

UDK: 159.522	Godišnjak za psihologiju, vol 6, No 8., 2009, pp.49-64	ISSN 1451-5407
--------------	---	----------------

Marina Stošić²
Filozoski fakultet
Niš

TEORIJE MESEČEVE ILUZIJE³

Apstrakt

U radu je najpre dat fenomenološki opis mesečeve iluzije i njeno određenje s obzirom na Gregoryjevu klasifikaciju vizuelnih iluzija. U nastavku je data podela teorija mesečeve iluzije i detaljan prikaz najznačajnijih među njima. Opisani su i ključni eksperimenti, počevši od najstarijih izvedenih početkom četrdesetih godina prošlog veka, do onih izvedenih s kraja prošlog i početkom ovog veka. Zatim smo vođeni Eganovim shvatanjem potpune teorije mesečeve iluzije pokušali objediniti dve najistaknutije suprotsavljene teorije: okulomotornu i teoriju opažene distance. Na kraju rada, osvrnuli smo se na neke od razloga zbog kojih mesečeva iluzija, uprkos velikom interesovanju istraživača i brojnim eksperimentima, i dalje ostaje bez opšte prihvaćenog teorijskog objašnjenja.

***Ključne reči:** mesečeva iluzija, vizuelne iluzije, teorija opažanja distance, okulomotorna teorija*

Uvod

Kada posmatramo mesec iznad horizonta, čini nam se većim nego kada se nalazi visoko na nebu, npr. u zenitu. Ovaj fenomen poznat je kao mesečeva iluzija i pre podrazumeva doživljaj uvećanja meseca na horizontu, nego njegovo umanjenje kad se nalazi visoko. Osim toga, uglavnom je praćen doživljajem da je mesec na horizontu bliži od meseca u

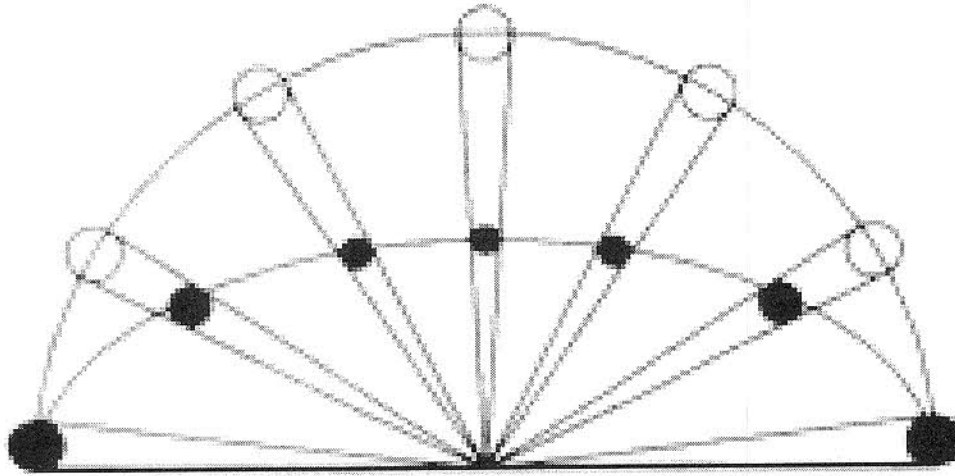
² stosic.marina@gmail.com

³ Nastanak ovog rada delimične je finansiran sredstvima Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj republike Srbije u okviru rada na projektu 149062D.

zenitu (Egan, 1998; Kaufman i Kaufman, 2000). Ovo istovremeno opažanje meseca većim i bližim na horizontu tj. manjim i daljim u zenitu poznato je kao *paradoks veličine-daljine*. Mesečeva iluzija naročito je uočljiva kada je mesec pun, ali se doživljava i u drugim fazama mesečevog ciklusa (u fazama tzv. mladog meseca). Često se umesto ovog, koristi termin „nebeska iluzija“. Ovaj termin predložio je japanski autor Ryoji Osaka (1962) kako bi njime, pored mesečeve, obuhvatio i sunčevu iluziju i iluziju sazvežđa.

