

Nyugat-magyarországi Egyetem

Doktori (PhD) értekezés tézisei

**Hálózatelemzési módszerek mobil
térinformatikai alkalmazásokhoz**

Mohamed A. Eleiche

Sopron
2011

Doktori Iskola: Kitaibel Pál
Környezettudományi Doktori Iskola
Vezető: Prof. Dr. Mátyás Csaba

Program: Geoinformatika
Vezető: Prof. Dr. Márkus Béla

Témavezető: Prof. Dr. Márkus Béla

A szerző köszönetét fejezi ki Dr. Pődör Andreának, az anyag fordításáért.

Tudományos háttér, célkitűzések

A mobil térinformatika a „mobilitás” és a térinformatika fejlődésének csomópontjában jött létre. A felhasználói igények egyre inkább abba az irányba mutatnak, hogy a döntéshozatalban a térbeli adatok mindenütt és mindenkor történő elérhetősége rendkívül fontos lesz. A hálózatelemzés a mobilfelhasználók nagy többségének alapvető fontosságú; meg kell találniuk a legközelebbi objektumokat, és irányítaniuk, kezelniük kell a helyváltoztatásukat.

A dolgozat első része meghatározza a mobil térinformatika tárgykörét, architektúráját, és a főbb alkalmazásait, kitüntetett figyelmet fordítva a hálózatelemzésre és az optimális útvonal meghatározására. A dolgozat új megközelítésben tárgyalja az „utazó ügynök probléma” (Travelling Salesman Problem - TSP) kérdését. A szerző megoldást kínál a többcélú navigációra, és végezetül foglalkozik a mobil geovizualizáció főbb kérdéseivel.

Célok

1) Javaslatok a mobil térinformatikában rejlő lehetőségek kiaknázására

A mobil térinformatika új paradigma a földrajztudomány területén, fő erőssége abban rejlik, hogy a mobilhasználók számára bárhol és bármikor képes a földrajzi adatok szolgáltatására.

2) A hálózatelemzés problémájának vizsgálata a mobil térinformatikán belül

A hálózatelemzés a közlekedésben és a közszolgáltatásban a döntéshozatal mennyiségi alapját képezi. A dolgozat bemutatja a Travelling Salesman Problem (TSP) egy új megoldását.

3) Javaslat a mobilhasználók számára kialakított optimális útvonal alkalmazások finomítására

A mobilhasználók folyamatos helyváltoztatást végeznek, és az idejük és energiájuk véges, így fontos az optimális útvonal valósidejű meghatározása azért, hogy a minimálisra csökkentsük a kiindulási és célállomás közötti navigáció idejét és energiafelhasználását.

A mobil térinformatika egy új paradigma, amelynek az a különlegessége, hogy a felhasználó bárhol és bármikor igénybe veheti szolgáltatásait. A mobilhasználó ismeri a helyét, rendelkezésére áll egy kisméretű képernyő, mely talán kapcsolódik az internethez vagy egyéb más eszközhöz, hálózathoz, de ez az átlagos felhasználó egyszerre a térinformatikai adat forrása is. Noha a szakirodalomban a mobil térinformatika és a webes térinformatika - más néven mobil GIS és web GIS – sokszor azonos rendszerre utalnak, két különbség létezik közöttük. A web GIS alkalmazása során nem feltétlenül szükséges térinformatikai program használata a kliens oldalon, de szükséges valamilyen internetes kapcsolat. A mobil GIS esetén fontos, hogy szoftverrel rendelkezünk a mobil eszközünkön és kommunikációs szempontból a mobil eszközünk lehet offline (stand-alone vagy független üzemmódban) vagy online (kapcsolt üzemmódban).

