

UNIVERZITET CRNE GORE
Elektrotehnički fakultet, Podgorica

Materijal sa prvog termina predavanja iz

EKSPERTNIH SISTEMA
VJEŠTAČKA INTELIGENCIJA
POJAM I ISTORIJAT

Prof. dr Vesna Popović-Bugarin

Podgorica, 2012.

VJEŠTAČKA INTELIGENCIJA

1.1 Pojam inteligencije

Pojam inteligencija potiče od latinskog glagola *intelligere*, što znači razumjeti. Ukoliko se pođe od lingvističkog korijena pojma inteligencija kao razumijevanja, inteligencija se razlikuje od onoga što se podrazumijeva pod “biti pametan” – sposobnost prilagođavanja životnoj sredini. Postoje makar dvije opšteprihvaćene definicije inteligencije. Po prvoj definiciji [1], individue se razlikuju jedna od druge po svojoj sposobnosti da razumiju kompleksne ideje, da se uspješno prilagođavaju životnoj sredini, da uče iz iskustva, da učestvuju u različitim oblicima rasuđivanja, da savladavaju prepreke koristeći razum. Iako ove individualne razlike mogu biti značajne, one nikada nijesu u potpunosti konzistentne. Naime, intelektualne sposobnosti neke osobe će varirati u različitim prilikama, u različitim domenima i u zavisnosti od kriterijuma koji se koriste za njihovo ocjenjivanje. Po drugoj definiciji [2], inteligencija je veoma opšta mentalna sposobnost koja, između ostalih stvari, uključuje sposobnost rasuđivanja, planiranja, rješavanja problema, apstraktnog razmišljanja, razumijevanja složenih ideja, brzog učenja i učenja iz iskustva. Dakle, inteligencija nije prosto učenje iz knjiga ili uska akademska sposobnost. Prije bi se moglo reći da inteligencija reflektuje širu i dublju sposobnost razumijevanja našeg okruženja, tzv. shvatanja stvari (“catching on”), nalaženja smisla stvarima i zaključivanja šta da se radi u datim okolnostima [2]. U nekim slučajevima inteligencija može uključiti dodatne karakteristike: kreativnost, osobenost (personality), karakter, znanje ili mudrost. Ipak, ne postoji opšteprihvaćeno mišljenje koja od navedenih karakteristika definiše fenomen inteligencije. Definicija inteligencije u velikoj mjeri zavisi i od naučne discipline u kojoj je oformljena.

Vrhunac pojma inteligencije je kad se navede rješavanje problema, jer vrhunsko rješavanje problema neminovno zahtijeva inteligenciju, što ovom pojmu daje empirijsku notu [3]. Jednostavna i efikasna definicija inteligencije bi bila: sposobnost primjene znanja u cilju boljeg djelovanja u nekoj životnoj sredini.

Jedna od relativno prihvatljivih definicija pojma inteligencije bi bila [4]: Inteligencija je sposobnost sistema da se prilagodi promjenama u svijetu i što je ta sposobnost veća, odnosno profinjenija snaga prilagođavanja, sistem je inteligentniji. U navedenoj definiciji se koristi termin sistem, što daje dosta široko značenje, mada se u podsvijesti misli na čovjeka. Postavlja se pitanje na koji način povezati inteligenciju, za koju ne postoji jedinstvena definicija, ni kada se misli na inteligenciju čovjeka, sa neživom tvorevinom – mašinom.

1.2 Vještačka inteligencija – pojam

Vještačka inteligencija (engl. artificial intelligence) je jedna od najnovijih nauka. Ozbiljan rad na polju vještačke inteligencije je započeo nakon Drugog svjetskog rata. Sam pojam vještačka inteligencija je uveden 1956. godine.

Vještačka inteligencija (VI) danas obuhvata raznovrsna polja, počevši od oblasti za opštu upotrebu, kao što je učenje i percepcija, do veoma specifičnih polja, kao što je igranje šaha, dokazivanje matematičkih teorema, pisanje poezije i dijagnosticanje bolesti. VI sistematizuje i automatizuje intelektualne zadatke i stoga

je potencijalno važna za svaku oblast ljudske intelektualne aktivnosti. Posmatrano na ovaj način, može se reći da je VI zaista univerzalna nauka [5].

Prilikom definisanja pojma VI, nailazi se na isti problem kao kod pojma inteligencije. Naime, ne postoji jedinstvena definicija VI. U tabeli 1 su izložene definicije iz osam različitih publikacija [5]. Iako ne postoji jedinstvenost među njima, može se zaključiti da ove definicije variraju duž četiri osnovna pravca. Grubo rečeno, definicije izložene u prvom redu tabele se bave procesom rasuđivanja i zaključivanja, dok se definicije date u drugom redu odnose na ponašanje. Definicije u prvoj koloni mjere uspjeh u zavisnosti od pouzdanosti u odnosu na ljudske performanse, dok one date u drugoj koloni, mjere uspjeh vršeći poređenje sa idealnim konceptom inteligencije, koji se naziva racionalnost. Sistem je racionalan ako radi „prave stvari”, gledano kroz ono što sistem zna.