Mesečevu iluziju možemo posmarati u kontekstu klasifikacije vizuelnih iluzija koju je dao R. L. Gregory (1997). U svom radu, Gregory koristi dva kriterijuma za klasifikaciju iluzija: izgled i uzrok. Na osnovu izgleda, on razlikuje četiri klase vizuelnih iluzija: klasu višesmislenosti, iskrivljavanja (distorzije), paradoksa i fikcije. U okviru uzroka iluzija, on pravi razliku između dve grupe: fizičkih i kognitivnih uzroka. Prvi fizički uzrok nastaje kao rezultat optičkih smetnji koje se mogu javiti između objekta i retine posmatrača. Drugi fizički uzrok se pripisuje smetnjama koje mogu nastati u signalima koji se javljaju u očima ili mozgu posmatrača. U slučaju da je vizuelna iluzija posledica primene „obmanljivog“ (*misleading*) znanja o objektima, reč je o trećem, kognitivnom uzroku, dok se o četvrtom, kognitivnom uzroku radi ako je iluzija posledica primene „obmanljivih“ opštih pravila. Kada ova dva kriterijuma - izgled i uzrok - ukrstimo, dobijamo klasifikaciju sa šesnaest kombinacija u kojoj mesečeva iluzija spada u *distorzije* koje su posledica primene „obmanljivih“ *opštih pravila*.

Pored nebeske, na nebu se mogu javiti i neke druge iluzije koje, doduše, mogu biti u vezi sa nebeskom. Jedna od ovih iluzija koja se smatra posebno značajnom za fenomen mesečeve iluzije, i koja je stoga detaljnije i sistematski proučavana, jeste iluzija neba kao zaravnjene kupole (Ross i Plug, 2004). Jedna od najpopularnijih teorija mesečeve iluzije povezuje upravo opažanje neba kao zaravnjenog sa uvećanjem tela koja se kreću po njemu. Naime, ako se sunce i mesec kreću po nebu koje ima izgled zaravnjene kupole, onda bi oni sami trebalo da se čine bližim u zenitu, tj. daljim na horizontu. S obzirom na to da je bliski objekat određene ugaone veličine manji od udaljenog objekta iste ugaone veličine, sunce i mesec bi trebalo da izgledaju manji u zenitu nego na horizontu (slika 1).



Slika 1. Prazni krugovi predstavljaju činjenicu da je mesec na svojoj putanji na konstantnom odstojanju od posmatrača; crni krugovi predstavljaju način na koji posmatrač doživljava oblik nebeskog svoda i veličinu meseca na njemu.

Teorije mesečeve iluzije i ključni ogledi

Oko uzroka mesečeve iluzije među psiholozima postoji znatno neslaganje. Brojne teorije i njihove varijacije predlagane su kao objašnjenje. Ovde nećemo razmatrati davno odbačene teorije koje uzrok iluzije vide izvan posmatrača, u fizikom svetu. Preostale teorije možemo podeliti na one koje smatraju da je uzrok „u telu“ posmatrača, jednom rečju označene kao neurofiziološke, i one koje uzrok nalaze „u umu“ posmatrača – psihološke teorije (Kaufman i Kaufman, 2000; Ross i Plug, 2004).

Neurofiziološke teorije se javljaju nakon psiholoških, a njihov najistaknutiji i ujedno najstariji predstavnik je teorija ugla posmatranja. U ovu grupu takođe spadaju i teorije koje ističu značaj akomodacije, konvergencije, veličine zenice, binokularne dispartnosti, a koje se ponekad tesno prepliću i među sobom i sa teorijom ugla posmatranja (Boring, 1943; Plug i Ross, 2003; Suzuki, 2007). Neurofiziološke su i teorije koje se pri objašnjenju iluzije oslanjaju na interakcije vestibularnih informacija.

Teorija ugla posmatranja tvrdi da mesečeva iluzije zavisi od pokretanja, tačnije, podizanja, odnosno, spuštanja očiju (Boring, 1943). Među starijim predstavnicima ove teorije najistaknutiji su Holway i Boring. Boring (1943) smatra da pri podizanju očiju dolazi do njihove divergencije, ili makar do smanjivanja konvergencije. Ovo zahteva napor da se konvergencija održi i time spreči udvajanje binokularne slike. Infomacija o konvergenciji zatim predstavlja znak da se radi o opažanju objekta na malo udaljenosti. Tako Holway i Boring (1940a, 1940b) objavljuju rezultate serije eksperimenata izvedenih u periodu od dve godine u kojima su utvrdili da je samo ugao posmatranja uticao na opaženu veličinu meseca, bez obzira na položaj tela.

