

Dedukcija i kondicionali: eksperiment s mentalnom kronometrijom

Pavle Valerjev

Odjel za psihologiju, Sveučilište u Zadru

Sažetak

Dominantna teorija u istraživanjima ljudskoga deduktivnog mišljenja je teorija mentalnih modela (Johnson-Laird i Byrne, 1991). Pored nje postoje još dvije klase teorija koje nastoje objasniti ljudsku dedukciju: teorije formalnih pravila i teorije pravila specifičnog sadržaja. Ovo je istraživanje je pošlo od nekih osnovnih postavki teorije mentalnih modela, prvenstveno onih po kojima je, načelno, izvođenje zaključaka onoliko teško kolikim je brojem modela opterećen kognitivni sustav. Nastojala se odrediti funkcija efikasnosti rješavanja u odnosu na zadatke s različitim brojem mentalnih modela. Pored toga cilj je bio i provjera opravdanosti upotrebe vremena odgovora kao zavisne varijable pored uobičajenih proporcija ispravnih odgovora.

Provedeno je istraživanje u kojem su korišteni kondicionalni zadaci s brojem potrebnih modela koji je varirao od 1 do 5. Ti su zadaci uključivali sve vrste kondicionalnih zaključaka (Modus ponens, Modus tollens), pa i one nevaljane kod klasičnih kondicionala (negacija antecedensa, afirmacija konsekvensa), različite tipove kondicionala (obični kondicional i bikondicional) te različitih sadržaja (konkretni i apstraktni). Zadatak ispitanika bio je što točnije i brže izvesti zaključak iz zadanih premisa, a pritom se mjerila točnost i vrijeme odgovora.

Rezultati višestruko potvrđuju postavke teorije mentalnih modela. Kao prvo, usporedba jednostavnih Modus ponens i Modus tollens zaključaka pokazuje očekivano padanje uspješnosti za Modus tollens za obje zavisne varijable. Drugo, potvrđena i jaka pristranost rješavača da doživljavaju klasični kondicional kao bikondicional. Nadalje, rješavači su uspješniji u rješavanju zadataka s konkretnim materijalom od onih s apstraktnim. Isto tako, potvrđen je i zanimljiv efekt usmjerenosti kondicionala koji utječe na slabiju uspješnost ukoliko zaključivanje treba poći u smjeru obrnutom od temeljne kondicionalne tvrdnje. Konačno, opadanje uspješnosti izvođenja zaključaka u funkciji potrebnih mentalnih modela pokazuje značajan, gotovo linearan odnos za obje zavisne varijable – proporcije točnih odgovora i vremena odgovora uvelike ovise o broju potrebnih mentalnih modela za izvršenje zadatka. Svi dobiveni rezultati su visoko konzistentni s implikacijama teorije mentalnih modela.

Ključne riječi: rasuđivanje, dedukcija, kondicionali, mentalni modeli, mentalna kronometrija, funkcija uspješnosti zaključivanja

✉ Pavle Valerjev, Odjel za psihologiju, Sveučilište u Zadru, Krešimirova obala 2, 23000 Zadar, E-mail: valerjev@unizd.hr

UVOD

Dedukcija i kondicionali

Izučavanje kondicionalnog zaključivanja jedan je od glavnih zadataka psihologije deduktivnog rasuđivanja. Kondicionali su složeni sudovi koji se sastoje od dva elementarna suda koje povezuje ili veznik implikacije (\Rightarrow i taj je 'pravi', klasični kondicional) ili veznik ekvivalencije (\Leftrightarrow i taj se još u psihologijskoj literaturi naziva i bikondicionalom). Takav sud ima formu Ako p, onda q i u njemu se p naziva antecedent (uvjet), a q se naziva konsekvens. Zaključak je u dedukciji složena misao koja se sastoji od dva ili više sudova od kojih jedan nužno slijedi iz jednog ili više drugih. Zaključak može biti valjan i nevaljan. Zaključak je valjan ako i samo ako iz istinitih premisa uvijek dobivamo istinitu konkluziju. Kondicionalni zaključak se sastoji od barem jedne kondicionalne premise, dok druga može biti kategorička. Dva najpoznatija kondicionalna zaključka kojima se bavi i istraživanje u ovom radu jesu Modus ponens i Modus tollens. Prema logičkoj tablici istinitosti kondicional je uvijek istinit, osim kada je antecedent istinit i konsekvens lažan.

U Modus ponensu se drugom premisom potvrđuje antecedent, a u Modus tollensu negira konsekvens i to su jedine mogućnosti iz kojih se može izvesti valjan zaključak. No, za svaki kondicionalni silogizam gdje se kao prvi sud iznosi kondicional forme

Ako P, onda Q

moguća su četiri oblika drugog suda silogizma. Prikaz svih kombinatorički izvedenih slučajeva dan je u Tablici 1.

Tablica 1. Prikaz mogućih kondicionalnih silogizama

Prvi sud silogizma: Ako P, onda Q		
Drugi sud silogizma	Naziv zaključka	Valjanost
P jest	Afirmacija antecedenta – Modus ponens	Valjan
P nije	Negacija antecedenta	Nije valjan
Q jest	Afirmacija konsekvensa	Nije valjan
Q nije	Negacija konsekvensa – Modus tollens	Valjan

Kako se vidi, postoje dva valjana (iz kojih slijedi valjan zaključak) i dva nevaljana (iz kojih nije moguć zaključak) kondicionalna silogizma. Ostale dvije mogućnosti, pored Modusa ponens i Modusa tollens, jesu afirmacija konsekvensa i negacija antecedenta, i takvi silogizmi ne vode nikakvom zaključku kod kondicionala. Ipak, omogućuju valjan zaključak kod bikondicionala (ekvivalencije). Ova činjenica bit će važan fenomen pri ispitivanju ljudskog zaključivanja s kondicionalima u ovom radu. Primjeri valjanosti u slučaju bikondicionala su prikazani u Tablici 2.

Tablica 2. Afirmacija konsekvensa i negacija antecedenta kod kondicionalnog i bikondicionalnog zaključka.

	Afirmacija konsekvensa		Negacija antecedenta	
	Kondicional	Bikondicional	Kondicional	Bikondicional
Premise	Ako p, onda q. Q jest.	Samo ako p, onda q. Q jest.	Ako p, onda q. Nije p.	Samo ako p, onda q. Nije p.
Konkluzija	??? (nema zaključka)	P jest.	??? (nema zaključka)	Nije q.

Teorije deduktivnog rasuđivanja

Teorije deduktivnog rasuđivanja postoje na različitim razinama. Tako Johnson-Laird i Byrne (1991) prave razliku između teorija na kompjutacijskoj razini i teorija na algoritamskoj razini.

Teorije na kompjutacijskoj razini određuju što se obrađuje i koja ograničenja i pravila su uključena u proces. U logici sudova bilo koji konačni skup premisa može dati beskonačan broj valjanih konkluzija od kojih je većina banalna. Očito je da razuman čovjek neće izvoditi takve zaključke, premda su oni logički ispravni. Dakle, moraju postojati nekakva izvan-logička pravila koja sudjeluju u ljudskom zaključivanju. Johnson-Laird i Byrne (1991) navode tri takva pravila u tzv. teoriji deduktivne sposobnosti:

- a) semantička informacija iz premisa se ne odbacuje
- b) konkluzije moraju biti štedljivije (sažetije i jednostavnije) od premisa
- c) konkluzija bi trebala, ako je moguće, iznijeti nešto novo, tj. nešto što nije eksplicitno sadržano u premisama.

Autori navode i da kada se logički naivni ispitanici susretnu s premisama koje mogu dati samo takvu konkluziju koja ne udovoljava gore navedenim pravilima, oni obično izjavljuju da na slijedi nikakva konkluzija.

Teorije na algoritamskoj razini detaljnije objašnjavaju kako se kompjutacija izvodi i one bi trebale biti dovoljno precizne da se mogu simulirati pomoću računalnog programa. Postoje tri glavne klase teorija koje objašnjavaju proces dedukcije:

- a) teorije formalnih pravila zaključivanja (nazivaju se još i teorijama formalnih shema te pristupima prirodne dedukcije)
- b) teorije pravila specifičnog sadržaja zaključivanja
- c) teorija mentalnih modela.

Ova podjela je široko prisutna u literaturi (vidjeti Braine i O'Brien, 1991; Evans, 1989; Falmagne i Gonsalves, 1995; Gilhooly, 1996; Holyoak i Spellman, 1993; Johnson-Laird i Byrne, 1991; Rips, 1994).