Sistem koji rasuđuje humano	Sistem koji rasuđuje racionalno
<p>„Uzbuđujući novi pokušaji da se napravi kompjuter koji rasuđuje ... mašine sa umom, u punom i bukvalnom smislu.”</p> <p>„Automatizacija aktivnosti koje povezujemo sa ljudskim rasuđivanjem, aktivnosti kao što je donošenje odluka, rješavanje problema, učenje ...”</p>	<p>„Proučavanje mentalnih modula kroz upotrebu računskih modela.”</p> <p>„Proučavanje proračuna koji čine mogućim opažanje, rezonovanje i djelovanje.”</p>
Sistem koji djeluje humano	Sistem koji djeluje racionalno
<p>„Umjetnost stvaranja mašina koje izvršavaju funkcije koje bi zahtijevale inteligenciju kada bi ih obavljao čovjek.”</p> <p>„Proučavanje kako učiniti da računar radi stvari u kojima su, za sada, ljudi bolji.”</p>	<p>„Računska inteligencija je proučavanje dizajniranja inteligentnih agenata.”</p> <p>„Vještačka inteligencija ... se bavi inteligentnim ponašanjem vještačkih tvorevina.”</p>

Tabela 1 Nekoliko definicija vještačke inteligencije, organizovanih u četiri kategorije

Istorijski, sva četiri pristupa VI su praćena. Kako se može i očekivati, postoje tenzije između pristupa zasnovanog na poređenju sa ljudima i pristupa centriranog oko racionalnosti. Pristup zasnovan na poređenju sa ljudima mora biti empirijska nauka, koja uključuje postavljanje hipoteza i eksperimentalno dokazivanje. Pristup zasnovan na racionalnosti uključuje kombinovanje matematike i inženjerstva.

1.2.1 Djelovati humano: pristup Turing-ovog testa

Turing-ov test je predložen od strane Alana Turinga 1950. godine. Dizajniran je da obezbijedi zadovoljavajuću operativnu definiciju inteligencije. Umjesto korišćenja dugačke i često kontroverzne liste karakteristika koje se zahtijevaju za inteligenciju, Turing je predložio test zasnovan na neodvojivosti od neosporno inteligentnih jedinki – ljudskih bića. Kompjuter prolazi test ukoliko ljudski ispitivač, nakon postavljanja nekoliko pisanih testova, ne može reći da li je pisane odgovore dobio od čovjeka ili računara. Bez obzira na probleme koji se mogu povezati sa ovim testom i na pitanje da li je računar zaista inteligentan ukoliko ga položi, jasno je da je neophodno mnogo rada da bi se konstruisao računar - softver koji bi ga mogao položiti. Naime, konstruisani računar bi morao posjedovati sljedeće karakteristike:

1. Obradu prirodnog jezika – kako bi se omogućila komunikacija sa ispitivačem;
2. Prezentaciju znanja – kako bi uskladištio ono što zna i “čuje”;
3. Automatsko rezonovanje – kako bi koristio uskladištene informacije da bi odgovorio na pitanje ili izvodio nove zaključke;
4. Mašinsko učenje – kako bi se prilagodio novim okolnostima i detektovao i ekstrapolirao šablone.

U Turing-ovom testu se namjerno izbjegava direktna fizička interakcija između ispitivača i računara, jer je psihička simulacija čovjeka neophodna za inteligenciju. Ipak, tzv. potpuni Turing-ov test uključuje video signal, tako da ispitivač može da testira perceptivne sposobnosti ispitanika. Da bi položio kompletan Turing-ov test, osim navedenih karakteristika, računaru su potrebni i:

5. Računarski vid (engl. computer vision) – interpretacija i računarska obrada video oblika;
6. Robotika – da pomjera objekte i manipuliše njima.

Sa ovih šest disciplina se pokriva veći dio VI. Dakle, Turing je napravio test koji je ostao pogodan i preko šesdeset godina kasnije.

U vrijeme kada je nastao Turing-ov test, predviđano je da će do 2000. godine mašine imati 30% šanse da prevare sagovornika u roku od 5 minuta. Tokom godina pravljen je veliki broj kompjuterskih programa koji su imali za cilj polaganje Turing-ovog testa. Kao bitne prekretnice vezane za Turing-ov test, smatraju se: ELIZA koja je napravljena od strane Joseph Weizenbaum-a 1966. godine i kreiranje PARRY-ja, koji je prvi put opisan 1972. godine od strane Kenneth Colby-ja.

ELIZA je kompjuterski program i može se smatrati ranim primjerom primitivnog (po današnjim standardima) procesiranja jezika. Jedan od najpopularnijih modova u kojem je ELIZA mogla funkcionisati, je bio DOCTOR – simulacija psihijatra. U ovom modu, ELIZA je funkcionisala proučavanjem šta su ključne riječi u korisnikovom unosu. Ukoliko se ključna riječ pronađe, korišćena je da bi se preformulisao korisnikov unos i od njega napravio odgovor ili pitanje koje se postavlja korisniku. Ukoliko se ne bi našla ključna riječ, ELIZA je davala generisani odgovor, ili bi ponavljala ranije korišćene komentare [6], [7]. ELIZA je bila zasnovana na jednostavnoj tehnici poklapanja šablona, ali je mogla uvjeriti pojedine osobe da razgovaraju sa pravom osobom – psihoterapeutom. Šta više, pojedine ispitanike je bilo veoma teško ubijediti da ELIZA nije čovjek. Za ELIZU se tvrdi od strane određenog broja naučnika da je jedan od prvih programa (možda čak i prvi) sposobnih da polože Turing-ov test. Jedna od trenutno dostupnih verzija ELIZE, prilagođena WEB-u, se može naći na http://www-ai.ijs.si/eliza-cgi-bin/eliza_script.

