

Önálló laboratórium beszámoló

Dolgozat címe:

Turisztikai alkalmazás készítése - GSM alapú helymeghatározás

Konzulens neve: Tihanyi Attila

A Hallgató a kitűzött feladatot megfelelő színvonalon és a kiírásnak megfelelően

teljesítette

nem teljesítette

Konzulens aláírása

Hallgató neve: Vitályos Brigitta

Képzés: IANI-MI

Leadás dátuma: 2012.05.21.

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	3
1.1 <i>A feladatom ismertetése</i>	3
2. Előzmények.....	4
2.1 <i>Az adatbázis</i>	4
3. Bázisállomások lokalizálása	5
3.1 <i>Felhasznált eszközök.....</i>	5
3.2 <i>Módszer.....</i>	5
3.3 <i>Eredmények.....</i>	6
3.4 <i>Következtetések</i>	8
3.5 <i>Tanulság.....</i>	20
4. Független komponens analízis	21
4.1 <i>Eszköz.....</i>	22
4.2 <i>Analízis.....</i>	22
4.3 <i>Következtetés.....</i>	22
5. Összefoglalás.....	23
6. Köszönetnyilvánítás	24
7. Irodalomjegyzék.....	25

1. Bevezetés

Jelen dolgozatomban egy mobil turisztikai alkalmazás fejlesztésével foglalkoztam, amely az egyetemen implementált GSM alapú helymeghatározásra épül. A helymeghatározási feladatokat a munkacsoportban egymás között szétosztottuk. Az egész rendszer egy GPS alapon felvett referencia hálózat és egy GSM vételi jelszint térkép összevetésére alapul. Az adatgyűjtés során különböző eszközökből és különböző módokon keletkezett adatok kerültek egy „mobilhely” nevű adatbázisba. Az adatbázis GSM adatainak felhasználásával, kell módszert találni a fizikailag közel eső pontok keresésére. Mivel az adatbázis már jelenlegi formájában is sok rekordot tartalmaz, ha megtalálunk egy jól használható és paraméterezhető „távolság” fogalmat leíró rendszert, annak segítségével pozíciót meghatározni is lehet, de alkalmas az adatbázis tömörítésére is. Feladata megközelítése során kihasználjuk a GSM terjedésről tanultakat, az analízis ismeretek alapján megpróbálunk veszteségesen tömöríteni valamilyen ismert módszerrel, és a megkívánt eredmény felől közelítve előre meghatározott mérési pontthalmazok között teszünk különbséget. A saját módszereink és mások eredményeinek összevetéséből határozzuk meg a tovább követendő irányt.

1.1 A feladatom ismertetése

A helymeghatározáshoz szükséges a sugárzó bázisállomások helykoordinátáinak ismerete vagy legalábbis annak egy jó közelítése. Mivel a telefonszolgáltatók bizonyos okok miatt ezt nem teszik lehetővé, ezért méréseket kell végezni azon a területen, melyet le szeretnénk fedni a helymeghatározási szolgáltatással. Ezekből a mérési adatokból lehet felépíteni a helymeghatározás alapját, ezekből az adatokból közelíthetők az adótornyok koordinátái.

Feladatom a bázisállomások helyének egy közelítése és ennek összevetése egy már meglévő megoldással. A <http://opensignalmaps.com/> honlap szintén a szolgáltató segítségével, önkéntes alapon történő mérésekkel térképezi fel a területeken lévő GSM adatokat és ez alapján közelíti a tornyok koordinátáit.

A félév végén annak vizsgálatára, hogy tömöríthetők-e a mérési adatok, független komponens analízist végeztem a rendelkezésre álló adatok egy részén.

2. Előzmények

Az egyetemen már régóta foglalkozik egy csoport a GSM alapú helymeghatározás témakörével. Rengeteg mérést végeztek és rögzítették egy adatbázisban. Az adatokon különféle analíziseket végeztek azért, hogy információt nyerjenek ki. Például azt, hogyan lehet a helymeghatározáshoz szükséges és megfelelő adatokhoz jutni a mérési adatokból, illetve lehetséges-e az adatbázis adatainak tömörítése és ez milyen módszerrel megfelelő.