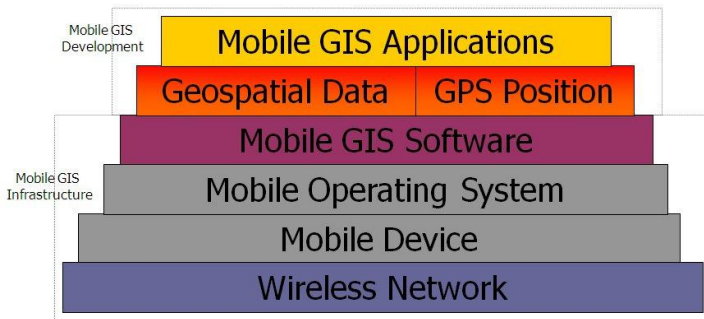
A mobil GIS követelményei: 1) a geoadatbázis megfelelően megtervezett és elérhető (lokálisan vagy távolról), 2) mobil eszköz képes felismerni a pozícióját, és 3) térbeli funkciók és algoritmusok alkalmazhatók az eszközön. A mobil GIS a klasszikus térinformatikai rendszerek kibővítéseként és részeként lett kifejlesztve. A mobil térinformatikai eszközök használata terjed és az ezek iránti igény egyre nő.

A mobil térinformatika egyre inkább kibontakozik és előrehaladás figyelhető meg a hardver, a geoadatbázis, a helyfüggő technika a drótnélküli hálózatok, és az algoritmusok tekintetében. A szoftver alkalmazások területe is fejlődik mind horizontális mind vertikális értelemben. Horizontálisan új szoftverfejlesztések jelennek meg, mint például az orvosi alkalmazások és az oktatás, míg vertikálisan a mobil GIS térnyerése figyelhető meg, amely főbb eszközként kiváltva a notebook és PC-s vállalati alkalmazásokat, fejlett térinformatikai megoldásokkal rendelkezik, mint például a közösségi szolgáltatások, és az olajvállalatok esetén.

A magánéletet zavarhatják a mobil eszközök. Ennek védelmére figyelemmel kell lenni. Ez a jelen kutatási témán kívül esik, és külön e célból megtervezett kutatást igényel.

A mobil térinformatika architektúrája

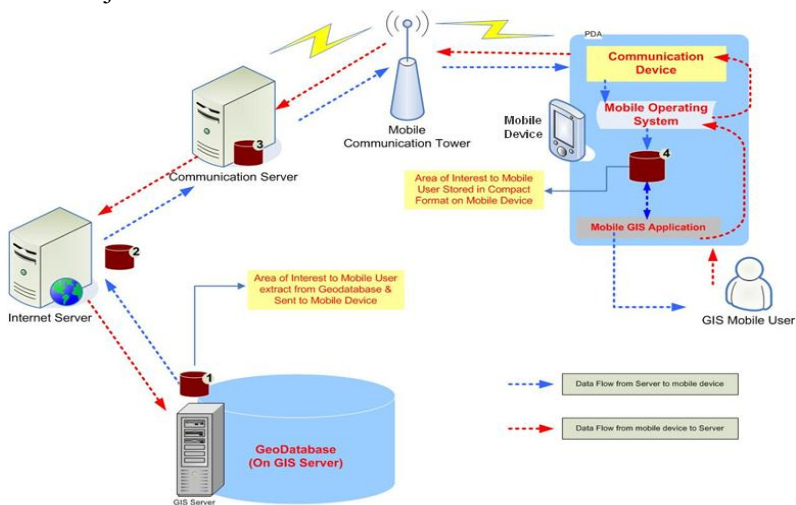
A mobil térinformatika a GIS rendszerek mikroszintű klónja. A hagyományos térinformatikai rendszerek komponenseihez képest nyilvánvaló különbségekkel rendelkezik. Az asztali térinformatikai rendszerek főbb komponensei a hardver, szoftver, adat, alkalmazás és a felhasználó, az 1. ábra bemutatja a mobil GIS főbb komponenseit.



