.

A szakorvosi javaslat ideiglenes meghosszabbítását a háziorvosnak a páciens egészségügyi dokumentációjában rögzíteni szükséges.



2. sz. ábra: Gyógyszervények felírási és kiváltási adatai 2019-2020

A COVID-19 pandémia kezdete óta már **a gyógyszeres vények 95%-át elektronikus** úton rendelik az orvosok. A járványt megelőzően ez az arány 65-70% körül volt.

Módszer és eredmények - A fejlesztések részletes leírása

Az eGYSE recept felírási és kiadási folyamata

2021. november 1-jétől elindult a GYSE-k széles körének elektronikus felírhatósága és kiadhatósága. A gyógyszeres eRecept modulban korábban felírt GYSE vények - a cikk írásakor érvényes - veszélyhelyzeti rendelkezések miatt - még 2022. január 30.-áig kiválthatók!

Az eGYSE recept indulásához szükséges volt több szakmai jogszabály megváltoztatása. A **14/2007 EüM. rendelet** módosításai szerint **társadalombiztosítási támogatással gyógyászati segédeszköz**, valamint annak kölcsönzése és javítása, meghatározott kivétellel az EESZT útján **elektronikus vényen** rendelhető. **Kivétel a szemüveglencse és keret,**

a **kontaktlencse és tartozékai**, illetve a **fogtechnikai** eszköz rendelése, amelyek maradnak továbbra is papír alapon, a már ismert NEAK formavényen.

Az eGYSE rendszerbe **bekerülnek a sorozatgyártású és egyedi méretvétellel készült termékek és szolgáltatások** (pl. javítások, kölcsönzés, oxigén) is. Ahol a jogszabály megengedi, több termék is rendelhető lesz elektronikus vényen (például az egységet képező eszközök és tartozékaik felírása).

Az elektronikus gyógyászati segédeszköz modul specifikus funkciója az **Ellenjegyzés** (jóváhagyás). Ilyenkor a vényt az orvos „ellenjegyzésre vár” státusszal tölti fel a TÉR-be, amely még nem kiváltható. A NEAK - a papíralapú dokumentáció alapján dönt, hogy jóváhagyja-e a GYSE termék felírását. Az ellenjegyző főorvos az esetet a betegellátási dokumentum azonosítója (un. EHR ID) alapján tudja követni, értékelni. A folyamat során az elektronikus vény engedélyezett - „nyitott” vagy elutasított – „visszavont” vénystátuszt kaphat. Az ellenjegyzésről a hivatalos választ a NEAK papíron is kiküldi. Ennek az előnye, hogy engedélyezés esetén a vény azonnal kiválthatóvá válik és a módszer alkalmazható többletmenyiség felírás esetén is.

Hasonlóan a megszokott gyógyszeres eRecepthez, minden orvos saját számítógépes programjával ír receptet, ami automatikusan elektronikus receptté válik és felkerül a "Tér"-be, ahonnan az ország bármely gyógyászati segédeszköz forgalmazójánál és érintett gyógyszerárúban lekérdezhetővé válik. Az eGYSE rendelése **csak olyan az orvosi programmal** lehetséges, amely a lefejlesztett új funkciókra külön **EESZT akkreditációt** kapott.

A felírási igazolás korábbi felíró oldali kiadási kötelezettsége 2021. július 7-ével megváltozott. Elektronikus vényen történő segédeszköz és gyógyszerrendelés esetén, az orvos csak a beteg **külön kérésére készít felírási igazolást (FIG)**. A felírási igazolást az orvos - **a beteg választása szerint - papír alapon vagy elektronikus formában** adja, így a FIG akár mailben, pdf-ként is elküldhető a páciensnek. A felírási igazolás nyomtatható fehér színű A4-es papírra és akár több vény adatait is tartalmazhatja. Fontos, hogy a nyomtatott FIG-et az orvos aláírásával és orvosi bélyegzőjének lenyomatával már nem szükséges ellátni.

27-essel kezdődő eGYSE receptazonosítót tartalmazó **FIG-el saját részre és más számára is kiváltható a vény**. Felírási igazolással (gyógyszeres eRecept és eGYSE recept) és bizonyos esetekben hagyományos papírvénnyel továbbra is lehet receptet kiváltani az eddig megszokott módon, saját magunk vagy akár más számára.

A 14/2007 EüM. rendelet alapján, - TB támogatott segédeszköz rendelés esetén - az orvos hagyományos **papíralapú vényt** állíthat ki, ha az elektronikus vény kiállítása nem lehetséges, vagy a rendelés „pro familia” jelzéssel történik. Ilyen esetben az orvosnak a rózsaszín NEAK papírvényt továbbra is szükséges aláírni és lebélyegezni.

Felírási igazolás - így eGYSE receptazonosító nélkül - **TAJ szám alapján**, az alábbi módokon lehet receptet kiváltani: a személyazonosság igazolásával és TAJ-kártya felmutatásával vagy a TAJ számot is tartalmazó tárolóelemmel rendelkező eSzemélyi igazolvánnyal, PIN-kód megadásával.

Más személy részére, a beteg TAJ-számának közlésével, a kiváltó személy azonosítása mellett váltható ki recept. A 2021. június 29-től hatályos törvénymódosítás szerint, ha elektronikus vény kiváltást nem saját, hanem egy más személy TAJ számának közlésével kezdeményezik, akkor a kiadó köteles a kiváltó személy személyazonosságát ellenőrizni, valamint a bemutatott okmány azonosítóját és a kiváltó nevét a helyi rendszerben rögzíteni. Gyógyszertár vagy - a gyógyászati segédeszköz kiadása esetében - GYSE forgalmazó ezeket a kiadáshoz rögzített személyes adatokat 5 évig köteles kezelni.

A jogszabály alapján elektronikus vénnyek kiadásáról a gyógyszer és gyógyászati segédeszköz kiadója úgynevezett **kiadási igazolást** készít. A vény kiváltását a kiváltó személy a kiadási igazolás aláírásával, aláírást rögzítő eszközzel vagy a személyét igazoló azonosítóval elismeri. **eSzemélyi igazolvánnyal** történt vénykiváltás esetén **nem** szükséges kiadási igazolást **nyomtatni** és a kiváltó személlyel külön **aláíratni**. Az aláírást ilyenkor a pin kód használat helyettesíti és a kiadási igazolás elektronikusan kerül kiállításra.

Ha az EESZT nem érhető el, a vény a felírási igazolás alapján is kiadható, melynek során papíralapú kiadási igazolás készül a GYSE boltban és gyógyszertárban. Ilyenkor a termék átvételét az átvévo személy aláírásával,

és a személyazonosságát igazoló hatósági igazolvány számának feltüntetésével ismeri el a kiadási igazoláson.

A papíralapú NEAK vények kiváltáskor a gyógyszerterekben és gyógyászati segédeszköz forgalmazóknál kerülnek be az EESZT-be az előre nyomtatott 21-el kezdődő vényazonosítóval. A gyógyszeres elektronikus vényekhez hasonlóan, az eGYSE vények is lekérdezhetővé, kereshetővé válnak az **EESZT Lakossági Portál**on (eeszt.gov.hu), illetve hozzáférhetőek lesznek a kezelőorvosok számára.

2021. november 1-jétől új szabályozás lépett életbe a **kihordási időre és a betegnyilatkozatokra** vonatkozóan. Az eGYSE vény esetén az azonos rendeltetésű segédeszköz TB támogatással történő igénybevételének párhuzamosságát kizáró betegnyilatkozatot rendeléskor kell megtenni, amely megtörténtét az **orvos a vény felírásakor jelöli az EESZT-ben**.

Az eGYSE modul bevezetésével az **EESZT Ágazati portál Hatósági modulja** is kiegészült az eGYSE receptet érintő NEAK hatósági ellenjegyző, lekérdező és ellenőrző funkciókkal.

Az Elektronikus Egészségügyi Szolgáltatási Tér (EESZT) működése szempontjából kiemelt fontosságú, hogy a csatlakozott - gyógyászati segédeszközöket forgalmazó - szolgáltatók rendelkezzenek akkreditált, EESZT-kompatibilis szoftverrel. Az EESZT elsősorban az **informatikai rendszerrel nem rendelkező** segédeszköz **forgalmazók támogatására** hozta létre saját, ingyenes gyógyászati segédeszköz kiadó alkalmazását, a miniGYSE-t.

A **miniGYSE** az EESZT által fejlesztett, ingyenes, webes technológián alapuló informatikai rendszer, mely alkalmas az EESZT felé kötelező adatszolgáltatások biztosítására. Létrehozásának célja, hogy 2021. november 1-jétől az EESZT-be kötelezően küldött adatok (eGYSE és papíralapú vények) feltölthetők legyenek, teljesítve a minimálisan elvárt EESZT adatfeltöltési funkciókat, illetve egyszerűen és biztonságosan tudjanak a kis forgalmú szolgáltatók is a Térhez csatlakozni és azt használni. Az alapfunktionalitással rendelkező EESZT Ágazati Portál Központi Alkalmazás azok számára ajánlott, akik nyilvántartásukat és adminisztrációs tevékenységüket eddig papír alapon végezték. A miniGYSE nem alkalmas a NEAK jelentési és elszámolás kötelezettség teljesítésére.

Következtetések

Az eGYSE recept előnyei

A gyógyszerek után egyszerűbb és gyorsabb lesz majd a segédeszközök kiadása is, amint az új funkciók beépülnek a felhasználók napi rutinjába. Fokozatosan tovább csökken az adminisztráció, így több idő juthat például a beteg tájékoztatására. Csökken a kötelezően 5 évig tárolandó papírdokumentumok mennyisége, kimaradhatnak a papíralapú vények hordozásából és tárolásából adódó hibázások. A hibás vény orvosi javítása - a régi visszavonása és új vény kiállítása- is egyszerűbb lesz. Papírmentesség és egyszerűbbé válik az elszámolt vények NEAK ellenőrzése. Az elektronikus ellenjegyzési folyamat előnye, hogy engedélyezés esetén a vény azonnal kiválthatóvá válik. A helyes eszközhasználat tanácsadásra fordított idő nőhet, minősége javulhat úgy az orvosnál, mint a GYSE boltokban és gyógyszerárakban. Javulhat a betegbiztonság és a termékhasználat követhetősége, megvalósulhat az egyeztetett, pontos, több oldali GYSE betegtájékoztatás és edukáció.

Köszönetnyilvánítás

Köszönet a sok munkáért az OKFŐ Informatikai Helyettes Főigazgatóság és a partner fejlesztőcégek valamennyi munkatársának, szakértő és projektvezető kollégáinak, akik részt vettek az eGYSE recept fejlesztések tervezésében, megvalósításában és elindításában. Köszönjük továbbá az ágazatvezetésnek, a társhatóságoknak és szakmai érdekképviselői szervezeteknek a számos egyeztetést és pozitív hozzáállást, amely nélkülözhetetlen egy új, komplex elektronikus egészségügyi szolgáltatás bevezetéséhez.

A Covid-19 Sars-Cov-2 járvány alatti D3-vitamin forgalmának alakulása Magyarországon

Batta Balázs¹, Hercegné Havasi Ildikó¹, Merth Gabriella¹

¹MediConcept Kft., gabriella.merth@mediconcept.hu

1036 Budapest, Lajos utca 74-76.

Összefoglaló: A koronavírus járvány több mint másfél éve része az életünknek. A járvány kezdetétől megfigyelhető egy emelkedett D-vitamin forgalom az őszi-tavaszi időszakban a korábbi évekhez képest, amelyet a járvány még jobban kidomborított. Nagyobb kiszerezési és magasabb hatóanyagtartalmú készítményeket váltanak ki az emberek. Megyénként vizsgálva a kiváltási adatokat, illetve a fertőzöttek számát, azt tapasztaljuk, hogy ezen tényezők alapján nem mutatható ki a D-vitamin hatása a fertőzőségekre.

Bevezető

A D-vitamin megfelelő mennyisége elengedhetetlen szervezetünk helyes működéséhez: többek között nagy szerepe van a csontanyagcsere folyamatok során, előtérbe kerültek a szülészeti-nőgyógyászati hatások, illetve az utóbbi évek kutatásai azt támasztják alá, hogy az immunfolyamatokban is [1]. A D-vitamint alapvetően a napfényből szerezük be, de Magyarország adottságai révén az év egy részében a népesség napfény által nem jut elegendő D-vitaminhoz, 10-ből 9 embernél alakul ki D-vitamin hiány.[2] Európában a D-vitamin pótlása elsősorban D3-vitaminnal történik tabletták vagy cseppek útján.[3] A D-vitamin vásárolható nem vényköteles étrend-kiegészítőként és egyedi orvosi elbírálás alapján javasolt, vényköteles gyógyszerként is.

A D-vitamin szedésének mértéke hazánkban (is) folyamatosan nő. A Covid-19 Sars-Cov-2 járvány több irányból is hatással volt a D-vitamin szintre:

- A bevezetett korlátozások következtében, több időt töltött a lakosság zárt térben, így gyakoribbá válhatott a D-vitamin hiány.
- Szakmai ajánlás szerint lerögzítették, hogy a fertőzés ideje alatt mennyivel nagyobb mennyiség szedése javasolt (napi 4000-6000 NE tíz napon át), elkerülve a túlzó mennyiséget.[4]

Célkitűzés

A kutatás célja az volt, hogy bemutassuk, hogy befolyásolta a támogatott D-vitamin fogyasztást a koronavírus járvány nem csak a kezdeti szakaszban, hanem a későbbi hullámaiban is (a vizsgált időszak: 2016. január – 2021. szeptember). Hipotézisünk, hogy a járvány megjelenésével és azt követő hullámok alatt megnőtt a támogatott D-vitamin felhasználás.

Módszer

Az elemzést alapvetően a Nemzeti Egészségbiztosítási Alapkezelő publikus adataira építettük 2016-2021 időtávon, melyet kiegészítettünk lakossági adatokkal, illetve fertőzőbetegségek statisztikák eredményeivel.



1. ábra: Módszertani megfontolások

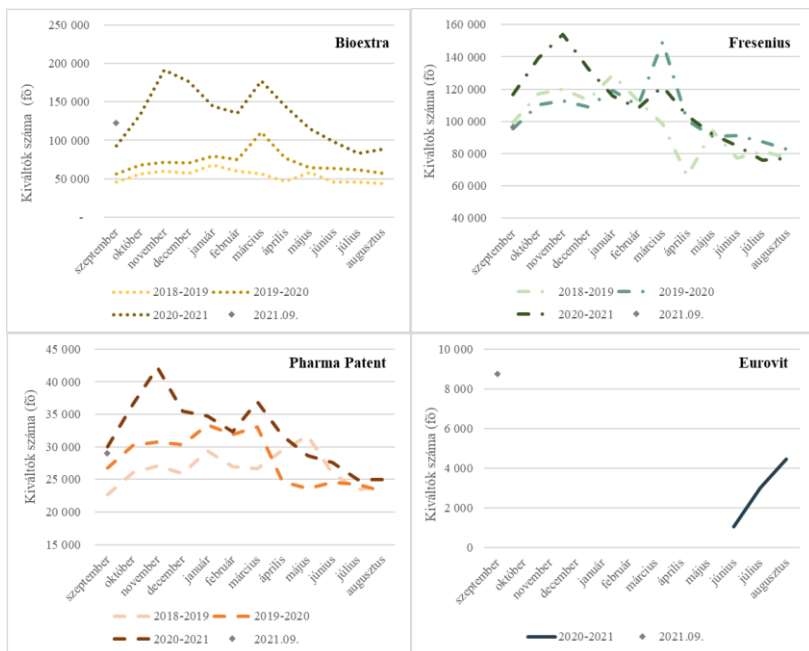
Limitációk

- Lényeges korlátot jelent, hogy D3-vitamin nagy mennyiségben kerül forgalomba vény nélkül kiadható termékként. Az így forgalmazott D-vitamin fogyás mértékéről nem áll rendelkezésre hiteles adatforrás.
- Adattorzító hatása miatt azon készítmények sem szerepelnek a vizsgálati körben, amelyek a vizsgálati időszak közben kerültek ki a támogatásból (pl. Vigantol).
- Nincs információnk arról, hogy az érintett személyek valóban beszédtek-e a megvásárolt készítményt vagy sem.
- A NEAK oldalon található publikus adatok adatvédelmi okok miatt korlátozva állnak rendelkezésre.

Eredmények

A D-vitamin kiváltásokat, kiváltókat vizsgálva azt tapasztaltuk, hogy a vizsgált időtávon a D-vitamint kiváltók száma, a kiváltott dobozok mennyisége, a terápiás napok száma (DOT, days of therapy) mérsékelte és folyamatos emelkedést mutat, szezonaritástól függetlenül. A kezdődő

koronavírus járvánnyal egyidejűleg a D-vitamin fogyasztás, legyen szó akár a kiváltók (61 százalékos növekedés az előző évhez képest), a terápiás napok (111 százalékos növekedés az előző évhez képest), vagy a kiváltott dobozok (48 százalékos növekedés az előző évhez képest) számáról. Többségében elmondható, hogy az őszi periódusok mutatnak nagyobb emelkedést a kiváltók számában. Az egyes brandek közül a Vitamin D3 Bioextra kiváltók száma és ezen brand doboz forgalma emelkedett meg leginkább.

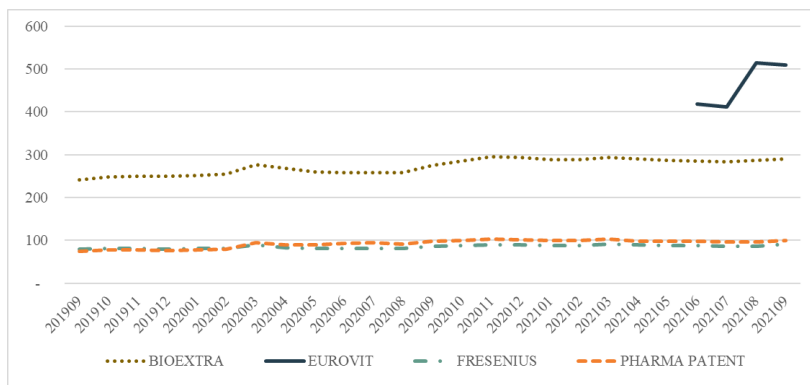


2. ábra: D-vitamint kiváltók számának alakulása brand szinten

2021 második negyedévében csökkenés mutatkozott az adatokban, köszönhetően a szezonalitásnak, valamint a járvány visszaszorulásának. A harmadik negyedév végén ismét növekedésnek indult a D-vitamint kiváltók száma, valamint egy új brand is megjelent a piacon (Eurovit D-vitamin). (2. ábra)

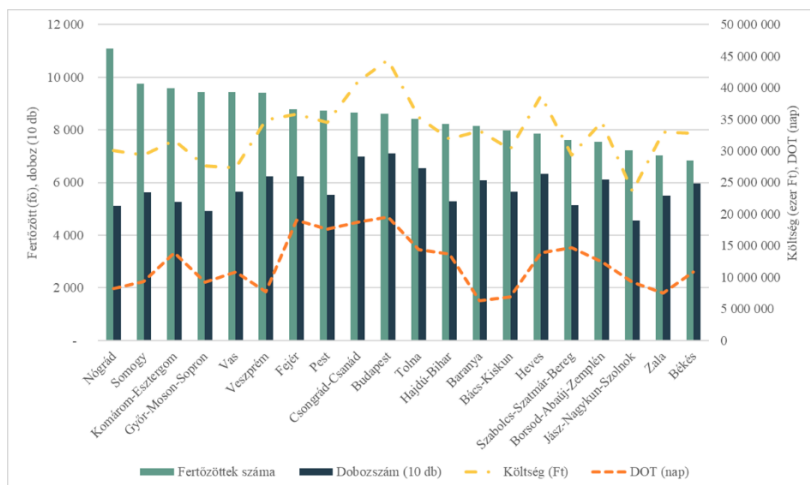
A 2020-as év végére a kiváltott készítmények terápiás napjainak száma már 146 százalékkal emelkedett meg az előző évhez képest, ami a kiváltók számánál (64 százalékkal, az előző évhez képest) is meredekebb emelkedést mutatott. Ez arra utalhat, hogy a fogyasztók a járványhelyzet miatt magasabb

hatóanyag tartalmú D-vitamin bevitelre tértek át. Az egy kiváltóra jutó DOT mennyiség esetén a permanens növekedési tendencia 2020 második felében, illetve 2021 első negyedévében megugrott. A legnagyobb ugrás az új készítmény esetében látható 2021 harmadik negyedévében (3. ábra)



3. ábra: Egy betegre jutó terápiás napok száma (DOT) brand szerinti bontásban

Az adatokat a koronavírus járvány kitörését követő másfél évben, megyei bontásban is vizsgáltuk lakosságszám arányosan. Arra voltunk kíváncsiak, hogy látunk-e összefüggést a megyei kiváltási adatok és a fertőzésszám között. A fertőzöttségi adatok magasak voltak az ország nyugati területein Zala megyét kivéve: Somogy, Győr-Moson-Sopron, Komárom-Esztergom, Vas, Veszprém, Somogy megye tekintetében, illetve magas értéket találhatunk az ország északi területén, Nógrád megyében is. A DOT, a dobozszám, a költség tekintetében a legmagasabb értéket Csongrád-Csanád megye és Budapest mutatja. Ezen tényezők alapján nem mutatható ki a D-vitamin hatása a fertőzöttségre. (4. ábra)



4. ábra: Megyei bontás 2020.04. – 2021. 09. között (100 ezer főre standardizálva)

Következtetések

- A koronavírus járvány megjelenése óta nagyobb kiszerezésű és magasabb hatóanyagtartalmú D-vitamin készítmények kiváltása került előtérbe. Az őszi szezont vizsgálva az érintett kiváltók száma évről évre nő.
- A vizsgált tényezők alapján nem mutatható ki a D-vitamin hatása a fertőzöttségre.
- Vélhetően a járvány következtében megnőtt fogyasztási szokásváltozás okozza az általánosan, - de az ország egyes területein - megnövekedett D-vitamin hatóanyag fogyasztást.

Hivatkozások

- [1] Semmelweis Hírek (2020.05.26.), <https://semmelweis.hu/hirek/2020/05/26/segitheti-e-a-d-vitamin-a-virusfertozesek-elleni-vedelmet/> 2021.11.26.
- [2] Magyar Dietetikusok Országos Szövetsége (Táplálkozás Akadémia Hírlevél, 7. évfolyam 2. szám)
- [3] Michael F. Holick: A nélkülözhetetlen D- vitamin (ISBN: 9789635309832)
- [4] Semmelweis Hírek (2021.03.22.), <https://semmelweis.hu/hirek/2021/03/22/friss-ajanlas-keszul-a-d-vitamin-hasznalatrol-a-semmelweis-egyetem-vezetesevel/>, 2021.11.26.
- [5] Nemzeti Egészségbiztosítási Alapkezelő (NEAK), forgalmi rekordok, http://www.neak.gov.hu/felso_menu/szakmai_oldalak/publikus_forgalmi_adatok/gyogyszer_forgalmi_adatok, 2021.11.26.
- [6] Központi Statisztikai Hivatal, https://www.ksh.hu/stadat_files/nep/hu/nep0034.html, 2021.11.26.
- [7] Kormányzati tájékoztató oldal a koronavírussal kapcsolatos információkról, www.koronavirus.gov.hu, 2021.11.26.

Hallgatói kérdőívek szabad szöveges válaszainak értékelése szövegbányászati módszerekkel

Boda Krisztina, Szűcs Mónika, Rárosi Ferenc
SZTE SZAOK Orvosi Fizikai és Orvosi Informatikai Intézet

boda.krisztina@med.u-szeged.hu,

szucs.monika@med.u-szeged.hu

rarosi.ferenc@med.u-szeged.hu

6720 Szeged Korányi fasor 9.

Összefoglaló: A biostatisztika alapjainak oktatásában rendszeresen alkalmazunk kérdőíveket, melyet a hallgatók önkéntesen és név nélkül töltenek ki. Ezekkel egyrészt adatbázist teremtünk a statisztika oktatásához, másrészt pedig a hallgatók véleményéről is értesülünk. A kérdőívek szabad szöveges válaszait szövegbányászati módszerekkel is feldolgoztuk. Az előadás bemutatja az R szoftver alkalmazási lehetőségeit angol és magyar nyelvű szövegek elemzésére, valamint a „miért akar orvos lenni”, illetve az „egyéb vélemény a biostatisztika oktatásáról” kérdésekre adott válaszok eredményét.

Bevezető

A biostatisztika oktatásában mindig is alkalmaztunk kérdőíveket, melyet a hallgatók saját magukról töltöttek ki nélkül. Az első hetekben kitöltött kérdőívek adatai szolgáltak a tanított módszerekhez adatbázisként (pl. testmagasság és testtömeg közötti korreláció vizsgálata). Másrészt a hallgatók véleményét is igyekeztünk megtudni az oktatásunkról, pl. a szoftver használatáról, vagy az előadás szükségességéről. Mindegyik kérdőívben lehetőséget adtunk szabad szöveges válaszoknak is. Az előadásban ezeknek a szövegeknek szövegbányászati módszerekkel történő feldolgozását és az R szoftver alkalmazását mutatjuk be.

Módszer

A szövegbányászat feladata struktúrálatlan vagy gyengén struktúrált szöveges állományokból információk nyerése, összefüggések felderítése. Széles körben alkalmazzák pl. Internetes keresésekben, az államigazgatásban, e-kormányzatban, gyógyszerkutatásban, stb. A szövegbányászati módszerekről már magyar nyelven is egyre több irodalom található [1], [2], [3]. Már az orvosi irodalomban is megjelent a kérdőívek szabad szöveges válaszainak ilyen módszerekkel történő feldolgozása [4]. Rengeteg szoftver,

közöttük a statisztikai szoftvercsomagok is tartalmaznak szövegbányászati modulokat. Mi az R nyelvet alkalmaztuk, mivel ez a szoftver szabad hozzáférésű, ezt a szoftvert használjuk az oktatásban is, és ebben találtunk használható programkódokat is [5], [6].

Az általunk használt módszerek rövid összefoglalása

Korpusz. A feldolgozandó dokumentumok összességét *dokumentumgyűjteménynek* vagy *korpusznak* nevezzük. Lehet pl. pdf-file-ok gyűjteménye, de lehet egyetlen szövegfile is, melynek sorai a kérdőívet kitöltők szabad válaszai (esetünkben az utóbbi). Ezt a korpuszt kell egységes, feldolgozható formára hozni, amely letisztított formában tartalmazza a szöveget és esetleges meta-adatokat (a dokumentum egyéb jellemzőit); az eredmény az ún. *szó-dokumentum mátrix* (document-term matrix). A mátrix soraiban a vizsgálandó elemek (kifejezések vagy szavak), oszlopaiban a válaszadók (dokumentumok vagy hallgatók) szerepelnek, a mátrixban annak gyakorisága, hogy az adott kifejezés az adott válaszadónál hányszor fordul elő. Egyes esetekben gyakoriságok helyett csak 0-k és egyesek szerepelnek, vagy a szó fontosságát valahogyan súlyozhatjuk.

Előfeldolgozás.

A szó-dokumentum mátrix előállításához nélkülözhetetlen néhány előfeldolgozás. Ezek a következők lehetnek:

- Speciális karakterek (pl. /, @, |) eltávolítása vagy helyettesítése szóközzel, felesleges szóközök, számok eltávolítása, nagybetűk kisbetűkké alakítása.
- Stopszavak eltávolítása (pl. „and”, „the”, „on”, stb.). Angol nyelven van egy alapszótár, magyarul egyesével be tudjuk írni.
- Stemming (szótövezés): szavak csonkolása, pl. „fishing”, „fisher”, „fished” -> „fish”. Ez a rész különösen veszélyes lehet, hogy hogy álljunk meg a szótövezéssel, az eredmény függ az eljárástól és nyelvtől.

Szó-dokumentum mátrix alapján végzett eljárások

- Leggyakoribb szavak megkeresése
- Szófelhő készítés (látványos)
- Szavak közötti kapcsolatok felderítése – mely szavak milyen szavakkal állnak kapcsolatban
- A korrelációk alapján clusteranalízis, faktoranalízis végezhető

Egyéb eljárások, lehetőségek: érzelem detektálás (szentiment analízis)

Eredmények

2020-ban a korábban is alkalmazott változók (neme, kora, testmagassága, testtömege) azt is megkérdeztük a hallgatóktól, hogy miért szeretne orvos

lenni? Angol nyelven 53, magyar nyelven 140-en válaszoltak a kérdésre, természetesen szabad szöveges formában. A kérdőív egy részét mutatja az 1. Tábl., melynek tehát a „Why do you want to be a doctor” kérdésre adott válaszait dolgozzuk fel.

1. sz. táblázat

nick	sex	height	mass	why_do_you_want_to_be_a_doctor	where_to_work	learnt_statist
light	female	160	53	the love of service	hospital	no
AMIR	male	175	85	i love it	hospital	no
578	female	168	63	Work with people but with theoretical background	clinics	yes
Ofir	male	170	61	to help people	clinics	no
Silvia	female	180	70	I like learning about the human body and diseases.	clinics	yes

A szövegbányászati eljárásokat az R (<https://www.r-project.org/>) ‘tm’ package segítségével végeztük. A tisztítás eredményeként előálló szó dokumentum mátrix egy részét mutatja a 2. Tábl. Ebben a részletben minden szó minden embernél csak 1-szer fordul elő, ezért láthatók csak 0-k és 1-esek a mátrixban. Pl. „help” szó előfordul a Ofir, MHG és fm jeliségű hallgatónál. Ha sor-összegeket képezünk, megkapjuk az egyes szavak gyakoriságait. Az oszlop-összegek azt mutatják, egy ember hány szót használt fel. Az első 10 leggyakoribb szót a 3. Tábl. tartalmazza, az összes szóból készült szófelhőt az 1. ábra. Ez már majdnem olyan mátrix, mint ami a statisztikához kell, csak transzponálva.

2. sz. táblázat

	light	AMIR	578	Ofir	Silvia	amirhossein	kilua	MHG	fm
love	1	1	0	0	0	0	0	0	0
service	1	0	0	0	0	0	0	0	0
background	0	0	1	0	0	0	0	0	0
people	0	0	1	1	0	0	0	1	1
theoretical	0	0	1	0	0	0	0	0	0
work	0	0	1	0	0	0	0	0	0
help	0	0	0	1	0	0	0	1	1

3. sz. táblázat

szó	help	people	like	want	others	love	field	service	body	human
gyakoriság	23	18	8	7	6	5	4	3	3	3

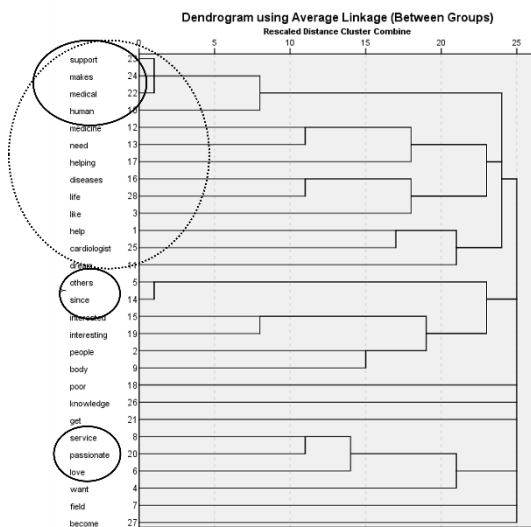
Ha a 2. sz. táblázatot transzponáljuk, akkor a statisztikai feldolgozásokhoz szokásos elrendezést kapjuk: a változók a szavak, a sorok pedig a válaszadók. Így kiszámíthatjuk a szavak közötti korrelációt, amely tehát a két változóban álló két számsor (egyes szavakra adott gyakoriságok) közötti Pearson-korreláció. Pl. a „help” és az „others” szavak közötti korreláció $r=0.42$. Az R programmal azt is megnézhetjük, hogy mely szavak mely más szavakkal állnak kapcsolatban, a korreláció mértékét mi magunk szabjuk meg. (1. ábra)

1. sz. ábra

```
findAssocs(TextDoc_dtm, terms=c("help", "people", "like", "want"),
corlimit = 0.2)
$help
others poor get
0.42 0.23 0.23
$people
helping poor get support
0.28 0.28 0.28 0.28
...
```

A korrelációk alapján ezután pl. cluster analízissel szemléltethetjük ugyanezt (2. ábra), vagy számszerűsíthetjük faktoranalízissel is.

2. sz. ábra.



Érzelem-detekálás. A dokumentumokat (vagyis a véleményeket) előre definiált, általában pozitív, negatív vagy semleges tartalmú jellemzőkkel látjuk el. Számos skálán létezik, hogy jobban kifejezzék a szövegben található érzelmek pozitív vagy negatív fokozatait. Az R 'Syuzhet' package négy érzelmi szótárt tartalmaz, és módszert ajánl az érzelmek kivonásához. Mindegyik módszer különböző skálát alkalmaz, és ezért nagyon különböző lehet az eredmény. De mindegyikben közös vonás, hogy inkább a pozitív érzelmek domináltak (4. Tábl.).

4sz. táblázat

Kódolás	Minimum	Medián	Átlag	Maximum
Syuzhet	-0.75	0	0.1955	1
Bing	-1	0	0.1485	1
Afinn	-2	0	0.3465	3

A magyar nyelvű hallgatók válaszainak feldolgozásánál csak az volt a nehézség, hogy a szótővesítést nehéz volt megoldani, ezért kihagytuk. Az érzelem-detektálást pedig nem tudtuk elvégezni, mivel az érzelmi szótárak angol nyelvűek. Itt most csak a szófelhőt mutatjuk be (3. ábra).

3. sz. ábra



Hivatkozások

- [1] Tikk Domonkos (szerkesztő). Szövegbányászat. Typotex Kiadó, Budapest, 2007. https://edu.interkonyv.hu/pdfjs/web/viewer?media_id=938&method=inline
- [2] Mészáros Evelin, Sebők Miklós. „A szövegbányászati módszerek alkalmazásának lehetőségei a joggyakorlat-elemzésben”, FORUM SENTENTIARUM CURIAE, 2018 (2), pp.6-12.
- [3] Sebők, M. (szerk.) (2016). Kvantitatív szövegelemzés és szövegbányászat a politikatudományban. L'Harmattan.

- [4] D. Nair, K.A.Pivert, A. Baudi IV, C.V. Thakar. „Perceptions of nephrology among medical students and internal medicine residents: a national survey among institutions with nephrology exposure.” in *BMC Nephrology*, 2019, 20:146
- [5] S. Mhatre. „Text Mining and Sentiment Analysis: Analysis with R.” 2020, <https://www.red-gate.com/simple-talk/databases/sql-server/bi-sql-server/text-mining-and-sentiment-analysis-with-r/>
- [6] G. Pósfai. „Szövegbányászati gyakorlat” 2015. [Szövegbányászat gyakorlat Órai segédlet \(rstudio-pubs-static.s3.amazonaws.com\)](http://rstudio-pubs-static.s3.amazonaws.com)

Akut stroke betegutak kockázati tényezői

Vassányi István¹, Kovács Tamás², Surján György², Nagy Zoltán³

¹Pannon Egyetem, Eü. Informatikai K+F Közp., vassanyi@almos.vein.hu

H-8200 Veszprém, Egyetem u. 10.

² Országos Kórházi Főig., Semmelweis Egy. Dig. Egészségtud. Intézet

³ Országos Mentális, Idegtudományi és Idegsebészeti Intézet

A stroke következményei jelentős mértékben függnak az ellátás, esetleges beavatkozás gyorsaságától és módszerétől. Cikkünkben az akut stroke ellátó rendszer ellátási gyakorlatát próbáljuk jellemezni elsősorban a Tételes Egészségügyi Adattár adataira támaszkodva, a 2009-2018 közötti 10 éves időtartományban. A 10 éves időszakban a 304,585 epizódból 20,350-ban volt tovább-szállítás, mely a többi változótól (nem, kor, stb.) függetlenül a Cox-regresszió alapján 15%-kal, az intenzíven is kezelt betegek esetén 13%-kal rontotta a túlélés esélyét. Ha csak a beavatkozási epizódokat tekintjük, akkor a fenti romlás már 43%, illetve 53% lesz. A direkt illetve indirekt úton kezelt betegek túlélési görbéi erősen elkülönülnek egymástól. A fentiek alapján nagyvárosokban, elsősorban Budapesten javasolható olyan ellátási modell, melyben az akut stroke eseteket először a kiemelt, beavatkozásra képes stroke centrumba szállítják.

Bevezető

Az akut stroke sürgősségi ellátást igénylő állapot. A stroke lefolyását és hosszú távú következményeit a kezelés, esetleges beavatkozás gyorsasága és módszere döntő módon befolyásolja. A cikkben bemutatott elemzés általános célja az OKFŐ Tételes Egészségügyi Adattára (TEA) alapján az ellátó rendszer jellegzetességeinek feltárása, különös tekintettel az időbeli változásokra és a regionális eltérésekre, a szakmai protolloknak való megfelelésre [1,2]. Korábbi cikkünkben beszámoltunk többek közt a mentőhálózat-bővítés és a szállítási távolság túlélést befolyásoló hatásáról [3]. Jelen cikkben pontosítjuk a beavatkozási esetek definícióját és az esetek súlyosságának a hatását vizsgáljuk. Ilyen jellegű korábbi elemzésről nincs tudomásunk. A vizsgálat kiinduló hipotézisei:

- a beteg továbbszállítása rontja a túlélési esélyeit
- a súlyosnak tekinthető állapotú betegek túlélési görbéi jelentősen különböznek a többi betegtől.

Adatok

A bemeneti adatok forrása az ÁEEK TEA anonimizált eset-rekordjai, illetve a CT-kassza ezekhez köthető vizsgálat rekordjai, más publikus

adatforrásokkal kiegészítve. Akut stroke-ellátás címén a 2009. jan. 1 – 2018. december 31. közötti időszakban azokat az eseteket vizsgáltuk, melyeket I63 vagy I66 (ischaemiás akut stroke) fődiagnózissal írtak ki, és melyeknél a felvételi dátum előtti – 1 nap illetve a felvételi dátum utáni + 5 nap közti időtartam alatt végeztek a betegnek koponya CT vizsgálatot. E feltétel előírására a ténylegesen nem akut stroke esetek kizárása céljából volt szükség. Az adatokat többféle módon tisztítottuk és az eset-rekordokból epizódokat formáltunk, bővebben lásd [4-5].

A korábbi adattisztításhoz képest változás, hogy a thrombectomy beavatkozás definícióját próbáltuk a valós klinikai kódolási gyakorlathoz igazítani, ezért a beavatkozási kódok közül thrombectomiának tekintettük a 33933 mellett az 53958 OENO-kódot is. A beavatkozás esemény további pontosítását a BNO-10 kódrendszer azon hiányossága korlátozza, hogy az I63 (Agyi infarctus a praecerebralis ütőerek rögződése miatt) illetve I66 (Az arteria cerebri media elzáródása és szűkülete) akut stroke diagnózis csoportok esetén nem teszi lehetővé az érintett érágak jelölését, ami pedig szakmai elvárás lenne. Ezért egyes ellátóknál azon akut stroke esetek egy részét, melyekben beavatkozás történt, nem az I63-I66, hanem az érágot is jelölni tudó, más BNO-kóddal (I65) jelentik le, amely viszont nem akut stroke eseteket (például tervezett értágítást) is magában foglal. Ezért ezen ellátók esetén a ténylegesen akut stroke esetek pontos azonosítása ellátónkénti és esetenkénti vizsgálatot igényelne az ellátó saját klinikai nyilvántartásának felhasználásával, amire a jelen, egész országra kiterjedő vizsgálatban sajnos nem volt lehetőségünk. A jövőben ez a probléma rövid távon megoldódhat az országos Stroke Regiszter elindulásával, hosszabb távon pedig a BNO-11-re való áttéréssel, ez azonban a korábbi adatokra természetesen már nem lesz hatással.