Távolabbi cél egy működő turisztikai alkalmazás készítése, mellyel a városban, például Budapesten el lehet navigálni egy felhasználót egyik helyről a másikra gyalogosan vagy esetleg tömegközlekedést használva. Ebben az irányban is megkezdődtem már a munkák, a mobilalkalmazások készítése folyamatosan zajlik.

2.1 Az adatbázis

A már elkészített adatbázis PostgreSQL-t PostGIS kiegészítéssel alkalmazott, ezt használtam én is. Ez az adatbázis hét táblát tartalmaz:

- Attributes tábla: tartalmazza a mérés körülményeit (beltéri, kültéri, esős, stb.)
- Cell tábla: cella adatokat tartalmaz (helyzetazonosítók, frekvencia)
- Comments tábla: esetleges megjegyzéseket tartalmaz
- Device tábla: mérőeszköz típusát tartalmazza
- GPS tábla: GPS adatokat tartalmaz

Fontos attribútumai:

id: saját azonosító
mid: mérési azonosító
lat: latitude (szélességi fok)
lng: longitude (hosszúsági fok)
sats: a mérőeszköz által egyszerre látott holdak száma
alt: altitude (tengerszint feletti magasság)

- GSM tábla: GSM adatokat tartalmaz

Fontos attribútumai:

id: saját azonosító
gid: GPS azonosító
cid: cellaazonosító

- Measurement tábla: a mérés adatait tartalmazza (dátum, eszközazonosító)

3. Bázisállomások lokalizálása

A GSM adatok alapján történő helymeghatározásnál fontos adat a bázisállomások minél pontosabban meghatározott helyzete. Az alábbiakban a rendelkezésre álló adatok alapján közelíteni próbálom a tornyok koordinátáit és ezt összevetem a <http://opensignalmaps.com/> oldal alapján ismert bázisállomások adataival.

3.1 Felhasznált eszközök

Az egyetemen már elkészített adatbázist használtam a feladat végrehajtása során, amit az EMS SQL Manager for PostgreSQL programmal elemeztem. Nem volt szükségem az összes rendelkezésre álló adatra, csupán két táblát használtam: a `gps` és a `gsm` táblát. A két táblát `gsm gid` és `gps id` alapján kötöttem össze, a legfontosabb attribútumok, amiket vizsgáltam a cella azonosítók (`cid`) alapján: a `latitude (lat)`, azaz szélességi fok és a `longitude (lng)`, azaz hosszúsági fok.

3.2 Módszer

Az adótornyok pontos helye az adatbázis alapján nem mondható meg, de vannak lehetséges módszerek a koordináták becslésére.

Közelítésre azt a módszert választottam, mely szerint egy bázisállomáshoz tartozó pontokat egy ponthalmaznak tekintem, és ennek határozom meg a geometriai közepét. Ezt a következőképpen oldottam meg, Vinis Ádám beszámolója alapján:

A GPS táblához hozzáadtam egy geometriai típust, ami a `gps_geom2` oszlop lett.

```
SELECT  
AddGeometryColumn('gps','gps_geom2',4326,'POINT',2);
```

Azután ezt feltöltöttem:

```
update gps set gps_geom2 = st_geometryfromtext('POINT(' ||  
|| (((lng/100)- trunc(lng/100))/60*100)+(trunc(lng/100)) || ' ' ||  
|| (((lat/100)- trunc(lat/100))/60*100) + (trunc(lat/100)) || ')', 4326);
```

Végül a lekérdezés, amely egyetlen pontot ad vissza a bázisállomás közelített helyét:

```
SELECT st_askml(st_centroid(st_collect(gps_geom2)))  
FROM gps, gsm  
WHERE gps.id=gsm.gid AND gsm.cid=26 AND gps.lng>0 AND  
gps.lat>0;
```

3.3 Eredmények

Példa adatokat választottam, 30 darab bázisállomáshoz tartozóakat és a továbbiakban ezekkel dolgoztam.

