

Tér-idővonatkozású adatok vizualizációs lehetőségei szemmozgáskövetési kísérletek adatainak példáján

Bérces Ádám¹ – Török Zsolt Győző²

¹ PhD hallgató, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszék, adamberces@gmail.com;

² egyetemi docens, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszék, zoltorok@ludens.elte.hu

Abstract: This paper deals with the of visualization methods of eye tracking data, which is spatio-temporal data. The software we developed for our experiment is capable of showing trajectory lines (also with animations), fixation nodes (AOIs) of the trajectory pathes, and can generate so-called „heatmaps” with customisable colour schemes. The programme MapReader has an additional time filter and timeline generator function, which can be used to analyze the temporality of the data. Data can be exported to the common XYZ format into any GIS software, which can generate 2D and 3D visualisations. The effectivity of visualization methods is demonstrated by using eye-tracking data, but the same tools can be used to analyze any spatio-temporal, e.g. geographical dataset.

Bevezetés

Korábbi előadásunkban és publikációnkban (TÖRÖK ZS.–BÉRCES Á. 2013) egy saját fejlesztésű szemmozgás-követő rendszert és az ezzel végzett első hazai, geoinformatikai vizualizációs kísérleteket mutattunk be. Ismertettük, hogy az adatok gyűjtésére és feldolgozására fejlesztett szoftverünk, a „Térképolvasó” képes a szemmozgás-adatokat további, például térinformatikai alkalmazások számára olvasható formátumba exportálni, ezzel lehetővé téve a térképészeti módszerekkel történő vizuális elemzést. Az azóta eltelt időben különböző vizualizációs lehetőségek, módszerek kidolgozásával foglalkoztunk, amelyek segítségével láthatóvá, értelmezhetővé lehet tenni a kísérletek során kapott nagy mennyiségű adatot. Ezek a szemmozgás-adatokon túl általánosan alkalmazhatóak bármilyen olyan négydimenziós adatra, amelynek a térbeli vonatkozáson túl időbelisége is fontos.

Elméleti háttér

A szem mozgásának korabeli vizsgálatai során már a 19. században, is megfigyelték, hogy az nem folytonos, hanem tekintetünk vándorlása során meg-megáll. Ezeket a pillanatnyi mozgásszüneteket a jelenség első felfedezője, a francia Louis Émile Javal *fixáció*knak nevezte el. A retinán tulajdonképpen a fixációk ideje alatt történik észlelés és ekkor van ingerület-átvitel, a fixációk közti gyors szemmozgások, az ún. *szakkádok* ideje alatt (amely azt a célt szolgálja, hogy a fixáció átkerüljön az egyik objektumról a másikra) az

agy nem kap vizuális információt. Ezért van, hogy a szem igen gyors mozgása ellenére sem látjuk sosem elmosódottnak a képet. A szemmozgáskövetés során is a fixációk időtartama alatt történik adatfelvétel és az adatok elemzése is ezen diszkrét pontok eloszlásának, mennyiségének vizsgálatát jelenti.

