

TAMNA ENERGIJA I OPASNOST OD NUKLEARNOG RATA

SELEKCIONI EFEKTI U KOSMOLOGIJI, ASTROBIOLOGIJI I ANALIZI
RIZIKA

Milan M. Ćirković

Astronomska opservatorija Beograd
Future of Humanity Institute, Oxford University

e-mail: mcirkovic@aob.rs

24. 03. 2015.

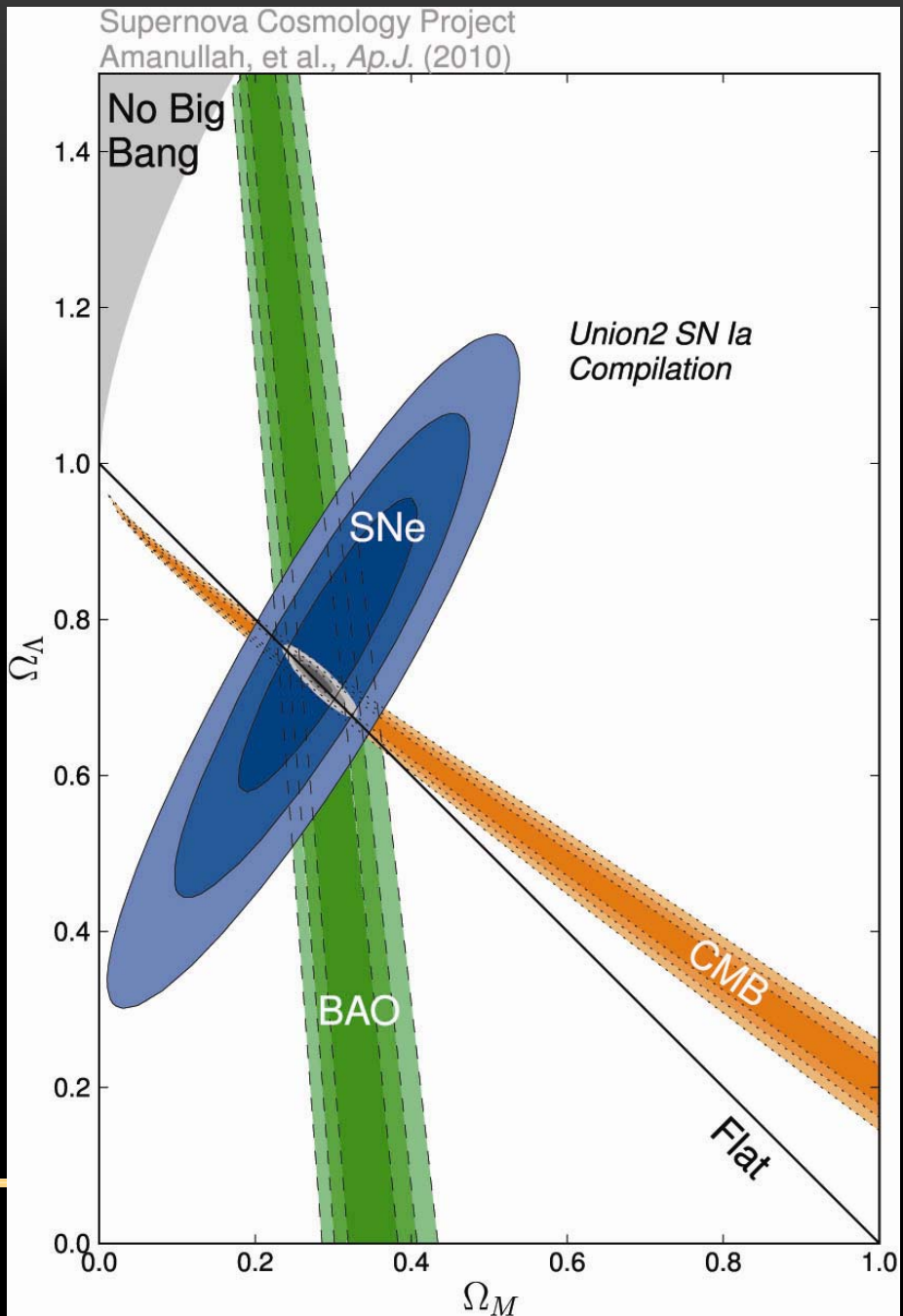
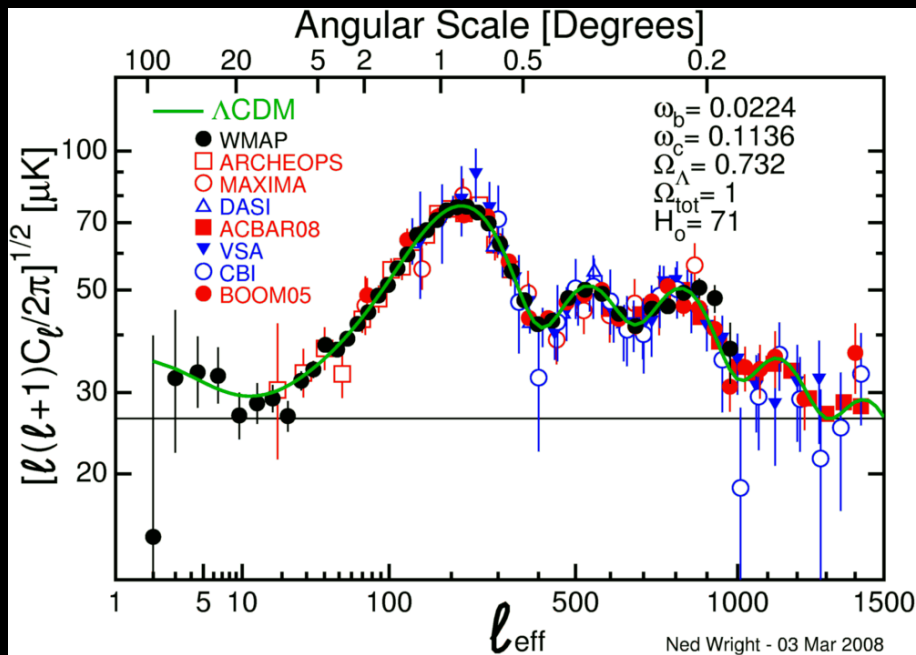
TRI BLISKO POVEZANE **PROBLEMSKE SITUACIJE** (≈ TEME ZA ISTRAŽIVANJA, MASTER RADOVE, DOKTORATE, ITD.!)

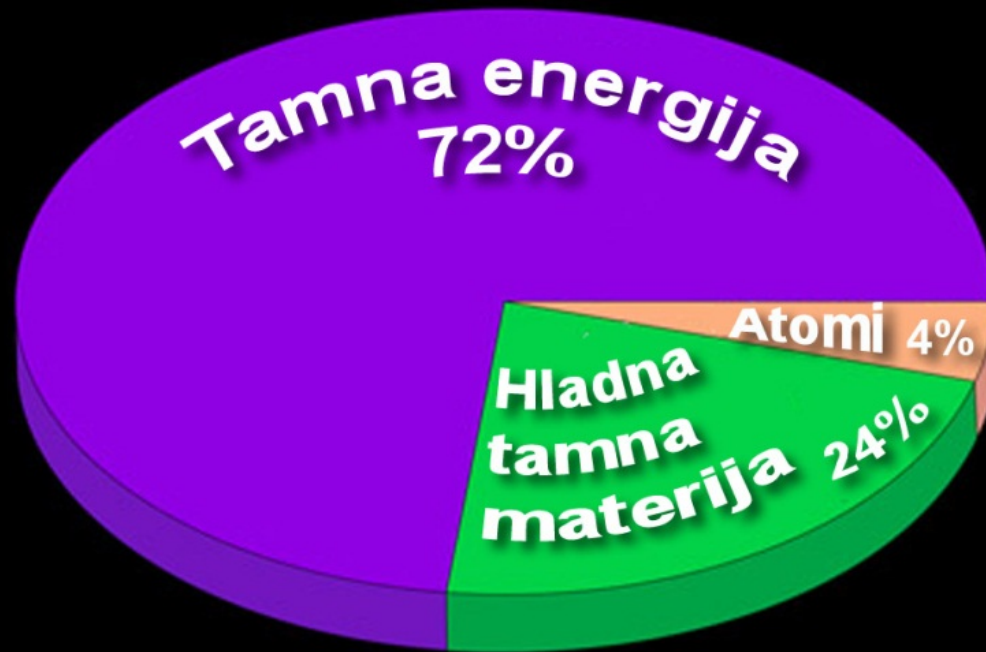
- Uloga posmatrača u kosmologiji.
- Neobjektivnosti u analizi rizika.
- Teorija nastanjivosti.



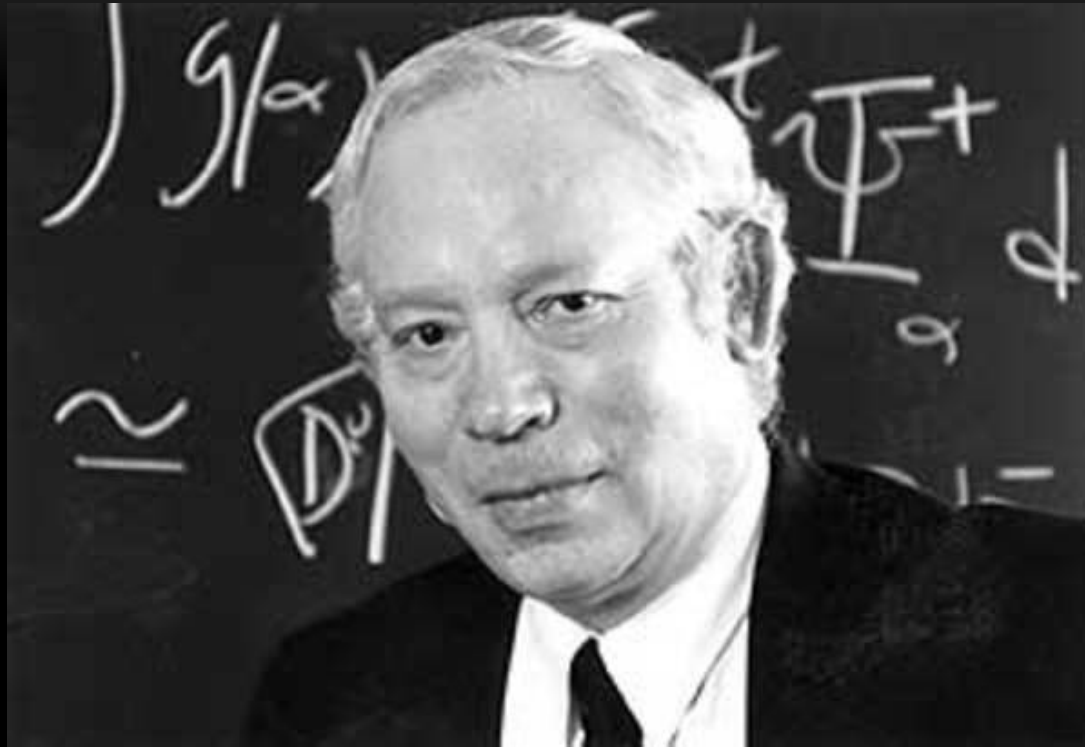
TAMNA ENERGIJA: DINAMIČKI DOMINANTNI SASTOJAK SVEMIRA

- 1998: „kosmološka revolucija“





KOLIKO JE TO STVARNO BILO NEOČEKIVANO?