Međutim, dvadeset godina kasnije, Kaufman i Rock (1962; Rock i Kaufman, 1962) ne nalaze značajan uticaj ugla posmatranja. Ispitanici su posmatrali veštački mesec na horizontu očiju uprtih pravo ispred sebe, a zatim ga poredili sa mesecom u zenitu koji su gledali ili podignutih očiju, ili očiju uperenih napred. Količnik opaženog prečnika meseca na horizontu i u zenitu, pri podignutim očima, iznosio je 1,48, a pri pogledu upravljenom napred 1,46. Objašnjavajući protivurečnost svojih i nalaza koji su dobili Holway i Boring, Kaufman i Rock ukazuju na mali uzorak korišćen u istraživanju ovih autora. Naime, bilo je samo tri učesnika – sami autori i jedan kolega. Druga primedba njihovom istraživanju upućena je korišćenoj tehnici, tj. činjenici da su ispitanici poredili pravi mesec koji se nalazi na beskonačnoj udaljenosti, sa veštakim mesecom, koji se nalazi na konačnoj udaljenosti, koja je u ovom konkretnom slučaju iznosila 3,5 metra.

U pokušaju da, između ostalog, razreši protivurečnost nalaza gore pomenutih istraživanja, Suzuki (1991, 2007) izvodi eksperimente u planetarijumu. Ispitivan je uticaj položaja očiju u tri situacije: potpunom mraku, potpunoj osvetljenosti i u situaciji simuliranja grada i zvezdi na horizontu noću. Količnici veličine iluzije dobijene pri podignutim očima i pri posmatranju očima upravljanim napred, iznosili su 1,06 (u potpunom mraku), 1,08 (pri potpunoj osvetljenosti) i 1,10 (u situaciji „horizont i zvezde“). Dakle, ugao posmatranja je manje ili više uticao na veličinu iluzije. Na osnovu ovih rezultata, Suzuki zaključuje da ugao posmatranja nije glavni uzrok, ali da svakako donekle doprinosi iluziji.

Suzukijev eksperiment nije pokazao samo delovanje ugla posmatranja na mesečevu iluziju, već je njime takođe odbačena ideja na kojoj se temelji Kaufmanova i Rockova teorija opažene distance. To je ideja da je prisustvo terena, tj. znakova dubine, *conditio sine qua non* mesečeve iluzije. Međutim, u Suzukijevom eksperimentu, najveća iluzija

dobijena je upravo u situaciji potpunog mraka, dakle u odsustvu vidljivih znakova daljine. Suzuki (1991) smatra da se mesečeva iluzija javlja i u uslovima potpunog mraka, tj. u odsustvu vizuelnih informacija o veličini i daljini, zahvaljujući dostupnosti *vestibularnih* i *okulomotornih* znakova.

Na značaj vestibularnih senzacija za mesečevu iluziju ukazali su Thor i Wood još 1966. godine. Kada je reč o okulomotornim znakovima, nekoliko autora je u novije vreme predložilo svoje okulomotrne hipoteze o mesečevoj iluziji. Na osnovu rezultata serije eksperimenata Enright (1989a, 1989b) tvrdi da su informacije o stanju okulomotornog sistema, kao što su informacije o konvergenciji, akomodaciji i veličini zenice, odgovorne za pojavu mesečeve iluzije. Stanje okulomotornog sistema se razlikuje pri posmatranju meseca na horizontu i u zenitu, a ta razlika za posledicu ima mesečevu iluziju. Enright tako smatra da je manji izgled meseca u zenitu rezultat *akomodacione* i *konvergencione mikropsije*. Posmatranje meseca visoko na nebu, u praznom prostoru, navodno dovodi do toga da oko teži da uspostavi fokus koji ima u stanju mirovanja. To dovodi do smanjenja opažene veličine, što onda, pak, deluje kao znak za daljinu i čini da se mesec opaža daljim. Tako se smanjenje veličine izazvano povećanom akomodacijom naziva akomodaciona mikropsija, a povećanom konvergencijom konvergenciona mikropsija.

Slično objašnjenje zastupa i Roscoe (1989). U svojim eksperimentima on je našao da opažena veličina veštačkog meseca jako korelira sa veličinom odstupanja od nivoa akomodacije koji oko ima u stanju mirovanja. Naime, variranje opažene veličine meseca, izazvano delimičnim zaklanjanjem scene, bilo je sistematski povezano sa stepenom akomodacije. Prema Roscoeu, posmatranje meseca u praznom prostoru visoko na nebu približava akomodaciju stanju mirovanja (pojava poznata kao *miopija praznog polja*), dok akomodacija raste pri posmatranju meseca na horizontu preko terena. U prilog Roscoevom objašnjenju govore nalazi Iavecchiaie i saradnika (1983), prema kojima akomodacija⁴ pozitivno korelira ($r=0,89$) sa procenom veličine. Kada je u pozadini bilo prisutno više teksture, akomodacija je bila manja, što odgovara opažanju objekata na velikoj daljini.

