

# Znanosti i njihovi jezici

—FESTIVAL ZNANOSTI 2013—

Berislav Žarnić  
*Sveučilište u Splitu*  
Filozofski fakultet

Split, 2013

*In memoriam*

GORAN ŠVOB (1947–2013)

- 1 Univerzalni jezik
- 2 Prvi neočekivani rezultati u tvorbi univerzalnog jezika
- 3 Logička istraživanja i univerzalni jezik
- 4 Znanstveni jezik u društvenim i humanističkim znanostima
- 5 Znanstveni jezik i društveni karakter znanja

# CHARACTERISTICA UNIVERSALIS

## Univerzalni simbolizam

Iako su ućeni ljudi već zamislili jednu vrstu jezika ili univerzalnog sustava znakova putem kojega bi se svi pojmovi i stvari mogli postaviti u lijepi poredak, a uz pomoć kojega bi različiti narodi mogli priopćavati svoje misli pri čemu bi svaki od njih mogao na svome jeziku pročitati ono što je drugi napisao u njegovome, ipak još se nitko nije okušao u takvom jeziku ili pismu koji bi pri tome obuhvatio umijeće otkrivanja i suđenja ...



**Gottfried Wilhelm Leibniz.**

O općem znakovlju (ca. 1679.),

*Philosophical Papers and Letters : A Selection Translated and Edited, with an Introduction by Leroy E. Loemker*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, str. 222, 1989.



Gottfried Wilhelm Leibniz  
(Leipzig, 1646.–Hanover, 1716.),  
statua na Sveučilištu u Leipzigu

## Povijesni kontekst

U Prosvjetiteljstvu brojni ućenjaci opisuju mogućnost i prednosti jednog zamišljenog negovornog jezika, koji prevladava granice koje komunikaciji nameće raznolikost govornih jezika (Francis Lodowick, Thomas Urquhart, Cave Beck, George Dalgarno, John Wilkins, ...). Leibniz znatno unapređuje ovaj univerzalni kulturalni projekt zahtijevajući da to pismo bude tako zasnovano da “računanje i zaključivanje postanu jedna te ista stvar”.

# DVIJE STRANE PROJEKTA JEZIKA ZNANOSTI

- Dva zahtjeva pred univerzalnim simbolizmom:
  - (opći zahtjev) prevladavati komunikacijske zapreke,
  - (Leibnizova dopuna) omogućiti da se zaključivanje svede na račun.
- Za Leibniza, aritmetika i algebra pokazuju da je ovakav simbolizam koji istodobno obavlja dvije uloge, ostvariv. No, njihov kalkulabilni simbolizam samo je “sjena” onoga većega.



*Babilonska kula*, Pieter Bruegel Stariji (1563)  
 (“Sva je zemlja imala jedan jezik i riječi iste.”,  
 Postanak 11)

# Characteristica universalis—calculus ratiocinator

- Uvođenje univerzalnog simbolizma obilježava razvoj znanstvenog jezika.
- Prema Leibnizu, za puni razvoj pojmovnog pisma potrebno je još nešto: račun nad simbolima koji će zahvatiti ono što nazivamo “razmišljanjem” (o onome što se simbolima opisuje).
- Za puni znanstveni jezik potrebni su i sveopći znakovni sustav (*characteristica universalis*) i račun mišljenja (*calculus ratiocinator*).

