

konferencije



Sudionici konferencije

O grafovima i kompleksnosti na MedILS-u

PIŠE: DAMIR VUKIČEVIĆ*

Od 25. do 27. travnja u prostorijama Mediteranskog instituta za istraživanje života održana je Jadranska konferencija o grafovima i kompleksnosti. Na konferenciji su sudjelovali znanstvenici s četiri najveća hrvatska sveučilišta: osječkog, riječkog, splitskog i zagrebačkog, te s dva vodeća instituta: Instituta za fiziku i Instituta Ruder Bošković, te znanstvenici iz Bosne i Hercegovine, Njemačke, Rusije i Slovenije. Cilj konferencije je bio integrirati znanstvena istraživanja grafova i kompleksnosti u Hrvatskoj. Teorija grafova i kompleksnosti je relativno mlado znanstveno područje koje svoj procvat doživljava razvojem osobnih računala. Rezultati ovog znanstvenog područja imaju široku primjenu: u bioznanostima, ekonomiji, fizici, informatici, lingvistici, kemiji, psihologiji, prometnim znanostima, sociologiji... Daljnji rast računalne procesorske snage i dostupnosti istraživačkih podataka utjecat će na još intenzivniji razvoj ovog znanstvenog područja.



Damir Vukičević

Integracija i multidisciplinarnost

U Hrvatskoj se istraživanja ove problematike provode na šest spomenutih institucija i u njima sudjeluju fizičari, informatičari i matematičari. Integracija je nužna kako bi se postigla što veća međunarodna kompetitivnost. Multidisciplinarni pristup u kojem se koristi matematička teorija, dobri fizikalni modeli i kvalitetni algoritmi mogao bi biti recept za uspješna istraživanja. Konferencija je protekla u duhu marljivosti, suradnje i zajedništva. Osjećala se želja sudionika da pomognu jedni drugima, da daju savjete i podijele znanja. Osobno sam imao barem desetak razgovora koji su me obogatili novim znanjima i želim i ovim putem zahvaliti svojim sugovornicima. Ljepota znanja je što se ono dijenjem umnaža, i nadam se da će suradnje stvorene ili osnažene ovom konferencijom rezultirati većim brojem zajedničkih radova i suradnjama na budu-

Daljnji rast računalne procesorske snage i dostupnosti istraživačkih podataka utjecat će na još intenzivniji razvoj ovog znanstvenog područja, a Hrvatska na području istraživanja teorije kompleksnih mreža ima u svojim mladim znanstvenicima jako dobru perspektivu

ćim projektnim natjecajima. Obradovao sam se kada sam vidio kako sudionici dogovaraju daljnje suradnje i buduće međusobne posjete. Posebno me raduje veliki broj mladih sudionika na konferenciji koji ili tek spremaju doktorat ili su doktorirali prije nekoliko godina. Mislim da Hrvatska kod istraživanja teorije kompleksnih mreža ima u ovim mladim ljudima jako dobru perspektivu.

Što je pljesak jedne ruke?

Kompleksnim sustavom smatramo sustav koji ne možemo rastaviti na jednostavnije, a da pri tome zadržimo sve bitne elemente sustava. U 18. stoljeću budistički svećenik Hakui Ekaku je rekao: „Dvije ruke plješću i eto zvuka. Što je zvuk jedne ruke?“ Mogli bismo reći da je pljeskanje kompleksna operacija. Izvučemo li samo jedan element tog sustava, tj. jednu ruku – gubimo ključne značajke sustava. Znanost se dosta često prema stvarnosti postavlja redukcionistički – promatrajući sustav kao sumu pojedinih dijelova. Komplexnost, naprotiv, smatra da dijelove ne možemo promatrati izvan sustava. Problem sukoba redukcionizma i kompleksnosti ne obilježava samo znanost, već i filozofiju i umjetnost. Jedan od najljepših citata o kompleksnosti je Johna Donnova (koji je Ernesta Hemingwaya inspirirao za naslov njegova romana):

„Nijedan čovjek nije otok, sasvim sam za sebe; svaki je čovjek dio kontinenta, dio Zemlje; ako More odnese grodu zemlje-Evropu je manje, kako da je odnijelo kakav tr. posjed tvog prijatelja ili tvoje vlastiti, smrt svakog čovjeka smanjuje mene, jer sam obuhvaćen u čovječanstvu.

I zato nikad ne pitaj kome zvonio zvonio;

Tebi zvonio“.

Komplexnost – tajna uspjeha Googlea

Primitivni web-pretraživači su analizirali pojedine web-stranice svaku za sebe kako bi odgovorili na upit korisnika. Svaka pojedina stranica je bila ocijenjena na osnovu njezina sa-

držaja i potom su te ocjene bile rangirane kako bi korisnik dobio one web-stranice koje je takav internet pretraživač smatrao najboljima. To je klasičan primjer redukcionističkog ponašanja. Sustav se promatrao kao skupinu nezavisnih dijelova. Svaka stranica je analizirana sama za sebe. Larry Page i Sergey Brin predložili su drugačiji sustav koji je potpuno zagospodario pretraživanjem interneta. Oni su, pogadate, tvorci Googlea. Internet nisu promatrali kao skupinu nezavisnih web-stranica, već kao graf. Vrhovi tog grafa su bili web-stranice, a bridovi linkovi koji idu s jedne stranice na drugu. Algoritam koji su oni razvili dodjeljivao je rang svakoj stranici s obzirom na njezin sadržaj i na njezin položaj u promatranom grafu. Dakle, algoritam je analizirao cijeli graf (u svoj njegovoj kompleksnosti), a ne samo pojedinačne web-stranice. Inovativnost i superiornost njihova algoritma postala je očita mnogim korisnicima kojima je Google davao bolje rezultate pretraživanja od drugih pretraživača su „izumrli“, dok je Google danas proizvede vrijedno oko 300 milijardi dolara. Usporedbe radi, hrvatski bruto nacionalni proizvod je oko 60 milijardi dolara.