Nije slučajan izbor moda psihijatar za ELIZU. Naime, psihoterapija je jedna od rijetkih situacija u realnom životu kada čovjek može odgovoriti na tuđu tvrdnju pitanjem iz kojeg je jasno da ne posjeduje previše znanja o temi o kojoj se razgovara. Na primjer, na pitanje „Ko je vaš omiljeni kompozitor”, kada je u pitanju psihoterapeut, prihvatljivim se smatra odgovor „Šta je sa vašim omiljenim kompozitorom” ili „Da li vas stvarno to interesuje”.

Colby-jev PARRY je takođe kompjuterski program, kojim se pokušava modelirati ponašanje paranoidnih šizofrenika, korišćenjem pristupa sličnog onom koji je korišćen u ELIZI. Da bi potvrdio svoj rad, Colby je koristio modifikaciju Turing-ovog testa. Grupa iskusnih psihoterapeuta je analizirala kombinovano stvarne

pacijente i simulaciju pacijenata dobijenu PARRY-jem, korišćenjem teletajp mašine. Psihoterapeuti su bili sposobni da izvrše ispravnu identifikaciju u 48% slučajeva. Zanimljivo je da bi procenat ispravne identifikacije korišćenjem slučajnog pogađanja bio 50%.

Postoji veliki broj sličnih programa koji su kasnije razvijeni, a inspirisani su ELIZOM. Neki od njih su A.L.I.C.E. (Artificial Linguistic Internet Computer Entity) i Mgonz, popularni programi za četovanje sa virtuelnim sagovornikom.

Još uvijek ne postoji program koji može prevariti istreniranog ispitivača u više od 30% slučajeva. Danas se malo truda ulaže od strane istraživača u oblasti VI za polaganje Turing-ovog testa. Za istraživače VI su mnogo bitniji principi na kojima je on zasnovan, nego pravljenje duplikata. Kao lijep primjer se navodi da aeronautički inženjeri, u želji da realizuju vještački let, ne definišu za svoj cilj pravljenje mašine koja bi letjela poput goluba, tako da može da prevari čak i druge golubove. Umjesto toga, oni proučavaju aerodinamiku [5].

1.2.2 Rasuđivati humano: pristup kognitivnog modela

Da bi se tvrdilo da li program razmišlja kao čovjek, potrebno je na neki način utvrditi kako ljudi razmišljaju. Postoje dva načina da se ovo utvrdi: pokušavajući da pratimo tok sopstvenih misli u toku procesa razmišljanja, i korišćenjem psiholoških eksperimenata. U trenutku kada se dobije dovoljno precizna teorija funkcionisanja ljudskog uma, moguće je dobijena znanja predstaviti u vidu softvera. Može se reći da neki mehanizmi programa razmišljaju humano ukoliko se ulaz/izlaz i vrijeme za koje se dobijaju poklapaju sa odgovarajućim ljudskim ponašanjem. Za određen broj istraživača u oblasti nije bilo dovoljno da projektovani sistem riješi zadati problem, oni su bili više zaokupljeni poređenjem koraka razmišljanja sistema sa koracima rezonovanja koje bi imao čovjek kada bi rješavao isti problem. Kao rezultat ovih napora nastala je kognitivna nauka, koja predstavlja multidisciplinarnu nauku i povezuje oblast VI i eksperimentalne tehnike iz psihologije kako bi se razvile i testirale precizne teorije funkcionisanja ljudskog uma. Kognitivna nauka se smatra zasebnom naukom, ali se veoma često znanja iz nje koriste u oblasti VI, i obratno. Ovo posebno dolazi do izražaja u oblastima koje su vezane za računarski vid i obradu prirodnog jezika.

1.2.3 Rasuđivati racionalno: pristup „pravilo razmišljanja“

Grčki filozof Aristotel je među prvima pokušao da sistematizuje „pravilno razmišljanje“ koje je neosporno proces rasuđivanja. On je pokušavao da nađe šablon čije praćenje bi obezbjeđivalo uvijek tačan zaključak kada se zaključivanje vrši na osnovu postavki za koje se zna da su istinite. Pravila razmišljanja bi zapravo trebala da regulišu funkcionisanje ljudskog uma.

Logičari su u IX vijeku uspjeli da razviju preciznu notaciju za tvrdnje o svim vrstama stvari u svijetu i o relacijama među njima. Prije toga su postajale samo precizne aritmetičke notacije kojima je bilo moguće predstaviti jednakost ili nejednakost, uglavnom među brojevima. Do 1965. godine su razvijeni programi za koje se smatralo da mogu riješiti bilo koji problem koji je riješiv, ukoliko je predstavljen korišćenjem logičke notacije.

Postoje dvije glavne prepreke ovakvom pristupu. Prva leži u činjenici da nije lako predstaviti neformalno znanje formalnim terminima koji se zahtijevaju u logičkoj notaciji. Ovo naročito dolazi do izražaja kada je u pitanju znanje koje nije u

potpunosti pouzdano. Druga prepreka je činjenica da nije isto biti sposoban riješiti problem u principu, i učiniti to u praksi. Čak i problemi sa relativno malim brojem činjenica mogu u potpunosti iscrpiti resurse bilo kojeg računara, ukoliko ne postoji neka orijentacija u pogledu toga koji korak rasuđivanja prvi izvršiti.

