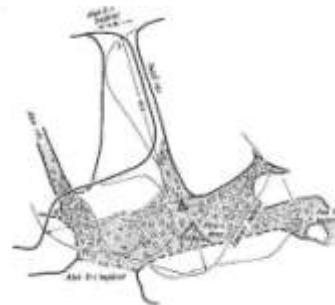




A valós idejű, térinformatikai célú műholdas helymeghatározás a barlangkataszterben

Barlangbejárat helyszíne

Barlang neve: Barlangkataszter		Kataszter jelölés: 10/10/10/10		Kataszter típusa: Barlangkataszter	
Északi irány	Barlang mérete	Barlang mérete	Barlang mérete	Barlang mérete	Barlang mérete
Barlang mérete	Barlang mérete	Barlang mérete	Barlang mérete	Barlang mérete	Barlang mérete
			Az ábrán látható a barlangbejárat méretei a földrajzi koordinátákkal együtt. A barlang méretei a földrajzi koordinátákkal együtt.		
			A barlang méretei a földrajzi koordinátákkal együtt.		



Megfelelni az új kihívásoknak*GISOpen-konferencia, 2011,
Tarsoly Péter



- A GNSS technológiák mára széles körben elterjedtek, pontosságuk a dekaméterestől a milliméteresig terjed.

- **Reális pontossági mérőszámok meghatározása összetett feladat:**

- GNSS-mérésre való alkalmasság vizsgálata (a természetes és épített környezet kitakarása, multipath hatás, interferencia)
- a felhasznált alaprendszerek (GPS, Glonass)
- kiegészítő rendszerek (passzív és aktív hálózatok)
- alkalmazott mérési és feldolgozási technológiák, beállítások hatásának ismerete

Jelenleg a barlangkataszter utófeldolgozásos, kódmérési technológiát használ.

- rövid vektorok esetén megfelelő pontosság
- hosszú vektorok esetén a pontosság romlása
- felmérési körülmények mérlegelése után valós idejű technológiák alkalmazásának lehetősége



- **természetes környezet által okozott kitakarás, interferencia, többutas terjedés, kevés számú műhold, mérési módszer és beállítási mód hatásának vizsgálata a különböző, régebbi és újabb navigációs, és valós idejű térinformatikai műholdas helymeghatározó technológiák esetében**
- **csak a GPS- és EGNOS-rendszer műholdjainak észlelésével megvalósuló technika vizsgálata**
- **térinformatikai célú valós idejű műholdas helymeghatározás (DGPS) alkalmazási lehetőségeinek vizsgálata nem-karsztos barlangbejáratok mikrokörnyezetének térképezéséhez**





A vizsgálati mérések végrehajtása

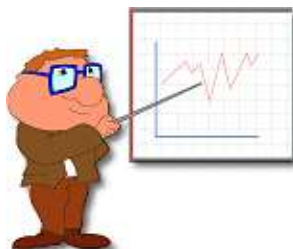
- **Vizsgálati mérések az NYME-GEO tetején a középső betonpilléren.**
 - Sokkia Hemisphere Crescent vevő, TDS Recon kézi számítógép
 - Egy év időtávlata (2009.08.11. – 2010.09.03.)
 - Különböző évszak, napszak és időjárási körülmények között
 - Különböző kitakarási szögek (5-10-15-20 fok)
 - Különböző beállítási módok (EGNOS0, EGNOS1x, EGNOS10x, EGNOS100x, EGNOS500x és EGNOS1000x)
 - Vizsgálati koordináták a WGS84 és EOVS rendszerben
 - WGS84 \neq ITRF2000miatti különbségből eredő ~0.05 méter hiba a barlangkataszter szempontjából elhanyagolható
 - Összesen 747 db koordinátahármas
- Referencia-koordináta: Leica 500-as vevő
 - A centiméteres pontossággal jellemezhető geodéziai pontmeghatározás hibátlanak tekinthető, a 1-3 méteres pontossággal jellemezhető, barlangkataszteri célú, térinformatikai pontmeghatározáshoz képest