Teorije formalnih pravila zaključivanja (pristupi prirodne dedukcije)

Ove teorije rasuđivanja se temelje na pretpostavci da postoji mentalna logika koja sadrži formalna logička pravila zaključivanja. Jean Piaget je bio prvi psiholog koje je istaknuo ulogu logike. Međutim razrađenije teorije formalnih logičkih pravila nastale su tijekom 70-ih i 80-ih godina 20. stoljeća. Braine i sur. (1984) predložili su teoriju (također opisana i u Braine i O'Brien, 1991) po kojoj ljudi imaju skup elementarnih shema zaključivanja koje omogućuju direktne zaključke kada se susretnu uvjeti sheme. Tako je npr. jedna od formalnih shema, 'disjunktivni silogizam' može biti reprezentiran kao:

p ili q; ne-p

Dakle, q.

Tako, ako su zadane neke dvije tvrdnje koje su reprezentirane s p i q, i ako je istina da je p ili q (ili oboje) i ne-p, onda slijedi da i q mora biti istina. Autori navode da ukupno postoji 13 formalnih pravila poput onog gore navedenog. Teorija objašnjava i tri glavna uzroka pogrešaka u rasuđivanju:

- a) pogreške u razumijevanju se javljaju kada ispitanik interpretira premise na način koji nije bio namjera eksperimentatora
- b) pogreške heurističke neadekvatnosti nastaju kada ispitanikov program rasuđivanja ne može pronaći ispravan pravac rasuđivanja
- c) pogreške procesiranja.

Neki problemi zahtijevaju direktne metode kod kojih rad unaprijed vodi rješenju u nekoliko koraka, a drugi indirektno metode. Direktne metode mogu zakazati zbog pogrešaka procesiranja kao što su pogreške pažnje i opterećenje memorije. Eksperimenti kojima su Braine i njegovi suradnici (1984) validirali ovu teoriju pokazali su da doživljena težina zadataka, latencija odgovora i proporcija točnih odgovora ovise o broju formalnih shema koje se trebaju upotrijebiti da bi se izvela valjana konkluzija. Zadaci u kojima je zahtijevan po jedna od 13 formalnih shema procijenjeni su podjednakim ocjenama doživljene težine zadataka.

Rips (1983) je razvio teoriju koja se naziva pristup prirodne dedukcije. On također smatra da ljudsko deduktivno rasuđivanje uključuje primjenu mentalnih pravila zaključivanja. On je razvio model nazvan ANDS (A Natural Deduction System) koji se može izvoditi na računalu. Objašnjenja ove teorije dana su i na drugim mjestima (Rips, 1994; Rips, 1995). ANDS postulira 11 pravila zaključivanja (od kojih su 9 istovjetna s onima od Brainea) koja korespondiraju sa standardnim logičkim pravilima. Ova teorija kao i Braineova predviđa rad unaprijed, s formalnim

pravilima u cilju dolaženja do rješenja. Ali teorija predviđa i rad unazad - od cilja (tj. konkluzije) do podciljeva. U tom se smislu ova teorija razlikuje od Braineove. Važnu ulogu u ANDS modelu igra radna memorija u kojoj su sadržana stabla tvrdnji i stabla podciljeva. Akumuliranje informacija u radnoj memoriji ovisi o poretku u kojem se pravila primjenjuju. Pravila su poredana tako da se prvo razmatraju najjednostavnija pravila s kojima se radi unaprijed, a zatim složenija pravila s kojima se radi unatrag. Rad unaprijed stvara sekvencu pravila kojima se dolazi do rješenja. Rad unatrag pomaže da se pretraživanje zadrži na relevantnim ciljevima. Eksperimentalne su provjere teorije pokazale dobro poklapanje očekivanih i dobivenih proporcija točnih odgovora za većinu zadataka s valjanom konkluzijom (Rips, 1983).

Najveći nedostatak teorija formalnih pravila je da ne objašnjavaju utjecaj sadržaja deduktivnog problema na ljudsko rasuđivanje. Pristalice ovakvih teorija smatraju da sadržaj utječe jedino za vrijeme interpretacije premisa, ali ne i poslije.

Teorije pravila specifičnog sadržaja

Pravila specifičnog sadržaja zaključivanja potaknute su radom istraživača iz područja umjetne inteligencije. Razvojem programa sposobnih da dokazuju teoreme, rješavaju probleme te ekspertnih sustava, razvijeni su i načini rasuđivanja koji su često nastojali oponašati ljudsku izvedbu. Ovim teorijama je u principu zajednička postavka da kada se neka aktivnost ili pravilnost dovoljno često ponavljaju i doživljavaju, onda one počinju funkcionirati kao pravilo rasuđivanja specifičnog sadržaja. U ovaj se pristup uklapaju i arhitekture kao što je GPS (General Problem Solver) – Newell i Simon su 60-ih godina razvili arhitekturu pomoću koje su razvili i teoriju ljudskog rješavanja problema (Newell i Simon, 1972) koje se temelji na strategiji analize sredstva i ciljeva. Drugi je primjer Andersonova (1983) ACT* arhitektura koja koristi sadržajno-specifična kondicionalna pravila pomoću kojih se reprezentira opće znanje.

Cheng i Holyoak su 1985. razvili teoriju Pragmatične sheme rasuđivanja. Po toj teoriji ljudi rasuđuju koristeći strukture znanja (sheme) koje su organizirane pragmatično. Te sheme su sačinjene od pravila koja su vezana uz određene korisne situacije i ona ne moraju biti istovjetna s pravilima formalne logike. Ta pravila sadržana u shemama su nastala iskustvom i tiču se situacija uzroka, obveze i dopuštenja pa omogućuju rasuđivanje u takvim situacijama.

Sve se ove teorije uspješno nose s utjecajem sadržaja zadataka na rasuđivanje, ali ne uspijevaju dobro objasniti kako ljudi mogu izvoditi valjane zaključke koji ne ovise o specifičnom iskustvu.

Teorija mentalnih modela

Ovu su teoriju deduktivnoga rasuđivanja razvili Johnson-Laird i Byrne (1991). Starija verzija teorije razvijena je u 80-ima (Johnson-Laird, 1983) i već tada veća tada je ponudila teoretske osnove za razumijevanje diskursa i zaključivanja. Čini se da je ovo najrazrađenija teorija ljudskog rasuđivanja jer ona jedina od navedenih nudi i objašnjenja rasuđivanja sa kvantifikatorima (područje logike predikata) i metadedukcije (Johnson-Laird i Byrne, 1991) pored objašnjenja rasuđivanja sa sudovima (područje logike sudova). Također, u novije vrijeme teorija objašnjava rasuđivanje s logičkim zadacima koji sadrže aspekte modalne logike poput nužnosti i mogućnosti (Evans i sur., 1999), rasuđivanje s vjerojatnostima (npr. Johnson-Laird i sur., 1999;), analogno i induktivno rasuđivanje (npr. Halford i McCredden, 1998; Hedden i Zhang, 2002), uzročno rasuđivanje (Quinn i Markovits, 2002), meta-rasuđivanje (Schroyens i sur., 1999), i tako dalje. S obzirom na zanimanje ovoga rada i ograničenje prostora na ovom je mjestu prikazan dio teorije koji se odnosi na rasuđivanje sa sudovima, i to prvenstveno kondicionalnim.

Mentalni su modeli reprezentacije stanja slučajeva zadanih premisama. Na drugom mjestu, Johnson-Laird (1993) daje i nešto općenitiju definiciju navodeći da je mentalni model reprezentacija znanja čija struktura korespondira sa strukturom situacije koju reprezentiraju i kao takvi oni mogu sadržavati percipirane ili zamišljene slike ili elemente koji se tiču apstraktnih izraza. Oni sadrže one kombinacije slučajeva u kojima su moguće valjane konkluzije. Modeli po tome odgovaraju reprezentaciji onih stanja elementarnih sudova iz formalne tablice istinitosti u kojima su složeni sudovi koje čine (pomoću logičkih veznika) istiniti. Proces nastajanja modela izgleda ovako:

- 1) razumijevanje premisa – premisa koja je zadana potiče konstrukciju skupa modela koji ju reprezentira; kako se premise dodaju, skup modela se modificira
- 2) opis – iz konačnog skupa modela izvodi se “pretpostavljena” konkluzija stvaranjem sažetog opisa skupa modela.
- 3) validacija – traže se alternativni modeli, tzv. protuprimjeri u kojima je “pretpostavljena” konkluzija neistinita, ako takvih nema, onda je konkluzija valjana; ako ima, onda se proces rasuđivanja vraća na drugi korak i ponovno pokušava otkriti takva konkluzija u kojoj su svi do tada konstruirani modeli istiniti.

Inicijalne reprezentacije sadrže implicitne modele, a “ispunjene” (fleshed out) reprezentacije eksplisitne. Tako npr. kondicionalni sud “Ako p, onda q” stvara sljedeću implicitnu reprezentaciju:

[p] q
...

