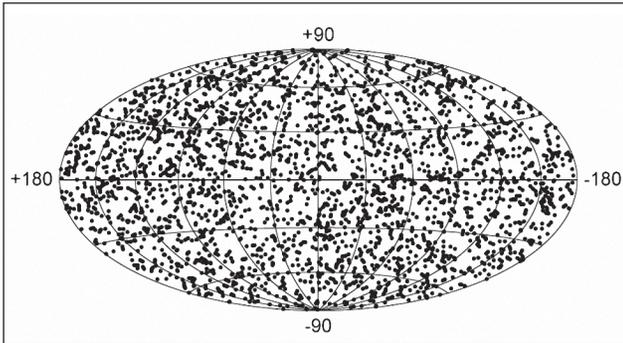


A gammakitörések irány szerinti eloszlása



1. ábra. A gammakitörések égi eloszlása [4]

A gammakitörések (GRB – Gamma-ray bursts) tanulmányozása során meglehetősen fontos azok égi pozíciójának meghatározása [1]. A kitörések fizikájának megértéséhez feltétlenül szükséges a sugárforrások beazonosítása [2]. A halvány források tanulmányozásához pontosan kijelölt égi pozícióra van szükség, mert ha nagy területen lehet a forrás, akkor sok a lehetséges jelölt. Vagyis a legtöbb gammakitörés-megfigyelő műhold tervezésénél fontos cél volt az égi koordináták minél pontosabb meghatározása.

Az egyik ilyen tevékenységet végző műhold a Compton Gamma Űrobszervatórium (CGRO – Compton Gamma Ray Observatory), önállóan is képes volt a megfigyelt gammakitörések égi pozícióját meghatározni. Ennek köszönhetően a kutatók a kitörések koordinátáit 1-2° szisztematikus

és 2-16° statisztikus hibával tudták számítani [3]. Ennek ismeretében érthető, hogy miért nem fedezték fel a kitörések optikai utófényét a CGRO adatai alapján, hiszen egy óriástávcső tipikus látómezeje lényegesen kisebb ezeknél a hibáknál; az égbolton való eloszlás tanulmányozásához azonban már e műhold adatai is alkalmasak voltak. A CGRO 9 és fél éves működése alatt több ezer GRB-t figyelt meg, a végső katalógusba [4] 2704 kitörés égi koordinátája került be. Ezek eloszlását mutatja az 1. ábra. 1990-re a Bolygóközi Hálózat- (IPN – Interplanetary Network) megfigyelések alapján már gyanítható volt, hogy a kitörések eloszlása az égen egyenletes [5], bár még akkoriban is megjelent olyan publikáció, amelynek szerzője szerint az irány szerinti eloszlás korrelál a galaxisunk síkjával [6]. A Compton Űrobszervatórium egyik fontos detektora (BATSE – Burst And Transient Source Experiment) első katalógusának [3] adatai arról győzték meg a kutatóközösség tagjait, hogy a kitörések irány szerinti eloszlása véletlenszerű. Azaz az égbolton való eloszlásuk egyenletes.

A gammakitöréseknek három altípusa létezik, a kitörés időtartamának (amelyet a T_{90} változó ír le) függvényében; rövid (< 2 s), közepes ($2 \text{ s} < T_{90} < 10$ s) és hosszú (> 10 s) időtartamú [7]. Érdemes megvizsgálni a kitörések egyes csoportjainak irány szerinti eloszlását külön-külön. Ezek szisztematikus vizsgálatát Balázs és munkatársai cikke alapján mutatom be [8].

A GAMMAKITÖRÉSEK IRÁNY SZERINTI ELOSZLÁSA

Gyakran alkalmazott eljárás egy gömbi eloszlás izotropiájának vizsgálatánál a szférikus harmonikusok alkalmazása [9], [10].

