

Orvosi intelligencia alkalmazásai a távdiagnosztikában

Vassányi István, Végső Balázs, Dulai Tibor, Kozmann György, Pannon Egyetem

Szűcs Vilmos, Szegedi Tudományegyetem

Kósa István, Veszprém Megyei Csolnoky Ferenc Kórház-Rendelőintézet

Fiziológiai jelek és az életmód intelligens távdiagnosztikai informatikai rendszerekkel történő otthoni/munkahelyi megfigyelésével, folyamatos értékelésével hatékonyabbá tehető a prevenció és a rehabilitáció, új, magasabb szintű orvosi felügyeletre nyílik lehetőség. A cikkben röviden áttekintjük az otthoni betegápolás hazai motivációját, és bemutatjuk a ProSeniis távmonitorozó rendszer célkitűzéseit és első eredményeit. A fejlesztés alatt álló rendszer újdonsága a modern, testen viselt eszközökből nyert jelek együttes feldolgozása és a magas szintű lényegkiemelés. A rendszer prototípus-tesztje és a közösségi kísérletek 2011 májusában lezárultak, jelenleg az adatok és a tanulságok értékelése folyik.

Prevention and rehabilitation efficiency can greatly benefit from remote monitoring systems collecting and processing physiological and lifestyle related data. Home monitoring can also support a new level of professional medical supervision. The paper presents the motivations, targets and first results of the ProSeniis home monitoring system. A novelty of the system is the unified processing and high level feature extraction applied to data collected from pervasive or body worn devices. The system prototype has been delivered and living lab experiments have been performed with success, the first results of the detailed data analysis are now available.

BEVEZETŐ

A ProSeniis projekt célja innovatív, korszerű méréstechnikai és infokommunikációs technológiákkal támogatott megoldás nyújtása a telemedicina területén, elsősorban az időskorúak, továbbá a neurológiai betegségben (stroke, demencia, depresszió) szenvedők otthoni ápolására, felügyeletére és szekunder prevenciójára.

A lakásba telepített rendszer központi eleme az adatgyűjtő központ (Homehub), melyhez számos fiziológiai és mozgásérzékelő szenzor vezeték nélkül kapcsolódik. A kitélepített mérőrendszerek folyamatos kapcsolatban vannak a rendszerközponttal, ahonnan minden Homehub, illetve az általa felügyelt szenzorkörök távolról konfigurálhatók. Az Alpha rendszer felépítéséről részletesebben lásd korábbi cikkünket az IME folyóiratban [1].

A hasonló megoldásokhoz képest a ProSeniis erőssége a fejlett orvosi intelligencia alkalmazása az adatfeldolgozásban. A lényegkiemelés és aggregálás az egyes szenzor-

körök szintjén automatikusan történik. A származtatott adatok kombinálhatók absztrakt változókból és eseményekbe, melyek az orvos számára érthető klinikai tartalommal bírnak, ezért lehetővé teszik a beteg állapotának gyors megítélését. A mérő- és adatfeldolgozó rendszer személyre szabását átparaméterezhető, kombinálható megfigyelési sablonok („életmód támogatási minták”) segítik. A cikkben bemutatjuk az adatfeldolgozás fő elemeit és a közösségi kísérletekben szerzett eddigi tapasztalatokat.

AZ ADATFELDOLGOZÁS MÓDSZEREI

Az adatfeldolgozás a következő nyers jeleken kerül végzésre: EKG, vérnyomás, vércukor, testsúly, csuklón viselt gyorsulásmérő (Aktigráf), lakásba telepített infravörös mozgásérzékelő rendszer (QuietCare). A jelfeldolgozó módszerek egy része offline módon kerül futtatásra, mivel az algoritmusok még nem kerültek integrálásra a Homehub architektúrába – így viszont a kiértékelés sebessége és rugalmassága nagyságrendekkel magasabb, ami egy kísérleti kutatás-fejlesztéshez jobban is illeszkedik. Az egyes szenzorköröket a következőképpen dolgozzuk fel:

- EKG: a mért nyers jelet előszűrések után a betegnél történő kitélepítéskor mért referencia-méréshez viszonyítja az algoritmus. A cél nem a diagnózis, hanem a különböző paraméterek szignifikáns és trendszerű változásának a jelzése. A jeleken QRS detektálás, QRS klasszifikáció, Poincare távolságok megállapítása, szívfrekvencia-számítás és QRS korreláció történik.
- Aktigráf: a csuklón mért nyers jelekből számított gyorsulás vektoron történő különböző csúszó ablakos integrálások és korrelációs vizsgálatok alapján lépésdetektálás, mozgásmennyiség-jellemzés és elesés detektálás történik. A lépésdetektálás felhasználja a beteg referencia-sétáját, melyet a rendszer kitélepítésekori rögzítettek.
- Vérnyomás, testsúly, vércukor: a mért alapadatok validálása után trendanalízisnek vetjük alá azokat, melyből krónikus változások is detektálhatók.