Egy-egy adótorony koordinátáit közelítettem és ezekhez a <http://opensignalmaps.com/> honlapon a megfelelő tornyokat kerestem. Próbáltam a legközelebbi tornyokat választani az adatbázisból általam meghatározott koordinátákhoz. Ez alapján a következő táblázatot készítettem, melyben szerepelnek a közelített koordináták, a honlap alapján meghatározott koordináták, ezek közötti eltérés, távolság, illetve az általam meghatározott csoportok.

Adatbázis alapján			Honlap alapján		Eltérés a koordináták között		Csoportok
gsm.cid	lng	lat	lng	lat	lng	lat	
168	19,0853	47,4812	19,0645	47,4827	0,0208	0,0015	0.
176	19,0816	47,4896	19,0837	47,4973	0,0021	0,0077	
183	19,0734	47,4868	19,0688	47,4866	0,0046	0,0002	
184	19,0717	47,4894	19,064	47,4883	0,0077	0,0011	
200	19,0732	47,4951	19,0764	47,5034	0,0032	0,0083	
230	19,0857	47,4808	19,0864	47,4995	0,0007	0,0187	
235	19,0776	47,4891	19,081	47,499	0,0034	0,0099	
260	19,0268	47,5006	19,0271	47,5078	0,0003	0,0072	
165	19,0898	47,4793	19,065	47,4799	0,0248	0,0006	1.
169	19,0847	47,4809			0,0197	0,001	
167	19,0797	47,4884	19,069	47,4881	0,0107	0,0003	2.
179	19,0724	47,4878			0,0034	0,0003	
181	19,0726	47,487			0,0036	0,0011	
185	19,0713	47,4895			0,0023	0,0014	
240	19,0751	47,4894	19,068	47,489	0,0061	0,0013	3.
170	19,0753	47,4895			0,0073	0,0005	
172	19,0735	47,4894			0,0055	0,0004	
177	19,0707	47,4897	19,071	47,493	0,0003	0,0033	4.
190	19,0708	47,4903			0,0002	0,0027	
191	19,0713	47,4939			0,0003	0,0009	
205	19,0711	47,492			1E-04	0,001	
245	19,0735	47,4914			0,0025	0,0016	
256	19,0709	47,49008			1E-04	0,00292	
258	19,071	47,4909			0	0,0021	
194	19,0716	47,496	19,0699	47,4963	0,0017	0,0003	5.
250	19,0705	47,4958			0,0006	0,0005	
211	19,0251	47,5065	19,0255	47,506	0,0004	0,0005	6.
215	19,0252	47,5066			0,0003	0,0006	
220	19,0248	47,5032			0,0007	0,0028	
225	19,0246	47,5025			0,0009	0,0035	

Csoportok azért jöttek létre, mert a honlapon ezen a területen nem volt elég torony, így volt olyan eset, amikor több általam az adatbázisból választott bázisállomáshoz ugyanazt a tornyot találtam közel. Ezek a csoportok az elsőtől a hatodikig tartanak, kivétel a nulladik csoport, amelyben azok a koordináták szerepelnek, amelyekhez egyedi megfelelőt találtam.