1.2.4 Djelovati racionalno: pristup racionalnog agenta

Termin agent potiče od grčke riječi *agere* što znači uraditi. Računarski agenti nijesu prosti programi. Od njih se očekuje sposobnost autonomnog-samostalnog funkcionisanja, spoznavanja okoline, postojanosti tokom dužeg vremenskog perioda, prilagođavanja promjenama. Naime, racionalni agent je entitet koji postiže nabolji rezultat, odnosno najbolji očekivani rezultat, kada postoji nesigurnost u postavkama.

Da bi neki entitet bio racionalni agent, nije dovoljno da ispravno razmišlja. To je samo jedan od preduslova. Naime, jedan od načina da se djeluje racionalno je logičko zaključivanje da će neka akcija u postojećim uslovima dovesti do najboljeg rješenja, a nakon toga djelovati. Međutim, logičko zaključivanje ne pokriva kompletno pojam racionalnosti djelovanja. Česte su situacije u kojima se ne može zaključiti šta je ispravno uraditi, a mora se djelovati na neki način. Takođe, postoji veliki broj refleksnih radnji koje nisu zasnovane na zaključivanju i često su uspješnije od akcija koje bi se preduzele nakon dugog i pažljivog prosuđivanja.

Da bi se moglo djelovati racionalno, neophodne su sve vještine koje zahtijeva Turing-ov test. Neophodna je sposobnost predstavljanja znanja i rezonovanja na osnovu znanja kako bi se došlo do dobrih odluka u raznovrsnim situacijama. Neophodna je sposobnost generisanja opsežnih rečenica koje obezbjeđuju „prolaz“ u kompleksnim društvima. Neophodna je sposobnost učenja, jer se dobijanjem jasne predstave kako svijet funkcioniše olakšava stvaranje efikasnih strategija za funkcionisanje u njemu. Potrebna je vizuelna percepcija kako bi se stekla bolja ideja o tome koju je akciju u datim okolnostima najbolje sprovesti.

Proučavanje VI kao dizajniranja racionalnih agenata je često korišćen pristup [5]. Ovaj pristup je podložniji naučnom razvoju od pristupa zasnovanih na humanom djelovanju ili humanom rasuđivanju, jer su standardi razumnog jasno definisani i u potpunosti opšti. Ljudsko ponašanje je s druge strane dobro prilagođeno određenom životnom okruženju, i djelimično je proizvod komplikovanih i velikim djelom nepoznatih evolutivnih procesa koji su još uvijek daleko od toga da rezultuju u savršenstvu.

Glavni nedostatak ovom pristupu VI jeste limit sistema u kojima se razvija racionalni agent i koji onemogućava postizanje perfektne racionalnosti. S toga se kao cilj može postaviti projektovanje najboljeg racionalnog agenta za date računarske resurse.

1.3 Karakteristike vještačke inteligencije

Karakteristike VI, koje bi računar morao da ima pa da, barem rudimentarno, bude inteligentan, su¹ [3]:

- prijem podataka,
- čuvanje podataka,

¹ Dio teksta o karakteristikama vještačke inteligencije je preuzet iz [3]

- brzina obrade podataka,
- efikasnost računarskih programa,
- promjenljivost računarskih programa,
- mogućnost učenja,
- ekstrapolacija i rješavanje netrivialnih zadataka.

Prijem podataka

Prijem podataka je prva karakteristika u ovom navođenju. Razvoj VI je uslovljen i čovjekovom težnjom da uspostavi maksimalno moguću i lagodnu komunikaciju sa mašinom. Idealno bi bilo da se računaru kaže glasom šta se želi i da on dalje posao obavlja sam. Nažalost, danas se u najvećem broju slučajeva mora na vrlo dugotrajan i mukotrpan način, preko tastature, reći kako se nešto radi, pa tek onda tražiti rezultate.

Čuvanje podataka

Skladištenje podataka je jedna od karakteristika VI, jer prijem podataka iz spoljašnjeg svijeta i njihova obrada nemaju nikakvog smisla ako se ne mogu memorisati. Iz tog razloga računar mora imati odgovarajući veliki prostor za njihovo skladištenje. Prije skladištenja podataka neophodna je odgovarajuća obrada, filtriranje i analiza, jer podatak se ne može uzimati „sirov“.

Brzina obrade podataka

Brzina obrade podataka je karakteristika VI, bez obzira da li se radi o samom skladištenju, klasifikaciji, sortiranju ili nekoj drugoj operaciji nad podacima. Pri tome treba reći da računar mora imati odgovarajuću arhitekturu.

Efikasnost računarskih programa

Pod programom se podrazumijeva niz upravljačkih naredbi potrebnih za rad sistema, pri čemu se misli na kodirane algoritme obrade podataka. Efikasnost računarskih programa podrazumijeva optimalno rješenje postavljenog problema, odnosno najbrži i najpouzdaniji način sa najmanjim utroškom prostora u memoriji računara.

Promjenljivost računarskih programa

Promjenljivost računarskih programa je neophodna, jer se programi moraju oblikovati prema zahtjevima sredine. Da bi program mogao izdržati visoke zahtjeve koje pretpostavljena inteligencija ima, on mora posjedovati minimalno dva svojstva:

- samoispravljanje grešaka,
- mogućnost promjene vlastite strukture.