## Primjeri univerzalnog simbolizma u primjeni

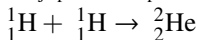
Ekvivalencija mase i energije

$$E = mc^2$$

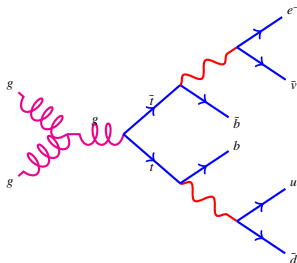
Načelo neodređenosti

$$\sigma_x \sigma_p \geq \frac{\hbar}{2}$$

Fuzija protona u dipron



Primjer Feynmanovog dijagrama za opis kvantne elektrodinamične interakcije



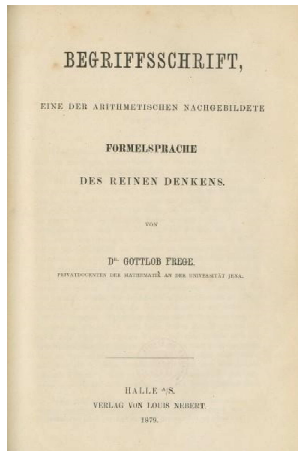
# ROĐENJE SUVREMENE LOGIKE

## Fregeov odnos prema Leibnizu

Znakovi u aritmetici, geometriji i kemiji mogu se promatrati kao ostvarenja Leibnizove ideje, unutar pojedinih polja. Ideografija koju ovdje predlažem dodaje im još jedno, zaista središnje, polje, koje se dodiruje sa svima. Ako započnemo odatle, s najboljim nadama u uspjeh možemo nastaviti s popunjavanjem praznina u postojećim jezicima formula, s povezivanjem do sada razdvojenih polja u jedno područje, te ga proširiti tako da uključi polja kojima takav jezik nedostaje.



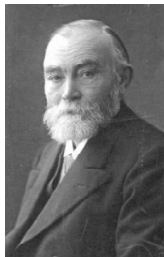
Gottlob Frege.  
Begriffsschrift,  
1879.



Gottlob Frege (1848–1925), autor je epohalnoga djela *Pojmovno pismo, jezik formula za čisto mišljenje sačinjen po uzoru na aritmetički*

# TVORBA POJMOVNOG PISMA NIJE LAKA ZADAĆA

- Kako jezik može zahvatiti predmete, govoriti o njima?
- Nasljeđena zamisao: pojam mnoštvo predmeta sabire u jednu cjelinu.
- Po osnovnom zakonu (V), dolje, ako isti predmeti potpadaju pod neke pojmove onda su sabrane cjeline iste, i obratno.
- Posljedica tog zakona je da za svaki uvjet postoji cjelina predmeta koji ga ispunjavaju, ili pojednostavljenome zapisu u suvremenom pojmovnom pismu:  $\forall F \exists y \forall x (x \in y \leftrightarrow Fx)$ .



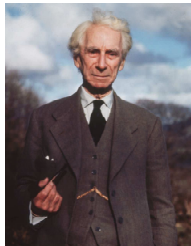
Neuspjeh utemeljenja aritmetike donio je neočekivane uvide u snagu jezika.

Osnovni zakon (V) iz *Grundgesetze der Arithmetik* (I. dio 1893.; II. dio 1903.)

$$\vdash (\exists f(\varepsilon) = \alpha g(\alpha)) = (\underbrace{\alpha}_{\text{f}} f(\alpha) = g(\alpha))$$

## ŠTO SE MOŽE POJMOVNO ZAHVATITI?

- Poteškoća s kojom se jezik susreće ne leži u iskazu neispunljivog uvjeta: pod takve pojmove ne potpada ništa i pojmovna cjelina koju tvore je prazna. Npr. uvjetu ‘predmet koji nije jednak samome sebi’ odgovara “prazan skup”.
- Što je s uvjetom ‘ono što nije svoj vlastiti element’?
- Takav uvjet poznat je pod nazivom ‘Russellov paradoks’. Kako god odgovorili na pitanje *Je li cjelina onih predmeta koji nisu vlastiti elementi, svoj vlastiti element*, taj ćemo odgovor morati odbaciti.
- Posljedično, moramo odbaciti osnovni zakon (V). Prema tome, postoji pojam koji ili ne može obuhvatiti sve ono što potpada pod njega ili obuhvaća i ono što ne potpada pod njega.



Bertrand Russell (1872–1970) u pismu od 24. lipnja 1902. izvjestio je Fregea o neočekivanoj posljedici.