Módszer

A betegút-elemzéshez alkalmazott módszertant első két lépése az eset-rekordok alapján a számunkra érdekes, tipizált események azonosítása, ezekből pedig *ellátási epizódok* készítése és tipizálása.

Jelen elemzés céljára az epizódokat az alábbi csoportokba soroltuk:

- Beavatkozási epizód: ha az epizód során thrombectomy vagy thrombolysis történt
- Intenzív epizód: ha az epizód során bármelyik ellátónál intenzív osztályon is ápolták a beteget. Ez a tény az eset súlyosságára lehet jellemző. Az intenzív osztályok azonosításakor figyelembe vettük az

időszak során történt intézmény-összevonásokat és egyéb változásokat is.

- Indirekt ellátású (szállítási) epizód: ha az ellátás során egyik ellátótól egy másikhoz szállították a beteget

Az elemzés során vizsgáltuk az egyes epizód-típusok túlélési adatait. Ha egy betegnek két epizódja volt, az első epizódot is felhasználtuk az adatvesztés elkerülése érdekében, de cenzoráltan, tehát az első epizód követése a második epizód napján véget ért. Ezután Cox-regresszió alkalmazásával meghatároztuk az epizód besorolása (lásd fent), a nem és a kor hatását az epizód utáni halálozás kockázatára az idő függvényében. A Cox-regresszió alkalmazásának előnye, hogy a figyelembe vett tényezők hatását egy tetszőleges időpontban egymástól függetlenül, adott szignifikancia-szinthez rendeltén tudja megadni, az alapesetnek tekintett epizód-típushoz képest. Az alapeset jelen vizsgálatban a beavatkozás nélküli, nem intenzív, direkt ellátású, nőt érintő epizód volt, ugyanis a vizsgálati hipotézis szerint ennek a típusnak a legjobbak a túlélési esélyei.

A Cox-regresszió mellett elkészítettük az egyes csoportok túlélési (Kaplan-Meier) görbéit is, melyek lényeges különbségei a 95%-os konfidencia-sávok figyelembe vételével jól értékelhetők.

Az elemzéshez MS SQL Server adatbázis-technológiát és a lifelines Python csomagot használtuk.

Eredmények

Az elemzésben a feltételeknek megfelelő epizódok száma 304,585, melyek 272,091 különböző pszeudo-TAJ számhoz tartoznak. Az epizód-típusok számszerű megoszlása, illetve halálozási aránya az alábbi táblázatban látható.

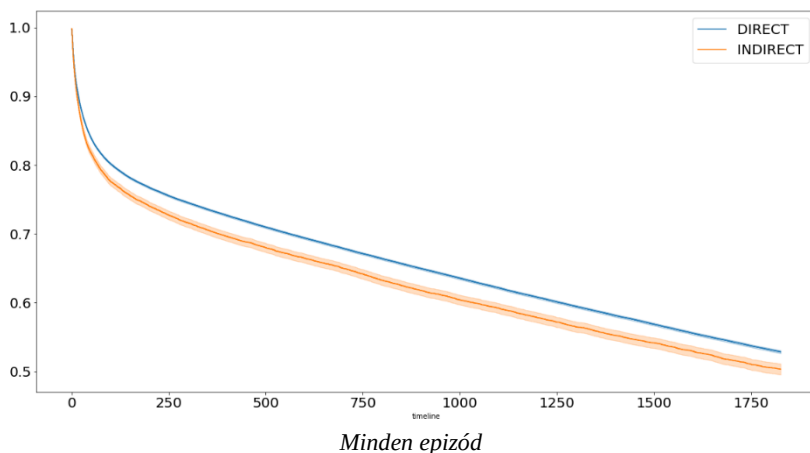
Epizód típusa	Ep. szám	30 nap hal. (%)	180 nap hal. (%)
Minden epizód	304,585	13.3	23.5
Beavatkozási epizódok	13,892	14.5	24.3
Nem beav. epizódok	290,693	13.3	23.5
Intenzív epizódok	8,033	40.7	53.5
Nem intenzív epizódok	296,552	12.6	22.7
Indirekt ellátású epizódok	20,350	15.2	25.9

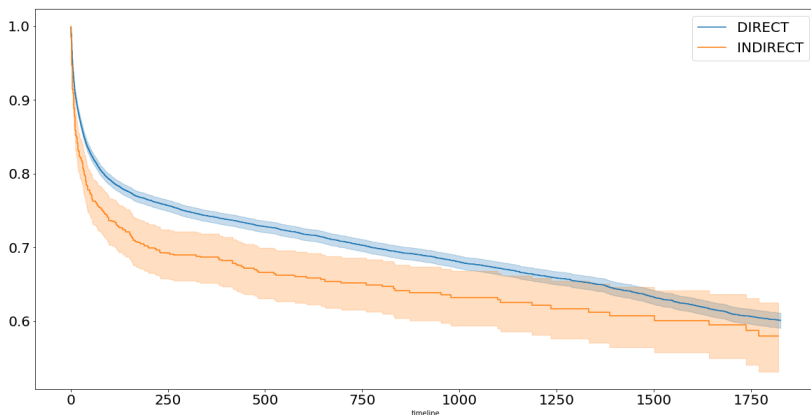
Direkt ellátású epizódok	284,235	13.2	23.3
--------------------------	---------	------	------

A Cox-regresszió szignifikáns eredményei az epizód kezdete utáni túlélésre, mint eredmény-változóra vonatkozóan az alábbi táblázatban láthatók. A táblázat csak a szignifikáns ($p < 0.05$) eredményeket közli.

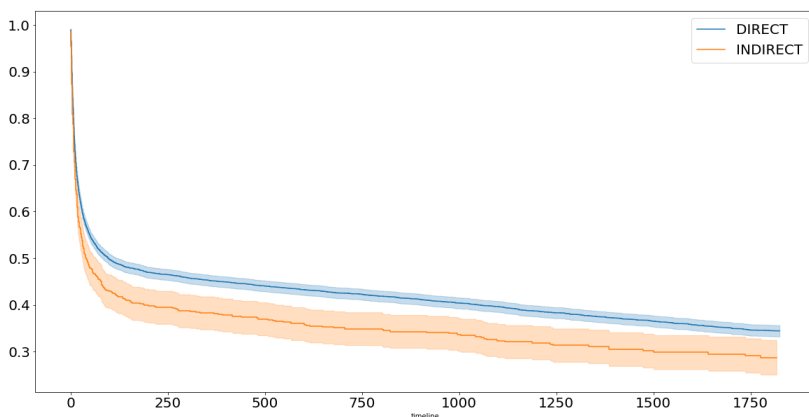
Epizód-alcsoport	Változó	Cox-együttható	Elhalálozási esély növekedése (%)
Minden epizód	Indirekt=1	0.14	15%
	Nem=férfi	0.23	26%
	Intenzív=1	1.0	271%
Csak az intenzív epizódok	Indirekt=1	0.12	13%
	Nem=férfi	0.23	26%
Csak beavatkozással ep.	Intenzív=1	0.27	31%
	Indirekt=1	0.36	43%
	Nem=férfi	0.14	15%
	Intenzív=1	0.27	31%
Csak beav. és intenzív	Indirekt=1	0.42	53%
Csak beav. és nem int.	Indirekt=1	0.31	36%

Mivel az elemzés fókuszában a betegirányítás állt, ezért a túlélési görbéket direkt/indirekt csoportokra bontva számítottuk ki. Az alábbi ábrán a színes sávok a 95%-os konfidencia-intervallumokat jelölik, a vízszintes tengely skálázása napokban értendő.





Csak a beavatkozással epizódok



Csak az intenzív epizódok

Diszkusszió

Az elemzésünk alapján megállapítható, hogy a közvetlenül az ellátóhelyre kerülő betegek illetve a továbbszállítást követően ellátott betegek korai halálozása a thrombektómián átesett betegek csoportjában kezdetben különválik, de hosszabb távon ez a különbség eltűnik.

Az ellátásszervezés elemzésében a hazai, teljes lakosságot felölelő adatbázis alapján készült elemzés a nemzetközi összehasonlításban is

egyedülálló, hiszen a több-biztosítós rendszer ezt általában nem teszi lehetővé.

Egybehangzóan a nemzetközi tapasztalatokkal az összes kiindulási hipotézist—a jelzett bizonytalanságokkal—Cox-regresszióval meg tudtuk erősíteni.

Az ellátás-szervezés, a betegutak szervezése a stroke halálozásban önálló kockázati tényező, a továbbszállított betegeknel az idővesztesség rontja a túlélés esélyeit. Ugyanakkor elsősorban a thrombectomiás beavatkozás szervezésénél a műszeres feltételek és a szakember háttér is korlátozó tényező. Ez azt jelenti, hogy a speciális technológiát (thrombus eltávolítást) igénylő sürgősségi ellátásban a betegek esélyegyenlősége hazánkban még nem biztosított. Az idővesztéséből adódó hátrányt a logisztika, a szállítási kapacitás hatékonyságának javításával lehet mérsékelni, illetve a helyszínen gyűjtött adatok elemzésében a mesterséges intelligencia nyújtotta lehetőségekkel.

A fentiek alapján nagyvárosokban, elsősorban Budapesten javasolható olyan ellátási modell, melyben jelen a gyakorlattal szemben az akut stroke eseteket először a kiemelt, teljes körű beavatkozásra képes stroke centrumba kellene szállítani, ahol a diagnosztizálás után a szükséges beavatkozás azonnal elvégezhető, az erre alkalmatlan esetek pedig primer ellátóknak átadhatók.

Köszönetnyilvánítás

A cikkben bemutatott munkát az EMMI kutatási céltámogatása támogatta.

Hivatkozások

- [1] Jauch EC et al. Guidelines for the early management of patients with acute ischemic stroke: a guideline for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*. (2013)
- [2] Nagy Z, Javor A, Hargos P, Bodo M. Hungarian stroke program: 1988-2006. *Int J Stroke*. 2006 Nov;1(4):240-1. doi: 0.1111/j.1747-4949.2006.00054.x.
- [3] Vassányi István, Kovács Tamás, Surján György, Nagy Zoltán. Akut stroke betegutak irányítása, mint túlélési kockázati tényező. Bari Ferenc, Tolnai József, Ráosi Ferenc (szerk.) A XXXIII. Neumann Kollokvium konferencia-kiadványa, Veszprém, 2020. december 5-6, 12-17. o.
- [4] Nagy Zoltán (szerk.). A stroke-ellátó rendszer elemzése. OKITI kutatási-jelentés, 2019. január.
- [5] Vassányi István, Kovács Tamás, Surján György, Nagy Zoltán. Betegutak elemzése az akut stroke ellátásban. Bari Ferenc, Ráosi Ferenc (szerk.) Orvosi Informatika 2018. A XXIX. Neumann Kollokvium konferencia-kiadványa, Szeged, 2018. nov. 30 - dec. 1, 54-58.o.

Egészségügyi indikációk és ICD-11 diagnóziskódok illesztését támogató alkalmazás készítése

Takács Krisztián¹, Vassányi István², Balkányi László³

^{1,2,3} Pannon Egyetem, Egészségügyi Informatikai Kutató-Fejlesztő Központ,

¹takacs.krisztian.02@gmail.com,

8200 Veszprém, Egyetem utca 10.

Összefoglaló:

A cikkben egy új szoftver kerül bemutatásra, amely segíti abban, hogy a NEAK által üzemeltetett Publikus Gyógyszertörzs (PUPHA) a jelenleg használt BNO 10. verzió kódjai helyett az új, orvos-szakmailag lényegesen frissebb, részletesebb ICD 11. verziót használhassa. Az elkészült alkalmazás célja, hogy a szakértő könnyedén rendelkezzen ICD-11-es kódokat gyógyszerek támogatási indikációihoz, az új kódrendszer logikájához illeszkedő interaktív desktop alkalmazás segítségével.

Az alkalmazás tesztüzeme jelenleg is folyik az Egészségügyi Informatikai Kutató-Fejlesztő Központban (EIKFK), reményeink szerint hamarosan elérhető lesz az érdeklődők számára.

Bevezető

A betegségek nemzetközi osztályozása (BNO) 10-es verziójának küszöbön álló leváltása az International Classification of Diseases (ICD) 11 verzió alapján a majdani BNO-11-re, azaz a magyar nyelvű változatra, számos problémát vet fel az egészségügyi informatikai kutatás-fejlesztés számára. Olyan megoldásokra van szükség, melyek a lehető legegyszerűbben prezentálják az egészségügyben dolgozók számára az ICD-11 változásait, minél inkább megkönnyítve az átállást.

A PUPHA gyógyszerertörzsben történik meg az egyes támogatási kategóriák és gyógyszerek diagnóziskódokhoz való rendelése, mely adat a támogatott gyógyszerek felírásakor a receptek kiállításához szükséges. Az ún. *Eü pontok*-hoz (azaz valójában indikációs listákhoz) vannak rendelve egy adott gyógyszerkészítmény támogatásának mértékei. Az *EÜ-pontokhoz* vannak rendelve a megfelelő BNO-10-es kódok a gyógyszerertörzsben. A támogatás mértéke lehet 50, 70, 90, vagy 100%. Jelenleg a hivatalos, aktualizált törzset a NEAK havi rendszerességgel teszi közzé a weblapján. [1,2]

A cikkben bemutatott projekt a gyógyszerertörzs ICD-11-re való átállítását és későbbi folyamatos szerkesztését kívánja támogatni a törzset publikáló ágazati vezetés szakértői számára. A munka előzménye a Pannon Egyetem

EIKFK-n korábban létrehozott kutatási adatbázis [3,4], mely a WHO által publikált ICD-11 *Foundation* teljes fogalmi hálóját és a ráépülő *Mortality and Morbidity Statistics (MMS)* linearizációt tartalmazza, mely utóbbi közvetlenül felhasználható a BNO-10-es kódok leváltására. Az áttérés nehézsége abban rejlik, hogy míg a BNO-10 egyszerű hierarchikus kódrendszer szintenként gyakran változó osztályozási szempontokkal, addig az MMS-ben az alap-kódhoz több, a szabványban szabályozott tengely mentén (mint pl. súlyosság, lokalizáció, stb.) [5] adhatók posztkoordinációs kódok, ezért egy kód, vagy kód-csoport összeállítása sokkal komplexebb feladat és várhatóan mindenhol informatikai támogatást fog igényelni a gyakorló orvosok számára.

Célkitűzés

A cél egy olyan alkalmazás készítése, melyben a megbízott szakértő könnyedén hozzárendelheti az ICD-11-es kódokat a győgyesztörzsben szereplő Eü pontokhoz és BNO-10-es kódokhoz. Fontos szempont, hogy az alkalmazás kezelje az ICD-11 sajátosságait, továbbá a kimeneti adatok idősorosan kerüljenek eltárolásra az EIKFK adatbázisában.

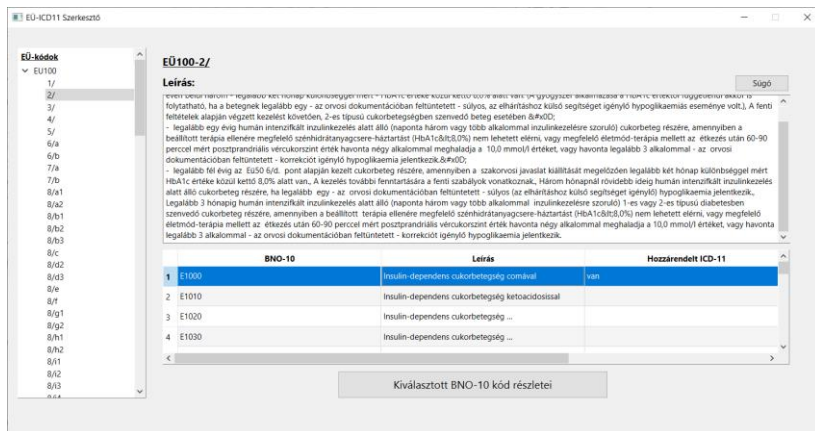
Módszer

Első lépésben elkészítettük a korábbi kutatási adatbázis kiterjesztését olyan módon, hogy az a jelenlegi BNO-10 kódokhoz az Egészségügyi Világszervezet (WHO) által ajánlott új ICD-11 kódokat is tartalmazza. Ennek felhasználása könnyítheti a tervezett szolgáltatást használó szakértő dolgát. Ehhez különböző konverziós táblákra volt szükség, hogy a BNO-10-et át lehessen konvertálni a nemzetközi, ICD-10-es verzióra, azt pedig a legújabb kiadásra. BNO-11-re való konverziós ajánlás jelenleg még nem készíthető, mivel a magyar nyelvű fordítás még nem készült el hozzá.

A szolgáltatást támogató adatbázis tárolja a felhasználói adatokat, a szerkesztési és a hozzárendelési eseményekkel együtt, idősorosan (törlések és adatmódosítások nélkül). Ezáltal rekonstruálható, hogy ki/mikor milyen módosítást hajtott végre, illetve az adatbázis tetszőleges logikai időpontra visszaállítható. A hozzárendelésekhez a különböző posztkoordinációk is eltárolásra kerülnek.

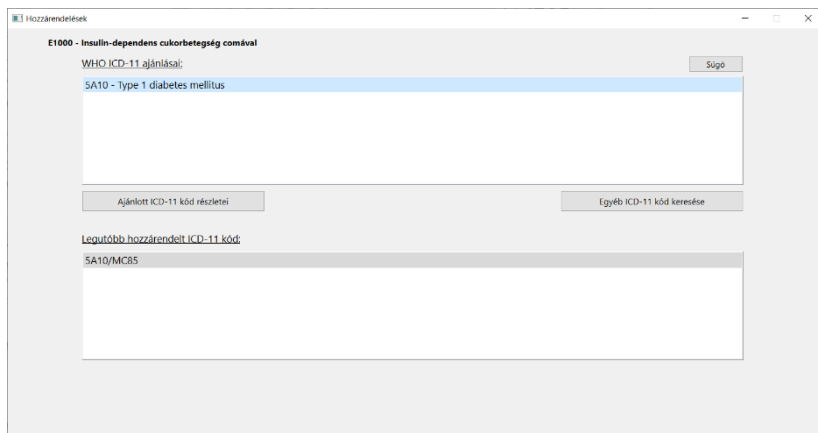
Eredmények

A szoftver prototípusa elkészült Qt Creator keretrendszerben C++ nyelven. Az alábbiakban a legfontosabb funkciókat mutatjuk be. Első lépésben a szakértő bejelentkezés után kiválaszthatja az *Eü pontokat* és a hozzá tartozó BNO-10-es kódokat (1. ábra).



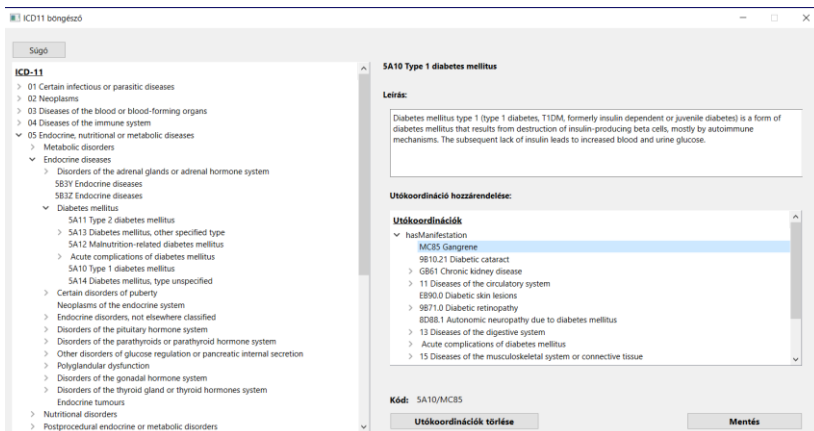
1. ábra: Eü pontok és a hozzátartozó BNO-10-es kódok

A felhasználó a kód kiválasztása után egy ablakban megkapja az imént már említett WHO által ajánlott ICD-11-es kódot, továbbá ugyanitt megjeleníti a legutóbb hozzárendelt kódot az adott Eü ponthoz és BNO-10-es kódhoz (2. ábra):



2. ábra: A WHO ajánlása és a legutóbb hozzárendelt kód

A szakértő ezután dönthet, hogy elfogadja-e a WHO ajánlását, vagy pedig saját kódot szeretne szerkeszteni. Bárhogy is dönt a szakértő, az 3. ábrán látható ablak jelenik meg:



3. ábra: Az ICD-11 böngésző

A szakértő itt a baloldalon egy fastruktúrában kereshet egy saját ICD-11-es kódot, a jobb oldalt pedig a kiválasztott kódot posztkoordinálhatja a lehetséges tengelyek mentén. A kód elmentése után az adatbázisba bekerül az új kódsorozat, mely a 2. ábrán látható ablak alján is megjelenik.

Összefoglalás

Az elkészült szoftver a közeljövőben a NEAK számára segítséget nyújthat az ICD-11-es kódrendszerre való átállásban, mely elődjéhez képest sokkal pontosabb és részletesebb diagnózisok kódolásában segíti az egészségügyben dolgozókat. A projekt részei és eredményei további rendszerek átállásában is segítségre lehetnek a későbbiekben.

Az alkalmazás tesztüzeme jelenleg is folyik az EIKFK-n, reményeink szerint hamarosan elérhető lesz az érdeklődők számára.

Hivatkozások

- [1] Endrei Dóra, Ágoston István, Boncz Imre (2015). Egészségügyben használatos adatbázisok és kódrendszerek, 1.2.2. fejezet
- [2] <http://neak.gov.hu/pupha> (letöltés dátuma: 2021. november 18.) Publikus Gyógyszertervező (PUPHA)
- [3] Cziráki Miklós Csongor (2020). *Felhasználói felület készítése orvosi kódrendszer átalakítását támogató alkalmazáshoz*. Szakdolgozat, Pannon Egyetem
- [4] Kókai Lilla Viktória (2020). *Backend készítése orvosi kódrendszer átalakítását támogató alkalmazáshoz*. Szakdolgozat, Pannon Egyetem.
- [5] <https://icd.who.int/icd11refguide/en/index.html> (letöltés dátuma: 2021. november 15.) ICD-11 Reference Guide

ICD-11 kódok validálását végző webszolgáltatás fejlesztése

Kukoda Balázs¹, Vassányi István², Balkányi László³

^{1,2,3}Pannon Egyetem, Egészségügyi Informatikai Kutató-Fejlesztő Központ,

¹kukodabalazs@gmail.com,

8200 Veszprém, Egyetem utca 10.

Összefoglaló: A cikkben egy új, a BNO-11 kódok kombinációit validálni képes webszolgáltatás demó verziója, annak validálási módszere, valamint a BNO-11 kódrendszer felépítése kerül bemutatásra. A validálás egyrészt képes az esetlegesen létrehozott, utókoordinált kódgyűttesek, valamint az előkoordinált kódok érvényességét ellenőrizni.

Bevezető

A BNO legújabb, 11-es verziója várhatóan 2022 januárjától a halálozási és megbetegedési statisztikák alapjául fog szolgálni. A 11-es verzió talán legfontosabb újdonsága az, hogy gazdagabb egyedi kódkészlete mellett képes kódkombinációk meghatározott szabályok szerint történő előállítására is, így a beteg állapota a korábbi 10-es verzióhoz képest jóval pontosabban kódolható. Mivel a kódkombinációk előállítására számos különböző medikai rendszerben szükség lesz, és az előállítás nem kizárólag a WHO hivatalos kódoló eszközein (ICD-11 Coding Tool, Browser) történhet [1], ezért igényként felmerül a kódkombinációk validálása, valamint a hibás kódkombinációk javítása.

A BNO-11 további újdonsága, hogy a meglévő Alapból (ICD-11 Foundation) - mely egy fogalmi háló - sokféle hierarchia, táblázatos lista (linearizáció) hozható létre. Jelenleg egyetlen linearizáció - a BNO-11 Mortalitási és Morbiditási Statisztika - jelent meg hivatalosan. További linearizációk is készülnek, melyek kódkombinációinak validálása - szintén - igényként merül fel. A WHO hivatalos karbantartási platformján elérhető munkafolyamatban lévő linearizációk a következők: (1) Primary Care Low Resource Setting Linearization; (2) Dermatology Speciality Linearization; (3) Neurology Speciality Linearization; (4) Ophthalmology Speciality Linearization; (5) ICD-O Linearization; (6) International Classification of Functioning, (7) Disability and Health (ICF); (8) International Classification of Health Interventions (ICHI) [2].

A cikkben bemutatott projekt az előzőekben felsorolt igények kielégítésére szolgál. A projekt keretében egy Rest típusú webszolgáltatás valósul meg. A webszolgáltatás előnye, hogy képes automatikusan kiszolgálni külső informatikai rendszereket, ezáltal támogatva a kódkombinációk gyors és egyszerű ellenőrzését, javítását. A webszolgáltatáshoz kapcsolódó frontend pedig megkönnyíti a másodkézből kapott kódkombinációt vizsgáló szakértő munkáját azáltal, hogy képes a vizsgált kódkombinációt annak belső hierarchiájával együtt megjeleníteni, így megtakarítva a kódrészek egyenkénti kikeresésének munkáját a WHO valamelyik hivatalos kódoló eszközén.

Célkitűzés

Cél egy külső informatikai rendszerek kiszolgálására is alkalmas REST típusú webszolgáltatás, valamint a webszolgáltatás válaszait a szakértők számára átláthatóan megjeleníteni képes frontend létrehozása. A webszolgáltatással szembeni fontos elvárás a linearizációfüggetlen validálás. Fontos szempont továbbá a webszolgáltatás helyes működésének bizonyítása, emiatt szükséges a webszolgáltatás metódusainak és moduljainak egységtesztelését, valamint a webszolgáltatás végpontjainak feketedobozos tesztelését elvégezni. A feketedobozos tesztelés célja annak megállapítása, hogy a validátor érvényes/érvénytelen kódkombinációk esetén megfelelő választ ad-e az érvényességről.

BNO-11 fogalmak

A *validitás* (érvényesség) fogalmának és a kódkombinációk linearizációfüggetlen validálásához kidolgozott módszer bemutatásához szükség van néhány fogalom ismertetéséhez, melyek az MMS linearizáció 2021-05-ös - legfrissebb - kiadása alapján kerülnek bemutatásra.

Az *Alap* (ICD-11 Foundation) egy fejelemes irányított körmentes gráf, ahol az élek a "szülője" kapcsolatot fejezik ki [2], emiatt egyedül a fejelemből (gyökérből) nincs kivezető él. Leveleknek nevezzük azon csúcsoakat, melyekbe nem vezet él. A csúcsoak *Alapbeli entitásokat* reprezentálnak, ezek az Alapbeli entitások rendezett n-esek, melyek kizárólag *Alap-specifikus tulajdonságokat* foglalnak magukban. A tulajdonságok *kulcs-érték párként* értelmezendők, és nem mindegyik Alapbeli entitás tartalmazza az összes Alap-specifikus tulajdonságot. Az Alap-specifikus tulajdonságok a következők: (1) *@context*, (2) *@id*, (3) *browserUrl*, (4) *child*, (5) *definition*, (6) *exclusion*, (7) *fullySpecifiedName*, (8) *inclusion*, (9) *longDefinition*, (10) *narrowerTerm*, (11) *parent*, (12) *relatedEntitiesInMaternalChapter*, (13)

synonym, (14) *title* [4]. Az Alapbeli entitások egyedi azonosítóval rendelkeznek, melyet az “@id” Alap-specifikus tulajdonság tartalmaz. Megjegyzendő, hogy az egyedi azonosító valójában GUI (global unique identifier).

A *linearizációk* tetszőleges számban előállíthatóak az Alapból. Fontos megjegyezni, hogy adott *linearizáció különböző kiadásai* tartalomban eltérőek, emiatt szükséges megkülönböztetni őket. A *linearizációvá alakítás folyamata* (MMS 2021-05 esetén) a következőképpen írható le: (1) Kiválasztásra kerül az Alap olyan részgráfja, amely (*egyszülős fagráf*); (2) az Alapbeli entitások átváltoznak *linearizációs entitássá* azáltal, hogy extra *linearizáció-specifikus tulajdonságokat* kapnak az eddigi Alap-specifikus tulajdonságokon felül, valamint az eddigi Alap-specifikus tulajdonságok egy részének értéke megváltozik, például az “@id” értéke lecserélődik, és ez által biztosított lesz, hogy az újonnan létrehozott linearizációs entitás egyedi azonosítója legyen (a teljes BNO-11 univerzumon belül); (3) továbbá levélcsúcsként “*other*” és “*unspecified*” címkéjű linearizációs entitások kerülnek a fagráfba.

A *linearizációs entitások* rendezett *n*-esek, amelyek Alap-specifikus tulajdonságokat és linearizáció-specifikus tulajdonságokat foglalnak magukban, egyikből sem feltétlen mindet. A linearizáció-specifikus tulajdonságok MMS 2021-05 esetén a következők: (1) *blockId*, (2) *classKind*, (3) *code*, (4) *codeRange*, (5) *codingNote*, (6) *foundationChildElsewhere*, (7) *indexTerm*, (8) *postcoordinationScale*, (9) *source*. [4]

Az MMS 2021-05 linearizációs entitásainak négy *osztályfajtája* van, ezt az információt a “*classKind*” linearizáció-specifikus tulajdonság tárolja. Ezek a következők: (1) *fejezet*, (2) *blokk*, (3) *ablak*, (4) *kategória* [4]. A (1) *fejezetek* közvetlenül a linearizáció fejeleme (gyökere) alatt, ahhoz kapcsolódva helyezkednek el, összefogják az alattuk lévő egyéb osztályfajtájú linearizációs entitásokat. A fejezetek alatt néhány szinten (2) *blokkok* vannak. A hierarchiában lévő legalsó (levelekhez közeli) blokkok kategóriák csoportjait fogják össze, amelyek az alsó (levél és levelekhez közeli) szinteken helyezkednek el. Az (3) *ablakok* azt mutatják meg, hogy az Alap, mely “szülője” kapcsolata lett törölve az egyszülössé alakítás során.

A (4) *kategóriák* olyan linearizációs entitások, amelyek kódjai *érvényes kódkombinációban* (továbbiakban *klaszter*) szerepeltethetők. A *kategóriák kódjait* (továbbiakban *kategóriakód*) a “*code*” linearizáció-specifikus tulajdonság tárolja. A kategóriakódok az “@id”-vel egyetemben szintén egyedi azonosítók a kategóriák számára, csak míg a “@id”-k a teljes BNO-11 univerzumban egyedi azonosítók, addig a kategóriakódok egyedi

azonosító mivolta kizárólag egy adott linearizáció adott kiadásán belül biztosítottak. A kategóriák két csoportját a *törzskategóriák* és a *kiegészítőkategóriák* alkotják. A törzskategóriák az MMS 2021-05 esetén az első 27 fejezetben ('01'-'26', 'V' kódú fejezetek) szerepelnek, a kiegészítőkategóriák pedig az utolsó 'X' kódú fejezetben. (Az MMS 2021-05-ben a fejezeteknek is van kódja, de ez nem keverendő a kategóriakódokkal.) A törzskategóriák kategóriakódjait *törzskódoknak*, a kiegészítőkategóriákat pedig *kiegészítőkódoknak* nevezzük.

A kategóriakódok kombinálhatóságának alapját a kategóriakódok által jelölt (referált) kategóriák közötti viszonyrendszer adja, melyet a *kódkombináció metasztintjének* nevezünk. Vagyis a *kódkombináció látható szintjén* kategóriakódok vannak, a *kódkombináció metasztintjén pedig* a kategóriakódok által jelölt kategóriák. A látható és a metasztint között pedig a kategóriakódok *egyedi azonosító mivolta* teremt kapcsolatot; ebben az értelemben beszélhetünk az egyes *kódkombinációk kategóriáiról*. A kódkombináció metasztintje - mint viszonyrendszer- általánosságban azon alapul, hogy a törzskategóriák egy részének van *utókoordinációs skálája* ("*postcoordinationScale*"; továbbiakban *skála*), amely az adott törzskategória *utókoordinációs tengelyeit* (továbbiakban *tengely*) tartalmazza, és ezeken a tengelyeken keresztül - a kódkombináció látható szintjén - a kategóriakódok, valamint - a kódkombináció metasztintjén - az általuk jelölt kategóriák összekapcsolhatók. Tehát adott kódkombináció esetén a metasztintet - mint viszonyrendszert - a kódkombináció törzskategóriáinak tengelyei határozzák meg.

Egy-egy tengely tulajdonságok (kulcs-érték párok) rendezett 5-öse. A *tengelytulajdonságok* az MMS 2021-05 esetén a következők: (1) *@id*, (2) *axisName*, (3) *scaleEntity*, (4) *allowMultipleValues*, (5) *requiredPostcoordination* [4]. A (1) "*@id*" az adott tengely egyedi azonosítója (az egész BNO-11 univerzumban), mely utal egyfelől arra, hogy a tengely melyik törzskategóriához tartozik, másfelől arra, hogy mi a tengely neve. A (2) *tengelynév* ("*axisName*") a tengely által kapcsolódó kategóriák közötti kapcsolat minőségére utal (néhány példa: *hasSeverity*, *histopathology*, *infectiousAgent*). A (3) "*scaleEntity*" tengelytulajdonság egy kategóriákat tartalmazó halmazt határoz meg, melyet a *tengely értékkészletének* nevezünk.

Amennyiben egy "A" törzskategória "T" tengelyének értékkészletén szerepel egy "X" kategória, akkor azt mondjuk, hogy "X" *illeszkedik* "A"-ra (a "T" tengelyen keresztül), vagy azt is mondhatjuk, hogy "X" kategória *illeszkedik* az "A" törzskategória "T" tengelyére; ebben az esetben (és a továbbiakban hasonlóképpen) az "A"-ra mint *balkategóriára*, az "A"

kategóriakódjára mint *balkódra*, “X”-re mint *jobbkatagóriára*, “X” kategóriakódjára pedig mint *jobb kód* hivatkozunk, ezen bal-jobb fogalmak kód-, illetve *kategóriapárok*at alkotnak a kódkombinációban történő *illeszkedés* vagy *kapcsolódás* esetén, és kizárólag párban állva értelmezhetők. Kódkombináción belül az illeszkedés kizárólag, akkor értelmes, ha a jobb kód - mint illeszkedő kategóriakód - a balkódtól ténylegesen jobbra szerepel a kódkombináció látható szintjén.

Amennyiben egy “A” balkatagóriát és egy hozzá illeszkedő “X” jobbkatagóriát párosítunk (az “A” balkatagória “T” tengelye alapján), akkor azt mondjuk, hogy az “X” jobbkatagória *kapcsolódik* az “A” balkatagóriához (az “A” balkatagória “T” tengelyén keresztül), vagy azt, hogy “X” jobbkatagória *kapcsolódik* az “A” balkatagória “T” tengelyéhez; ebben az esetben azt is mondjuk, hogy az “A” balkatagória “T” tengelyét *kitöltöttük* (az “X” jobbkatagóriával); az “A” és az “X” kategóriákat pedig *kapcsoltnak* tekintjük. Amikor kategóriák illeszkedéséről vagy kapcsolódásáról beszélünk, akkor a kódkombináció metasintjén vagyunk; a kódkombináció látható szintjén pedig a metaszinttel analóg módon beszélhetünk a kategóriakódok (balkód, jobb kód) illeszkedéséről vagy kapcsolódásáról. A kódkombináció látható szintjén a kategóriakódok sorrendjét konzekvensen balról jobbra értjük, vagyis a legbaloldali kategóriakód az első a kódkombinációban, míg a legjobboldali az utolsó. A kódkombináció metasintjén a kategóriák sorrendjét a látható szinttel analóg módon értjük. A kódkombináció első kategóriakódját a kódkombináció *elsődleges törzskódjának* nevezzük, mivel rá - mint egy faág fejlemére - fűződik fel a kódkombináció többi kategóriakódja a metasint tengelykapcsolatainak segítségével. A kódkombináció többi törzskódját összefoglalóan *másodlagos törzskódoknak* nevezzük.

Visszakanyarodva az MMS 2021-05 tengelytulajdonságaihoz: Az (4) “*allowMultipleValues*” tengelytulajdonság megadja, hogy egy adott tengelyhez maximum hány jobbkatagória kapcsolódhat. Lehetséges értékei: (1) “*NotAllowed*” - maximum egy jobbkatagória kapcsolódhat a tengelyhez, (2) “*AllowedAlways*” - bármennyi jobbkatagória kapcsolódhat a tengelyhez, (3) “*AllowedExceptFromSameBlock*” - bármennyi jobbkatagória kapcsolódhat a tengelyhez feltéve, ha nem egy blokkból származnak. A (5) “*requiredPostcoordination*” tengelytulajdonság pedig megadja, hogy egy tengelyt kötelező-e kitölteni vagy sem (igaz/hamis értékkel).

Így létrehozható a *validálás szabályrendszere*: minden tengely egy szabályt ír le, melyet *utókoordinációs szabálynak*, vagy csak egyszerűen *tengelyszabálynak* nevezünk. Egy tengelyszabály akkor *nem sérül*, ha a hozzá

tartozó tengelyhez kapcsolódó balkategóriák benne vannak a tengely értékkészletében, valamint a balkategóriák fajtája és számossága kielégíti a tengely *“allowMultipleValues”* és *“requiredPostcoordination”* tulajdonságait. Egy adott *kódkombináció tengelyszabályain* a kódkombináció metasztintjén szereplő törzskategóriák tengelyszabályainak halmazát értjük. A kódkombináció tengelyszabályai, akkor nem sérülnek, ha a kódkombináció metasztintjén a jobbkategóriák úgy kapcsolódnak a balkategóriákhoz, hogy a balkategóriák tengelyszabályai nem sérülnek.

A *klaszter* - mint speciális kódkombináció - létrehozásának *szintaktikai szabályait* az ICD-11 Reference Guide írja le [3]. Amely szerint egy *szekcióban* pontosan egy törzskód van, mely a szekció első pozíciójában helyezkedik el, ehhez a törzskódhoz kapcsolódhat egy vagy több kiegészítőkód. Emellett minden kiegészítőkódra igaz, hogy kizárólag a saját szekciójának törzskódjához kapcsolódhat. Szekción belül a kategóriakódok *ampersand* (&) jelekkel vannak elválasztva.

Példa: “NC32.2&XK8G&XJ7YM”.

Egy klaszter egy vagy egynél több szekcióból áll, melyek *perjelekkel* (/) vannak elválasztva. Egynél több szekció esetén a szekciók közötti kapcsolatot a szekciók törzskódja közötti kapcsolat adja.

Példa: “NC32.2&XK8G&XJ7YM/PA60&XE1DA&XE53A”.

Klaszterjelöltnek nevezzük azt a kódkombinációt - mint karaktersorozatot, amelyről szeretnénk eldönteni, hogy klaszter-e (érvényes kódkombináció-e). Egy klaszterjelöltet akkor tekintünk az adott *linearizáció klaszterének*, ha (a) megfelel a *szintaktikai szabályoknak*, (b) a tengelyszabályok *nem sérülnek* (megfelelő a jelentéstartalom - azaz a szemantika), (c) valamint, ha egynél több kategóriakódot tartalmaz, akkor a benne szereplő összes kategóriakód *kapcsolt*. A másik módja az érvényesség megállapításának, hogy elő lehet-e állítani a kódkombinációt a WHO valamelyik hivatalos kódoló eszközén (ICD-11 Coding Tool, Browser). Itt fontos megjegyezni, hogy azokat a törzskategóriákat, amelyeknek nincs *kötelező tengelye* önmagukban állva (*előkoordináltan*) is klaszternek tekintjük, az előbbieken felsorolt érvényességi kritériumok alapján.