KOLIKO IMA STRUKTURE?

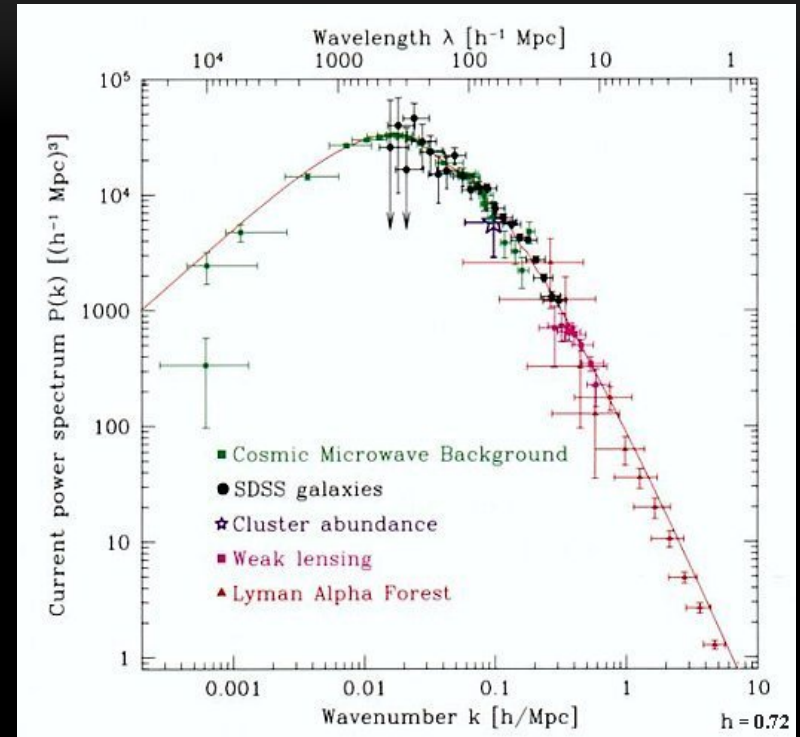
- Formiranje strukture opisane spektrom primordijalnih fluktuacija $P(k)$:

$$\xi(r) = \frac{1}{2\pi^2} \int k^2 P(k) \frac{\sin(kr)}{kr} dk$$

gde je

$$dP = [1 + \xi(\vec{r}, t)] \rho dV$$

- Dva **različita** pitanja:
 - Iz kojih dinamičkih zakona proističe posmatrani PS?
 - Zašto PS izgleda baš tako?



$$P(k) \propto k^n$$

ASIMETRIJA:

**STRUKTURA MOŽE DA POSTOJI BEZ
POSMATRAČA, ALI NE I POSMATRAČI BEZ
STRUKTURE!**

WEINBERG (1987) – NOVI “ŽANR”

- Sledeći ideje Banksa, Abbotta i Lindea (1986) \Rightarrow antropičko ograničenje na Λ

- Za $\Lambda < 0$, $|\Lambda|^{-\frac{1}{2}} \geq t_*$

- Za $\Lambda > 0$, antropički uslov: ne sme deformisati PS toliko da spreči formiranje galaksija

- U prvom redu teorije perturbacija

$$\left(\frac{da}{dt}\right)^2 + \Delta k = \frac{8\pi G}{3} a^2 (\rho + \Delta\rho + \rho_\Lambda)$$

$$\Omega_\Lambda \equiv \frac{8\pi G}{3H_0^2} \rho_\Lambda$$

$$\rho_\Lambda / \rho < 125$$

- \Rightarrow

$$\rho_\Lambda < \frac{500}{729} \tilde{\rho}$$

U praksi:

I dalje veliki limit, ali Weinberg je bio krajnje pozitivan!

I TAKO JE WEINBERG BIO JEDAN OD RETKIH KOJI
1998. NIJE BIO IZNENAĐEN...



“MASTER” JEDNAČINA ZA ANTROPIČKI PRISTUP

- Verovatnoća da neki posmatrač bilo gde u multiverzumu izmeri karakteristiku X :

$$p(X) = \frac{\sum_n \sigma_n(X) V_n \rho_n^{\text{obs}}}{\sum_n V_n \rho_n^{\text{obs}}}$$

- V_n je prostovremenska zapremina, ρ_n^{obs} gustina posmatrača i

$$\sigma_n = \begin{cases} 1, & \text{if universe } n \text{ has property } X \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

PITANJE: KAKO ODREDITI ρ_n^{obs} A NEKI KONKRETNI
SKUP NISKOENERGETSKE DINAMIKE + POČETNI
USLOVI?

Odgovor: Kroz istraživanja u astrobiologiji!
(elaboraciju selekcionih efekata)

BEKONOV PRIMER: EFIKASNOST MOLITVE U NESREĆAMA NA MORU?

- F. Bacon (1620): spaseni u brodolomima tvrde da je Bog uslišio njihove molitve...
- (dajući podršku religijskoj dogmi)
- ...samo zato što je drugi deo uzorka na dnu mora ☹️



GDE SU AVIONI NAJOSETLJIVIJI?

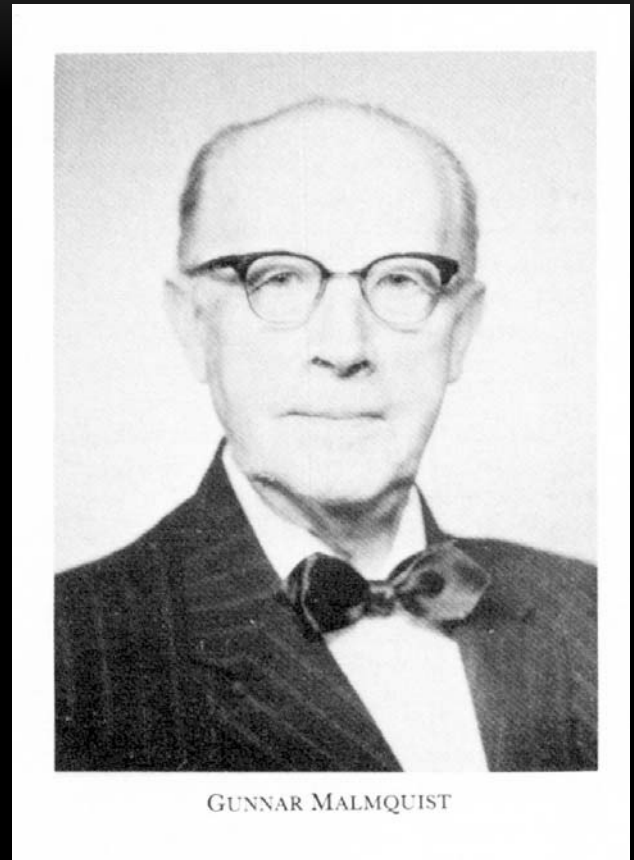
- Abraham Wald (1943): “*A Method of Estimating Plane Vulnerability Based on Damage of Survivors*”
- Preporuka: ojačati mesta na kojima **nije** bilo oštećenja!
- Pretpostavke...



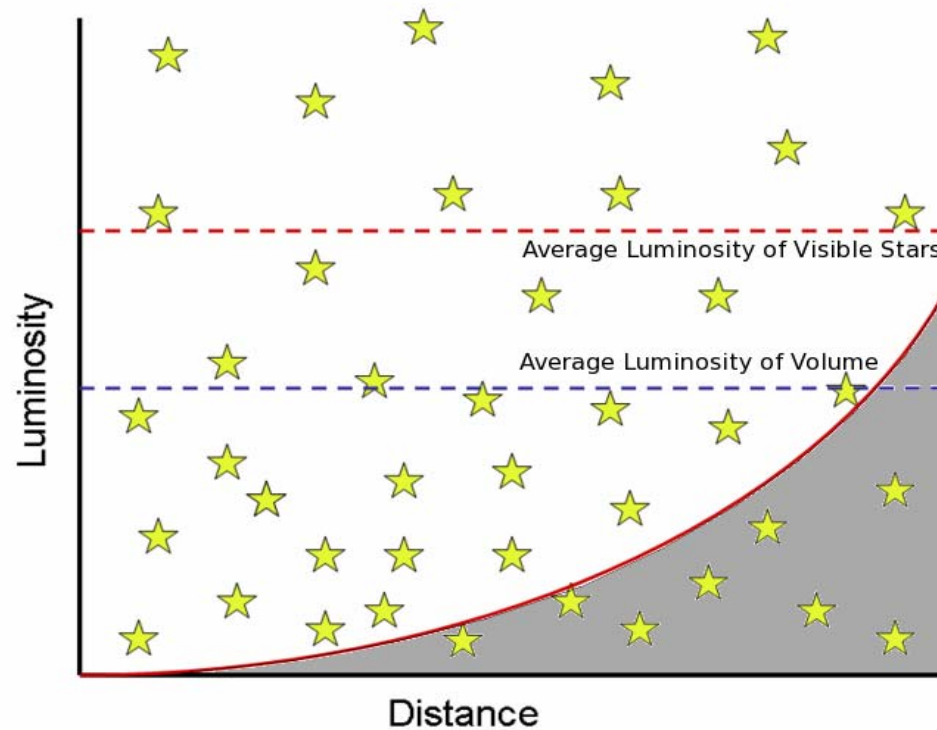


MALMKVISTOVA NEOBJEKTIVNOST

- Gunar Malmkvist (1920, 1925) i Edington (1940)
- U uzorku izvora ograničenom fluksom, daleki izvori su sistematski sjajniji od bliskih!
- Primer: zvezde vidljive golim okom
- Ako je \hat{r} estimator prave udaljenosti r_0 , tada je neobjektivnost ("bias"):