1. ábra. A mobil térinformatikai rendszer általános architektúrája

A mobil térinformatikai rendszer gazdag a kommunikációs technológiák tekintetében. Többnyire GSM hang és kommunikációs technológiával van felszerelve, illetve Wi-Fi, infraport, és Bluetooth kapcsolattal. Ugyancsak rendelkezik helymeghatározó funkcióval olyan esetekben, amikor a mobil eszközt szabad területen, illetve amikor épületen belül használjuk. A kültéri helymeghatározásnak számos technológiája létezik. Ilyen például a GPS, a kiegészítő GPS (Assisted vagy A-GPS) és a mobil GSM hálózat. A mobil eszköz helyének meghatározása történhet számokkal három vagy két független koordináta formájában vagy minőségi jellemzők megadásával, mint például egy jellemző helyhez, vagy POI-hoz megadott viszonyával. A mobil GIS-hez szükséges egy általános geoadatbázis, speciális helyekhez kapcsolható részletes adat, és a gyalogosok számára topológiai adat, valósidejű közlekedési adatok, gépjármű és közösségi közlekedéssel kapcsolatos adatok, az érdeklődési terület teljes átnézeti képe, és környezeti és időjárás adatok megadása.

A mobil térinformatika keretrendszere lehetővé teszi, hogy a felhasználók még “offline” üzemmódban is képesek legyenek elérni a térinformatikai funkciókat. A javasolt keretrendszer azon alapszik, hogy a szükséges területet a GIS szerveren tárolt geoadatbázisból letöltjük a mobil eszközre, a másik fontos része a rendszernek, hogy olyan GIS alkalmazást fejlesszünk, amely a helyben tárolt térinformatikai adatokat képes elérni, ahelyett, hogy a szerveren lévő alkalmazást használná, amint azt a második ábra is mutatja.

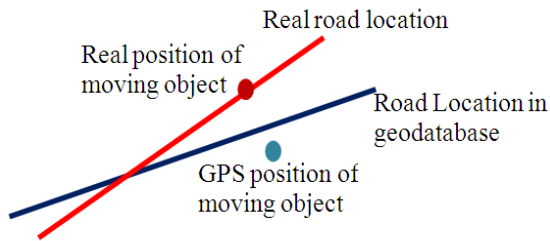


2. ábra. A stand-alone mobil GIS rendszer javasolt keretrendszere

A javasolt keretrendszernek számos előnye van, lehetővé teszi a mobil használó számára, hogy offline módban dolgozhasson, mely csökkenti a kommunikációs hálózat leterheltségét. A térinformatikai rendszer teljesítménye is nő. A GIS felhasználó saját igényeinek megfelelően tudja végrehajtani a lekérdezéseket a szükséges elemzéseket, szerkesztheti a geoadatbázist. A javasolt rendszer esetén lehetséges a GIS felhasználó biztonságának biztosítása, mivel csak a szerverről történő adatletöltés figyelhető meg, nem látjuk sem a kérést, sem a mobil eszközön lezajló válaszfolyamatot.

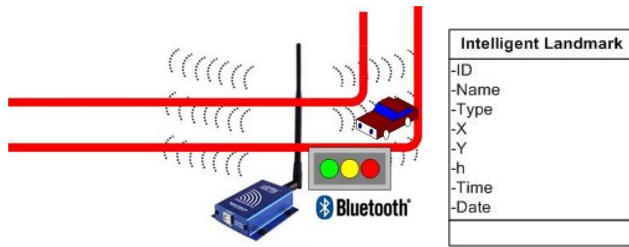
Intelligens útjelzők mobil térinformatikai alkalmazáshoz

Habár egy objektum földrajzi helyének abszolút értéke rendkívül fontos, az objektum igazi jelentősége abban áll, hogy a geoadatbázis egyéb objektumaival térbeli kapcsolata van és térbeli elemzésre lehet használni. Elméleti szempontból a geoadatbázisban abszolút koordinátákat tárolunk, és a mozgó objektum útvonalát is az abszolút koordinátákból határozzuk meg, ezeket átlapoljuk a relatív helyzetet (elméletileg) ezáltal határozzuk meg és így létrejön a földrajzi jelentéstartalom, de a gyakorlatban nem ez a helyzet. A geoadatbázisban rejlő bizonytalanságok és a GPS-es mérésakor keletkező hiba miatt a mozgó objektum valódi helye eltér a relatív helyétől, amint ez a 3. ábrán látható. Ez az eltérés megterheli a rendszert egy térképillesztési funkcióval, melynek lényege, hogy a mozgó objektum pontos relatív helyzetét megtaláljuk a térképen.