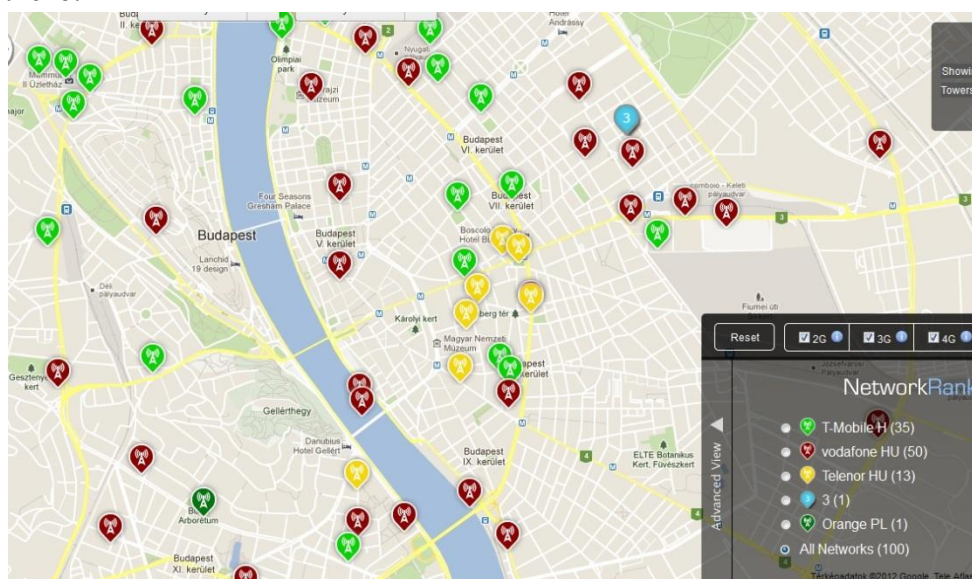
A táblázat csak számszerűen tartalmazza az adatokat, így nem elég szemléletes, ezért a pontokat térképen is ábrázoltam:



1. ábra - Bázisállomások becsült helyzete

A fenti képen sárga jelölőkkel látszanak az általam meghatározott bázisállomások koordinátái, majd különböző színekkel a csoportoknak megfeleltetett koordináták, kivétel a nulladik csoport.

Ennek a területnek a lefedettsége a <http://opensignalmaps.com/> szerint a következő.



2. ábra - Opensignalmaps.com lefedettség

3.4 Következtetések

Az eredményeim alapján több csoportba tudtam sorolni a mobilhely nevű adatbázisból származó bázisállomás koordinátákat. Ez alapján azt vizsgáltam, hogy milyen közös tulajdonsággal bírhatnak az egy csoportot képező adatok.

Először megvizsgáltam, hogy a különböző attribútumok között nincs-e felfedezhető matematikai háttér, de sajnos ilyet nem találtam. Ezután térképen ábrázoltam az egy bázisállomáshoz tartozó mérési pontokat és ez alapján próbáltam következtetéseket megfogalmazni. Legfőképp arra voltam kíváncsi, hogy helymeghatározási szempontból jelenthetnek-e ezek a csoportok akár egy pontot is.

- **1. csoport**

A bázisállomásokhoz tartozó ponthalmazok alapján nem tudtam ebben a csoportban következtetést levonni, ezért megnéztem a csoport pontjait még egyszer.



3. ábra - 1. csoport adótornyai

A képen is jól látszik, hogy főként szélességi fokban egyeznek meg. Valószínűleg azért kerültek egy csoportba, mert ezen a területen hiányosak a honlap adatai.