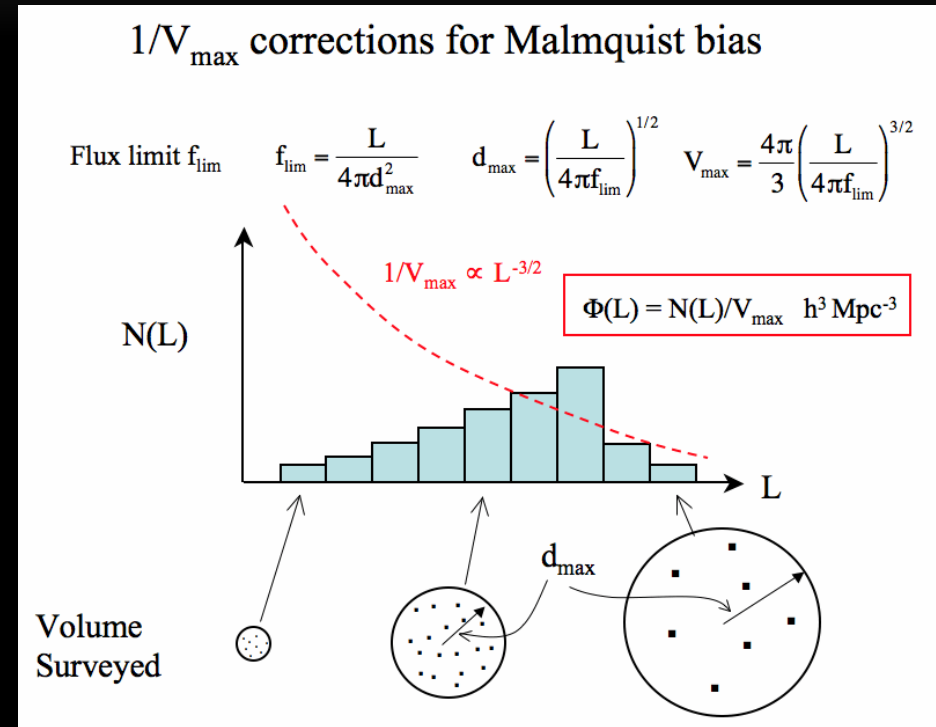
$$B(\hat{r}, r_0) = E(\hat{r}|r_0) - r_0 = \int p(\hat{r}|r_0) \hat{r} d\hat{r} - r_0$$



- Nereprezentativan uzorak + neuniformna realna raspodela
- Prelazak na uzorak ograničen zapreminom...
- **NIJE** posledica asimetričnih grešaka blizu granice detekcije!

KAKO KORIGOVATI?

- **Svaki bin luminoznosti potiče iz različite uzorkovane zapremine!**
- Posmatrana zapremina, $V_{\max}(L)$, je mala (velika) za tamne (sjajne) izvore
- \Rightarrow delimo $N(L)$ sa $V_{\max}(L)$ da dobijemo gustinu izvora za svaku luminoznost
- Ovo koriguje MN! 😊
- Loša vest: pretpostavili smo konstantnu fizičku gustinu izvora
- Nije dobra aproksimacija zbog strukture na velikoj skali... 😞

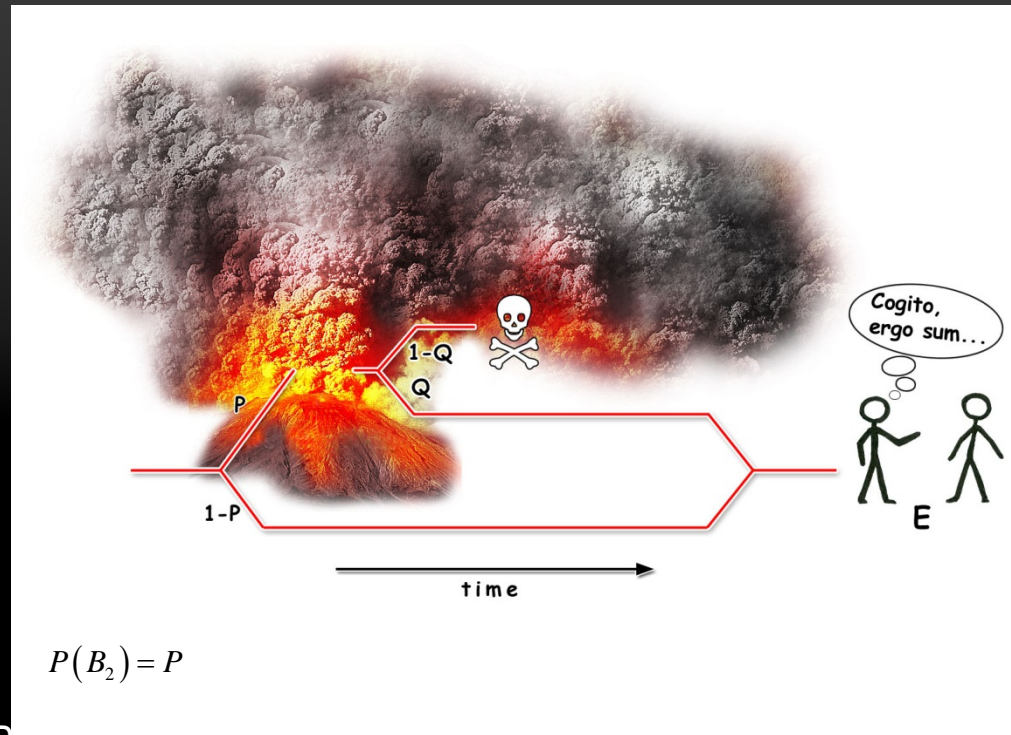


VARLJIVA PROŠLOST...

Uslovna verovatnoća:

$$P(B_i | E) = \frac{P(B_i)P(E|B_i)}{\sum_{j=1}^n P(B_j)P(E|B_j)}$$

- B1: katastrofa se (u prošlosti) nije odigrala (1-P)
- B2: katastrofa se odigrala (P)
- Q: verovatnoća preživljavanja / nastavka evolutivnog lanca
- E: naše današnje postojanje



$$P(B_2 | E) = \frac{P(B_2)P(E|B_2)}{P(B_1)P(E|B_1) + P(B_2)P(E|B_2)}$$

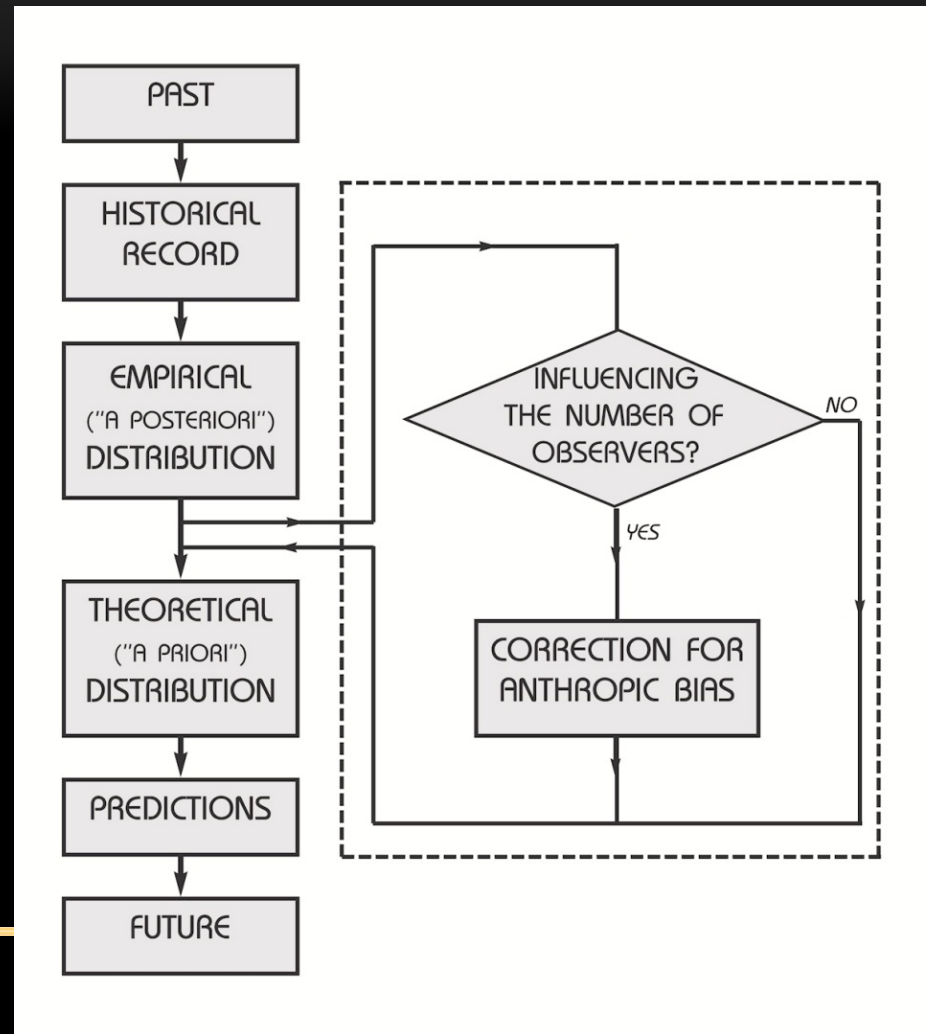
$$P(B_2 | E) = \frac{PQ}{(1-P) \cdot 1 + PQ} = \frac{PQ}{1-P+PQ}$$

VS.