3. ábra. A térkép-illesztési probléma

A városi közlekedési hálózat számos útjelzővel rendelkezik. Azáltal, hogy az útjelzőket egy Bluetooth-al felszereljük, így ezek sugározzák a rájuk vonatkozó jelet egyéb eszközöknek és mozgó objektumoknak, így a mozgó tárgyak relatív helyzete nagyobb pontossággal állapítható meg. A 4. ábrán egy közlekedési lámpa van felszerelve Bluetooth-al, amely a közlekedési eszközök felé közvetíti a jelet. Az útjelzővel kapcsolatos továbbított jel tartalmazza az ID-t vagy azonosítót, a nevet, a típust, az X, Y, Z koordinátát, és az időt, amint azt a 4. ábrán bemutatott modell is leírja.



4. ábra. Intelligens útjelző, közlekedési lámpa Bluetooth eszközzel felszerelve

Az intelligens útjelzők rendszerének segítségével növelhető a mozgó objektumok valósidejű helyének meghatározása, mivel a relatív hely meghatározása történik meg, és a térképillesztésre pedig nincsen szükség. Ugyanakkor ennek segítségével a felhasználó figyelme felkelthető az őt körülvevő tereptárgyak, nevezetességek, környezet és az irány iránt.

Optimális útvonal

A mobil térinformatika alapvető funkciója a hálózatelemzés. Olyan gráfok kerülnek alkalmazásra, melyek a geoinformatikában is használatos főbb modellek közé tartoznak. A mobil térinformatikában két alapvető tényező fontos a felhasználó számára. Az első a helyre vonatkozó térbeli lekérdezés: Hol vagyok most? Hol található ...? A második egy vagy több adott helyre történő navigáció optimális útvonalának meghatározására vonatkozik. Az első tényező vizsgálatához elegendő a képernyőre tekinteni, és a jelenlegi pozíciót megtekinteni (relatív vagy abszolút), míg a második tényező vizsgálatához szükséges, hogy az eszközünk a közlekedési hálózatot tárolja mint egy gráfot és felhasználja a pillanatnyi algoritmust az utazás céljainak megvalósításához

Az utazó ügynök probléma új megközelítése

A TSP javasolt megoldásakor minimalizálni kell annak a költségét, hogy minden egyes csomóponton áthaladjunk. Összekapcsolva ezeket a legkisebb költséggel járó utakat minden csomópont esetén elméletileg megkapjuk a szükséges legkisebb költséggel járó utat.

$$C_i = \min C_{\text{incident}} + \min C_{\text{outgoing}} \quad (1)$$

Ahol C_i a legkisebb költségű út az i csomópont esetén, C_{incident} a szélső költségérték k csomóponttól i csomópontig és C_{outgoing} a szélső költség-érték i csomóponttól j csomópontig. Az 1. táblázatban leírt teljes gráfra alkalmazva ezt a megközelítést a minimum C_{incident} az 1 csomópont esetén $C_{4,1}$ lesz (4,1), ami a legkevesebb költséget jelent az 1 csomóponthoz történő megérkezésig, míg a z 1 csomópont minimum C_{outgoing} értéke $C_{1,5}$, mely esetén a legkevesebb a költsége a az egyes csomópontokhoz történő megérkezésig.

1. táblázat. Költségek (Eredeti Cél Mátrix)

	1	2	3	4	5
1	9999	5	10	10	4
2	8	9999	9	15	22
3	14	17	9999	11	1
4	6	28	14	9999	9
5	7	13	14	16	9999

A második táblázat bemutatja a minimális költségű elrendezést az 1. táblázatban található teljes gráf esetén.

2. táblázat. A minimális utazási költség minden csomópont esetén

$C_{incident}$	Tól	Csomópont	I_g	$C_{outgoing}$	C_i
6	4	1	5	4	10
5	1	2	1	8	13
9	2	3	5	1	10
10	1	4	1	6	16
1	3	5	1	7	8
31				26	57

A 4 csomópont esetén a kimeneti és a bemeneti csomópont ugyanaz, ez nem megengedett, így a második legkisebb költségű utat alkalmazta a szerző, és a végleges elrendezés a 3. táblázatban látható.