A mozgásérzékelő rendszerből származó jelek feldolgozását az alábbiakban részletezzük.

A jelfeldolgozás intelligens vonatkozását a szenzorok és szenzorkörök származtatott adatainak közös, összevont kiértékelése jelenti. Erre példa jelenleg a fél-automatikusan végzett elesés detektálás, ahol a csuklón viselt gyorsulásszenzor jeleiből egy automatikus eljárás detektálja a lehetséges elesési időpontokat, majd a QuietCare és egyéb szenzorok jeleiből egyelőre manuálisan kerülnek igazolásra a tényleges elesésről szóló gondozói jelentések.

VISELKEDÉSI MINTÁZATOK ELEMZÉSE

A mozgásérzékelő rendszer elemzésének a célja a jellemző viselkedési mintázatok azonosítása, illetve ezek jelentős vagy trend-szerű változásának jelzése. Ez azért lényeges, mert a célcsoportot neurológiai betegségekben (dementia, Parkinson-kór, Alzheimer-kór, stroke) szenvedő idős emberek alkotják, akik esetén a mozgási mintázat változása pontosabb képet adhat a betegség progressziójáról, mint akár a telemedicinális fiziológiai adatok. Az elemzés fő lépései:

- Adattisztítás: kiszűrjük és a további elemzésből elhagyjuk azokat a napokat, amikor az adatgyűjtő rendszer túl zajosan működött.
- Statisztikai elemzés: általános, adott periódusra vonatkozó statisztikai jellemzőket számítunk
- Mozgási mintázatok azonosítása. A beteg egyes tevékenységeinek a mozgásérzékelő rendszer különböző zónaváltás-mintái felelnek meg. Például a takarításnak sok mozgás egy-két zónán belül, egy éjszakai wc-látogatásnak a zónaváltások bizonyos sorozata.

Statisztikai elemzés

A egyes zónák egymás utáni aktivitási sorrendjéből betegenként egy adott időszakra (pl. egy hétre) számítható az átmeneti valószínűségeket tartalmazó sztochasztikus mátrix, a mátrix sajátvektorainak számításával pedig az ún. szoba-preferenciák. A szoba-preferencia értékek tulajdonképpen azt adják meg, hogy ha egy „véletlen bolyongó” bármelyik helyiségből elindulva a mátrixban megadott valószínűségek szerint megy át egy másik helyiségbe, akkor milyen valószínűséggel fog egy-egy helyiségbe belépni. A preferenciákat betegenként kiszámítjuk a megfigyelés heteire. Ezek az értékek, más hasonló jellemzőkkel együtt, jó áttekintést adnak a beteg kedvelt tartózkodási helyéről, az értékek jelentős vagy trend-szerű változása pedig kapcsolatban lehet a beteg klinikai állapotával.

Mozgási mintázatok

Mivel nem áll rendelkezésre az egyes betegek előzetesen ismert viselkedési modellje, a célunk a zónán belüli és zónaváltás-eseményekből álló eseménysorok gyakori mintáinak a keresése. A szakirodalom az ilyen esetekre dimenzió-csökkentést és szekvencia-elemzést javasol [2]. A dimenzió-csökkentést, vagyis a nagyszámú zónaváltás-eseményből kevesebb, magasabb szintű esemény létrehozását több lépcsőben valósítottuk meg:

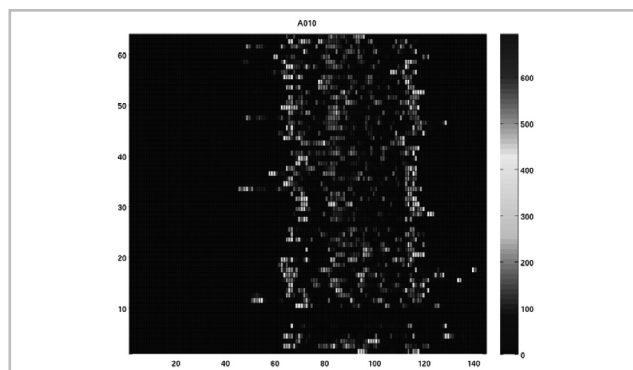
- A zónán belüli egymás utáni mozgásokat összevontuk egy zóna-tevékenységbe, melynek intenzitására jellemző a belső események száma. Így kaptuk az első szinten aggregált eseménysort.
- Az első szinten aggregált eseménysorban egy adaptív algoritmusmal összevontuk az egymást sűrűn követő, rövid ideig tartó eseményeket egy „járáslás” tevékenységbe. Így kaptuk a második szinten aggregált eseménysort.

