

osvrti i mišljenja

Uređuje: dr. sc. Zvonko Benčić

Bolonjski studij i vrijeme poluraspada znanja

Sjećam se jednog razgovora s prof. Božidarom Frančićem (1932.–1990.) u Splitu, u doba prije Domovinskog rata (tada je prof. Frančić bio direktor Elektrotehničkog instituta »Rade Končar«), kada smo zajedno odlazili na Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje – Split i uvodili predmete, on iz područja električnih strojeva, a ja iz područja učinske elektronike. Vraćajući se jedne večeri rivom u *Hotel Park* rekao sam da bismo trebali više raditi na stjecanju znanja. Živo se zainteresirao, rekao je da ćemo raspravu nastaviti u Končaru, ali o tome više nismo stigli razgovarati.

Toga razgovora sjetio sam se ovih dana, kada sam pročitao knjigu *Teorija neobrazovanosti* podnaslova *Zablude društva znanja* autora K. P. Liessmanna (Naklada Jesenski i Turk, Zagreb, 2008.)

1. ŠTO JE ZNANJE?

Jedna od mnogobrojnih definicija glasi: »Znanje je skup ljudskih vjerovanja i vrednovanja koja se temelje na smisleno organiziranom skupu obavijesti (poruka) do kojih se dolazi iskustvom, komunikacijom ili zaključivanjem« (*Tehnički leksikon*, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, Zagreb, 2007.). Do znanja dolazi se putem podataka i informacija. Znanje je više od gomile informacija. Znanje omogućuje interpretaciju podataka i informacija s obzirom na njihov kauzalni odnos i njihovu unutarnju konzistentnost. Jače od znanja je mudrost (sposobnost prosuđivanja).

Primjerice, niz podataka o silaznom, uzlaznom i silazno-uzlaznom istosmjernom učinkom pretvaraču još ne čini znanje. Ali spoznaja da se u biti radi o dvije vrste pretvarača i da se obje vrste zasnivaju na istom sklopnom elementu je znanje. Podaci postaju znanjem tek onda kada se međusobno logički povežu tako da rezultiraju smislenim i provjerljivim suodnosom.

2. VRIJEME POLURASPADA ZNANJA

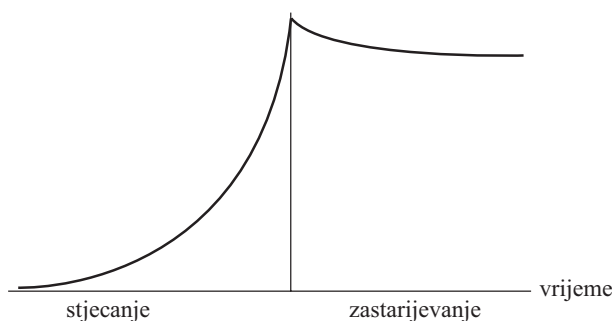
Vrijeme poluraspada znanja jest vrijeme tijekom kojeg se polovica znanja nadomjesti novim zna-

njem. Razlog zamjene znanja je ili zastarijevanje znanja ili neistinitost postojećega znanja. Taj je zakon 1962. godine izrekao austrijsko-američki ekonomist Fritz Machlup (1902.–1983.).

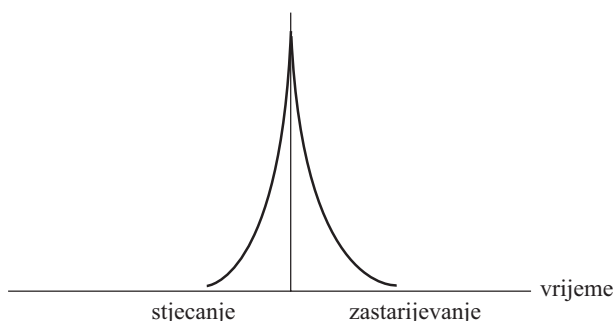
Tijekom vremena poluraspada znanja nastane više novog znanja nego što ga nestane. Tako se ukupna količina znanja povećava. Zato vrijeme promatranja opadanja znanja treba ograničiti na vremenske intervale poluraspada znanja.