3. táblázat. A javított minimális utazási költség minden csomópont esetén

$C_{incident}$	Tól	Csomópont	I_g	$C_{outgoing}$	Összeg
6	4	1	5	4	10
5	1	2	3	9	14
9	2	3	5	1	10
11	3	4	1	6	17
1	3	5	1	7	8
32				27	59

A harmadik táblázatból a következő következtetéseket lehet levonni:

$$\begin{aligned} {}^N_1 C_{\text{outgoing}} &= 27 \\ {}^N_1 C_{\text{incident}} &= 32 \\ {}^N_1 C_{\text{incident}} &> {}^N_1 C_{\text{outgoing}} \\ \text{A legkisebb költség} &> 32 \end{aligned}$$

A C_{incident} oldalon elrendezve a csomópontokat, elérhető az optimális útvonal, amit azt a 4. táblázat mutatja.

4. táblázat Második konvergencia

C_{incident}	Tól	Csomópont
6	4	1
5	1	2
9	2	3
1	3	5
16	5	4
37		

A TSP probléma algoritmus

Az algoritmus a következő lépésekből áll:

1. Hozzon létre csomópontokat, kapcsolatot és rendezze el az al-gráfokat.
2. Minden csomópontnak állítson be egy “new” státuszt
3. Hozza létre a minimális költség elrendezését.
4. Hagyja ki a minimális összegű részeket és kezdje a maximális értékűekkel.
5. Kapcsolja össze a lehetséges csomópontokat minimális költség elrendezéshez
6. Töltse ki a az al-gráfokat az összekapcsolt csomópontokkal
7. Frissítse a még nem feldolgozott csomópontk státuszát “new”-ra, az al-gráfok kezdő csomópontjait “Start”-ra és “end”-re az al-gráfok végén található csomópontok esetén, a közepén pedig “finished”-re.

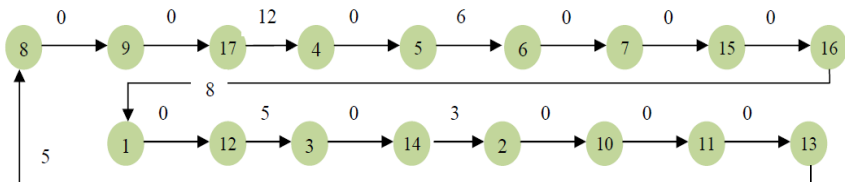
8. Hozzon létre egy új minimális elrendezést úgy, hogy kihagyja a “finished” státuszú csomópontokat
9. Hagyja ki a minimális összegűeket és kezdje a maximális összegűekkel.
10. Kapcsolja össze a lehetséges csomópontokat a minimális költségű útvonal elrendezéséhez
11. Ismétlje a 8 lépést addig, amíg létre nem jön egy egyedi al-gráf, ami a probléma szükséges megoldását adja.

A TSP algoritmus alkalmazása az A-TSP17 problémára

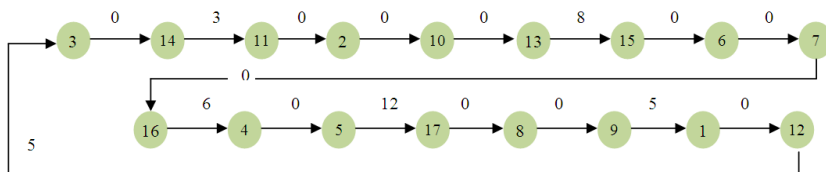
A TSP algoritmus manuálisan kerül végrehajtásra és C programban lett fejlesztve, a TSPLIB website-ról származó A-TSP17 probléma megoldására, melynek eredeti költség diagramja az 5. ábrán látható. A 6. ábra az algoritmus manuálisan létrehozott eredményét mutatja, a 7. ábra pedig a C program segítségével megalkotott megoldást.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	9999	3	5	48	48	8	8	5	5	3	3	0	3	5	8	8	5
2	3	9999	3	48	48	8	8	5	5	0	0	3	0	3	8	8	5
3	5	3	9999	72	72	48	48	24	24	3	3	5	3	0	48	48	24
4	48	48	74	9999	0	6	6	12	12	48	48	48	48	74	6	6	12
5	48	48	74	0	9999	6	6	12	12	48	48	48	48	74	6	6	12
6	8	8	50	6	6	9999	0	8	8	8	8	8	8	50	0	0	8
7	8	8	50	6	6	0	9999	8	8	8	8	8	8	50	0	0	8
8	5	5	26	12	12	8	8	9999	0	5	5	5	5	26	8	8	0
9	5	5	26	12	12	8	8	0	9999	5	5	5	5	26	8	8	0
10	3	0	3	48	48	8	8	5	5	0	0	3	9999	3	8	8	5
11	3	0	3	48	48	8	8	5	5	0	9999	3	0	3	8	8	5
12	0	3	5	48	48	8	8	5	5	3	3	9999	3	5	8	8	5
13	3	0	3	48	48	8	8	5	5	0	0	3	9999	3	8	8	5
14	5	3	0	72	72	48	48	24	24	3	3	5	3	9999	48	48	24
15	8	8	50	6	6	0	0	8	8	8	8	8	8	50	9999	0	8
16	8	8	50	6	6	0	0	8	8	8	8	8	8	50	0	9999	8
17	5	5	26	12	12	8	8	0	5	5	5	5	5	26	8	8	9999