Ha az $f(l, b, x_1, \dots, x_n)$ függvény írja le egy objektumnak az infinitezimálisan kicsiny térszögben való megtalálásának a sűrűségfüggvényét, és az l, b eloszlás (ahol l és b a galaktikus koordináták) független a többi tulajdonságtól (amelyeket az x_1, \dots, x_n változók írnak le), akkor f felbontható a következő módon:

$$f(l, b, x_1, \dots, x_n) = \omega(l, b)g(x_1, \dots, x_n) \quad (1)$$

Az $\omega(l, b)$ függvény hagyományos szférikus harmonikus felbontása a következő:

$$\omega(l, b) = \frac{1}{\sqrt{4\pi}}\omega_0 - \frac{3}{\sqrt{4\pi}}(\omega_{1,-1}\sin l \cos b + \omega_{1,0}\sin b - \omega_{1,1}\cos l \cos b) + \frac{15}{\sqrt{16\pi}}(\omega_{2,2}\cos 2l \cos^2 b - \omega_{2,1}\cos l \sin 2b - \omega_{2,-1}\sin l \sin 2b + \omega_{2,-2}\sin 2l \cos^2 b) + \frac{5}{\sqrt{16\pi}}\omega_{2,0}(3\sin^2 b - 1) + \dots \quad (2)$$

ÖSSZEFOGLALÁS: A gammakitörések a Világegyetem legnagyobb energiájú folyamatai. Többségükben nagy tömegű csillagok végső robbanásai távoli galaxisokban, illetve azok közelében. Tehát nagyon távoli tartományokban jelzik a Világegyetem sűrűbb részeit. Éppen ezért segítségükkel alkalmunk lehet felderíteni világunk nagy léptékű szerkezetét.

KULCSSZAVAK: műholdak, kutató műholdak, gamma-műholdak, asztrofizika, kozmológia, gammakitörések

ABSTRACT: Gamma-ray bursts (GRBs) are the most energetic explosions in the Universe. They are associated with the stellar endpoints and are found in and near distant galaxies. They are indicators of the dense part of the Universe. Their sky and spatial distribution thus can help us expose the large scale structure of the Universe.

KEY WORDS: satellite, research satellite, gamma satellite, astrophysics, cosmology, gamma-ray bursts

* DSc, Egyetemi tanár, NKE HHK Természettudományi Tanszék, tanszékvezető, horvath.istvan@uni-nke.hu. ORCID: 0000-0002-1343-1761



ahol az $\omega_{1,-1}$; $\omega_{1,1}$ és $\omega_{1,0}$ tagok a dipótagok, az $\omega_{2,-2}$; $\omega_{2,2}$; $\omega_{2,-1}$; $\omega_{2,1}$ és $\omega_{2,0}$ tagok pedig a kvadrupótagok. A Current BATSE katalógus [4] 2025 gammakitörés égi koordinátáit tartalmazta 1998-ban. Ezekre a fenti gömbi harmonikusokat a Student-féle t-tesztrel¹ megvizsgálva az az eredmény adódott, hogy két tag is szignifikánsan nem nulla [8]. Ezen eredményeket ismerteti az 1. táblázat.

1. táblázat. A gömbi harmonikusokra kapott Student t-értékek, és azok valószínűségei (A szerző szerkesztése.)

	$\omega_{1,-1}$	$\omega_{1,1}$	$\omega_{1,0}$	$\omega_{2,-2}$	$\omega_{2,2}$	$\omega_{2,-1}$	$\omega_{2,1}$	$\omega_{2,0}$
t	1,51	1,77	0,71	2,76	1,54	3,26	0,98	0,36
%	13,4	7,7	47,7	0,6	12,1	0,1	33,3	71,9

A másik alkalmazott módszerük a Bernoulli teszt² volt. Az égbolt két részre történő osztásával és $p = 0,5$ értékkel számolva binomiális teszt alkalmazható, amely szintén anizotrópiát mutatott.

Megvizsgálva a hosszú kitöréseket, különböző hosszúsághatárt alkalmazva, nem adódott szignifikáns anizotrópia. A rövid gammakitöréseknél mind a három különböző hosszúsághatár esetén szignifikáns anizotrópia mutatkozott, mindhárom esetben 99%-nál nagyobb szignifikanciával (2. táblázat). Az összes kitörés 98,0%-os szignifikanciát mutatott.