Módszer

A klaszterjelölt klaszter mivoltának eldöntését, *döntési fa* segítségével állapítjuk meg. A döntési fa minden csúcsa egy *szabály*, mely vagy igaz a klaszterjelöltre vonatkozóan vagy hamis, ha hamis, akkor a klaszterjelölt nem klaszter, ha igaz, akkor pedig továbblépünk a következő csúcsra, amely egy következő szabályt tartalmaz. Amennyiben a döntési fa összes szabálya igaz

a klaszterjelöltre nézve, akkor a klaszterjelöltet klaszternek minősítjük. A *szabályok sorrendjét* érdemes nagy gondossággal kialakítani, mivel, ha a megengedő szabályok felől haladunk a szigorúak felé, akkor lehetőségünk van a *klaszterjelölt hibáját* pontosan detektálni, amely információ előnyös a hibajavítás, valamint a felhasználó tájékoztatása során.

A validálás menete követi az előző rész utolsó bekezdésében felsorolt (a), (b), (c) *érvényességi kritériumokat*, mely a következő lépéseket tartalmazza: (1) Először *reguláris kifejezéssel*, valamint a *kódok típusainak* (törzskód vagy *kiegészítőkód*) lekérésével ellenőrizzük a klaszterjelöltek megfelelő szintaktikáját. (2) A (b) és (c) kritériumok ellenőrzéséhez *rekonstruáljuk* a szintaktikailag megfelelő klaszterjelölt metasintjét (viszonyrendszerét), amelyet *illeszkedési mátrixban* tárolunk, ahol a csúcsokat a klaszterjelölt pozíciókkal indexelt kategóriái, az éleket pedig a klaszterjelölt törzskategóriáinak pozíciókkal indexelt tengelyei adják. (3) Az így kialakított *tudásreprezentációs modell* alapján, a megfelelő sorok és oszlopok segítségével - a szakértők számára is átlátható módon - ellenőrizni tudjuk az érvényesség (b) és (c) kritériumait.

Fontos megjegyezni, hogy amíg a kategóriák közötti *illeszkedés* megállapítása a tengelyek értékkészlete alapján eleve meghatározott, addig a kategóriák *kapcsolatainak kialakítása* önkényes, melyet mi hajtunk végre a szintaktikailag megfelelő klaszterjelölt *metasintjének rekonstrukciója* során. Amennyiben a vizsgált, szintaktikailag megfelelő klaszterjelölt lehetséges kategóriapárjai között nem egyértelmű az illeszkedés, akkor a kapcsolatok kialakítása problémába ütközik (*illeszkedési kétértelműség*). Ilyen eset egyfelől az, amikor (1) a jobbkód a balkód két tengelyére is illeszkedik, másfelől az, amikor (2) a jobbkód egynél több balkódhoz is illeszkedik.

Az érvényes kódkombinációkkal vizsgálatával kapcsolatos további probléma lehet, hogy a tengelyszabályok (utókoordinációs szabályok) alapján bizonyos esetekben végtelen hosszúságú kódkombinációk generálhatóak, például akkor, ha egy törzskategória rajta van valamely saját tengelyének értékkészletén; vagy van olyan "A", "B", "C", "A" törzskategóriákból álló, szakaszosan ismétlődő sorozat, ahol mindegyik a sorban szereplő törzskategória rajta van az előtte lévő valamely tengelyének értékkészletén. Ezen problémák részletes vizsgálatára a projekt második felében kerül sor.

A *linearizációfüggetlen kódvalidálás* lényege, hogy nem a validátor követi a jövőbeli új linearizációk új kódkombinációinak megjelenését, hanem a linearizációknak kell meghatározott szabályokat követniük, hogy az általuk létrehozott kódkombinációk validálása azonos módon megtörténhessen az

újabb linearizációk esetében is. Emiatt szükség van a *linearizációk validálására* is, mely magában foglalja többek között a linearizáció hierarchiájának, kódrendszerének, és linearizáció-specifikus tulajdonságainak vizsgálatát.

Eredmények

A projekt eddigi eredménye, hogy (1) sikerült kidolgozni egy a validálásra használható módszert; valamint (2) elkészült egy validálásra használható demó verzió, amely demonstrálja a módszer működőképességét, valamint érvényes kódkombináció esetén strukturált módon megjeleníti a kódkombináció belső szerkezetét, továbbá linket generál a BNO-11 böngészőhöz; érvénytelen kódkombináció esetén pedig tájékoztat a hiba típusáról. Az elkészült demó egy Python FastAPI webalkalmazás (Jinja2 template-tel), amiből docker image készült, amely felhőben vagy Docker alkalmazáson keresztül lokálisan is futtatható.

Összefoglalás

Az elkészült webszolgáltatás képes lesz BNO-11 kódrendszerek validálását elvégezni egészségügyi informatikai rendszerek számára, valamint megkönnyíti a kódkombinációkat ellenőrző szakemberek munkáját. Egyelőre egy a validálásra alkalmas demó verzió készült el.

A projekt diplomadolgozat keretében valósul meg, amely az elkészült webszolgáltatással együtt 2022. júniusában lesz elérhető.

Hivatkozások

- [1] <https://icd.who.int/en> (letöltés dátuma: 2021. november 26.) ICD-11 International Classification of Diseases 11th Revision
- [2] <https://icd.who.int/dev11/#/> (letöltés dátuma: 2021. november 26.) WHO-FIC Maintenance Platform
- [3] <https://icd.who.int/icd11refguide/en/index.html> (letöltés dátuma: 2021. november 26.) ICD-11 Reference Guide
- [4] <https://icd.who.int/icdapi/docs/ICD-schema.html> (letöltés dátuma: 2021. november 27.) ICD Schema

Graphletek funkcionális eloszlása a *C. elegans* konnektómban

Vassy Zsolt¹, Fenyves Bánk Gábor¹,

Szilágyi Gábor Sándor¹, Csermely Péter¹

¹Semmelweis Egyetem, Molekuláris Biológiai Tanszék

1094 Budapest, Tűzoltó utca 37-47.

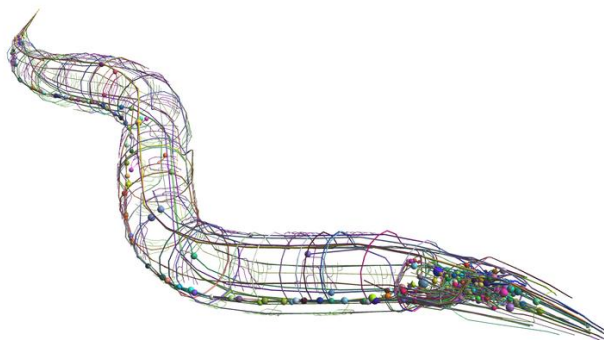
zsolt.vassy@gmail.com

Összefoglaló: A *C. elegans* talajféreg a neurobiológiai kutatások népszerű modell szervezete, neurális hálózata ismert. A neurális hálózat irányított hálózat, az ingerület terjedésének iránya van, ezért az ingerület terjedésben részt vevő graphletek szerepét akkor lehet megérteni, ha működési környezetben, funkcionálisan vizsgáljuk, hogy hogyan vesz részt az állat viselkedésében. A funkcionális elemzés számítási költségei magasak, a tanulmányban bemutatunk egy olyan módszertant, amivel ezt a költséget töredékére csökkentettük. A módszert alkalmazva, látható, hogy bizonyos típusú graphletek funkcionálisan mért eloszlása jelentősen eltér az egyszerű számbeli eloszlástól, ezeknek kiemelt szerepe lehet a jelátvitel szabályozásában.

Bevezető

A *Caenorhabditis elegans* (*C. elegans*) egy talajban élő, átlátszó fonálféreg, népszerű kutatási célpontja a biológiai kutatásoknak, mivel az egyik legegyszerűbb, soksejtű élőlény. 1963-ban Sydney Brenner (2002-ben e munkásságáért is Nobel-díjat kapott) biológus javasolta az idegfejlődés modell állatának, ezután sokan tanulmányozták a *C. elegans* egyedfejlődését, genetikáját, molekuláris biológiáját, ezáltal az állat a biológiában általános elfogadott modell szervezetté vált [1].

1. sz. Ábra



A *C. elegans* az első soksejtű élőlény volt, amelynek meghatározták a teljes genom szekvenciáját, és az első állat volt, amelynek a teljes neuron kapcsolódási hálózata (konnectómját; ld. 1. sz. Ábra) leírták [2,3,4].

A hermafrodita *C. elegans* férgek teljes idegrendszere 302 sejtből áll [5]. Az idegrendszer részletes tanulmányozását lehetővé tette, hogy az állat átlátszó, ezért élve is könnyen tanulmányozható, laboratóriumi körülmények között olcsón szaporítható, és lefagyasztható [1].

A rendelkezésre álló részletes tudományos irodalom miatt a *C. elegans* megkerülhetetlen a neurobiológiai kutatások során. Kutatócsoportunk is ezen állat neurális hálózatának vizsgálatával foglalkozik, célunk a 3 neuronból álló graphletek ingerület átvitelben betöltött szerepét megtalálni (a graphlet egy indukált algráf: tartalmaznia kell minden élt a csomópontjai között, amelyek a nagy hálózatban is jelen vannak).

A korábbi, mintakereséssel foglalkozó tanulmányok nem vették figyelembe [6, 7], hogy a neurális hálózat speciális hálózat abban az értelemben, hogy bizonyos irányokba (főleg szenzoros neurontól motorikus neuronig) gyakoribb az információterjedés mint más irányokba, illetve bizonyos terjedési irányok biológiai szempontból nézve értelmetlenek, ezért az élő szervezetben nem fordulnak elő.

Vizsgálatunk célja elemezni a három nódusból álló graphletek irányított ingerület terjedésben betöltött szerepét, a különböző típusú graphletek utak szerinti eloszlását.

Adatok

Ezen vizsgálathoz a bemeneti adatok a *C. elegans* konnektómot jelentik, a szakirodalom által elismert és sűrűn használt konnektóm a WormWiring Project konnektómja [7], amely 300 nódusból, 5039 irányított élből áll.

A kémiai szinapszisokat a hálózatban egyirányú élek írják le, az elektromos (elektrokémiai) kapcsolatokat leíró éleknek pedig van egy azonos súlyú párja, amelyik a másik irányba mutat.

A konnektómból épített hálózat átmérője 6. 348.276 háromszög graphlet található ebben a hálózatban.

Módszer

A neurális hálózaton két neuron között a különböző útvonalak bejárása nem azonos valószínűséggel következik be, az útvonalakhoz különböző valószínűséget rendelünk: ez az adott útvonal Markov száma.

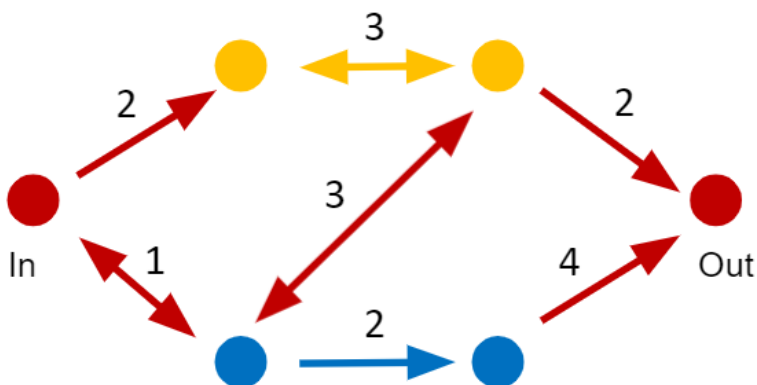
A Markov szám a hálózatban az adott Markov-lánchoz (sztochasztikus folyamathoz) rendelt valószínűség, az értékét úgy kapjuk meg, hogy összeszorozzuk az egy élhossznyi utak megtételéhez tartozó valószínűségeket. Például egy három élt tartalmazó út Markov száma:

$$P_{\text{Markov}} = P_{e1} * P_{e2} * P_{e3}$$

ahol P_{e1}, P_{e2}, P_{e3} az $e1, e2, e3$ éleken megtett utak valószínűsége.

Egy adott élen megtett út valószínűsége az él súlya elosztva az összes kimenő élsúly összegével.

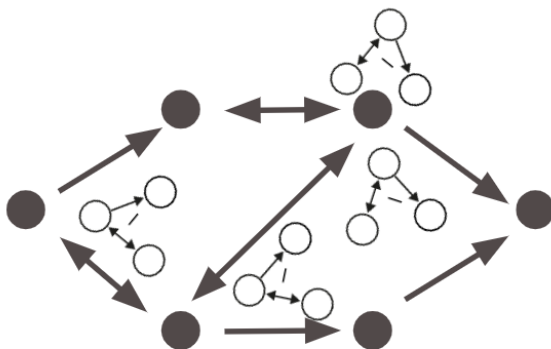
3. sz. Ábra



Egy adott út a neurális hálózaton többféle útvonalon is megvalósulhat (2. sz. ábra. Az In és Out nódusok között 7 féle út is létrejöhet) ezek Markov számát egyenként kiszámolva és összeadva megkapjuk a kumulált Markov számot.

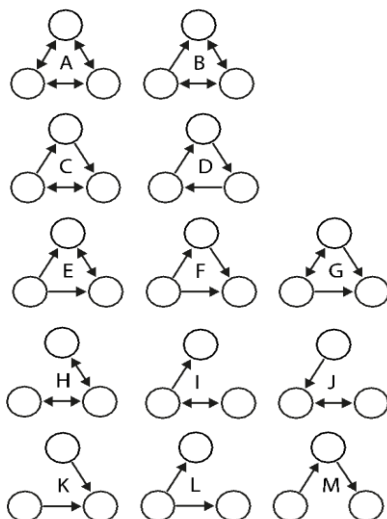
A graphletek hálózaton belüli funkcionális eloszlását az őket érintő útvonalak kumulált Markov száma alapján számítjuk, ezáltal kiemeljük a graphleteknek a valódi jelátvitelben betöltött szerepét. Ha egy graphlet egy olyan útvonalon (egy vagy több élen) csatlakozik a hálózatba, amelynek a funkcionális szerepe fontos, akkor ez a csatlakozott útvonal a graphlet funkcionális szerepét is kiemeli.

4. sz. Ábra



A 3 sz. Ábra megmutatja, hogy az előbb mutatott példa hálózatban, hol találhatóak háromszög graphletek, és hogyan illeszkednek az útvonalakra.

5. sz. Ábra



A neurobiológiai szempontból értelmes, bemenettel és kimenettel is rendelkező háromszög graphlet típusból 13 van, ezeket a 4 sz. Ábra mutatja be (a bal alsó nódus a bemeneti nódus, a jobb alsó pedig a kimeneti, fontos kritérium, hogy a két pont között kell léteznie irányított összeköttetésnek).

A konnektóm 302 neuronjából 300 nem izolált, vagyis van közöttük összeköttetés, ez azt jelenti, hogy 300×299 vagyis 89.700 potenciálisan összekötött neuron-pár van.

A hálózat átmérője 6, vagyis egy véletlenszerűen kiválasztott nódusból maximum 6 lépéssel elérhető mindegyik másik nódus. Egy magas átlagfokszámú hálózaton, amilyen a *C. elegans* konnektóm, minél több lépésből áll a Markov-lánc, annál kisebb lesz a Markov szám (mivel a kimenő fokszám minden esetben nagyobb mint 1 ennél a hálózathoz, ezért minden esetben egy 1-nél kisebb számmal szorozzuk minden lépésnél a meglévő értéket). Ezért a legfeljebb 6 lépésből álló útvonalakat vettük figyelembe, mivel a kumulált Markov szám kiszámításánál a rövidebb útvonalak a meghatározóak és 6 lépésnél mindig található azonos vagy rövidebb út.

A *C. elegans* konnektóm esetében ez így is 88.726.809.432 útvonalat jelent, ezekben kellene megnézni a 348.276 háromszög graphlet összesen 484.140 különböző útvonalának (bemenő és kimenő nódus közötti graphlet útvonalak) előfordulását. Ez összesen **4.2956198 e+16** műveletet jelentene. Ugyan a feladat jól párhuzamosítható, de a feladat extrém költség igényes.

Hamar látszott, hogy ha minden útvonalban, minden graphlet útvonalat megkeresünk, az a mi erőforrásainkkal nem kivitelezhető. Ezért megkerestük két neuron közötti útvonalak legnagyobb Markov számmal rendelkező 1 ezrelékét (az összeset megkerestük, de csak a felső 1 ezreléket tartottuk meg), és ezekre illesztettük a graphlet útvonalakat, mert a méréseink alapján kevés eltérés volt az így kapott eredmények és a teljes illesztésre kapott eredmények között. Ennek a kompromisszumos módszernek is egy szárra számolva 1080 óras futási ideje volt, ezen a viszonylag kis méretű hálózaton.

Mivel a konnektómban lévő graphleteket előre meghatároztuk és a graphletekben található útvonalak is előre ismertek voltak, rájöttünk, hogy főleg az egész hálózatot bejárni és graphlet útvonalakat keresni a bejárt útvonalakon. **Ha két nódus közötti mintaeloszlást keresünk, elegendő a kiinduló nódusból az előre megtalált graphletek bemeneti nódusáig megtalálni az útvonalakat, illetve a graphlet kimenő nódusából az útvonal záró pontjáig. A Markov szám matematikai módszertana alapján a graphleten átmenő útvonalak kumulált Markov száma meg fog egyezni a graphletbe bemenő, az azon átmenő és az abból kimenő útvonalak kumulált Markov számainak szorzatával.**

Nehézség, hogy a legfeljebb 6 hosszúságú útvonalakat keressük továbbra is, viszont a graphleten belül lehet 1-5 hosszúságú belső útvonal is. Ezért a graphletbe bemenő, abból kimenő, illetve azon átmenő útvonalakat a hosszúságuk szerint kell csoportosítani, és összegezni.

Kiválasztva a graphletek útvonalait, és csak az ehhez illeszthető útvonalakat bejárva, úgy, hogy legfeljebb 6 lépésből álljon a neurális út, a számítás erőforrás költsége a töredékére esett.

Eredmények

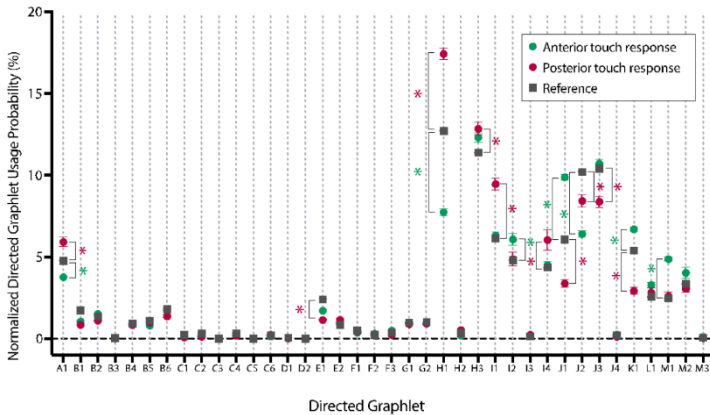
Az eredeti módszerrel végül az útvonalak legfontosabb 1 ezrelékénél kerestük meg a graphleteket (egyszálas futtatás esetében) 1080 óras futási idő alatt, ezt sikerült 12 óras futási időre leszorítani, úgy hogy az összes útvonalra megtaláljuk az illeszkedő graphleteket. **Azaz a hatékonyság javulás mértéke több mint 90.000-szeres!**

Az eredmények biológiai jelentőségét még elemezzük, de a valós utak (szenzoros neuronból motorikus neuronba) graphlet eloszlása nagyon eltérő

az átlagos graphlet eloszlástól, vagy a biológiailag invalid utak graphlet eloszlásától (motorikus neuronból szenzoros neuronba).

A valós utak graphlet eloszlása is mutat funkcionális eltéréseket. Az állat első felét ért inger hatására (anterior touch response) is hasonló választ ad, mint a hátsó felét ért behatásra (posterior touch response), vagyis ellentétes irányba menekül. A hatásra adott fizikai válasz hasonló, ugyanakkor ezek graphlet eloszlása (graphlet típusokra vetítve) eltérő (5. sz. Ábra).

6. sz. Ábra



Diszkusszió

A graphletek jelátvitelben betöltött szerepéről valódi képet akkor kapunk, ha ezek funkcionálisan betöltött szerepét is vizsgáljuk.

A hálózatok topológiája szoros összefüggésben van az általuk betöltött funkcióval, így van ez a hálózatban előforduló minták, a kisebb alhálózatok tehát a graphletek esetében is, ezek típusa meghatározza az ingerület átvitelben betöltött szerepüket.

Ez a módszer a *C. elegans* neurális hálózatán, egy gyakran elemzett neurális hálózaton tud hozni új eredményeket, de ilyen szintű hatékonyság javítással nagyobb hálózatokon is alkalmazható.

Hivatkozások

- [1] S. Brenner, „The Genetics of *Caenorhabditis elegans*”. *Genetics* 77 (1), 71–94. o., 1974, PMID 4366476.
- [2] J. G. White, E Southgate, J. N. Thomson, S. Brenner „The structure of the nervous system of the nematode *Caenorhabditis elegans*”. *Philos. Trans. R. Soc. Lond., B, Biol. Sci.* 314 (1165), 1–340. o. DOI:10.1098/rstb.1986.0056. PMID 22462104.
- [3] F. Jabr: “The Connectome Debate: Is Mapping the Mind of a Worm Worth It?”. *Scientific American*, 2012. <https://www.scientificamerican.com/article/c-elegans-connectome/>
- [4] Cook et al. “Whole-animal connectomes of both *Caenorhabditis elegans* sexes” *Nature* 571, 63–71 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1352-7>
- [5] R. A. Kosinski, M. Zaremba „Dynamics of the Model of the *Caenorhabditis elegans* Neural Network”. *Acta Physica Polonica B* 38 (6), 2201–2210. o., 2007
- [6] O. Sporns, R. Kötter, 2004. “Motifs in Brain Networks”. *PLoS Biol* 2(11): e369. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0020369>
- [7] R Milo, S Shen-Orr, S Itzkovitz, N Kashtan, D Chklovskii, U Alon “Network motifs: simple building blocks of complex networks.” *Science*. 2002 Oct 25; 298(5594):824-7. doi: <https://doi.org/10.1126/science.298.5594.824>. PMID: 12399590.
- [8] WormWiring Nematode Connectomics: <https://wormwiring.org/>

A kardiológiai ellátórendszer kiemelkedő befolyással rendelkező intézményei:

Az Egyetemi Klinikák

Vassy Zsolt¹, Vassányi István¹, Kósa István^{1,2}

¹ Pannon Egyetem, Egészségügyi Informatikai Kutató-Fejlesztő Központ,
8200 Veszprém Egyetem utca 10.

²SZTE ÁOK, Orvosi Rehabilitáció és Fizikális Medicina Tanszék,
6720 Szeged, Korányi Fásor 8-10

zsolt.vassy@gmail.com

Összefoglaló: A kardiológiai beteg ellátási adatok tanulmányozása során, az intézményeket ellátási utak alapján csoportosítva szignifikáns különbségek rajzolódtak ki ellátó intézményi (korházak, klinikák) csoportok között. Az egységes ellátási szabályok kellően rugalmasak, hogy apróbb eltérések rendszer szinten megjelenjenek az intézményi ellátásban, az adott intézmény szokásaihoz esetleg eszközeihez igazítva azt ellátási protokollt. Ezen eltérések alapján csoportosítva az intézményeket, kirajzolódott, hogy az eltérő eljárási rendszerek földrajzilag is összefüggő régiókat alkotnak. Az első körös csoportosítás után kapott három csoport mindegyikében volt egyetemi klinikai központ és ezek ellátási rendje nagyon hasonlított a csoport-átlaghoz. Ebben a tanulmányban azt vizsgáltuk meg hálózat-tudományos módszerek segítségével, hogy milyen szerepet töltenek be az egyetemi klinikák az ellátási rendszerben. Az ezekben az intézményekben ellátott betegek magas számaránya miatt eleve erős befolyásuk van a regionális ellátásra. A jól felszerelt, teljes ellátást nyújtó terciális ellátóhelyek is meghatározzák az ellátási rendet mikro-környezetükben, ugyanakkor ezek egy-egy magasabb szintű csoportosításban mindig egyetemi klinikákkal közös csoportba kerülnek. A betegutak alapján épített hálózatok elemzése alapján az egyetemi klinikáknak kiemelt szerepet van a betegellátásban.

Bevezető

Tudományosan is igazolható, de egyénileg is érzékelhető, hogy az egészségügyi ellátásnak van egy jelentős regionális jellege. Az orvosi döntések sok szempont figyelembevételével történnek, nem lehetséges minden részletre odafigyelő protokollt adni az orvosok kezébe és ha lehetséges is lenne nem biztos, hogy ez tényleg segíti a gyógyítást.

A döntések háttéréhez az orvosi egyetemeken és egyéb orvosi továbbképzéseken tanultak éppúgy hozzájárulnak mint a több éves orvosi tapasztalat, ezeket teljesen átadni lehetetlen, de az orvosi tanulmányok során

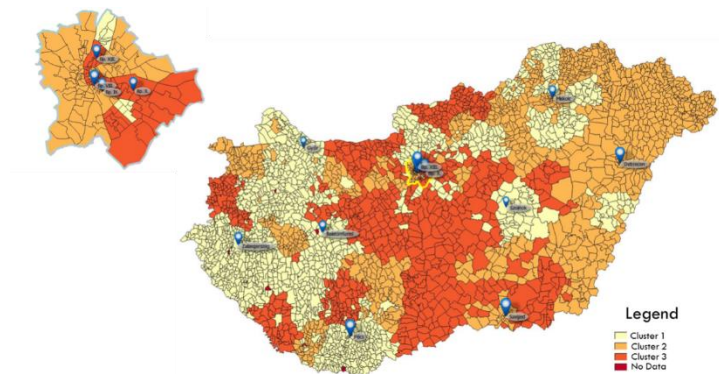
ezekből sok minden megtanulható. Ennek a régóta felismert regionalitásnak kiterjedt szakirodalma van [1], eltérő szakterületeken különböző országok társadalmilag és szociálisan is eltérő viselkedésű polgárain figyelték meg [2],[3].

A betegek kivizsgálását részletesen előírják különböző szakmai protokollok [4],[5]. Ettől függetlenül a szakorvos egyéni döntése, hogy a páciens betegségét az anamnesztikus adatok alapján milyen kockázatúnak ítéli meg. Ha magas rizikójúnak ítéli meg a betegséget akár azonnal invazív vizsgálatra (koronagráfiára) küldheti, de ha kisebb kockázatot lát, akkor előbb a beteget nem képalkotó terheléses vizsgálatnak vetik alá (terheléses EKG), ennek eredményének függvényében pedig képalkotó terheléses vizsgálatot (terheléses echocardiographia, terheléses myocardium perfúziós SPECT) rendelhet el. Az is előfordulhat, hogy a vizsgálatok sorát a beteg egyedi állapota alapján egyből képalkotó terheléses vizsgálatral indítja, amely eljárásnak kiterjedt szakirodalma van [6]. Mindezeket túl további diagnosztikai lehetőséget nyújtanak, olyan noninvazív morfológiai technikák, mint a koronaria MR és koronaria CT. Az egységes protokoll ellenére a szakorvosi szabadság következtében a páciensek eltérő betegutakat járhatnak be és a betegutak erősen függnek az egyes intézményekben kialakult készségektől, döntéshozatali gyakorlattól.

Habár a klinikai gyakorlatot tudományos irányelvek szabályozzák, de az ilyen iránymutatások korlátozott hatása a klinikai gyakorlatra jól dokumentált [7], [8]. Az államilag finanszírozott egészségügy a gazdaság egy speciális szegmense, amelyben az egyes eljárások hasznossága és költségei gyakran eltérőek. A betegeket az érdekli, hogy a leghatékonyabb szolgáltatásokat kapják, és kevésbé érzékenyek a kiadásokra, az orvosok szintén a kezelési hatékonyságot preferálják és változó érzékenységet mutatnak az költség-hatékonyság területén.

Az iránymutatásoktól való eltérés természetes és maguk az ellátási protokollok is megengedik. Korábbi tanulmányunk során már láthattuk [9], hogy az ellátási rendszerben jelentkező különbségek nem országosan egységes jellegűek, hanem regionális jellegűek van (1 sz. ábra - klinikai eljárási utak alapján csoportosítva az intézményeket első szintű klaszterezés ezt a három csoportot eredményezte, jól látható a csoporthoz tartozás regionális jellege). Ebből kiindulva szeretnénk meghatározni, hogy épülnek fel ezek az intézményi ellátási csoportok, vannak-e kiemelkedő befolyással rendelkező intézmények ezekben a csoportokban.

1. sz. Ábra



A vizsgálat során kétféle eljárással is megvizsgáltuk az ellátásban részt vevő intézmények szerepkörét.

1. Elsőként az egyetemi egészségügyi intézmények ellátásban betöltött közvetlen szerepét vizsgáltuk a klinikai beteg utakból kiépített egészségügyi intézmény hálózatban hálózat tudományos módszerek segítségével.
2. Másodszor, az egyetemi intézmények hatását közvetetten is megvizsgáltuk az intézmények ellátási spektruma alapján, korrelációs klaszteranalízis segítségével.

Adatok

A bemeneti adatok forrása az ÁEEK, az adatok 2003 április 30. és 2013 április 30. közötti időszakra vonatkoznak és 1,256,664 olyan beteg adata szerepel benne, amely iszkémiás szívbetegséggel kapcsolatos diagnosztikai eljáráson esett át.

Az egyes ellátási szinteket a következő beavatkozások alapján azonosítottuk:

- primer centrumok: a terheléses EKG-k végzői
- szekunder centrumok: a terheléses noninvazív képalkotó vizsgálatok végzői
- terciér centrumok: az elektív invazív vizsgálatok végzői

A páciensek elsődlegesen a 136 különböző primer ellátó centrum valamelyikében lettek megvizsgálva.

Módszer

Klinikai utakból épített hálózat elemzése

Az elemzésekhez az ellátó helyekből hálózatot hoztunk létre, ahol a hálózat nódusai a különböző ellátó helyek, az éleit pedig a betegutak határozzák meg. Az így keletkezett 3,157 nódust és 1,909,363 élet tartalmazó hálózaton vizsgáltuk az egyetemi intézmények szerepét.

A klasszikus szociális hálózati elemzési technikák [10, 11] segítségével elemeztük az intézményi hálózatunk nódusait, hogy megtaláljuk a hálózatban kiemelkedő szerepet betöltő, erős befolyással rendelkező úgynevezett „véleményvezéreket”. Erre a célra kiszámoltuk az egyes nódusok fokszámát és a közöttség központiság vagyis angol nevén “betweenness centrality” értékeket [12] az egész ellátórendszer hálózaton és az első szinten azonosított három klaszter alhálózatain is.

Ellátási rendszer hasonlósága alapján épített hálózat hierarchikus klaszterezése

Az ellátási eljárások eloszlási hasonlósága alapján létrehozott hálózaton pedig hierarchikus klaszterezés segítségével vizsgáltuk az intézmények szerepét.

A primer ellátó centrumokból, az ellátási útvonalak hasonlóságán alapuló módszertannal épített hálózat esetében a “véleményvezérek” olyan intézmények amelyek az adott hálózat vagy alhálózat (klaszter) legjellemzőbb ellátási mintáit produkálják. Azok az intézmények emelkednek ki a klasszikus szociális hálózat elemzés idevágó technikáit felhasználva, amelyek ellátási útvonalainak eloszlása a legjobban hasonlít az adott klaszter vagy alhálózat átlagos ellátási útvonalainak eloszlására.

A klaszteranalízis következő szakaszában a kiszámított fokszám és közöttség központiság értékek segítségével megállapítottuk a csomópontok relatív (egymáshoz viszonyított) fontosságát mindhárom klaszterben és a teljes hálózaton is.

Eredmények

Klinikai utakból épített hálózat elemzése

A teljes populációból véletlenszerűen kiválasztott beteg 8,51-szer nagyobb valószínűséggel kerül kezelésre egyetemi intézményben, mint bármely más intézményben. Egy véletlenszerűen kiválasztott régióból kiválasztott beteg

2,19-szer nagyobb valószínűséggel részesült egyetemi intézményi ellátásban. A klasszikus hálózatos paraméterek szerint (fokszám, különböző centrality mérések alapján) az egyetemi intézmények mindig a felső 10%-ban vannak az ellátási hálózatban.

Ellátási rendszer hasonlósága alapján épített hálózat klaszterezése

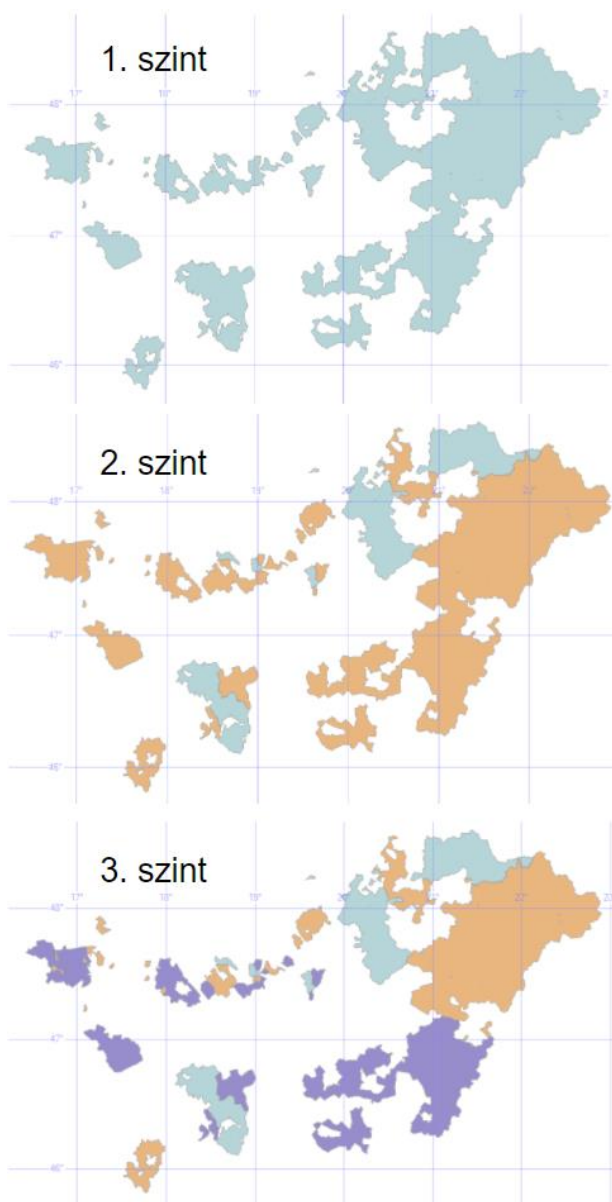
Megállapítottuk, hogy az egyetemi klinikák mindkét hálózat tudományi paraméter szerint mindig az első 30%-ban helyezkednek el, de soha nem tartoznak a klaszterük legerősebb tagjainak top 10%-ába. Ugyanez vonatkozik a 136 ellátási központ teljes hálózatának figyelembevételére is, így ez a viselkedés skála független jellemzője lehet az egyetemi klinikáknak. A Magyarország közepén fekvő fővárosnak, Budapestnek 18 klinikája van különféle klinikai betegüt eloszlásokkal. Mindhárom első szinten megtalált klaszternek van néhány egészségügyi ellátó központja Budapesten.

A hierarchikus klaszterezés további szintjein sem változik az egyetemi klinikák kiemelt szerepe. A második és harmadik szintű klaszterezés mindhárom első szintű nagy klaszteren olyan eredményre vezetett, hogy az egyetemi klinikák megőrzik kiemelt szerepüket egy-egy nagyobb alhálózaton. Az egyetemi ellátó centrumokat nem tartalmazó alhálózatok kisebbek, ezek átlagosan 7.14 nódus tartozik hozzájuk, miközben a 4 orvosi egyetemi klinika csoportjához átlagosan 21.5 nódus (1 sz. táblázat, szürke háttérrel kiemelve az egyetemi klinikát tartalmazó klaszterek).

1. sz. táblázat

1 szint Klaszter ID	N1 (Klaszter tagjainak száma)	2 szint Klaszter ID	N2 (Klaszter tagjainak száma)	3 szint Klaszter ID	N3 (Klaszter3 tagjainak száma)
1	48	1.1	5	1.1.1	5
		1.2	43	1.2.1	30
				1.2.2	5
				1.2.3	8
2	49	2.1	10	2.1.1	10
		2.2	39	2.2.1	17
				2.2.2	22
		3.1	7	3.1.1	7
3	39	3.2	32	3.2.1	16
				3.2.2	9
				3.2.3	7

A fenti adatok arra utalnak, hogy a hierarchikus klaszterezés folyamata során az egyetemi ellátási központok őrzik kiemelt szerepüket a saját alhálózatukban, a klaszterek nem egyenlő méretű alhálózatokra bomlanak, inkább egyfajta fővonalról való lemorzsolódás tanúi lehetünk, ha ábrázoljuk a klaszterezés szintjeit, akkor is ez a jelenség figyelhető meg (2. sz. ábra).



2. sz. Ábra

Diszkusszió

Az eredmények alapján kijelenthető, hogy az egyetemi klinikák kiemelt jelentőségű szerepet töltenek be az ellátó rendszerben. Ez már csak súlyponti szerepük miatt is így kell, hogy legyen, a betegutak nagy része érinti ezeket az intézményeket. A hálózatelemzéses módszerek aláhúzzák ezt a kiemelt szerepkört az ellátásban.

Azt viszont nem tudjuk ezen módszerek alapján megállapítani, hogy valóban ezek az intézmények mutatnak utat az ellátási rendben a környezetüknek, vagy mintát követnek és sikeresen terjesztenek. A tanulmányban közölt elemzések statikus állapotú hálózatok vizsgálatával készültek, terveink szerint a jövőben az ellátási hálózatok változás-dinamikáját is elemezni fogjuk, ezáltal még pontosabb képet kaphatunk az egyetemi klinikák egészségügyi ellátásban betöltött szerepéről.

Hivatkozások

- [2] Lewis CE. "Variations in the incidence of surgery." *N Engl J Med.* 1969 Oct 16;281(16):880–884.
- [2] Goodman DC, Goodman AA., "Medical care epidemiology and unwarranted variation: the Israeli case." *Isr J Health Policy Res.* 2017 Feb 20;6:9.
- [3] Church J, Barker P. Regionalization of Health Services in Canada, "A Critical Perspective. *International Journal of Health Services.*" 1998;28(3):467–486.
- [4] Kolh P, Wijns W, Danchin N, et al. "Guidelines on myocardial revascularization." *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery* 2010; 38, Supplement 1: S1–S52.
- [5] Hillis LD, Smith PK, Anderson JL, et al. 2011 "ACCF/AHA Guideline for Coronary Artery Bypass Graft Surgery: A Report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines." *Journal of the American College of Cardiology* 2011; 58: e123–e210.
- [6] Levine GN, Bates ER, Blankenship JC, et al. 2011 "ACCF/AHA/SCAI Guideline for Percutaneous Coronary Intervention: A Report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines and the Society for Cardiovascular Angiography and Interventions." *Journal of the American College of Cardiology* 2011; 58: e44–e122.
- [7] G. Flodgren, A. M. Hall, L. Goulding, M. P. Eccles, J. M. Grimshaw, G. C. Leng, and S. Shepperd. "Tools developed and disseminated by guideline producers to promote the uptake of their guidelines". *Cochrane Database of Systematic Reviews.* 2013, Issue 8.
- [8] F. Fischer, K. Lange, K. Klose, W. Greiner, and A. Kraemer. "Barriers and Strategies in Guideline Implementation-A Scoping Review." *Healthcare.* 2016, 4(3), 36;
- [9] Zsolt Vassy, István Kósa, István Vassányi: "Correlation Clustering of Stable Angina Clinical Care Patterns for 506 Thousand Patients", *JOURNAL OF HEALTHCARE ENGINEERING* 2017: Paper 6937194. p., 10 p.
- [10] M.E.J. Newman. "Modularity and community structure in networks." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America.* 103 (23): 8577–8696 (2006). arXiv:physics/0602124, DOI:10.1073/pnas.0601602103
- [11] G. Weimann. "The Influentials: People who Influence People." State University of New York Press. (1994), ISBN 07914-2141-4
- [12] L. Freeman. "Centrality in social networks conceptual clarification." *Social networks.* 1.3 (1978): 215–239.