Leibowitz i Owens (1989) povezuju mesečevu iluziju sa konvergencijom u stanju mirovanja. Prema ovim autorim, pri posmatranju

⁴ Ipak, promene u akomodaciji nisu neophodne da bi se proizvela iluzija. Ljudi čija očna sočiva nemaju sposobnost akomodacije (npr. s prezbiopijom) doživljavaju iluziju (Wolbarsht i Lockhead, 1985).

udaljenih objekata, kakav je i mesec, divergencija je izraženija u horizontalnom, nego u vertikalnom pravcu. Ova izraženost divergencije predstavlja znak za veličinu, zbog koga mesec na horizontu izgleda veće. U prilog ovoj teoriji govori nalaz Heuera i Owensa (1989) da se konvergencija u stanju mirovanja u mraku razlikuje u zavisnosti od smera pogleda. Tačka mirovanja konvergencije bila je bliža pri horizontalnom, nego pri podignutom pogledu.

Psihološke teorije predstavljaju heterogenu grupu u kojoj je moguće razlikovati dve podgrupe (Redding, 2002; Ross i Plug, 2004). U jednoj se nalaze teorije koje naglašavaju ulogu *opažene distance*. Ove teorije poznate su još i kao inferencijalne teorije, ili teorije skaliranja veličine, budući da je njihova ključna, zajednička pretpostavka da je u nastanku iluzije presudno nesvesno zaključivanje o veličini meseca na osnovu informacije o daljini i veličine retinalne slike. U drugoj podgrupi su teorije koje u objašnjenju iluzije ističu značaj *relativne veličine* meseca u odnosu na objekte na horizontu. Ove teorije nazivaju se kontekstualnim jer pretpostavljaju da iluzija potiče od procesa poređenja objekta s drugim okružujućim objektima u vidnom polju.

Najprihvaćenija među teorijama prve grupe jeste teorija opažene distance ili daljine, čiji su tvorci Kaufman i Rock (1962; Rock i Kaufman, 1962). Po njima, mesec se čini većim na horizontu, nego u zenitu, zbog toga što su na horizontu prisutni znakovi za daljinu kojih nema kada se mesec nalazi visoko na nebu. Ovi znakovi, koje čine teren i objekti između posmatrača i horizonta, stvaraju opažaj veće daljine od one koja se opaža kada se mesec nalazi u zenitu. Međutim, kako je retinalna slika, tj. ugaona veličina meseca, u oba položaja jednaka, naš um nesvesno donosi zaključak da je udaljeniji mesec veće stvarne, tj. linearne veličine (Redding, 2002).

U ovakvom tumačenju mesečeve iluzije, teorija opažene distance se oslanja na tzv. hipotezu o invarijantnosti veličina-daljina. Hipoteza je nastala u pokušaju objašnjenja konstantnosti veličine pri opažanju objekata. Formuliseo ju je Ptolomej (prema Ross, 2000), a arapski naučnik Alhazen bio je prvi koji se njome koristio u pokušaju da objasni mesečevu iluziju (prema Rees, 1986). Hipoteza glasi ovako: ako svetlosni zraci koji putuju od objekta u oku zaklapaju ugao α , pri čemu udaljenost objekta od posmatrača iznosi d , onda veličina objekta s koji je normalan u odnosu na liniju pogleda iznosi $\tan \alpha \times d$. Ova hipoteza je zapravo generalizacija Emertovog zakona koji se tiče naknadnih slika (prema Egan, 1998). Prema ovom zakonu, opažena veličina naknadne slike proporcionalna je njenoj opaženoj daljini (prema Kaufman i sar., 2007).

Dakle, oslanjajući se na hipotezu o invarijantnosti veličina-daljina, teorija opažene distance tvrdi da vizuelni sistem proračunava opaženu veličinu S , objekta čiji je vizuelni ugao α i prethodno utvrđena opažena distanca D , tako što računa koliko iznosi $\tan \alpha \times D$. Ovde se radi o nesvesnom proračunavanju koje se zasniva na urođenom poznavanju date matematičke formule. Pri svemu tome, najvažnija je ideja da vizuelni sistem najpre određuje daljinu, a zatim na osnovu toga, veličinu objekta.