Vrijeme poluraspada znanja nije vrijeme zaborava polovice znanja pohranjenog u mozgu. Prof. Vatroslav Lopašić (1911.–2003.) još je kao student objašnjavao da je mozak poput bačve: kada se napuni, novo znanje može ući tek kada se neko staro znanje zaboravi (u to doba, prije Drugog svjetskog rata, još nije bio poznat pojam kapaciteta memorije računala). Suptilnije je objašnjenje da naš mozak automatski briše neupotrebljavane datoteke i povećava slobodnu memoriju mozga. Nekoliko sam puta učio matricni račun, a sigurno se ne mogu sjetiti gdje sam jučer parkirao auto kada sam došao na posao.

Definicija vremena poluraspada znanja ne implicira da znanje opada eksponencijalno. Primjerice u fizici neke količine opadaju eksponencijalno a neke ne. Broj atoma ugljika ^{14}C (koristi se za određivanje starosti stijena, fosila i sl.) ili molekula kofeina popijenih šalicom kave opada u organizmu eksponencijalno s vremenom. Vrijeme poluraspada ugljika ^{14}C iznosi 5730 godina i ne ovisi o početnoj količini tvari – ako se čeka još 5730 godina količina tvari se smanji na četvrtinu. Vrijeme je poluraspada kofeina u ljudskom organizmu oko tri sata – broj molekula smanji se nakon tri sata na polovicu, a nakon šest sati na četvrtinu. Naprotiv, vrijeme potrebno da iz lokve ispari polovica vode ovisi o dubini lokve. Neka je lokva takve veličine da prvi dan ispari polovica vode. Drugi dan isparit će više od polovice vode, pa će u lokvi biti manje od jedne četvrtine početne količine vode. To je primjer smanjivanja vremena poluraspada s vremenom. Postoje procesi kod kojih se vrijeme poluraspada produžuje s vremenom.



Slika 1 Stjecanje i zastarijevanje dugotrajnog znanja



Slika 2 Stjecanje i zastarijevanje kratkotrajnog znanja

3. KRATKOTRAJNO I DUGOTRAJNO VRIJEME POLURASPADA ZNANJA

Znanost se ne razvija akumulacijom znanja. Američki povjesničar znanosti Thomas Samuel Kuhn (1892.–1996.) pokazao je da se znanost razvija revolucijom pristupa (T. S. Kuhn, *Struktura znanstvenih revolucija*, Naklada Jesenski i Turk, Zagreb, 1999.). Kao ključne primjere fundamentalnih paradigmatičkih promjena navodi zamjenu Ptolomejeve kozmologije Kopernikovim heliocentrizmom te Newtonove mehanike kvantnom fizikom i općom teorijom relativnosti.

Iz Kuhnova se razmišljanja mogu izvesti dva zaključka. Prvi: znanje ne opada eksponencijalno. I drugi: postoji dugotrajno i kratkotrajno znanje. Prema tome postoji dugotrajno vrijeme poluraspada znanja (DVPZ) i kratkotrajno vrijeme poluraspada znanja (KVPZ). Između tih se dviju krajnosti nalaze mnoga znanja.

I Peter T. Knight u članku *The Half-Life of Knowledge and Structural Reform of the Education Sector for the Global Knowledge-Based Economy* (<http://www.knight-moore.com>) predlaže uvođenje pojma dugotrajnog i kratkotrajnog vremena poluraspada znanja, tablica 1. Na slikama 1 i 2 grafički

je prikazan tijek stjecanja dugotrajnog i kratkotrajnog znanja.