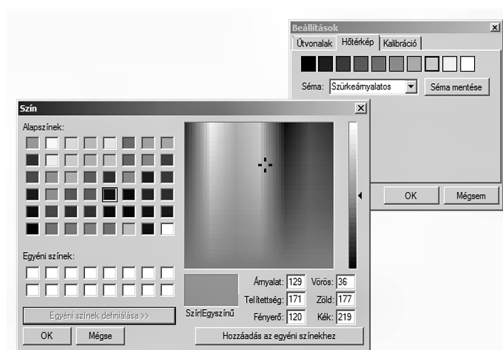
Alapadatok és fájlformátumok

A számítógépes alapú szemmozgáskövetés során tehát egy előre megadott mintavételezési sűrűség (50 ms) alapján koordinátákat rögzítünk, a mi esetünkben a képernyő koordináta-rendszerében. Az általunk fejlesztett szoftver a szemmozgás-adatokat egy saját vektoros állományformátumban tárolja (.EYE), amely tulajdonképpen a fixációk síkkoordinátáinak sorozatát tartalmazza. Az összekötési szabályt egész egyszerűen az egyes rekordok sorrendje adja meg. A térinformatikai szoftverek számára olvasható XYZ állományok előállításakor egy egyszerű raszterezési folyamat során a vektoros EYE állomány koordinátáit tartalmazó teret az alkalmazás egy szabályos rácshálóval osztja fel, majd megszámlolja az egyes részekre eső fixációk számát, amelyeknek összegét az XYZ állományban a hálószemek pontjaihoz rendeli. Az X és Y koordináták így a képernyő koordinátarendszerében vannak értelmezve (tehát az állomány nem rendelkezik vetülettel), míg a Z koordináta itt nem a magasságot, hanem a fixációk összesített idejét jelenti, amely a fixációk számának és a mintavételezési gyakoriság idejének szorzatából adódik.

A vizualizációk létrehozása során az első, 2013 tavaszán folytatott kísérletek adatait, eredményeit használtuk fel. Bár a négyféle térképen teljesített összesen nyolc feladatot nagyjából 40 kísérletben vizsgáltuk, ami rengeteg használható adatot jelent, de az összehasonlíthatóság kedvéért ezeknek csak egy részét használtuk fel (ÇÖLTEKIN et al. 2010). A feldolgozás során az egyes alanyok *azonos feladathoz* tartozó szemmozgás-pályáit (*path*) a Térképolvasó az erre a célra kialakított moduljával egyesítettük. Az itt bemutatandó vizualizációkhoz, néhány kivételtől eltekintve, az ugyanahhoz a feladathoz tartozó, akkumulált adatsort használtuk fel. A nyolc rendelkezésünkre álló ilyen adatsorból azt választottuk ki, amelyen a legnagyobb különbségek figyelhetőek meg.

A Térképolvasó vizualizációs lehetőségei

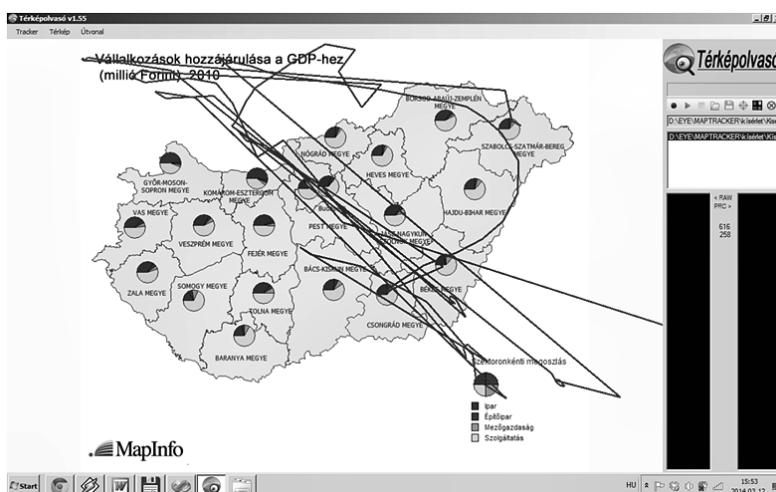
A kísérletekhez használt célszoftvert már fejlesztésének korai szakaszainál is nem csak egy rögzítő eszköznek szántuk, hanem azt szeretttük volna, hogy idővel egy kartográfiai alkalmazás is lehessen belőle. A program több, egyszerű vizualizáció létrehozására is alkalmas, amelyek akár