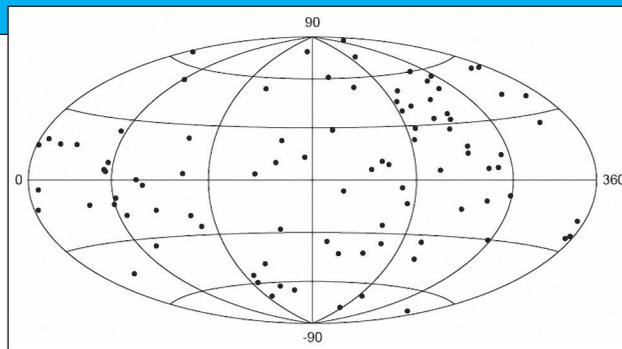
2. táblázat. Az égi helyzet véletlenszerű eloszlására alkalmazott binomiális tesztek és azok valószínűségei (A szerző szerkesztése.)

csoport	N	n_1	n_2	%
összes kitörés	932	430	502	2,0
$T_{90} < 1$ s	206	82	124	0,43
$T_{90} < 2$ s	251	103	148	0,55
$T_{90} < 10$ s	372	154	218	0,11
$T_{90} > 2$ s	681	327	354	32
$T_{90} > 10$ s	560	276	284	77
$T_{90} > 15$ s	507	257	260	59

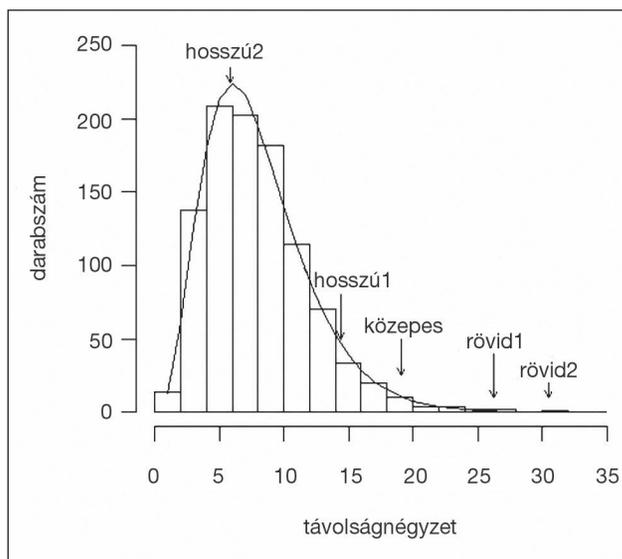
Egy hasonló munkában [11] megmutatták, hogy ha a rövid és a hosszú kitörések égi eloszlását hasonlítjuk össze, akkor azok 98,7%-os szignifikanciával térnek el egymástól.

Későbbi vizsgálataik azt mutatták, hogy a gammakitörések osztályozásban talált közepes gammakitörés-csoport égi eloszlása nem egyenletes [12]. A cikkben vizsgált 92 gammakitörés égbolton történő eloszlását mutatja a 2. ábra. Részben ezt erősítette meg Litvin és munkatársainak vizsgálata [13], akik igazolták, hogy a közepes időtartamig tartó kitörések ($2 \text{ s} < T_{90} < 8 \text{ s}$) égbolteloszlása anizotróp. Mind a két csoport, csakúgy, mint mások (például [9], [10], [14], [15]), a hosszú gammakitörések égi eloszlását izotrópnek találta.

Egy másik részletes, a BATSE kitöréseket elemző vizsgálatban [16] Voronoi-tesszelláció³, multifraktál spektrum és a gráfoknál használt minimális kifizető eljárások segítségével 13 változó eloszlását hasonlították össze a véletlen eloszlás változóival.



2. ábra. A vizsgált 92 közepes időtartamú gammakitörés eloszlása az égen [12]



3. ábra. A gammakitörések anizotrópiájára vonatkozó szignifikanciák Monte-Carlo szimuláció⁴ felhasználásával [16]