4. ILUSTRACIJA DUGOTRAJNOG I KRATKOTRAJNOG ZNANJA NA PRIMJERU UČINSKE ELEKTRONIKE

Dugotrajno znanje

Prvi udžbenici u svezi s elektroničkim učinskim pretvaračima stari su oko 80 godina, primjerice: A. Güntherschulze: *Elektrische Gleirichter und Ventile* (Verlag von Julius Springer, Berlin, 1929.) i A. Glasser, K. Müller-Lübeck: *Einführung in die Theorie der Stromrichter* (Verlag von Julius Springer, Berlin, 1935.). U tim je udžbenicima smanjenje srednje vrijednosti izlaznog napona ispravljača zbog komutacije ventila objašnjeno na isti način kao i u dobro poznatom suvremenom udžbeniku: N. Mohan, T. M. Undeland, W. P. Robbins: *Power Electronics* (John Wiley & Sons, Inc., USA, 2003.). U Güntherschulzeovu udžbeniku, koji je napisan u doba živinih ispravljača, smanjenje napona zbog jedne komutacije daje formula (178) na sl. 3a (treba uvrstiti $n=1$), a u Mohanovu udžbeniku, koji je napisan u doba poluvodičkih ispravljača, formula (5–84) na sl. 3b (treba podijeliti s ω i s periodom T).

Tablica 1 Glavne značajke dugotrajnog i kratkotrajnog znanja

	Dugotrajno vrijeme poluraspada znanja (DVPZ)	Kratkotrajno vrijeme poluraspada znanja (KVPZ)
Tip znanja	akademski, temeljni, teorijski	stručni, profesionalni, praktički
Vrijeme stjecanja znanja	dugo (godine, mjeseci)	kratko (mjeseci, tjedni, dani)
Vrijeme isplativosti uloženog	dugo	kratko
Društveni značaj znanja	visok	nizak
Financiranje stjecanog znanja	obitelj, država	proizvodne tvrtke, poslovne tvrtke
Primjeri dugotrajnog i kratkotrajnog znanja	materinski i strani jezici, logika, matematika, fizika, teorijske osnove struke	tehnološki procesi, programska podrška, posebne stručne vještine

Die Berechnung der Typengröße ist sehr umständlich. Es ergibt sich ein Minimum der Typengröße bei

$$m = 2 \text{ für Einphasenstrom mit } 0,707$$

$$m = \sqrt{3} \text{ für Dreiphasenstrom mit } 0,670$$

der Werte $\tilde{P}_2 \cdot \tilde{J}_2$ als einzubauende Gesamtleistung der Spulen auf jeden der n Eisenkerne, also bei

$$\text{die Typengröße des ganzen Spartransformators zu } \begin{matrix} n=2 & 3 \\ 0,615 & 0,502 \end{matrix}$$

der Gleichstromleistung $\bar{P}_{g1} \cdot \bar{J}_{g1}$, wenn der Wirkungsgrad zu 100% angenommen wird.

169. Spannungsverlust¹, Spannungsregelung, Spannungsteilung. Der Spannungsverlust ε im Gleichrichtergefäß zwischen den Anoden A_1, A_2, A_3 und der Kathode K ist etwa gleich 15 bis 22 V. Der Spannungsabfall hinter dem Gleichrichter nimmt aber mit steigender Last wesentlich schneller zu als am Transformator, weil während des Überganges des Stromes von einer Phase zur anderen nicht die volle Spannung für den Gleichrichter verfügbar ist.

Der Spannungsabfall läßt sich angenähert folgendermaßen berechnen:

Es sei der Ohmsche Widerstand im Transformator: $W = 0$. Der Spannungsverlust im Gleichrichter: $E = \text{const}$. Die Induktivität: $L = \text{const}$ und in allen Zweigen gleich, ferner $J_{g1} = \text{const}$. Im übrigen s. Abb. 232. Dann ist während des Überganges des Stromes von einer Phase zur anderen

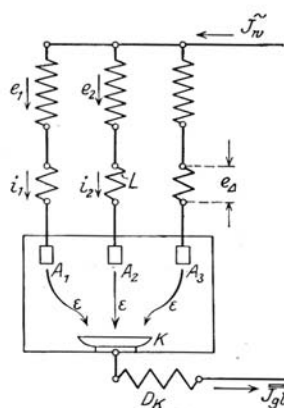


Abb. 232. Schaltskizze eines Großgleichrichters. D_K Kathodendrossel.