A két szintű aggregálásnak köszönhetően a betegek egy napra jutó átlagos eseményszáma a kezdeti több ezer nyers szenzoreseményről lecsökkent napi 50-70 tevékenységre, melyek mindegyikét az időtartama és intenzitása is jellemzi. Ezután ebben a tevékenység-sorban, heti összesítésben kerestük meg a leggyakoribb, 2, 3, illetve 4 hosszúságú részsorozatokat, remélve, hogy ezek jellemzik a beteg tipikus mozgási mintáit. Az eddig feldolgozott adatok alapján az első néhány leggyakoribb minta valóban ugyanaz minden héten, bár gyakoriságuk kis mértékben változik. Mindenesetre a gyakori minták halmaza jellemzi a beteg mozgását, ezért a végrehajtásukhoz szükséges átlagos idő változása jellemző lehet a beteg általános mozgási sebességére, ami, különösen változásait tekintve, a neuro-degeneratív betegségek esetén fontos információ.

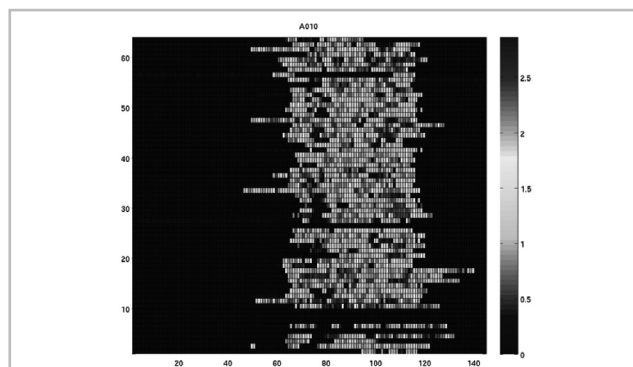
A mozgás egységes értékelése

A betegek mozgására nem csak a Quietcare mozgásérzékelő rendszer, hanem a csuklón viselt Aktigráf adataiból számított mozgásintenzitás és lépésszám is jellemző. A két forrást kombinálva a gondo- és az orvos számára jól áttekinthetően lehet a beteg aktivitását értékelni és megjeleníteni.

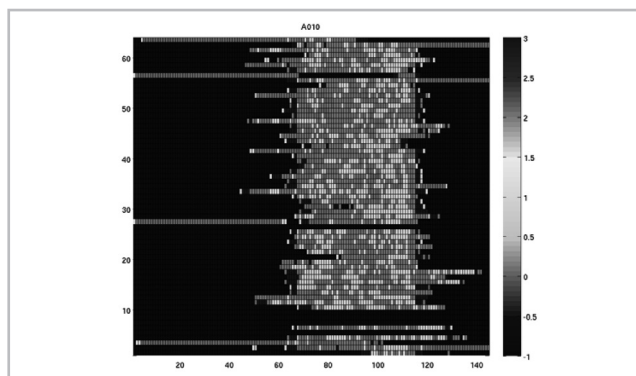
A következő ábrákon egy páciens lépésszáma, mozgásintenzitása, és az ezekből számított kombinált mozgásmintázata látható az évlaboros fázisban eltöltött 60 nap során, 10 perces bontásban. Minden sor egy nap, egy-egy szürke árnyalattal színezett cella 10 percet jelent a vízszintes időtengelyen. A cellák színe mozgás intenzitásával változik a jobb oldali relatív



1. ábra
Lépésszám-mintázat (magyarázat a szövegben)



2. ábra
Mozgási intenzitás mintázata (magyarázat a szövegben)



3. ábra
Kombinált mozgási mintázat (magyarázat a szövegben)

színskála szerint. Jól láthatóan kirajzolódik a beteg napi életvittele: a felkelés, lefekvés, étkezés hozzávetőleges időpontja.