Mogućnost učenja

Mogućnost učenja je veoma bitna karakteristika računara. Današnji računari rade tačno ono što je programom predviđeno. Bez obzira na spoljašnju manifestaciju, rad računara se svodi, uglavnom, na korišćenje memorije i dovoljno mnogo pitanja - skretnica tipa "AKO ... → TADA". Odstupanje od programiranog ponašanja znači grešku ili sistema ili programa. Međutim, ako se računaru omogući da uči, u bilo

kojem obliku, tada se mogu očekivati optimalni programi, primjereni datom problemu.

Ekstrapolacija i rješavanje netrivialnih zadataka

Ekstrapolacija i rješavanje netrivialnih zadataka je danas u samom središtu svih istraživanja. Za ova istraživanja su angažovana ogromna materijalna sredstva i na njima rade vrhunski specijalistički timovi. Cilj je dobijanje inteligentnog računara, koji bi obrađivao probleme samostalno, metodom ekstrapolacije i time stvorio sve pretpostavke za rješavanje netrivialnih zadataka.

1.4 Istorijat vještačke inteligencije

Grčki filosof Aristotel (384-322 p.n.e.) je prvi pokušao da formuliše skup preciznih pravila koja bi dovela do korektnog razmišljanja i koja bi u principu omogućavala mehaničko donošenje zaključaka na osnovu početnih postavki. Mnogo kasnije, Ramon Lull (umro 1315.) je došao na ideju da bi mehanička tvorevina mogla vršiti korisno razmišljanje. Thomas Hobbes (1588-1679) je tvrdio da je razmišljanje kao matematička operacija u kojoj se dodaju i oduzimaju misli. U to vrijeme se bilo na pragu otkrića automatskog računanja. Leonardo da Vinci (1452-1519) je oko 1500. godine dizajnirao, ali ne i sagradio, mehanički kalkulator za koji su skorašnje rekonstrukcije pokazale da bi bio funkcionalan. Prva mašina za računanje, za koju se zna, je konstruisana oko 1623. godine od strane njemačkog naučnika Wilhelm Schickard-a (1592-1635), iako je Pascalino, sagrađen 1642. godine od strane Blaise Pascal (1623-1662), mnogo poznatiji. Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716) je sagradio mehanički uređaj predviđen za vršenje operacija na konceptima, a ne nad brojevima, ali je opseg njegovog djelovanja bio veoma ograničen [5]. Leonard Ojler (1707-1783) uvodi teoriju grafova, koja predstavlja jedno od osnovnih oruđa u vještačkoj inteligenciji [3].

Postoji veliki broj ranih radova koji se mogu karakterisati kao VI. Ipak, Alan Turing je prvi jasno izložio kompletnu viziju VI 1950. godine u svom radu "Computing Machinery and Intelligence." Ovdje je uveo Turing-ov test, mašinsko učenje, genetičke algoritme, itd.

Pojam VI se prvi put čuo u ljeto 1956. godine, za vrijeme dvomjesečnog workshop-a koji je održan u Dartmouth-u. Na ovom workshop-u je bilo deset učesnika, među kojima Trenchard More sa Princeton-a, Arthur Samuel iz IBM-a, i Ray Solomonoff, Oliver Selfridge sa MIT-a, Allen Newell i Herbert Simon sa Carnegie Tech (sadašnji Carnegie Mellon univerzitet).

Dartmouth workshop nije rezultovao u nekim novim otkrićima i prodorima, ali je bio značajan jer je povezao najznačajnije figure iz oblasti. U narednih 20 godina naučnici koji su prisustvovali workshop-u i njihovi studenti i kolege dominirali su oblašću VI. Najdugotrajnija stvar sa workshop-a je naziv VI za koji se zaslužnim smatra McCarthy. Ovaj naziv je danas opšteprihvaćen, iako je kasnije bilo i drugih prijedloga.

Rane godine VI se karakterišu brojnim uspjesima u ograničenom smislu. Pojavili su se računari sa primitivnim programerskim alatima, a činjenica da je samo par godina ranije bilo nezamislivo da računar učini išta više od prostih matematičkih operacija, dovela je do oduševljena kada god bi računar učinio bilo što blisko onom

što se smatralo inteligentnim. McCarthy je ovaj period nazvao „Look, Ma, no hand“ erom [5].

Newel i Simon su u ovo vrijeme razvili General Problem Solver (GPS). Iako je njegova primjena bila ograničena, ispostavilo se da je redosljed kojim program posmatra pojedine podciljeve i moguće akcije sličan redosljedu kojim bi čovjek pristupio istom problemu. Stoga se GPS smatra prvim programom koji je otjelotvorio pristup humanog rasuđivanja. Istovremeno su istraživači iz IBM-a razvili neke od prvih programa VI, među kojima je možda najpoznatiji dokazivač geometrijskih teorema (engl. Geometry Theorem Prover), koji je mogao dokazati teoreme koje su za mnoge studente predstavljale izazov. Takođe je napravljen niz programa za igru dame, koji su na kraju osposobljeni da igraju ovu igru na nivou dobrog amatera. Na ovaj način je pobijeno dotadašnje opšteprihvaćeno shvatanje da računar može da radi samo ono što mu je zadato. Program za igru dame je naučio veoma brzo da igra ovu igru bolje od svog kreatora. U istraživačkom centru MIT-a, McCarthy je definisao jezik visokog nivoa LISP (LISt Processing language), koji je kasnije postao dominantni jezik za programiranje VI. LISP je drugi najstariji jezik koji se danas koristi. Kreiranjem LISP-a, dobijen je alat za pravljenje sistema VI, ali je u to vrijeme problem predstavljao mali računarski kapacitet.