$$l_1 - L \frac{di_1}{dt} - E + E + L \frac{di_2}{dt} - e_2 = 0, \quad (175)$$

$$i_1 + i_2 = J_{g1} = \text{const},$$

$$di_1 = -di_2,$$

$$-L \frac{di_1}{dt} = +L \frac{di_2}{dt} = \frac{1}{2}(e_2 - e_1) = e_A. \quad (176)$$

Der zeitliche arithmetische Mittelwert von e_A wird

$$\bar{e}_A = \int_0^{t_{\bar{u}}} \frac{e_A \cdot dt}{T/n} = \int_0^{J_{g1}} \frac{L \cdot di_2}{T/n}, \quad (177)$$

wobei T die Dauer einer Periode $= 1/f$, $t_{\bar{u}}$ die Dauer eines Überganges, f die Frequenz ist. Also ist

$$\bar{e}_A = L \cdot \bar{J}_{g1} \cdot n \cdot f. \quad (178)$$

¹ Schenkel, M.: Vortragsreihe über Quecksilberdampfgleichrichter. 1923.

Slika 3a Primjer dugotrajnog znanja. Formula za izračun smanjenja srednje vrijednosti izlaznog napona ispravljača zbog komutacije prema Güntherschulzeovom udžbeniku iz 1935.

Kratkotrajno znanje

Evo tri primjera: živini ventili, geitom isklopovi tiristori i tiristorski frekvencijski izmjenjivači s utisnutom strujom ili naponom za upravljanje brzi-

nom vrtnje izmjeničnih motora. Živini ventili vladali su u periodu 1920.–1965.; zamijenili su ih poluvodički ventili (diode i tiristori). Znanje koje sam stekao u prve četiri godine radnog vijeka, kada sam se bavio razvojem živinih ventila, danas je zami-

108 CHAPTER 5 LINE FREQUENCY DIODE RECTIFIERS

noting that $i_c = I_d - i_u$ and therefore $di_c/dt = d(I_d - i_u)/dt = -di_u/dt$. Applying KVL in the upper loop in the circuit of Fig. 5-35a and using the above equations yield

$$v_{\text{comm}} = v_{an} - v_{cn} = v_{La} - v_{Lc} = 2L_s \frac{di_u}{dt} \quad (5-77)$$

Therefore from the above equation,

$$L_s \frac{di_u}{dt} = \frac{v_{an} - v_{cn}}{2} \quad (5-78)$$

The commutation interval u can be obtained by multiplying both sides of Eq. 5-78 by ω and integrating:

$$\omega L_s \int_0^{I_d} di_u = \int_0^u \frac{v_{an} - v_{cn}}{2} d(\omega t) \quad (5-79)$$

where the time origin is assumed to be at the beginning of the current commutation. With this choice of time origin, we can express the line-to-line voltage ($v_{an} - v_{cn}$) as

$$v_{an} - v_{cn} = \sqrt{2}V_{LL}\sin \omega t \quad (5-80)$$

Using Eq. 5-80 in Eq. 5-79 yields

$$\omega L_s \int_0^{I_d} di_u = \omega L_s I_d = \frac{\sqrt{2}V_{LL}(1 - \cos u)}{2} \quad (5-81)$$

or

$$\cos u = 1 - \frac{2\omega L_s I_d}{\sqrt{2}V_{LL}} \quad (5-82)$$

If the current commutation was instantaneous due to zero L_s , then the voltage v_{Pn} will be equal to v_{an} beginning with $\omega t = 0$, as in Fig. 5-35c. However, with a finite L_s , during $0 < \omega t < \omega t_u$ in Fig. 5-35c

$$v_{Pn} = v_{an} - L_s \frac{di_u}{dt} = \frac{v_{an} + v_{cn}}{2} \quad (\text{using Eq. 5-78}) \quad (5-83)$$

where the voltage across $L_s [=L_s(di_u/dt)]$ is the drop in the voltage v_{Pn} during the commutation interval shown in Fig. 5-35c. The integral of this voltage drop is the area A_u , which according to Eq. 5-81 is

$$A_u = \omega L_s I_d \quad (5-84)$$

This area is "lost" every $60^\circ(\pi/3 \text{ rad})$ interval, as shown in Fig. 5-35c. Therefore, the average dc voltage output is reduced from its V_{do} value, and the voltage drop due to commutation is

$$\Delta V_d = \frac{\omega L_s I_d}{\pi/3} = \frac{3}{\pi} \omega L_s I_d \quad (5-85)$$