Magyarországi járványadatok elemzése rendszerelméleti megközelítéssel

Csutak Balázs^{1,2}, Polcz Péter^{1,2}, Szederkényi Gábor^{1,2}

¹Pázmány Péter Katolikus Egyetem, Információs Technológiai és Bionikai
Kar, {csutak.balazs, polcz.peter, szederkenyi.gabor}@itk.ppke.hu
1083 Budapest, Práter u. 50/a

² ELKH Számítástechnikai és Automatizálási Kutatóintézet (SZTAKI)
1111 Budapest, Kende u. 13-17.

Összefoglaló: A cikkben dinamikus modellen alapuló megközelítést ismertetünk, melynek segítségével kizárólag a kórházban ápoltságok számát felhasználva lehetséges fontos nem mérhető adatok (pl. látens, preszimptomatikus vagy aszimptomatikus fertőzöttek számának) közelítő meghatározása, figyelembe véve a különböző vírusváltozatokból, ill. a korlátozó intézkedésekből adódó időben változó terjedőképességet is. A kapott eredményeket a rendelkezésre álló adatok és irodalom segítségével elemezzük.

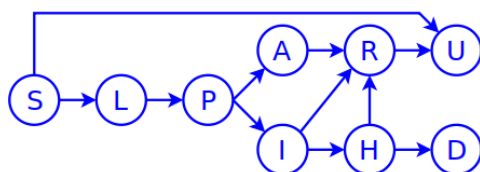
Bevezető

2020 tavasza óta a COVID-19 járvány több hullámban hatalmas nyomást gyakorol a Föld szinte minden országának társadalmára, ill. gazdasági és egészségügyi rendszerére. Eppen ezért rendkívül fontos feladat a járvány folyamatainak és lényeges kvantitatív jellemzőinek nyomonkövetése az erőforrások elosztásának és az esetleges védelmi intézkedéseknek a megfelelő tervezéséhez. Köztudott, hogy a hivatalos statisztikákban megjelenő napi új fertőzési adatok valójában csak a tényleges esetek egy részét tartalmazzák. A detektálási arányt az irodalmi adatok a pandémia első felében különböző országok esetén 10% (pl. Svédország, Spanyolország) és 50% (pl. Ausztrália, Dél-Korea) közé teszik [3,4].

A járványfolyamatok matematikai modellezésének és elemzésének igen széles irodalma van, amely az utóbbi másfél évben további hasznos eszközökkel bővült, ld. pld. [8,9]. a reprodukciós ráta becslésével kapcsolatban. A modellezés célja alapvetően meghatározza a modell típusát, részletességét és számíthatósággal kapcsolatos követelményeit. Rendszerelméleti keretben állapotbecslésre és/vagy szabályozótervezésre leggyakrabban determinisztikus kompartmentális modelleket alkalmaznak, ahol az állapotváltozók számát a betegség különböző szakaszainak, a helyszíneknek, ill. a populációnak (pl. életkor vagy egészségi állapot) szerinti felbontási részletessége határozza meg [5]. Ilyen feladatok megoldásánál a járványügyi folyamatot tipikusan egy (potenciálisan több részrendszerből álló) input-output operátorként fogjuk fel, ahol a bemenetek egyrészt intézkedésekkel (pl. kontaktusszám csökkentése, oltás) manipulálható

változók, másrészt külső zavarások (új mutánsok megjelenése, időjárás) hatásaként jelennek meg, a kimenetek pedig olyan közvetlenül megfigyelhető vagy kiszámítható mennyiségek (pl. fertőzöttek vagy kórházban ápoltak száma), amelyekhez valamely szabályozási cél, ill. előírt korlátozások kapcsolódnak. A fertőzési adatok fentiekben leírt bizonytalansága miatt becsléseinkhez kizárólag a kórházban ápoltak számának adatsorát használtuk, feltételezve, hogy a kórházakban megkövetelt protokollok és tesztelési lehetőségek elegendően megbízható adatokat szolgáltatnak.

A felhasznált járványmodell



A becslési módszerek alapját egy korábban már publikált [1] kompartmentális modell vakcinázással kiegészített változata adja, mely a lakosságot az 1. ábrán látható 9 diszjunkt csoportra osztja: fogékonyak (S), látens fertőzöttek (L), preszimptomatikus (P), igazoltan fertőzött (I), aszimptomatikus fertőzött (A), kórházban ápol (H), gyógyult (R), elhunyt (D), illetve (az [1]-től eltérően) a vakcinázás által immunitást szerzett (U) személyek.

A csoportok közti átmeneteket az alábbi differenciálegyenlet-rendszerrel írjuk le (az időargumentumokat az olvashatóság kedvéért elhagyva).

$$\begin{aligned}
 \dot{S} &= -\beta(P+I+\delta A)\frac{S}{N} - vV\frac{S}{(S+R)} \\
 \dot{L} &= \beta(P+I+\delta A)\frac{S}{N} - \alpha L \\
 \dot{P} &= \alpha L - \pi P \\
 \dot{I} &= \gamma\pi P - \rho_I I \\
 \dot{A} &= (1-\gamma)\pi P - \rho_A A \\
 \dot{H} &= \rho_I I - h H \\
 \dot{R} &= \rho_I(1-\eta)I + \rho_A A + (1-\mu)h H - vV\frac{R}{(S+R)} \\
 \dot{D} &= \mu h H \\
 \dot{U} &= vV
 \end{aligned}$$

A modell paramétereit a vonatkozó szakirodalom alapján, az elérhető magyar adatokkal egyeztetve határoztuk meg. Amint az [1]-ben részletesen szerepel, az alkalmazott modellben a megfertőződést követően a betegség látens periódusa $\alpha^{-1} = 2.5$ nap, melyet egy $p^{-1} = 3$ napos preszimpotikus állapot követ. Ezután a fertőzött személy (**I** és **A**) még $\rho_I^{-1} = \rho_A^{-1} = 4$ napig marad fertőzőképes. Átlagosan a fertőzöttek $\gamma = 0.6$ részénél alakulnak ki tünetek, és ezen személyek $\eta = 0.076$ része szorul kórházi ellátásra, melynek hossza átlagosan $h^{-1} = 10$ nap. A kórházban ápolat páciensek $\mu = 0.205$ valószínűséggel hunynak el. Az aszimptotikus betegek relatív fertőzőképessége (a tüneteket produkálókhöz viszonyítva) $\delta = 0.75$.

Az alkalmazott vakcinázási modell feltételezése szerint a beoltottak egyenlő arányban kerülnek ki a fogékonyak és a gyógyultak csoportjából. A napi beoltottak száma, V egy időben változó paraméter, melyet a közzétett adatokból ismertnek tekintünk, az oltások átlagos hatékonysága pedig $v = 0.75$. A járvány terjedési sebességét leíró β paraméter értéke nagyban függ az alkalmazott hatósági intézkedésektől (lezáráások, maszkviselési szabályok) illetve az éppen domináns vírusváltozattól, így ezt egy időben lassan változó paraméterként kezeljük és az adatokból becsüljük.

$$R_c(t) = \beta(t) \left(\frac{1}{\pi} + \frac{\gamma}{\rho_I} + \frac{\delta(1-\gamma)}{\rho_A} \right) \frac{S(t)}{N}$$

A terjedés aktuális mértékét jobban leíró mennyiség, a vírus időfüggő effektív reprodukciós rátája meghatározza, hogy egy fertőzött az adott időpillanatban (figyelembe véve a fogékony populáció csökkenését is) átlagosan hány személynek képes átadni a fertőzést. Ennek kiszámítása a fenti modellből a következő képlet szerint történik:

Adatbecsléshez alkalmazott módszerek

Előfeldolgozás

A hivatalosan közzétett, kórházban ápoltak számát leíró adatsorok praktikus okokból (pl. egészségügyi rendszer hétvégi csökkentett kapacitásából eredő késői kórházi elbocsátás, adminisztrációs késések) nem használhatóak közvetlenül. Ezen egyenetlenségek kezelése céljából az adatokból egy 7 napos mozgóátlag kerül kiszámításra, majd az így kapott görbét egy 15 pontos harmadfokú spline-al közelítjük (utóbbira az alkalmazott algoritmusok matematikai előfeltételei miatt van szükség).

Állapotbecslés ismeretlen bemenettel

Először az ily módon nyert dinamikus rendszer lineáris alrendszerét (L, P, I, H) invertálva, a legkisebb négyzetek módszerének segítségével megkerestük azt a bemenetet (L), melyre a számolt kimenet (H) a lehető legjobban illeszkedett a hivatalosan publikált kórházi adatsorra. Ezután lineáris állapotbecslővel meghatároztuk a további állapotváltozókat (S, P, I, A, R, D) is.

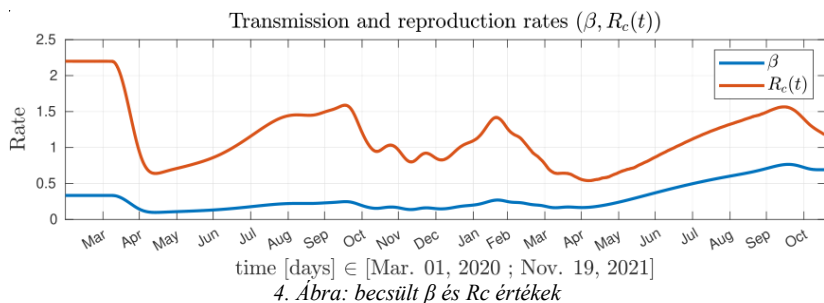
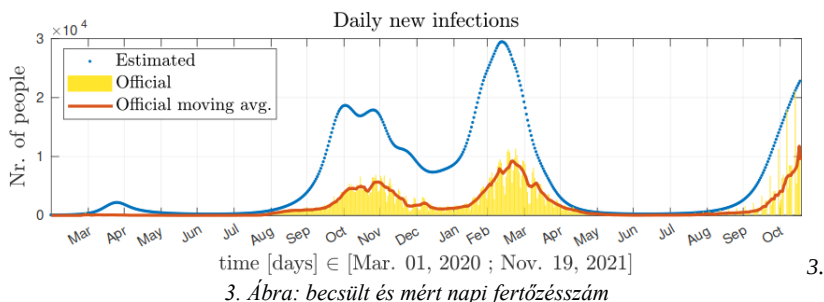
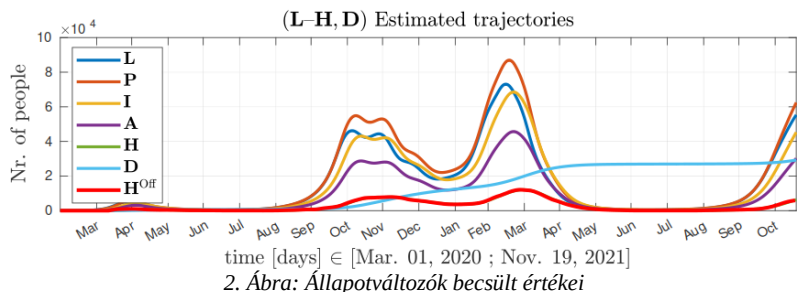
Utána ugyanezt a becslést elvégeztük ún. unknown input observerrel is. Ennek lényege, hogy a [7]-ben leírtakat követve, a modell bemenetét és az állapotváltozók alakulását egy lépésben, a kórházban ápoltak számát leíró spline első és második deriváltját felhasználva határozzuk meg.

Becslés optimális szabályozással

Végül nem konvencionális módon, optimális szabályozás felhasználásával is sikerült becslést adnunk a rendszer állapotváltozóira és a reprodukciós rátára. A módszer során az adatok becslésére szabályozási feladatként tekintünk, azaz feltételezzük, hogy a terjedési sebességet leíró, időfüggő β paraméter egy szabadon megválasztható bemenete a modellnek, a szabályozást végző algoritmus célja pedig az, hogy a modell kimenete (kórházban ápoltak száma) egy előre meghatározott pályát kövessen. Az így meghatározott β_k értékek esetén a kórházban ápoltak számának modell által számolt és ténylegesen mért értéke közt a különbség a lehető legkisebb lesz, a modell pedig nagy pontossággal reprodukálja a valós megfigyelt kimenetet.

Az eredmények diszkussziója

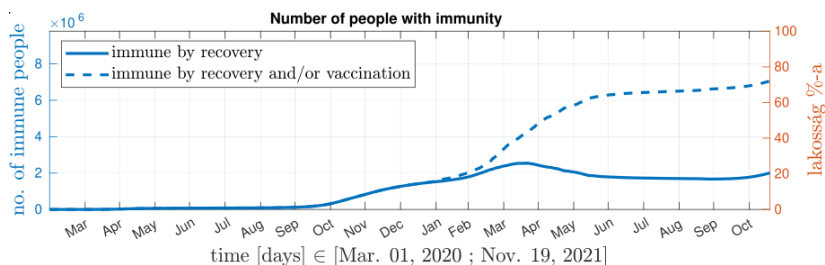
A három különböző módszerrel kapott becsléseink különbsége gyakorlati szempontból elhanyagolható, így az eredményeket elegendő egy-egy ábrán megmutatni. A 2. ábra mutatja az egyes kompartmentekhez tartozó létszámok becsléseit az idő függvényében. Jól látható az időbeli eltolás az L, P, I és H kompartmentek között. Fontos információ lehet a tünetmentesek (A) számának becslése a folyamat értékelésének szempontjából. A becsült napi új fertőzéseket mutató 3. ábrán jól látszanak a járványhullámok ténylegesen megfigyelt csúcsai, és az, hogy a modell által számított és hivatalosan rögzített fertőzések között egy kb. 4-szeres szorzó van. Az októberi becsült adatok jól megfeleltethetők az akkori széles körű szlovákiai tesztelés eredményének, ahol a populáció kb. 1.06 százaléka bizonyult COVID-pozitívnak [6]. A becsült reprodukciós számokat az 4. ábra mutatja. A 2020. novemberének első felében, valamint a 2021. márciusában bevezetett korlátozó intézkedések hatásai világosan láthatóak. Ezen kívül jól érzékelhető a becsült adatsorból 2021. februártól az alfa, nyár végétől pedig a delta variáns megjelenése. Az alfa és az eredeti vírusváltozathoz tartozó terjedési sebességek csúcsainak arányai ezen kívül megfelelnek az irodalomban megjelent adatoknak (kb. 1.6-szoros szorzó). Itt azért van értelme az összehasonlításnak, mert ezen értékek becslése azonos intézkedési szint mellett történt. Megjegyezzük, hogy a 4. hullámhoz tartozó reprodukciós ráta becslése nem tekinthető véglegesnek a jelenlegi (2021. november 23.) felívelő szakaszban. Reprezentatív szerológiai felmérés hiányában fontos lehet még a fertőzés és/vagy vakcinázás útján védettséget szerettek számának becslése, amelyet az 5. ábra mutat.



Összegzés

Kutatásainkból kiderült, hogy megfelelő dinamikus modell és a rendszerelméletből ismert módszerek felhasználásával viszonylag kevés adatból is becslést tudunk adni járványfolyamatok közvetlenül nem mérhető, de az elemzést és döntéshozatalt potenciálisan támogató változókra. A modellek bizonytalanságának csökkentését és ehhez kapcsolódóan a

becslések és predikciók megbízhatóságának javítását viszont nagy mértékben segíti a lehető legrészletesebb járványügyi adatok rendszeres és gyors közzététele. További kutatásainkat a becslési bizonytalanságok elemzésére és minimalizálására kívánjuk fókuszálni.



5. Ábra: becsült átfertőzöttség és immunitás

Köszönetnyilvánítás

Csutak Balázs munkáját az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-21-3-I-PPKE-58 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Program támogatta. A szerzők munkáját támogatta továbbá az NKFIH 131545 sz. kutatási pályázat.

Hivatkozások

- [1] T. Péni, B. Csutak, G. Szederkényi, and G. Röst, “Nonlinear model predictive control with logic constraints for COVID-19 management,” *Nonlinear Dynamics*, vol. 102, no. 4, pp. 1965–1986, Dec. 2020
- [2] B. Csutak, P. Polcz, G. Szederkényi: Computation of COVID-19 epidemiological data in Hungary using dynamic model inversion, *IEEE 15th International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics*, 2021
- [3] S. J. Phipps, R. Q. Grafton, and T. Kompas, “Robust estimates of the true (population) infection rate for COVID-19: A backcasting approach,” *Royal Society Open Science*, vol. 7, no. 11, p. 200909, 2020
- [4] I. Rocchetti, D. Böhning, H. Holling, and A. Maruotti, “Estimating the size of undetected cases of the COVID-19 outbreak in Europe: An upper bound estimator,” *Epidemiologic Methods*, vol. 9, no. s1, 2020
- [5] F. Brauer, C. Castillo-Chavez, and C. Castillo-Chavez, *Mathematical models in population biology and epidemiology*. Springer, 2012
- [6] E. Holt, “COVID-19 testing in Slovakia,” *The Lancet. Infectious Diseases*, vol. 21, no. 1, p. 32, 2021.
- [7] J. Chen and R. Patton, *Robust model-based fault diagnosis for dynamic systems*. Boston, MA: Kluwer Academic Publisher, 1999
- [8] Gostic, Katelyn M., et al. "Practical considerations for measuring the effective reproductive number, R_t ." *PLoS Computational Biology* 16.12 (2020): e1008409.
- [9] Kucharski, Adam J., et al. "Early dynamics of transmission and control of COVID-19: a mathematical modelling study." *The Lancet Infectious Diseases* 20.5 (2020): 553-558

A térbeli készséget fejlesztő virtuális valóság alapú teszteken töltött idők meghatározása

Guzsvinecz Tibor¹, Mihálykóné Orbán Éva², Sikné Lányi Cecília³, Perge Erika⁴

¹Pannon Egyetem, Informatikai Rendszerek és Alkalmazásai Tanszék,
guzsvinecz.tibor@zek.uni-pannon.hu

8900 Zalaegerszeg, Gasparich Márk u. 18/A

²Pannon Egyetem, Matematika Tanszék, orbane@almos.uni-pannon.hu
8200 Veszprém, Egyetem u. 10

³Pannon Egyetem, Villamosmérnöki és Információs Rendszerek Tanszék,
lanyi@almos.uni-pannon.hu
8200 Veszprém, Egyetem u. 10

⁴Debreceni Egyetem, Műszaki Alaptárgyi Tanszék, perge@eng.unideb.hu
4028 Debrecen, Ötemető u. 2

Összefoglaló: A térbeli készség elengedhetetlen a műszaki életben, valamint a rehabilitáció területén. Ez egy kognitív készség és javítható erre specializált geometriai feladatok megoldásával és az idő múlásával. A papíron végzendő geometriai feladatok időkorláttal rendelkeznek, azonban virtuális környezetekben sem a feladatok, sem az időkorlátok nem terjedtek el széles körben. A kutatás célja a virtuális valóság alapú teszteken töltött idők pontosabb meghatározása. Összesen 301 hallgató térbeli készsége került kivizsgálásra: 240 hallgató monitort, 61 pedig a Gear VR fejre helyezhető kijelzőt használt. A kutatási eredmények alapján megállapítható, hogy mely emberi tulajdonságok, illetve mely megjelenítési paraméterek és kijelzők befolyásolják a teszteken töltött időket. A kutatás kimenete felhasználható jövőbeli virtuális valóság alapú térérzékelési tesztek pontosabb időkorlátjának megszabásához embertípustól, tesztípustól, kijelzőtől, valamint a virtuális környezet felépítésétől függően.

Bevezető

A megfelelő térbeli készség elengedhetetlen a mindennapjainkban. Elsősorban a műszaki életben [1], valamint a rehabilitációban van különösebb szerepe. Utóbbi kifejezetten fontos, hiszen stroke-betegek érzékszervi problémákkal is küzdhetnek, amelynek következtében romolhat a térbeli készségük [2].

Ez egy kognitív készség [3], a definíciója eredetileg három fő épült fel: mentális elforgatásból, ami az agy motoros stimulációval foglalkozó részét használja [4]; térérzékelésből, ami magába foglalja az agy parietális lebenyét, valamint az emberi vizuális rendszert [5]; és végül, térbeli vizualizációból.

Maier ezt a definíciót kiegészítette, ezért manapság azt mondhatjuk, hogy öt fő részből épül fel az, amit térbeli készségnek nevezünk: az említett három mellett a térbeli relációkból és elforgatásokból [6].

Mivel egy kognitív készségről van szó, javítható az idő múlásával [7], valamint megfelelő geometriai feladatok megoldásával. Számos papíron végzendő feladatot alkottak meg a szakirodalomban az évek során. Ilyen például a Mental Rotation Test (MRT) [8], Mental Cutting Test (MCT) [9] és a Purdue Spatial Visualization Test (PSVT) [10].

A technológia fejlődésével az említett térbeli készséget javító tesztek fokozatosan átültetésre kerülnek virtuális-, valamint kiterjesztett valóságba. A fejre helyezhető kijelző használata kifejezetten előnyösnek bizonyult: felerősítette az érzékeket, ezért a felhasználók jobb eredményeket értek el a térérzékelési teszteken [11-13], ami azt is bizonyítja, hogy jobban fel tudták mérni a maguk körül lévő teret [14].

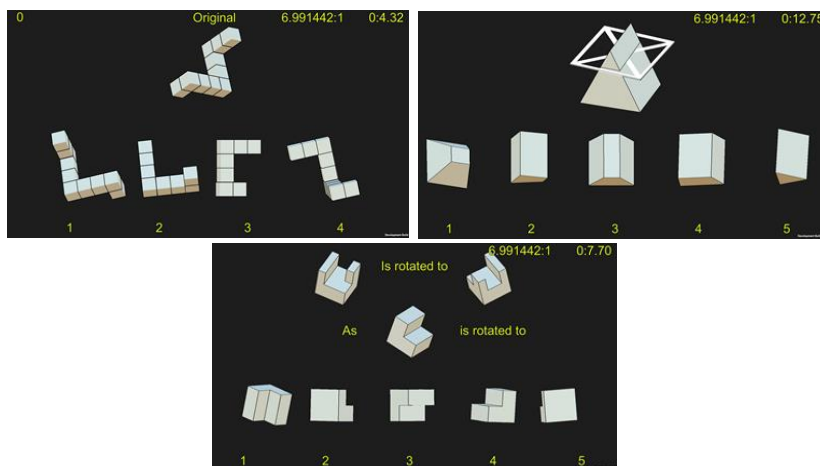
Célkitűzés

Ahogy tapasztalható, virtuális valóság alapú technológiának van helye mind az oktatásban, mind a rehabilitációban. Mivel eredetileg ezeket a tesztek a térbeli készség mérésére fejlesztették ki, ezért elvégzésük időkorláthoz lett kötve: a papíron végzendő tesztekhez (típustól függően) társul egy-egy időkorlát, de ezek még nem terjedtek el a tesztek digitális verzióiban. Felmerül a kutatási kérdés, változhat-e a tesztek elvégzéséhez szükséges idő a digitális tesztípusok esetén?

Módszer

A kérdés megválaszolására a korábban említett papír alapon létező három teszt digitális megfelelője került implementálásra egy virtuális környezetben Windows és Android platformokon. Ennek a környezetnek változtathatók a megjelenítési paraméterei, majd 240 debreceni és 61 veszprémi hallgatónak lett vizsgálva a térérzékelési képessége. Az előbbi csoport egy 19" LG 20M37A asztali kijelzőt, míg az utóbbi egy Gear VR SM-R322 fejre helyezhető kijelzőt.

Mindhárom tesztípust el kellett végezniük a hallgatónak. Először az MRT típust, majd az MCT típussal folytatódott a mérés és a PSVT típussal végződött. Mindegyik típus harminc kérdést tartalmazott. A három tesztípus az 1. ábrán van szemlélítve.



1. ábra: A három teszt típus: MRT (bal felső), MCT (jobb felső), PSVT (középső).

A mérések során a felhasználókhöz kapcsolódó információk (nemük, koruk, melyik kezükkel írnak, milyen szakon tanulnak és hány éve egyetemisták), a megjelenítési paraméterek technikai információi (virtuális kamera típusa, látószöge, elforgatása, kontrasztarány, árnyékok megléte), valamint a tesztekhez kapcsolódó információk (teljesítési idők, jó és rossz válaszok számai) kerültek összegyűjtésre. Ezeket automatikusan fájlba jegyzi az alkalmazás.

Regresszió analízis módszerekre esett a választás a tényezők teljesítési időkhöz való hatásának vizsgálata érdekében [15]. Először az emberi tulajdonságok, a teszt típusok és a kijelzők közötti kapcsolat [16], utána pedig a megjelenítési paraméterek és a kijelzők közötti kapcsolat került kivizsgálásra [17]. Mindkét esetben először egyesével kerültek kiértékelésre a tényezők, aztán párokban, majd hármassával, és egészen addig, amíg el nem fogytak. A számítások elvégzése az R statisztikai programcsomaggal történt.

Eredmények

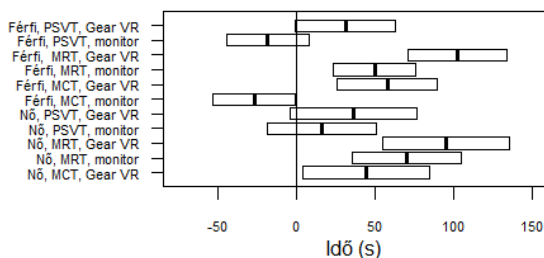
Mivel a tényezők közötti kapcsolatok két különböző csoportban kerültek kiértékelésre, ezért két különböző szekcióban kerülnek bemutatásra. Az eredmények azt mutatják, hogy az emberi tulajdonságok, a virtuális

környezet paraméterei, valamint a használt kijelző is képes szignifikánsan befolyásolni a térérzékelési teszteken töltött időket.

Emberi tulajdonságok, tesztípusok és a kijelzők közötti kapcsolat

Ebben a csoportban a felhasználó neme, hogy melyik kezével ír, a tesztípus és a kijelzők voltak a vizsgált tényezők. Először egyesével kerültek kiértékelésre, amiből kiderült, hogy az nincs szignifikáns hatással a teljesítési időkre, hogy a felhasználó melyik kezével ír ($p = 0.894$). Emiatt ez a változó nem került bele a további vizsgálatba. Mindezek mellett a tesztek teljesítési idejét szignifikánsan befolyásolja a használt kijelző, a tesztípusa és a felhasználó neme: a Gear VR használata szignifikánsan növeli a teljesítési időket a monitorhoz képest 30,330%-kal ($p < 2 \times 10^{-16}$); a tesztípusokból az MRT növeli szignifikánsan a teljesítési időt 37,028%-kal az MCT tesztípushoz, valamint 39,479%-kal a PSVT tesztípushoz képest ($p < 2 \times 10^{-16}$); és férfiak esetén 12,274%-kal kevesebb az átlagos teszt teljesítési idő ($p = 2,97 \times 10^{-5}$).

Következő a kéttényezős kiértékelés volt, ahol szintén tapasztalhatók szignifikáns különbségek a tényezők között. A pontosabb eredmény meghatározása végett a háromtényezős kiértékelés következett, aminek az eredményei a 2. ábrán láthatók: a „Nő, MCT, monitor” bázisváltozóhoz történt az összehasonlítás, aminek az átlagos teszt teljesítési ideje: 183,74 másodperc. Ezek tudtában megállapítható, hogy a tesztidőt szignifikánsan növeli a férfi nem, az MRT tesztípus és a Gear VR kombinációja ($p = 2,51$

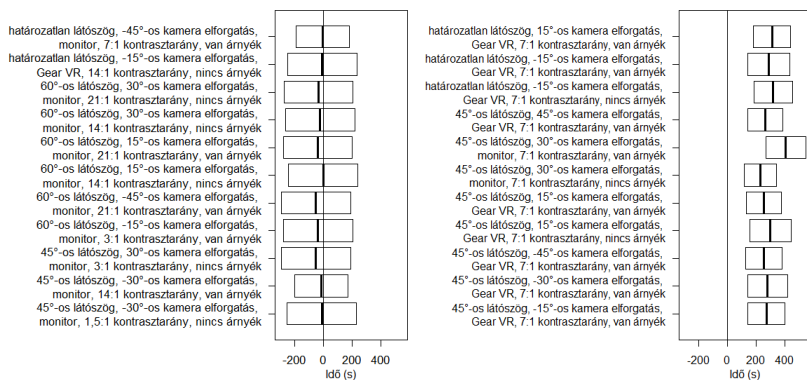


2. ábra: 95%-os konfidencia intervallumok a teljesítési időkről.

$\times 10^{-10}$). Ez a legnagyobb növekedés. Mindemellett a tesztidőt szignifikánsan csökkenti a férfi nem, az MCT tesztípus és a monitor kombinációja ($p = 0,047586$). Ez egyben a legnagyobb csökkenés.

Megjelenítési paraméterek és a kijelzők közötti kapcsolat

Hasonlóképpen történtek a vizsgálatok a második kategóriában. Először egyesével kerültek kiértékelésre a tényezők. A virtuális kamera típusa esetében nem volt szignifikáns különbség ($p = 0,78$, ezért elhagyásra került a vizsgálatból), azonban többi tényező esetében volt: a 60° -os látószög ($p = 0,00788$), illetve a 0° -os ($p < 2 \times 10^{-16}$) és a 45° -os ($p = 0,044$) kamera elforgatások szignifikánsan csökkentik az időket, a 3:1 ($p = 1,13 \times 10^{-5}$), 7:1 $p < 2 \times 10^{-16}$), 14:1 ($p = 0,00391$), 21:1 ($p = 4,45 \times 10^{-7}$) kontrasztarányok, valamint a Gear VR használata ($p < 2 \times 10^{-16}$) és a bekapcsolt árnyékok ($p = 0,00447$) pedig szignifikánsan növelik azokat.



3. ábra: 95%-os konfidencia intervallumok a teljesítési időkről a 11 csökkentő ötös (bal), és a 11 legszignifikánsabb növelő ötös esetén (jobb).

Természetesen, egy virtuális környezetben több tényező is jelen van, ezért következőnek párokban, hármaskokban, négyesekben, majd végül ötösökben történt a vizsgálat. Az eredmény azt mutatja, hogy 111 szignifikáns különbség található a lehetséges ötösök között. 11 ötös csökkentheti az időket, de nem szignifikáns a hatásuk. A 3. ábrán látható ez a 11 ötös, és a 11 legszignifikánsabb növelő hatással rendelkezők is ($p < 0,0001$).

Következtetések

Virtuális rendszerek felépítésében több tényező, köztük az ember is szerepet játszik. Látható, hogy mindegyiknek van egyfajta befolyása a teszt

teljesítési időkre. Ebből adódóan az is következtethető, hogy az ember-gép közti interakció függ ezektől a tényezőktől. Látható, hogy akkor növekedik a leggyakrabban a teszt teljesítési idő, amikor a Gear VR kijelzőt használja a felhasználó, illetve 7:1-es kontrasztarány található meg a virtuális környezetben. MRT teszt esetén és női felhasználók esetén is növekszik a teszt teljesítési idő. A monitor és a férfi nem tényezői pedig valamennyire csökkentik az időt.

Az eredményeknek köszönhetően a megszabhatók jövőbeli virtuális valóság alapú térérzékelési tesztek pontosabb időkorlátjai embertípustól, tesztípustól, kijelzőtől, valamint a virtuális környezet felépítésétől függően. Akár oktatásról, akár kognitív rehabilitációról van szó, a tesztek időkorlátja könnyebben megszabhatóvá válik.

Köszönetnyilvánítás

Az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-21-4 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

Hivatkozások

- [1] E. E. Ghiselli, "The validity of aptitude tests in personnel selection," *Pers Psychol*, vol. 26, pp. 461-477, 1973.
- [2] S. B. O'Sullivan, T. J. Schmitz, and G. G. Fulk, *Physical rehabilitation* 6th ed (p. 661). Philadelphia, PA: FA Davis, 2014.
- [3] M. C. Linn, and A. C. Petersen, "Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: A meta-analysis," *Child Dev*, pp. 1479-1498, 1985.
- [4] J. M. Zacks, "Neuroimaging studies of mental rotation: a meta-analysis and review," *J Cognitive Neurosci*, vol. 20, pp. 1-19, 2008.
- [5] M. Jeannerod and P. Jacob, "Visual cognition: a new look at the two-visual systems model," *Neuropsychologia*, vol. 43, pp. 301-312, 2005.
- [6] P. H. Maier, "Spatial geometry and spatial ability—how to make solid geometry solid," in *Selected papers from the Annual Conference of Didactics of Mathematics*, pp. 63-75, 1996.
- [7] C. L. Miller and G. R. Bertoline, "Spatial visualization research and theories: Their importance in the development of an engineering and technical design graphics curriculum model," *Eng Des Graph J*, vol. 55, pp. 5-14, 1991.
- [8] S. G. Vandenberg and A. R. Kuse, "Mental rotations, a group test of three-dimensional spatial visualization," *Percept Motor Skill*, vol. 47, pp. 599-604, 1978.
- [9] B. Németh, Cs. Sörös, and M. Hoffmann, "Typical mistakes in mental cutting test and their consequences in gender differences," *Teach Math Comp Sci*, vol. 5, pp. 385-392, 2007.
- [10] R. B. Guay, "Purdue spatial visualization test – visualization of rotations", W. Lafayette, IN: Purdue Research Foundation, 1977.
- [11] R. Molina-Carmona, M. L. Pertegal-Felices, A. Jimeno-Morenilla, and H. Mora-Mora, "Virtual reality learning activities for multimedia students to enhance spatial ability," *Sustainability*, vol. 10, pp. 1074, 2018.
- [12] C. M. Oman, W. L. Shebilske, J. T. Richards, T. C. Tubré, A. C. Beall, and A. Natapoff, "Three dimensional spatial memory and learning in real and virtual environments," *Spat Cogn Comput*, vol. 2, pp. 355-372, 200.

- [13] T. Guzsvinecz, É. Orbán-Mihálykó, E. Perge, and C. Sik-Lányi, “Analyzing the spatial skills of university students with a virtual reality application using a desktop display and the Gear VR,” *Acta Polytech Hungarica*, vol. 17, pp. 35-56, 2020.
- [14] M. A. Schnabel and T. Kvan, “Spatial understanding in immersive virtual environments,” *Int J Archit Comput*, vol. 1, pp. 435-448, 2003.
- [15] R. E. Walpole, R. H. Myers, S. L. Myers, and K. Ye, *Probability & statistics for engineers & scientists*, Pearson Prentice Hall, 2011.
- [16] T. Guzsvinecz, É. Orbán-Mihálykó, C. Sik-Lányi, and E. Perge, “Investigation of spatial ability test completion times in virtual reality using a desktop display and the Gear VR,” *Virtual Real*, 2021.
- [17] T. Guzsvinecz, É. Orbán-Mihálykó, C. Sik-Lányi, and E. Perge, “The effects of display parameters and devices on spatial ability test times,” unpublished.

Első tapasztalatok kardiometabolikus betegek kombinált tréning és táplálkozás monitorozásával

Máthéné Köteles Éva¹, Dr. Ábrahám Judit², Dr. Vágvölgyi Anna³,
Korom Andrea¹, Szálka Brigitta⁴,
Dr. Barnai Mária¹, Bilicki Vilmos⁵, Dr. Lengyel Csaba³, Dr. Kósa István²

¹SZTE, Egészségtudományi és Szociális Képzési Kar, Fizioterápiás Tanszék,
fizio.etszk@szte.hu, 6726. Szeged, Temesvári krt. 31,

² SZTE Szent-Györgyi Albert Orvostudományi Kar, Preventív Medicina Tanszék,
office.prevmedicina@med.u-szeged.hu, 6726. Szeged, Korányi fasor 8-10

³SZTE Szent-Györgyi Albert Orvostudományi Kar, Belgyógyászati Klinika,
office.in1st@med.u-szeged.hu, 6725. Szeged, Kálvária sgt. 57.

⁴Állami Szívkórház, szalka.brigitta@szivkorhaz.hu, 8230. Balatonfüred, Gyógy tér 2.

⁵SZTE TTK Informatikai Intézet, Szoftverfejlesztés Tanszék,
bilickiv@inf.u-szeged.hu, 6720. Szeged, Dugonics tér 13

Összefoglaló: A fejlett világ országaiban az egészségügyi ellátási igény jelentős részét teszik ki a krónikus nemfertőző betegségek, melyek létrejöttében meghatározó az életmód, ezen belül is a helyes táplálkozás és a rendszeres testmozgás szerepe. Sajnos a legtöbb esetben alkalmazott pár perces személyes tanácsadás a táplálkozási, fizikai aktivitásbeli szokások átalakítására minimális hatású. A klasszikus életmódi tanulmányok 5-15 óra élő munka ráfordítással értek el eredményeket 3-6 hónap alatt. Jelen tanulmány fókuszában a telemedicinális rendszeren keresztül felügyelt szorosan naplózott diéta, a szívfrekvencia monitorozott, gyógytornással konzultált fizikai tréning hatásainak vizsgálata áll Metabolikus szindrómás személyekben.

Bevezetés

Az életmód, ezen belül is a rendszeres fizikai aktivitás és a táplálkozás meghatározó fontosságú a különböző kardiometabolikus megbetegedések (szívinfarktus, diabetes mellitus, Metabolikus szindróma) kialakulásában [1] Korábbi vizsgálatunk fókuszában az életmódbeli tényezők közül csak a Metabolikus szindrómás betegek otthoni fizikai aktivitásának távoli monitorozása volt [2]. Bár a 12 hetes tréning monitorizálási periódus alatt sikerült jelentős pozitív változásokat elérnünk a különböző anthropometriai paraméterekben (has-, derék-, csípőkörfogatok), a terhelési tolerancia, egyes labor- és a metabolikus paraméterek is szignifikánsan javultak, de a testtömeg, a BMI és a testösszetétel és egyes kardiometabolikus paraméterek esetében számottevő változást nem tapasztaltunk. Jelen pilot vizsgálatban ugyanezen betegcsoport fizikai aktivitása mellett a táplálkozás, valamint ezzel egy időben a napi aktuális vérnyomás és a testtömeg monitorozása is megvalósul. A magas kardiometabolikus kockázatú páciensek klasszikus, komplex kardiológiai rehabilitációja az intézeti bennfekvéses fázis után lehetőség

szerint ambuláns, bejárós formában folytatódhat. Ezzel ellentétben a nagy tömegeket érintő, aktív korú, alacsony vagy közepes kockázatú kardiometabolikus páciensek szakorvosi, gyógytornász és dietetikus általi vizsgálata, táplálkozási tanácsadása, életmódbeli edukációja nagy terhet ró az egészségügyi ellátásra, ha a klasszikus ellátási formákban gondolkodunk. Az ismert ugyanakkor, hogy a pár perces személyes tanácsadás nem elegendően hatékony a táplálkozási, fizikai aktivitásbeli szokások befolyásolására, az életmódváltoztatás ösztönzésére. Az eredményes életmódi intervenció lényegesen több interakciót igényel az intervenciót végző és az ellátott között, mint például egy gyógyszer felírása vagy egy eszközös kezelés, ez heteken, hónapokon át tartó, heti szinten is órákban mérhető ráfordítást igényel az ellátott és az ellátó oldaláról egyaránt. A klasszikus életmódi tanulmányok is 5-15 óra élő munka ráfordítással értek csak el eredményeket 3-6 hónap alatt [3], [4].

