



dr. sc. Zdenko Franic
Znanstveni savjetnik u Institutu za medicinska
istraživanja i medicinu rada, certificirani
ekološki pčelar (selo Klinac pokraj Petrinje)
e-pošta: franic@klinac.eu

Pčele, matematika i informatika

Tijekom traganja za hranom pčele iz jedne zajednice u pravilu se istodobno rašire u nekoliko pravaca s ciljem prikupljanja nektara i/ili peluda te tako pokrivaju veliko područje. Dio pčela iz košnice (pčele izviđačice) neprestano pretražuje okruženje tražeći nove i kvalitetne izvore nektara. Ove se pčele kreću nasumično u okolini košnice, procjenjujući vrijednost resursa na koje naiđu. Nakon što sakupe pelud i nektar na polju vraćaju se u košnicu, odlože prikupljene resurse te odlaze u dio košnice koji se naziva „podij za ples”. Ondje plešući obavještavaju ostale pčele u zajednici o mjestu na kojem se nalazi hrana. Oko te se pčele plesačice okupljaju ostale pčele radilice, dotiču je svojim ticalima i promatralju njezine plesne pokrete kojima se prenose željene informacije.

Trenutak kada su ljudi „izumili” nulu bio je presudan za razvoj matematike i znanosti, a poslijedično i za razvoj naše suvremene, tehnološki napredne kulture. Djeca tek oko četvrte godine počinju razumijevati da je „ništa”, odnosno prazan skup, manji od „nečega”, primjerice jedinice. Znanstvenici su stoga dugo smatrali da je koncept „ničega”, kao numeričke veličine, izvan doseg spoznaje bilo koje životinje. Međutim, nedavne su studije pokazale da ljudi nisu jedina vrsta koja „ništa” smatra brojem. Koncept nule razumiju majmuni i neke ptice (papige), a sada su znanstvenici dokazali da se u ovaj klub vrsnih matematičara svrstavaju i pčele.

Osim što su najvažniji oprasivači, pčele su najbolja vrsta za ispitivanje kognitivnih sposobnosti insekata jer su prijašnja istraživanja potvrdila da pčele mogu (od ljudi ili drugih pčela) naučiti zamršene i zahtjevne vještine, čak i shvatiti zamršene koncepte kao što su istovjetnost (jednakost) i razlika. Također, već je otprije poznato da medonosne pčele imaju određene numeričke sposobnosti, primjerice sposobnost da broje do četiri. Te su im vještine potrebne za praćenje orijentira u njihovu okruženju pri sakupljanju hrane.

U istraživanju objavljenome u prestižnome znanstvenom časopisu *Science* u lipnju ove godine australski i francuski znanstvenici pokazali su da pčele



uspješno rangiraju brojčane vrijednosti i shvaćaju da nula pripada nižem kraju slijeda brojeva.

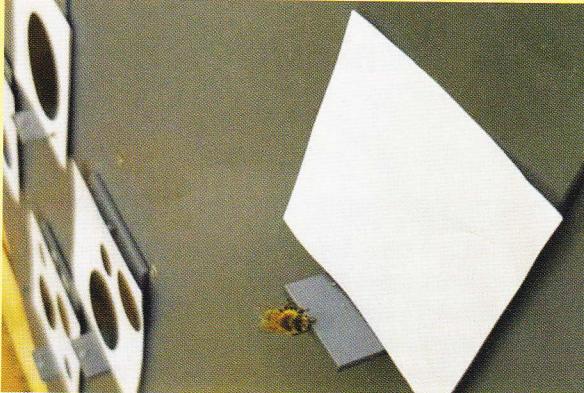
Istraživači su istrenirali deset pčela da identificiraju manji od dvaju brojeva. Tijekom niza pokusa pčelama su pokazivane dvije različite slike koje su prikazivale nekoliko crnih oblika na bijeloj pozadini. Ako bi pčele letjele prema slici s manjim brojem oblika, dobile bi kao nagradu ukusnu šećernu vodu. Međutim, ako su letjele prema slici s većim brojem oblika, dobivale bi otopinu s gorkim okusom kinina. Nakon što su pčele naučile dosljedno napraviti pravi izbor, istraživači su im pružili novu mogućnost: bijelu pozadinu koja ne sadržava nikakve oblike. Iako pčele dotad nisu vidjele praznu sliku, u gotovo 2/3 slučajeva odabirale su ovu opciju u odnosu na slike koje su prikazivale dva ili više crnih oblika. Naime, nekako su zaključile da im takav odabir povećava vjerojatnost dobivanja slatke nagrade. To pak sugerira da insekti shvaćaju da je „nula” manja od dva ili tri.

PČELE KAO MODEL ZA RAZVOJ UMJETNE INTELIGENCIJE

Kako mozak predstavlja, procesuira i shvaća „ništa”? Jesu li pčele i druge životinje koje prikupljaju i skladište hranu razvile specijalne neuronske mehanizme koji im omogućavaju percepciju praznog skupa kao prethodnika matematičkoga koncepta nule? Mozak pčele ima manje od milijun neurona, dok prosječni ljudski mozak ima oko 86 milijardi neurona. Činjenica da čak i tako sitni mozgovci mogu shvatiti složene, apstraktne koncepte upućuje na mogućnost daljnog razvoja umjetne inteligencije, što uključuje i smanjivanje njezinih dimenzija. Male su dimenzije važne za primjerice razvoj robotike u medicini, razvoj pametnih lijekova, svemirske tehnologiju i slično, a usto štede i skupe sirovine.

Dakle, jedan od iznimno složenih problema kod razvoja umjetne inteligencije jest osposobljavanje što minijaturnijih robota da učinkovito rade u kompleksnim okruženjima, za što je potrebno prepoznavati prazne skupove, odnosno nulu, i donositi odgovarajuće odluke.