Rögzített mérési adatok

- A mérés sorszáma, helyszíne és időpontja, a pillér WGS84 koordinátái a referenciamérésből.
- A mérési időpontot jellemző meteorológiai adatok: légnyomás, hőmérséklet, szél, páratartalom, csapadékintenzitás, harmatpontdeficit
- Hagyományos navigációs (abszolút GPS) üzemmódhoz, EGNOS korrekciók vételéhez, 1-10-100-500-1000-szeres ismétlésszámhoz, 5-10-15-20 fokos magassági kitakarási szöghöz tartozó koordináták, azok különbségei a referencia-koordinátaéhoz képest, továbbá a 3D lineáris eltérések
- A vevő által kijelzett PDOP érték, középhibák (HRMS, VRMS), jel/zajviszony-átlag, észlelt műholdak száma
- Tájékoztatási célú, nem szabatos adatokból számított száraz és nedves troposzférikus késleltetés adatok Black (1978) modellje alapján.

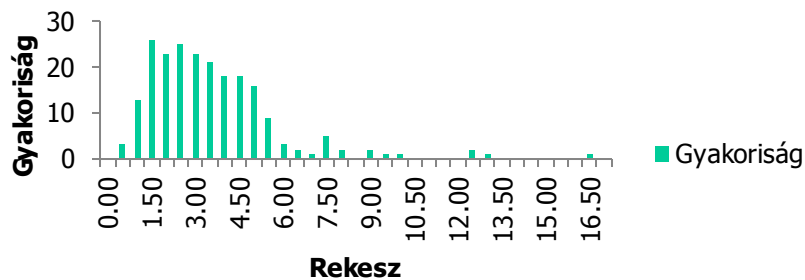


- A mérési eredmények előfeldolgozása segítséget nyújthat a megbízhatósági mérőszámok becslésében, valamint azoknak az intervallum-határoknak a lehatárolásában, amelyek közé szélső esetekben ezen értékeknek esnie kell.

- ΔX , ΔY , ΔZ , és 3D lineáris eltérések meghatározása
- ΔX , ΔY , ΔZ , és 3D lineáris eltérések hisztogram-elemzése
- X, Y, Z, és 3D lineáris eltérés leíró statisztikájának meghatározása:
 - Számtani közép
 - Standard hiba
 - Medián
 - Középhiha
 - Variancia
 - Terjedelem

Descriptive statistic_X	
Column1	
Mean	4119988.793
Standard Error	0.438583689
Median	4119989.49
Mode	#N/A
Standard Deviation	3.222918739
Sample Variance	10.3872052
Kurtosis	1.464469515
Skewness	-0.983865215
Range	15.616
Minimum	4119979.15
Maximum	4119994.766
Sum	222479394.8
Count	54
Confidence Level(95.0%)	0.879687456

A 3D E értékek hisztogramja a kutatási időszakban EGNOS1x mérés esetén





Előfeldolgozás - eredmények

- A táblázat a leíró statisztikák és a hisztogram-elemzés legfontosabb jelzőszámait tartalmazza a várható pontosság becsléséhez.

	Abszolút GPS	EGNOS1x	EGNOS10x	EGNOS100x	EGNOS500x	EGNOS1000x
Intervallumhatárok (m)						
ΔX	-0.5-6.5	-1.5-5.5	-2.0-4.5	-1.5-4.5	0.5-2.0	0.5-2.0
ΔY	-1.0-3.0	-1.0-2.5	-1.0-2.5	-1.0-2.0	0.0-1.0	0.5-1.5
ΔZ	-6.0-6.0	-4.5-4.5	-4.0-4.0	-2.0-3.0	-1.5-1.5	-1.0-2.0
3D	1.0-12.0	1.0-16.5	0.5-17.0	0.5-7.0	1.0-2.0	1.0-2.5
A leíró statisztikákból számított középhibák (m)						
X	±2.5	±2.3	±2.3	±1.6	±0.4	±0.5
Y	±1.6	±1.2	±1.2	±0.7	±0.3	±0.2
Z	±3.2	±2.7	±2.7	±2.2	±0.8	±0.6
3D	±2.3	±2.3	±2.2	±1.5	±0.4	±0.4
Várható pontosság (m)						
	±5.0	±4.0	±3.5	±3.0	±2.0	±1.5