Célkitűzés

Annak meghatározása, hogy mobilinformatikai rendszerekre támaszkodva (mobil telefon alapú táplálkozás napló, mobiltelefonhoz bluetooth technikával kapcsolódó szívfrekvencia monitorozó karóra, testsúlymérleg, vérnyomásmérő és ezen eszközökből adatokat továbbító és megjelenítő informatikai rendszer) távolból milyen sikerrel tudjuk befolyásolni betegeink életmódját.

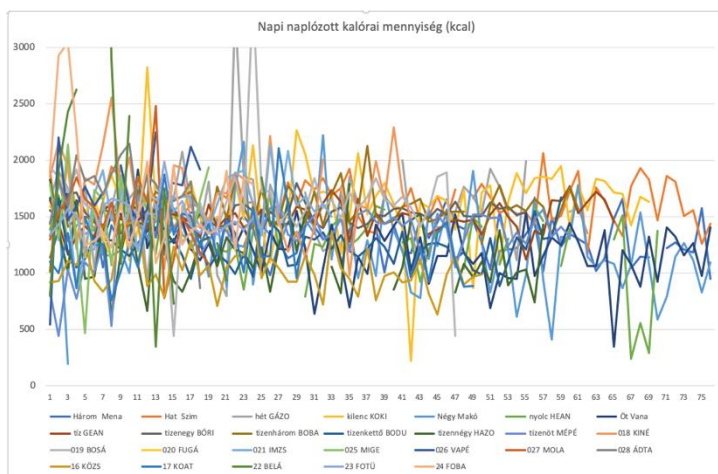
Módszer

Tanulmányunk aktív Metabolikus szindrómás (MetS) karára 65 beteg lépcsőzetes bevonását terveztük. A MetS definiálása az ATP III. kritérium rendszer alapján történt [5]. Intervencióként hibrid formát választottuk, melyben a klasszikus 3 hetes bennfekvés (vizsgálat, terápia, edukáció) helyett a páciensek csak 3 napot töltöttek el a fekvőbeteg osztályon (nappali kórház jelleggel). Ezen intenzív 3 nap során elvégeztük a kezdeti felmérő vizsgálatokat, a szakorvosi, dietetikus és gyógytornász általi tanácsadást és edukációt, illetve az otthonra kiadott „okos” eszközök használatának betanítását. Az elvégzett állapotfelmérő vizsgálatokat jelen munkánkban nem részletezzük, mivel a köztes értékelés elkészültékor a záróvizsgálatok még nem történtek meg, a paraméterek változásáról nem tudunk beszámolni. A nappali kórház fázis első napján a páciensek már megkapták a következő 3 hónapban otthonukban naponta használandó „okos” eszközeiket: testtömeg mérleg (MÉRY URight weightscale BT, DiCare, Csitár, Magyarország), vérnyomásmérő (Taidoc TD3128B, Taidoc, New Taipei City, Taiwan), GSM

humán interakció mentes adattovábbító egység (MSZROOTER, DiCare, Csitár, Magyarország) szívfrekvenciamérő óra (Polar M430, GPS Running watch), okos telefon (Meizu, M5c, Zhuhai, China) párosítva az órával, illetve a szükséges applikációkkal ellátva. A betegek a napi étkezéseiket a Lavinia mobil applikációban naplózták, mely applikáció az energia- és makrotápanyag összetételt azonnal számította és visszajelezte. Tréningjeik során szívfrekvenciájukat a Polar M430, optikai szenzoros órával monitorozták. Ezen felül naponta testtömeg és vérnyomásmérést végeztek. Az adatok humán interakció nélkül a mobil eszközökről az Szegedi Tudományegyetem Included integrált telemedicina rendszerébe továbbították, melyre támaszkodva dietetikus és gyógytornász heti rendszerességgel ellenőrizte az adatokat és telefonos konzultációkkal vezette a betegeket.

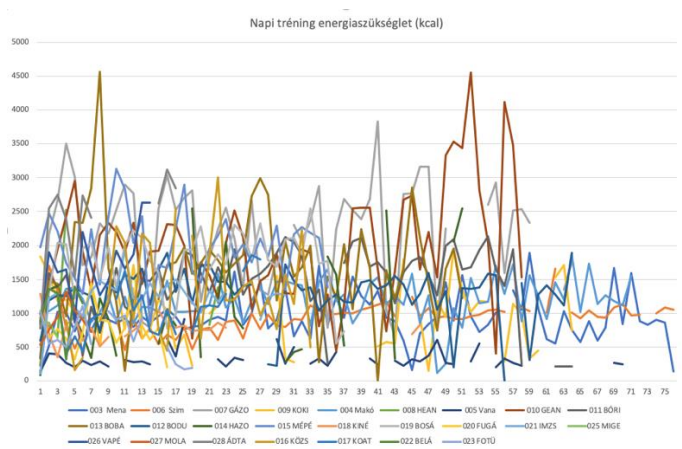
Eredmények

Jelen köztes kiértékeléskor 26 fő (12 ffi/14 nő) bevonása valósult meg. Ezen személyek átlag életkora $50,38 \pm 10,06$ év. A tervezett 90 napos követésből a kiértékelésig 53,64 nap (minimum 20, maximum 83 nap) valósult meg, egy beteg morzsolódott le a 21. napon. A vizsgálatba lépés első hetén a betegek átlagos napi naplózott kalória mennyisége (1. ábra) $1451,7 \pm 590,9$ kcal volt, mely érték a napok során minimális csökkenő tendenciát mutatott ($-1,51$ kcal/nap $R^2=0,11$).



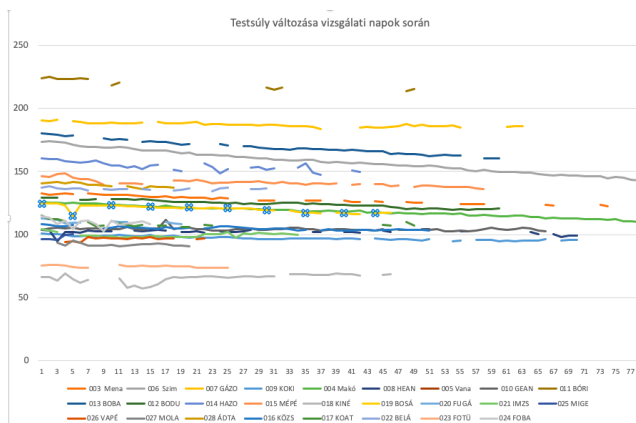
1. ábra: A napi naplózott átlagos kalóriabevitel mennyisége

A szívfrekvencia monitorozás alapján az első héten az alapanyagcsere felett napi átlagban $1136,2 \pm 701,1$ kcal-t égettek fizikai aktivitással, mely aktivitás érdemben nem változott a megfigyelési periódusban ($-0,8$ kcal/nap $R^2=0,01$) (2. ábra).



2. ábra: A napi naplózott átlagos kalória étetés mennyisége

A testtömeg az induló $125,3 \pm 36,8$ kg-ról markánsan csökkent $0,21$ kg/nap $R^2=0,80$) tendenciával, a leghosszabban követett betegek utolsó hetében - $19,81 \pm 7,88$ kg csökkenést mutatva (3. ábra).



3. ábra: A vizsgálatban résztvevők testtömeg változása

A vérnyomás szisztolés értéke kiinduláskor $131,8 \pm 13,9$ Hgmm volt, enyhe csökkenő tendenciával ($-0,06$ Hgmm/nap $R^2=0,15$).

A legnagyobb mértékű testtömeg-csökkenést ezidáig egy extrém obes (kiindulási BMI = $51,3$ kg/m²; jelenlegi BMI: $38,8$ kg/m²) páciensnél regisztráltunk, ő a vizsgálda kezdete óta $42,1$ kg fogyott, melyet dietetikus vezetésével folytatott mérsékelt energiaszegény, kiegyensúlyozott tápanyagösszetételű, rostokban és energiamentes folyadékban gazdag napi ötszöri étkezési ritmus következetes betartásával ért el.

Diskusszió

Köztes eredményeink alapján elmondható, hogy a korábbi vizsgálatunkhoz képest, amelyben csak a fizikai aktivitást monitoroztunk, jelen tanulmány alanyainál sokkal jelentősebb testtömegcsökkenést tudtunk elérni. Ebben valószínűleg nagy szerepet játszik, hogy a táplálékbevitelt is leképeztük, az eredményeket azonnali visszajeleztük a felhasználók felé, illetve úgy dietetikusok, mint gyógytornászok heti szinten a felhasználóval interaktivitásban értékelték a heti eredményeket.

Eredményeink összecsengenek Ross és mtsai publikált adataival [6], miszerint az életmódváltozást támogató különböző informatikai eszközökkel elérhető hatás jelentősen növelhető, amennyiben a beteg által leképezett paramétereket szakértők telefonon rendszeresen konzultálják. Tapasztalatunk szerint a konzultációk fontos szerepet töltenek be a páciensek motivációjának fenntartásában, de lehetőséget adnak arra is, hogy a táplálkozással, mozgással kapcsolatos problémák, aktualitások (pl.: szezonális ételreceptek, különleges, ünnepi alkalmakhoz köthető cselekvési tervek) szakemberrel való konzultáció révén megoldást nyerjenek, új érendi és mozgási célok kitűzésre kerüljenek.

Következtetés

Telemedicinálisan vezetett szoros táplálkozás naplózással és tréning monitorozással racionális kalóriamegszorítás, érdemi, fenntartható extra kalória felhasználás mellett, markáns testtömeg csökkenés, tendenciózus vérnyomás csökkenés érhető el kardiometabolikus betegeknél. Mivel ezen betegeknél az emelkedett testtömeg egyben rizikó és prognosztikai faktor is, az intervenciónak köszönhető jelentős rizikócsökkentés megváltoztatja a betegség hosszútávú kimenetét, prognózisát is.

Köszönetnyilvánítás

A vizsgálat a Szegedi Tudományegyetem GINOP-2.2.1- 15-2017- 00073 – „Telemedicina alapú ellátási formák fenntartható megvalósítását támogató keretrendszer kialakítása és tesztelése” Európai Unió Európai Szociális Alapja és a Magyarország Kormánya által támogatott projekt révén valósult meg. A Lavinia tápláléknaplózó rendszert a Pannon Egyetem biztosította a kutatáshoz.

Hivatkozások

- [1] E. K. Amine *et al.*, “Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases,” *World Health Organization Technical Report Series*, no. 916. 2003, [Online]. Available: <http://www.scopus.com/inward/record.url?scp=0038778642&partnerID=8YFLogxK%5C>.
- [2] E. J. Ábrahám *et al.*, “Ambuláns versus otthoni telemonitorozott tréning. A választást befolyásoló tényezők,” *Cardiol. Hungarica*, vol. 50, no. 5, pp. 337–342, 2020, doi: 10.26430/CHUNGARICA.2020.50.5.337.
- [3] W. C. Knowler *et al.*, “Reduction in the incidence of type 2 diabetes mellitus with lifestyle intervention or metformin,” *N Engl J Med*, vol. 346, no. 6, pp. 393–403, Mar. 2002, doi: 10.1056/NEJMoa012512.
- [4] J. Lindstrom *et al.*, “The Finnish Diabetes Prevention Study (DPS),” *Diabetes Care*, vol. 26, pp. 3230–3236, 2003, doi: 10.2337/diacare.26.12.3230.
- [5] K. G. M. M. Alberti *et al.*, “Harmonizing the Metabolic Syndrome A Joint Interim Statement of the International Diabetes Federation Task Force on Epidemiology and Prevention; National Heart, Lung, and Blood Institute; American Heart Association; World Heart Federation; International A,” *Circulation*, vol. 120, no. 16, pp. 1640–1645, Oct. 2009, doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.109.192644.
- [6] K. M. Ross and R. R. Wing, “Impact of newer self-monitoring technology and brief phone-based intervention on weight loss: A randomized pilot study,” *Obesity*, vol. 24, no. 8, pp. 1653–1659, Aug. 2016, doi: 10.1002/oby.21536.

Automatizált vérnyomásmérés bal kamrai keringéstámogatással élő betegek esetén

Nagy Péter¹, Sax Balázs², Osztheimer István², Jobbagy Ákos¹

¹ Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,

nagy@mit.bme.hu, jobbagy@mit.bme.hu

1117 Budapest, Magyar Tudósok krt. 2.

² Semmelweis Egyetem, Városmajori Szív- és Érgyógyászati Klinika

Kardiológiai Tanszék,

balazs.sax@gmail.com, osztheimer.istvan@med.semmelweis-univ.hu

1122 Budapest, Gaál József út 9.

Összefoglaló: A bal kamrai keringéstámogatással (LVAD) élő betegek gondozásának fontos eleme a vérnyomás rendszeres mérése. A jelenlegi, folyamatos áramlást biztosító LVAD eszközök működésmódjából adódóan a hagyományos oszcillometriás, vagy hallgatózásos vérnyomásmérési módszerek jellemzően nem alkalmazhatók, mivel a betegek pulzusnyomása jellemzően nagyon kicsi. Ezen betegek esetén invazív módszerrel, vagy mandzsetta és Doppler-ultrahangkészülék segítségével mérhető meg az artériás középnyomás (MAP). Bemutatunk egy mérési módszert, amely a mandzsettanyomással párhuzamosan rögzített fotopletizmográfiás (PPG) jel segítségével a MAP automatikus mérését teszi lehetővé abban az esetben is, ha a vizsgált személynek nincs pulzatilis véráramlása.

Bevezető

A vérnyomás a szív- és érrendszer állapotának egyik legfontosabb jellemző paramétere, amely rutinszerűen mérhető mind a mindennapi klinikai gyakorlatban, mind otthoni monitorozás során. A ma elterjedt automata vérnyomásmérő készülékek az oszcillometriás mérési módszert alkalmazzák, amely a felkarra helyezett és felfújtt, majd leeresztett mandzsettában megjelenő nyomásozcillációk vizsgálatán alapul [1]. A klinikai gyakorlatban elterjedt másik non-invazív vérnyomásmérési módszer a hallgatózásos, vagy Korotkoff-módszer, amely során a felkari artéria fölé helyezett fonendoszkóp segítségével a mandzsetta leeresztése során hallható hangok teszik lehetővé a szisztolés vérnyomás (SBP) és diasztolés vérnyomás (DBP) meghatározását [2]. A Korotkoff-módszer automatizálása is lehetséges, azonban ezek az automatizált rendszerek nem terjedtek el széles körben [3]. Mind az oszcillometriás, mind a Korotkoff-módszer a szív által létrehozott pulzatilis véráramlás megfigyelésén alapul. Előfordulhatnak azonban olyan klinikai állapotok, amelyek esetén a pulzatilis véráramlás

nagyon kis mértékű így nehezen figyelhető meg. Végstádiumú szívelégtelenség esetén szükségessé válhat bal kamrai keringéstámogató eszköz (LVAD) beültetése, amely a nagy vérkör irányába biztosítja a véráramlást a sérült bal kamrai funkció kiegészítéseként, vagy a helyett [4]. A ma elterjedt LVAD készülékek axiális, vagy centrifugális áramlású, elektromos áramforrásról táplált mechanikus pumpák, amelyek a pulzatilis módon működő szívvel ellentétben folyamatos áramlást hoznak létre. A folyamatos áramlást modulálhatja a páciens saját szívének működése, valamint az LVAD által létrehozott mesterséges pulzusok, azonban a két hatás aszinkron jellege miatt az oszcillometriás vérnyomásmérés pontossága nem garantálható LVAD által támogatott betegek esetén [4]. Amennyiben az oszcillometriás módszer pontossága nem kielégítő, gyakran alkalmazott megoldás Doppler-ultrahangkészülék használata, amellyel a mandzsetta leeresztése során detektálható a véráramlás újra indulása a brachiális, vagy radiális artériában, ezáltal az artériás középnyomás (MAP) meghatározható. LVAD támogatott betegek esetén az alacsony pulzusnyomás miatt a kezelőorvos célja jellemzően a MAP meghatározása. A módszer azonban egészségügyi szakember közreműködését igényli, továbbá az alkalmazott ultrahangkészülékek ára többszöröse az oszcillometriás vérnyomásmérőkének, ezért otthoni monitorozásra a módszer nem használható.

Célkitűzés

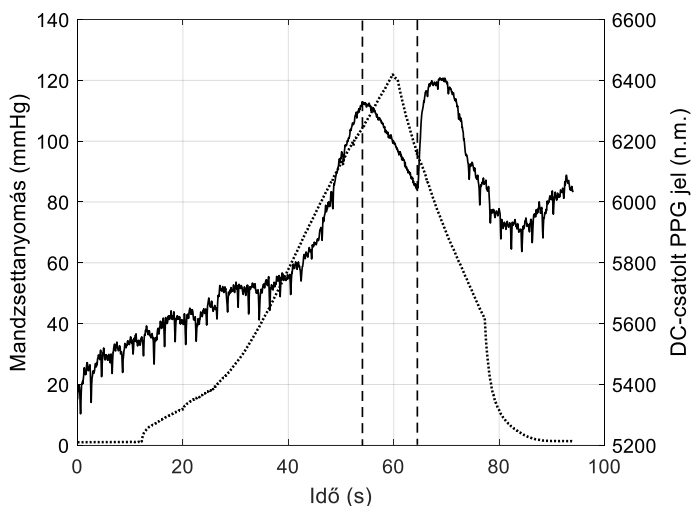
Célkitűzésünk egy mérési módszer kidolgozása, amely a mandzsettanyomással (CP) párhuzamosan rögzített fotopletizmográfiás (PPG) jel segítségével a MAP automatikus mérését teszi lehetővé abban az esetben is, ha a vizsgált személynek nincs pulzatilis véráramlása.

Módszer

A Műegyetem Méréstechnika és Információs Rendszerek Tanszéken kifejlesztettünk egy otthoni monitorozó készüléket (home health monitoring device 3rd generation, HHMD3). Az eszköz a CP-n kívül Einthoven II. elvezetésben EKG jelet, a mutatóujjon PPG jelet rögzít. A PPG érzékelő transzmissziós elven működik és nem tartalmaz hardveres felületeresztő szűrőt, ezáltal DC-csatolt PPG jel mérhető [5]. Az eszköz a CP-t megközelítőleg 3 mmHg/s sebességgel növeli a felfújás során, amely 120 mmHg CP érték eléréséig tart. A rendszeres ellátás alatt álló LVAD támogatott páciensek MAP értéke jellemzően 120 mmHg alatt van, ezért választottuk ezt az értéket a felfújási szakasz maximum értékének. A

mandzsetta felfújása után azonnal megkezdődik annak leeresztése megközelítőleg 6 mmHg/s sebességgel. A PPG érzékelő a vizsgált szövetben található vér mennyiségével arányos jelet szolgáltat [6], ezért a felkari artéria elszorítása a mandzsetta által a mutatóujjon mért PPG jel megváltozásához vezet. Az 1. ábra az általunk vizsgált felvételekre jellemző, párhuzamosan rögzített DC-csatolt PPG jelet és CP jelet mutat be.

Az 1. ábrán látható, hogy a mandzsetta felfújása során a PPG jel DC szintje növekszik, majd a MAP közelében a növekvő trend csökkenő trendre vált. A csökkenő trend a leeresztés során ismét a MAP közelében véget ér és a DC szint újra növekedni kezd. Az általunk kidolgozott módszer detektálja a PPG jelben a DC szint trendjének változásához tartozó időpontokat (emelkedésből csökkenésbe váltás a felfújás során, csökkenésből emelkedésbe váltás a leeresztés során). A két időponthoz tartozó mandzsettanyomás tekinthető a MAP becsült értékének felfújás, illetve leeresztés során. Az 1. ábrán az LVAD által keltett mesterséges pulzusok is jól megfigyelhetők a PPG jelben. A mesterséges pulzusokat a pumpa rotorjának 2 másodpercenként bekövetkező, rövid ideig (350 ms) tartó fordulatszámváltozása hozza létre.



1. ábra. Párhuzamosan rögzített DC-csatolt PPG jel (folytonos vonal) és CP jel (pontozott vonal) LVAD által támogatott beteg esetén. A PPG jel trendjének változási időpontjait függőleges szaggatott vonalak jelzik.

A mesterséges pulzusok célja főként a recirkuláció és stasis kialakulás mértékének csökkentése [7]. A HHMD3 felhasználásával méréseket készítettünk a Semmelweis Egyetem Városmajori Szív- és Érgyógyászati Klinikáján gondozott LVAD támogatással élő páciensek közreműködésével. A vizsgált személyek a mérésekhez írásos tájékoztatást követően hozzájárultak. A vizsgálatot a Semmelweis Egyetem Regionális, Intézményi Tudományos és Kutatásetikai Bizottsága engedélyezte (SE RKEB 46/2020).

Eredmények

A Magyarországon jelenleg LVAD támogatással élő emberek száma ötven körül van. A betegek kontroll vizsgálatra néhány hetente, jó állapot esetén 2-3 havonta egyszer járnak. Ennek következtében a jelenleg rendelkezésre álló 16 mérés, bár viszonylag kisszámú adat, már jelentősnek tekinthető. A rendelkezésre álló felvételeken a bemutatott módszerrel megbecsültük a MAP értékeket a mandzsetta felfújása és leeresztése során, valamint minden felvétel esetén a méréssel párhuzamosan Doppler-ultrahangkészülékkel referencia MAP értékeket határoztunk meg. A mérési összeállítást a 2. ábrán látható. Az eredményeket az 1. sz. táblázat mutatja be. Az egyes oszlopok jelentése rendre: páciens azonosító, MAP becslés a PPG jel alapján a mandzsetta felfújása során, ultrahangos készülékkel meghatározott referencia MAP érték a felfújás során, MAP becslés a PPG jel alapján a mandzsetta leeresztése során, ultrahangos készülékkel meghatározott referencia MAP érték a leeresztés során.



2. ábra. Mérési elrendezés: A HHMD3-hoz tartozó EKG elektródok, PPG érzékelő és mandzsetta, továbbá Doppler-ultrahangkészülék.

1. sz. táblázat

Páciens azonosító	MAP, fel, PPG (mmHg)	MAP, fel, UH (mmHg)	MAP, le, PPG (mmHg)	MAP, le, UH (mmHg)
P01	104	92	88	90
P02	113	107	109	108
P03	89	85	86	85
P04	79	72	68	70
P05	105	100	95	95
P06	94	90	91	90
P07	101	90	88	89
P08	107	90	93	92
P09	98	89	80	83
P10	99	95	90	90
P11	93	80	83	78
P12	90	78	78	75
P13	105	103	96	95
P14	96	90	88	85
P15	78	75	72	73
P16	81	83	72	75

Következtetések

A PPG jelben a CP változását kísérő DC szint változás magyarázatára jelenleg a következő hipotézisünk van. A felfújás kezdeti szakaszában először a mandzsettától távoli vénákban szűnik meg az áramlás, hiszen a vénás rendszer nyomása jóval az artériás rendszer nyomása alatt van. Ennek következtében az ujjbegyben növekszik a vérmennyiség. Az ujjbegyben a vérmennyiség növekedése addig folytatódhat, amíg a felkari artéria nem záródik el teljesen. A felkari artéria teljes elzáródását követően már nem áramlik több vér az ujjbegybe, ezért a vérmennyiség az ujjbegyben csökkenni

kezd, egészen addig, amíg a vénás és artériás oldal közti nyomás ki nem egyenlítődik. A leeresztés során a CP csökkenésével újból bekövetkezik, hogy a felkari artéria már nincs teljesen elzárva, a vénák azonban még igen, ezért újból növekedhet az ujjbegyben a vér mennyisége. Hasonló jelenséget írtak le Nitzan és tsai [8].

Az 1. sz. táblázat alapján látható, hogy a mandzsetta felfújása során a bemutatott módszer által meghatározott MAP értékek és a referenciának tekinthető MAP értékek közötti abszolút különbség 9 felvétel esetén meghaladja az 5 mmHg-t, 5 esetben előfordul 10 mmHg fölötti különbség is. A mandzsetta leeresztése során a becsült és referencia MAP értékek abszolút különbsége csak 5 esetben haladja meg a 2 mmHg-t és egy esetben sem haladja meg az 5 mmHg-t. A rendelkezésre álló mérési adatok alapján tehát a bemutatott módszer nagy pontossággal képes a MAP meghatározására a mandzsetta leeresztése során és kisebb pontossággal a felfújás során.

A jövőben célunk a mérési adatok számának növelése, amely lehetővé teszi a bemutatott módszer alaposabb jellemzését, valamint továbbfejlesztését. Tervezzük olyan mérések végrehajtását is, amelyek esetén rendelkezésre áll invazív módon mért referencia vérnyomásjel. További célkitűzésünk az EKG jel által hordozott információ felhasználása a MAP becslése során. Eredményeink hasznos hozzájárulást jelentenek egy automatizált vérnyomásmérési módszer bevezetéséhez, amely LVAD által támogatott betegek számára is alkalmazható, otthoni körülmények között is.

Hivatkozások

- [1] G. Drzewiecki, R. Hood, and H. Apple. "Theory of the Oscillometric Maximum and the Systolic and Diastolic Detection Ratios," *Annals of Biomedical Engineering*, vol. 22, no. 1, pp. 88-96, 1994
- [2] J. Booth. "A short history of blood pressure measurement," *Proceedings of the Royal Society of Medicine*, vol. 70, 1977
- [3] G. S. Stergiou, et al. "Home blood pressure monitoring in the 21st century," *The Journal of Clinical Hypertension*, vol. 20, no. 7, pp. 1116-1121, 2018
- [4] F. Castagna, et al. "The unique blood pressures and pulsatility of LVAD patients: current challenges and future opportunities," *Current Hypertension Reports*, vol. 19, no. 10, pp. 1-7, 2017
- [5] P. Nagy, Á. Jobbágy. "Oscillometric blood pressure measurement using constant cuff pressure intervals," In: *Proceedings of the 25th PhD Mini-Symposium of the Department of Measurement and Information Systems*, pp. 49-52, 2018
- [6] J. Allen. "Photoplethysmography and its application in clinical physiological measurement," *Physiological Measurement*, vol. 28, no. 3, pp. R1, 2007
- [7] L. Wiegmann. "Fluid dynamics in the HeartMate 3: influence of the artificial pulse feature and residual cardiac pulsation," *Artificial Organs*, vol. 43, no. 4, pp. 363-376, 2019
- [8] M. Nitzan, I. Faib, H. Friedman. "Respiration-induced changes in tissue blood volume distal to occluded artery, measured by photoplethysmography," *Journal of Biomedical Optics*, vol. 11, no. 4, pp. 040506, 2006

A kamrai repolarizációs heterogenitás QRST integrál alapú osztályozási lehetőségei végtagi I. elvezetéses EKG mérések alapján

Tuboly Gergely¹, Kozmann György¹

¹Pannon Egyetem, Egészségügyi Informatikai Kutató-Fejlesztő Központ,
tuboly.gergely@virt.uni-pannon.hu, kozmann.gyorgy@virt.uni-pannon.hu
8200 Veszprém, Egyetem utca 10.

Összefoglaló: A hirtelen szívhalál hátterében leggyakrabban a veszélyes kamrai szívritmuszavarok állnak, amelyek bekövetkezésének szükséges feltétele a kamrai szívizomzat kórosan megnövekedett repolarizációs heterogenitása. Előzőleg bemutattuk a végtagi EKG-I elvezetésből számított szív ciklusonkénti QRST integrál paraméterek (átlag és szórás) k-NN osztályozásával kapott eredményeinket. Jelen munkánk célja annak vizsgálata, hogy az egy, illetve két paraméteren alapuló Baves osztályozást alkalmazva hogyan változik a döntés hatékonysága egészséges alanyok és veszélyes aritmiás epizódot igazoltan túlélte betegek esetében. Vizsgálataink során a kétváltozós Baves osztályozással született a legjobb eredmény, ami két osztályos esetben (normál vs. fokozottan veszélyeztetett) csak kismértékben múlta felül a k-NN alapú változat hatékonyságát. Három osztályos (a kóros kardiológiai előéletű, de nem igazolt veszélyes aritmiás betegeket is figyelembe vevő) esetben a kétváltozós Bayes módszer előnyei meggyőzőbbnek bizonyultak.

Bevezető

A szív- és érrendszeri megbetegedések manapság világszerte vezető haláloknak számítanak [1]. A betegcsoporton belül kiemelt jelentőségű a hirtelen szívhalál, amely a kardiovaszkuláris eredetű halálozásoknak megközelítőleg a feléért felelős [2]. A hirtelen szívhalál az esetek mintegy 80%-ában veszélyes kamrai szívritmuszavarok (kamrai tachycardia/kamrafibrilláció – VT/VF) következménye [3], amelyek bekövetkezésének szükséges feltétele a kamrai repolarizációs heterogenitás (KH) megnövekedése a fiziológiás állapothoz képest. Szakirodalmi alátámasztással elmondható, hogy a KH kapcsolatban áll a testfelszíni EKG QRST integráljával [4]. Ezen összefüggés számos hirtelen szívhalál rizikóelemző módszert ihletett, amelyek többségében sokelvezetéses testfelszíni potenciáltérképező rendszerek mérésein alapulnak [5]. Ugyanakkor ezek az eljárások nem alkalmazhatók a társadalom széles rétegei számára elérhető egysatornás mobil EKG rendszerekben.

Előzőleg bemutattuk a végtagi I. elvezetési WIWE mobil EKG rendszerbe integrált veszélyes aritmia rizikóelemző módszerünk teszteredményeit. Ezek az eredmények a szívütésenkénti QRST integrálok átlagának és relatív szórásának figyelembevételével, 3-NN (3 legközelebbi szomszéd – „nearest neighbour”) osztályozással születtek, klinikai környezetben készült WIWE mérések feldolgozásával [6].

Legutóbbi vizsgálataink során arra a kérdésre kerestük a választ, hogy az egy-, illetve kétváltozós Bayes osztályozással milyen mértékben növelhető módszerünk döntési hatékonysága.

Módszer

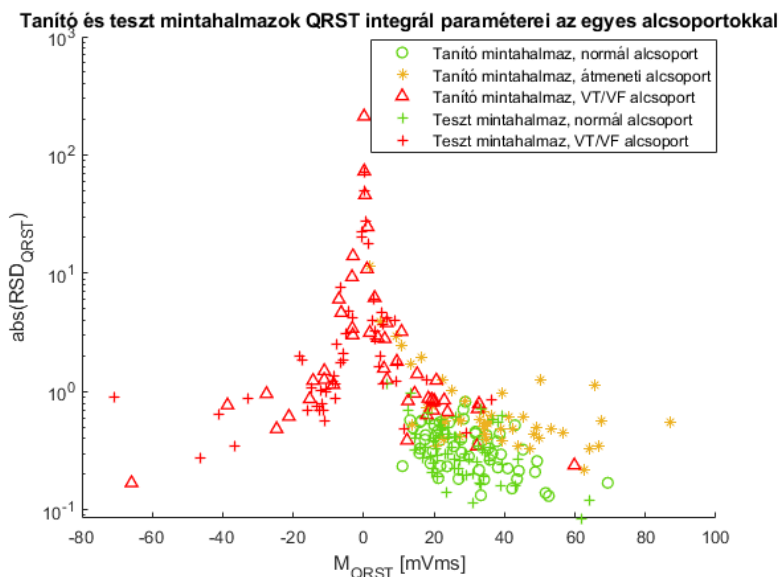
Tanító és teszt mintahalmazok

A tanító mintahalmazt két változatban definiáltuk. Az első verzió (V1) 55 normál alany és 48 veszélyes aritmiát igazoltan elszenvedett szívelégtelen beteg QRST integrál paramétereiből tevődött össze. A második verzió (V2) az előbbi kiegészítése egy átmeneti csoporttal. Utóbbi csoportot olyan – cukorbetegkekből és koszorúérbetegkekből álló – szívbeteg alkották, akiknél igazoltan még nem fordult elő veszélyes kamrai ritmuszavar. A V2 szerinti konfiguráció teljes egészében megfelel az előző munkánk során ismertetett tanító mintahalmazzal, a további részletek a [6] konferenciaközleményünkben tekinthetők meg.

Teszt mintahalmazunk az alábbi alcsoportokból állt:

- Normál csoport: a tanító mintahalmazhoz hasonlóan validáltan egészséges alanyokból álló csoport (esetszám: 63, életkor: 20-35 év, férfiak száma: 33)
- VT/VF csoport: a tanító mintahalmazhoz hasonlóan veszélyes aritmián igazoltan átesett szívelégtelen betegcsoport (esetszám: 52, életkor: 29-77 év, férfiak száma: 41)

Mind a tanító, mind a teszt mintahalmazok 1 perces WIWE mérések feldolgozásával álltak elő, amelyek a Városmajori Szív- és Érgyógyászati Klinikán készültek. A mintahalmazok egyes alcsoportjai az 1. ábrán tekinthetők meg.



1. ábra: A KH-elemzés tanító és teszt mintahalmazának grafikus megjelenítése az egyes alcsoportokkal. A vízszintes és függőleges tengelyeken rendre a szívütésenkénti QRST integrálok átlaga és relatív szórásának abszolút értéke látható.

Az alkalmazott osztályozó eljárások

Módszerünk alapján egy adott EKG mérésből számított KH eredmény egy pontként jelenik meg az 1. ábrán látható koordináta-rendszerben. Az adott pont vízszintes és függőleges koordinátáját rendre a szívütésenkénti QRST integrálok átlaga (M_{QRST}) és relatív szórása (RSD_{QRST}) határozza meg. A 3-NN alapú KH-elemzést úgy végezzük, hogy egy új (teszt) eset pontját a tanító mintahalmaz pontjaihoz viszonyítjuk, és vizsgáljuk a három legközelebb eső pontot. Amennyiben a három szomszédos pont közül legalább kettő a tanító mintahalmaz normál alcsoportjának eleme, a teszt esetet a normál csoportba soroljuk. Hasonlóan legalább két VT/VF szomszéd esetén a döntés eredménye VT/VF, minden egyéb esetben az átmeneti csoportba soroljuk a mérést.

A 3-NN klasszifikáláson túlmenően megvizsgáltuk az egy-, illetve kétváltozós Bayes-féle osztályozás hatékonyságát is. Egyváltozós esetben az elemzést külön-külön elvégeztük az M_{QRST} és RSD_{QRST} paraméterekre, a becsült egydimenziós feltételes sűrűségfüggvények alapján. A kétváltozós

osztályozást a két paraméter egyidejű figyelembevételével valósítottuk meg, ez esetben kétdimenziós feltételes sűrűségfüggvényekből indultunk ki. Mind az egy-, mind pedig a kétdimenziós esetben a Parzen-Rosenblatt-féle magfüggvényes becsléssel közelítettük a feltételes sűrűségfüggvényeket.

Eredmények és következtetések

1. sz. táblázat: A KH-elemzés döntési hatékonysága (százalékban) a normál és VT/VF tesztalmazokon, különböző osztályozási konfigurációkkal.

	V1 (átmeneti tanító mintahalmaz nélkül)				V2 (átmeneti tanító mintahalmazzal)			
	3-NN	1D Bayes M_{QRST}	1D Bayes RSD_{QRST}	2D Bayes	3-NN	1D Bayes M_{QRST}	1D Bayes RSD_{QRST}	2D Bayes
Normál	93,65	95,24	93,65	96,83	80,95	77,78	68,25	88,89
VT/VF	96,15	94,23	88,46	96,15	94,23	94,23	78,85	94,23

Az 1. Tábl. alapján látható, hogy mind a V1, mind pedig a V2 esetében a kétváltozós Bayes osztályozás került ki győztesen. Ugyanakkor nem sokkal marad el tőle a 3-NN, amely mindkét tanító mintahalmaz esetén a kétváltozós Bayes módszerrel megegyezően osztályozta a VT/VF eseteket, eltérés csupán a normál klasszifikálásban jelentkezett. Ez a különbség a V1 esetében nem jelentős (~3%), de a V2 vonatkozásában sem kifejezetten nagy (<8%). Megjegyezzük, hogy jelen vizsgálataink során a különböző alcsoportokra vonatkozóan következetesen megegyező a priori valószínűséggel számoltunk, így az osztályozás hatékonysága tovább javítható egyéb paraméterek (például életkor, nem) figyelembevételével.

Összességében elmondható, hogy egycsatornás EKG mérések alapján a KH jellemzésére a 3-NN módszer jól alkalmazható, de a kétváltozós Bayes döntéssel a hatékonyság tovább növelhető.

Köszönetnyilvánítás

Az elvégzett munka az EFOP-3.6.1-16-2016-00015 projekt támogatásával valósult meg.

Hivatkozások

- [1] G. A. Roth et al. “Global, regional, and national age-sex-specific mortality for 282 causes of death in 195 countries and territories, 1980–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017,” *The Lancet*, vol. 392, pp. 1736-1788, 2018.
- [2] C. X. Wong et al. “Epidemiology of sudden cardiac death: global and regional perspectives,” *Heart, Lung and Circulation*, vol. 28, pp. 6-14, 2019.
- [3] H. Lee et al. “Prediction of ventricular tachycardia one hour before occurrence using artificial neural networks,” *Scientific reports*, vol. 6, pp. 1-7, 2016.
- [4] D. B. Geselowitz, “The ventricular gradient revisited: relation to the area under the action potential,” *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 30, pp. 76-77, 1983.
- [5] G. Kozmann, K. Haraszti, and I. Préda, “Beat-to-beat interplay of heart rate, ventricular depolarization, and repolarization,” *Journal of electrocardiology*, vol. 43, pp. 15-24, 2010.
- [6] G. Tuboly, G. Kozmann, O. Kiss, and B. Merkely, “Hirtelen szívhalál rizikóbecslés egyvezetéses mobil EKG mérés alapján,” in *Orvosi Informatika 2020. – A XXXIII. Neumann Kollokvium konferenciakiadványa*, Szeged, 2020, pp. 18-21, (in Hungarian)

Improved insulin sensitivity prediction method using sex information of the patients

Bálint Szabó¹, Ákos Szlávecz², Béla Paláncz³, Geoffrey Chase⁴,
Balázs Benyó⁵

¹Budapest University of Technology and Economics, Budapest, Hungary,
bszabo@iit.bme.hu

²Budapest University of Technology and Economics, Budapest, Hungary,
szlavec@iit.bme.hu

³Budapest University of Technology and Economics, Budapest, Hungary,
palancz.bela@emk.bme.hu

⁴University of Canterbury, Christchurch, New Zealand,
geoff.chase@canterbury.ac.nz

⁵Budapest University of Technology and Economics, Budapest, Hungary,
bbenyo@iit.bme.hu

Abstract: Tight Glycaemic Control (TGC), controlling the insulin and nutrition intake of the patients, plays an essential role in intensive care treatment as it can significantly reduce the morbidity and mortality rate. Therefore, there is a need for precise, effective, and most importantly, safe clinical TGC protocols in the ICU environment. The most promising control protocol in this field is the so-called STAR (Stochastic TARgeted) protocol that uses the ICING (Intensive Care INSulin Glucose) metabolic model and a stochastic prediction system to predict the patient's state and recommend treatment options. In our previous research, we enhanced the performance of the prediction system by using artificial intelligence based methods in the prediction. These neural network based methods produced at least as good results as the currently used method. Lately, we have created dedicated models based on the patient's sex. However, these sex-specific models did not improve the prediction system significantly. In the current paper, we applied another approach allowing us to use the entire data set in the network training. Instead of creating separate models, we developed models that use the patient's sex as an additional input parameter. For each method, we created sex-specific and non-sex-specific models and compared them with each other. The models were trained on 62433 blood glucose measurement data points. The clinical performance of the STAR protocol using the proposed prediction methods is evaluated by in-silico validation using 122 patients different than the ones used in the training phase. The modified models improved the prediction performance.