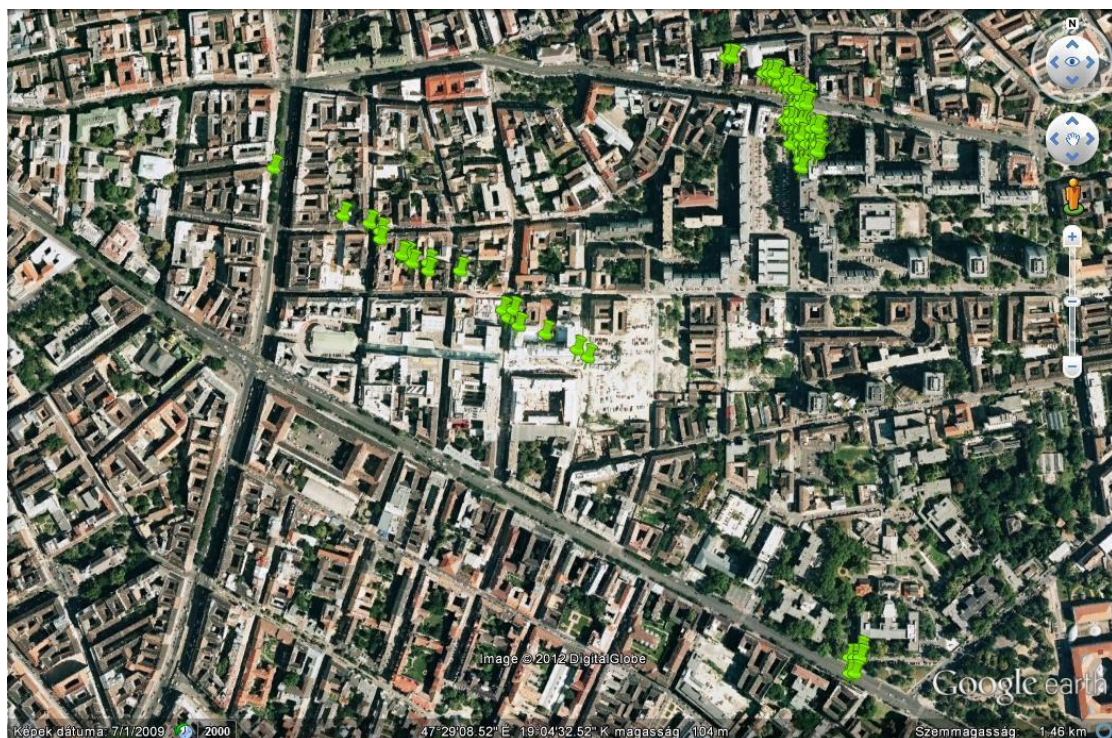
- **2. csoport**

Ebbe a csoportba öt bázisállomás esett az adatbázisból, ezek a következőképpen viszonyultak a referencia koordinátákhoz.



4. ábra - 2. csoport bázisállomásai

A pontthalmazok ábrázolása több információt nyújt.



5. ábra - 167-es bázisállomáshoz tartozó pontthalmaz



6. ábra - 179-es bázisállomáshoz tartozó ponthalmaz



7. ábra - 181-es bázisállomáshoz tartozó ponthalmaz



8. ábra - 185-ös bázisállomáshoz tartozó ponthalmaz



9. ábra - 220-as bázisállomáshoz tartozó ponthalmaz

Az 5. ábrától a 8. ábráig látható, hogy a pontok egy halmaza átlós vonalban helyezkedik el és házakon átível ez a vonal. Ezt okozhatta rossz mérés is, de közbeszólhatott a 9. ábrán jobban látható körsugárzó antenna is. Ezt a 9. képet összevetve az 5. és a 8. ábrával elképzelhető, hogy egy körsugárzó antenna jelét mérhették több helyen. Lehetséges, hogy ezen a helyen közel egymáshoz a forgalmi

terhelés miatt több bázisállomás is telepítve van és ezek más frekvenciákon sugároztak, ezért szerepelnek az adatbázisban különböző bázisállomásként.

- **3. csoport**

A csoportba csupán két bázisállomás tartozott bele az adatbázisból. Ez esetleg jelentheti azt is, hogy elég közeli az egyezés, így egy bázisállomásnak tekinthetők helymeghatározási szempontból.



10. ábra – 3. csoport adótornyai



11. ábra - 170-es bázisállomáshoz tartozó ponthalmaz



12. ábra - 172-es bázisállomáshoz tartozó ponthalmaz

Ebben az esetben is megjelenik egy átlós vonal a házak felett a 12. képen, ez betudható esetleges rossz mérésnek.

Megfigyelve az előző csoport képeit nagy a hasonlóság, főleg a 9. és a 11. ábra között. Mégis a honlapon ehhez két bázisállomáshoz közelebb egy másik bázisállomás szerepel.