Brojni eksperimenti koji potvrđuju značaj prisustva objekata između posmatrača i meseca izvedeni su kako od strane samih autora teorije opažene daljine, tako i drugih istraživača. Kaufman i Rock (1962) objavljuju rezultate istraživanja koji govore da se normalna iluzija javlja kada se posmatra veštački mesec u kontekstu terena. Kada je teren bio sakriven, iluzija se nije javljala. Osim toga, dobijena je obrnuta iluzija kada je korišćenjem ogledala mesec u zenitu prikazivan u kontekstu terena, a mesec na horizontu sa svih strana okružen nebom. Autori su takođe našli da udaljeni horizont, na kome se vidi više terena, proizvodi veću iluziju (51%), od bliskog horizonta (36%). Zatim, utvrdili su da oblačno nebo daje veću iluziju (52%) nego čisto nebo (34%) i to objasnili time da oblaci uvećavaju opaženu daljinu ka horizontu. Iz iste godine je i njihovo istraživanje u kome je nađeno da iluzija ne postoji u uslovima potpunog mraka (Rock i Kaufman, 1962). Veštački mesec projektovan u smeru horizonta činio se samo 1,03 puta većim od istog meseca projektovanog ka zenitu. Autori su ovo tumačili kao dokaz da je za pojavu iluzije neophodno prisustvo vidljivih znakova daljine, tj. objekata koji bi mesec na horizontu smestili na veću daljinu.

Da je prisustvo terena ključno za pojavu mesečeve iluzije govori i istraživanje Wolbarshta i Lockheada (1985). U njihovom eksperimentu, sunce ili mesec posmatrani su iz aviona koji se nalazio na visini od 7 kilometara ili više. U ovakvim uslovima, i zalazeće i uzdižuće sunce, ili mesec, izgledali su malo. Razlog tome je što kada se posmatra sa visine, između posmatrača i meseca na horizontu se prostire samo neispunjen, tj. prazan prostor. Najznačajniji uslov za nastanak iluzije je, dakle, ispunjen prostor između posmatrača i meseca na horizontu.

Koristeći slike koje prikazuju scene sa mesecom Coren i Aks (1990) nalaze da veličina iluzije raste sa povećanim isticanjem znakova za dubinu. Osim toga, na opaženu veličinu meseca koji se nalazio na nebu, daleko od elemenata na sceni, uglavnom nije uticala istaknutost znakova za dubinu na sceni.

U novije vreme, Kaufman i Kaufman (2000) nalaze da „perceptivni sistem reaguje kao da se mesec na horizontu nalazi na većoj udaljenosti od uzdignutog meseca“ (str. 504). Takođe, Kaufman i saradnici (2007) na osnovu rezultata eksperimenta zaključuju da „se opažena veličina uzdignutog meseca može pripisati činjenici da se on nalazi na manjoj perceptualnoj daljini od meseca na horizontu“ (str. 171).

Iako joj brojna istraživanja govore u prilog, teorija opažene distance nailazi na problem kada se radi o objašnjenju pojave da većina ispitanika izveštava da mesec na horizontu ne samo da izgleda veće, nego i bliže. Ova pojava naziva se paradoks veličine-daljine i nije svojstvena samo mesečevoj iluziji. Bilo koji objekat konstantne ugaone veličine koji se posmatra u mraku uz pojačanu konvergenciju, istovremeno se opisuje i kao manji i kao udaljeniji (Kaufman i Kaufman, 2000).

U pokušaju da objasne ovaj paradoks, od Egana (1998) nazvan sekundarnim aspektom iluzije, Kaufman i Rock (1962) ukazuju na potrebu razlikovanja *opažene* distance od *registrovane* distance. Na osnovu različitih znakova za daljinu, kao što je npr. ispunjen prostor, vizuelni sistem registruje veću udaljenost meseca na horizontu, nego u zenitu. Ova vrednost potom služi kao polazna informacija u procesu izračunavanja veće opažene veličine meseca na horizontu. Posmatrač nije svetan prisustva ove informacije u proksimalnom stimulusu, niti njene upotrebe u određivanju opažene veličine. Zbog toga što se mesec na horizontu opaža kao veći, on se zatim procenjuje kao bliži i izveštaj posmatrača odražava upravo ovu svesnu procenu. Osnovna ideja je da se ovaj kasniji proces po vrsti razlikuje od procesa proračunavanja veličine na osnovu registrovane distance. On se bazira na znanju, uglavnom proistekolom iz iskustva, da se stvari koje izgledaju veliko nalaze u blizini. Ili, kako Kaufman i saradnici (2007) objašnjavaju: „[...] ovaj fenomen [paradoks veličine-daljine] odražava *predubedjenje* subjekta zbog kojeg on pripisuje veći izgled manjoj udaljenosti“ (str. 172, kurziv dodala M.S.). Za razliku od znanja o formuli $\tan \alpha \times D$ koje je urođeno i nesvesno, ovo znanje je stečeno i dostupno svesti. Ova ideja da se opažena veličina proračunava na osnovu registrovane distance, a zatim koristi kao premisa u proceni opažene distance, poznata je kao *hipoteza dalje-veće-bliže*.