Introduction

Applying tight glycaemic control (TGC) is an essential treatment in intensive care therapy to avoid stress-induced hyperglycemia, resulting in clinical benefits. The STAR (Stochastic-TARgeted) [8] protocol is a model-based TGC protocol successfully implementing safe and efficient patient treatment. It uses the ICING model to describe the metabolic dynamics of the patients and a prediction system to manage patient-specific metabolic variability. Most of the ICING model parameters are fixed constants in the STAR protocol, except the insulin sensitivity (SI) used as the patient's state descriptor. Our previous research successfully created novel neural network-based methods to predict the 90% confidence interval of the future SI value by using different input parameter construction [1, 5]. Recently we created models that use the sex of the patient [6] to make the prediction more patient-specific.

Methods

In our previous paper [2], we trained separate networks on the filtered dataset by the sex of the patients from who the data points came. In this paper, we used sex-based information as an input parameter. Therefore, the models could be trained on the whole SI dataset, consisting of 62433 data points from 354 different patients from three different ICU settings.

We created models with two different architectures, and for each architecture, we analyzed three different parameter construction. We refer to these models by a dimension number representing how many parameters were used in the prediction [1, 5] except the sex-specific one used by all the specific models. The 1D models use only $SI(t)$ to predict $SI(t+1)$. The 2D models use the additional $SI(t-1)$ parameter, and the 5D ones even add the current BG, insulin intake, and nutrition intake.

CDN network

The Classification Deep Network method – suggested by us in Benyó et al. in [3] – uses multi-class classification to predict the confidence interval of $SI(t+1)$. The $SI(t+1)$ domain was separated into disjunct intervals, and the data points were labeled with the number of the subinterval containing the $SI(t+1)$ value of the data point. The values of the softmax output layer of the network assign a probability for each subinterval that means the probability of containing the $SI(t+1)$ value. This histogram can be interpreted as a discrete distribution of the $SI(t+1)$ value. Thus, the confidence interval can

be calculated by combining the probable subintervals. For this combination a normal fitting can be used by calculating the mean and standard deviation of the histogram.

MDN network

The Mixture Density Network [4] is a method to approximate a conditional distribution. The network approximates the distribution with a Gaussian mixture distribution. Therefore, its output consists of the parameters of each sub-distribution such as means, deviation, and weights. The number of the distributions that build up the mixture can be specified as the hyperparameter of the method.

This method also requires a post-processing step to calculate the confidence interval. Endpoints of the interval are calculated by numerical inversion on the cumulative density function of the network output. More details of the applied MDN network can be found by Benyó et al. in [3].

In-silico validation

To evaluate the newly developed models by the clinical aspects, we used the in-silico validation [7]. This validation method uses historical patient data to create virtual patients to simulate the recommended treatments of the protocol on them. The outputs of the validation are different statistics about the treatments for each model variant.

Results

The in-silico validation provides a quantitative comparison of the protocols from safety and performance aspects. The differences from the aspect of safety were more significant in our case; therefore here we present the safety related results. Table 1 compares the protocols from the aspect of safety described by the number of treatment episodes (NOE) inside the hypoglycaemic regions and the relative time spent in the hyperglycaemic region. Using Table 1, the safety of different sex-specific and non-sex-specific model variants can be analyzed and compared. In the comparison the priority is the number of episodes below 2.2 mmol/L. These are the dangerous hypoglycaemic events that can cause severe symptoms in a relative short period of time. Therefore the lower number of episodes is better. After that comes the number of episodes below 4.0 mmol/L. These hypoglycaemic events come with a high risk of further decrement therefore they are also a matter of avoidance. Lastly, the relative time spent above 10 mmol/L is also a safety concern. Lower values are preferred.

Table 1: Number of episodes (NOE) inside the hypoglycaemic regions and relative time spent in the hyperglycemic region by the different sex-specific and non-sex-specific model variants

Model	NOE < 2.2 mmol/L	NOE < 4.0 mmol/L	RT > 10.0 mmol/L
Star Old	9	105	3,753981496
CDN - 1D - all	4	83	3,890991673
CDN - 1D - sex-specific	6	93	4,348482561
CDN - 2D - all	5	88	3,776149838
CDN - 2D - sex-specific	5	99	4,091555509
CDN - 5D - all	4	101	3,860830527
CDN - 5D - sex-specific	3	95	3,797282409
MDN - 1D - all	5	101	3,787420623
MDN - 1D - sex-specific	8	111	3,662480259
MDN - 2D - all	8	116	3,709052216
MDN - 2D - sex-specific	6	117	3,736113225
MDN - 5D - all	5	119	3,613739662
MDN - 5D - sex-specific	9	140	3,595186486

Table 2: Number of episodes inside the hypoglycemic regions and relative time spent in the hyperglycemic region by our current and previously defined sex-specific model variants

Model	NOE < 2.2 mmol/L	NOE < 4.0 mmol/L	RT > 10.0 mmol/L
Star Old	9	105	3,753981496
CDN - 1D - previous	8	92	3,822847311
CDN - 1D - sex-specific	6	93	4,348482561
CDN - 2D - previous	4	105	3,970186702
CDN - 2D - sex-specific	5	99	4,091555509
CDN - 5D - previous	4	99	4,05767698
CDN - 5D - sex-specific	3	95	3,797282409
MDN - 1D - previous	7	106	3,786795152
MDN - 1D - sex-specific	8	111	3,662480259
MDN - 2D - previous	7	125	3,661378844
MDN - 2D - sex-specific	6	117	3,736113225
MDN - 5D - previous	5	110	3,549258745
MDN - 5D - sex-specific	9	140	3,595186486

Discussion

By analyzing the *in silico* validation results, we found most of the newly developed models are at least as good as the already used method of the STAR protocol. In Table 1, it can be seen that the 1D non-sex-specific MDN model reduced the number of BG events below 2.2 mmol/L from 9 to 5, and the events below 4.0 from 105 to 101 with an insignificant increase (from 3.75% to 3.79%) in the number of events above 10 mmol/L. From this safety aspect, the 1D non-sex-specific variant is the best performant among the MDN models. In the CDN case, the 5D sex-specific variant can even reduce these numbers to 3 and 95 with an insignificant increment in the number of hypoglycaemic events (from 3.75% to 3.80% [1]). The better-performing models can also reduce insulin usage and increase nutrition intake, especially the CDN models. The newly developed models make a significant change in the BG distribution. The BG values from the 4.4-6.5 region increased into the 6.5-8.0 region. From the clinical aspect, this change does not involve additional risk in the usage of the protocol, but the decreased number of hypoglycaemic events makes it safer and more preferred.

By comparing the sex-specific and non-sex-specific models with each other, we concluded that involving the sex-based information in the prediction can improve the performance. Still, it is unclear what conditions have to meet for the improvement to occur. In the MDN case, the sex-specific variant of the 1D model increased the number of hypoglycaemic events from 5/101 to 8/111 and so reduced its safety. This increment also holds for the 5D model variant that increased the numbers from 5/119 to 9/140. This means that this model variant is less safe than the currently used method. In the case of the 2D MDN model, the sex-specific version was slightly enhanced by the sex-based information; the numbers decreased from 8/116 to 6/116. In the CDN case, additional parameters decreased the performance from the safety aspect of the 1D and 2D prediction. In the 1D model, the numbers increased from 4/83 to 6/93 and in the 2D model from 5/88 to 5/99. In the 5D case, the safety improved, and the number of events decreased from 4/101 to 3/95, which makes this model the best performant from this aspect among the novel NN based models. Because of this inconsistency, further analysis is required to determine what architectural and training parameters lead to enhanced performance by the sex-based parameter.

And lastly, the newly developed sex-specific models were compared with the ones that used the sex-specific information as creating separate models (Table 2). In the MDN case, the 1D and 5D were decreased in safety while

the safety of the 2D model increased by using the sex-based information as an input parameter. One can also notice that these cases are the same as when the models were compared to the non-sex-specific variants. Thus, we can say that using the information as a parameter enhances the effect of the sex-specificity in the MDN case. In the CDN case, both the 1D and 5D models have increased safety by the novel approach. Thus far, the newly developed 5D sex-specific CDN model showed the best results from the clinical aspects. Therefore, we think the involvement of sex-based information is a walkable path to improve the predictive performance, but further analysis is required to determine which parameters result in increased safety.

Conclusion

In this paper, we analyzed the results of our newly developed neural network based SI prediction methods. These networks include the sex of the patient as an additional parameter for the prediction. We compared the new models with each other, with the non-sex-specific variants, with the currently used method, and with the previously published sex-specific models. The results showed that most of the newly developed models perform at least as well as the presently used method in the matter of safety. We saw that the additional parameter could enhance the safety of the protocol in several cases. Also, using the information as a parameter instead of creating separate networks based on them can increase the effectiveness of the involvement. In the future, it would be beneficial to test multiple network architectures and training parameters to determine the connection between them and the effect of sex-based parameter involvement.

References

- [1] B. C. G. & B. B. (. . Szabó, Higher Dimensional Insulin Sensitivity Prediction in Intensive Care, Budapest: In 2021 IEEE 25th International Conference on Intelligent Engineering Systems (INES). IEEE., 2021, July, pp. pp. 000151-000158.
- [2] B. S. Á. P. B. C. J. G. & B. B. Szabó, „Behavior Analysis of Gender based Cohorts Using the Toolset of Artificial Intelligence Based Insulin Sensitivity Prediction Methods,” in *11th IFAC Symposium on Biological and Medical Systems*, Gent, 2021.
- [3] B. P. B. S. Á. S. B. A. Y. K. K. & C. J. G. Benyó, „Artificial Intelligence Based Insulin Sensitivity Prediction for Personalized Glycaemic Control in Intensive Care, pp. 16335-16340., 2020.
- [4] C. M. Bishop, „Mixture density networks,” 1994. [Online]. Available: <https://microsoft.com/en-us/research/publication/mixture-density-networks>.
- [5] V. K. J. L. S. K. W. D. T. B. B. S.-N. N. C. J. G. Uyttendaele, „A 3D insulin sensitivity prediction model enables more patient-specific prediction and model-based glycaemic control,” *Biomedical Signal Processing and Control*, pp. 192-200., 2018.

- [6] V. C. J. G. K. J. L. G. R. S. G. M. & D. T. Uyttendaele, „Insulin sensitivity in critically ill patients: are women more insulin resistant?,” *Annals of Intensive Care*, pp. 1-14, 2021.
- [7] J. S. F. P. S. Chase, „Validation of a model-based virtual trials method for tight glycemic control in intensive care.,” *BioMed Eng OnLine* 9, 84, 2010.
- [8] A. L. C. A. T. C. W. L. S. J. P. C. P. S. S. F. S. G. D. T. a. C. J. Evans, „Stochastic Targeted (STAR) Glycemic Control: Design, Safety, and Performance,” *Journal of Diabetes Science and Technology* 6(1), pp. 102-115., 2012..

Geometric modelling and co-registration based approach for defining multiple patient parameters in medical diagnostics

Bazsó Sándor¹, Viola Árpád², Hajdu Angéla³, Benyó Balázs¹

¹ Budapest University of Technology and Economics, Budapest, Hungary,
{bazso, bbenyo}@iit.bme.hu
1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3.

² Péterfy Hospital and Jenő Manner National Institute of Traumatology,
Budapest, Hungary, viola.arpad@baleseti.hu
1081 Budapest, Fiumei út 17.

³ Hungarian Army and Medical Center, Budapest, Hungary,
hajdu.angela@hm.gov.hu
1134 Budapest, Róbert Károly körút 44.

Abstract: Organ segmentation as a part of the patient-specific diagnostic parameter definition is a typical prerequisite in several fields of medical diagnostics, such as orthopedics, neurosurgery, or pulmonary diagnostics. Our research goal was to develop a quick and robust segmentation method that is accurate enough to allow organ segmentation based definition of patient-specific medical diagnostic parameters. A parameterized geometric model of the segmented organ is defined that can be co-registered with the 3D image of the organ by adjusting the model parameters. To simplify the creation of human organ models, a set of so-called basic building blocks of geometric models are defined that could be used to construct parametric models of different human organs quickly. Using these building blocks, parametric models of various human organs, such as vertebral body, lung, tooth canal, etc., are created and used to segment the corresponding human organ. Two benchmark diagnostic problems were selected to validate the proposed modelling and segmentation approach. The vertebral body validation data set contains 20 vertebral bodies provided by medical experts from the University of Ljubljana [1] [2]. In the validation trial the achieved Dice coefficient was $91.9 \pm 2.54\%$, the Hausdorff metrics was $2.28 \pm 0.67\text{mm}$.

The validation data set of the lung model contained ten segmented lungs. The achieved Dice coefficient in the validation study was $93.4 \pm 0.97\%$.

The applicability of the models for diagnostics is approved by a pilot clinical study processing 39 patients' lumbar section of the spinal column. Several diagnostic parameters commonly used in orthopedics are extracted and analysed from various aspects.

Introduction

Organ segmentation as a part of the patient-specific diagnostic parameter definition is a typical prerequisite in several fields of medical diagnostics, such as orthopedics, neurosurgery, or pulmonary diagnostics. The commonly applied manual segmentation provides a relatively accurate result, but the manual process is time-consuming [3]. An alternative approach is using image processing methods to obtain the segmentation [4]. However, these methods are often inaccurate and generally sensitive to pathological abnormalities or patient-specific deviations from the common cases. Thus, frequently manual correction of these models is necessary that is cumbersome again.

Our research goal was to develop a quick and robust segmentation method that is accurate enough to allow organ segmentation based definition of patient-specific medical diagnostic parameters. The basic idea of the proposed segmentation method is motivated by our previous works [5] [6]. A parameterized geometric model of the segmented organ is defined that can be co-registered with the 3D image of the organ by adjusting the model parameters. To simplify the creation of human organ models, a set of so-called basic building blocks of geometric models are defined that could be used to build parametric models of different human organs quickly. Using these building blocks, parametric models of various human organs, such as vertebral body, lung, tooth canal, etc. are created and used to segment the corresponding human organ.

Two benchmark diagnostic problems were selected to validate the proposed modelling and segmentation approach. The vertebral body validation data set contains 20 vertebral bodies provided by medical experts from the University of Ljubljana [1] [2].

The paper introduces the proposed general concept, the concrete geometric models of human organs, the validation process using real patient data, and the application of the models for the definition of the human diagnostic parameters.

Fitting Process Method

The proposed geometric model construction is built on anatomical landmark definition. Identifying anatomical landmarks in medical diagnostics is a common practice and used in the daily routine of medical experts. Using these anatomical landmarks to define the geometric model of the organs is a logical, straightforward extension of the diagnostic process. This approach allows us to optimise the geometrical model for the segmentation process, by making it easy and time-efficient to co-register the model with the patient's 3D image.

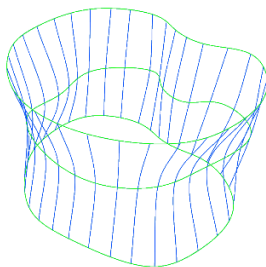


Fig. 1 Az example for the generated geometric model

A typical example for a geometric model of a human organ is shown in Fig. 1 where we can see a vertebral body model. The surface of the model is defined by mathematical curves. In this example, B-splines form the outline of the given organ in horizontal planes (marked with green colour in Fig. 1), while Catmull-Rom splines describe the surface of the given organ (marked with blue colour in Fig. 1). Altogether, the vertebral body model in Fig. 1 consists of three horizontal planes (3 B-splines) and 32 Catmull-Rom splines.

The workflow of the model fitting process is presented in . The first two steps require manual input from the medical professional, while the rest is automatically executed. After loading the 3D medical image (CT or MRI), the user moves and rotates it to line up the axial view with the desired plane of the anatomical structure being modelled.

In the second step (see), the medical professional marks the outline of the organ. To achieve this, there are several building blocks are available for the user:

- Simple curve representing the outline of the given organ defined by equally important marker points.

- Simple curve representing the outline of the given organ defined by important and non-important marker points. (Important markers are approximated with significantly less error when the B-spline curve is fitted.)
- Two curves for the modelling of hollow structures. One represents the outer contour and one the inner contour of the organ. The two curves could be any type of the above mentioned ones.

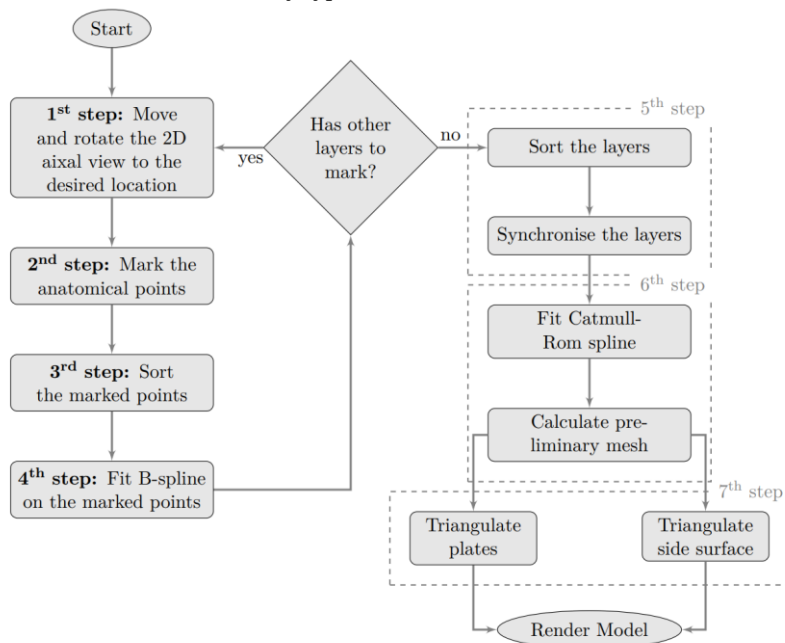


Fig. 2 The proposed process of organ segmentation using geometric model fitting

The subsequent processing steps after step 2 are executed automatically. The purpose of these actions is to create a precise geometrical model with as few as possible marked anatomical points. The reduction of the number of marked anatomical points, i.e., the reduction of user interaction will accelerate the whole model fitting process.

In each layer the marked anatomical points must be sorted into the desired sequence. This process is necessary because the modelling framework allows the user to mark the anatomical points in an arbitrary order. This provides

greater flexibility when the model fitting is done, since it is possible to insert a marker later to refine the model. This sorting is done in the 3rd step.

In the 4th step a closed B-spline is fitted on the given landmarks. The fitted spline is a 3rd degree B-spline. The algorithm was designed to support the building blocks. This is achieved by distinguishing so-called important and non-important landmarks. The significant ones are approximated by the B-spline with significantly less error than the ordinary ones.

In the next step, to connect the different layers with Catmull-Rom spline it is necessary to properly order them. The order of the planes in the manual processing part can be arbitrary. This allows a later refinement of the model by inserting a layer where necessary. The synchronisation is done by slicing the curves with planes and calculating the intersection point with that plane.

In the 6th step using these synchronisation markers the Catmull-Rom splines are fitted to form the surface of the model. In the last step these Catmull-Rom splines are sampled, and a triangular mesh fitted to visualize the result.

Details of the algorithms used in the above processing steps are given in [7].

Results and Discussion

To validate our modelling approach, we selected two datasets and segmented the given human organs:

- Vertebral body of the lumbar segment of the spinal column (University of Ljubljana, Faculty of Electrical Engineering, Laboratory of Imaging Technologies [1] [2])
- Lung (2017 Lung CT Segmentation Challenge Database [8] [9] [10])

We modelled 20 vertebral bodies from the first database and 10 lungs from the second dataset. In the validation process we calculated Dice coefficient - measuring the overlapping between two volumes- by comparing our model

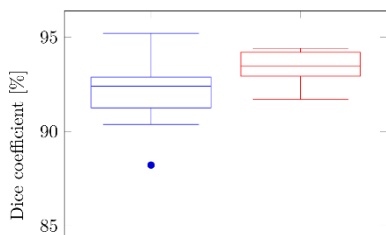


Fig. 3 Box plot of the Dice coefficients

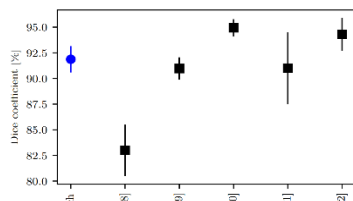


Fig. 4 Dice coefficient comparison with results published by other authors (vertebral body)

with the reference mask available in the datasets. Dice coefficient reached an average of $91.9 \pm 2.54\%$ for the vertebral body and $93.4 \pm 0.97\%$ for the lung model. In addition, we evaluated Hausdorff distance - quantifying the accuracy of surface segmentation - for the vertebral body model, achieving 2.28 ± 0.67 mm on the 95% of the points.

The precision of the model is found to be accurate compared to results published in papers dealing with similar problems. *Fig. 3* shows the achieved Dice coefficient. *Fig. 4* presents the Dice coefficient with the vertebral body model along with publication in this field, however, those results cannot be directly compared with this research, since our goal was to provide an easy-to-use geometrical model which can be defined by limited number of markers. On the other hand, most of the paper's goal in this field is to model as precisely as possible the organ.

To validate our model for clinical applications we performed a small study on a database containing 39 patients' [11] records. In this study we measured angles of the spinal column commonly used in orthopaedic practice using our model and medical systems for clinical applications (shown on *Fig. 5*).

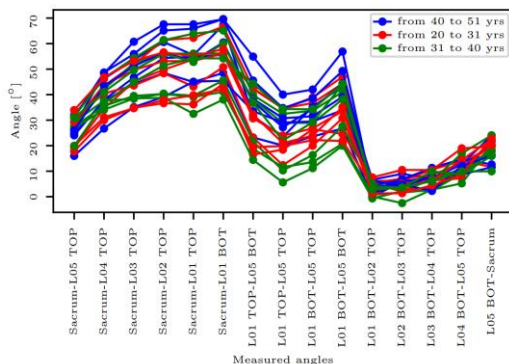


Fig. 5 Angle measurements in the 39 patients

Conclusion

In the presented research, building blocks for geometric models of human organs are defined making it possible to easily create different organ models with associated processing and optimisation. The organ models defined by the proposed modelling approach enable rapid segmentation of organs and automatic creation of medical diagnostic parameters.

Due to the structure of the model, it is easier to model rotational symmetric organs, -such as vertebral body, kidney, tooth canal, etc-. As an additional limitation of the modelling approach the necessary number of landmark points and sampling planes would increase when modelling anatomical structures with complex surfaces and lot of features. Such organ would be the brain, vertebral processes, and so on.

As a subsequent step of the research additional organ models will be defined and analysed in clinical segmentation studies.

Bibliography

- [1] B. Ibragimov, B. Likar, F. Pernus and T. Vrtovec, "Shape Representation for Efficient Landmark-Based Segmentation in 3-D," *Medical Imaging, IEEE Transactions on*, pp. 861-874, 2014.
- [2] R. Korez, B. Ibragimov, B. Likar, F. Pernus and T. Vrtovec, "A Framework for Automated Spine and Vertebrae Interpolation-Based Detection and Model-Based Segmentation," *IEEE transactions on medical imaging*, 2015.
- [3] M. & M. K. Mateusiak, "Semi-automatic spine segmentation method of CT data.," *International Conference Mechatronics*, pp. 29-35, 2019.
- [4] A. Sekuboyina, M. E. Hussein, A. Bayat, M. Löffler and H. L. et.al., "VerSe: A Vertebrae labelling and segmentation benchmark for multi-detector CT images," *Medical Image Analysis*, vol. 73, 2021.
- [5] S. Bazso, A. Viola, A. Szlavecz and B. Benyo, "General geometrical model of the human vertebral body," *A XXXIII. Neumann Kollokvium konferencia-kiadványa Szeged, Magyarország : Neumann Janos Szamitogep-tudományi Tarsasag (NJSZT)*, Vols. 137-143, p. 8, 2020.
- [6] S. Bazso, "Geometric modelling of the human vertebral body for diagnostics purposes," *BME-VIK Scientific Students' Association Report*, 2020.
- [7] S. Bazso and D. Fintha, "Geometric model and co-registration based approach for defining multiple patient diagnostic parameters," *BME-VIK Scientific Students' Association Report*, 2021.
- [8] K. Clark, B. Vendt, K. Smith, J. Freymann, J. Kirby and et.al., "The Cancer Imaging Archive (TCIA): Maintaining and Operating a Public Information Repository," *Journal of Digital Imaging*, pp. 1045-1057, 2013.
- [9] "Autosegmentation for thoracic radiation treatment planning: A grand challenge at AAPM," *Med Phys*, pp. 4568--4581, 2018.
- [10] "Cancer Image Archive," [Online]. Available: <https://wiki.cancerimagingarchive.net/display/Public/Lung+CT+Segmentation+Challenge+2017#ui-tabs-responsive-trigger-0>. [Accessed 26 11 2021].
- [11] S. Bazsó, Á. Viola and B. I. Benyó, "Human Spinal Column Diagnostic Parameter Identification Using Geometrical Model of the Vertebral Body," *IFAC-PapersOnLine*, pp. 454-459, 2021.

Towards a High-Performance Independent Component Analysis Implementation on GPUs

Zeyu Wang, Gyorgy Kozmann, Zoltan Juhasz

Department of Electrical Engineering and Information Systems
Univesity of Pannonia, {zeyu.wang, juhasz, kozmann}@virt.uni-pannon.hu
8200 Veszprém, Egyetem u. 10.

Abstract: Independent Component Analysis is an indispensable tool in modern EEG signal processing with high computational cost. In theory, parallel computing can help in reducing the execution time of the algorithm. In this paper, we evaluate the performance of an existing GPU ICA implementation and propose modifications to improve performance.

Introduction

Electroencephalography (EEG) allows us to measure the bioelectric activity of the brain using non-invasive scalp electrodes at millisecond time resolution. This property made it a fundamental tool in neuroscience research. The EEG signal, however, has very small amplitude and is frequently contaminated with noise and unwanted artifacts, such as power line noise, eye movement or blinks, muscle noise or heart/pulse artifacts. These artifacts must be removed before further analysis to obtain reliable results.

The de facto standard method for artifact removal is based on Independent Component Analysis (ICA), which is able to decompose the measured contaminated (mixed) signal into statistically independent source components. EEG signals are a linear mixture of spontaneous neural signals and artifact signals, and studies have shown that ICA can separate neural signals from artifacts. There are several variants of ICA, such as FastICA, Infomax ICA, SOBI, JADE, and AMICA, but for human EEG signals, Infomax ICA is considered as the best choice. [1]

One major disadvantage of the ICA algorithms is their high computational cost. Performing an ICA step for a high-density EEG recording can easily take an hour or more. For large studies, execution running for days is not uncommon. Parallel computing can help in reducing the execution time, and several ICA implementation have been developed for CPU [2,3] and GPU systems [4-8]. Interestingly, only one GPU implementation is known for the Infomax ICA algorithm by Raimondo [9], developed about a decade ago. Since then, GPU hardware and software technology have developed at an unprecedented pace. The goal of our work is to develop a new, high-

performance Infomax ICA implementation utilising all features of modern GPU architectures. In this work-in-progress paper, we analyse the performance of the original CUDAICA [9] implementation to identify performance bottlenecks, and highlight opportunities for performance improvement and present preliminary performance results.

Methods

The Infomax ICA algorithm

The mathematical description of ICA is as follows. Assuming an unknown source signal vector $s(t)$ and an unknown mixing matrix A , the signal $x(t)$ measured by the electrodes can be expressed as

$$x(t) = As(t)$$

Our goal is to determine the original, unknown source signal $s(t)$ from $x(t)$ using the inverse of matrix A , $W = A^{-1}$. The ICA algorithm is used to compute the unmixing matrix W to determine the estimate $y(t)$ of the source signal $s(t)$ as

$$y(t) = Wx(t) = WAs(t)$$

To determine whether the calculated components are statistically independent, three commonly used criteria can be used based on: maximum non-Gaussianity, minimum mutual information, and maximum likelihood estimation. In this paper, the minimum mutual information method (Infomax ICA) is used. Mutual information is defined as

$$I(X; Y) = H(X) - H(X|Y)$$

where $H(X|Y)$ represents the conditional entropy, defined as follows

$$H(X|Y) = H(X, Y) - H(Y)$$

where $H(X, Y)$ is the joint entropy of X and Y , and the calculation formula for the entropy of a given variable and the joint entropy of two variables is defined as follows:

$$H(X) = - \sum_x P(x) \log P(x)$$

$$H(X, Y) = - \sum_{x,y} P(x, y) \log P(x, y)$$

where $P(x)$ is the probability distribution function of variable X . The process of minimizing the mutual entropy of X and Y means that the uncertainty of X is continuously reduced after Y is observed. The ICA algorithm based on the minimum mutual information method is called Infomax ICA, which was proposed by Bell and Sejnowski [9]. The pseudocode of the computational algorithm of Infomax ICA is as follows.

```

1. Initialize  $W(0)$ 
2. while (not converged and  $t < \text{limit}$ )
    2.1  $Y = \text{permutate}(X)$ 
    2.2 for each block  $B$  in signal  $Y$ 
        2.2.1  $U = WY + \text{bias}$  // Step 1
        2.2.2  $Y = \tanh(U)$  // Step 1
        2.2.3  $W^* = W + \eta(I - YU^T - UU^T)W$  // Steps 2, 3
        2.2.4 update bias // Step 4
    end for
end while

```

In the pseudocode above, W is the weight matrix and η represents the learning rate. A high learning rate may accelerate the iterative process, but it may cause non-convergence. A lower learning rate helps convergence but requires more iterations and spend more time. I and Y represent the identity matrix and the observed signal, respectively. The non-linear function $\tanh(Y)$ is used for signals with super-Gaussian distributions, while $Y - \tanh(Y)$ is used for sub-Gaussian ones.

Data and hardware description

As a baseline, we executed the EEGLAB [10] Infomax ICA implementation ‘runica’ using an EEG datafile containing 128 channels of 524 second measurements. Sampling frequency was 2048 Hz, hence the input data set was a 128×1073152 matrix. The computer used in the measurements hosted an Intel i7-9700k CPU (8 cores, 3.60 GHz base frequency, 4.90 GHz turbo frequency) and an Nvidia TITAN Xp GPU card (3840 CUDA cores, 1.58 GHz, Pascal architecture, 12 GB memory). CUDA version 10.2 was used for the GPU program development.

Evaluation steps

To establish a baseline for the performance comparisons, first we run the EEGLAB runica.m MATLAB implementation on different size input data sets. This allowed us to examine the dependency of execution time on both sample size and electrode count.

Following the EEGLAB test runs, we ported the CUDAICA implementation – developed originally for Linux – to Windows. This involved several modifications in the code, and extensive numerical testing to validate the correctness of the GPU version. The execution time of the

GPU version was tested with the same input file to establish runtime and speedup figures.

The measurements were followed by detailed performance profiling steps to identify performance overheads in the program code, and sections with potentially inefficient implementation.

Results

Figure 1 shows the plot of the EEGLAB ICA execution times for different data set sizes. The figure also includes the GPU runtime results of the original CUDAICA implementation for the 128-channel case. The speedup of the GPU version varies between 15.8x and 20.5x with higher values for increasing sample sizes.

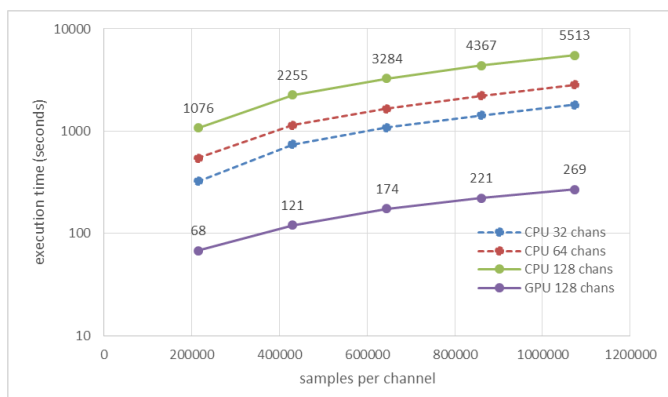


Figure 1. Execution time of Matlab (CPU) and CUDA (GPU) implementations of the Infomax ICA algorithm.

Performance bottleneck analysis

Figure 2 shows a section of the execution timeline of the GPU ICA implementation. It is clear that the utilization of the GPU device is low (row: Device %), as computing shows a burst execution pattern with intensive calculations (Step 1-4, see details in Figure 3) followed by long idle periods. This is the result of lengthy data transfer operations between the GPU device and the host computer in each iteration step, which are depicted in Figure 3 as blue rectangles (row: Runtime API) with the label `cudaMemcpyFromSymbolAsync`. Utilising the multi-stream execution model and overlapping data transfer and computation, the idle time can be greatly reduced.

Further examination of the CUDA source code shed light to several implementation deficiencies. We only list the most important ones here. In code section Step 1 and 3, matrix-matrix multiplications are implemented in a naïve fashion where each thread executes the innermost loop of the matrix multiplication. This results in successive redundant global memory load operations and does not take advantage of efficient block-oriented algorithms that reduce the number of required load operations and run from the much faster on-chip shared memory.

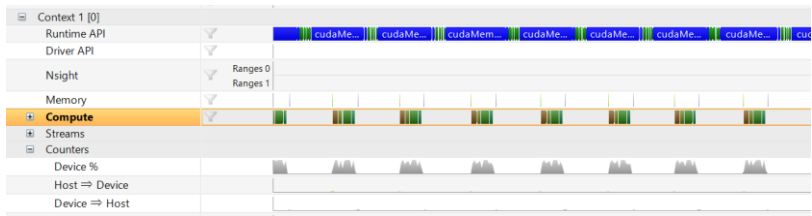


Figure 2. Timeline of the CUDAICA execution profile showing excessive idle periods during execution.

In other parts (Step 2 and probability density function calculation), global sum operations are implemented using global memory atomic add operations that results in unnecessary high traffic on the bus and excessive serialization. There are highly efficient parallel sum reduction algorithms for GPUs that can perform global summation in much shorter time. Using any of these should result in a considerable performance boost.

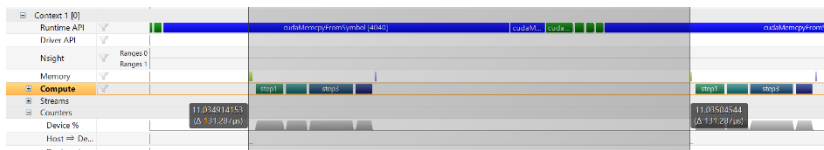


Figure 3. Execution time (131.3 μs) of one iteration step; Step 1-4 followed by a large idle period.

We have implemented a new preliminary version using multiple CUDA streams that overlap computation and data transfer steps, eliminating entirely the idle periods found in the original version shown in Figure 3. In this version, 10 iteration steps can be executed in 366.37 μs, resulting in a 3.6x speedup without major code modifications. Tests with large datasets showed that time is mainly spent in sections Step 1 and 3 of the code performing matrix multiplications. Our initial experiments with more efficient matrix

operations suggest that an additional 5x speedup can be achieved for these operations. Based on these tests, we are confident that a final speedup value of at least 15-20x can be achieved in our new implementation.

Conclusions

Independent Component Analysis is an essential tool in EEG data processing. We examined the efficiency of the CUDAICA GPU Infomax ICA implementation and identified several performance improvement opportunities. We are now currently implementing a new Infomax ICA version based on the optimisation techniques discussed above. Our preliminary results indicate that an extra 8-16x speedup over the original GPU version should be possible to achieve, resulting in an overall 160-300x speedup compared to the MATLAB EEGLAB version.

References

- [1] A. Delorme, T.-P. Jung, T. Sejnowski, and S. Makeig, "Enhanced detection of artifacts in EEG data using higher-order statistics and independent component analysis," *Neuroimage*, vol. 34, no. 4, pp. 1443–1449, 2007.
- [2] D. B. Keith, C. C. Hoge, R. M. Frank, and A. D. Malony, "Parallel ICA methods for EEG neuroimaging," *20th Int. Parallel Distrib. Process. Symp. IPDPS 2006*, vol. 2006, 2006.A.
- [3] H. Du, H. Qi, and X. Wang, "A parallel independent component analysis algorithm," in *Proceedings of the International Conference on Parallel and Distributed Systems - ICPADS*, 2006, vol. 1, pp. 151–158.
- [4] M. Plauth, F. Feinbube, P. Troger, and A. Polze, "Fast ICA on Modern GPU Architectures," *Parallel Distrib. Comput. Appl. Technol. PDCAT Proc.*, vol. 2015-July, pp. 69–75, 2015.
- [5] T. N. Kumara, H. Gamaarachchi, G. Prathap, and R. Ragel, "Generalized and hybrid fast-ICA implementation using GPU," *16th Int. Conf. Adv. ICT Emerg. Reg. ICTer 2016 - Conf. Proc.*, no. December 2017, pp. 13–20, 2017.
- [6] G. Benko and Z. Juhasz, "GPU implementation of the FastICA algorithm," in *2019 42nd International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics, MIPRO 2019 - Proceedings*, 2019, pp. 196–199.
- [7] R. Ramalho, P. Tomás, and L. Sousa, "Efficient Independent Component Analysis on a GPU," in *2010 10th IEEE International Conference on Computer and Information Technology*, 2010, pp. 1128–1133.
- [8] F. Raimondo, J. Kamienskowski, M. Sigman, and D. Fernández Slezak, "CUDAICA: GPU optimization of infomax-ICA EEG analysis," *Computational Intelligence and Neuroscience*, vol. 2012, 2012.
- [9] A. J. Bell and T. I. Sejnowski, "An Information-Maximization Approach to Blind Separation and Blind Deconvolution," vol. 1159, no. 1994, pp. 1129–1159, 1995.
- [10] Delorme and S. Makeig, "EEGLAB: an open source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics including independent component analysis," *J. Neurosci. Methods*, vol. 134, no. 1, pp. 9–21, Mar. 2004.

A covid-19 járvány miatt bevezetett online oktatás hatásai a hallgatók vizsgán elért eredményére

Ráosi Ferenc¹, Szűcs Mónika², Boda Krisztina³

^{1,2,3} SzTE SZAOK Orvosi Fizikai és Orvosi Informatikai Intézet,

rarosi.ferenc@med.u-szeged.hu

szucs.monika@med.u-szeged.hu

boda.krisztina@med.u-szeged.hu

6720, Szeged, Korányi fasor 9.

Összefoglaló:

Bevezetés. Az online oktatás komoly módszertani kihívások elé állította a magyar felsőoktatást. Célunk az SZTE SZAOK Orvosi Fizikai és Orvosi Informatikai Intézetében a hallgatók statisztika vizsgaeredményeinek elemzése.

Összesen 1498 vizsgaeredményt vizsgáltunk. Három időszakot tudunk megkülönböztetni: kontakt, vegyes, illetve tisztán online oktatást. A vizsgajegyeket az oktatási forma, valamint a képzés nyelve (angol, magyar, német) szerinti bontásban vizsgáltuk kétszemponos ANOVA modellel.

A kétszemponos ANOVA modell szignifikáns ($p < 0.001$) interakciót mutatott, a képzési forma vizsgajegyre gyakorolt hatása függ a nyelvtől. Érdekes módon a kontakt oktatási forma az angol (3.704 ± 0.07) és magyar (3.478 ± 0.075) eredményeknek kedvezett (németek 2.830 ± 0.086), míg az tisztán online oktatásra való áttérés csak a német oktatásban okozott javulást az eredményekben (3.438 ± 0.088), a másik kettő nyelvben romlottak az eredmények. Legkevésbé kedvező a vegyes oktatási forma volt (erre német nyelven nem volt adat, mert ők őszi félévben tanulnak statisztikát).