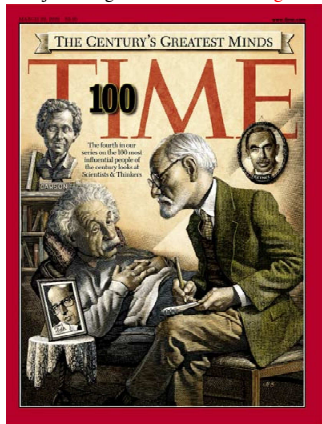
# KRAH PROJEKTA UNIVERZALNOG JEZIKA?

- Jesu li se iznevjerile Fregeove “najbolje nade” u razvoj pojmovnog pisma koji će obuhvatiti ono što je zajedničko svim znanostima (npr. veznici)?
- Ili se, radije, otkrilo da razvoj univerzalnog jezika znanosti zahtijeva da se shvati priroda jezika samog?
- Odgovor na prvo pitanje je niječan, na drugo—potvrđan.
- U 20. stoljeću filozofija ulazi u novo razdoblje, razdoblje koje obilježava *jezični obrat*. Okretanje filozofije prema razvoju teorije jezika možemo promatrati kao dio projekta zasnivanja univerzalnog znanstvenog jezika.

# DVADESET NAJUTJECAJNIJIH ZNANSTVENIKA I FILOZOFA

U TIME Magazine 1999., na prijelazu stoljeća, objavljen je popis 100 najutjecajnijih ličnosti 20. stoljeća, među njima 20 za područje znanosti i filozofije. Zanimljivo je da su među njima čak četiri koja se mogu izravno vezati uz **logiku**.

- Leo Baekeland
- Tim Berners-Lee
- Rachel Carson
- Francis Crick i James Watson
- Albert Einstein
- Philo Farnsworth
- Enrico Fermi
- Alexander Fleming
- Sigmund Freud
- Robert Goddard
- **KURT GÖDEL**
- Edwin Hubble
- John Maynard Keynes
- Louis Leakey, Mary Leakey i Richard Leakey
- **JEAN PIAGET**
- Jonas Salk
- William Shockley
- **ALAN TURING**
- **LUDWIG WITTGENSTEIN**
- Wilbur Wright i Orville Wright



## U KOJEM JE SMISLU UNPRIJEĐEN LEIBNIZOV PROJEKT?

### Leibniz o mišljenju i računanju

... [univerzalini] može se napraviti unatoč tome što filozofija nije savršena. Ovaj će se jezik razvijati usporedno s razvojem znanstvenoga znanja. Dok čekamo da se to dogodi, on će nam biti od čudesne pomoći: da razumijemo ono što već znamo, da opišemo ono što ne znamo, te da pronađemo put da saznamo, ali iznad svega *on će nam pomoći da uklonimo i iskorijenimo sporne dokaze koji ovise o umovanju*, jer jednom kada postignemo taj jezik, *računanje i razmišljanje postat će jedno te isto.*



Je li se potvrdilo Leibnizovo predviđanje?

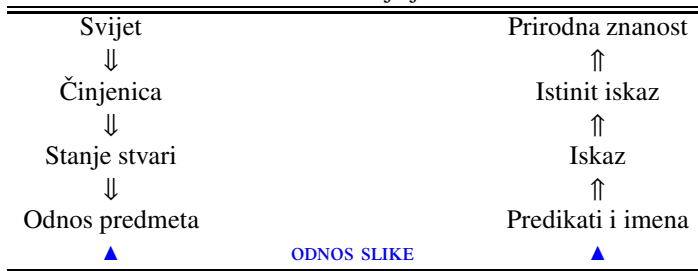
# NAPREDAK SPOZNAJE KAO UKLANJANJE GREŠKE