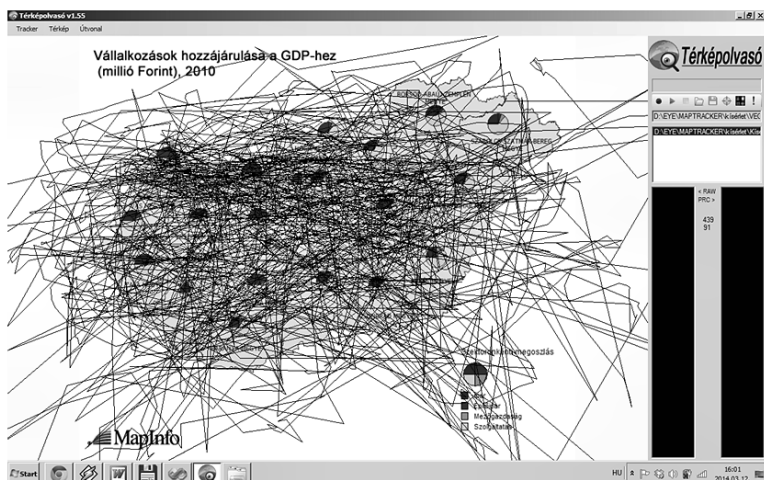
1. ábra A hőtérképes vizualizációhoz tetszőleges színsémák készíthetők

komplexebb elemzésekhez is jól használhatóak és ezek megjelenése (színei és más paraméterei) is tetszés szerint változtathatóak, testre szabhatóak (1. ábra). Ezek további előnye, hogy létrehozásukhoz nincs szükségünk semmilyen más szoftverre, az erre optimalizált algoritmusokkal pár másodperc alatt elkészülnek.

A legegyszerűbb lehetőség egyetlen alany szemmozgásának szemléltetése az ún. *scanpath*, vagyis a szemmozgás útvonalának megjelenítése (2. ábra). Ez akár vissza is játszható valós időben (vagy a mintavételezési ráta átállításával felgyorsítva, lelassítva is), így nem csak azt láthatjuk, hogy mit, hanem azt is, hogy mikor, milyen sorrendben nézett meg az alany. A vizualizáció tulajdonképpen a rögzített fixációs pontok összekötésével keletkezik (FABRIKANT et al. 2008).



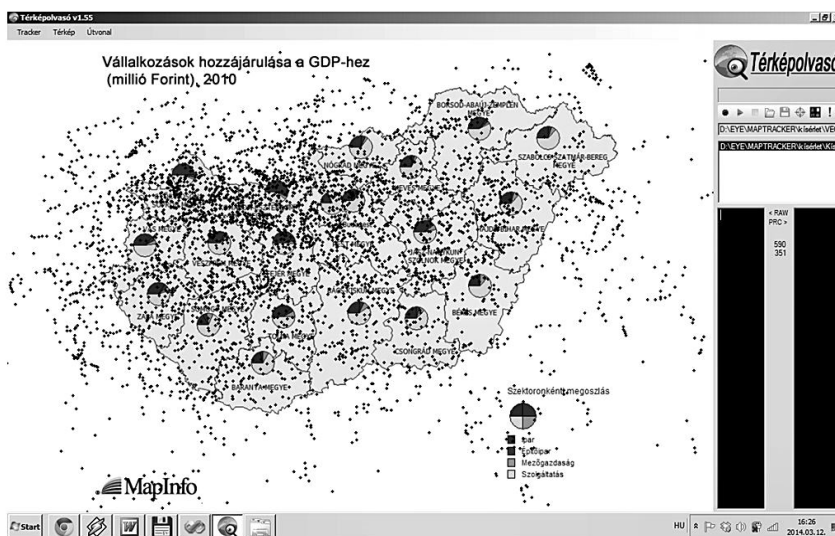
2. ábra Egyetlen szemmozgáspálya megjelenítése