Az eredményeknek természetesen sok lehetséges magyarázata van. Az előadásunk nem titkolt célja a nyitott tapasztalatcsere a témában. A német nyelvű hallgatók jól kihasználták az online oktatás során a segédeszközök nyújtotta lehetőségeket, míg a magyar és angol képzésben valószínűleg jobban támaszkodnak a hallgatóink a kontakt órák nyújtotta lehetőségekre. A vegyes oktatási formában elért viszonylag gyengébb eredmények az online oktatásra való váltás okozta töréssel, illetve a követelmények félévközi változásával magyarázzuk.

Bevezető

A covid-19 járvány jelentős módszertani kihívások elé állította mind a magyar közoktatást, mind a magyar felsőoktatást. Az intézményeknek a járványügyi védekezés miatt igen rövid időn belül kellett átállni az online oktatásra. Célunk az SzTE SzAOK Orvosi Fizikai és Orvosi Informatikai Intézetében történő orvosképzés vizsgaeredményeinek elemzése (Orvosi statisztika tantárgyból).

Módszer

Három időszakot tudunk megkülönböztetni: tisztán kontakt oktatást (2019), vegyes oktatást (2020 tavasza), illetve tisztán online oktatást (2021 tavasza). A nagy mintaelemszám lehetővé tette a többváltozós statisztika analízist.

A vizsgajegyeket az oktatási forma, valamint a képzés nyelve (magyar, angol, német) szerinti bontásban vizsgáltuk kétszempontos varianciaanalízis (ANOVA) modellel. Amennyiben a kétszempontos ANOVA modell szignifikáns interakciót mutatott, úgy az egyik faktor szintének rögzítése mellett vizsgáltuk a másik faktor hatását. Például nyelv faktor szerinti bontásban vizsgáltuk az oktatás formájának hatását a vizsgaeredményre. A használt statisztikai szoftver az IBM SPSS ver. 26.

Eredmények

A kétszempontos varianciaanalízis modell szignifikáns ($p < 0,001$) interakciót mutatott a nyelv és az oktatási forma faktorok között. Elmondható tehát, hogy a képzési forma hatása más volt a különböző nyelvek esetében.

Az angol nyelvű képzés esetén a legjobb vizsgaátlagot az kontakt oktatási forma eredményezte, míg a legrosszabb eredményt a vegyes oktatási forma hozta.

Érdekes módon a német nyelvű képzésben okozott egyedül javulást az online oktatási forma a kontakt oktatáshoz képest. Megjegyezzük, hogy a német nyelvű képzésben vegyes oktatási formára nem került sor, mert az SzTE SzAOK karán a német nyelvű hallgatók statisztika kurzusa az őszi félévben van.

A magyar hallgatók eredményei változásának alakulása az angol nyelvű képzésben részt vett hallgatókéhoz hasonló. A magyar hallgatók esetében is a kontakt oktatás vezetett a legjobb vizsgaeredményekhez és a legrosszabb vizsgajegyeket a vegyes oktatási forma során kaptuk.

Az alábbi táblázat foglalja össze az alapvető leíró statisztikákat.

Nyelv	Oktatási forma	Mean	Std. Deviation	N
ENG	kontakt	3,70	1,131	233
	online	2,88	,938	154
	vegyes	2,54	1,190	152
	Total	3,14	1,208	539
GER	kontakt	2,83	,864	153
	online	3,44	1,108	146
	Total	3,13	1,035	299
HUN	kontakt	3,48	1,064	203
	online	3,12	1,036	234
	vegyes	3,21	1,130	197
	Total	3,26	1,084	634
Total	kontakt	3,40	1,100	589
	online	3,13	1,049	534
	vegyes	2,92	1,202	349
	Total	3,19	1,123	1472

1. táblázat Vizsgaeredményekre vonatkozó alapvető leíró statisztikák nyelv és oktatási forma szerinti bontásban.

A följebb leírt összefüggések mélyebb vizsgálatát és a látszólagos különbségek véletlen ingadozásnál nagyobb voltát páronkénti összehasonlítások segítségével elemeztük. A post-hoc analízishez az LSD (least significant differences) módszert használtuk.

A post-hoc tesztek eredményeit röviden összefoglalva elmondhatjuk, hogy a fönnebb említett összes különbség szignifikáns volt. Egyedül a magyar hallagtóknál az online és a vegyes oktatási formák közötti mérsékelt különbség nem érte el a statisztikai szignifikanciát ($p=0,369$).

A post-hoc analízis részletesebb eredményeit a 2. táblázat tartalmazza.

Nyelv	(I) Oktatási forma	(J) Oktatási forma	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval for Difference ^d	
						Lower Bound	Upper Bound
ENG	kontakt	online	0,827*	0,111	0,000	0,610	1,045
		vegyes	1,164*	0,111	0,000	0,946	1,383
	online	kontakt	-0,827*	0,111	0,000	-1,045	-0,610
		vegyes	0,337*	0,122	0,006	0,098	0,576
	vegyes	kontakt	-1,164*	0,111	0,000	-1,383	-0,946
		online	-0,337*	0,122	0,006	-0,576	-0,098
GER	kontakt	online	-0,608*	0,123	0,000	-0,850	-0,366
		vegyes	Nincs adat				
	online	kontakt	0,608*	0,123	0,000	0,366	0,850
		vegyes	Nincs adat				
HUN	kontakt	online	0,362*	0,102	0,000	0,162	0,563
		vegyes	0,270*	0,107	0,012	0,060	0,479
	online	kontakt	-0,362*	0,102	0,000	-0,563	-0,162
		vegyes	-0,093	0,103	0,369	-0,295	0,110
	vegyes	kontakt	-0,270*	0,107	0,012	-0,479	-0,060
		online	0,093	0,103	0,369	-0,110	0,295
Based on estimated marginal means							

2. táblázat Páronkénti összehasonlítások, post-hoc analízis eredményei a nyelv és oktatási forma szerinti bontásban.

Következtetések

Az eredményekre igen sok lehetséges magyarázatot lehet adni. Nem titkolt célunk a tapasztalatcsere ebben a témában. Nem állítjuk, hogy az egyetlen lehetséges magyarázatot találtuk meg az eredményeinkre, mindenesetre igyekszünk lehetséges okokat említeni.

Mind az angol, mind a magyar képzésben a hallgatók igénylik a kontakt oktatást, legalábbis az eredményeikre jó hatással van ez az oktatási forma.

Magyar hallgatók esetében valószínűleg emögött a viszonylag konzervatív közoktatási rendszer (alapvetően jellemző például a frontális munka) állhat. Az angol nyelvű képzésben az oktatási forma jóval nagyobb mértékben befolyásolta a hallgatók mért teljesítményét, mint a magyarok esetében,

valószínűleg az idegen környezet, a lezárások hatásai, az utazások és a bizonytalanság álltak emögött.

A vegyes oktatási formában elért viszonylag gyengébb eredmények az online oktatásra való váltás okozta töréssel magyarázzuk. Általában is elmondható, hogy a legtöbb bizonytalanság és a társadalom széles rétegeiben megjelenő riadalom erre az időszakra (2020 tavasza) volt a legjellemzőbb. A követelmények félévközi változása szükséges velejárója volt ennek az időszaknak és az átállásnak.

Német nyelvű hallgatóink jól éltek az online oktatás során a formához tartozó előnyökkel, elképzelhető, hogy ők a középiskolában intenzívebb infokommunikációs eszközhasználathoz szoktak, illetve érdemes megjegyezni, hogy az átállás és az ebből fakadó bizonytalanság őket nem érintette ebből a tárgyból (Medizinische Statistik).

Reméljük, hogy rövid tanulmányunk gondolatébresztő lehet, esetleg ötletet adhat további hasonló vizsgálatok elvégzésére és összehasonlítási alapot nyújt a felsőoktatásban oktató kollégáknak.

Időskori egészségmegőrzés támogatása mobil technológiákkal: a Turntable projekt első tapasztalatai

Szakonyi Benedek¹, Vassányi István¹

¹Pannon Egyetem, Egészségügyi Informatikai Kutató-Fejlesztő Központ,
benedek.szakonyi@virt.uni-pannon.hu, vassanyi.istvan@virt.uni-pannon.hu
8200 Veszprém Egyetem utca 10.

Összefoglaló: Az európai társadalmak egyik fő problémája az elöregedés. A Turntable Horizon 2020 projekt fő célkitűzése olyan informatikai platformot és szolgáltatásokat, alkalmazásokat készíteni, melyek az idős, egészséges emberek mindennapi életét segítik. A projekt során megvalósított rendszer két korábbi megoldás összekapcsolásán alapul, az egyik egy növények mellé telepíthető vezeték nélküli meteorológiai szenzor (Agrumino), a másik egy kertészkedési munkák ütemezését, naplózását, illetve a kertészkedők szociális kapcsolattartását támogató mobil alkalmazás (Tomappo). A projekt eredményeképpen megvalósult a tervezett informatikai megoldás, melyet jelenleg három országban (Olaszország, Belgium, Portugália) tesztel a konzorcium, egy év alatt országonként 3x20 önkéntes bevonásával. A kísérletek célja, hogy a résztvevők egészségügyi, mentális és szociális állapotának követésével kimutassa, pozitívan hatott-e a rendszer használata a résztvevők életminőségére. Ebben a cikkben a kísérletek első eredményeit közöljük.

Bevezető

Kutatások igazolták, hogy a fizikai aktivitás, a megfelelő táplálkozási szokások és a szociális kapcsolatok fenntartásával, (új)bóli kialakításával jelentősen befolyásolható az egyének tényleges és érzékelt életminőségének alakulása [1, 2]. Az ennek eléréséhez szükséges támogatás biztosítása, valamint a kellő motiváció megtartása tehát kulcsfontosságú szerepet játszik abban, hogy az idős felnőttek (60 éven felüliek) továbbra is aktív szereplői lehessenek a modern társadalmaknak.

Az idősödő európai társadalmak egyik jelentős problémája, hogy az életkor növekedésével az egyének fizikai és társadalmi aktivitása számottevően visszaesik. Ez a természetes fizikai és mentális leépülési folyamatokkal együtt oda vezethet, hogy a legalapvetőbb mindennapi feladatok és tennivalók elvégzése is egyre nagyobb kihívást jelentenek az érintetteknek [3].

Az ilyen fizikai, kognitív és szociális problémákat egyaránt, egyszerre érintő megoldások egyike a kertészkedés [4]. Az otthoni és/vagy a közösségi

kertészkedés számos olyan jó hatással bír, melyek bizonyítottan hozzájárulnak az egyének életminőségének javításához [5], ezért a kertészkedés támogatása lett jelen projekt fő témája. Mivel manapság már az idősebb korosztályok tagjai között is egyre inkább elterjedt a digitális eszközök használata, az azokra építő különböző digitális megoldások hatékony eszköznek bizonyulhatnak az életmódjavítás megvalósításában is, az ahhoz szükséges támogatás biztosításával.

Célkitűzés

A „*TURNTABLE: képességeket és vitalitást fejlesztő informatikai platform idősök számára*” EU Horizon 2020 projekt célja egy olyan informatikai platform és szolgáltatások létrehozása, melyek az idős, egészséges emberek mindennapi életét segítik. A projektben öt már meglévő, több ezer felhasználóval rendelkező alkalmazásra építve, azokat integrálva és továbbfejlesztve egy olyan keretrendszer megalkotására kerül sor, amelynek célja ennek hatékony kivitelezésére. Az egyes komponensek: a Tomappo kerttervező és -menedzselő alkalmazás; az Agrumino vezeték nélküli szenzor és a kapcsolódó Lifely alkalmazás, melyek segítségével nyomon követhető a kert (a talaj és a növények) állapot(változás)a; az IntegrAAL Social Engine (ISE), mely képes viselkedési mintázatok elemzésével jelezni az esetleges váratlan eseményeket, tevékenységeket; valamint a Maria hangvezérlésű virtuális asszisztens szolgáltatás. A komponensek funkcionalitásáról lásd bővebben a projekt weblapját [6].

A projekt első szakaszában négy európai országban kerültek megrendezésre olyan interaktív megbeszélések, melyek során lehetőség nyílt a célközönség szokásainak és véleményének megismerésére, hogy az ott begyűjtött tapasztalatok alapul szolgálhassanak a fejlesztési-integrálási folyamat során, ennek eredményeiről lásd [7].

A következő szakaszban hosszabb, összesen egy éves időtartamú kísérletben teszteljük a megoldás használhatóságát és hatását az önkéntesek életére, hogy visszajelzést kapjunk egy ilyen jellegű informatikai megoldás elfogadottságáról, használhatóságáról idős felhasználók körében. Vizsgáljuk továbbá, hogy változtak-e kertészkedési és táplálkozási szokásaik a használat három hónapja alatt.

Módszer

Adatgyűjtés

A kísérletre három országban, Olaszországban, Belgiumban, és Portugáliában, egy időben kerül sor. A résztvevőkkel szemben feltétel, hogy

60 év felettiek legyenek, érdeklődjenek a kertészkedés iránt, és tudják kezelni az érintőképernyős eszközöket, a mozgáskorlátozottság kizárási kritérium.

A kísérlet minden országban 3 csoportban, csoportonként 20 önkéntessel zajlik, a csoportok indítása 3 hónappal van eltolva egymáshoz képest. A kísérlet két fázisra bontható:

- Három hónapos megfigyelési fázis, mialatt az önkéntes a megszokott életét éli.
- Ezután három hónap beavatkozás, mikor az önkéntes a Turntable rendszert használja.

A kísérlet kezdetén standard kérdőívekkel (lásd alább) felmérjük az önkéntesek mentális és szociális állapotát, majd ezt a felmérést ismétljük a kísérlet közben, illetve a kísérlet végén is.

A felvett standard kérdőívek egy része a résztvevő mentális/szociális állapotát méri fel:

- Beck Depression Inventory II. (BDI),
- Rosenberg Self-Esteem Scale (RSES),
- DUKE Social Support Index,
- Positive and Negative Affect Schedule (PANAS),
- UCLA Loneliness Scale.

További mérőskálák:

- WHO Quality of Life (életminőség)
- EPIC Food Frequency (táplálkozási szokások)
- Gardening Benefits (kertészkedési szokások)

A mérőskálákkal összesen 11 fő indexet számítunk ki minden önkéntesre, melyek 24 alskálára bonthatók.

Mivel a Turntable keretrendszer naplózza a felhasználók aktivitását folyamatosan a beavatkozási fázis során, az ebből számítható mérőszámok, és ezek időbeli változása is felhasználhatóak lesznek az adatelemzéshez. Ezen kívül a felhasználható adatok részét képezik a személyes adatok is: az önkéntes neve, kora, iskolázottsága, családi állapota, lakási körülményei (egyedül él-e) és kerteje jellege (ha van).

Adatelemzés

Az adatelemzés célja egyrészt a fenti személyes adatok és mérőskálák közötti kapcsolat keresése, másrészt az időbeli változások követése. Külön tervezzük vizsgálni a három ország eredményei közötti különbségeket is.

Eredmények

Jelenleg még csak az olaszországi kísérlet első csoportjának felmérési adataival rendelkezünk ($n=20$).

Az olasz adatok a résztvevők száma miatt szignifikáns következtetéseket nem tesznek lehetővé, azonban figyelemre méltó, hogy az önkéntesek standardizált indexei általában a skálák pozitív felső tartományába esnek, vagyis az önkéntesek már a kísérlet elején is nagyon jó mentális/szociális állapotban vannak. Ezekhez az értékekhez képest tehát reálisan gondolkodva csak kis mértékű javulás várható a beavatkozás hatására. A kezdeti adatokból döntési fák és információnyereség alapú adatfeltárás révén megállapítható, hogy az UCLA és a DUKE indexek erősen korrelálnak és a résztvevők körében az önbecsülés (RSES) szempontjából a lakáskörülmények, a gondolkodásmód (PANAS) szempontjából a családi állapot, a depresszió (BECK) szempontjából pedig a korcsoport és az iskolázottság a legfontosabb tényezők.

Következtetések

A jelenleg zajló kísérlet résztvevői az előzetes feltevéseknek megfelelően jó és érdekes ötletnek tartják a kertészkedést és szívesen használják a Turntable rendszert. Természetesen az használat során sok rejtett szoftver hiba is felszínre került, melyeket folyamatosan javítanunk kell. Ezen kívül a folyamatos funkcionális bővítés miatt a következő fázis felhasználói már fejlettebb keretrendszert tudnak majd használni—reményeink szerint ez látszik majd az elégedettségükön is.

Köszönetnyilvánítás

A 2019-2.1.2-NEMZ-2019-00003 számú projekt a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból biztosított támogatással, az AAL-2018-5-163-CP pályázati program finanszírozásában valósult meg. A cikkben bemutatott munkát a Széchenyi 2020 program EFOP-3.6.1-16-2016-00015 számú projektje is támogatta.

Hivatkozások

- [1] Joyce L. McReynolds and Eileen K. Rossen. 2004. Importance of physical activity, nutrition, and social support for optimal aging. *Clinical nurse specialist CNS*. DOI:<https://doi.org/10.1097/00002800-200407000-00011>
- [2] WHO. 2015. World Report on Aging and Health. In World Health Organization (WHO). DOI:<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- [3] Shilpa Amarya, Kalyani Singh, and Manisha Sabharwal. 2015. Changes during aging and their association with malnutrition. *Journal of Clinical Gerontology and Geriatrics*. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.jcgg.2015.05.003>
- [4] Michelle Howarth, Alison Brettell, Michael Hardman, and Michelle Maden. 2020. What is the evidence for the impact of gardens and gardening on health and well-being: A scoping review and evidence-based logic model to guide healthcare strategy decision making on the use of gardening approaches as a social prescription. *BMJ Open* (2020). DOI:<https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-036923>
- [5] Theresa L Scott, Barbara M Masser, and Nancy A Pachana. 2020. Positive aging benefits of home and community gardening activities: Older adults report enhanced self-esteem, productive endeavours, social engagement and exercise. *SAGE Open Med.* (2020). DOI:<https://doi.org/10.1177/2050312120901732>
- [6] A Turntable AAL projekt weblapja: <https://www.aalturntable.eu/>
- [7] Szakonyi Benedek, Vassányi István. Időskori egészségmegőrzés támogatása mobil technológiákkal: a Turntable projekt első tapasztalatai. Bari Ferenc, Tolnai József, Rárosi Ferenc (szerk.) A XXXIII. Neumann Kollokvium konferencia-kiadványa, Szeged, 2020. december 5-6, ISBN 9786155036187, 34-39. o.

InfoBázis – felhasználóbarát online adatbázis tervezése autizmussal élő emberek támogatásához

Havasi Ágnes¹, Kancsó Martin²,

Imre Anna³, Kis-Jakab Éva⁴ & Sikné Lányi Cecília⁵

^{1,3}ELTE BGGYK Atipikus Viselkedés és Kogníció Gyógyypedagógiai
Intézet, Budapest, 1097 Ecseri út 3.

^{2,5}Pannon Egyetem, Villamosmérnöki és Információs Rendszerek Tanszék,
8200 Veszprém Egyetem u. 10.

¹MTA-ELTE Autizmus Szak módszertani Kutatócsoport

⁴Autisták Országos Szövetsége

¹havasi.agnes@barczy.elte.hu, ²mortail80@gmail.com,

³imanna140@gmail.com, ⁴data@esoember.hu, ⁵lanyi@almos.uni-pannon.hu

Összefoglaló: Az InfoBázis az Autisták Országos Szövetsége (AOSZ) számára készített tájékoztató adatbázis. Az InfoBázis célja, hogy a szülők, szakemberek és érdeklődők egyetlen helyről kaphassanak gyorsan, korrekt információt az AOSZ szolgáltatásairól és más, autizmussal kapcsolatos szakmai információkról. Jelenleg három kategóriában nyújt az adatbázis feltöltés alatt álló információkat: AOSZ szolgáltatások, autizmussal kapcsolatos filmek és könyvek, autizmus-specifikus módszerek és eszközök. Lehetőség van adatok megjelenítésére szűrésére, továbbá lehetőség a felhasználók számára, hogy tudják ezt az adatbázist bővíteni adminisztrátori felügyelettel. Az adminisztrátornak lehetősége van új adatokat felvinni az adatbázisba, kezelni azokat és kontrollálni a felhasználók javaslatait, hogy csak szakmailag megfelelő információk kerüljenek az adatbázisba. Az előadásban bemutatjuk az Infobázis tervezését, fejlesztését és tesztelésének első eredményeit.

Bevezető

Az autizmus spektrum zavar idegrendszeri fejlődési eltérés, az autizmussal élő emberek számos szempontból igen változatos, sokszínű viselkedéses képet mutatnak. E sokszínűségben közös, hogy a szociális kommunikáció és kölcsönös társas interakciók terén minőségi eltérésekkel találkozunk, valamint jellemző a szűk körű, repetitív viselkedésmintázatok, érdeklődés vagy aktivitás.[1,2] Az autizmus előfordulási gyakorisága meghaladja az 1%-ot [3], ez mintegy százezer embert és családjukat érintheti közvetlenül Magyarországon.[4]

Az AOSZ [5] számára történő „InfoBázis” fejlesztésének ötlete a European Cooperation in Science and Technology (COST) kutatói csoporthoz való 2020-as csatlakozásunk nyomán született [6]. A COST fő célja a közös 4 éves kutatásban 31 ország részvételével egy ágazatközi

páneurópai és azon kívüli hálózat kiépítése a társadalmi befogadás és az autizmussal élő személyek életminőségének javítására. Jelen előadásunkban bemutatott munkánk a COST céljai közül két szűkebb célhoz csatlakozik:

(1) új segítő technológiák (Assistive Technology, AT) fejlesztésének értékelése interdiszciplináris és ágazatközi együttműködés biztosításával valamennyi érdekelt fél között, az AT tervezésére, fejlesztésére és telepítésére vonatkozó szabványosított gyakorlati iránymutatások kialakítása érdekében, (2) ismeretek létrehozása az aktuális AT technológiák adatbázisának biztosításával, valamint azoknak a foglalkoztatási és oktatási környezethez való illesztésével, az autizmussal élő felhasználók és családjaik számára. [3]

Az autizmus-specifikus támogatás keretét egyfajta autizmus-szemponthú tervezés adja, melynek alapvetése többek közt az, hogy az autizmus sajátosságainak és a közös szükségletek megértésén alapul és mind a fizikai, mind a társas környezetet úgy „rendezi el”, hogy a közös világ érthetővé, bejósolhatóvá váljon, lehetőséget adva a kölcsönös megértésre, önálló tevékenységvégre, sikerélmények megszerzésére az élet különböző szinterein az érintett embereknek. [8,9] Az elmúlt ötven évben számos módszertan, stratégia és eszköz használata bizonyult eredményesnek tudományos kutatások mentén is, és terjedt el a gyakorlatban [7], köztük különböző infokommunikációs technológiai (IKT) eszközök is, beleértve az asszisztív és prosztetikus, valamint edukációs technológiákat. [10]

Az autizmussal élő emberek készségfejlesztése, viselkedésük közvetlen, célzott és individualizált támogatása elengedhetetlen, emellett azonban az őket támogató családnak, szakembereknek, sőt a tágabb közösségnek is megbízható, de különböző fókuszú és mélységű információra van szükségük.

Módszer

Az itt bemutatott fejlesztés két nagyobb, elhatárolható feladatból állt: (1) az irodalom, hasonló már létező tartalmak feltárása (2) az adatbázis tervezése, fejlesztése, tesztelése.

Irodalmi áttekintés

Az irodalom feltárásával kezdtük a munkát azzal a céllal, hogy megtudjuk, egyáltalán szükség van-e egy új adatbázisra. Az alábbi nemzetközi projekteket és adatbázisokat tekintettük át.

AAATE [11] amely a segítő technológia számos aspektusával foglalkozik, azonban kimondottan egy globális adatbázisfejlesztéssel nem. [12]

A WHO koordinálta Global Cooperation on Assistive Technology (GATE) projektben [13] nem találtunk az elképzeléseinknek megfelelő adatbázist.

Az EASTIN [14] egy kiváló adatbázis, de egy „laikus” számára nehezen használható (a segítő technológiai eszközök részletes adatait kell ismerni, pl. gyári számát, a gyártó nevét vagy ISO kategóriát) [15] ugyanakkor itt jó ötlet, hogy lehet szervezetekre, könyvekre keresni és új segédeszközt is jelezni.

AT-INFO-MAP, afrikai AT adatbázis [16], mely gyakorlatilag hazai környezetben nem használható.

A Techmatrix [17] segítő és oktatási technológiai eszközök és források a fogyatékossgal élő diákok és osztálytársaik tanulásának támogatására. Itt kulcsszavas és kategória alapú keresés egyaránt elérhető, sajnos csak angolul.

Az Atvisor [18] célja, hogy összekapcsolják az embereket a megoldásokkal. Erősségük a tudás megosztásából származik.

A nemzetközi adatbázisoknak közös hátránya, hogy az angol nyelven íródtak, így a hazai szülők és szakemberek, laikus közösség számára nem könnyen hozzáférhetők az információk.

A hazai, autizmussal élő személyek támogatásához kapcsolódó adatbázisok, információs gyűjtemények közül a Mars Alapítvány [19], Autizmus Koordinációs Iroda [20], AUTI Információs Portál [21], Kézenfogva Alapítvány által gondozott [22] adatbázisokat elemeztük. Ezek az adatbázisok sem feleltek meg az általunk felállított fókuszoknak, mélységeknek különböző okokból.

Az elérhető nemzetközi és hazai projektek és adatbázisok kínálatát elemezve megfogalmazódott az igény egy szabadon hozzáférhető, szisztematikusan felépített, átfogó tartalmakat felölelő, a felhasználói igényekre reagáló és szakmailag ellenőrzött adatbázis iránt. A Pannon Egyetem Műszaki Informatikai Karáról felvettük a kapcsolatot az AOSZ és az ELTE szakembereivel, hogy mint a majdani felhasználókkal kapcsolatban álló szakemberek, ők tegyenek javaslatokat, mire lenne szükségük az autizmussal élő embereknek, és családtagjaiknak. Több online konzultáción történt közös gondolkodásunk, elemzéseink rámutattak arra is, hogy milyen technológiára és arra is, milyen funkciókra lenne szükség.

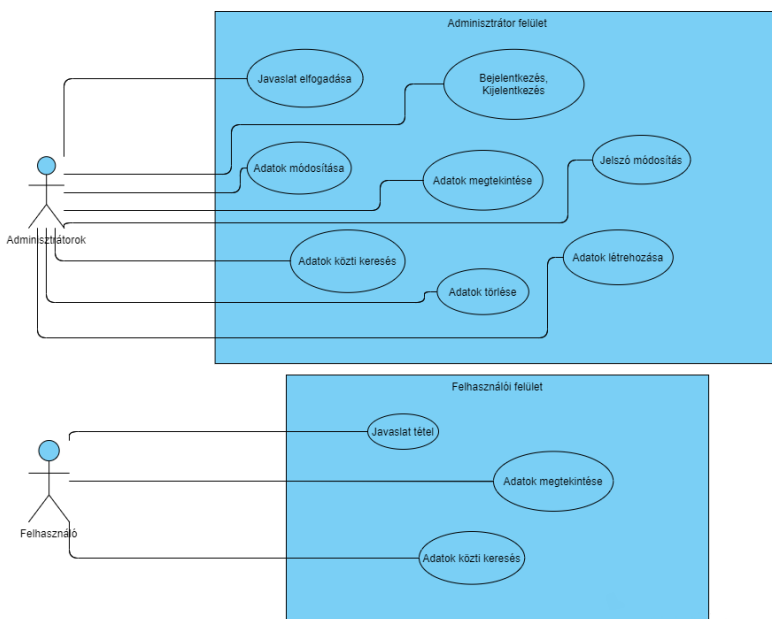
Az online adatbázis fejlesztése

Fentiek elemzése alapján tervezettek mentén a fejlesztés PHP nyelven történt, mely egy általános szerver oldali szkript nyelv dinamikus weboldalak készítésére, Apache HTTP Server használatával, mely egy nyílt forráskódú webkiszolgáló alkalmazás. Célja webszerver program létrehozása, karbantartása és fejlesztése, mely megfelel a gyorsan változó

követelményeknek, biztonságos és üzleti, vállalati felhasználásra is megfelelő, valamint szabadon felhasználható.

Funkcionális követelménynek tartottuk, hogy lehessen kulcsszavakkal és kategóriákkal is keresni segítő technológiákra, könyvekre, filmekre és segítő szervezetekre (melyet később az AOSZ érdekvédelmi szolgáltatásaira szűkítettünk). Továbbá konszenzus volt abban, hogy lehessen a felhasználóknak javaslatot adni a fent említett kategóriákban egy input mezőben, melyek adminisztrátori ellenőrzést, szükség esetén változtatást követően válhatnak nyilvánossá. Nem funkcionális követelményként tűztük ki, hogy bárki számára (beleértve az autizmussal élő felhasználókat is) könnyen érthetőnek és használhatónak, letisztultnak, átláthatónak, egyszerűnek kell lennie.

Az 1. ábrán látható a Use-case diagram, a 2. ábra pedig adatbázis táblákat: az ajánlások táblát (a) és az elfogadott ajánlásokat (b), illetve az adminisztrátor által felvitt tartalmat mutatja.



1. ábra: Use case diagram

megnevezes : varchar(100)
kategoria : varchar(100)
kulcsszavak : text
leiras : text
forras : text
kepnev : varchar(50)
kepleiras : varchar(200)
kepforras : varchar(100)
email : varchar(50)

megnevezes : varchar(100)
kategoria : varchar(100)
kulcsszavak : text
leiras : text
forras : text
kepnev : varchar(50)
kepleiras : varchar(100)
kepforras : varchar(100)

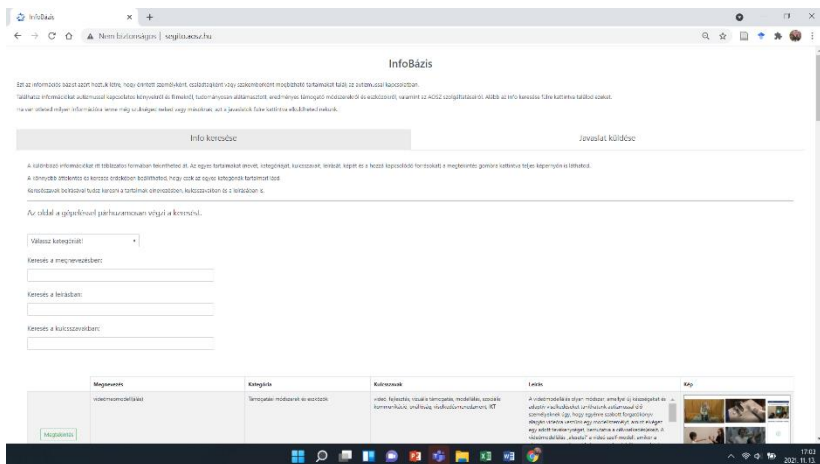
2. ábra: (a) Ajánlások tábla, (b) elfogadott ajánlások,

Eredmények

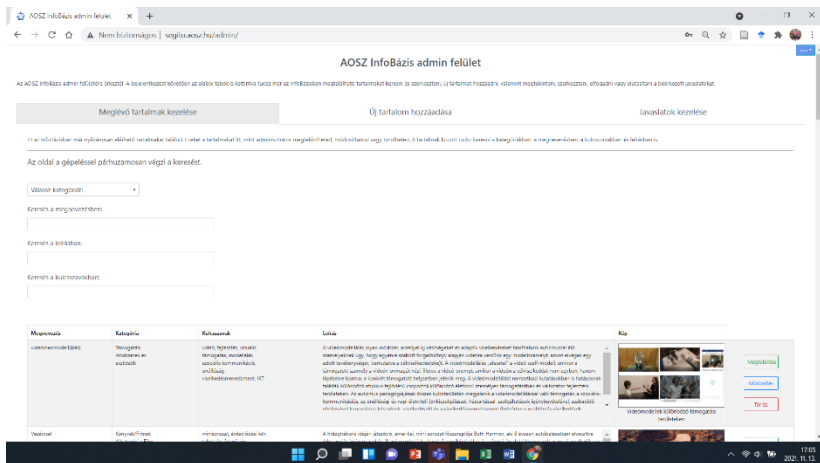
Ebben a részben röviden bemutatjuk az AOSZ számára fejlesztett InfoBázis [23] nevű, interneten elérhető, kereshető és javaslatokat is elfogadó adatbázist. Az InfoBázis egy letisztult felületű, könnyen használható WEB-es alkalmazás, mely egy szabadon elérhető és egy zárt adminisztrációs felületből áll.

A nyilvános felület (lásd 3. ábra) nyitóoldalán lehetőség van Információ keresésére az „Info keresése” gombbal és javaslat küldésére a „Javaslat küldése” gombbal. Az információ keresésénél a következőkre van lehetősége a felhasználónak: (1) kategóriaválasztás, (2) keresés a megnevezésben, azaz mintha kulcsszavas keresés lenne, (3) keresés a leírásban, azaz szabad szöveges keresés. A javaslatküldésnél a felhasználónak lehetősége van a támogatási módszerek és eszközök kategóriában a következő információkat beküldeni: (1) az eszköz/módszer megnevezését, (2) kulcsszavakat, (3) szabad szöveges rövid leírást (4) további forrásokat (5) képet (nevével, forrásával) (6) saját e-mail címét. Hasonlóan tud a felhasználó könyvet, filmet javasolni.

A beküldött javaslatokat az adminisztrátor ellenőrzi, majd engedélyezi. A jelszóval védett adminisztratori felület (lásd 4. ábra) főmenüjében az adminisztrátor a következő funkciókat használhatja: (1) meglévő tartalmak kezelése (megtekintés, szerkesztés, törlés) (2) új tartalom hozzáadása (3) javaslatok kezelése (megtekintés, szerkesztés, törlés, elfogadás).

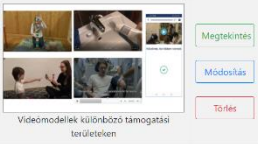


3. ábra: az AOSZ InfoBázis nyilvános felületének nyitóoldala



4. ábra: az AOSZ InfoBázis adminisztrátori felületének nyitóoldala

Az 5. ábra a felvitt adatok táblázatos megjelenítésének egy részletét mutatja.

Megnevezés	Kategória	Kulcsszavak	Leírás	Kép
videómodel(lá s)	Idomtatási módszerek és eszközök	videó, fejlesztés, vizuális tanogulás, modellálás, szociális kommunikáció, önállóság, viselkedésmenedzment, IKI	A videómodellálás olyan módszer, amelyen új készségeket és adaptív viselkedéseket tanulhatunk autizmussal élő személyeknek úgy, hogy egytől szabott forgatókönyv alapján videóra veszünk egy modell személyt, amint elvégzi egy adott tevékenységet, bemutató a célviselkedéseket). A videómodellálás „áteset” a videó szelf-modell, amikor a támogatott személy a videón megajátul, és látja a videó-prompt, amikor a videón a	
Vezérel	Könyvek/Filmek Alkategória: Film	minisorozat, érdeklődési kör, tehetség, flügőség	A hirtelenbőri időjárás-jelző, amerikai, minisorozat főszereplője Ieth (Iamoni, aki 8 évesen autizmusban szenvedő édesanyja árán marad és általán gondozása alatt). A rendkívül nyílt és szorgos anahad környezetben megismerkedik egy szőlő és kissé megörvén gondolkodik, aki fokozatosan bevezeti a sakk világába. A tanítvány azonban hamar felismeri mesterét, helyi középiskolai sakk-klubban sem marad velétlen, profi játékosok ellen is győzelmet arat,	
Temple Grandin	Könyvek/Filmek Alkategória: Film	élettörtéti film, Temple Grandin, kannadok, fiatal felnőttkor, érdeklődési kör, sikeres életút	A Temple Grandin című élettörtéti mű, melynek főszereplője Temple Grandin, egy kiváló értelem és nyelvi képességgel rendelkező, a fizika és a biológia területén kiemelten tehetséges autizmussal élő nő.	

5. ábra: A felvitt adatok táblázatos megjelenítése.

Összefoglalás

Elkészítettük az InfoBázist, melyben felhasználóbarát módon, magyarul lehet keresni AOSZ szolgáltatásokat, autizmussal kapcsolatos filmeket és könyveket, autizmus-specifikus módszereket és eszközöket. Az oldal információi kereshetők, adminisztrációs felügyelettel bővíthetők, módosíthatók. Az „InfoBázis” jelenleg több szempontú tesztelés alatt áll: tartalmi használhatósági kérdéseit a System Usability Scale (SUS) [24] kérdőívvel, tartalmi hasznosságát AOSZ és ELTE szakemberei által összeállított kérdőívvel. A fejlesztést, és a tesztelés első eredményeit bemutatjuk a konferencián.

Köszönetnyilvánítás

A Pannon Egyetemről a szerzők szeretnék köszönetet mondani a „CA19104 –advancing Social inclusion through Technology and EmPowerment”, valamint a Széchenyi 2020 program EFOP-3.6.1-16-2016-00015 számú projektje támogatásának. A MASZK Kutatócsoport tagja köszönetet mond az MTA Közoktatás-fejlesztési Kutatási Program támogatásáért. Köszönjük az AOSZ támogatását is.