Zanimljivo je pomenuti da je prvi programer bila Ada Lovelace (1815-1852), kćerka poznatog pjesnika Lorda Byrona-a. Programski jezik Ada je nazvan po njoj. Napisala je prvi algoritam iskodiran tako da bude mašinski procesiran, želeći da napravi tzv. analitički aparat. Ovaj aparat nikada nije napravljen, ali su njene zabilješke bile veoma značajne za ranu istoriju računarstva. Takođe je smatrala da mašine mogu igrati šah ili komponovati muziku.

Prvim program iz oblasti VI je napisao McCarthy 1958. godine. On ga je zvao sakupljačem savjeta (engl. Advice taker). Kao ostali dotadašnji programi, advice taker je bio dizajniran tako da pretražuje znanja koja posjeduje da bi došao do rješenja zadatog problema. Ono po čemu se razlikovao od dotadašnjih programa VI jeste posjedovanje mogućnosti da otjelotvori generalna znanja o svijetu. Bio je sposoban da korišćenjem jednostavnih aksioma generiše plan vožnje do aerodroma kako bi se stiglo na zadati let. Takođe je mogao prihvatati nove aksiome za vrijeme rada i na taj način se osposobljavao za nove oblasti bez ikakvog reprogramiranja. Advice Taker je dakle sadržao u sebi centralne principe predstavljanja znanja i rasuđivanja: korisno je imati formalnu i eksplicitnu reprezentaciju svijeta i načina na koji agentove akcije utiču na svijet, kao i moći manipulirati ovim reprezentacijama u procesu zaključivanja dedukcijom.

Iako se početak razvoja VI karakteriše brzim uspjehom, prije svega u oblasti igara, dokazivanja teorema i uobičajenog rezonovanja, očekivani brz progres prema praktičnoj mašinskoj inteligenciji nije uslijedio (1966-73). Prva prepreka ka daljem uspjehu je bila činjenica da su dotadašnji programi posjedovali veoma malo znanja, ili čak nijesu posjedovali znanja o materiji kojom se bave. Uspjeh su postizali zahvaljujući prostim sintaksnim manipulacijama. Ovaj nedostatak je naročito dolazio do izražaja u tadašnjim pokušajima mašinskog prevođenja jednog prirodnog jezika na drugi [5] (ruskog na engleski). Pokazalo se da je za prevođenje potrebno posjedovati znanje o materiji koja se prevodi, kako bi se riješile dvoznačnosti riječi na koje se nailazi i utvrdio i sačuvao sadržaj i smisao rečenice. Druga prepreka razvoju VI je bila nemogućnost kontrole problema koji su se pokušavali riješiti. Većina ranih programa VI rješavala je probleme isprobavajući razne kombinacije mogućih koraka, dok se ne

bi našlo rješenje. Ovo je moglo funkcionisati kod problema za čije rješenje je korišćeno malo objekata i postojalo malo mogućih akcija, a sekvence koraka za dobijanje rješenja bile kratke. Razvijanjem teorije računске složenosti, pokazalo se da za rješavanje složenijih problema kombinacijom mogućih koraka, neće biti dovoljni brži hardver i veća memorija. Ovakav način rješavanja problema naziva se slabim metodama.

Navedene prepreke su dovele do smanjenog interesovanja za istraživanjima u oblasti VI, i gotovo prestanka finansiranja ove oblasti.

Kao alternativa slabim metodama, razvijaju se programi koji koriste moćnija znanja iz usko specifičnih domena što omogućava racionalnije određivanje koraka koji dovode do rješenja tipičnih problema koji nastaju u uskoj oblasti ekspertize. Program DENDRAL je rani primjer ovog novog pristupa. Razvijen je na Stanford-u. Napravljen je za određivanje molekularne strukture na osnovu informacija koje se dobijaju iz spektograma mase i znanja iz hemije. Novim metodama se u generalni sistem rezonovanja uvodi znanje o određenoj specifičnoj oblasti što predstavlja **ekspertne sisteme**. DENDRAL se može smatrati prvim uspješnim ekspertnim sistemom. Bitan je jer se u njemu prvi put rješenje dobijalo zaključivanjem na osnovu velikog broja pravila specifičnih za oblast ekspertize. Ovdje je izvršeno jasno odvajanje znanja (u obliku pravila) i djela za zaključivanje [5]. Sljedeća primjena ekspertnih sistema je bila u oblasti medicine. Na Stanford-u je razvijen MYCIN koji je korišćen za dijagnozu infekcija krvi. Za razliku od pravila koja su bila ugrađena u DENDRAL, nijesu postojala nikakva opšta teorijska pravila koja bi MYCIN koristio za zaključivanje. Pravila koja su u njega ugrađena su dobijena opsežnim intervjuisanjem eksperata, koji su sa druge strane svoja znanja dobijali iz udžbenika, saradnjom sa drugim ekspertima, kao i sopstvenim iskustvom u konkretnim slučajevima. Pored toga, MYCIN pravila su morala reflektovati nesigurnost koja je povezana sa medicinskim znanjem. Stoga MYCIN u sebi sadrži i mehanizme za računanje nepouzdanosti, koja se naziva faktor vjerovatnoće i za koji se smatralo (u to vrijeme) da odgovara načinu na koji ljekari određuju uticaj pouzdanosti na dijagnozu. Sa oko 450 pravila, MYCIN je bio sposoban da postavlja dijagnoze poput vodećih eksperata, a znatno bolje nego ljekari stažisti.