- Rezultati vodećih istraživača često su “negativni rezultati”:
  - Gödel, 1931 Deduktivne teorije (u jeziku dovoljno bogatom da iskaže vlastitu sintaksu) ne mogu se zatvoriti u sebe: nužno postoji rečenica istinitost koje se ne može utvrditi na osnovi njihovih aksioma, a one same ne mogu dokazati vlastitu konzistentnost.
  - Church 1936; Turing 1937 Za logiku prvog reda ne postoji efektivni postupak utvrđivanja valjanosti, ona je neodlučiva.
  - Löwenheim 1915; Skolem 1920 Teorije iskazane u jeziku prvog reda ne mogu razlikovati vrste beskonačnosti.
- Negativni rezultati pokazuju da Leibniz nije bio u pravu s predviđanjem “računanje i razmišljanje postat će jedno te isto”, oni ne mogu postati jedno te isto. Kreativnost i otvorenost inherentni su znanstvenom mišljenju.

# JEDAN SVIJET I ODNOS JEZIKA I SVIJETA

- Filozofija zasnovna na logici prvoga reda, logici koja logički dio znanstvenog rječnika nalazi samo u veznicima, predikatu identiteta i dvama kvantifikatorima, izložena je u Wittgensteinovom djelu *Tractatus logico-philosophicus* (1921.).

## Tractatus teorija jezika



⇓ je put razlaganja.  
⇑ je put tvorbe.

## JE LI JEDAN SVIJET DOSTATAN?

- Nazovimo modalnim iskazima iskaze kojima je oblik: ‘nužno je da ...’, ‘obavezno je da ...’, ‘i vjeruje da ...’, ‘i želi da ...’, ‘uvijek će biti slučaj da ...’ i slične.
- Prema kriteriju iz *Tractatus*-u, modalni iskazi nisu iskazi jer nisu istinitosnofunkcionalni.
- U semantičku teoriju “jednog svijeta” ne mogu se uklopiti modalni iskaz jer istinitosna vrijednost koju njihovi “elementarni iskazi” imaju u *Svijetu* ne determinira istinitosnu vrijednost modalnog složenog iskaza.

### Primjer

Istinitost tvrdnje o onome što treba biti, što je obavezno da bude, ne ovisi o onome što jest slučaj u *Svijetu*..

Neka **O** stoji za ‘Obavezno je da’.

$I p \wedge O p$  i  $\neg p \wedge O p$  su zadovoljive.

### Tractatus logico-philosophicus



5 Iskazi su istinitosne funkcije elementarnih iskaza. ... **6.42** Stoga [...] etičkih iskaza ne može biti.

...

7 O čemu se ne može govoriti, o tome treba šutjeti..

# DEONTIČNA LOGIKA KAO MODALNA LOGIKA

## Kako je okrivena deontična logika

Jednoga dana dok sam se šetao obalom rijeke Cam—u to sam vrijeme živio u Cambridgeu (Engleska)—pogodila me je misao da se modalni atributi “moguće”, “nemoguće” i “nužno” odnose među sobom jednako onako kako se međusobno odnose kvantifikatori “neki”, “nijedan” i “svi”. Uskoro sam otkrio da se formalna analogika između kvantifikatora i modalnih pojmova proteže iznad obrasca uzajmne definibilnosti ... [Prije dovršenja knjige *An Essay in Modal Logic* 1951.] došao sam do sljedećeg neočekivanog zapažanja—ovoga puta tijekom rasprava s prijateljima—naime da normativni pojmovi o dopuštenju, zabrani i obvezi podliježu istom obrascu uzajamne povezanosti koja postoji između kvantifikatora i osnovnih modalnosti.



Georg Henrik von Wright.

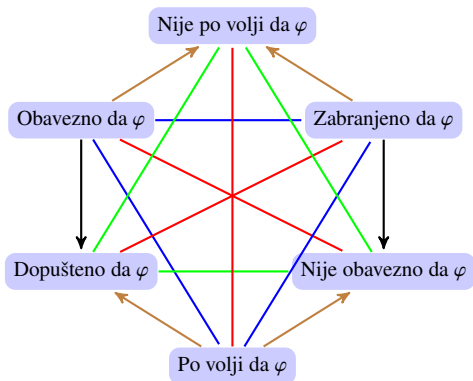
Deontic logic: a personal view.