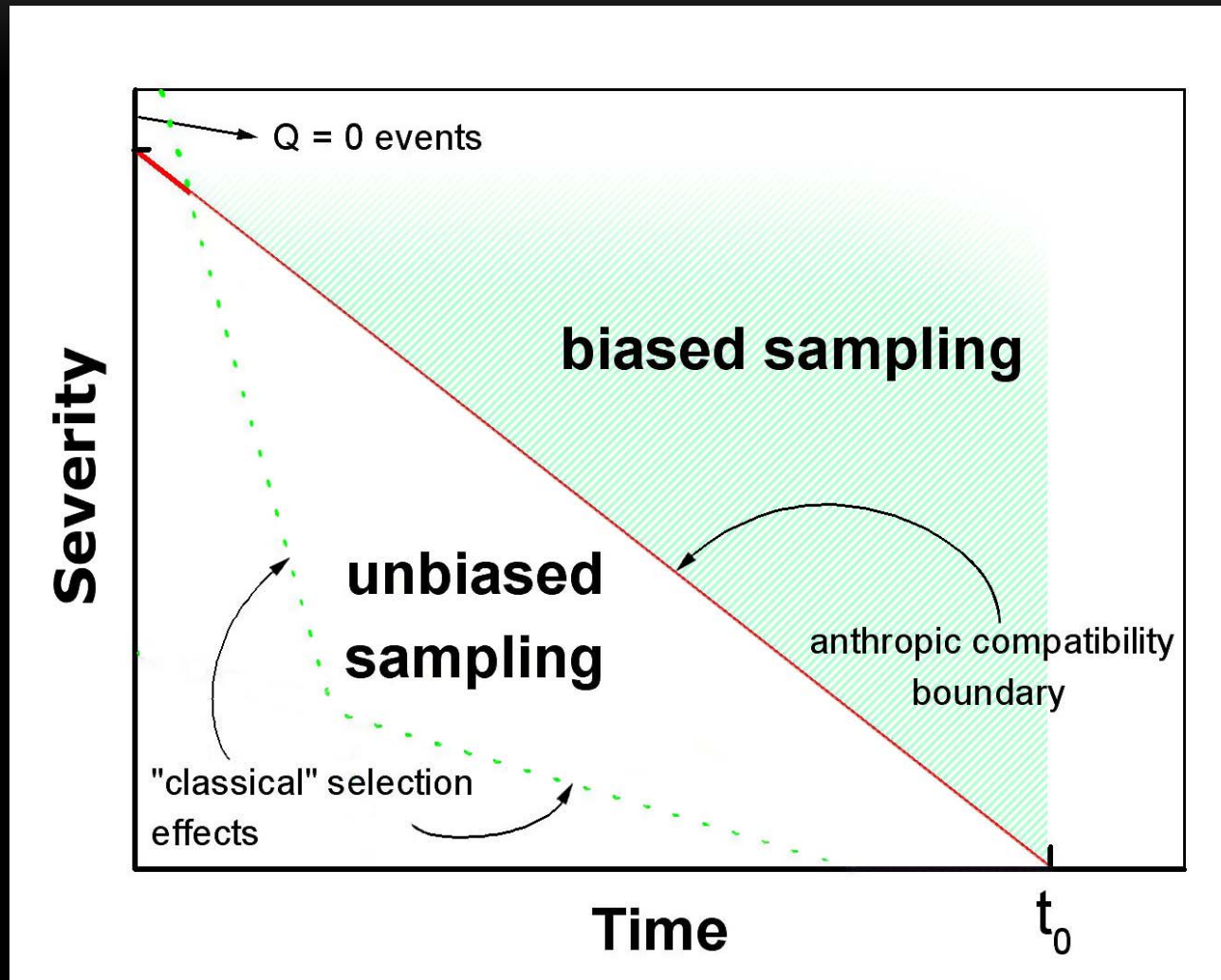
$$P(B_2) = P$$

DA LI ĆE BUDUĆNOST LIČITI NA PROŠLOST?

- A priori raspodela neophodna za predviđanje budućnosti!
- Postojanje posmatrača sada narušava simetriju prošlost-budućnost
- Generalna procedura primenljiva i na benigne događaje...
- ...ali samo u slučaju egzistencijalnih rizika je korekcija značajna



DA LI OBJEKTIVNO UZORKUJEMO PROŠLOST?



GENERALIZACIJA MODELA – JEDAN PRISTUP

- Verovatnoća da posmatrač zabeleži k katastrofa u svojoj prošlosti:

$$P(k, O | \alpha, \beta) = \binom{N}{k} \alpha^k (1-\alpha)^{N-k} (1-\beta)^k$$

- Uniformni prior:

$$P(\alpha, \beta) = 1$$

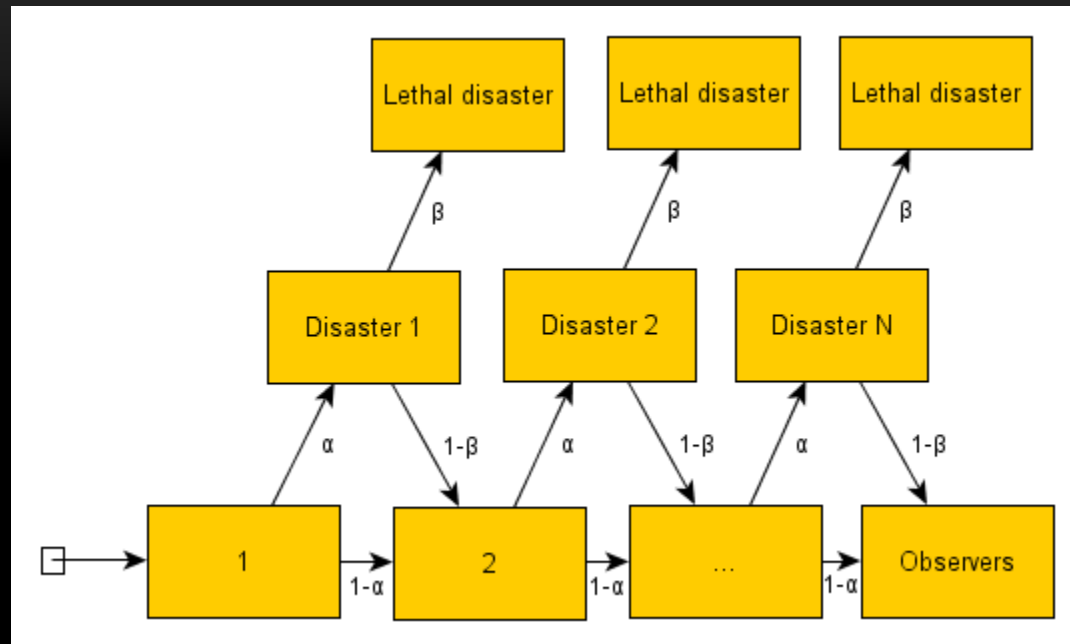
- Normalizacija:

$$P(O, k) = \int_0^1 \int_0^1 P(\alpha, \beta) \binom{N}{k} \alpha^k (1-\alpha)^{N-k} (1-\beta)^k d\alpha d\beta = \frac{1}{(1+k)(1+N)}$$

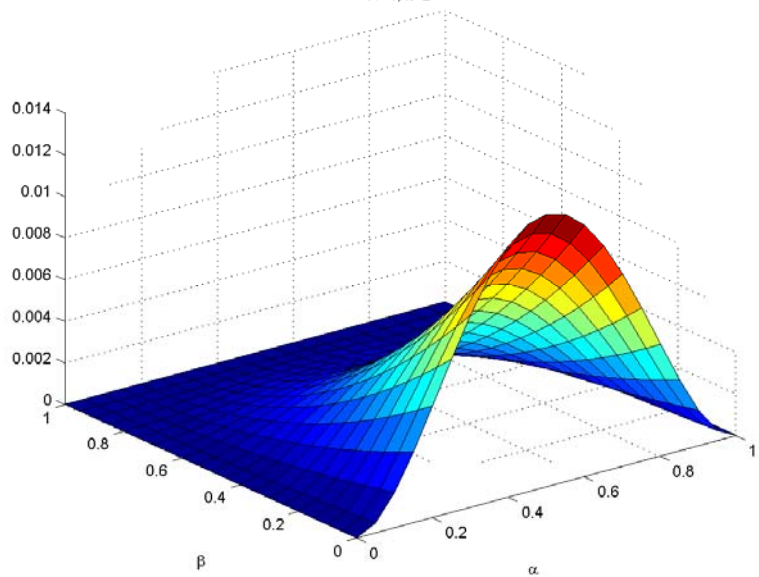
$$P(\alpha, \beta | O, k) = \frac{1}{(1+k)(1+N)} \binom{N}{k} \alpha^k (1-\alpha)^{N-k} (1-\beta)^k$$

- Očekivana **verovatnoća posmatrača** je

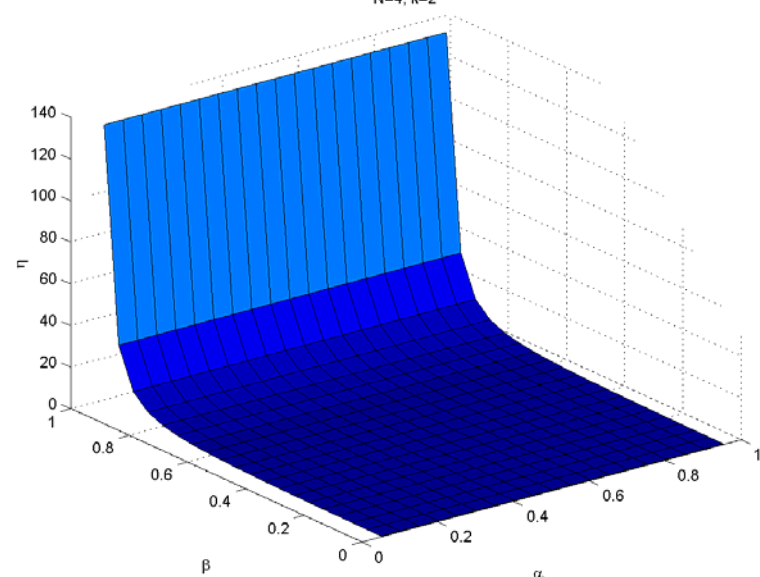
$$P(O | \alpha, \beta) = \sum_{k=0}^N P(O, k | \alpha, \beta) = \sum_{k=0}^N \binom{N}{k} \alpha^k (1-\alpha)^{N-k} (1-\beta)^k$$