Bevezetés a CMAS-módszerbe

- A pontosság jellemzésére használt egyetlen mérőszám azt az érzetet keltheti, mintha a pontosság egy egyszerűen, könnyen és egzaktul meghatározható mérőszám lenne.
- A valóságban azonban túl sok tényező befolyásolja ezt az értéket; ezen tényezőknek nem ismerjük minden esetben a hatásmechanizmusát.
- Sokkal megfoghatóbb, egyben árnyaltabb megoldást ad, ha a pontosságot egy intervallumon belül becsüljük, és minden intervallumhoz valamilyen valószínűségi szintet rendelünk hozzá.
- A valószínűség fogalmának bevezetése magában hordozza a bizonytalanságot is, amelyet ugyan ki lehet fejezni matematikai módon, azonban mégis közvetíti a felhasználó számára azt az értékes információt, hogy a kapott mérőszámnak meg vannak a korlátai.





CMAS – Circular Map Accuracy Standard

- **A CMAS-módszer a topográfiai és földrajzi térképek adatai helyzeti pontosságának a jellemzésére szolgál; megfelelő újragondolás után alapelemei használhatók a műholdas helymeghatározás pontosságának a becslésében is.**
 - Alapesete:
 - a cél az x , y síkkordináta pontosságának meghatározása
 - síkbeli megbízhatóság, amely kiterjeszhető 3D-re
 - ismerjük az x , y koordináták középpontjait
 - Képzeljük el a terepen a hibátlanak tekintett ponthelyet, a helyi vízszintes síkjában pedig olyan koncentrikus ellipsziseket, melyek kis- és nagy tengelyeinek méretei eltérő valószínűségi szinteken jellemzik a pontosságot.
 - A valószínűség, hogy a mért ponthely valamely ellipszisen belülre fog esni, arányos az ellipszis kis- és nagy tengelyeinek méretével.
 - Ha a két koordináta középpontja egyenlő, vagy egyenlőnek tekinthető, akkor az ellipszisek körré válnak, amelyet sokkal egyszerűbb kezelni matematikailag.
 - Alapesetben a hibátlanak tekintett ponthely körül a helyi vízszintes síkjában különböző valószínűségi szinthez tartozó, különböző sugarú koncentrikus körökkel fogjuk tudni jellemezni a pontosságot.
 - A CMAS-módszer használható 3D-ben is, ekkor hibaellipszoid, azonos középpontok esetén pedig hibagömb fogja jellemezni a pontosságot

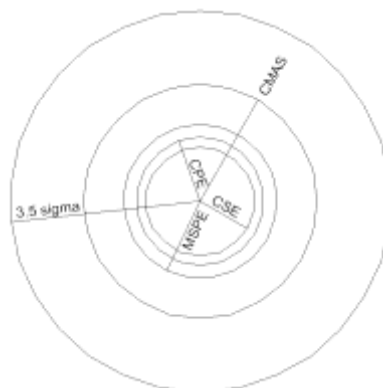


- **A CMAS-módszer paramétereinek meghatározása:**

$$\mu_v = \sqrt{(\mu_x^2 + \mu_y^2 + \mu_z^2)}$$

$$\sigma_c = \frac{\mu_v}{\sqrt{3}}$$

Név	Rövidítés	Valószínűség (%)	Származtatás
<i>Circular standard error</i>	CSE, σ_c	0.39	$1.0 \sigma_c$
<i>Circular probable error</i>	CPE or CEP	0.50	$1.1774 \sigma_c$
<i>Circular mean square positional error</i>	MSPE	0.63	$1.4142 \sigma_c$
<i>Circular map accuracy standard</i>	CMAS	0.90	$2.1460 \sigma_c$
<i>Three-five sigma error</i>	3.5σ	0.99	$3.5 \sigma_c$