5. ábra. Az ASTP-17 adatainak csomópontjai



6. ábra. Az A-TSP17 probléma első megoldása



7. ábra. Az A-TSP17 probléma megoldása C programmal

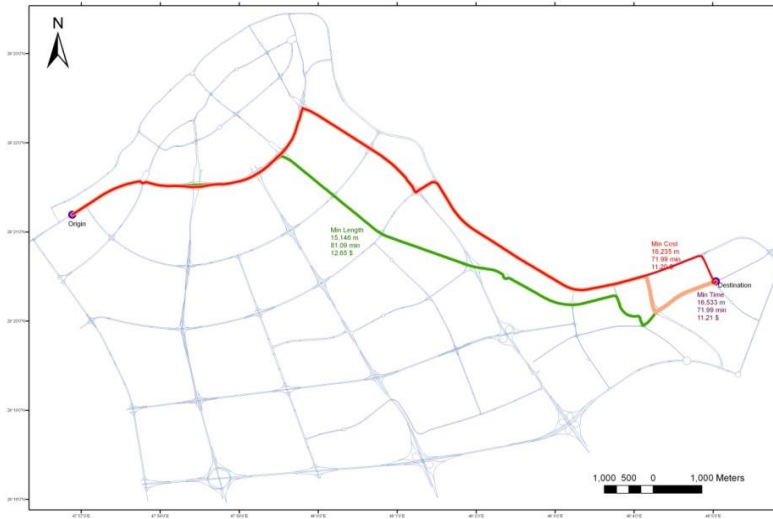
Többcélú navigációs probléma

A navigációban fellépő optimalizációs probléma nem a diszkrét matematikára jellemző egyváltozós, hanem többváltozós probléma.

Ha a döntési függvény $f(\text{cost})$ a navigációs probléma különböző kritériumait reprezentálja, akkor az optimalizáció kritériumai matematikai függvénnyel kifejezhetők, minimalizálva a költség függvény parciális deriváltjait. Például ha a függvény az $f(\text{cost}) = f(\text{távolság}, \text{energia}, \text{idő}, \text{biztonság})$, akkor az optimális útvonal feltételei minimalizálva (távolság, idő, energia) és maximalizálva (biztonság) a következőképpen fejezhetők ki:

$$\text{minimize} \left(\frac{\partial f(\text{cost})}{\partial \text{distance}}, \frac{\partial f(\text{cost})}{\partial \text{energy}}, \frac{\partial f(\text{cost})}{\partial \text{time}} \right) \text{ és } \text{maximize} \left(\frac{\partial f(\text{cost})}{\partial \text{safety}} \right)$$

A 8. ábra ennek a módszernek az alkalmazását mutatja be Kuvait városának példáján, ahol a távolság és idő adatok a csúcsforgalomra lettek optimalizálva. A költség úgy lett meghatározva, hogy csak az időtől és az út hosszától függjön.