Prvi je red ove reprezentacije model i on se može interpretirati kao “postoje p i q, i p je povezan s q”. Uglate zagrade u kojima se nalazi p označavaju da je p “iscrpljen” (exhausted) u odnosu na q. Drugim riječima, to znači da će bilo koje pojavljivanje p biti povezano s pojavom q. Tri točkice u drugom redu označavaju da postoje i drugi modeli koji su implicitni. Da bi postali eksplicitni (kao prvi model), moraju biti “ispunjeni”. Ispunjena, eksplicitna reprezentacija kondicionala “Ako p, onda q” je sljedeća:

[p] [q]
 [¬p] [q]
 [¬p] [¬q]

gdje ‘¬’ označava negaciju. Prema teoriji, modeli nastaju u radnoj memoriji. Priroda ljudskog zaključivanja je takva da će uvijek biti konstruiran minimalan broj modela potrebnih da se izvede zaključak. Greške u zaključivanju nastaju kada nisu konstruirani i ‘iscrpljeni’ svi modeli koji su potrebni za izvođenje valjanog zaključka. To se događa kada kapacitet radne memorije nije dovoljan da obuhvati sve modele ili kada ispitanik previdi neke od modela pri konstruiranju “iscrpljujuće” reprezentacije. Prema teoriji, zaključak je tim teži za ispitanika (i proporcija točnih odgovora je manja) što je više modela nužno konstruirati za valjan zaključak.

Ova teorija postulira da se manipulacija modelima odvija u radnoj memoriji i pri tome se oslanja na Baddeleyev (1986) model radne memorije (prema Johnson-Laird i Byrne, 1991). S tim u vezi zanimljivo je istraživanje Tomsve i sur. (1993) koji su metodologijom dvostrukih zadataka ispitali uspješnost u kondicionalnom rasuđivanju. Dobili su da opterećenja vidno-spacijalne ploče i artikulacijske petlje za ponavljanje ne interferiraju s izvedbom u rasuđivanju dok je dodatno opterećenje memorije interferiralo. Iz toga su zaključili da je medij u kome se barata reprezentacijama pri rasuđivanju najvjerojatnije središnja izvršna jedinica iz Baddeleyeva modela.

Dedukcija s kondicionalnim sudovima

Kako je navedeno u prethodnoj cjelini, teorija mentalnih modela predviđa da će uspješnost izvođenja zaključaka prvenstveno ovisiti o broju modela koje ispitanik treba konstruirati. To je ujedno i glavna implikacija ove teorije. U eksperimentu će ta implikacija teorije mentalnih modela bit provjerena na dva načina

- a) razlike u uspješnosti izvođenja Modusa ponens i Modusa tollens
- b) promjene u uspješnosti izvođenja zaključaka kojima se sustavno povećava broj modela nužnih za valjan zaključak.

Pri reprezentaciji kondicionalnog suda nastaje inicijalni model

[p] q

i ako je drugi sud "P jest" (situacija Modusa ponens), može se na temelju toga jednog modela izvesti zaključak "Q jest" jer kako je već rečeno model označava da pojavljivanje p nužno znači i pojavljivanje q. Ako je drugi sud "Nije q", imamo Modus tollens situaciju. Kako se vidi, ispitanik na temelju gore prikazanog modela i ovoga suda ne može izvesti nikakav zaključak i stoga mora konstruirati daljnje modele, odnosno mora "ispuniti" svoju reprezentaciju i tada nastaju sljedeća dva modela:

[¬p] [q]
[¬p] [¬q].

Za izvođenje Modus ponens zaključka dovoljan je svega jedan mentalni model, dok je za izvođenje Modus tollens zaključka potrebno tri mentalna modela (ili najmanje dva - ako ispitanici doživljavaju kondicional kao bikondicional, tada konstruiraju dva eksplicitna modela: prvi i treći od gore prikazanih). U svakom slučaju to znači da bi izvođenje Modus tollens zaključaka trebalo biti teže i manje uspješno nego izvođenje Modus ponens zaključaka. Takvi su rezultati dobiveni u više studija (vidjeti Byrne, 1989; Evans i sur., 1995; Johnson-Laird i sur., 1992; Klauer i Oberauer, 1995; Stevenson i Over, 1995; Toms i sur., 1993). U svim tim radovima dobiveni se rezultati kreću od oko 95% naviše točnih odgovora za Modus ponens zaključak te između 65% i 92% točnih odgovora za Modus tollens zaključak. Varijacije proizlaze iz eksperimentalnog nacrtu i načina odgovaranja na zadatak, te kod Modusa tollens ovise i o tome doživljavaju li ispitanici kondicional kao 'pravi' kondicional ($p \Rightarrow q$; "Ako p, onda q") ili kao bikondicional ($p \Leftrightarrow q$; "Samo ako p, onda q"). Općenitije rečeno, opadanje uspješnosti je u funkciji povećanja broja modela zato što postoje veći zahtjevi za radnu memoriju.

Sve opisane teorije danas su aktualne i međusobno suprotstavljene. Ipak, sve one u svojoj osnovi objašnjavaju procese izvođenja zaključaka i zbog čega su ljudi 'nelogični' u izvođenju zaključaka (tj. zašto nastaju pogreške u zaključivanju). Ovaj eksperiment trebao bi biti doprinos evaluaciji teorije mentalnih modela. U više je istraživanja u kojima su korišteni logički zadaci različitih oblika potvrđeno da se teže izvode zaključci koji zahtijevaju nastajanje većeg broja mentalnih modela. To su pokazali Johnson-Laird i sur. (1992). Dobili su da su općenito lakši za izvođenje Modus ponens zadaci od Modus tollens zadataka, zatim da su disjunktivni zadaci prilično teški jer zahtijevaju velik broj modela, te da su "uključujuće" disjunkcije (običan ili) teže od "isključujućih" disjunkcija (ili - ili).

Ipak, nije nađeno niti jedno istraživanje koje pokazuje opadanje u uspješnosti zaključivanja u funkciji sustavnog povećanja broja mentalnih modela za određeni tip zadataka. Stoga je namjera utvrditi postojanje tog fenomena koristeći takve

Modus ponens i Modus tollens zaključke čije izvođenje zahtijeva sustavno povećanje broja konstruiranih mentalnih modela.

Osim toga, u većini nađenih istraživanja koriste se samo proporcije točnih odgovora kao mjera uspješnosti izvođenja zaključaka uz tek rjeđe studije koje koriste i vrijeme odgovora (npr. Marcus i Rips (1979), Barrouillet i sur., 2000). Glavni razlog tome možda leži u činjenici da je ta mjera dovoljno pouzdan indikator te da omogućuje relativno jednostavnu izvedbu eksperimenta. Ipak, vrijeme odgovora bi mogla biti zavisna varijabla koja možda i bolje ukazuje na razlike u vrsti kognitivnih procesa koji se odvijaju. Specifičnije, u ovom tipu istraživanja vrijeme odgovora je pogodna zavisna varijabla jer teorija mentalnih modela predviđa promjene u brzini odgovora ovisno o kognitivnom opterećenju mentalnim modelima. Zbog toga je cilj eksperimenta donekle i metodološki. Korištenjem i ove mjere (vremena reakcije) želi se utvrditi korisnost njene primjene i slaganje s frekvencijama točnih odgovora.

U skladu s postavljenim ciljevima treba ispitati na koji način promjena u broju potrebnih mentalnih modela utječe na uspješnost izvođenja zaključaka, to se može izvesti usporedbom uspješnosti izvođenja valjanih zaključaka Modus ponens i Modus tollens, te ispitivanjem promjene u uspješnosti izvođenja zaključaka u funkciji povećanja minimalnog broja mentalnih modela nužnih za valjanu konkluziju. Osim toga, htjelo se ispitati još neke fenomene vezane uz dedukciju s kondicionalima, a to je sklonost rješavača za doživljavanjem kondicionala kao bikondicionala i utvrđivanje razlika u rješavanju zadataka s konkretnim i apstraktnim materijalom. U skladu s teorijom mentalnih modela očekuje se bolja izvedba ispitanika kod izvođenja Modus ponens nego Modus tollens zaključka. Isto tako očekuje se vidljiv pad u uspješnosti s povećanjem broja modela koji se trebaju konstruirati za izvođenje zaključaka.

METODA

Ispitanici

Ispitanici su bila 82 studenta psihologije s Odsjeka za psihologiju Filozofskog fakulteta u Zagrebu, oba spola (Nmuški = 9; Nženski = 73), raspona starosti između 18 i 28 godina (C=19 godina). Ispitanici su se dragovoljno javili za sudjelovanje u eksperimentu.

Pribor i materijali

Podražajni materijal sačinjavalo je ukupno 34 kondicionalnih silogizama i polilogizama (pogledati tablicu u Dodatku). Među njima je korišteno 14 zadataka koji sadrže Modus ponens zaključak, 14 zadataka koji sadrže Modus tollens zaključak, dva bikondicionalna Modus tollens zadatka, 2 zadatka s afirmacijom

konsekvensa te dva s negacijom antecedenta. Također je korišten i jedan disjunktivni zaključak. Zbog ograničenog prostora korišteni zadaci nisu uvršteni u ovaj rad, no zainteresirani čitatelji mogu kontaktirati autora radi uvida u zadatke. Zadaci su izrađeni tako da sadrže svakodnevne rečenice koje su svima bliske, ali koje ne slijede nužno jedna iz druge da bi se izbjeglo doživljavanje obaveznog slijedenja određene vrste odgovora. Pri izrađivanju zadataka i određivanju odgovarajućeg broja modela korišteni su i primjeri nađeni u nekim radovima (Johnson-Laird i sur., 1992; Stevenson i Over, 1995). Primjer korištenog Modus tollens zadatka je

Ako je Marija u Zagrebu, onda je Iva u Rijeci.