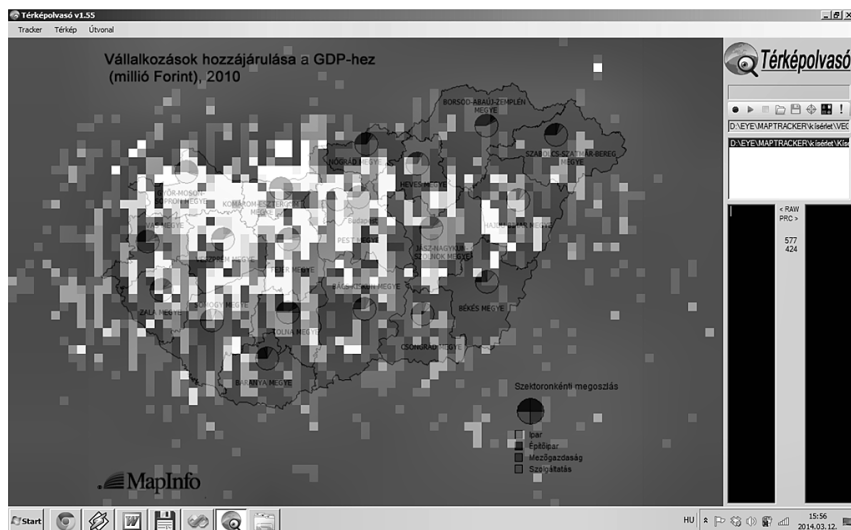
3. ábra Akkumulált, egymásra rétegzett pályák megjelenítése

Ez azonban csupán egy vagy esetleg néhány útvonal megjelenítésére alkalmas, az akkumulált útvonalak megjelenítésével egy igen kusza vonalhálózatot kapunk, amely már nehezebben értelmezhető (3. ábra).

Az összesített adatokhoz két további megjelenítési lehetőség használatát kínálja a Térképolvató: a fixációs pontok bemutatását és az ún. hőterképet. Az előbbinél a program gyakorlatilag ugyanazt a műveletet hajtja végre, mint a szemmozgás-pályák kirajzolásánál, viszont itt nem köti össze az egyes pontokat, helyette a rögzített fixációk helyére egy kis jelet, pontot tesz (4. ábra).



4. ábra A pontszórás megmutatja azokat a helyeket, ahová a fixációk estek



5. ábra A hőtérkép „szürkeárnyaltos” sémával, ahol a fehér foltok emelik ki azokat a részeket, ahová több figyelem került

Hőtérképek készítésekor (5. ábra) az XYZ fájlok generálásához hasonlóan a képmező területét a program egy szabályos hálóval osztja fel és felméri az egyes területekre eső fixációk teljes hosszát, majd az eredményeket tíz osztályba sorolva kiszínezi a négyzetek területét. A színsémán kívül (1. ábra) a vizualizáció átlátszósága és a raszterezés felbontása (5-20 pixelig) is változtatható.

Az idő, mint dimenzió

Az összesített adatok megjelenítésére, értelmezésére más lehetőségek is vannak. Eddig az adatok térbeli elrendeződésének reprezentációjára alkalmas módszerekkel foglalkoztunk. A Térképolvasó az 1.6-os sorszámmal jelölt verziójában bevezettük az adatsorok szűrésének lehetőségét, amely képessé teszi az adatok idő szerinti elemzésére is. A szűrőpanelt a szoftver főablakába, a jobboldali sávra tettük, ahol így bármikor elérhető. Mivel a szoftver az akkumulált adatok mentésekor megkülönbözteti az egyes alanyoktól származó adatsorokat, így az állomány beolvasása után azokat egy dobozba listázza, ahol jelölőnégyzetek segítségével ki-be kapcsolhatóak. Ez alatt található maga az időszűrő, amely két csúszkából áll (6. ábra) Működése egyszerű: a csúszka elmozdítása után a fentiekben bemutatott, éppen aktív vizualizációt generálja újra a megadott paraméterek alapján, így lehetőség nyílik az adatok idő- és térbeli eloszlásának elemzésére.



6. ábra A Térképolvasó 1.6 szűrési lehetőségei

Az idő, mint dimenzió megjelenítésére egy további, a tanulmány írásakor még folyamatos fejlesztés alatt álló módszer az idővonal (*timeline*), amelynek generálására – mint a többi vizualizációra – szintén hatással vannak a szűrők. A modul a diagramot az térkép egy kiválasztott, felhasználó által kijelölt részterületére vonatkozóan készíti el. Az idővonal jelenleg csak nyers, ASCII formátumban kerül megjelenítésre (7. ábra) – a kettőspont és a pont karakter jelöli, hogy a megadott alany esetében a kijelölt területen belül az adott időben volt-e vagy nem volt aktivitás. Egy karakter egy mintát jelöl, tehát az esetünkben 50 milliszekundumot. A számok az ezreseket, vagyis a másodperceket jelölik. Természetesen a közeljövőben ez a modul is grafikusabb, így áttekinthetőbb és esztétikusabb megjelenést kap.