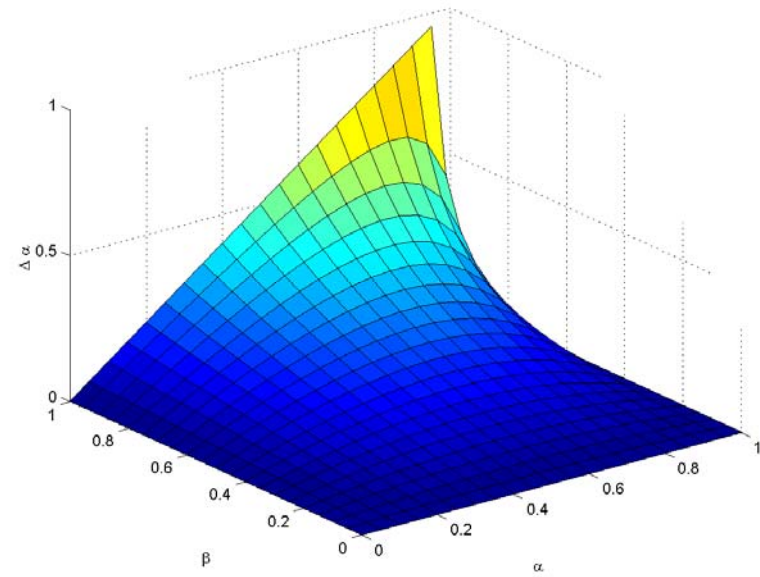
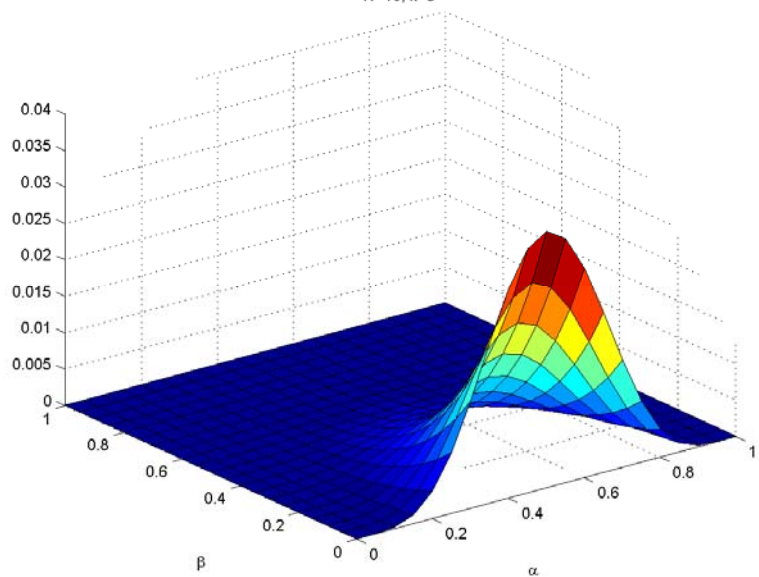
N=4, k=2



N=4, k=2

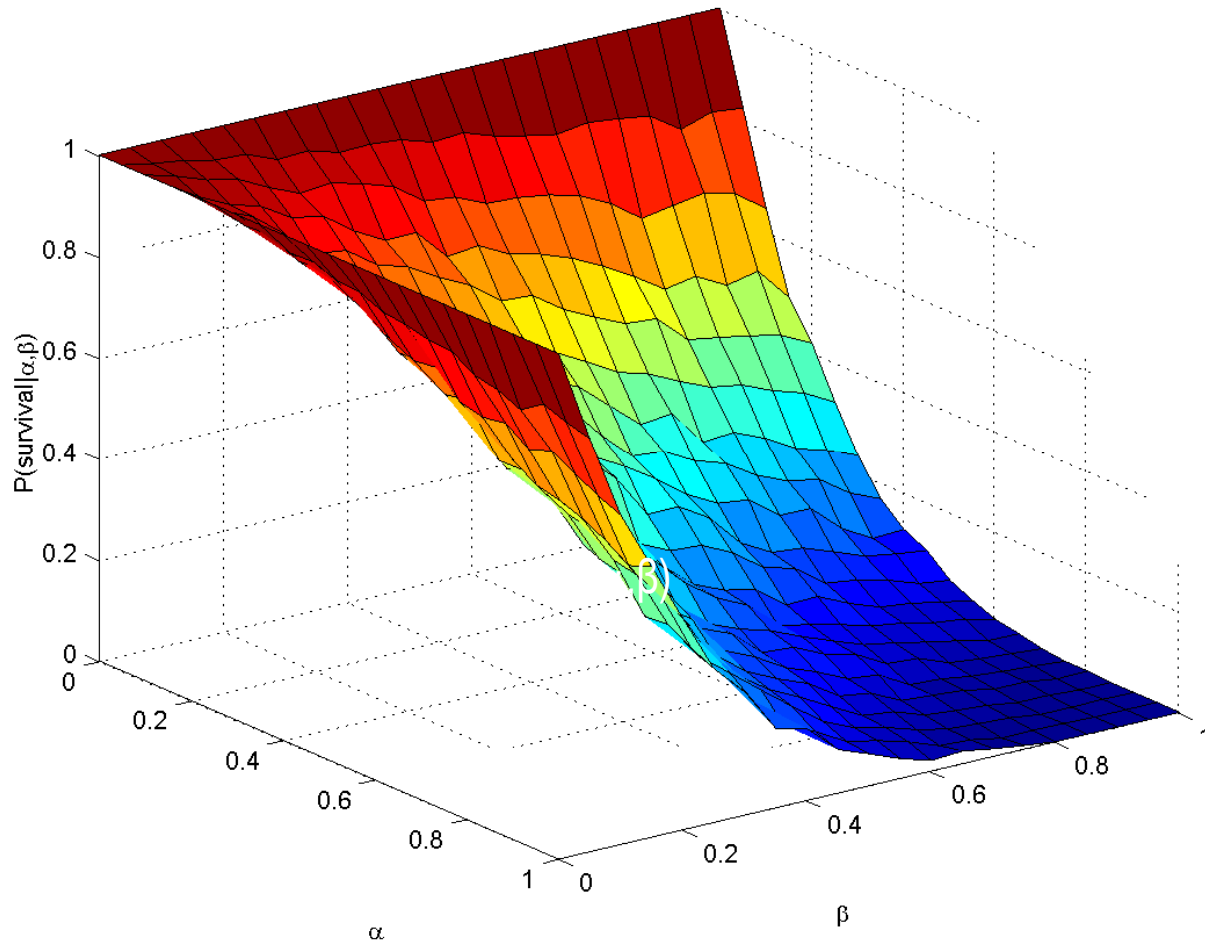


N=10, k=5



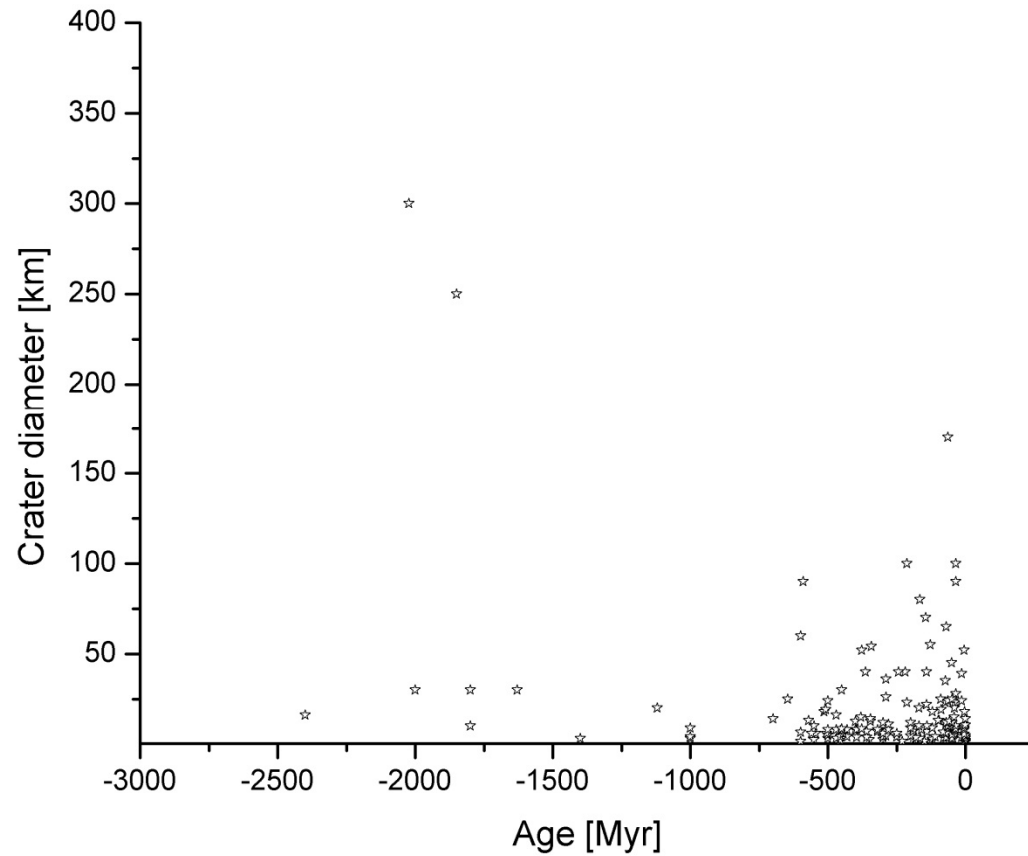
SIMULACIJE POTVRĐUJU INTUICIJU...