Iva nije u Rijeci.

Zadaci su bili prezentirani pomoću računala, a na njih se odgovaralo verbalno i pritiskom na tipkovnicu. Stoga je za potrebe ovog eksperimenta razvijen odgovarajući program u programskom jeziku PASCAL. U eksperimentu je korištena obična računalna tipkovnica. Premda to nije najprecizniji uređaj, u preispitivanju je utvrđeno kako je preciznost mjerenja vremena reakcije veća od jedne stotinke sekunde što je za potrebe ovog eksperimenta bilo više nego zadovoljavajuće.

Postupak

Ispitivanje je provedeno individualno, u zvučno izoliranoj prostoriji. Rješavačima je dana uputa u kojoj se tražilo izvođenje zaključka iz dviju ili više zadanih premisa. Pri tome su rješavači upozoreni da se rečenice ne pojavljuju odjednom već riječ po riječ, prilikom pritiska na tipku. Pri tome su zamoljeni da čitaju riječi na glas. Nakon ispisa zadnje riječi zadnje premise ispisala bi se i riječ "DAKLE?" koja predstavlja signal da je potrebno izvesti zaključak. Tada ispitanik izgovara zaključak na glas i istovremeno stišće tipku na tipkovnici.

Nakon toga je uslijedila vježba od 10 zadataka, a zatim se pristupilo eksperimentalnom mjerenju. Način ispisivanja zadataka na monitoru računala je prikazan na Slici 1.

Slika 1. Prikaz ispisa zadatka na monitoru za jednostavni Modus ponens zadatak

Ako	Ako P,	Ako P, onda
Pritisak tipke	Pritisak tipke	Pritisak tipke
Ako P, onda Q.	Ako P, onda Q. P DAKLE???	Ako P, onda
Pritisak tipke	Pritisak tipke Početak mjerenja vremena	Verbalni odgovor Pritisak tipke Prekid mjerenja vremena

Redosljed je zadataka za svakog rješavača određen po slučaju. U svakom je zadatku rješavač čitao riječ po riječ koja se pojavljivala na monitoru tempom koji je određivao sam ispitanik pritiskanjem tipke, a vrijeme odgovora se automatski mjerilo od zadnje pročitane riječi pa do donošenja konkluzije. Na taj je način izbjegnuto utjecaj dvaju faktora koji bi mogli uvesti pogrešku u zavisnu varijablu (RT) – različite brzine čitanja ispitanika i različite dužine zadataka. Verbalni odgovori rješavača su zapisivani u odgovarajući protokol. Naknadnom analizom odgovora, svakom je od njih dodijeljena vrijednost 1 (točno) ili 0 (netočno). Proporcija točnih odgovora predstavlja drugu zavisnu varijablu u eksperimentu.

REZULTATI I RASPRAVA

Prvo je testirano postojanje eventualnih značajnih razlika u vremenima odgovora (RT) između točnih i netočnih odgovora t-testom za nezavisne uzorke za svaki od 35 zadataka. Budući da nije dobivena niti jedna značajna razlika (svi $p > 0,05$), u daljnjoj su obradi korištena sva izmjerena vremena reakcije u svim zadacima. To znatno pojednostavljuje obradu vremena odgovora jer proporcija točnih odgovora znatno varira među zadacima, ovisno o broju modela, kako će biti vidljivo kasnije. Naime, ovo istraživanje, za razliku od dosadašnjih, uzima relativno širok raspon (2-5) minimalnog broja mentalnih modela koje je potrebno reprezentirati za ispravno rješenje. Obrada se suočava s velikom količinom nedostajućih podataka u slučaju izbacivanja vremena reakcija netočnih odgovora. S druge strane, kao što će biti prikazano, podaci pokazuju prilično usporedan trend porasta vremena s težinom zadatka, neovisno o točnosti odgovora.

Razlike između Modusa ponensa i Modusa tollensa

Pod vidom zadanih problema, prvo je testirana razlika u uspješnosti izvođenja jednostavnog Modus ponensa i jednostavnog Modus tollensa. Čak 98% ispitanika dalo je točan odgovor u Modus ponens zadacima, a 91% ispitanika u Modus tollens zadacima (to je ukupan prosjek za po šest zadataka svakog tipa korištena u eksperimentu). Ta je razlika statistički značajna (Wilcoxonov $T(81) = 47$; $p < 0,001$). Prosječno vrijeme izvođenja Modus ponens zaključaka bilo je 2,00 s, a Modus tollens zaključaka 2,74 s i ta je razlika također statistički značajna ($t(77) = -5,13$; $p < 0,001$).

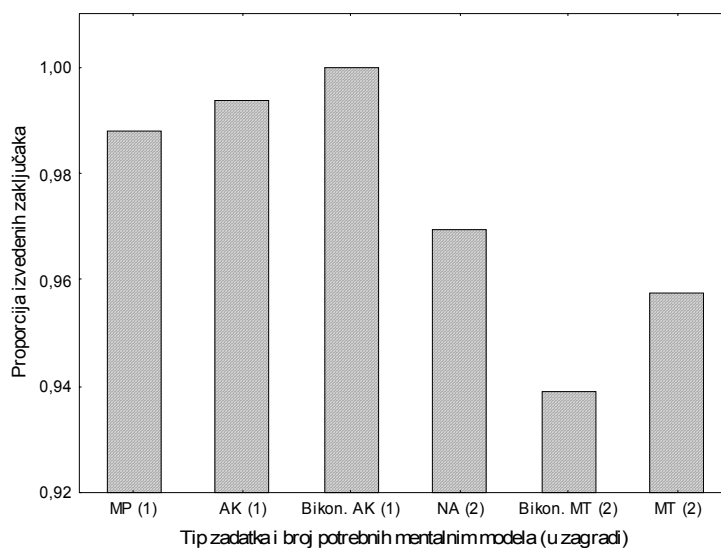
Rezultati proporcija točnih odgovora potpuno su u skladu s očekivanjem prema ranije dobivenim rezultatima (Johnson-Laird i Byrne, 1991), navedenim već u uvodu opisa ovoga eksperimenta. Tome u prilog idu i rezultati Evansa i njegovih kolega (1995). U ovom su istraživanju rješavači ostvarili nešto višu proporciju u valjanoj izvedbi Modus tollens zaključaka od one koja je nađena u klasičnim istraživanjima, no i tamo ta uspješnost varira ovisno o specifičnostima eksperimentalne situacije. U ovom je istraživanju na rezultat najvjerojatnije utjecala činjenica da su rješavači u pravilu doživljavali kondicional kao bikondicional (to će u nastavku teksta biti pokazano) te im je za izvođenje Modus tollens zaključaka bilo potrebno konstruirati dva, a ne tri mentalna modela, koliko zahtijeva ispunjena reprezentacija kondicionalnog suda (Johnson-Laird i Byrne, 1991).

Kondicional kao bikondicional

U cilju ispitivanja hipoteze da rješavači imaju sklonost doživljavanja kondicionala kao bikondicionala, uspoređeni su rezultati dobiveni rješavanjem "običnog" Modus tollensa i bikondicionalnog Modus tollensa koji je imao oblik "Samo ako p, onda q" i koji je sigurno dvomodelni zaključak. Bikondicional su ispitanici izvodili točno u 94% slučajeva i prosječno vrijeme latencije odgovora bilo je 2,21 s.

Testiranje razlika između kondicionala i bikondicionala nije pokazalo statistički značajnu razliku kod frekvencije točnih odgovora (Wilcoxonov $T(81) = 140$; $Z = 1,9$; $p > 0,05$) niti kod vremena odgovora ($t(77) = 1,86$; $p > 0,05$) pa tako možemo zaključiti da je većina ispitanika doživjela kondicional kao bikondicional te na taj način pristupila izvođenju zaključaka.