Interpolációra épülő vizualizációk

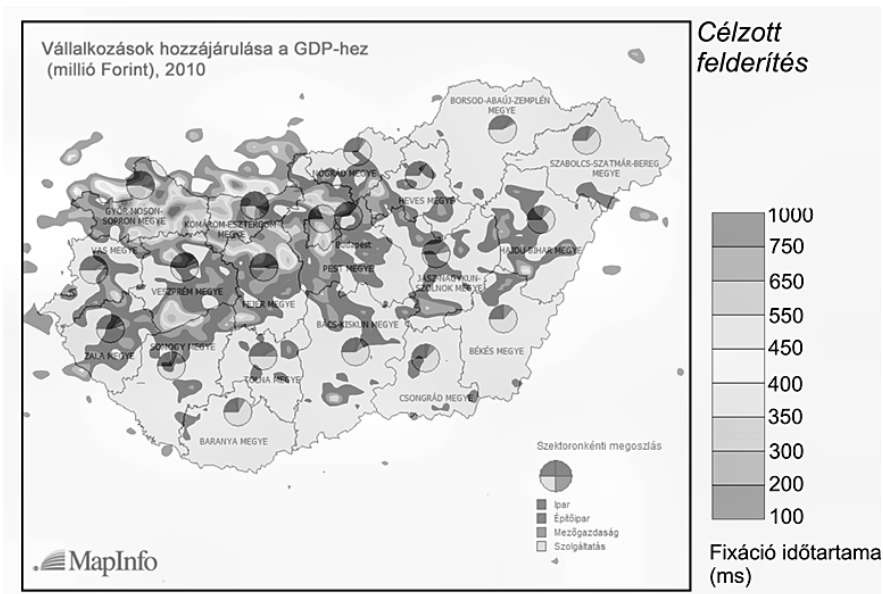
A szoftver által generált XYZ állományokat GIS-programokba mint egyszerű domborzatmodellt lehet importálni. Ezekből izovonalak generálhatóak, amelyek a további vizualizációk alapját jelentik, ezek tehát

Timeline										
018_1csz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
019_1csz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
020_1csz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
022_1csz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
023_1csz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
024_1csz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
025_1csz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
026_1csz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
027_1csz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
029_1csz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
030_1csz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
031_1csz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
032_1csz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
033_1csz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
035_1csz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
004_1csz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
005_1csz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
006_1csz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
007_1csz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
008_1csz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
009_1csz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
010_1csz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

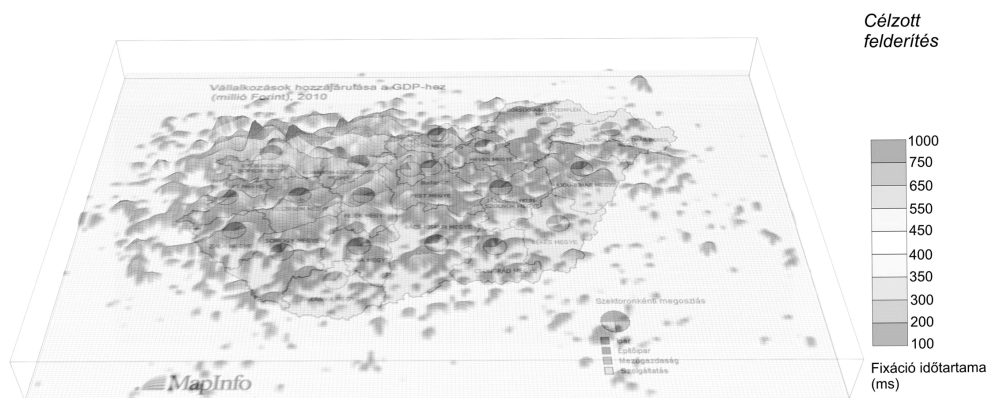
7. ábra Az idővonal vizualizáció kísérleti megjelenése