OBUĆENE DA ODABERU NAJMANJI BROJ IZMEĐU NEKOLIKO OPCIJA, PČELE ODABIRU PRAZNU SLIKU POKAZUJUĆI DA RAZUMIJU KONCEPT NULE



Primjerice, prijeći prometnu cestu odraslim je ljudima jednostavno, oni razumiju da ulicu valja prijeći u trenutku kada nema automobila, bicikala ili tramvaja koji se približavaju. Ali kako razviti algoritme kod umjetne inteligencije koji bi reprezentirali i pravilno interpretirali prazan skup za brojne klase različitih kompleksnih objekata i na osnovi toga donosili odluke?

Razvijanje takvih algoritama upotrebom rezultata istraživanja ponašanja pčela nikako ne bi bio preseđan jer su informatički stručnjaci proučavajući pčele već uspjeli poboljšati algoritme koji omogućavaju brže i kvalitetnije funkcioniranje interneta. Riječ je o takozvanom pčelinjem algoritmu (engl. *bees algorithm*).

PČELINJI ALGORITAM

Računalnim inženjerima potrebno je dobro poznavanje matematike za optimizaciju složenih sustava. Jedan od najpoznatijih i za rješavanje najzahtjevnijih logičkih izazova poznat je kao „problem putujućeg prodavača”: kako hipotetski prodavač može na svome putu u najkraćem vremenu posjetiti svaku željenu lokaciju?

Algoritmi razvijeni za odgovor na ova pitanja korisni su u mnogim situacijama, poput smanjenja troškova i onečišćenja koji se odnose na opskrbne kamione ili promet podataka na internetu. Nedavni je primjer zagušenje internetskog prometa tijekom pristupa web-stranicama koje su u stvarnom vremenu prikazivale razvoj situacije na utakmicama Svjetskoga nogometnog prvenstva u Rusiji. Takvim se web-stranicama pristupalo s različitim lokacija širom svijeta, ali s različitim intenzitetom potražnje za informacijama. Posljedično, u takvim se prilikama internetski resursi jednostavno ne mogu sustavno dodijeliti svakom tražitelju informacija, nego se moraju dinamički reorganizirati kao odgovor na trenutačnu situaciju. Prilikom optimizacije sustava ključan je problem u načinu kontinuirane reorganizacije. Način na koji su informatički inženjeri sve donedavna optimizirali sustave u ovakvim situacijama pokazao se inferiornijim u odnosu na rješenja koja koriste pčele.

U informatici i operacijskim istraživanjima pčelinji algoritam jest algoritam pretrage na osnovi populacije koji je razvijen 2005. godine. Algoritam imitira ponašanje pčelinje zajednice prilikom potrage za hranom.

STRATEGIJA PČELA U POTRAZI ZA HRANOM

Tijekom traganja za hranom pčele iz jedne zajednice u pravilu se istodobno rašire u nekoliko pravaca s ciljem prikupljanja nektara i/ili peluda te tako pokrivaju veliko područje. Dio pčela iz košnice (pčele izviđačice) neprestano pretražuje okruženje tražeći nove i kvalitetne izvore nektara. Ove se pčele kreću nasumično u okolini košnice, procjenjujući vrijednost resursa na koje nađu. Nakon što sakupi pelud i nektar na polju vraćaju se u košnicu, odlože prikupljene resurse te odlaze u dio košnice koji se naziva „podij za ples“. Ondje plešući obavještavaju ostale pčele u zajednici o mjestu na kojem se nalazi hrana. Oko te se pčele plesačice okupljaju ostale pčele radilice, dotiču je svojim ticalima i promatraju njezine plesne pokrete kojima se prenose željene informacije. Za otkriće i interpretaciju toga „plesa“, kao pravoga životinjskoga „govora“ kojim se prenose iznimno važne informacije, austrijski je znanstvenik Karl Von Frisch 1973. godine dobio Nobelovu nagradu.

Nakon plesa pčela se vraća cvijetu da bi sakupila još hrane. Dok su god izvori hrane vrijedni, pčele skupljačice će ih „reklamirati“ pčelinjim govorom, odnosno plesom u košnici. Novi „regruti“ također sudjeluju u plesu i tako pozivaju što više novih pčela da se priključe sakupljanju. Međutim, ako otkriju još bolji izvor hrane, to priopćavaju ostalim pčelama te se sve sakupljačice usmjeravaju na njega, ne čekajući da se prethodni izvor do kraja iscrpi. Drugom najboljem izvoru hrane vraćaju se tek nakon što iskoriste najbolji izvor. Upravo se takva strategija pokazala superiornjom u odnosu na optimizaciju algoritama kojima su informatički inženjeri rješavali „problem putujućeg prodavača“ ne uspijevajući ipak sprječiti zagušenje internetskog prometa. Tek kada su svoje algoritme poboljšali strategijom pčela da se pčelinja zajednica fokusira samo na najvrednije izvore hrane, znatno je unaprijeđena problematika pristupa najaktualnijim trenutačnim informacijama na internetu.

Pčele, te druge, vrijedne životinjice koje nam pružaju rajske užitak slasnoga meda, a oprašivanjem omogućavaju opstanak biljnog i životinjskog svijeta, svojim nas znanjima, vještinama i razinom socijalne organizacije ne prestaju zadivljivati i inspirirati. Od pčela zasigurno možemo još štošta naučiti. Zauzvrat je potrebno o njima se brinuti i zaštititi ih od svih nedaća i opasnosti u koje smo ih mi ljudi doveli. Naš je zadatak, i obaveza, osigurati im opstanak, čime osiguravamo ne samo napredak nego i opstanak ljudske vrste. Mi pčelari toga smo svjesni. A ostali?