A CMAS-módszer alkalmazhatósága a barlangkataszterben

- a valóságban az előfeldolgozások eredményeiből látható, hogy az X,Y és Z koordináták középpontjai egy~ 1.5 méteres intervallumon belüli szórást mutatnak → a barlangkataszter szempontjából nem releváns, tehát mondható, hogy $\mu_X = \mu_Y = \mu_Z$
- a három azonosnak tekintése a módszer jelentős egyszerűsítését és egyben alkalmazhatósági korlát bevezetését is jelenti
- a CMAS-módszer alkalmazása tehát nem tekinthető egy precíz megoldásnak, azonban megfelel a barlangkataszter által támasztott követelményeknek, más célú meghatározásokban való alkalmazása csak alapos megfontolás után lehetséges
- a kapott koordináta középpontok nem tekinthetők csak véletlen hibáknak, azonban a barlangkataszter által elvárt nem szabatos helymeghatározásban mindettől el lehet tekinteni





A CMAS-módszer alkalmazása WGS84 koordináták esetén

		Értékek (m)				
		5	10	15	20	
P(%)		3D	3D	3D	3D	
CSE	39	2.3	2.2	2.4	3.2	EGNOS (0)
CPE	50	2.7	2.6	2.8	3.7	
MSPE	63	3.3	3.1	3.4	4.5	
CMAS	90	5.0	4.7	5.1	6.8	
3.5 σ	99	8.1	7.7	8.3	11.0	
		Értékek (m)				
		5	10	15	20	
P(%)		3D	3D	3D	3D	
CSE	39	1.6	1.7	2.3	2.8	EGNOS 1x
CPE	50	1.9	2.0	2.7	3.3	
MSPE	63	2.3	2.4	3.2	3.9	
CMAS	90	3.5	3.7	4.9	6.0	
3.5 σ	99	5.7	6.0	8.0	9.8	
		Értékek (m)				
		5	10	15	20	
P(%)		3D	3D	3D	3D	
CSE	39	1.5	1.6	2.2	3.0	EGNOS 10x
CPE	50	1.8	1.9	2.6	3.5	
MSPE	63	2.2	2.3	3.1	4.2	
CMAS	90	3.3	3.5	4.8	6.4	
3.5 σ	99	5.3	5.7	7.8	10.4	
<i>Mérési időtartam (1s=kb.1 epocha)</i>						
1s	10s					





A CMAS-módszer alkalmazása WGS84 koordináták esetén

Ertékek (m)		
		10
	Valószínűség (%)	3D
CSE	39	1.6
CPE	50	1.9
MSPE	63	2.3
CMAS	90	3.4
3.5 σ	99	5.6
EGNOS 100x		
Ertékek (m)		
		10
	Valószínűség (%)	3D
CSE	39	0.5
CPE	50	0.6
MSPE	63	0.7
CMAS	90	1.1
3.5 σ	99	1.8
EGNOS 500x		
Ertékek (m)		
		10
	Valószínűség (%)	3D
CSE	39	0.5
CPE	50	0.6
MSPE	63	0.7
CMAS	90	1.0
3.5 σ	99	1.7
EGNOS 1000x		
Mérési időtartam (1s=kb.1 epocha)		
3.5 perc	10-15 perc	30 perc