- Simulacija sa 10000 svetova za svaki par (α, β) sa N ranova u kojima se katastrofe mogu desiti.
 - Za $N = 4$, preživljava frakcija od 0,4711 svetova.
 - Posmatrači su česti za male vrednost α ili β , tako stvarajući veoma neobjektivnu raspodelu parametara među preživelim.
 - Više detalja u Ćirković, Sandberg & Bostrom (2010), *Risk Analysis*, vol. **30**, pp. 1495-1506.
-



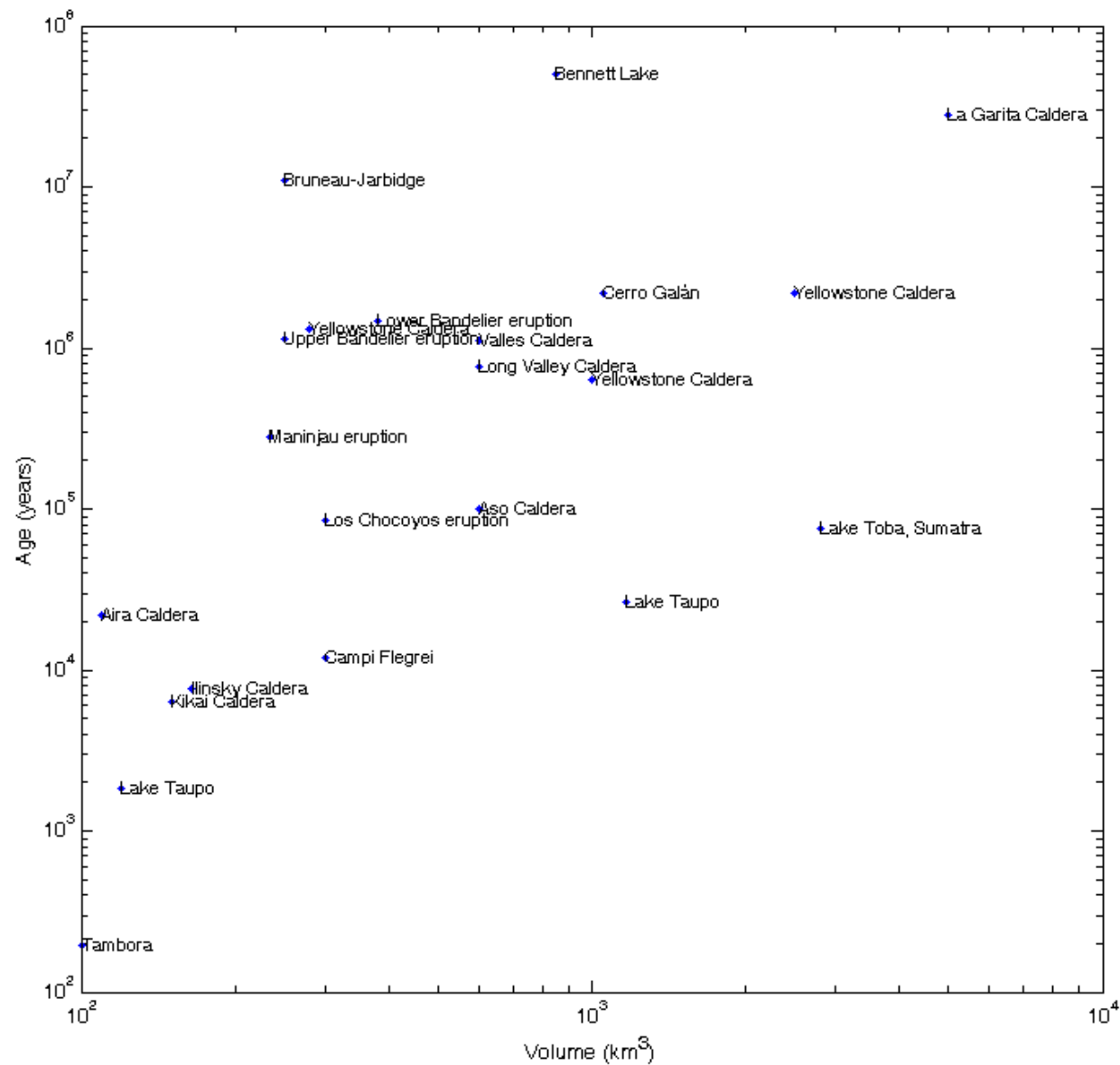
Simulacija verovatnoće posmatrača $P(O|\alpha,\beta)$
za $N = 4$.

EMPIRIJSKI PODACI?



Earth Impact Database: <http://www.unb.ca/passc/ImpactDatabase/>

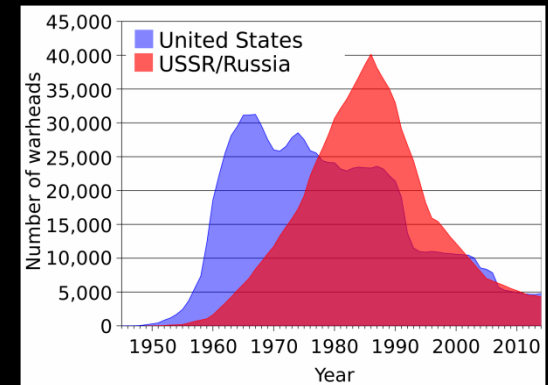
???



ALI TO NIJE SVE – I ANTROPOGENI RIZICI SU
PODLOŽNI SELEKCIONIM EFEKTIMA...



- Nije bilo nuklearnog rada u poslednjih ~60 godina.
- Zaključak (sociolozi, politikolozi!): ovo svedoči o efikasnosti bezbednosnih mehanizama i racionalnosti svetskih lidera.
- **Koliko je opravdan ovakav zaključak?**
- Ne možemo odista to reći bez da uzmemo u obzir posmatračku selekciju!



KRIZE?



**ДА ЗДРАВСТВУЕТ ВЕЧНАЯ, НЕРУШИМАЯ ДРУЖБА И СОТРУДНИЧЕСТВО
МЕЖДУ СОВЕТСКИМ И КУБИНСКИМ НАРОДАМИ!**



16

The Weather

NEW YORK

Herald Tribune

European Edition

PARIS, MONDAY, OCTOBER 29, 1962

Price Per Copy

Subscription (12 months)	\$12.00
Subscription (6 months)	\$6.00
Single copy	15¢

This Year in Europe - No. 2434

Copyright © 1962 by American Newspaper Publishers Association

Khrushchev Offers to Scrap Cuba Bases Kennedy Calls 'Statesmanlike Decision' Aid to Peace

President Moves To Assure UN Role

WASHINGTON, Oct. 28.—President Kennedy today welcomed Soviet Premier Nikita S. Khrushchev's statement that he is renouncing offensive missiles from Cuba, and moved to see that the Soviet Union carries out its pledge.

Amidst heavy news that Mr. Khrushchev's announcement that he will dismantle his Cuban missile bases and stop their construction, Mr. Kennedy issued a statement welcoming the "statesmanlike decision" as "an important and essential step toward the peaceful resolution of the Cuban crisis."

Mr. Kennedy said he was confident that the UN would play a significant role in the settlement of the Cuban crisis.

Mr. Khrushchev's statement, which was broadcast in Moscow, said that he had agreed to dismantle his Cuban missile bases and to stop their construction. He also said that he would remove his Cuban troops and military equipment from Cuba.

Mr. Khrushchev's statement was seen as a major step toward the peaceful resolution of the Cuban crisis.

U Thant To Havana Tomorrow

UNITED NATIONS, N. Y., Oct. 28.—Soviet Premier Nikita S. Khrushchev announced today that he had ordered Soviet missile bases in Cuba dismantled.

He said that this withdrawal would be undertaken under United Nations verification, which would make it the first verified disarmament on an international level since the end of World War II.

Mr. Khrushchev's announcement was made in the last of a series of letters on the Cuban crisis exchanged between Mr. Khrushchev and President Kennedy over the week end.

Mr. Kennedy, for his part, had promised Mr. Khrushchev yesterday that the United States would lift its arms blockade of Cuba if the Russian rocket bases there were dismantled and removed and that there would be no United States attack or invasion of Cuba.

Mr. Khrushchev said it was his "respect and confidence" in Mr. Kennedy's assurance that led him to his decision to recall Soviet missiles from Cuba.

Mr. Khrushchev welcomed the Russian decision as "statesmanlike," but there was no indication that the United States surveillance of Cuba would be ended until there was proof of the Russian withdrawal.

Embassies in Washington that the United States had achieved what it had set out to do when President Kennedy imposed the blockade Wednesday were tempered by Mr. Khrushchev's statement.

Mr. Khrushchev's statement was interpreted as a major step toward the peaceful resolution of the Cuban crisis.

India Seen Set to Ask U.S. for More Weapons

India is expected to ask the United States for more weapons, according to a report from New Delhi.

Pentagon: No Orders To Relax

The Pentagon said today that it has no orders to relax its stance on Cuba.

Castro Demands U.S. Leave Guantanamo

Castro has demanded that the United States leave Guantanamo Bay.

Associated Press Information

ON THE SPOT—Adm. Robert Dennison, commander of the Atlantic Fleet, points to aerial photographs of the American base at Guantanamo Bay during briefing.