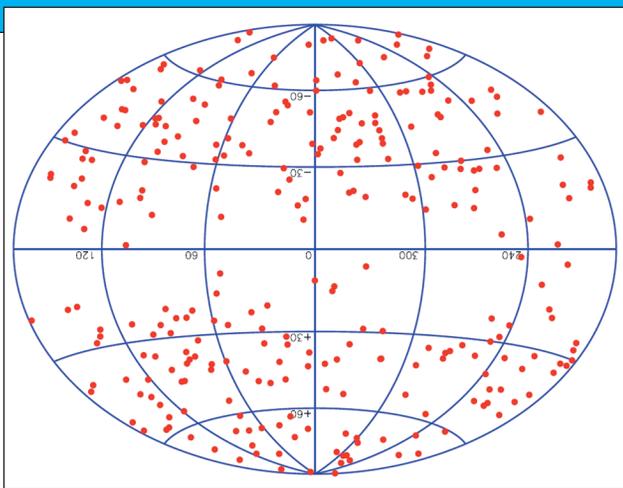
A 2-10 s hosszúságú gammakitöréseket vették közepes időtartamú kitörésnek. De a Pendleton és munkatársai [17] által bevezetett határnál fényesebb (256 ms-os csúcspénység 0,65 foton/cm²-es) kitöréseket elemezték. A 2 s-nál rövidebb kitörések alkották a rövid2, a 10 s-nál hosszabb kitörések alkották a hosszú2 csoportot. A 2 foton/cm²-s csúcspénységnél fényesebb kitöréseket elhagyva adódott a rövid1 és hosszú1 csoport. Mind az 5 csoportra előállt a 13 tesztváltozóból alkotott távolság négyzet jellegű mennyiség. Ezek értékeit hasonlították össze 1000 véletlen eloszlás eredményével (3. ábra).

Az elemzés a rövid kitörések égi eloszlását több mint 99%-os szignifikanciával anizotrópnek találta, míg a közepes gammakitörések esetén a szignifikancia 98,5%-os volt. A hosszú kitörések égi eloszlását ez az elemzés is véletlenszerűnek találta.

A GAMMAKITÖRÉSEK TÉRBELI ELOSZLÁSA

A kitörések égi eloszlásának vizsgálatát nagyban nehezíti a nem egyenletes égboltlefedés [18]. Az egyes műholdak detektorai különböző valószínűséggel észlelik a gammavillanásokat, illetve nem egyforma ideig figyelik meg az égbolt különböző területeit. Ezen lefedési függvényt a CGRO BATSE esetében közölték [19], míg a Swift műhold esetében publikációkban számolták (például [18] vagy [20]).

A helyzet a kitörések vöröseltolódásának meghatározásával csak kis mértékben változott, hiszen ez a több ezer gammakitörésnek csak kis részére történt meg. A 2010-es évek elejére már elérte a néhány százat a mért vörös-



4. ábra. A 2012-ben ismert vöröseltolódású 283 gammakitörés eloszlása az égbolton, galaktikus koordináta-rendszerben [25]

eltolódással rendelkező GRB-k száma. A 2012 júliusáig megfigyelt kitérések égi eloszlását mutatja a 4. ábra galaktikus koordinátákban. A Galaktikus Egyenlítő közelében láthatóan a kitérések ritkábban helyezkednek el. Ennek oka a galaktikus por, amelynek a galaxisunk síkjában való elnyelése miatt az utófényeket nehezebb megfigyelni, ennek hiányában azonban nem határozható meg a vöröseltolódás [21].

A lefedési függvény okozta effektusokat csak bonyolult eljárásokkal lehet figyelembe venni. Azonban ha feltételezzük, hogy a lefedési függvény nem függ a távolságtól, összehasonlíthatjuk az egyes alosztályok égi eloszlását egymással. Ha két kitérés különböző távolságban történik, de látszó fényességük hasonló, akkor semmi nem indokolja, hogy az egyiket nagyobb valószínűséggel mérjék a műszerek, mint a másikat, ha azonos irányban látszanak. Eltérő irány esetén, mint láttuk, lehet eltérés, pl. a galaktikus síktól való távolság függvényében. A gammakitörések belső, a kibocsátáskori fényessége több nagyságrendben mutat szórás [22]. Ez bizonyosan nagyobb, mint a távolsági faktorból eredő fényességkülönbség [23]. Ez erősíti a lefedési függvény vöröseltolódás-függetlenségére tett feltevésünket.