Slika 2. Usporedba proporcija pokušaja izvođenja zaključaka kod afirmacije konsekvensna i negacije antecedensa s proporcijama ispravno izvedenih Modus ponens i Modus tollens zaključaka



Legenda:

MP - modus ponens; NA - negacija antecedenta;

AK - afirmacija konsekvensna, MT - modus tollens

Tome u prilog ide i vrlo visoka frekvencija izvedenih afirmacija konsekvensna zaključaka (99%) i negacija antecedenta zaključaka (97%) kao što se vidi na Slici 2. Naime, ti zaključci u slučaju običnog kondicionala nisu valjani, a u slučaju bikondicionala jesu (vidjeti Tablicu 2). Evans i sur. (1996) utvrdili su da ljudi nejednoznačno reprezentiraju kondicionale te da postoji sklonost ispitanika da kondicionale forme "Ako p, onda q" doživljavaju kao bikondicionale. Također su naveli da teorija mentalnih modela ne objašnjava dovoljno precizno ovaj fenomen. Thompson i Mann (1995) našli su da su ispitanici skloniji doživljavati kondicional kao bikondicional u situacijama kada kondicional izražava odnos nužnosti i vremenski odnos između p i q. U skladu s dobivenim rezultatima, svi Modus tollens zaključci su u nastavku rada, gdje je bitan funkcionalni odnos broja modela i efikasnosti izvođenja zaključka, razmatrani kao dvomodelni zadaci.

Na Slici 2 vidljive su proporcije točnih odgovora za zaključke s niskim brojem modela. Svi ti zaključci pokazuju visoku razinu točnosti koja varira od 90-100%. Tu su uključeni i pokušaji ispravnih odgovora za negaciju konsekvensna i afirmaciju antecedenta. Za ta dva suda je bitna proporcija pokušaja izvođenja zaključaka, a ne valjano izvedenih zaključaka budući da te dvije forme ne vode nikakvom valjanom zaključku.

Razlika u proporciji odgovara broju potrebnih modela za izvođenje zaključka. Visoka proporcija odgovora za afirmaciju konsekvensna i negaciju antecedensa

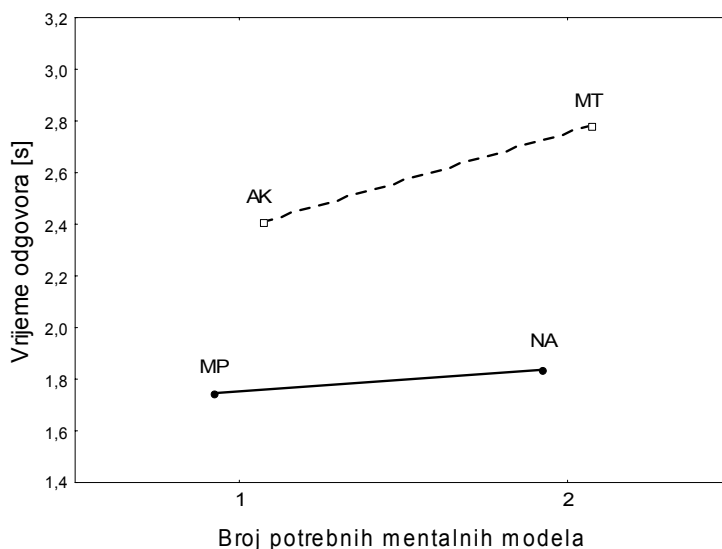
jasno pokazuje kako rješavači doživljavaju kondicional kao bikondicional. Sa Slike 2 je vidljivo kako zadaci koji zahtijevaju jedan model (MP, AK i bikondicionalna AK) za izvođenje zaključaka postižu značajno veću proporciju točnih odgovora od onih koji trebaju dva modela (NA, bikondicionalni MT i MT) ($F(1,81) = 8,33$; $p < 0,01$). S druge strane, razlike u proporciji izvedenih zaključaka među zadacima koju zahtijevaju isti broj modela nisu značajne, ($p > 0,05$). Ovim se proširuju implikacije teorije mentalnih modela koje su opisane kod dobivenih razlika u efikasnosti koje se odnose na Modus ponens i Modus tollens zadatke. Jasno se ističu razlike u efikasnosti izvođenja zaključaka kod jednomodelnih i dvomodelnih zaključaka. Ovdje treba još jednom napomenuti kako se klasični Modus tollens, prema gore dobivenim rezultatima doživljava kao bikondicionalni, dakle dvomodelni, Modus tollens i kao takav je uzet u obzir u ovoj kao i svim sljedećim analizama.

Detaljnija analiza afirmacije konsekvensa i negacije antecedenta: efekt usmjerenosti kondicionala na vrijeme odgovora

Ako se ponovno pogleda Tablica 1, vidljivo je kako postoje 4 tipa zaključka kod kondicionalnog silogizma. Od toga su dva nevaljana u smislu da iz njih ne slijedi nikakva konkluzija kod klasičnog kondicionala, no zaključak je izvediv ako je prvi sud silogizma bikondicional. Već je gore prikazano kako rješavači "izvode" ili barem misle da izvode zaključak za afirmaciju konsekvensa i negaciju antecedensa u vrlo visokoj proporciji slučajeva (preko 90%), i pri tome postoje razlike u efikasnosti tipične za jednomodelni i dvomodelni zaključak. To je jasan dokaz kako rješavači imaju jaku pristranost doživljavanja i korištenja kondicionala kao bikondicionala.

U daljnjoj su analizi stavljeni u odnos ova četiri tipa zaključka (MP, AK, NA, MT) za obje mjere efikasnosti – proporcija izvedenih odgovora (uočiti kako ovdje ne možemo govoriti o proporciji točnih odgovora) i vrijeme odgovora. S jedne strane, rezultati analize proporcija odgovora načelno ne pokazuju ništa više od onog što je već vidljivo sa Slike 2. Jedini značajni efekt pada efikasnosti odgovora je onaj koji se može pripisati broju modela ($F(1,81) = 5,68$; $p < 0,05$). S druge strane, rezultati analize vremena odgovora otkrivaju jedan iznenađujući dodatni efekt (oni su prikazan na Slici 3).

Slika 3. Vremena odgovora za četiri osnovna tipa kondicionalna silogizma prikazana obzirom na broj potrebnih mentalnih modela kao i dio kondicionala na koji se referira drugi sud silogizma (antecedens ili konsekvens)



Legenda:

—●— Referira na antecedent -□- Referira na konsekvens;

MP - modus ponens; NA - negacija antecedenta;
AK - afirmacija konsekvensa; MT - modus tollens

Odmah je vidljivo kako na rezultate utječu 2 faktora. Prvi je već očekivani efekt broja modela ($F(1,81) = 6,5$; $p < 0,05$) koji značajno produžuje vremena odgovora dvomodelnih zaključaka (NA i MT), u odnosu na jednomodelne (MP i AK). Drugi je manje očekivani "efekt usmjerenosti kondicionala". Naime, kako je već prikazano u Tablici 1, moguće je referiranje druge premise na antecedens ili konsekvens prve premise, bilo da ih afirmira ili negira. Ako se druga premise odnosi na konsekvens, zaključivanje dobiva suprotan smjer od smjera kondicionala, što prema Evansu otežava konstrukciju modela. Efekt usmjerenosti jasno vidljiv na Slici 3 prikazao se vrlo značajnim ($F(1,81) = 52,86$; $p < 0,001$) na način da referiranje na antecedent znatno ubrzava izvođenje zaključka u odnosu na referiranje na konsekvens. Drugim riječima, ako se druga premise referira na konsekvens, potrebno je znatno duže vrijeme za izvođenje zaključka. Ta se vremenska razlika kreće u rasponu od 0,65 s do otprilike jedne sekunde. Interakcija efekata broja modela i referiranja na određeni dio kondicionala nije statistički značajna.

Kako je vidljivo, ovaj efekt dolazi do izražaja na opaženim vremenima odgovora. Barrouillet i njegovi suradnici (2000) su također mjerili vremena odgovora za ova 4 tipa kondicionala silogizma u ukupno tri eksperimenta na

odraslima i djeci. U svojem radu dobili su isti efekt koji nazivaju efekt usmjerenosti kondicionala, a to je da na vrijeme odgovora ne utječe samo broj konstruiranih modela, već i smjer korištenja modela, i tako njihovi rezultati isto pokazuju sporije odgovore za afirmaciju konsekvensa i Modus tollens, koji prema njihovu tumačenju imaju suprotan smjer. Ovaj se efekt objašnjava time da su kondicionali po svojoj prirodi usmjereni i orijentirani od antecedensa prema konsekvensu. Stoga su MP i NA (slučaj kad je druga premisa P ili ne-P) brže izvodivi od AK i MT (druga premisa je Q ili ne-Q). Interesantno je da je efekt dovoljno jak da uzrokuje brže izvođenje NA od AK, iako je za izvođenje prvog potrebno dva modela, a drugog zaključka svega jedan.

Objašnjenje efekta usmjerenosti kondicionala i referiranja druge premise mogao bi se jednostavno pripisati efektima pamćenja niza gdje se prvi dio niza (antecedent) bolje pamti od središnjih dijelova (konsekvens). No, bolje objašnjenje proizlazi iz dijela teorije mentalnih modela koji se tiče nastanka mentalnih modela. Kako je već opisano u uvodnom dijelu ovog rada, neposredno pri prezentaciji kondicionala, rješavač konstruira tzv. inicijalni model koji ima formu

[p] q

...