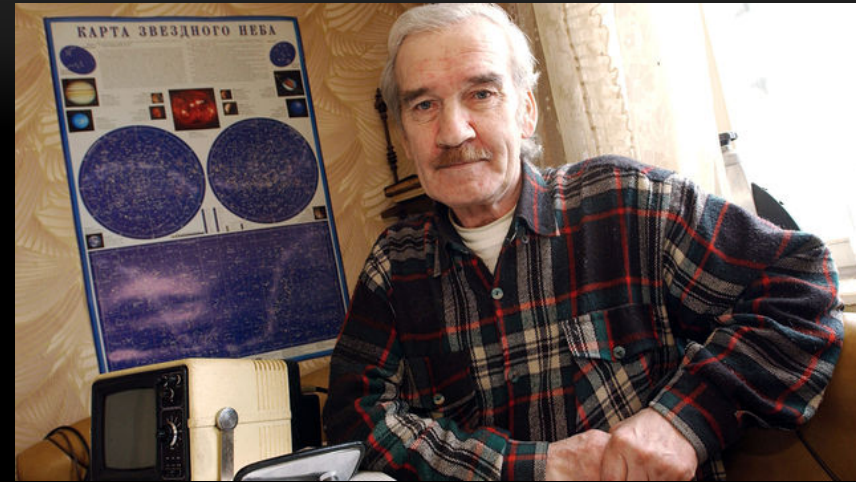
PHOTO BY AP/WIDEWORLD

PHOTO BY AP/WIDEWORLD

PHOTO BY AP/WIDEWORLD

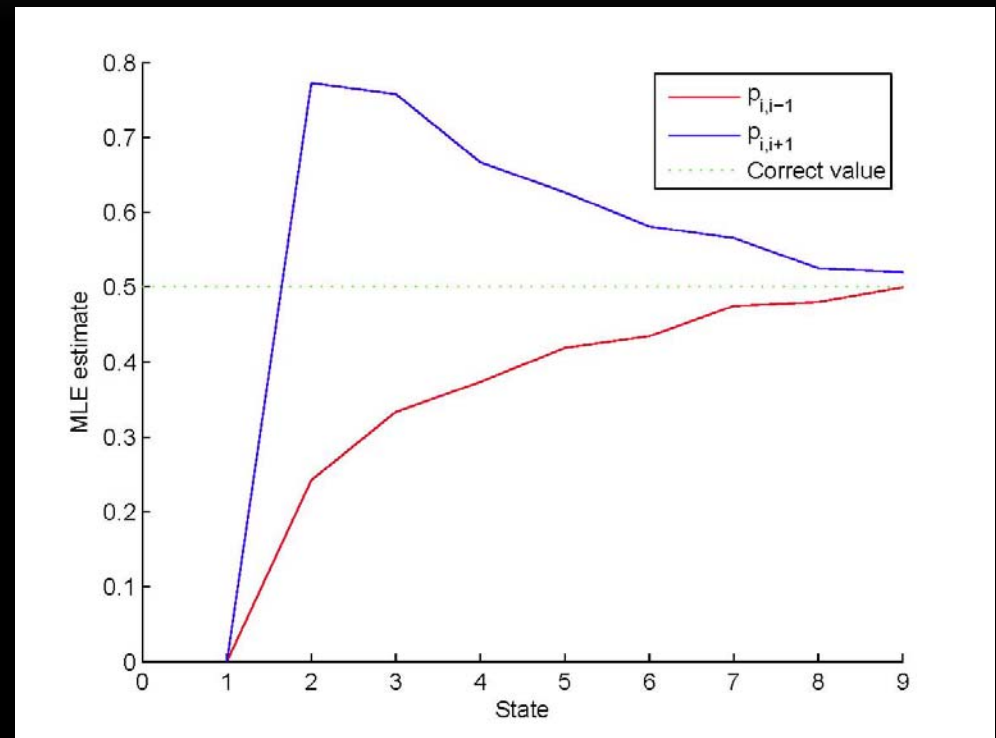
HEROJ: STANISLAV PETROV

- 26. septembar 1983...
- Nekoliko poznatih kriza (i neke manje poznate)...
- Pretpostavimo da definišemo Markovljeva stanja:
 - 0 – nuklearna zima
 - 1 – globalni nuklearni rat
 - 2 – lokalno korišćenje
 - 3 – lokalna kriza
 - 4 – hladni rat
 - 5 – mir
- Koliko su tranzicione verovatnoće p_{ij} neobjektivne zbog našeg dokumentovanog preživljavanja do sada?



KAKO DOBITI OBJEKTIVNU SLIKU?

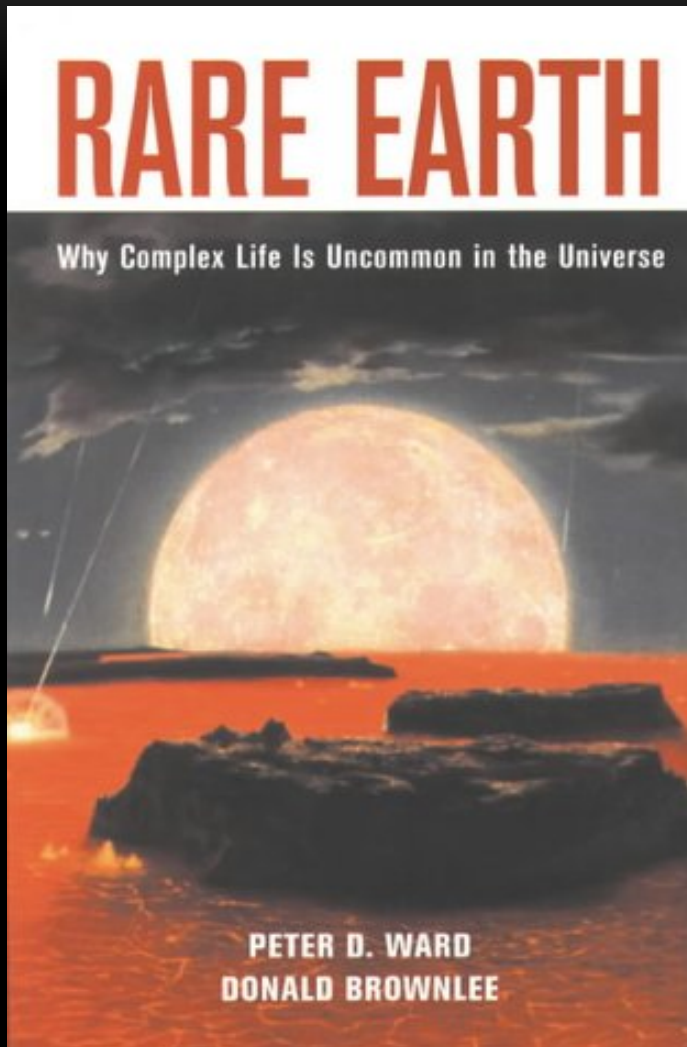
- Pozadinsku informaciju daju savremeni istoričari (e.g., Morgan [1996] 16 kriza u 1946-1986 periodu, $\approx 12\%$ vremena).
- Simuliramo mnogo svetova, dodelimo apriorne verovatnoće prelaska i analiziramo preživle svetove na Bajesovski način.
- Preliminarni rezultati nisu ohrabrujući... 😞



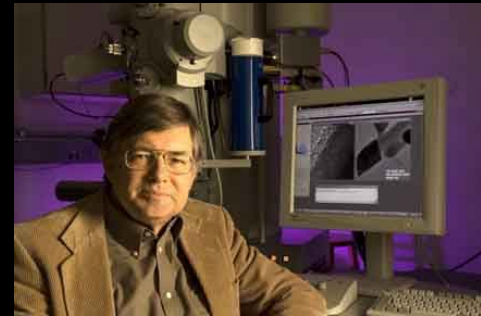
ŠTA TAČNO MISLIMO KAD KAŽEMO DA JE ZEMLJA NASTANJIVA?



NA KRAJU PROŠLOG MILENIJUMA...



- Ward & Brownlee (2000)
- University of Washington, Seattle
- Ward: paleontolog
- Brownlee: planetarni astronom (Stardust, brownleeite - MnSi)
- Čovek iz senke: Guillermo Gonzalez



USLOVI ZA NASTANJIVOST (NEZAVISNI?)

- **Galaktička nastanjiva zona**: moramo biti u uskom (?) prstenu u disku Mlečnog puta.
 - **Cirkumstelarna nastanjiva zona**: uzak prsten oko matične zvezde.
 - **„retki Mesec“**: stabilizacija planetarne ose neophodna za dugoročnu stabilnost klime.
 - **„retki Jupiter“**: džinovska planeta na pravoj udaljenost sprečava veći broj sudara sa objektima iz transneptunske zone.
 - **„retki nuklidi“**: radioaktivni r -elementi neophodni za tektoniku ploča.
 - **„retke kambrijske eksplozije“**: štogod se tačno desilo pre 540 Ma, nije bilo tipično.
 - itd. (svako nek doda po želji – otvoreni sistem)
-

AKO IMAMO MNOŠTVO **NEZAVISNIH** ZAHTEVA...

- ...njihova konjunkcija je proizvod verovatnoća
 - Proizvod mnogo malih verovatnoća je **ekstremno mala** verovatnoća!
 - „Jednačina retke Zemlje“
-

MNOGO TOGA ZA I PROTIV...

pro

- Prva „generalna“ astrobiološka hipoteza
- Dvela do novih koncepata, kao što je Galaktička nastanjiva zona.
- Oslanja se na posmatračke selekzione efekte.
- Otvoren sistem.
- Pruža (nekakvo) objašnjenje Fermijevog paradoksa

contra

- Narušava kopernikanizam!
 - Empirijska utemeljenost svih uslova?
 - Problem nefizičkog ceteris paribus-a?
 - Panglosijanizam?
 - Problem nedostatka mašte...
-

NAŠ PRIJATELJ JUPITER?

- Npr. Jupiter deluje kao „štit“, smanjujući fluks kometa koje bi inače udarale o Zemlju i uzrokovale globalna izumiranja.
- Pošto je postojanje planete sa svojstvima Jupitera *a priori* malo verovatno...





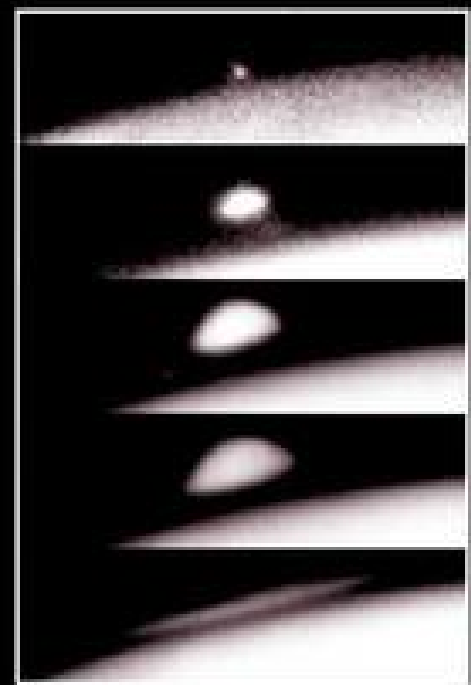
7:33 UT

7:38 UT

7:41 UT

7:44 UT

7:51 UT



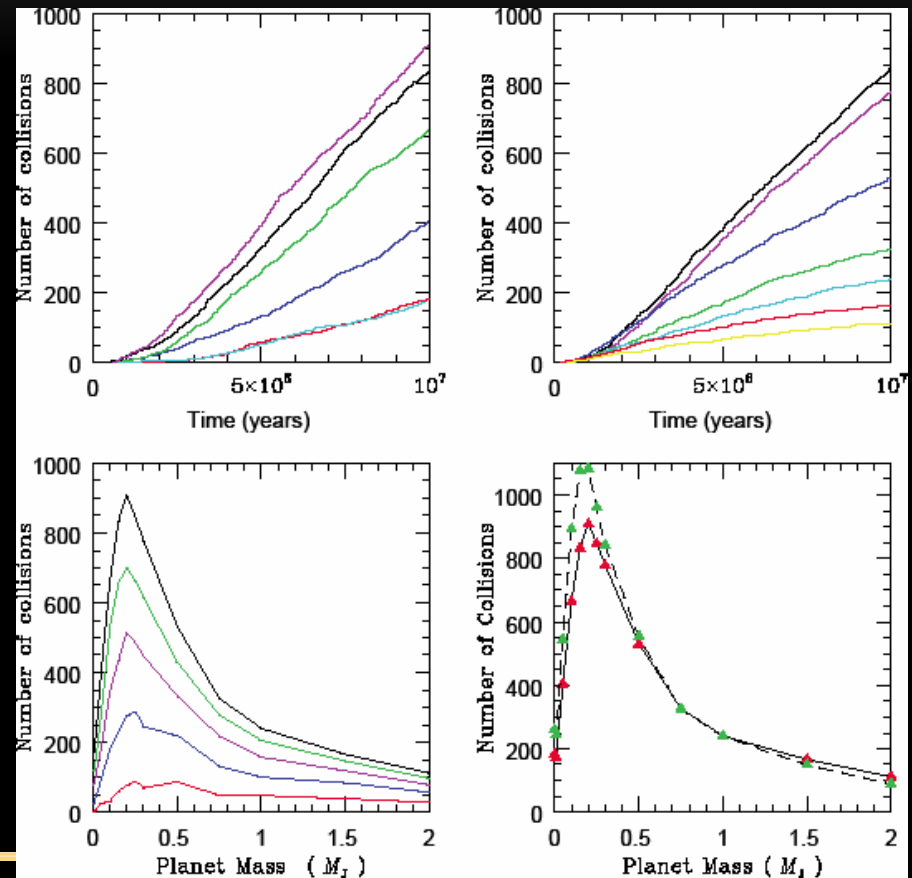
U STROŽOJ FORMI...