*Ratio Juris*, 12:26–38, 1999.



Ludwig Wittgenstein i Georg Henrik von Wright,  
(fotografija iz 1950. snimljena u Von Wrightovom vrtu)

## ODNOSI MODALITETA



Obavezno  $\mathbf{O}\varphi \leftrightarrow \neg\mathbf{P}\neg\varphi \leftrightarrow \mathbf{F}\neg\varphi$

Zabranjeno  $\mathbf{F}\varphi \leftrightarrow \neg\mathbf{P}\varphi \leftrightarrow \mathbf{O}\neg\varphi$

Implikacije prikazane crnom strelicom,  
 $\mathbf{O}\varphi \rightarrow \mathbf{P}\varphi$  i  $\mathbf{F}\varphi \rightarrow \mathbf{P}\neg\varphi$ , istovrijedne su.



Modalni kalkulator:

<http://www.ffst.hr/~logika/implog/calculators/modal/modal.html>

Instructions:

[http://www.ffst.hr/~logika/implog/doku.php?id=program:possible\\_worlds](http://www.ffst.hr/~logika/implog/doku.php?id=program:possible_worlds)

The interface displays a Kripke model with four worlds (1, 2, 3, 4) arranged in a square. Each world contains a yellow circle with 'p' and a green circle with 'q'. World 1 has both 'p' and 'q'. World 2 has 'p' and 'q'. World 3 has 'p' and 'q'. World 4 has 'p' and 'q'. Accessibility relations are shown as arrows: 1 to 2, 2 to 1, 1 to 3, 3 to 1, 2 to 4, 4 to 2, 3 to 4, 4 to 3, and 3 to 2. There are also self-loops on worlds 2 and 4.

1	2	$\langle\langle W, R \rangle\rangle, I\rangle$	3	4
+1	+2	Possible worlds	+3	+4
-1	-2		-3	-4
>1	>1	Random R	>1	>1
>2	>2	Accessibility relation	>2	>2
>3	>3		>3	>3
>4	>4	Clear	>4	>4
p	p	Valuation	p	p
q	q		q	q
:Random model:		Clear model		

Below the model is a keyboard interface with buttons for: (, ), p, q, not, and, or, If, then, nec., poss., iff, Enter, and Clear. Below the keyboard is an input field containing "Np>p" and an "Input" button.

## NEOČEKIVANI REZULTATI

- NA POZITIVNOJ STRANI, uvođenje relacijske semantike za modalnu logiku (“semantika mogućih svjetova”, istodobno i neovisno otkriće Stiga Kängera i Saula Kripkea) donijelo je neočekivane uvide. Pokazalo se da analiza značenja modalnih pojmova određivanjem za njih važećih aksioma nije poduhvat u kojemu se implicitnim definicijama unutar postojećeg jezika fiksira značenje pojmova, nego nastanak novog jezika ili, radije, otkriće svojevrsnosti logike jezika intencionalnosti, u kojem opisujemo čovjeka kao osobu, kao nositelja doživljaja, činitelja radnji i podređenika zahtjevima.
- Jezik propozicijske modalne logike razlikuje se u kategoriji od jezika propozicijske logike, potonji nema izražajnu moć koja bi omogućila razlikovanje struktura. Jezik propozicijske modalne logike izražajnu moć takve vrste ima: on može razlučiti konačne strukture do granice bisimilarosti. Pri tome je slabiji od jezika logike prvog reda kojoj granica razlučivosti leži u izmorfizmu konačnih struktura.
- Jezik propozicijske modalne logike omogućio je projekt izgradnje univerzalnog simbolizma kao znanstvenog jezika zahvati jezik znanosti o čovjeku.

# IZRAŽAJNA SNAGA JEZIKA PROPOZICIJSKE MODALNE LOGGIKE

Jezik propozicijske modalne logike izražajni je od jezika propozicijske logike: on, za razliku od prvospomenutoga, može razlikovati strukture. Pitanje je koliko blizu takav jezik može doći do svog predmeta opisa.