A képek alapján szerintem rosszul befolyásolták a közelítésemet az esetleges rossz mérési adatok, melyek főleg a 4-es mérési azonosítóhoz kapcsolódnak. Itt valószínűleg a képen vízszintes Baross utcában elhelyezkedő bázisállomások jeleit foghatták a mérések alatt. Lehetett ez akár több adó is, melyek kör-, illetve szektorsugárzók. Azt lehet itt még vizsgálni, hogy a házakon átívelő vonalat milyen hiba okozhatta.

- **4. csoport**

Ehhez a csoporthoz tartozik a legtöbb általam kiválasztott adat.



13. ábra – 4. csoport bázisállomásai

Megvizsgálva a különböző ponthalmazokat az alábbi képek tudtak információt nyújtani. A 177-es, 245-ös, 256-os és 258-as cella azonosítókhoz tartozó képeket itt nem tüntetem fel azért, mert vagy kevés ponttal rendelkeznek vagy csak anomália látható rajtuk, így nem meghatározóak, illetve csak megerősítik a következő ábrákból való következtetéseim.



14. ábra - 190-es bázisállomáshoz tartozó ponthalmaz



15. ábra - 191-es bázisállomáshoz tartozó ponthalmaz



16. ábra - 205-ös bázisállomáshoz tartozó ponthalmaz

Az ábrák alapján, a József körúton (függőleges út) találhatóak a bázisállomások. Feltételezésem szerint itt található több adótorony is, de nem vehetőek egy csoportba helymeghatározás szempontjából, hiszen elég távol esik a legészakibb és legdélibb pont. Ezért itt is azt tételezem fel, hogy a honlap területi hiányossága miatt találtam csak egy pontot a koordinátákhoz.

- **5. csoport**



17. ábra – 5. csoport bázisállomásai

Ennél a csoportnál is felmerült az, hogy esetleg összevonható-e lesz ez a két pont. Az alábbi ábrákat tekintve szerintem igen.

A 18-as ábrán a jobboldali ponthalmaz szintén hiba lehet, házakon keresztül nem valószínűek a mérési adatok. Ezért is elemeztem inkább a baloldali halmazt, ami nagy hasonlóságot mutatott a 19. kép halmazával.

Lehetséges, hogy a forgalmi terhelés miatt a közelben több bázisállomás sugároz a környéken más-más frekvenciákon, viszont megfontolandó, hogy ezeket helymeghatározási szempontból nem-e tekinthetjük egy pontnak.



18. ábra - 194-es bázisállomáshoz tartozó ponthalmaz



19. ábra - 250-es bázisállomáshoz tartozó ponthalmaz

- **6. csoport**



20. ábra – 6. csoport bázisállomásai

A fenti kép alapján rögtön két halmazra bontottam a csoportot. A felső két pont a Moszkva téren helyezkedik el, és mint majd látható a 21. és 22. ábrákon talán tekinthetők egy pontnak. Az alsó ponthalmazzal más a helyzet, sajnos az ide tartozó 220-as és 225-ös cellaazonosítók közül a 225-öshöz elég kevés pont található, csupán 3, így ezt nem tekintettem befolyásoló tényezőnek.



21. ábra -211-es bázisállomáshoz tartozó ponthalmaz



22. ábra - 215-ös bázisállomáshoz tartozó ponthalmaz

Nagyon hasonló a fenti két ábra. Valószínűleg az északra fekvő bevásárlóközpont tetején találhatóak az antennák, amelyek más frekvenciákon sugároznak és ezeknek a jeleit rögzítették. Megfigyeltem, hogy valóban több antenna található a központ tetején, biztosan a forgalmi terhelés miatt.

Ezek az adótornyok nagyon közel találhatóak egymáshoz, így helymeghatározási szempontból valóban csupán egy pontnak számítanak. További feladat lenne megnézni, hogyan lehetnek ezeket az eseteket megfelelően összevonni.