A CMAS-módszer alkalmazása EOVS koordináták esetén

		Értékek (m)								
		5		10		15		20		
	P(%)	2D	1D	2D	1D	2D	1D	2D	1D	
CSE	39	2.1	2.7	1.9	2.8	1.8	3.2	2.4	4.3	EGNOS (0)
CPE	50	2.5	3.2	2.2	3.2	2.1	3.8	2.9	5.0	
MSPE	63	3.0	3.8	2.7	3.9	2.5	4.6	3.4	6.0	
CMAS	90	4.1	5.8	4.0	5.9	3.8	7.0	5.2	9.1	
3.5σ	99	7.4	9.4	6.6	9.6	6.2	11.3	8.5	14.9	
		Értékek (m)								
		5		10		15		20		
	P(%)	2D	1D	2D	1D	2D	1D	2D	1D	
CSE	39	1.2	2.2	1.3	2.4	1.4	3.5	1.7	4.2	EGNOS IX
CPE	50	1.4	2.6	1.5	2.8	1.6	4.1	2.0	4.9	
MSPE	63	1.7	3.1	1.8	3.4	1.9	4.9	2.4	5.9	
CMAS	90	2.6	4.7	2.8	5.1	2.9	7.5	3.7	9.0	
3.5σ	99	4.3	7.7	4.5	8.3	4.8	12.2	6.0	14.6	
		Értékek (m)								
		5		10		15		20		
	P(%)	2D	1D	2D	1D	2D	1D	2D	1D	
CSE	39	1.2	2.0	1.2	2.2	1.3	3.4	1.9	4.4	EGNOS 10x
CPE	50	1.4	2.4	1.5	2.6	1.6	4.0	2.2	5.2	
MSPE	63	1.7	2.9	1.8	3.1	1.9	4.8	2.7	6.2	
CMAS	90	2.5	4.4	2.7	4.7	2.8	7.2	4.0	9.4	
3.5σ	99	4.1	7.1	4.3	7.7	4.6	11.8	6.6	15.4	
<i>Mérési időtartam (1s=kb.1 epocha)</i>										
1s	10s									





A CMAS-módszer alkalmazása EOVS koordináták esetén

Ertékek (m)				
10				
	Valószínűség (%)	2D	1D	
CSE	39	1.1	2.3	EGNOS 100x
CPE	50	1.3	2.7	
MSPE	63	1.6	3.2	
CMAS	90	2.4	4.9	
3.5σ	99	4.0	7.9	
Ertékek (m)				
10				
	Valószínűség (%)	2D	1D	
CSE	39	0.4	0.7	EGNOS 500x
CPE	50	0.5	0.8	
MSPE	63	0.6	1.0	
CMAS	90	0.9	1.5	
3.5σ	99	1.4	2.5	
Ertékek (m)				
10				
	Valószínűség (%)	2D	1D	
CSE	39	0.4	0.6	EGNOS 1000x
CPE	50	0.4	0.7	
MSPE	63	0.5	0.9	
CMAS	90	0.8	1.4	
3.5σ	99	1.3	2.2	
Mérési időtartam (1s=kb.1 epocha)				
3.5 perc	10-15 perc	30 perc		





Eltérés a kvázi EOV és helyes EOV rendszer között

- gyakorlatban a DGPS-vevők a WGS84 rendszerből közvetlenül számítanak EOV koordinátákat valamilyen transzformációs eljárással
- nem veszik figyelembe a WGS84 és ETRS89 közötti eltérést
- Hemisphere: WGS84→VITEL2009→kvázi EOV

<i>Beállítási mód: EGNOS500x, 10 fokos magassági kitarakás</i>		
	Átlagos lineáris eltérés a teljes mérési sorozatra (m)	
	2D	1D
<i>kvázi EOV – helyes EOV</i>	~0.6	~0.0
<i>kvázi EOV - referenciapont</i>	~0.9	~0.8
<i>helyes EOV - referenciapont</i>	~0.8	~0.7



Alkalmazhatósági feltételek

- **Kérdések az utófeldolgozással kapcsolatban:**
- Szükség van-e arra, hogy a barlangok bejáratait deciméter élességgel ismerjük?
- Milyen romlást eredményez a számított koordináták pontosságában a vektorhossz kritikus távolság fölé növelése utófeldolgozás esetén?
- Figyelembe véve az időráfordítást, megbízhatóságot, gazdaságosságot és műszerigényt, az utófeldolgozósos vagy a valós idejű technológia felel meg jobban a barlangkataszter céljainak?