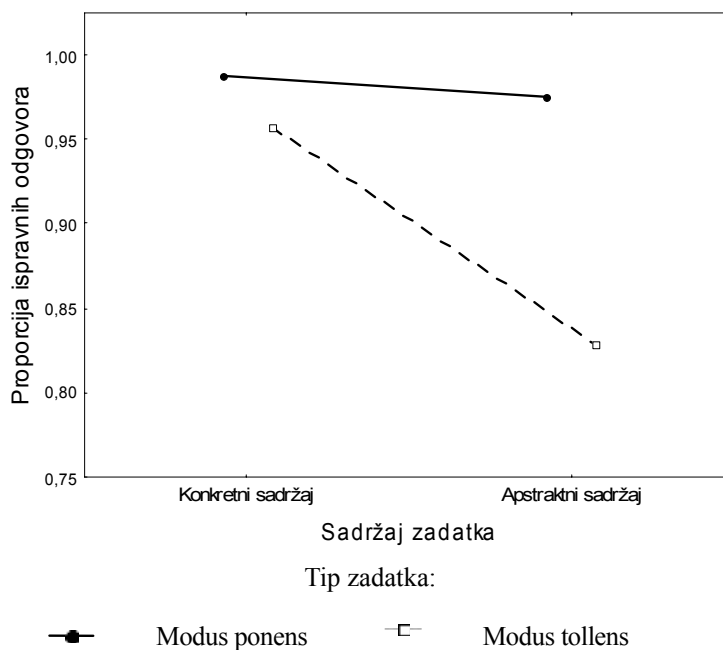
To je model koji stavlja u odnos antecedent p i konsekvens q. Tri točkice u drugom redu označuju da mentalna reprezentacija još nije ispunjena te da su mogući i daljnji modeli. Sam model sadrži uglate zagrade oko antecedenta, što znači da je svatko pojavljivanje p praćeno s pojavom q. Time je doseg antecedensa jasno definiran, dok isto ne vrijedi za konsekvens. Samim time, referiranje na antecedent u drugoj premisi omogućuje brz odgovor koji je već unutar dosega inicijalnog modela. Isto ne vrijedi za referiranje na konsekvens, makar zaključak bio i jednomodelan (AK). Doseg konsekvensa nije toliko jasno određen i referiranje na konsekvens stoga može rezultirati kratkom, ali značajnom odgodom u odgovoru, kao što pokazuju dobiveni rezultati. Ovi podaci su dobar prilog mehanizmima teorije mentalnih modela opisanih od Johnson-Lairda i Byrneove (1991).

Efekti konkretnog i apstraktnog sadržaja na efikasnost izvođenja zaključaka

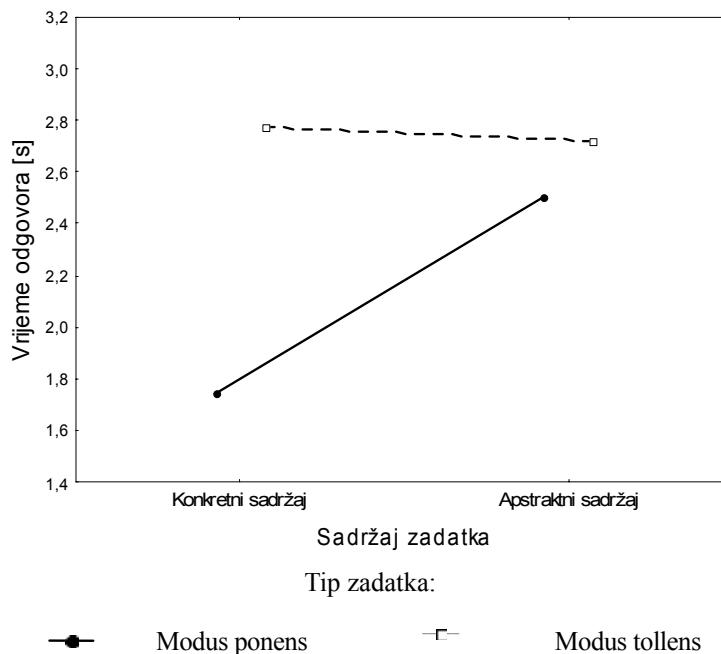
Griggs i Cox (1982) su primjenom paradigme Wasonova izbornog zadatka pokazali kako je efikasnost kondicionalnog rasuđivanja znatno bolja i kako je Modus tollens razumljiviji kod zadataka s konkretnim sadržajem iz svakodnevnih situacija u odnosu na zadatke s apstraktnim sadržajem. Taj efekt su nazvali efekt tematskog materijala i koji je poslije bio predmet brojnih daljnjih istraživanja. Taj je efekt zadao težak udarac teorijama formalnih pravila rasuđivanja, a išao je u korist teoriji pragmatičnih shema rezoniranja po kojoj pravila koja koristimo u izvođenju zaključaka nisu formalna logička pravila, već pravila stečena svakodnevnim iskustvom (Cheng i Holyoak, 1985). No, i teorija mentalnih modela je pokazala

kako se izgradnja reprezentacija, koje se nazivaju mentalni modeli, temelji na svakodnevnom iskustvu. Stoga je za očekivati kako postoji tendencija uspješnijeg izvođenja zaključaka za slučajeve koji su iskustveno bliži (konkretni sadržaj) od onih iskustveno daljih (apstraktni sadržaj). Obzirom da su u eksperimentu između ostalih korišteni Modus ponens i Modus tollens zadaci apstraktna sadržaja, izvedena je analiza koja stavlja o odnos konkretni i apstraktni sadržaj. Rezultati analize prikazani su na Slici 4 (za proporcije točnih odgovora) i na Slici 5 (za vremena odgovora).

Slika 4. Proporcija ispravnih odgovora za Modus ponens i Modus tollens zadatke konkretnog i apstraktnog sadržaja



Slika 5. Vremena odgovora za Modus ponens i Modus tollens zadatke konkretnog i apstraktnog sadržaja



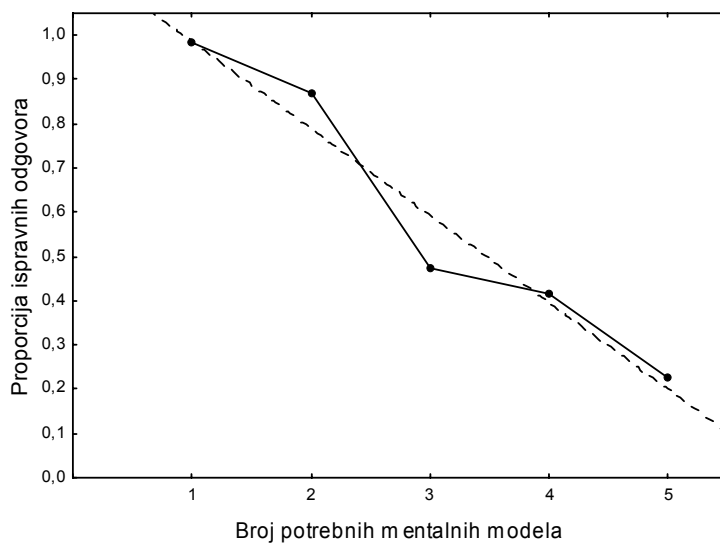
Za obje mjere efikasnosti ova faktora (tip zadatka: MP i MT te tip sadržaja) su značajni. Za proporcije točnih odgovora (Slika 4) efekt konkretnosti sadržaja iznosi $F(1, 81) = 8,1$; $p < 0,01$, a efekt tipa zadatka $F(1, 81) = 12,8$; $p < 0,001$. Kod vremena odgovora (Slika 5) efekt konkretnosti sadržaja je $F(1, 81) = 5,09$; $p = 0,027$; a efekt tipa zadatka $F(1, 81) = 17,03$; $p < 0,001$. Također je i interakcija ta dva faktora značajna. Ona iznosi $F(1, 81) = 5,7$; $p = 0,02$ za proporcije točnih odgovora, odnosno $F(1, 81) = 10,3$; $p < 0,01^{**}$ za vremena odgovora. Očekivano, rješavači su znatno bolji kod Modus ponens zadataka u odnosu na Modus tollens zadatke. Također su značajno uspješniji s konkretnim zadacima u odnosu na apstraktne. Efekt interakcije pokazuje da je pomak u uspješnosti koji čini faktor TIP SADRŽAJA prilično velik za Modus ponens u odnosu na pomak koji je mali ili čak nepostojeći za Modus tollens.