A számított változók felhasználása

A gyakori mozgási minták és a szobapreferencia mellett még több mint húsz olyan egyszerű változót számítottunk, mint pl. az éjszakai és nappali alvások időtartama, a hűtőnyitások száma stb. Ezekhez az egyéb fiziológiai szenzorkörökből még egyszer ennyi változó jön még, melyek mindegyike jellemző lehet a szubjektív vagy objektív klinikai állapotra. A változók nagy része egy napra vonatkozik, kisebb része egy hétre (mint pl. a gyakori mozgási minták átlagos időszükséglete). Célunk, hogy a változókat a betegek egy része által vezetett napló szubjektív értékeléseivel és az orvosi státusszal összevegyessük, és megtaláljuk az egyes betegcsoportokban a státuszt legjobban leíró és előrejelző változókat. Természetesen az alacsony betegszám miatt az eredmény orvosi diagnosztikai szempontból nem lesz szignifikáns, azonban jó irányt mutathat a későbbi fejlesztésekhez.

TAPASZTALATOK A KÖZÖSSÉGI KÍSÉRLET ALAPJÁN

A ProSeniis rendszer használhatóságát és hasznosságát élőlaboros közösségi kísérletek alapján szeretnénk volna igazolni. Az utóbbi év során 3 különböző fázisban hajtottunk végre ilyen kísérleteket, összesen körülbelül 40 személy bevonásával, összességében megközelítőleg 200 megfigyeléssel telt hónap adatát gyűjtöttük össze. A résztvevő orvosok és páciensek részéről tapasztalt befogadóképesség meglehetősen jó

volt, tekintve, hogy a páciens célcsoport jellemzően az idősebb korosztály, akiknél akár egy érintőképernyős eszköz használata is jelenthet problémát. Ennek ellenére a megfigyelt személyek többsége inkább csak a Homehub eszköz hangos ventilátorára vagy az Aktigráf óra kivételű eszköz csuklópántjára panaszkodott, ami meglehetősen biztató a kitelepített mérőrendszer használhatóságára és elfogadottságára nézve.

A következő vizsgált szempont a mért jelek kiértékelhetőségére vonatkozott, itt tapasztalataink szerint az egyszerű és már elterjedten használt mérőberendezésekből (vércukor, vérnyomás, testsúly) származó jelek magas megbízhatósággal szolgáltatják az adatot. Az EKG adatok mérésére a konzorcium által fejlesztett szárazelektrodás mérőpados megoldás, ami tenyérrel méri az I-es elvezetést, megfelelő hatékonyságúnak bizonyult, bár a legutóbbi kísérletek alapján a továbbfejlesztésére vonatkozóan tudunk még megállapításokat tenni. A passzív infravörös mozgásérzékelő rendszer (QuietCare) nyers adatai meglehetősen sok zajt tartalmaznak, ezért a manuális és automatizált jelfeldolgozó eljárásokra messzemenőkéig kell számítani. Az Aktigráfból származó, csuklón mért gyorsulás adatok megbízhatósága is magas, jól mutatják a páciens napi aktivitását – viszont a jelenleg a betegekhez kitelepített töltő konstrukcióján szükséges volt változtatni a készülék feltöltésének nehézsége miatt.

ÖSSZEFOGLALÁS

A cikk röviden bemutatta a ProSeniis rendszerben gyűjtött jelek feldolgozásának módszereit, külön részletezve a viselkedési mintázatok elemzését. A projekt fontos erőssége más, hasonló munkákkal szemben a tényleges kipróbálás, az élőlaboros kísérletek lefolytatása, ahol fontos tudást szerzett a konzorcium a beteg-együttműködés, használhatóság és hasznosíthatóság kérdéseiről. Az élőlaboros adatok és a belőlük képzett magas szintű változók elemzése még folyik, a tapasztalatokat különösen neurológiai betegségekben szenvedő, idős betegek részére készített otthoni monitorozó rendszerekben lehet majd hasznosítani.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A cikkben bemutatott munkát az AALMSRK OM-00191/2008v sz. projekt támogatta.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Bognár Attila, Vassányi István, Végső Balázs, Dulai Tibor, Tarjányi Zsolt, Kósa István, Kozmann György „Alpha: Otthoni távmonitorozás és döntéstámogatás” IME VIII. évfolyam 8. (2009) 52-55.
- [2] Atallah L, Yang G-Z. The use of pervasive sensing for behaviour profiling – a survey. Pervasive and Mobile Computing. 2009;5(5):447-464.

Vassányi István bemutatása lapunk VI. évfolyamának 7. számában, **Végső Balázs és Kozmann György** bemutatása lapunk VII. évfolyamának képalakító különszámában, **Dulai Tibor** bemutatás lapunk VIII. évfolyamának 8. számában, **Kósa István** bemutatása pedig lapunk VIII. évfolyamának 6. számában olvasható.