Kao posljedica povećanja broja primjena ekspertnih sistema na probleme iz realnog života, pojavio se zahtjev za funkcionalnim šemama za predstavljanje znanja. Veliki broj programa za predstavljanje i obradu znanja i zaključivanje je razvijen u to vrijeme. Neki od njih su bili zasnovani na logici, kao na primjer Prolog (jezik koji je u to vrijeme bio popularan u Evropi, a i danas se koristi), i PLANNER koji je bio opšteprihvaćen u SAD-u.

Prvi komercijalni ekspertni sistem, R1, korišćen je u korporaciji za digitalnu opremu za pomoć prilikom konfigurisanja narudžbina za nove računarske sisteme (1982.). Procjenjuje se da je do 1986. godine, njegovim korišćenjem kompanija ušteđivala oko 40 miliona dolara godišnje. Do 1988. godine, preko 40 ekspertnih sistema je razvijeno u ovoj korporaciji, a gotovo svaka velika korporacija u SAD-u ima svoju grupu istraživača VI i koristi ili istražuje ekspertne sisteme. U to vrijeme Japan najavljuje projekte pete generacije, odnosno desetogodišnji plan da se razvije inteligentni računar koji bi radio pod Prologom.

Počevši od devedesetih godina prošlog vijeka pa do danas, postigao se veliki progres u oblasti VI. Pokazalo se da automatsko rezonovanje ne bi trebalo biti izolovano od formalnih metoda i statističke analize. Naime, da bi se neka hipoteza

prihvatila i ugradila u ekspertni sistem, potrebno je da bude podvrgnuta detaljnim empirijskim eksperimentima, a rezultati analizirani kako bi se odredio njihov statistički značaj. Značaj primjene statističke analize dolazi do izražaja u oblasti prepoznavanja govora, gdje danas gotovo preovladava upotreba Markovljevih skrivenih modela (engl. hidden Markov models). Markovljevi skriveni modeli su zasnovani na strogoj matematičkoj teoriji. Osim toga, Markovljevi modeli se generišu kroz proces obučavanja na velikom skupu realnih govornih podataka. Tehnologija govora i bliske oblasti, kao što je prepoznavanje rukom pisanih karaktera se danas naširoko koristi, kako u industriji, tako i od strane individualnih korisnika. Došlo se do velikog napretka kada je u pitanju korišćenje neuronskih mreža, i do razvoja velikog broja komercijalnih aplikacija iz oblasti data mining-a i adaptivne kontrole koje su upravo na njima zasnovane. U isto vrijeme je razvijen i formalizam Bayes-ovih mreža, kako bi se omogućila efikasna reprezentacija i rigorozno rasuđivanje sa neizvjesnim znanjem. Ovakav pristup danas dominira istraživanjima neizvjesnog znanja i ekspertnih sistema. On omogućava učenje iz iskustva i kombinuje najbolje iz oblasti VI i neuronskih mreža. Operativni sistem windowsTM sadrži nekoliko normativnih ekspertnih sistema za rješavanje problema, a koji su zasnovani na principu racionalnog djelovanja na osnovu zakona iz teorije odlučivanja, bez pokušaja da se imitiraju koraci koje bi čovjek sprovodio. Metodi iz biologije, kao što su genetički algoritmi, sa alternativnim logičkim sistemima, kao što je fuzzy logika, su počeli da se koriste.

U ovom periodu je slična revolucija postignuta i u robotici, računarskom vidu, i predstavljanju znanja.

Razvoj Interneta i distribuiranih sistema je doveo do ideje agenata, koji se kreću kroz mrežu, komuniciraju sa drugim agentima i izvršavaju određene zadatke za korisnika. Razvijaju se inteligentni agenti koji koriste poslednje tehnike VI da bi izvršavali autonomne, inteligentne i mobilne zadatke.

1.5 Vještačka inteligencija danas

Na pitanje šta sve VI može učiniti danas teško je dati koncizan odgovor, jer postoje brojne aktivnosti u velikom broju oblasti i podpolja VI. U nastavku je navedeno nekoliko zanimljivih aplikacija.

Autonomno planiranje i pravljenje rasporeda: NASA koristi program daljinskog agenta (engl. remote agent) stotinu miliona milja daleko od Zemlje. Ovaj agent je prvi on-board autonomni program za planiranje koji kontroliše raspored operacija za svemirsku letilicu.

Igranje igara: IBM-ov Deep Blue je prvi računarski program koji je pobijedio svjetskog šampiona (Garry Kasparov-a) u šahu 1997. godine. Rezultat je bio 3.5:2.5. Interesantan je podatak da je nakon meča vrijednost IBM-ovih dionica na berzi porasla za 18 biliona dolara.

Autonomna kontrola: NAVLAB-ov sistem za računarski vid ALVINN je istreniran da usmjerava i računa najbolju putanju za minivan, na osnovu slike puta koja mu je prosljeđena sa video kamere i ranijeg iskustva. Korišćenjem ovog sistema za navigaciju, minivan je prešao 2850 milja duž SAD-a, pri čemu se potreba za ljudskom intervencijom pojavila na svega 2% puta, i to uglavnom na izlaznim rampama.