Therefore, the average dc voltage in the presence of a finite commutation interval is

$$V_d = V_{do} - \Delta V_d = 1.35V_{LL} - \frac{3}{\pi} \omega L_s I_d \quad (5-86)$$

where V_{do} is the average voltage with an instantaneous commutation due to $L_s = 0$, given by Eq. 5-68.

Slika 3b Primjer dugotrajnog znanja. Formula za izračun smanjenja srednje vrijednosti izlaznog napona ispravljača zbog komutacije prema Mohanovom udžbeniku iz 2003.

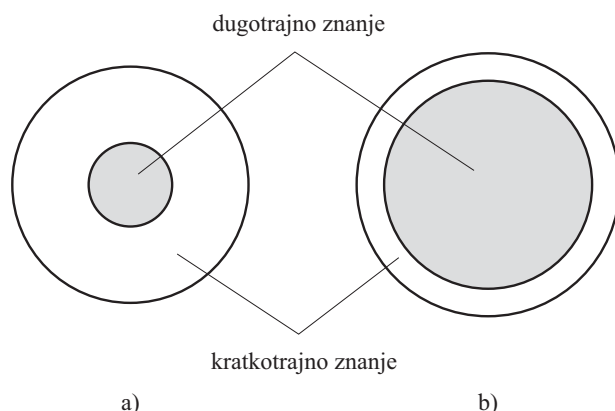
jenjeno novim. Geitom isklopivi tiristori vladali su u periodu 1980.–1990.; zamijenili su ih tranzistori s izoliranim upravljačkom elektrodom (IGBT-ovi). Tiristori frekvencijski izmjenjivači vladali su u periodu 1970.–1990.; zamijenili su ih tranzistori. Tko bi onda mogao pomisliti da će danas postojati *tranzistorska lokomotiva* s asinkronim vučnim motorima snage 6 MW!

U kratkotrajno znanje spadaju većinom inženjerske vještine. Ovisno o inženjerskom području procjenjuje se da je kratkotrajno vrijeme poluraspada znanja (KVPZ) od 2,5 do 7,5 godina (<http://www3.hi.is>). Najkraći KVPZ je u softverskom inženjerstvu. Zanimljivo je primijetiti da tvrtke koje se bave podukom namjerno deklariraju najkraći KVPZ (<http://www.ensys.net>).

5. NAČELO ODABIRA SADRŽAJA PODUKE U TEHNICI

Pretpostavimo da podučavamo znanje koje ima vrijeme poluraspada sedam godina. To znači da je sedam godina nakon završetka poduke upotrebiti manje od 50% stečenog znanja. Ili drugim riječima: sedam godina nakon završetka poduke više od 50% vremena učenja bilo je uzalud! Jedino logičko rješenje je da treba što više podučavati znanje koje ima vrijeme poluraspada duže od npr. 20 godina, slika 4. No, pored dugotrajnog znanja nužno mora postojati i kratkotrajno znanje. Ako ne bi postojalo, znanost bi napredovala vrlo sporo.