Ha megnézzük a 100 legközelebbi gammakitörés eloszlását az égen, és vesszük a 100 legtávolabbi kitérés eloszlását, akkor ezek hasonló effektusokkal terheltek (a lefedési függvényük nagyon hasonló). Ezért a lefedési függvény konkrét ismerete nélkül is összehasonlíthatjuk a két eloszlást, megvizsgálva van-e közöttük különbség. A 2012 júliusáig megfigyelt 283 GRB-t oszthatjuk három hasonló darabszámú csoportra is, és a csoportokat páronként összehasonlíthatjuk egymással. Figyelembe véve, hogy a kitérések igen nagy távolságban vannak (100 Mpc-től több ezer megaparszekig), a kozmológiai elvárások szerint az égi eloszlást véletlenszerűnek várjuk [24]. Tehát, ha két csoportot összehasonlítva az égi eloszlásukat hasonlónak találjuk, de a harmadik csoport égi eloszlása mind a kettőtől különbözik, akkor ennek a harmadik csoportnak megfelelő távolságban a gammakitörések eloszlása nem egyenletes. Az ezzel kapcsolatos vizsgálatok bemutatását a tervek szerint egy következő cikk tartalmazza.

HIVATKOZOTT IRODALOM

[1] Pérez-Ramírez, D. et al., „Detection of the high z GRB 080913 and its implications on progenitors and energy extraction mechanisms” *Astronomy and Astrophysics* 510 (2010): A105. <https://doi.org/10.1051/0004-6361/200811151>;

[2] Horváth, I. et al., „Classifying GRB 170817A/GW170817 in a Fermi Duration–Hardness Plane” *Astrophysics and Space Science* 363, sz. 3 (2018): 53. <https://doi.org/10.1007/s10509-018-3274-5>;

[3] Fishman, Gerald J. et al., „The First BATSE Gamma-Ray Burst Catalog” *The Astrophysical Journal Supplement Series* 92 (1994): 229–283. <https://doi.org/10.1086/191968>;

[4] Meegan, C. A., Pendleton, G. N. and Briggs, M. S., „Current BATSE Gamma-Ray Burst Catalog” eredeti hely: <http://www.batse.msfc.nasa.gov/data>, jelenlegi hely: <http://gamma-ray.msfc.nasa.gov/batse/grb/catalog/current> (Letöltve: 2021.5.17.);

[5] Atteia, J-L., et al., „A Second Catalog of Gamma-Ray Bursts: 1978–1980 Localizations from the Interplanetary Network” *The Astrophysical Journal Supplement Series* 64, (1987). 305–382 <https://doi.org/10.1086/191198>;

[6] Quashnock, J. M., és D. Q. Lamb., „Evidence for the Galactic Origin of Gamma-Ray Bursts” *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 265, sz. 1 (1993): L45–50. <https://doi.org/10.1093/mnras/265.1.L45>;

[7] Horváth I, Mészáros A, Balázs LG, Bagoly Z., „Where is the Third Subgroup of Gamma-Ray Bursts?” *Baltic Astronomy* 13 (2004). 217–220.;

[8] Balázs L. G., Mészáros A. és Horváth I., „Anisotropy of the sky distribution of gamma-ray bursts” *Astronomy and Astrophysics* 339 (1998): p. 1–6. <http://adsabs.harvard.edu/full/1998A%26A...339....1B> (Letöltve: 2021.5.17.);

[9] Briggs, Michael S. et al., „BATSE Observations of the Large-Scale Isotropy of Gamma-Ray Bursts” *The Astrophysical Journal* 459 (1996): 40–63. <https://doi.org/10.1086/176867>;

[10] Tegmark, Max, Dieter H. Hartmann, Michael S. Briggs, és Charles A. Meegan, „The Angular Power Spectrum of BATSE 3B Gamma-Ray Bursts” *The Astrophysical Journal* 468 (1996. szeptember): 214. <https://doi.org/10.1086/177684>;

[11] Balázs, L. G., A. Mészáros, I. Horváth, és R. Vavrek, „An intrinsic anisotropy in the angular distribution of gamma-ray bursts” *Astronomy and Astrophysics Supplement Series* 138, sz. 3 (1999): 417–18. <https://doi.org/10.1051/aas:1999290>;