8. ábra. Megoldások a többcélú navigációs problémára Kuvait városában. A minimális távolság (zöld), a minimális idő (narancessárga) és a minimális költség (vörös) a nyugati kiindulási pont és a keleti célállomás között.

Geovizualizáció

A mobil felhasználók számára is rendkívül fontos a térbeli adatok megjelenítése. A térképészetnek azzal a kihívással kell szembenéznie, hogy a földrajzi információkat a mobil eszközök kis képernyőjén kell megjeleníteni. A mobil térképészet legfontosabb célja, hogy egyrészt tájékoztassa a felhasználót pillanatnyi helyéről, irányáról, a környező fontos



9. ábra. Megjelenítés mobil eszközön

objektumokról, másrészt a földrajzi információ valósídejű megjelenítése. A 9. ábra a mobil eszköz megjelenítésének kétféle tájékozását mutatja be.

Holográfia

Holográfia a fény hullámtermészetén alapuló olyan képrögzítő eljárás, amellyel a tárgy struktúrájáról tökéletes térhatású, vagyis háromdimenziós kép hozható létre amint az a 10. ábrán is látható. A holográfia egy olyan ígéretes technológia, mely a mobil térinformatikában egy nagyon fontos 3D-s vizualizációs eszköz lehet.

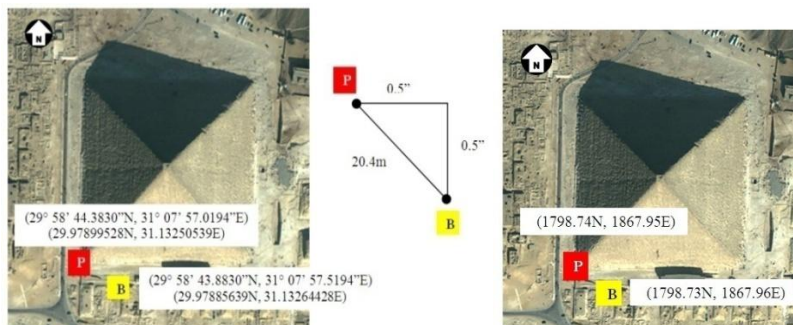


10. ábra. Holográfia a mobil eszközön

Metrikus rendszer a földrajzi koordináták megjelenítésére a mobil eszközökön

A térinformatika a babiloni civilizációtól örökölte az ősi hatvanas számrendszerből a földrajzi koordináta meghatározását. A mobil felhasználók számára ennek a számrendszernek az alkalmazása nem előnyös, mivel a felhasználó számára egy egyszerű mennyiség meghatározása szükséges, melyből meg lehet állapítani, hogy mennyire pontos a GPS. A hosszúsági és szélességi körök értékét három mennyiség határozza meg fok, perc, másodperc, és legtöbbször a másodperc, vagy a tizedes fok századrészét. A gízai Khufu piramis délnyugati sarkának

földrajzi koordinátái északi szélesség a $29^{\circ} 58' 44.3830''$ és keleti hosszúság $31^{\circ} 07' 57.0194''$ amint azt a 11. ábra P pontja is mutatja.



11. ábra. A gizai Khufu piramis Egyiptomban

A térinformatika fejlődésével párhuzamosan szükségessé válik egy modern metrikus rendszer bevezetése a földrajzi koordináták meghatározására, amelyet könnyű használni és egyedi mértékegységgel rendelkezik valamint leolvasható a földrajzi szélesség és hosszúság egysége anélkül, hogy bármilyen konverzióra szükség lenne, amikor számolunk ezekkel az értékekkel, valamint könnyű kezelni az átlagos felhasználónak a számszerű és írásos értékeket. A javasolt rendszer méterrendszer, amely a perceken alapuló meghatározást alkalmazza és két értéket a hosszúsági és szélességi értéket határozza meg. Minden érték négy tizedesig van meghatározva a rendszerben. Az átlagos felhasználó számára könnyű a számok használata és a névleges pontossága 20 m, amely napi szintű navigációs célokra elfogadható, amint azt az 5. táblázat és a 11. ábra mutatja.