Credo tzv. društva znanja je kratkotrajno znanje. U takvom društvu znanje brzo zastarijeva i gubi svaku vrijednost. Sinonim sintagmi *društvo znanja* postala je sintagma za *cjeloživotno učenje* (engl. *lifelong learning*). Zar vas to ne podsjeća na neka-



Slika 4 Odnos dugotrajnog i kratkotrajnog znanja kod podučavanja za: a) tržište rada i b) nastavak studija

dašnja radnička sveučilišta, obrazovanje odraslih i tvorničke tečajeve za stručno usavršavanje? Učenje postaje nužnošću da bi se preživjelo (engl. *fit for the job*). Društvu znanja nije stalo do mudrosti i Aristotelove spoznaje. Bečki profesor Liessmann u spomenutoj knjizi pesimistički piše:

»Znanstvenici i tehničari naprednog društva mogli bi jednom imati isti status kao danas seljaci i poljodjelci; oni kao manjina zacijelo brinu o prehrani i zbrinjavanju društva, ali im nitko zbog toga ne bi odobrio poseban politički, kulturni ili socijalni položaj.«

6. UNUTARNJA PROTURIJEČNOST BOLONJSKOG MODELA STUDIJA (3+2)

Dokument Bolonjska deklaracija (objavljena 19. lipnja 1999.) potaknuo je prešutnu transformaciju Humboldtova sveučilišta u neoliberalno tzv. »*McUniversity*« sveučilište (naziv skovan po analogiji s nazivom »*McDoctors*« za privatnu ekspres-kliniku, obično u sastavu supermarketa). Iduće godine »slavit« će se kraj studiranja kakvog ga je 1810. zamislilo Wilhelm von Humboldt (1767.–1835.). Iz Bolonjske deklaracije proizašli su nazivi 'bolonjski proces', 'bolonjski model' i 'bolonjski studij'. Mene osobno posebno iritira naziv 'bolonjski proces'; jer to znači da će reforma visokoškolskog obrazovanja trajati neodređeno dugo.

Europski birokrati odlučili su europska sveučilišta pretvoriti u tvornice visokokvalificirane radne snage. Vrijednost studija mjeri se ECTS bodovima (engl. *European Credit Transfer System*), tj. prema utrošenom prosječnom radnom vremenu koje je studentu potrebno za polaganje ispita. Analogno se, prema utrošenim radnim satima i materijalu, formira tvornička cijena proizvoda. U lipnju prošle godine nekoliko desetaka tisuća studenata na ulicama Atene i Soluna jasno je dalo do znanja grčkoj vladi da ne žele »poduzeća umjesto fakulteta«.

Bolonjska je deklaracija u skladu s neoliberalističkom koncepcijom uvođenja tržišnog mehanizma u javne službe. To se u nas već dogodilo sa zdravstvenim i mirovinskim sustavom, a dogodit će se s visokoškolskim sustavom. Gube porezni obveznici i potrošači, a dobiva nova klasa dioničara i menadžera.

Prema bolonjskom modelu studija prijediplomski studij (prvostupnik) traje tri godine, a diplomski studij (magistar) dvije godine. U temelju modela je ideja da prvostupnici, ako žele, odlaze na tržište rada. Tu je i unutarnja proturiječnost bolonjskog

modela: za tržište rada trebaju kratkotrajna, a za nastavak studija dugotrajna znanja. Za nastavak studija treba znanje koje je izgubljeno u informaciji.

Na tehničkim fakultetima veliki dio studenata koji je akad. god. 2008/09. redovito završio prijediplomski studij upisao je diplomski studij. Trenutačno, tržište rada nije prepoznalo potrebu za prvostupnicima. Tako, jedna od osnovnih postavki Bolonjske deklaracije – zapošljavanje nakon prve tri godine studija, nije provedena u nas. Vjerojatno, neki lošiji studenti, nakon što postanu prvostupnici, odmah će se zaposliti.

ZAKLJUČAK

Bolonjski model studija usporava učenje sposobnim studentima. Na dodiplomskom studiju većinom se stječu kratkotrajna znanja nužna za tržište rada. Dugotrajna znanja nadoknađuju se na diplomskom studiju, za što je možda prekasno. Glasovita je Einsteinova izjava da ono što je dovelo do problema teško može biti upotrebljeno za rješenje problema.

Zvonko BENČIĆ
Fakultet elektrotehnike i računarstva
Unska 3, 10000 Zagreb
e-pošta: zvonko.bencic@fer.hr