[12] Mészáros Attila, Zolt Bagoly, Istvan Horváth, Lajos G. Balázs, és Roland Vavrek, „A Remarkable Angular Distribution of the Intermediate Subclass of Gamma-Ray Bursts” *The Astrophysical Journal* 539, sz. 1 (2000): 98–101. <https://doi.org/10.1086/309193>;

[13] Litvin, V. F., S. A. Matveev, S. V. Mamedov, és V. V. Orlov, „Anisotropy in the Sky Distribution of Short Gamma-Ray Bursts” *Astronomy Letters* 27, sz. 7 (2001): 416–20. <https://doi.org/10.1134/1.1381609>;

[14] Meegan, C. A., et al., „Spatial Distribution of γ -Ray Bursts Observed by BATSE” *Nature* 355, sz. 6356 (1992): 143–45. <https://doi.org/10.1038/355143a0>;

[15] Magliocchetti, M., G. Ghirlanda, és A. Celotti, „Evidence for Anisotropy in the Distribution of Short-Lived Gamma-Ray Bursts” *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 343, sz. 1 (2003): 255–58. <https://doi.org/10.1046/j.1365-8711.2003.06657.x>;

[16] Vavrek, R., L. G. Balázs, A. Mészáros, I. Horváth, és Z. Bagoly. „Testing the Randomness in the Sky-Distribution of Gamma-Ray Bursts” *Monthly*



- Notices of the Royal Astronomical Society* 391, sz. 4 (2008): 1741–48.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2966.2008.13635.x>;
- [17] Pendleton, G. N., W. S. Paciesas, M. S. Briggs, R. D. Preece, R. S. Malozzi, C. A. Meegan, J. M. Horack, és mtsai, „The Identification of Two Different Spectral Types of Pulses in Gamma-Ray Bursts” *The Astrophysical Journal* 489, sz. 1 (1997): 175–98.
<https://doi.org/10.1086/304763>;
- [18] Bagoly Zsolt, Lajos György Balázs, István Horváth, István I. Rácz, László Viktor Tóth, és Jon Hakkila. „The GRB’s Sky Exposure Function” In *Proceedings of Swift: 10 Years of Discovery – PoS(SWIFT 10)*, 060. La Sapienza University, Rome, Italy: Sissa Medialab, 2015. <https://doi.org/10.22323/1.233.0060>;
- [19] Meegan, Charles A. et al., „The Third BATSE Gamma-Ray Burst Catalog” *The Astrophysical Journal Supplement Series* 106 (1996): 65.
<https://doi.org/10.1086/192329>;
- [20] Ukwatta, T. N., és P. R. Woźniak, „Investigation of Redshift- and Duration-Dependent Clustering of Gamma-Ray Bursts” *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 455, sz. 1 (2016): 703–11.
<https://doi.org/10.1093/mnras/stv2350>;
- [21] Mészáros, A., Z. Bagoly, L. G. Balázs, és I. Horváth, „Redshift distribution of gamma-ray bursts and star formation rate”. *Astronomy & Astrophysics* 455, sz. 3 (2006): 785–90.
<https://doi.org/10.1051/0004-6361:20053807>;
- [22] Piran, Tsvi, Re’em Sari, és Robert Mochkovitch. „Prompt emission from gamma-ray bursts”. In *Gamma-Ray Bursts*, szerkesztette Chryssa Kouveliotou, Ralph A. M. J. Wijers, és Stan Woosley, 121–50. Cambridge: Cambridge University Press, 2012.
<https://doi.org/10.1017/CBO9780511980336.008>;
- [23] Balázs, L. G., Z. Bagoly, I. Horváth, A. Mészáros, és P. Mészáros. „On the difference between the short and long gamma-ray bursts”. *Astronomy &*

- Astrophysics* 401, sz. 1 (2003): 129–40. <https://doi.org/10.1051/0004-6361:20021863>;
- [24] Paál, G., Horváth, I. and Lukács, B. “Inflation and Compactification from Galaxy Redshifts?” *Astrophysics and Space Science* 191, 1. szám (1992):107–124. <https://doi.org/10.1007/BF00644200>;
- [25] <http://lyra.berkeley.edu/grbox/grbox.php> (Letöltve: 2014.2.12.).