valahol a domborzatábrázolásra vezethetőek vissza. A Térképolvasó által generált domborzatmodellek tulajdonképpen egy absztrakt teret írnak le, ahol a „csúcsok”, kiemelkedések azokat a területeket jelentik, ahol hosszabb a fixációk összesített ideje, vagyis ahová több figyelem esett. Ennek problematikája az, hogy míg a felszín domborzata, amelyek ábrázolásához a térképészetben az izovonalak módszerét alkalmazzák folytonos, addig a mi esetünkben egy valójában diszkrét pontokból felépülő adatsorról beszélhetünk. Az interpolálás során így valójában téves információk kerülnek az adatsorba, ugyanis azokon a helyeken is aktivitás jelentkezik, ahová valójában nem estek fixációk, ezért igazából álizovonalas ábrázolásról beszélhetünk. Mindezek ellenére az izovonalas ábrázolás egy igen hatékony vizualizációs módszer, és az így készült térképek szemléletesen képesek bemutatni a figyelem eloszlását az alaptérkép egyes területei (AOI - area of interest) felett. Az izovonalakat vektoros formátumban exportálva általános célú grafikai szoftverekben dolgoztunk tovább (CorelDraw X3), amelyben a hipszometrikus domborzatábrázolás alapelveihez hasonlóan egy színskála alkalmazásával kitöltöttük az egyes izovonalak közti területet (8. ábra).

Egy digitális domborzatmodell nem csak két dimenzióban (gyakorlatilag felülnézetben), hanem három dimenzióban is megjeleníthető. A fenti térképből készítettünk tehát egy háromdimenziós változatot is, amelyhez a nyílt forráskódú Blendert használtuk (8. ábra). Ez egy síkot képes úgy torzítani, hogy abban kiemelkedéseket (és besüllyedéseket) létrehozva egy digitális



8. ábra Álizovonalakkal készített „hőtérkép”



9. ábra Az szemmozgás-adatok háromdimenziós vizualizációja

felületmodellt hozzon létre. A szürkeárnyaltos kép mellett a kétdimenziós hő térkép színskálájával megegyező színes képet is generáltunk, amelyet a felületmodell textúrázására használtunk. Az olvashatóság kedvéért a felület rácsháló (wireframe) módban megjelenített képét is a képre rétegeztük. A második kísérletsorozatunkban ennek a két vizualizációs módszernek a hatékonyságát vizsgáljuk: a kísérleti alanyoknak különböző minőségi és mennyiségi adatokat kell leolvasniuk a térképekről.

Összefoglalás

A fentiekben bemutatott módszerek és az általunk fejlesztett szoftver nem csak szemmozgás-adatok, hanem bármilyen, megfelelő bemeneti formátummal bíró adatsorra alkalmazhatóak. A további fejlesztések során egyik célkitűzésünk egy nyílt, ingyenesen hozzáférhető vizsgálati szoftver és hozzá tartozó eszköz készítése, amely így más kutatásokban is hasznos lehet majd.

Felhasznált irodalom

- ÇÖLTEKİN, A. et al. (2010): Exploring the efficiency of users' visual analytics strategies based on sequence analysis of eye movement recordings, *International Journal of Geographical Information Science* Vol. 24. No. 10. London, pp. 1559–1575.
- FRABRIKANT S. I. et al. (2008): Novel Method to Measure Inference Affordance in Static Small-Multiple Map Displays Representing Dynamic Processes, *The Cartographic Journal* Vol. 45. No. 3. London, pp. 201–215.
- TÖRÖK ZS.–BÉRCES Á. (2013): Térinformatikai megjelenítés hatékonyságának értékelésére alkalmas szemmozgáskövetési kísérlet megvalósítása, *Térinformatikai konferencia és szakkiallítás konferencia kiadványa*, Debrecen, pp. 532–541.