1. Zemlja i Jupiter postoje u Sunčevom sistemu.
2. Jupiter skreće deo potencijalnih impaktora sa opasnih putanja.
3. Sa manje impaktora na sudarnim putanjama, Zemlja doživljava manju učestanost katastrofičkih sudara.
4. Manja učestanost katastrofičkih sudara povećava nastanjivost bilo koje planete.

-
5. **Dakle, Zemljina nastanjivost je povećana zbog prisustva Jupitera.**
-

PROBLEM: JESU LI USLOVI EMPIRIJSKI KOREKTNI?

- Horner & Jones (2008-2012): Jupiter možda i **povećava** fluks impaktora...
- Stvar je daleko kompleksnija – mnogo složenih detalja!
- Ali čak i kad bi uslov bio empirijski korektan...



**IMA LI ZEMLJE BEZ
JUPITERA?**

PROBLEM: NEFIZIČKI *CETERIS PARIBUS*?

- Ako $(A, B) \Rightarrow X$, ali ne možemo opservirati B, tada se često pogrešno zaključuje da neko $A' \Rightarrow \neg X$.
 - Ne samo da može biti $\exists B' (A', B') \Rightarrow X$, već može biti i da je (A', B) **nekoherentno**.
 - Sunčev sistem bez Jupitera:
 - Magično uklanjanje?
 - Drugačiji početni uslovi?
 - **Šta čini identitet Zemlje?**
 - Trans-svetski identitet?
 - Samoorganizovani sistemi – nema (lakog) kauzalnog objašnjenja.
-

TRANS-SVETSKI IDENTITET?

- Rasel: “Da su Hitlera primili na likovnu akademiju, ne bi došlo do 2. svetskog rata.” – zvuči smisljeno, ali...
- Težak problem!
- (i primer metafizičkog problema sa VRLO KONKRETNIM posledicama!)
- „Klizavi nagib“: promena od 10^{-100} sigurno ne utiče na identitet – zašto onda mislimo da pomena od npr. 10% utiče?

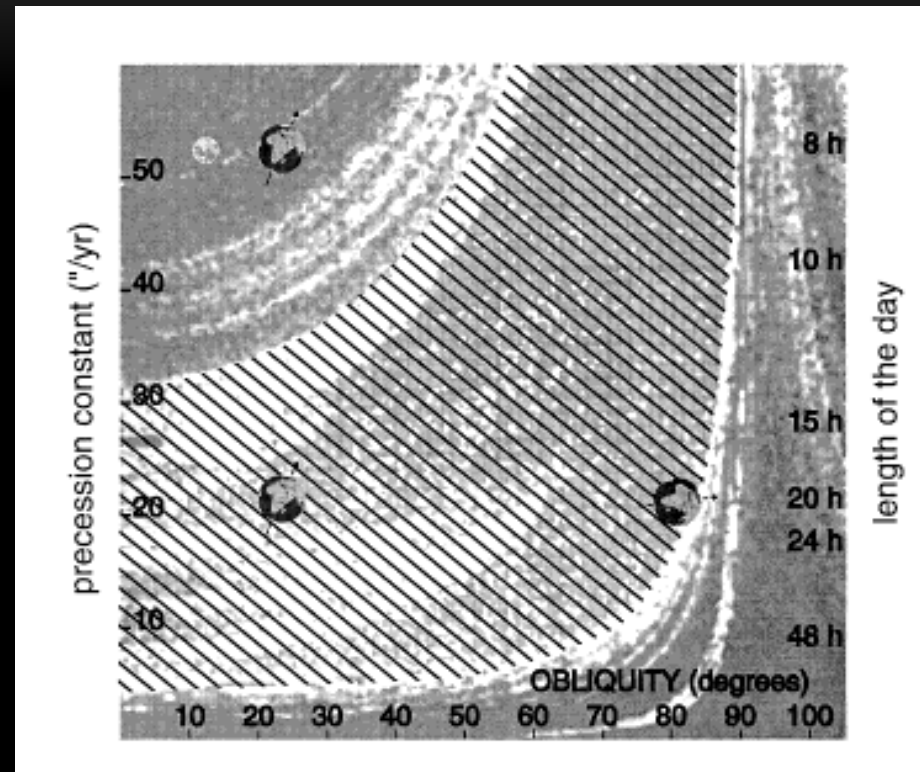


NEKE MOGUĆNOSTI

1. Odbijamo da razgovaramo o drugim svetovima („zdravorazumska“ filozofija).
 2. Nema identiteta van aktualnog sveta („hiperesencijalizam“, Quine).
 3. Nema kriterijuma striktnog identiteta, ali postoje načini na koje bi Hitler mogao biti drugačiji (Kripke, Plantinga, Chisholm).
 4. Postoji transvetski identitet u smislu analognom vremenskim fazama u istoriji jednog objekta („ekstremni realizam“, Yagisawa).
 5. *Counterpart theory*: svi objekti imaju analogone u drugim svetovima; neki iskazi se mogu uopštiti na analogone, drugi ne („modalni realizam“, Lewis).
-

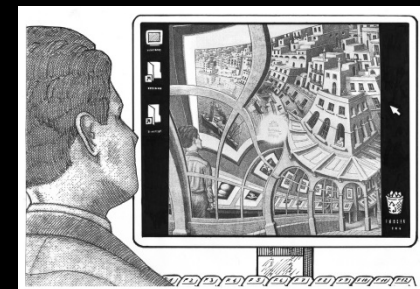
SLIČAN SLUČAJ: MESEC I STABILNOST ROTACIJE

- Sudar kojim je nastao Mesec mora biti veoma redak...
- (osim ako je Theia nastala u Lagranževnoj tački! cf. Gott & Belbruno 2005)
- ...te ako je stabilna rotacija neophodna za nastanjivost, onda je ona veoma retka.
- Međutim, period rotacije bio je mnogo manji pre sudara - stabilnost **brzog rotatora** ne mora biti ništa manja!



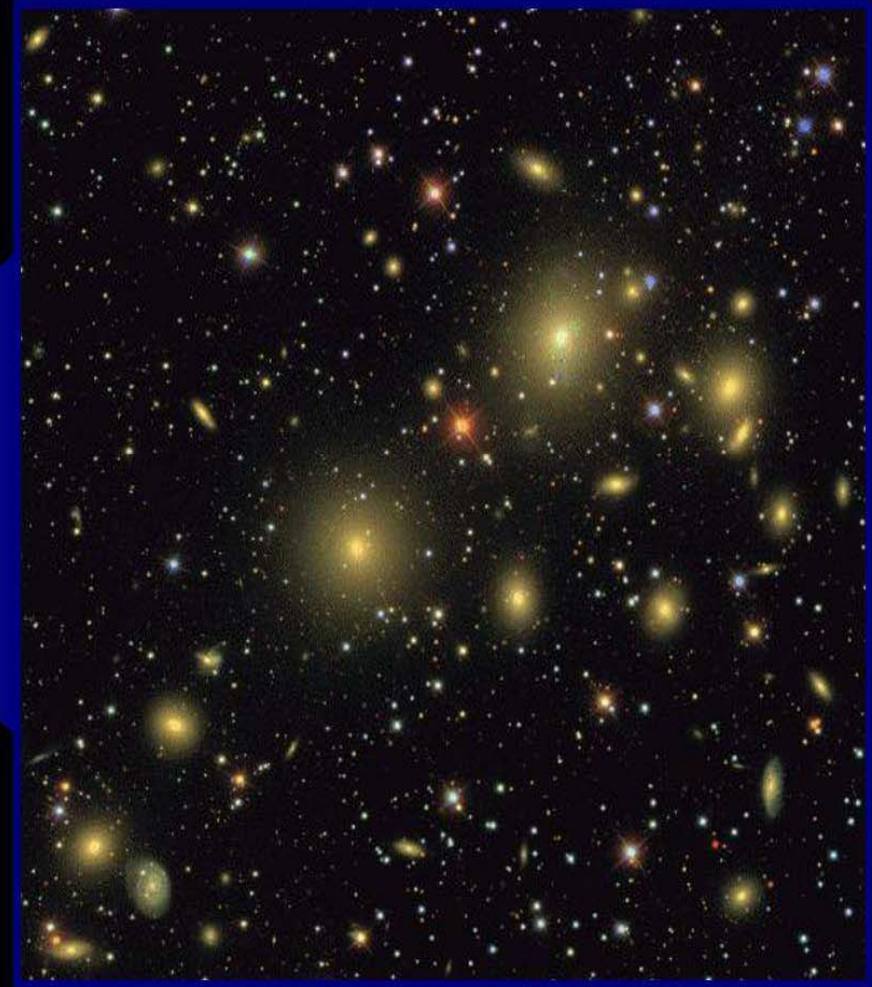
OTVORENI PROBLEMI

- Opšta teorija selekcionih efekata u kosmologiji?
 - veza strukture sa brojem posmatrača?
 - elaboracija „master jednačine“
 - Selekcioni efekti u analizi rizika, uklj:
 - „istorijski“ rizik po nastanjive planete (epizode masovnih izumiranja);
 - „budući“ rizik po Zemlju;
 - globalna Galaktička funkcija rizika („fazni prelaz“, cf. kolega Vukotić)
 - Bajesovska teorija nastanjivosti?
 - Razvitak SETI teorije
 - detaljnije simulacije astrobiološke istorije Mlečnog puta;
- +
- kvantitativni modeli pojedinačnih hipoteza za razrešenje Fermijevog paradoksa?



Koliko carstava ne znaju za nas!

Blez Paskal (cca. 1650)



HVALA NA PAŽNJI!