Alkalmazhatósági feltételek

- A mai, modern térinformatikai célú műholdas helymeghatározó eszközök az esetek ~90%-ában alkalmasak valós időben az 1 méter alatti pontosságú 2D pozíció és a 1.5 méter alatti pontosságú 1D pozíció meghatározásra ingyenes *EGNOS*-korrekcióval, amennyiben az alábbi feltételek teljesülnek:
 - szabad kilátás az égboltra (a kitakarási szög a zavaró objektumok függvényében 5-10-15 fok)
 - minimum 6 *GPS* műhold folyamatos követése
 - maximum 3-as *PDOP*-érték
 - a mérés megkezdése előtt minimum 10 másodpercnyi tartózkodás a mérési ponton
 - minimum 10 perc mérési idő vagy 500 átlagolt mérés
 - a készülék fejmagasságban tartása 45 fokos szögben vagy külső *GPS* antenna használata.



A DGPS a barlangkataszterben

- **Két alkalmazási terület:**
 - bejáratok koordinátájának meghatározása
 - bejáratok helyszínrajzok elkészítése

- **A bejáratok helyszínrajzok elkészítését nem írja elő az Országos Barlangkataszter, azonban előnyei:**
 - megkönnyíti a bejáratok nyilvántartását és terepi felkeresését
 - részletesen mutatja a bejáratok közvetlen környezetét
 - lehetővé teszi a legfontosabb adminisztratív adatok könnyű és gyors áttekintését



A barlangbejárati helyszínrajz

- **Formai követelmények:**

- a vízszintes alappontok pontleírása alapján
 - A5 méretben
 - grafikus és adminisztratív adatok
 - kötelezően nyilvántartandó adatok pl. név, hossz, mélység
 - opcionális adatok pl. koordináták különböző vonatkoztatási rendszerben pl. EOVS, WGS84

- **Tartalmi követelmények:**

- MKBT Kartográfiai Albizottsága és a Nemzetközi Szpeleológiai Unió által ajánlott jelkulcsok felhasználása (pseudokarsztoakra V. csoportban 8 db)
- Új jelkulcsok (56 db) létrehozásával egységes fekete-fehér jelkulcskészlet kidolgozása pseudokarsztos barlangok mikrokörnyezetének az ábrázolásához



Már egy másik előadás témája...

A barlangbejárati helyszínrajz formai kivitele

Barlangbejárat helyszínrajza

A barlang neve: <i>Kökényes-barlang</i>		Hossz/mélység: +4.00m/+1.50m		Kataszteri terület/sorszám, helyrajzi szám: 4510/517
EOV	y=620801	x=214518	Balti magasság:207	
WGS84	X=4107586	Y= 1387268	Z=4662676	Közigazgatási adatok: <i>Fejér megye, Pázmánd</i>
	$\varphi = 47-16.4441$	$\lambda = 18-39.6920$	Ellipszoid magasság: 251	
<p>Helyszínrajz:</p>				<p>Megközelítési leírás:</p> <p><i>A barlang bejárata a Zsidó-hegy tetején lévő háromszögelési ponttól déli irányban, egy különálló sziklacsoportban található.</i></p>
				<p>Bejárat fényképe:</p>
				<p>Felmérte:</p> <p><i>Tarsoly Péter, 2010</i></p>





Köszönöm

a



figyelmet!