Efikasnost dedukcije u funkciji broja mentalnih modela

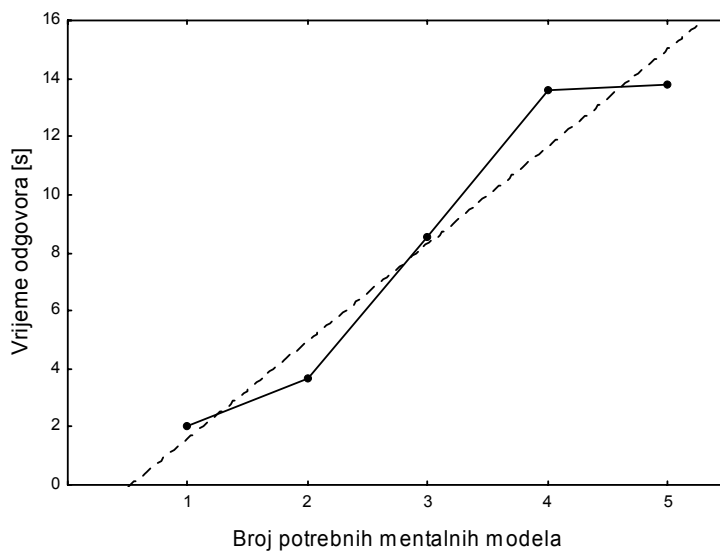
Prema teoriji mentalnih modela uspješnost u izvođenju zaključaka bi trebala pravilno opadati i s daljnjim povećanjem zahtjeva zadatka koji se manifestiraju povećanjem neophodnih mentalnih modela potrebnih za valjano izvođenje konkluzije. Dakle, i kod zadataka koji zahtijevaju tri i više modela. U Dodatku su prikazani svi zadaci s pripadajućim minimalnim brojem modela koji su korišteni u

istraživanju. Za sve zadatke koji zahtijevaju isti broj potrebnih modela izračunate su prosječne vrijednosti na obje mjere: na proporciji točnih odgovora te vremenu odgovora. Rezultati su prikazani kao funkcija broja modela na Slikama 6 i 7.

Slika 6. Opadanje proporcije ispravih odgovora u funkciji porasta broja potrebnih mentalnih modela za valjano izvođenje zaključka



Slika 7. Porast vremena odgovora u funkciji porasta broja potrebnih mentalnih modela za valjano izvođenje zaključka



Dakle, pri tome je uzet u obzir dovoljan broj modela, koji omogućuje valjan zaključak, a ne maksimalan broj tj. cijela 'iscrpljena' reprezentacija. Na taj način, prema teoriji, ljudi izvode zaključke (Johnson-Laird i Byrne, 1991; Johnson-Laird i sur., 1992; Johnson-Laird i sur., 1994).

Kako se iz rezultata vidi, dobiveno je prilično pravilno, gotovo linearno, opadanje mjera uspješnosti u izvođenju zaključaka u funkciji porasta broja modela. Ti trendovi su statistički značajni i iznose $F(4, 324) = 281,14$; $p < 0,001$ za opadanje prosječnih proporcija točnih odgovora. Linearna regresijska jednadžba koja opisuje pad tih proporcija u funkciji broja modela je prikazana na Slici 6 isprekidanim pravcem i glasi

$$y = -0,2 * x + 1,18$$

što znači da broj točnih odgovora po dodanom modelu padne za otprilike 20 %. Povezanost između prija modela i prosječnih proporcija je visoka i iznosi $r = -0,97$ ($p < 0,01$).

Trend opadanja uspješnosti koji je reprezentiran porastom vremena odgovora u funkciji modela je također značajan ($F(4,324) = 69,39$; $p < 0,01$) te pokazuje linearna svojstva. Regresijska jednadžba koja opisuje porast vremena odgovora u funkciji broja modela je prikazana na Slici 7 isprekidanim pravcem i glasi

$$y = 3,35 * x - 1,75$$

prema kojoj za svaki dodati model u zadatku vrijeme rješavanja se produži i prosjeku za 3,35 s. Povezanost između modela i prosječnih proporcija je visoka i iznosi $r = 0,97$ ($p < 0,01$). Ovi rezultati jako idu u prilog teoriji mentalnih modela jer možemo pratiti gotovo linearno opadanje uspješnosti u funkciji broja modela.

Johnson-Laird i Byrne (1991) prikazuju rezultate opadanja proporcije točnih odgovora (ali ne i vremena odgovora) u funkciji porasta broja modela za drugi tip zadataka – disjunktivne sudove. Može se pratiti opadanje uspješnosti u rasponu od jednog do pet modela za četiri tipa disjunkcije. Opadanje koje je prikazano je zamjetno, ali nije toliko pravilno niti djeluje tako linearno poput onoga gore prikazanog. Moguće da ova razlika u obliku funkcije proizlazi iz razlika u tipu zadatka, razlika u metodi. Također autori navode veličinu uzorka ($N = 24$) koja je znatno manja od uzorka u ovom radu što možda smanjuje preciznost rezultata. Ipak, glavni zaključak ovih istraživanja je da se rezultati uklapaju u teoriju mentalnih modela, a dok teorije formalnih pravila ima velike poteškoće za ponudi dobro objašnjenje iz jednostavnog razloga što težina zaključka prema tim teorijama načelno ovisi o broju formalnih pravila koje rješavači moraju upotrijebiti kako bi došli do ispravnog rješenja. Neki od zadataka (oni koji uključuju Modus tollens i disjunkciju) su teži prema teoriji mentalnih modela nego po teorijama formalnih pravila, a rezultati dobivenih funkcionalnih odnosa uspješnosti su konzistentni s teorijom mentalnih modela.

Trendovi opadanja uspješnosti testirani su još i tako da su uspoređene prosječne vrijednosti za sve susjedne zadatke po broju modela. Uspoređivanjem susjednih proporcija točnih odgovora po modelima posthoc analizama u ANOVA-i, dobivene su značajne razlike (p vrijednosti se kreću od $p < 0,0001$ do $p < 0,05$) za sve susjedne vrijednosti osim za prosječne proporcije zadataka s tri i četiri modela te za prosječna vremena odgovora za zadatke s 4 i 5 modela.

Zanimljivo je da su ispitivanja ovog tipa poslužila nekim autorima (O'Brien i sur., 1992, prema Gilhooly, 1996) za kritiku teorije mentalnih modela. Oni su našli nekonzistentnost u izvođenju zaključaka čije "ispunjene" reprezentacije sadrže vrlo veliki broj modela. No, takvi rezultati posljedica su toga što su autori uzimali u obzir maksimalni broj modela, što ne odgovara ljudskom funkcioniranju. Odgovor na takve rezultate dan je u istraživanju od Johnson-Laird i sur. (1994) koji su objasnili da ispitanici ne konstruiraju slijepo sve moguće, pa i nepotrebne modele, nego samo one koje smatraju potrebnim da budu reprezentirani za izvođenje konkluzije.

Opadanje u uspješnosti u funkciji porasta broja konstruiranih modela ispitali su za kondicionalne i disjunktivne sudove Johnson-Laird i sur. (1992) te su dobili pravilnost u opadanju točnih odgovora u funkciji povećanja broja modela. Zanimljivi rezultati toga istraživanja dobiveni su analizom odgovora ispitanika. Dobiveno je da većina ispitanika (preko 40%) u zadacima s disjunktivnim sudovima (koji uvijek potiču konstruiranje velikog broja modela) izvodi konkluzije iz jednog modela od onih sadržanih u skupu konstruiranih modela te da postotak odgovora koji sadrže više modela opada do 3 modela, a onda se zadržava na otprilike istoj frekvenciji. Dakle, ispitanici nastoje izvesti zaključak iz što je moguće manjeg broja modela manifestiraju neku vrstu kognitivne lijenosti. U eksperimentima ovog tipa najčešće se koriste samo proporcije točnih odgovora kao mjera uspješnosti. U ovom nacrtu korišteno je i vrijeme reakcije i ono se pokazalo kao korisna mjera.

ZAKLJUČAK

Rješavači su značajno uspješniji u izvođenju jednostavnih Modus ponens zaključaka od jednostavnih Modus tollens zaključaka. Ta uspješnost se manifestira kako u proporciji točnih odgovora (0,98 za MP u odnosu na 0,90 za MT) tako i u prosječnim vremenima odgovora (2,00 s za MP u odnosu na 2,74 s za MT). Ovi rezultati su konzistentni s postavkama teorije mentalnih modela. Rješavači pokazuju jaku tendenciju da doživljavaju kondicionalne kao bikondicionalne. Ta se pristranost manifestira time što razlike u efikasnosti za kondicionalni i bikondicionalni zaključak nisu značajne i što postoji vrlo visoka tendencija pokušaja izvođenja zaključaka iz negacija antecendensa i afirmacija konsekvensa, a to su valjani zaključci samo u slučaju bikondicionala. Pored toga, još jedan faktor utječe na efikasnost rješavanja - tzv. usmjerenost kondicionala. Čini se da su kondicionalni sudovi po svojoj prirodi usmjereni od antecendensa prema konsekvensu, te je

zaključivanje brže ukoliko se kreće u tom smjeru (kao kod Modus ponensa i negacije antecendesa) u odnosu na zaključivanje u suprotnom smjeru (kod afirmacije konsekvensa i Modus tollens zaključaka).