## Definicija

Bisimulacija  $E$  jest odnos između struktura  $\mathfrak{M} = \langle W, R, V \rangle$  i  $\mathfrak{M}' = \langle W', R', V' \rangle$  takav da

$$wEw'$$

akko:

atomarna harmonija  $w \in V(p) \leftrightarrow w' \in V'(p)$  za svako propozicijsko slovo  $p$ ,

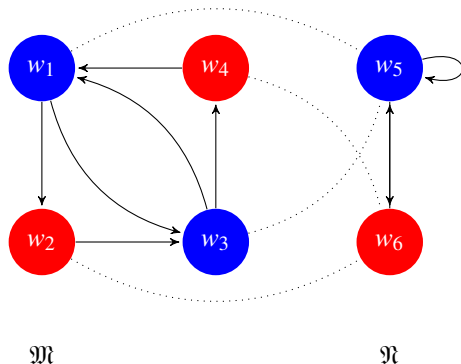
“naprijed”  $Rwv \rightarrow \exists v' (vEv' \wedge R'w'v')$ ,

“natrag”  $R'w'v' \rightarrow \exists v (vEv' \wedge Rwv)$ .

# STRUKTURALNA SLIČNOST

Bisimulacija jest neki odnos slike, ali nije mnogo jak.

U metafori: —jezik logike prvog reda pruža pogled odzgo, “ptičju perspektivu”;  
—jezik propozicijske modalne logike pruža pogled odozdo, “žablju perspektivu”.



Odnosi  $R$  i  $R'$  prikazani su strelicama. Točkasta crta stoji za odnos bisimulacije  $E$ . Točke  $w$  i  $w'$  jednake su boje ako im se vrednovanja poklapaju (i.e.,  $w \in V(p)$  akko  $w' \in V'(p)$  za svako slovo  $p$ ). Slika pokazuje kako “žablja perspektiva” (za razliku od “ptičje”) ne može razlikovati “simetrične” točke od “refleksivnih”.

# DOKLE SMO STIGLI S LEIBNIZOVIM PROJEKTOM?

- Proširenje univerzalnog simbolizma na jezik znanosti o čovjeku, moguće je.
- Jezik ne “funkcionira” svugdje jednako: preciznost koja se postiže razlikuje se u stupnju. Wittgensteinov jedan “odnos slike” treba zamijeniti s više tipova odnosa “strukturne sličnosti”.
- Leibniz je s pravom zahtijevao da (radi provjerljivosti) univerzalni simbolizam treba biti praćen “računom mišljenja”, ali nije bio u pravu kada je poistovjetio spoznatljivost i izračunljivost.

## Ravnoteža izražajne snage i izračunljivosti

... [postoji] ‘ravnoteža’ između izražajne snage i kompjutacijske kompleksnosti: dobitak na jednoj strani, gubitak je [u smislu porasta] na drugoj strani.



Johan van Benthem (2010)  
*Modal Logic for Open Minds.*

Stanford: CSLI

# JOŠ JEDAN RAZLOG UNIVERZALNOM KALKULABILNOM SIMBOLIZMU

- Znanstveni diskurs karakterizira otvorenost prema provjeri na strani drugih.
- Provjera uključuje provjeru logičkih svojstava (npr. konzistentnost; valjanost dokaza, objašnjenja i obrazloženja).
- Samo tekst iskazan jezikom u kojemu su odnosi značenja ili logička sintaksa, učinjeni eksplicitnima, podliježe takvoj provjeri.
- Prema tome, ključno obilježje znanstvenog jezika nalazi se u provjerljivosti njegove logike. To je obilježje važnije od nadilaženja komunikacijskih ograničenja koja nameće raznolikost govornih jezika.
- Pogledajmo dva primjera iz literature!