5. táblázat. A javasolt koordináták a piramis sarkainak koordinátái esetén és a B. pont meghatározásakor (20.4 m-re a piramistól a perc alapú koordináta meghatározás esetén méterrendszerben 20m –es néveleges pontosság mellett

Point	Sexagesimal degrees, minutes, seconds		Proposed minutes system	
	Latitude (DD MM SS.s)	Longitude (DD MM SS.s)	Latitude mmmm.mm	Longitude mmmm.mm
P	$29^{\circ} 58' 44.4''$	$31^{\circ} 07' 57.0''$	1798.74	1867.95
B	$29^{\circ} 58' 43.9''$	$31^{\circ} 07' 57.5''$	1798.73	1867.96

Új tudományos eredmények

1) Koncepcionális keretrendszer stand-alone mobil GIS környezetben

A mobil eszközök offline módban történő alkalmazását elemi érdekek igénylik. A szerző koncepciót dolgozott ki a probléma megoldására.

2) Intelligens útjelzők a relatív helymeghatározáshoz

A szerző által javasolt intelligens útjelzők a mozgó objektumok relatív pozicionálásában a felhasználó számára újszerű térbeli szemantikát szolgáltatnak.

3) Az utazó ügynök (TSP) problematikájának új megközelítése

A szerző új algoritmust dolgozott ki a probléma megoldására.

4) Többcélú navigációs probléma

A szerző az optimális útvonal reprezentációjának funkcionális modelljét kiterjeszti, a felhasználó összes kritériumának megfelelő útvonal meghatározására, melyet a városi közlekedésben gyakorlati példán is bemutat.

5) Metrikus rendszer a földrajzi koordinátákhoz

A javasolt metrikus perc rendszer alkalmazása a földrajzi koordináták alapjaként egyszerűsíti a földrajzi adatok alkalmazását.

Alkalmazások

1. A Kuvait és Mekka között található nemzetközi út oda-vissza történő térbeli adatgyűjtése mobil GIS segítségével.
2. Az intelligens tereptárgy megtervezése és adatmodellje.
3. Az utazó ügynök problematikájára tervezett algoritmus, mely a legkisebb költségű út algoritmust használja fel.
4. Egy C program fejlesztése a 17-csomópont problematikájának megoldására az előbb említett algoritmus segítségével. A többcélú optimális útvonal alkalmazása Kuvait város mintaterületen.
5. A percalapú méterrendszer alkalmazásának példája a gyalogos közlekedésben.

Saját közlemények

Tudományos publikációk lektorált szakfolyóiratokban

- Eleiche, M. 2010. Applying minimum travel cost approach on 17–nodes travelling salesman problem, Geomatikai Közlemények, Sopron (submitted).
- Eleiche M. 2010. Modeling trajectory as network path using intelligent landmarks. Geomatikai Közlemények, Sopron (submitted).
- Eleiche M. 2009. Basics of RTCM 3.1 transformation messages standard for GNSS positioning service. Geomatics series 1/2009, Riga: pp.41-54.
- Eleiche M. and Márkus B. 2009. Standalone framework for mobile GIS. Geomatikai Közlemények , Sopron, No 12: pp.377-382.

Tudományos publikációk lektorált kiadványokban

- Eleiche M. and Issa S. 2008. Migration of Arabic Label to Modern GIS Software.
<http://www.gisdevelopment.net/application/miscellaneous/migration.htm>

Konferencia kiadványban megjelent tudományos publikációk

- Eleiche M. 2010. A minutes-based metric system for geographic coordinates in mobile GIS. The 18th International Conference on Geoinformatics: GIScience in Change, Geoinformatics 2010, Peking University, Beijing, China, June, 18-20, 2010, Geoinformatics: pp.1-5.
- Al-Kulaib A. A., Al-Sabah T. A. A., Al-Rukaibi F. S., Aljassar A. H., and Eleiche M. 2008. Research priorities for the transportation and traffic safety center in kuwait. 4th International Gulf Conference on Roads, 10-13 November, 2008, Doha, Qatar. Efficient Transportation and Pavement Systems: Characterization, Mechanisms, Simulation, and Modeling, Taylor & Francis Group, Imad L. Al-Qadi, CRC Press: pp. 277-282.