Konačno, uspješnost rješavača u izvođenju zaključaka značajno opada u funkciji povećanja minimalnog broja konstruiranih mentalnih modela nužnih za ispravno izvođenje zaključaka. To opadanje je vidljivo za obje korištene zavisne varijable: proporciju točnih odgovora i vremena odgovora. Ovi su rezultati u potpunosti u skladu s implikacijom teorije mentalnih modela prema kojoj uspješnost izvođenja zaključaka ovisi u prvom redu o broju modela koje treba konstruirati za uspješno izvođenje valjanog zaključka.

LITERATURA

- Anderson, J.R. (1983). *The Architecture of Cognition*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Baddeley, A.D. 1986. *Working Memory*. Oxford: Clarendon Press.
- Barrouillet P., Grosset N., i Lecas JF. (2000). Conditional reasoning by mental models: chronometric and developmental evidence. *Cognition*, 75(3), 237-266.
- Braine, M.D.S., i O'Brien, D.P. (1991). A theory of if: a lexical entry, reasoning program, and pragmatic principles. *Psychological Review*, 98, 182-203.
- Braine, M.D.S., Reiser, B.J., i Romain, B. (1984). Some empirical justification for a theory of propositional logic. U G.H. Bower (Ur.), *The Psychology of Learning and Motivation*. Vol. 18. New York: Academic Press.
- Byrne, R.M.J. (1989). Suppressing valid inferences with conditionals. *Cognition*, 31, 61-83.
- Cheng, P.W., i Holyoak, K.J. (1985). Pragmatic reasoning schemas. *Cognitive Psychology*, 17, 391-416.
- Evans, J. St. B.T. (1989). *Bias in Human Reasoning: Causes and Consequences*. Hove: Lawrence Erlbaum Associates.
- Evans, J. St. B.T., Clibbens, J., i Rood, B. (1995). Bias in conditional inference: implications for mental models and mental logic. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 48A, 644-670.
- Evans, J. St. B.T., Ellis, C.E., i Newstead, S.E. (1996). On the mental representation of conditional sentences. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 49A, 1086-1114.
- Evans, J. St. B.T., Handley, S.J., Harper, C.N.J., and Johnson-Laird, P.N. (1999). Reasoning about necessity and possibility: A test of the mental model theory of deduction. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*. 25(6),1495-1513.
- Falmagne, R.J., i Gonsalves, J. (1995). Deductive inference. *Annual Review of Psychology*, 46, 525-559.

- Fulgosi, A., Fulgosi, Lj., Fulgosi-Masnjak, R., Metzinger, A., Knezović, Z., i Zarevski, P. (1987). Children of workers living abroad and their peers in the native country: cognitive and personality characteristics. *Revija za psihologiju*, 17, 19-36.
- Gilhooly, K.J. (1996). *Thinking: Directed, Undirected and Creative*. London: Academic Press.
- Griggs, R.A., i Cox, J.R. (1982). The elusive thematic-materials effect in Wason's selection task. *British Journal of Psychology*, 73, 407-420.
- Halford, G.S., i McCredden, J.E. (1998). Cognitive science questions for cognitive development: The concepts of learning, analogy, and capacity. *Learning & Instruction*, 8(4), 289-308.
- Hedden, T., Zhang, J. (2002). What do you think I think you think?: Strategic reasoning in matrix games. *Cognition*, 85(1), 1-36
- Holyoak, K.J., i Spellman, B. (1993). Thinking. *Annual Review of Psychology*, 44, 256-315.
- Johnson-Laird, P.N. (1983). *Mental Models: Towards a Cognitive Science of Language, Inference and Consciousness*. Cambridge, MA: Harvard University press.
- Johnson-Laird, P.N. (1993). *Mental models*. U M.I. Posner (Ur.), *Foundations of Cognitive Science*. Cambridge, MA: MIT Press. A Bradford Book.
- Johnson-Laird, P.N., i Byrne, R.M.J. (1991). *Deduction*. Hove: Lawrence Erlbaum Associates.
- Johnson-Laird, P.N., Byrne, R.M.J., i Schaeken, W. (1992). *Propositional reasoning by model*. *Psychological Review*, 99, 418-439.
- Johnson-Laird, P.N., Byrne, R.M.J., i Schaeken, W. (1994). Why models rather than rules give a better account of propositional reasoning: a reply to Bonatti and to O'Brien, Braine and Yang. *Psychological Review*, 101, 734-739.
- Johnson-Laird, P.N., Legrenzi P., Girotto V., Legrenzi M.S., i Caverni J.P. (1999). Naive probability: A mental model theory of extensional reasoning. *Psychological Review*, 106(1), 62-88.
- Klauer, K.C., i Oberauer, K. (1995). Testing the mental model theory of propositional reasoning. *The Quarterly Journal of Psychology*, 48A, 671-687.
- Marcus, S.L., i Rips, L.J. (1979). Conditional reasoning. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 18, 199-223.
- Newell, A. i Simon, S.A. (1972). *Human Problem Solving*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- O'Brien, D.P., Braine, M.D.S., i Yang, Y. (1994). Propositional reasoning by mental models? Simple to refute in principle and in practice. *Psychological Review*, 101, 701-704.
- Posner, M.I. (Ur.). (1993). *Foundations of Cognitive Science*. Cambridge, MA: MIT Press. A Bradford Book.

- Quinn, S., i Markovits, H. (2002). Conditional reasoning with causal premises: Evidence for a retrieval model. *Thinking & Reasoning*. Vol 8(3), 179-191.
- Rips, L.J. (1983). Cognitive processes in propositional reasoning. *Psychological Review*, 90, 38-71.
- Rips, L.J. (1990). Reasoning. *Annual Review of Psychology*, 41, 321-353.
- Rips, L.J. (1994). Deduction and its cognitive basis. U R.J. Sternberg (Ur.) *Thinking and Problem Solving*. San Diego CA: Academic Press.
- Rips, L.J. (1995). Deduction and cognition. U E.E. Smith i D.N. Osherson (Ur.), *Thinking: An Invitation to Cognitive Science*. Vol. 3. Cambridge MA: MIT Press. A Bradford Book.
- Schroyens, W., Schaeken, W., i d'Ydewalle, G. (1999). Error and bias in meta-propositional reasoning: A case of the mental model theory. *Thinking & Reasoning*. Vol 5(1), 29-65.
- Smith, E.E., i Osherson, D.N. (Ur.). (1995). *Thinking: An Invitation to Cognitive Science*. Cambridge, MA: MIT Press. A Bradford Book.
- Stevenson, R.J., i Over, D.E. (1995). Deduction from uncertain premises. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 48A, 613-643.
- Thompson, V.A., i Mann J.M. (1995). Percieved ecessity explains the dissociations between logic and meaning: the case of 'only if'. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 21, 1554-1567.
- Toms, M., Morris, N., i Ward D. (1993). Working memory and conditional reasoning. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 46A, 679-699.
- Woodworth, R.S., i Sells, S.B. (1935). An atmosphere effect in formal syllogistic reasoning. *Journal of Experimental Psychology*, 18, 451-460.

Deduction and Conditionals: A Mental Chronometry Experiment

Abstract

Mental model theory (Johnson-Laird & Byrne, 1991) is a dominant theory in human deductive reasoning studies. There are two other classes of theories that deal with human deduction: formal rules theories and content-specific rules theories. This paper begins with a few basic assumptions of the mental model theory, especially those according to which difficulty of inference is proportional to the number of mental models introduced to cognitive system. The aim was to find the function which would describe the inference effectiveness related to different number of mental models. Another aim was to check the justifiableness of response time use as dependent variable in this type of research, besides the usual use of valid answers proportion.

Conditional tasks were used in the experiment. According to the theory, number of mental models needed for task solving varied from 1 to 5. All kinds of conditional inference (Modus ponens, Modus tollens) were included in tasks, even those valid in biconditional use but not in classical conditional use (negation of consequent, affirmation of antecedent). Furthermore, different conditionals types (classic conditional and biconditional) and different content conditionals (concrete and abstract) were used. Participants' task was to derive valid conclusion from premises as quickly as possible. Answer validity and response time were measured.

Results confirmed some of the mental model theory assumptions. First, simple Modus ponens and Modus tollens comparison showed expected decrease in effectiveness for Modus tollens in both dependent variables. Then, strong participants' bias to perceive conditional as biconditional was observed. Furthermore, participants were more successful in solving concrete content tasks than abstract ones. Also, the effect of conditional directiveness was confirmed. This effect lowered performance when the inference direction was opposite to basic conditional premise. Finally, the main finding of this paper was the function that described decrease of inference effectiveness related to number of needed mental models. This function was almost linear for both dependent variables – proportion of valid answers and response time – and it heavily depended on number of mental models needed for completion of task. All obtained results were highly consistent with mental model theory implications.

Key-words: reasoning, deduction, conditionals, mental models, mental chronometry, effectiveness of inference function

Primljeno: 3. 07. 2006.