## Intersubjektivna provjerljivost

Potragu za znanstvenim znanjem reguliraju određeni standardi ili kriteriji, koje bismo najbolje mogli iskazati u obliku ideala kojima se treba približavati, a koje se možda nikada ne mogu u potpunosti dosegnuti. Najvažniji među tim regulativnim idealima su:

1. **INTERSUBJEKTIVNA PROVJERLJIVOST.** Ovdje se radi o jednoj adekvatnijoj formulaciji onoga na što se misli pod pojmom ‘objektivnosti’ znanosti. Ovdje su uključeni ne samo nepodložnost osobnoj ili kulturalnoj pristranosti ili vezanosti, nego—što je još važnije—zahtjev da se tvrdnje znanja mogu u principu provjeravati (potvrditi ili osporiti, pa makar neizravno i samo u nekoj mjeri) na strani bilo koje osobe, koja ima zadovoljavajuću inteligenciju i raspolaže tehničkim sredstvima za provođenje opažanja i pokusa. Termin ‘intersubjektivnost’ naglašava društvenu prirodu znanstvenog poduhvata. Kada bi bilo nekih “istina” koje su dostupne samo privilegiranim pojedincima, kao što su to mistici ili vizionari — naime, kad bi bilo takvih tvrdnja-znanja koje nitko drugi ne može samostalno provjeriti — onda takve “istine” nisu one kakve tražimo u znanostima. Kriterij intersubjektivne provjerljivosti stoga razgraničava znanstvene od neznanstvenih aktivnosti ljudi.



Herbert Feigl. 1953. *The Scientific Outlook : Naturalism and Humanism.*

*U Readings in Philosophy of Science* H. Feigl i M. Brodbeck (ured.), New York: Appleton-Century-Crofts

## Iz *Sociological Methodology*

Glavni zadaci većine društvenih znanstvenika sastoje u postavljanju hipoteza o društvenim fenomenima i u empirijskoj provjeri njihovih hipoteza. [...] najveći dio teorijskog zaključivanja u društvenim znanostima odvija se u prirodnome jeziku. Dobra je strana toga u tome što skoro svako može razumjeti zaključke koji se prave, ili barem može misliti da to može. Slaba je strana u tome što fleksibilnost prirodnog jezika ima svoju cijenu: On je nepopravljivo višeznačan, kako na pojmovnoj tako i na logičkoj strani. K tome, prirodni jezik nema jasnih standarda s obzirom na pouzdanost i konzistentnost. Posljedično, teorijsko zaključivanje provedeno u prirodnome jeziku lako podliježe neželjenim tumačenjima, a sama logička valjanost tog zaključivanja teško se može potvrditi, čime se dovode u pitanje a ponekad i krše pravila igre. Tolika mjera neodređenosti zacijelo se ne bi mogla tolerirati kod prikupljanja podataka ili analize empirijskih nalaza. Zamislite samo svijet bez metoda i statistike, u kojemu se istraživač oslanja samo na zdravi razum u analizi i procjeni empirijskih fenomena. Unatoč tome, izgleda da takvo stanje dopuštamo kod naših dragocjenih teorija.



Jeroen Bruggeman i Ivar Vermeulen. 2002.

A Logical Toolkit for Theory (Re)Construction.

*Sociological Methodology* 32:183–217.



# KONKLUZIJA

- Razvoj znanosti teče usporedno i u međuzavisnosti s razvojem znanstvenog jezika.
- Znanstvena spoznaja kao objektivna spoznaja, a to znači—intersubjektivno provjerljiva, mora uključivati “samospoznaju” znanosti jer bez eksplicitne teorije o vlastitom jeziku ona ne može ispuniti uvjet intersubjektivne provjerljivosti.
- U tom smislu disciplina logike, više nego ikad, pokazuje svoju ključnu ulogu u razvoju znanosti jer bez nje se njezin jezik ne može izgraditi.

## Leibnizova uzvišena misija



*Nitko tko nije vladar ili prorok, ne može donijeti većega dobra za čovječanstvo niti dostojnije zaslužiti božansku slavu, nego onaj koji gradi univerzalni jezik.—Leibniz, 1679.*