3.5 Tanulság

Az általam tanulmányozott honlap, a <http://opensignalmaps.com/> kevesebb adótornyot ábrázol, mint amennyi az adatbázisban szerepel. Az eredményeim elemzése során felmerült, hogy lehet-e több bázisállomást, amelyek egy helyen vannak, de más frekvenciákon sugároznak egy pontnak tekinteni. Helymeghatározás szempontjából ezek jelenthetnek egy pontot, viszont azt még vizsgálni kell a továbbiakban, hogy hogyan lehet ezeket az adatokat összevonni.

4. Független komponens analízis

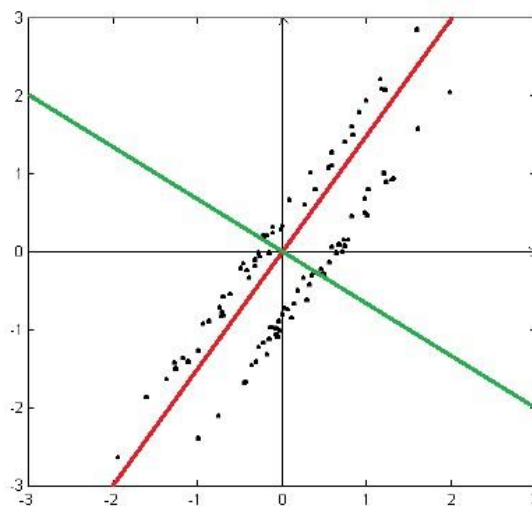
A független komponens analízis (Independent Component Analysis – ICA) olyan matematikai módszer, amely lehetővé teszi sokdimenziós halmazok könnyebb kezelését a független komponensek felhasználásával.

Legfőbb előnye ebben az esetben a dimenziócsökkentés. Ez lehetővé tenné az adatbázis tömörítését, de ennek megállapításához az analízis elvégzése után további elemzés szükséges.

Egy jelet több paraméter is jellemezhet, azonban a paraméterek között létezhet olyan, ami kevésbé jól írja le. Ilyen például emberek esetén a hajszín. A haj színe nem jellemzi olyan jól az embert, mint például a teljes neve. A kis varianciájú paraméterek tehát elhanyagolhatóak, így dimenziócsökkentést hajthatunk végre. Abban az esetben, ha egyik paramétert sem tudnánk elhanyagolni, akkor a paraméterek transzformációja által is láthatóvá válhatnak kis varianciájú paraméterek, amik elhanyagolhatóak a dimenziók közül. Ez a transzformáció koordináta rendszerben csupán a tengelyek forgatását jeleni, így lényegi információvesztés nem következik be.

A független komponens analízist tekintik a főkomponens analízis (Principal Component Analysis – PCA) kiterjesztésének is. A PCA sokkal gyengébb feltétel alapján határozza meg a komponenseit, csupán a másodrendű momentumaik erejéig függetlenít, azaz korrelálatlanná teszi azokat, míg az ICA teljes függetlenséget követel a komponensei között. Sokszor elég az, amit a PCA algoritmussal el lehet érni, de van olyan eset, amikor az ICA jobban használható, ezért érdemes ezeket összehasonlítani.

Egy példa Székely Nóra cikkéből:



23. ábra - PCA és ICA összehasonlítása

Az ábrán piros vonallal látható a PCA által meghatározott irány, zölddel pedig az ICA módszer által meghatározott irány. Klasszifikációs feladat esetén jól látható, hogy a zöld vonal alapján sokkal jobban szeparálhatóak a pontok.

Ez azért van, mert főkomponens analízis azt az irányt adja meg, amely alapján a legtöbb variancia előfordul, míg a független komponens analízis azt, amely alapján legjobban függetleníthetőek az adatok.

4.1 Eszköz

Az adatbázis keretein belül nem tudtam végrehajtani a független komponens analízist, ezért a megfelelő alakban exportáltam egy .csv formátumú fájlba. A megfelelő alakra hozásban Markó Zoltán csoporttársam segített, amit ő is használt a főkomponens analízise során.