JEGYZETEK

- 1 A hipotézisvizsgálatok általános célja, hogy a populációból szerzett minták tulajdonságai között különbséget keressenek. Ezek az összehasonlítások alapvetően azt feltételezik, hogy a minták között nincs számottevő (szignifikáns) eltérés. Ezt a feltételezést nevezzük nullhipotézisnek. A különbségek keresésére leggyakrabban a hipotézisvizsgálatok közé tartozó t-próbákat használjuk. A t-próbák általánosan azt feltételezik, hogy a minták átlagai között nem találunk eltérést és a nevét jelző próbastatisztika értéke, azaz a „t-érték”, követi a Student-féle t-eloszlást.
- 2 A valószínűségszámításban és a statisztika területén a Bernoulli-eloszlás egy diszkrét valószínűség-eloszlás, amelyet Jakob Bernoulli svájci matematikusról kapta a nevét. Egy Bernoulli-kísérlet kimenetele kétféle lehet, ennek megfelelően a Bernoulli-eloszlás két értéket vehet fel.
- 3 Csupán a mért koordináták ismeretében is megbecsülhetők a cellák által lefedett területek. A Voronoi-tesszelláció az adott kétdimenziós tér konvex sokszögekre való felosztását jelenti n generáló pont segítségével. A Voronoi-cella egy olyan sokszöget jelöl, amelynek az összes belső pontja közelebb van a saját generátor pontjához, mint az összes többi generátor ponthoz. Ebben a koncepcióban pedig a sugárforrások szolgálnak a tesszelláció generátor pontjaiként.
- 4 A Monte-Carlo-módszer egy olyan sztochasztikus szimulációs módszer, amely számítástechnikai eszközök segítségével előállítja egy adott kísérlet végeredményét. A módszer felhasználási területe mára már majdnem minden természettudományos diszciplínára kiterjedt. Hasonló véletlenszámokat lehetne generálni a kaszinók kedvelt játékaival, a rulettel is, kifejlesztője Neumann János ezért nevezte el Monte-Carlo-módszernek.

HM ZRÍNYI TÉRKÉPÉSZETI ÉS KOMMUNIKÁCIÓS SZOLGÁLTATÓ KÖZHASZNÚ NKFT.

Telephely: 1024 Budapest II., Szilágyi Erzsébet fasor 7–9. • ✉ 1276 Budapest 22, Pf. 85 • ☎ +36 (1) 336-2030 • www.topomap.hu • hm.terkepzeset@topomap.hu



- Topográfiai térképek
- Faksimile térképek
- Atlaszok, város- és autótérképek
- Falitérképek
- Szabadidőtérképek
- Légiforgalmi térképek
- Munkatérképek
- Dombortérképek
- Digitális térképészeti adatbázisok
- Egyéb digitális termékek
- Légifilmtári szolgáltatások

• PrePress – Nyomdai előkészítés

- szöveg-, grafika- és képfeldolgozás, kiadványszerkesztés
- ellenőrző nyomatok, digitális proofok előállítása
- bel- és kültéri tablók, bannerek nyomtatása
- hagyományos és elektronikus montírozás, színrebotás
- nyomóformák előállítása nyomdai filmről, illetve CTP-technológiával

• Gyorsokszorosítás

- színes és fekete-fehér másolás/nyomtatás 350 x 487 mm méretig

• Press – Nyomtatás

- ofszetnyomtatás négy-, illetve hatszínnyomó gépeken, 89 x 126 cm méretig

• PostPress – Kötészet felolgozás

- felületmeseítés fóliázással, laminálással 167 cm szélességig
- hajtogatás, spirálozás, sorszámozás
- összehordás, irkakészítés, ragasztókötés
- kasírozás, tablakészítés, aranyozás
- szortiment könyvkötészet

• Vákuumformázás

- vákuumformázó szerszámok, terepszaltek előállítása CNC-technológiával
- vákuumformázás

ÜGYFÉLSZOLGÁLAT ÉS TÉRKÉPBOLT:

1024 Budapest II., Filler u. 14.

☎ +36 (1) 212-4540 • ugyfelszolgalat@topomap.hu

Nyitva tartás: hétfő–péntek 9.00–16.30

NYOMDAI GYÁRTÁSELŐKÉSZÍTÉS: ☎ +36 (1) 336-2035