Pogled u budućnost

Očekujem da će naša konferencija postati tradicionalna i da će se jednom godišnje održavati u Splitu. Bit ću sretan ako u izlaganjima na sljedećoj konferenciji prepoznaj ideje koje su potakle s ovogodišnje. Puno je projekata i ideja razmijenjeno. Čeka nas puno posla kako bismo naše dogovore pretvorili u konkretna djela.

Zelio bih zahvaliti administraciji Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Splitu, osobito Mediteranskog instituta za istraživanje života, te članovima organizacijskog odbora: Suzani Antunović, Tanji Vojković i Vinku Zlatiču, bez čije pomoći ova konferencija ne bi mogla biti održana.

*direktor Organizacijskog odbora konferencije

Teorija grafova

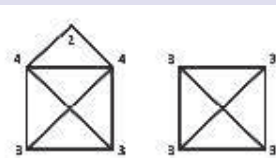
Grafom možemo smatrati skupinu objekata među kojima postoje neke veze. Npr. vrhovi grafa mogu biti luke, a bridovi mogu biti brodske linije koje ih povezuju; vrhovi grafa mogu biti stanovnici nekog grada, a bridovi međusobna poznanstva; vrhovi grafa mogu biti atomi u nekoj molekuli, a bridovi veze među njima. Zanimljivo je da su neke dječje zagonetke riješene upravo pomoću teorije grafova. Pokušajte ne podižući olovku s papira i ne ponavljajući crtu nacrtati lik na sljedećoj slici:



Čestitamo! Sada pokušajte na isti način nacrtati ovaj lik:



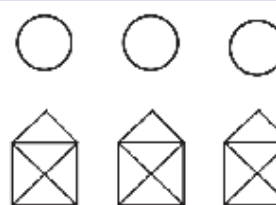
Ako niste uspjeli, nemojte brinuti. Pomoću teorije grafova se može dokazati da je to nemoguće. Za svaki lik možemo utvrditi je li ga moguće nacrtati ne podižući olovku s papira. Stupnjem vrha nazivamo broj bridova koji izlaze iz promatranog vrha. Stupnjevi vrhova na naša dva crteža su prikazani na sljedećoj slici:



Graf se može nacrtati ako ima najviše dva vrha neparnog stupnja. Graf na lijevoj strani ima dva vrha ne-

parnog stupnja, pa ga možemo nacrtati, a graf na desnoj strani ima četiri vrha neparnog stupnja, pa ga ne možemo nacrtati.

Još jedna poznata dječja glavolomka se rješava pomoću teorije grafova: u selu postoje tri bunara i tri kuće. Povežite svaku kuću sa svakim bunarom, ali tako da se nijedan od putova ne siječe.



Može se pokazati da se ni ovaj problem ne može riješiti (bez savijanja papira). Graf u kojem vrhove možemo podijeliti u dvije skupine X i Y tako da

nijedna dva vrha unutar iste skupine nisu povezana bridom, a svaka dva vrha unutar različitih skupina su povezana bridom nazivamo potpuni bipartitni graf. Teorija grafova nam kaže da se takav graf može nacrtati u ravni bez da mu se bridovi sijeku ako i samo ako barem jedan od skupina X i Y ima manje od tri elementa. Kako ovdje oba skupa imaju točno tri elementa – rješenje nije moguće. Probajte riješiti isti problem, ali sa 6 kućica i 2 bunara – vjerujem da ćete uspeti. Premda problemi teorije grafova često zvuče poput igre ili glavolomke, oni mogu biti jako teški. Jedan od najpoznatijih problema teorije grafova je bio problem četiri boje. Zamislimo da imamo zemljopisnu kartu u kojoj su regije „kompaktne“ (tj. sastoje se od jedne cjeline - ne smijemo imati situaciju kao npr. sa Hrvatskom koja se sastoji od dvije cjeline, jer ima prekid kod Neuma). Cilj nam je tu zemljopisnu kartu obojati tako da se svaka regija na karti ističe, tj. da je svaka regija različite boje od svih svojih susjednih regija. Dakle, ako dvije regije graniče – one moraju biti različite boje. Takvo bojanje nazivamo pravilnim bojanjem. Pitanje je bilo koliko nam je najmanje boja potrebno da bismo svaku kartu mogli pravilno obojati. Problem je postavljen 1852. godine i bezuspješno rješavan čak 124 godine. Tek 1976. godine su ga riješili Apple i Haken pomoću računala dokazavši da su nam za svaku moguću zamislivu kartu dovoljne 4 boje kako bismo ju mogli pravilno obojati. Raspis tog dokaza bi bio dug stotinama strana.