Ezután utánanéztem, melyik programmal lehet elvégezni a független komponens analízist. Megoldásként a MatLAB programhoz találtam egy eszközt, a FastICA csomagot, amely lineáris független komponens analízist valósít meg.

4.2 Analízis

MatLAB környezetben importáltam a .csv fájlt, majd elvégeztem rajta az analízist. Ezután ugyanaz az eljárás következik, mint a főkomponens analízis színezése, amit Zoltán csinált.

Az ICA módszer megad egy olyan irányt, amely alapján a színezési eljárás meghatározza, hogy hány különböző halmaz van, azaz hány különböző színnel színezhetjük ki őket. Tulajdonképpen ez egy klasszifikációs eljárás, ezért is lenne érdekes itt összehasonlítani a PCA és ICA módszereket.

Sajnos az időhiány miatt nem tudtam folytatni ezt a feladatom. A továbbiakban MatLAB-ban lévő eredményeimet ismét .csv fájlba kell importálnom és az adatbázisba kell beillesztenem. Ott már megtalálható az elkészített függvény, ami alapján elvégezhető a színezés.

4.3 Következtetés

A csoportban, amiben a félév során dolgoztam két kollega vizsgált tömörítési lehetőségeket. Egyikük az alapján dolgozott, hogy egy mérés során egyszerre hány műholdat lát az eszköz és így milyen összefüggések vannak. A másik kolléga főkomponens analízist végzett az adatok egy részhalmazán.

Sajnos időhiány miatt nem tudtuk összevetni az eredményeinket, így további cél az, hogy a tömörítési módszereket összevessük.

5. Összefoglalás

A félév során megismerkedtem egy már elkezdett projekttel a GSM alapú helymeghatározással. Tanulmányoztam a témában már kiadott cikkeket, beszámolókat, szakdolgozatokat és egyéb információkat az interneten.

Ezután hozzákezdtam a feladatomhoz, amely a GSM bázisállomások koordinátáinak meghatározása és összehasonlítása egy már létező megoldással. A bázisállomások helyzetének közelítése során megismerkedtem a PostgreSQL nyelvvel és a PostGIS kiterjesztés nyújtotta lehetőségekkel.

Az összehasonlítás elemzése során felmerült, hogy vannak-e még összevonható pontok az adatbázisban, melyek helymeghatározási szempontból egyet jelentenek. Ennek kivitelezése egy további feladat lehet.

A félév végén egy keveset foglalkoztam a független komponens analízissel és próbáltam megfelelően alkalmazni az adatbázisból kinyert adatokon. Sajnos nem született olyan eredményeim, amelyet összevethettünk volna. Itt további feladat a független komponens analízis eredményein a színezési algoritmus végrehajtása és összevetése a többiek által elért eredményekkel.

6. Köszönetnyilvánítás

Szeretnék köszönetet mondani témavezetőmnek, Tihanyi Attilának azért, hogy megismertetette velem az informatika egy olyan szeletét, amelyről eddig nem gondoltam, hogy ennyi lehetőséget, kihívást rejt és persze a sor időért is, amit rám szánt és a kérdéseim megválaszolására.

Annak a csoportnak a tagjainak is szeretnék köszönetet mondani, akikkel együtt dolgozhattam. A kellemes légkörben jó volt dolgozni és jó volt tudni, hogy a problémáimmal fordulhatok hozzájuk is.

7. Irodalomjegyzék

- Bányai Balázs, Feldhoffer Gergely, Tihanyi Attila: „Helymeghatározás GSM hálózat felhasználásával a hálózatüzemeltető aktív közreműködése nélkül”, Híradástechnika, LXIII. évfolyam 2008/10
- Vinis Ádám önálló laboratórium beszámoló
- Aapo Hyvärinen, Erkki Oja (2000): "Independent Component Analysis: Algorithms and Application", *Neural Networks*
- Székely Nóra: „Független komponens analízis”, ElektroNET, 2002 évf. 2–3 szám, 10–11 oldal