Hivatkozások

- [1] American Psychiatric Association, APA (2013). *DSM-5. Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders* (5.th ed.) American Psychiatric Pub. Washington DC
- [2] World Health Organization, WHO (2018). ICD-11 for mortality and morbidity statistics (ICD-11 MMS) 2018 december – version. URL: <https://icd.who.int/browse11/l-m/en>
- [3] Hill, A. P., Zuckerman, K., Fombonne, E. (2015). Epidemiology of autism spectrum

- disorders. (pp. 13-38.) In: de los Angeles Robinson-Agramonte, M. (ed): *Translational Approaches to Autism Spectrum Disorder*. Springer.
- [4] Egészségügyi szakmai kollégium (2020). Egészségügyi szakmai irányelv – Az Autizmusról/Autizmus spektrum zavarokról – Klinikai egészségügyi szakmai irányelv
- [5] Autisták Országos Szövetsége: <https://aosz.hu/kapcsolat/>
- [6] CA19104 – advancing Social inclusion through Technology and EmPowerment: <https://www.cost.eu/actions/CA19104/#tabsName:overview>
- [7] a-STEP projekt: <https://www.a-step-action.eu/project/>
- [8] Mesibov, G. & Shea, V. (2014). Structured teaching and Endvironmental Supports. In: Buron, K. D., & Wolfberg, P. J. (Eds.). *Learners on the Autism Spectrum: Preparing Highly Qualified Educators and Related Practitioners: Instructor Manual*. AAPC Publishing.114-135.
- [9] Stefanik, K. (2019). Az autizmus spektrum zavarok evidenciialapú oktatási és támogatási módszertanának alapjai. (pp. 65-79.) In: Györi, M. & Billédi K. (szerk). *Atipikus diákok, segítő appok, tudományos evidenciák*. ELTE BGGYK. Budapest.
- [10] Györi, M., Csákvári J. & Havasi Á. (2019). Sajátos nevelési igények és infokommunikációs technológiák: alapfogalmak, funkciók, trendek (pp. 31-54.) In: Györi M. & Billédi K. (Eds). *Atipikus diákok, segítő appok, tudományos evidenciák*. ELTE BGGYK, Budapest.
- [11] Association for the Advancement of Assistive Technology in Europe (AAATE): <https://aaate.net/about-aaate/>
- [12] AAATE projekt oldala: <https://aaate.net/activities/projects/>
- [13] Global Cooperation on Assistive Technology (GATE) project : [https://www.who.int/news-room/feature-stories/detail/global-cooperation-on-assistive-technology-\(gate\)](https://www.who.int/news-room/feature-stories/detail/global-cooperation-on-assistive-technology-(gate))
- [14] EASTIN, Világszerte elérhető, mindennapi életvitelt segítő eszközök információs forrása: <http://www.eastin.eu/hu-hu/WhatIsEastin/Index>
- [15] EASTIN kereső oldala: <http://www.eastin.eu/hu-hu/searches/Products/Index>
- [16] AT-INFO-MAP, AT adatbázis: <https://assistivetechmap.org/>
- [17] Assistive and educational technology tools and resources to support learning for students with disabilities and their classmates – Techmatrix: <https://techmatrix.org/>
- [18] Assistive Technology Within Reach – Atvisor: <https://www.atvisor.ai/en>
- [19] Mars Alapítvány adatbázisai: <https://marsalapitvany.hu/diagnozis/> <https://marsalapitvany.hu/iskolakereso/>
- [20] Autizmus Koordinációs Iroda adatbázisai: <http://autizmusiroda.hu/dokumentum/> <http://autizmusiroda.hu/tanacsadok>
- [21] AUTI Információs Portál adatbázisai: https://auti.hu/autizmus-szolgaltataskereso?se=1&layout=blog&se_postcode_c=hu&se_radius_unit=km&se_radius=5&se_regs=3188&se_cats=13%2C3
- [22] Kézenfogva Alapítvány adatbázisa: <http://info.kezenfogva.hu/>
- [23] Az InfoBázis nyilvános felülete: <http://segito.aosz.hu/>
- [24] System Usability Scale: <https://www.usability.gov/how-to-and-tools/methods/system-usability-scale.html>

Európai COVID-19 információt tartalmazó WEB oldalak akadálymentességi tesztelése

¹Jinat Ara, ²Sikné Lányi Cecília

^{1,2}Pannon Egyetem, Műszaki Informatikai Kar,
Villamosmérnöki és Információs Rendszerek Tanszék
8200 Veszprém, Egyetem u. 10.

jinat.ara@virt.uni-pannon.hu, lanyi@almos.uni-pannon.hu

Összefoglaló: A Sars-COV-2, vagy a COVID-19 világjárvány idején az elektronikus egészségügyi szolgáltatás jelentősége világszerte megnőtt. Sajnos több korábbi tanulmány is kimutatta, hogy a weboldalak többsége világszerte nem érhető el kifejezetten azok számára, akik valamilyen fogyatékossgal rendelkeznek. Számukra ezen oldalak nem akadálymentesek. Ezért ez a kutatás 12 európai ország 13 kormányzati COVID-19-el kapcsolatos információs honlapjának akadálymentességét vizsgálja a Webtartalom Akadálymentesítési Útmutató 2.0 és 2.1. (WCAG 2.0, 2.1) alapján. A vizsgálat két nyílt forráskódú, automatikus webhely-hozzáférhetőségi tesztelő eszköz segítségével történt, melyek a WAVE és a WEB accessibility tool. Az automatikus tesztelőkön túl a System Usability Scale módosított kérdőíve is alkalmazásra került, melyet nem az adott ország, tehát külföldi felhasználók töltöttek ki.

Kulcsszavak: WEB akadálymentesség, automatikus teszt eszközök, COVID-19, akadálymentes tartalom, WCAG szabványok.

Bevezető

A webes akadálymentesítés az a folyamat, amely kiküszöböli a weboldalak korlátait és javítja a funkcionalitásukat. Kényelmessé, akadálymentessé teszi a használatukat a különböző fogyatékossgal élő felhasználók számára. A World Wide Web Consortium (W3C) [1] által létrehozott számos webes akadálymentesítési irányelv közül a WCAG 2.0 (2008), a WCAG 2.1 (2018) és a WCAG 2.2 (2021) rendelkezik a legfejlettebb irányelvekkel. A gyakorlatban általában ezek a WCAG irányelvek segítik a webes tartalomfejlesztőket, a tervezőket, a webes eszközfejlesztőket és a webes akadálymentesítési értékelő eszközök fejlesztőit az akadálymentes fejlesztés folyamatában [2].

Az EU statisztikái szerint Európában minden hatodik ember valamilyen fogyatékossgal él, akik aktívan részt vesznek, illetve szeretnék igénybe venni az interneten számos e-egészségügyi szolgáltatást [3]. Napjainkban a

koronavírus-járvány miatt az e-egészségügyi és kormányzati portálokon gyorsabban nőtt a felhasználók száma a COVID-információk keresésében. Olyan információkra kerestek, mint például a tünetek, óvintézkedések, oltás, halálesetek száma, gyógyulások száma, kórházi információk, kezelési költségek stb., és megnőtt az online időpontfoglalások száma is [4]. Mivel körülbelül 135 millió fogyatékkal élő ember él Európában [5] az országok azon webhelyeinek akadálymentessége, melyek a COVID-19 “hivatalos” információival foglalkoznak nélkülözhetetlen számukra is. Ezen portálok akadálymentes elérését mindenki számára lehetővé kell tenni!

Erre a kérdésre összpontosítva különböző országok (például az Egyesült Államok, Egyesült Királyság) kutatói végeztek vizsgálatot és elemzést a COVID-19 információs portálok elérhetőségéről [6]. Napjainkban sajnos kevés kutató, kutatócsoport fejlesztett ki automatikus webes akadálymentesítési tesztelési protokollt vagy eszközt. Ilyenek például az AChecker, Mauve, The Accessibility Management Platform (AMP), TAW, EIII Page Checker, WAVE, HTML Validator, és a Nibble. Ezek az akadálymentesítési értékelési eszközök segítenek a kiválasztott webhelyek automatikus értékelésének elvégzésében. Gyors és pontos hozzáférhetőségi pontszámokat biztosítanak, és megbízható értékelési eredményeket produkálnak [7].

Kutatásunk elsődleges célja, hogy elemezze a kormányzati COVID-19 információs webhelyeket, több webes akadálymentességet vizsgáló tesztelési protokoll segítségével. A kutatásunkat 2021. május-júliusában végeztük, amikor az emberek főleg az oltásokkal, azok elérhetőségével kapcsolatos információkra voltak kíváncsiak. Azért is, hogy melyik országban mi a hivatalos protokoll például a beutazáshoz.

Hasonló vizsgálatok és az aktuális kutatási módszer

Néhány korábbi kutatás kimutatta, hogy a kormányzati hivatalos és privát portálok száma napról napra növekszik a felhőben, de többségük nem fordít figyelmet a webhelyek akadálymentesítési előírásaira. Az országok nagy részében nincsenek szigorú szabályok vagy felügyeleti rendszerek azon fogyatékkal élők számára elérhetetlen weboldalak ellenőrzésére, amelyek hatalmas akadályt jelentenek számukra. Ezért a kutatók hangsúlyozták, hogy széles körben végeznek kutatásokat a kormányzati és magán weboldalakon, hogy ellenőrizzék akadálymentességüket. A COVID-19 webhelyekkel összefüggésben Alismail és mtsai. [8] elvégezték a hozzáférhetőség értékelését a COVID-19 elleni oltóanyag-regisztrációs webhelyeket vizsgálva az Egyesült Államokban. Az értékelés az AChecker, a WAVE és SortSite eszközökkel történt. Król és mtsai. [9] értékelték a COVID-19 kórházi webhelyeket Lengyelországban a Google PageSpeed Insights, a

Blink Audit Tool, a Backlink Checker és a WAVE segítségével. Ezek a munkák azt sugallták, hogy az automatikus eszközök hatékonyak a COVID-19 webhely hozzáférhetőségi értékelésében. Ezért ebben a tanulmányban két népszerű internetes akadálymentesítési eszközt alkalmaztunk a COVID információs webhelyek értékeléséhez Európa szerte.

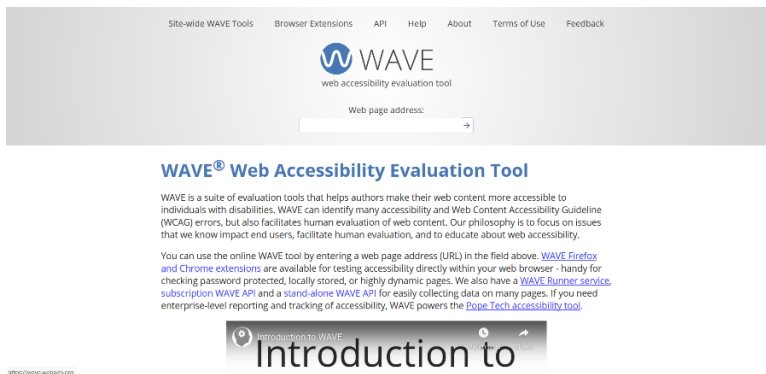
Először két népszerű nyílt forráskódú webes automatikus tesztelőt vizsgáltunk, hogy alkalmasak-e a kutatásunkhoz. Ezek a WAVE [10] tesztelő és a WEB accessibility testing tool [11] voltak. Ezután 13, COVID-19 hivatalos kormányzati webhelyet értékeltünk velük az európai régió különböző részeiről. Végül a világszerte használt System Usability Scale (SUS) [12] használhatósági kérdőívet módosítottuk egy WEB használhatósági kérdőívvé és ezt a kérdőívet töltöttük ki külföldi felhasználókkal. Ezen használhatósági tesztelésen keresztül gyakorlatilag megerősítettük az automatikus tesztelők által kapott eredményeket.

Akadálymentességi automatikus tesztelők

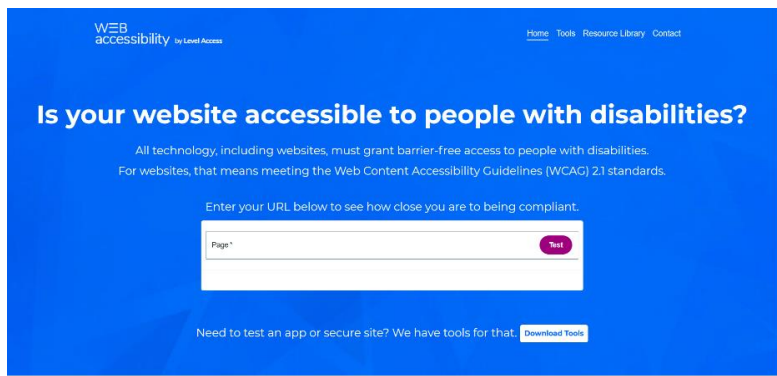
Ebben a kutatásban 12 európai ország 13 webhelyét értékeltük. Az országok a következők: Ausztria, Észtország, Franciaország, Görögország, Horvátország, Hollandia, Írország, Izland, Lettország, Luxemburg, Németország és Svájc. A webhelyek keresése és összegyűjtése után két automatikus tesztelővel végeztük a vizsgálatot. Ezek a fentebb említett WAVE és a WEB testing tool voltak.

A **WAVE** [10] egy ingyenes, nyílt hozzáférésű, webes automatikus tesztelő, (mely egyszerre csak egy oldalt tesztel). A tesztelésről a jelentést a hibák, kontraszthibák, riasztások, funkciók, szerkezeti elemekkel kapcsolatos problémák, a hozzáférhető internetes alkalmazás és a normál és nagy kontextus szerinti szövegméret alapján állítja elő. Az 1. ábra a WAVE tesztelő eszköz képernyőképét mutatja.

A **WEB accessibility test tool** [11] egy ingyenes, nyílt forráskódú szoftver, amely a teljes böngésző (Chrome, Firefox stb.) számára elérhető automatikus tesztelő. Jelentéseket készít a megfeleléségi pontszámok, az azonosított „jogsértések” és az automatizált teszteredmények alapján. Ezenkívül számos más vizsgálatot is javasol, amelyeket a további eredmények érdekében el kell végezni. A 2. ábrán a WEB accessibility test tool képernyőképe látható.



1. ábra: A WAVE tesztelő képernyő képe



1. ábra: WEB accessibility test tool képernyő képe

Eredmények

Miután a **WAVE** automatikus tesztelővel értékeltük a webhelyeket, az eredmény azt mutatja, hogy a webhelyek jelentős része akadálymentesítési problémákkal küzd. Bár a hozzáférhetőségre vonatkozó irányelvek biztosítása elengedhetetlen követelmény ahhoz, hogy a webhely elérhető legyen a közösség számára. Az 1. táblázat a WAVE tesztelő által talált leggyakoribb hibákat mutatja be a nem figyelembe vett irányelvek sorrendjében. Összesen 64 hibát találtunk 13 webhelyen, amelyek közül az összes hiba potenciális hiba. Ezenkívül a webhelyek mindössze csupán 23%-a ment át sikeresen a WAVE tesztelési eszközön.

3 táblázat: A WAVE tesztelővel talált leggyakoribb hibák száma

WCAG irányelv	Hiba	Hibák száma
1.1.1 Nem-szöveges tartalom (A szint)	Üres gomb	12
	Szövegalternatíva hiányzik	1
2.4.4 Hivatkozás célja (kontextusban) (A szint)	Üres link	25
	Képhez hiányzik az alternatív szöveg	3
2.4.6 Fejlécek és címkék (AA szint)	Üres címsor	3
2.4.9 Hivatkozás célja (csak hivatkozás) (AAA szint)	Linkelt kép hiányzik	1
	Hiányos link	4
3.1.2 Szövegrészek nyelve (AA szint)	A nyelv megadása hiányzik	6
3.2.1 Fókuszba kerülés (A szint)	Hiányos ARIA hivatkozás	6
3.3.2 Címkék vagy utasítások (A szint)	Úrlapcímke hiányzik	3

A **WEB accessibility test tool** tesztelési eredménye szerint a webhelyek többségének vannak akadálymentesítési problémái. A 2. táblázat tesztelés során leggyakrabban előforduló hibákat mutatja be a hibaszámok csökkenő sorrendjében. Összesen 66 hibát találtunk a webhelyek tesztelése során ezzel az automatikus tesztelővel. Az összesített eredmény szerint a weboldalak csupán 15% -a ment át sikeresen a WEB accessibility testing tool automatikus tesztelő eszközén.

4. táblázat: WEB Accessibility tool által talált hibák száma

WCAG irányelv	Irányelv értelmezése, hiba javítási javaslat	Hibák száma
1.1 Szövegalternatívák	Szövegalternatíva biztosítása nem-szöveges formátumú tartalomhoz.	32
2.4.4 Hivatkozás (kontextusban)	A hivatkozás célja a hivatkozás szövegéből meghatározható legyen, vagy a hivatkozás szövegéből és az algoritmikusan meghatározható kontextusából.	13
3.2.1 Fókuszba kerülés	Az ARIA régiók, HTML szakaszok azonosíthatók legyenek..	6
	A tartalom definíciós dokumentum (pl. HTML, XHTML) jól formázott elemeket tartalmazzon	5
	Az ARIA állapotok és tulajdonságok érvényesek legyenek	3
	Az al-listák megfelelően jelöltek legyenek	3
2.4.2 Oldalcím	Győződjön meg arról, hogy az oldalak a címelemet használják	1
	Adjon meg egy leíró párbeszédpanelt	1
3.1.1 Az oldal nyelve	Győződjön meg arról, hogy a dokumentum nyelve be van állítva	1
1.4.5 Képként reprezentált szöveg	Győződjön meg arról, hogy a képek informatív alternatív szöveget tartalmaznak	1

Az automatikus tesztelő eszköz eredményeinek értékeléséhez a **System Usability Scale (SUS)** [12] használhatósági tesztelésre összpontosítottunk. A 3. táblázat bemutatja a rendszer használhatóságának tesztelésére szolgáló általunk használt kérdőívet. A rendszer használhatósági tesztelésével hiányosságot találtunk az információábrázolásban, a szervezésben és a magyarázatban. Az információábrázolás módja nem következetes. A tartalom vagy információ szervezése nem hatékony, és az információ magyarázata nem részletes. A webhelyek mindössze 38% -a akadálymentes és hozzáférhető a fogyatékkal élők számára. A webhelyek 15% -ánál a fogyatékkal élő felhasználóknak segítségre van szükségük a webhelyek használatához.

5. táblázat: Rendszer használhatósági kérdőív és kérdései

Kérdések	Egyáltalán nem érték vele egyet				Teljes mértékben egyetérttek
	1	2	3	4	5
1. Úgy gondolom, hogy gyakran szeretném használni ezt a weboldalt.	○				
2. Ezt a weboldalt feleslegesen bonyolultnak találom.		○			
3. Úgy gondoltam, hogy ez a weboldal könnyen használható.	○				
4. Úgy gondolom, hogy segítségre lenne szükségem a weboldal használatához.					○
5. Úgy találtam, hogy a webhely különböző funkciói jól integráltak.					○
6. Azt hiszem, túl sok következetlenség van ezen a weboldalon.				○	
7. Elképzelem, hogy a legtöbben nagyon gyorsan megtanulják használni ezt a weboldalt.			○		
8. Nagyon körülményesnek/kínosnak találtam ezt a weboldalt használni.		○			
9. Nagyon magabiztosnak éreztem magam a weboldal használata közben.			○		
10. Sok mindent meg kellett tanulnom, mielőtt elkezdhettem használni ezt a webhelyet.					○

A felhasználók a fenti 10 kérdés mindegyikét 1-től 5-ig rangsorolják.

Ezután kiszámítjuk a páratlan kérdések értékét a következőképpen:

$$Qérték(páratlan) = X_n - 1; \text{ ahol } n = 1,3,5,7,9 \quad (1)$$

majd kiszámítjuk a páros kérdésekre vonatkozó értéket:

$$Qérték(páros) = 5 - Xn; \text{ ahol } n = 2,4,6,8,10 \quad (2)$$

Majd a (3)-as egyenlet alapján kiszámítjuk a SUS kérdőív teljes pontszámát.

$$SUSérték = \sum_{n=1,3,5,7,9}(Xn - 1) * 2.5 + \sum_{n=2,4,6,8,10}(5 - Xn) * 2.5 \quad (3)$$

A webhelyek minőségének meghatározásához hat minőségi paramétert állítunk be a SUS pontszám alapján, ezek a 4. táblázatban láthatóak.

4. táblázat: SUS minőségértékeési paraméter

SUS érték	Értékelési szint
90-100	legjobb
80-89	kiváló
70-79	jó
50-69	„még” megfelelő
30-49	rossz
1-29	legrosszabb

A webhelyek SUS-pontszám alapján történő értékelése után mindössze 15%-a volt a legjobb minősítésű (100 és 97,5 ponttal). A webhelyek 38%-a (75; 77,5; 75,5; 72 pontszámmal) jó minősítésűnek bizonyultak. Ezek a webhelyek bizonyos fogyatékkal élők számára hozzáférhetőek. A többi webhely nem rendelkezik megfelelő funkcionalitással vagy akadálymentességgel (65; 65; 57,5; 57; 42,5; 42; 40; 25 pontszámmal) így a webhelytulajdonosoknak át kell gondolniuk webhelyük újra tervezését és akadálymentessé tételét.

Eredmények, megbeszélés

Az automatikus akadálymentességi tesztek és a rendszer használhatósági tesztelési eredmények szerint a webhelyek többsége nem hozzáférhető vagy akadálymentes. Ez az eredmény azt mutatja, hogy az országok többségében nincsenek szigorú szabályok a hozzáférhető tartalom biztosítására, és a webfejlesztők nem ismerik az akadálymentességre vonatkozó irányelveket. Mind az automatikus eszközökkel kapott tesztelési eredmények, mind a rendszer használhatósági tesztelésének pontszáma nem kielégítő. Ezért több kutatásra és figyelemfelkeltésre lenne szükség. Ezek ugyanolyan fontosak ahhoz, hogy a webhelyeket vagy a webes tartalmat minden felhasználó számára hozzáférhetővé tegyük.

Összefoglalás

Ebben a kutatásban a COVID-19 információkkal foglalkozó hivatalos kormányzati weboldalak vizsgálata volt a célunk. Összesen 13 weboldalt teszteltünk és elemeztünk az európai régió különböző részeiből. A webhelyek értékeléséhez két népszerű automatikus eszközt és egy módosított rendszer használhatósági kérdőívet használtunk. A kutatás eredménye azt mutatja, hogy kevés webhely követi az akadálymentesítésre vonatkozó szabványos irányelveket. Ez a kutatás azonban segítheti az országok akadálymentességi előírásaival foglalkozókat és a webtervezőket, hogy javítsák webhelyeik hozzáférhetőségét az akadálymentes online tartalom biztosítása érdekében.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetet mondanak a Széchenyi 2020 program EFOP-3.6.1-16-2016-00015 számú projektje támogatásának.

Hivatkozások

- [1] WCAG: <https://www.w3.org/WAI/standards-guidelines/wcag/>
- [2] Sik Lanyi, C., Czank, N., & Sik, A. (2011). Testing the accessibility of websites. *International Journal of Knowledge and Web Intelligence*, 2(1), 87-98.
- [3] Padure, M., & Pribeanu, C. (2020). Comparing six free accessibility evaluation tools. *Informatica Economica*, 24(1), 15-25.
- [4] Lamos, V., Majumder, M.S., Yom-Tov, E. *et al.* Tracking COVID-19 using online search. *npj Digit. Med.* 4, 17 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41746-021-00384-w>.
- [5] Chande, A., Lee, S., Harris, M., Nguyen, Q., Beckett, S. J., Hilley, T., ... & Weitz, J. S. (2020). Real-time, interactive website for US-county-level COVID-19 event risk assessment. *Nature Human Behaviour*, 4(12), 1313-1319.
- [6] WHO Regional Office for Europe: [tps://www.euro.who.int/en/health-topics/Life-stages/disability-and-rehabilitation/areas-of-work/disability](https://www.euro.who.int/en/health-topics/Life-stages/disability-and-rehabilitation/areas-of-work/disability)
- [7] Abascal, J., Arrue, M., & Valencia, X. (2019). Tools for web accessibility evaluation. In *Web Accessibility* (pp. 479-503). Springer, London.
- [8] Alismail, S., & Chipidza, W. (2021). Accessibility Evaluation of COVID-19 Vaccine Registration Websites across the United States. *Journal of the American Medical Informatics Association*.
- [9] Król, K., & Zdonek, D. (2021). The Quality of Infectious Disease Hospital Websites in Poland in Light of the COVID-19 Pandemic. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(2), 642.
- [10] WAVE: <https://wave.webaim.org/>
- [11] WEB accessibility: <https://www.webaccessibility.com/>
- [12] System Usability Scale: <https://www.usability.gov/how-to-and-tools/methods/system-usability-scale.html>

Weblapokra vonatkozó esélyegyenlőséget fejlesztő ajánlások megfogalmazása a Semmelweis Egyetem weblapjainak akadálymentességi vizsgálata alapján

Bede-Fazekas Eszter¹, Dr. Sándor Zoltán¹

¹ Semmelweis Egyetem, Egészségügyi Közszolgálati Kar, Digitális
Egészségtudományi Intézet
bedefeszti99@gmail.com
sandor.zoltan@public.semmelweis-univ.hu
1094 Budapest, Ferenc tér 15.

Összefoglaló: Jelen kutatás a Semmelweis Egyetem intézményi weblapjainak akadálymentességét vizsgálja. Az adatok a Semmelweis Egyetem központi honlapjáról származnak, a kutatásban a legújabb Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) irányelvek lettek figyelembe véve, a 177 intézményi honlap tesztelése a WAVE tesztelővel történt meg, valamint a kapott eredmények leíró statisztika segítségével lettek elemezve. Továbbá a kutatás általánosan elemzi az ilyen kategóriájú honlapok esetén gyakran előforduló hibatípusokat is, valamint ezekre a hibatípusokra kínál megoldási javaslatokat a honlapok szerkesztőinek, melyek segítik a könnyebb hozzáférhetőséget akadálymentességi szempontból. Az ajánlások leginkább HTML kódolásra és a tartalom szerkesztés bizonyos módszereire vonatkoznak, melyekkel kiküszöbölhetők vagy javíthatók a hibák.

Bevezetés

A 20. század végén a technika rohamosan elkezdett fejlődni, olyannyira, hogy 2021-re a mindennapjaink részévé vált. Az ember már nem csak a munkához használja a számítógépet, hanem a társas kapcsolatai fenntartására, a hivatalos ügyek intézésére, vagy akár egészségügyi dokumentumainak megtekintésére. Ami az egészséges emberek számára csak pár kattintás az interneten, egy fogyatékkal élő számára sokkal több időbe kerülhet.

Hazánkban a 2011-es népszámlálási adatok alapján 490578 ember számít fogyatékossgal élőknek. [1] Bár a 2016-os mikrocenzus szerint a számuk lecsökkent 408021 főre, így is a lakosság 4,3%-a fogyatékkal élő személynek minősül. [2]

A problémára az akadálymentes weboldalak a megoldás. Akadálymentes oldalaknak nevezzük azokat a weboldalakokat, melyek bizonyos módszerek segítségével megkönnyítik a webhasználatot a fogyatékos emberek számára. Ez lehet egy egyszerű felirat a videó alá vagy az oldal kompatibilitása egy segítő technológiával, például egy felolvasó programmal. Az akadálymentes

oldalak létrehozására számtalan módszer létezik, de a 2000-es években kezdődött ezeknek a hivatalos szabályozása.

Magyarországon az első jelentős intézkedés 2007-ben történt, amikor a Magyar Országgyűlés kihirdette az ENSZ által készült egyezményt. [3] Az egyezmény első sorban a fogyatékos személyek jogairól szól és már ebben is említést tesznek arról, hogy az információs és kommunikációs szolgáltatásokhoz joguk van hozzáférni.

Az Európai Parlament és Tanács 2016-ban tett fontos lépéseket az esélyegyenlőség megteremtésére a digitális térben. A kiadott 4 alapelv a közszférabeli honlapok és mobilalkalmazások akadálymentesítéséről szóló irányelveket foglal magába. Az ez alapján készült Magyar törvényt 2018-ban adták ki. [4]

A közszférabeli honlapok akadálymentesítése azért is aktuális, mert 2021. december 23-ig minden országnak, ami az Európai Unióba tartozik, el kell küldenie egy jelentést. A jelentés összefoglalja, hogy az Irányelvek alapján mely honlapok és milyen szinten teljesítették az akadálymentesítésre vonatkozó elveket.

Célkitűzés

Jelen kutatásban a Semmelweis Egyetem intézményi weblapjainak akadálymentességét vizsgáltuk. A vizsgálat célja az volt, hogy az elemzett honlapok eredményei alapján weblapokra vonatkozó esélyegyenlőséget fejlesztő ajánlások fogalmazzunk meg. Ezen javaslatok a honlapok szerkesztőinek nyújthatnak segítséget, melyekkel akadálymentességi szempontból könnyebb hozzáférhetőséget lehet megvalósítani.

Módszer

A kutatás során a Semmelweis Egyetem intézményi honlapjait vizsgáltuk az egyetem egészére nézve, majd karok szerint csoportosítva, melyeknek a pontos listája az egyetem honlapjáról érhető el. [5] Hat csoport lett létre hozva a karok alapján, illetve az Egyéb kategóriába kerültek azok a honlapok, melyek egyik karhoz sem tartoznak.

A teszteket a WAVE (<https://wave.webaim.org/>) tesztelővel végeztük el. A tesztelés időszaka a 2021. szeptember 13. – 2020. október 03. időtartam volt.

Mindegyik egység oldalai közül 5-5 véletlenszerűen kiválasztott weboldalt részletesebben is megvizsgáltunk. A 35 darab weboldal tesztelése során nem csak a hibák, hanem a hibátípusok is összegyűjtésre kerültek.

A tesztelésekből kapott nyers adatokat Microsoft Excel 2016 táblázatkezelő szoftverrel tároltuk, majd az alkalmazás saját, bővítményként megtalálható „Adatelemzés” menüpontját használtuk az adatok leíró statisztikai kiértékelésére.

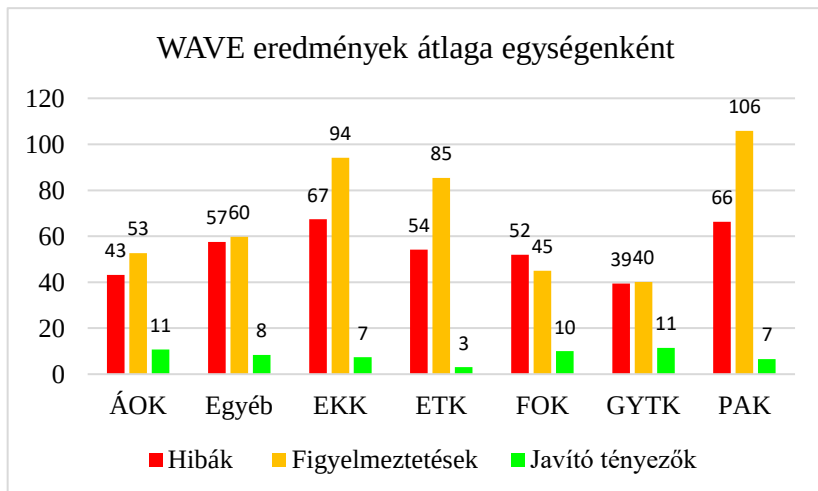
Eredmények

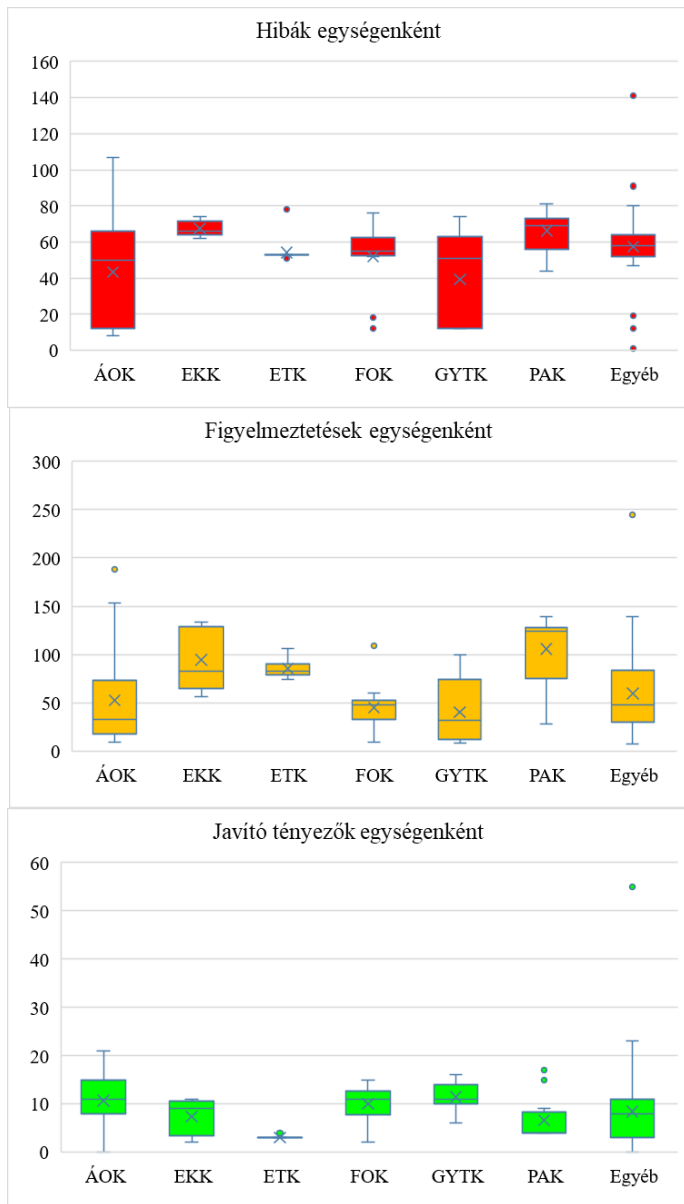
Az összes honlap esetén 189 weblapból 12 darab nem volt megtalálható vagy elérhető, tehát összesen 177 darab honlapot teszteltünk. A karokra bontás esetén a tesztelt honlapok darabszámai a következők: ÁOK (59), EKK (5), ETK (19), FOK (12), GYTK (7), PAK (12), Egyéb (63).

A WAVE tesztelő teljes egyetemi eredményei az 1. Táblázatban láthatók. A karok szerinti adatokat az 1. Ábra diagramjai szemléltetik.

1. Táblázat: Teljes egyetemi WAVE eredmények (darab)

	Hibák	Figyelmeztetések	Javító tényezők	Szerkezet	ARIA
Átlag ± Szórás	52±22	63±43	9±6	43±19	54±40
Medián	54	56	9	40	55
Módusz	53	74	3	39	2
Terjedelem	140	238	55	170	372
Minimum	1	7	0	0	0
Maximum	141	245	55	170	372





1. Ábra: WAVE eredmények egységenként (darab)

A 2. Táblázatban láthatók a vizsgálat során milyen hibatípusok fordultak elő és milyen számban.

2. Táblázat: Előfordult hibatípusok

Hibatípus neve angolul	Hibatípus neve magyarul	Darabszám
Very low contrast	Nagyon alacsony kontraszt	1266
Broken ARIA menu	Törött ARIA menü	308
Missing alternative text	Hiányzó alternatív szöveg	197
Linked image missing alternative text	Linkelt képhez hiányzó alternatív szöveg	77
Empty heading	Üres fejléc	63
Empty link	Üres link	61
Missing form label	Hiányzó űrlap elem	41
Empty form label	Üres űrlap elem	21
Broken ARIA reference	Törött ARIA hivatkozás	3
Empty button	Üres gomb	3

Következtetések

A Semmelweis Egyetem weboldalainak akadálymentességi állapotára vonatkozóan, a már korábban elvégzett nemzetközi és magyarországi vizsgálatokkal [6, 7] összehasonlítva, megállapítható, hogy a Semmelweis Egyetem honlapjainak akadálymentességi szempontból javításra van szüksége.

A különböző egységek akadálymentességi vizsgálatának eredményei alapján a GYTK teljesített a legjobban, ezzel szemben az EKK a legrosszabbul teljesítő egység a hibaátlagok szerint. Az eredmények alapján megállapítható, hogy az egységek közt akadnak nagyobb eltérések mind hiba, mind javító tényezők tekintetében, valamint az egységeken belül is nagy különbségek vannak az oldalak akadálymentessége között.

A WAVE tesztelő alapvetően 23 db hibatípust tud érzékelni, ebből a vizsgált honlapok esetén kevesebb, mint a fele, 10 db hibatípus fordult elő.

- Legnagyobb számban kontraszt hibák fordultak elő (1266 db). Erre megoldás lehet a szöveg és a háttér színének átállítása, mely a HTML kódban a *style* attribútumon belül a *color* és *background-color* elemek színének megváltoztatásával érhető el. A 18 pt-nél nagyobb betűméret

vagy félkövér betűtípus esetén külön figyelemmel kell lenni a színek beállítására, nem szükséges olyan magas kontrasztarány. A megfelelő színek beállítására különböző kontraszt típusok léteznek, mint például a hideg-meleg kontraszt, a fény-árnyék kontraszt vagy a szimultán kontraszt. A kontraszt ellenőrzésére rendelkezésre állnak különböző kontrasztarányt ellenőrző ingyenes eszközök (pl. Colour Contrast Analyzer). A szöveg és a háttér RGB színkódját beírva, megmutatja a konkrét arányszámot. Ennek segítségével mindig leellenőrizhető, hogy az általunk választott színek megfelelőek-e a WCAG 2.1 szabványban foglaltakkal.

- Törött ARIA menü 308 esetben fordult elő. Az ARIA menüknek a legfontosabb szerepe, hogy a menük megtekintéséhez elég a billentyűzetet használni, nem kell a kurzor. Két esetben fordulhat elő ez a hiba. Első eset, amikor a menüpont létezik, de nincsen szerepe, nem tartozik hozzá tartalom. Ebben az esetben a menüpont eltávolítható. Második eset, hogy létezik a menüpont és jól is működik, de eléréséhez nem elég a billentyűzet. A HTML kódban ez is orvosolható. Az *aria-controls* és *aria-checked* attribútumok beírása a különböző menüelemek bevitelekor beállítja a menükhöz tartozó billentyűzetvezérlést.
- Harmadik leggyakoribb hiba a hiányzó alternatív szöveg (197 db) volt. Az alternatív szövegek a képek leírásával segítik a vak és gyengénlátó felhasználókat. A HTML kód *img* tagjébe beírva az *alt* attribútumot és a hozzá való leírást, a hiba meg is oldódik.
- A linkelt képhez tartozó hiányzó alternatív szöveg esetén a képet egy link segítségével lehet elérni. A hivatkozás vagy a kép tagjébe itt is mindenképp be kell kerülnie az *alt* attribútumnak.
- Az üres fejléc esetén a fejléc elnevezése a megoldás. A *<h1>* elemek közé egy informatív és érthető címet kell megadni.
- Az üres linkeket vagy el kell távolítani vagy az *<a>* tag-be bele kell írni a hozzá tartozó URL címet.
- Az üres űrlap címke az űrlapvezérlő hiányzó címkéjét jelenti. Az üres címke esetén a hozzátartozó űrlap leírása és elemei nem jelennek meg a felolvasó programok számára. A probléma a *label* elem űrlaphoz rendelésével, az *aria-labelledby* elem címkékhez való hozzárendelésével vagy az űrlap cím részletesebb leírásával megoldható.
- A törött ARIA hivatkozás esetén a link kódjába az *aria-labelledby* vagy *aria-describedby* attribútum létezik, mely a kisegítő technológiáknak segít a hivatkozás értelmezésében, de a linkhez nem kapcsolódik tartalom. Ebben az esetben le kell ellenőrizni a hivatkozást vagy a fent említett

attribútumok kódolását a HTML-ben, hiszen előfordulhat, hogy kódolási hiba miatt nem működik a link.

- Üres gomb esetén a button elemhez szöveges tartalmat kell beírni vagy az input elemnek a *value* értéket kell adni és a gomb működőképpessé válik.

Az alábbi módszerek javaslatok a webmesterek és a honlapszerkesztők számára, melyekkel akadálymentesebb weboldalak megléte valószínűsíthető meg a fogyatékkal élő személyek számára.

Hivatkozások

- [1] Központi Statisztikai Hivatal: 2011. évi Népszámlálás 11. Fogyatékkal élők. https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszaki/nepsz2011/nepsz_11_2011.pdf
- [2] Központi Statisztikai Hivatal: Mikrocenzus 2016 A fogyatékos és az egészségi ok miatt korlátozott népesség jellemzői. https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszaki/mikrocenzus2016/mikrocenzus_2016_8.pdf
- [3] Magyar Országgyűlés: 2007. évi XCII. törvény a Fogyatékkal élők jogairól szóló egyezmény és az ahhoz kapcsolódó Fakultatív Jegyzőkönyv kihirdetéséről. <https://mta-tkk.hu/tudastar/2007-evi-xcii-torveny-a-fogyatekossaggal-elo-szemelyek-jogairol-szolo-egyezmey-es-az-ahhoz-kapcsolodo-fakultativ-jegyzokonyv-kihirdeteserol/>
- [4] Magyar Országgyűlés: 2018. évi LXXV. törvény a közsférabeli szervezetek honlapjainak és mobilalkalmazásainak akadálymentesítéséről. http://njt.hu/cgi_bin/njt_doc.cgi?docid=211209.360647#foot1
- [5] Semmelweis Egyetem: Minden szervezeti egysége és honlapja <https://semmelweis.hu/az-egyetemrol/az-egyetem-szervezete/se-szervezet/>
- [6] Sikné-Lányi C., Mihálykó-Orbán É.: Accessibility Testing of European Health-Related Websites, Arabian Journal for Science and Engineering volume, 44.11, 2019, 9171-9190.
- [7] Gál K. H., Sándor Z.: A NEAK járóbeteg és fekvőbeteg ellátást nyújtó intézmények weblapjainak akadálymentességi vizsgálata, A XXXIII. Neumann Kollokvium konferencia-kiadványa, 2020, ISBN 978-615-5036-19-4.