Dijagnosticiranje – Medicinske dijagnoze zasnovane na probabilističkoj analizu su na nivou eksperata u nekoliko oblasti medicine. Ilustrativan je događaj kada su vodeći stručnjaci patologije limfnih čvorova osporili dijagnozu programa u jednom veoma teškom slučaju. Kreatori programa su ekspertima dali objašnjenje dijagnoze koje je obezbijedio program. Sistem je naglasio najznačajnije faktore koji su uticali na njegovu dijagnozu i objasnio suptilnu interakciju nekoliko simptoma u posmatranom slučaju. Na kraju su eksperti morali da se slože sa dijagnozom programa.

Logističko planiranje – Za vrijeme persijske golfske krize 1991. godine, snage SAD-a su uposile program DART za automatsko logističko planiranje i određivanje rasporeda transportovanja. Transport je istovremeno uključivao 50000 vozila, teret i ljude. Morala se uzeti u obzir startna pozicija i odredišna tačka, udaljenost, rute i riješiti mnogobrojne konfliktne situacije. VI tehnike planiranja su obezbijedile raspored za nekoliko sati (korišćenjem dotadašnjih metoda, bilo bi potrebno nekoliko nedjelja za isti posao). Smatra se da je samo ova aplikacija otplatila sva tridesetogodišnja ulaganja vojske SAD-a u VI [5].

Robotika – Mnogi hirurzi koriste pomoć robota u mikrohirurgiji. Danas postoje sistemi koji koriste tehnike računarskog vida kako bi kreirali trodimenzione modele unutrašnje anatomije pacijenta.

Razumijevanje jezika i rješavanje problema – PROVERB je program koji rješava ukrštenice bolje od većine ljudi. PROVERB koristi podatak o broju slova željene riječi, veliku bazu prethodnih ukrštenica, i raznovrsne izvore informacija, uključujući rječnike, online baze podataka, kao što su liste filmova i glumaca koji se pojavljuju u njima, itd.

Ovdje je pobrojano samo nekoliko zanimljivih primjera sistema VI koji postoje danas. Iako su navedeni primjeri doskora djelovali kao naučna fantastika, oni su ipak nauka, inženjerstvo i matematika.

Minimum zahtijevanog znanja sa prvog termina

1. Definirati svojim riječima pojam inteligencije, vještačke inteligencije i racionalnog agenta.
2. Koja se dva pravca mogu uočiti u načinu definisanja pojma VI? Na koji način se oni dalje dijele?
3. Na čemu je baziran razvoj VI kada je u pitanju praćenje pristupa zasnovanog na poređenju sa ljudskim performansama, a na čemu kada je u pitanju praćenje pristupa zasnovanog na poređenju sa racionalnošću?
4. Koje karakteristike je neophodno da posjeduje neki produkt VI da bi mogao da položi Turing-ov test? Obrazložiti. Zašto su ove karakteristike bitne?
5. Za koji kompjuterski program se smatra da je prvi uspio proći Turingov test i na kojem principu je funkcionisao? Navesti još neki od programa koji su uspjeli položiti Turing-ov test.
6. Zašto je pravac VI zasnovan na racionalnom djelovanju naišao na veći uspjeh od pravca zasnovanog na poređenju sa ljudskim djelovanjem i načinom razmišljanja čovjeka?
7. Koje su karakteristike VI, koje bi računar morao da posjeduje pa da bude inteligentan?
8. Ko je prvi uveo pojam „pravilnog razmišljanja“ i šta se željelo njime postići?
9. Da li je dovoljno pravilno razmišljanje da bi se racionalno djelovalo? Obrazložiti.
10. Kakva se veza može uspostaviti između pravca zasnovanog na racionalnom djelovanju (pristup racionalnog agenta) i pravca zasnovanog na humanom djelovanju (pristup Turingovog testa)?
11. U kojim oblastima su se postigli uspjesi u ranim godinama razvoja VI (period neposredno nakon workshop-a u Dartmouth-u)?
12. Šta je bio problem koji je doveo do gotovo prestanka finansiranja istraživanja vezanih za VI i na koji način je prevaziđen?
13. Koji program se smatra prvim uspješnim ekspertnim sistemom i zašto je bitan?
14. Šta je karakteristično za MYCIN kada je u pitanju znanje koje je ugrađeno u njega?

LITERATURA

- [1] Neisser, U.; Boodoo, G.; Bouchard Jr, T.J.; Boykin, A.W.; Brody, N.; Ceci, S.J.; Halpern, D.F.; Loehlin, J.C.; Perloff, R.; Sternberg, R.J.; Others: "Intelligence: Knowns and Unknowns", *Annual Progress in Child Psychiatry and Child Development*, 1997.
- [2] Gottfredson, L.S.: "Foreword to "intelligence and social policy"", *Intelligence* 24 (1): 1–12.
- [3] Poliščuk, E.J.: *Ekspertni sistemi*, Informatička literatura JEP (vlastito izdanje), Podgorica, 2004.
- [4] Evans, C., Gollancz, V., *The Mighty Micro*, London, 1979.
- [5] Russell S., Norvig P.: *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, Prentice Hall, NJ, 1995.
- [6] http://en.wikipedia.org/wiki/Turing_test, zadnji put pristupano, 03. 02. 2010. godine.
- [7] <http://en.wikipedia.org/wiki/ELIZA>, zadnji put pristupano, 04. 02. 2010. godine.