Neki autori takvo posezanje teorije opažene distance za hipotezom dalje-veće-bliže u pokušaju objašnjenja paradoksa veličine-daljine vide kao njenu slabost. Tako Egan (1998) smatra da je ova hipoteza „ad hoc, osim ako se registrovana distanca [...] može precizno specifikovati“ (str. 617). Na isti način razmišlja i Suzuki (2007) koji smatra da je teško prihvatiti da naš

mozak proračunava dve vrste distanci - jednu nesvesno registrovanu i drugu svesno opaženu. U nastavku on piše da ovakva tvrdnja vodi u nemogućnost falsifikacije teorije opažene distance. Naime, u slučaju dobijanja rezultata koji protivureče ovoj teoriji, registrovana distanca se nudi kao objašnjenje. Na taj način, svi eksperimentalni rezultati mogu se objasniti ili teorijom opažene distance, ili teorijom dalje-veće-bliže.

S druge strane, postoje i oni koji u odbrani teorije opažene daljine idu tako daleko da tvrde da su izveštaji subjekata o tome da mesec izgleda bliže lažni. Tako Gogel i Mertz (1989) smatraju da se mesec na horizontu opaža i kao veći i kao udaljeniji od meseca u zenitu, što je u skladu sa hipotezom o invarijantnosti veličina-daljina, ali u suprotnosti sa izveštajima subjekata da mesec na horizontu izgleda bliže. Ovi autori tvrde da posmatrači rezonuju da mesec na horizontu mora biti bliže zbog toga što izgleda veće, ali da ova procena, koja se ispoljava u njihovom verbalnom saopštenju, ne odražava način na koji mesec na horizontu njima zaista izgleda. Važno je uočiti da Gogel i Mertz na ovaj način ne rešavaju problem paradoksa veličine-daljine, već negiraju da on uopšte postoji.

Ipak, u prilog održivosti teorije dalje-veće-bliže govore neki empirijski nalazi. U jednom od svojih eksperimenata, Kaufman i Rock (1962) su tražili od ispitanika da procene koji deo neba izgleda dalje – onaj na horizontu, ili u zenitu. Od desetero ispitanika, devetoro je odgovorilo da je nebo na horizontu udaljenije, a deseti je rekao da su ovi delovi neba ekvidistantni. U njihovom drugom eksperimentu, dva veštačaka meseca su projektovana na nebo, pri čemu je mesec u zenitu napravljen tako da izgleda mnogo veće od meseca na horizontu, na taj način poništavajući iluziju. Od ispitanika se tražilo da kažu koji mesec je bliži. Od osam ispitanika, svi su odgovorili da je to mesec u zenitu. Ovo zapravo znači da su Kaufman i Rock našli diskrepancu između opažene udaljenosti neba i meseca. Autori su mišljenja da su se ispitanici koristili opaženom veličinom meseca da bi odredili njegovu opaženu daljinu.

Sada ćemo se samo ukratko pozabaviti drugom grupom psiholoških teorija, budući da su se one uglavnom pokazale netačnim. U okviru ovih teorija razlikujemo dve podgrupe (Ross i Plug, 2004). U jednoj se nalaze teorije *kontrasta veličine* koje ističu pojačavanje razlike u stvarnoj ugaonoj veličini između bliskih objekata. To znači da će objekat određene ugaone veličine izgledati veliki kada se nalazi u blizini objekata male ugaone veličine, tj. mali kada je blizu objekata velike ugaone veličine. Ovo je razlog zbog koga mesec izgleda veliki u odnosu na druge objekte na horizontu koji imaju malu ugaonu veličinu. Ovakvo objašnjenje ne

podrazumeva nijedan oblik invarijantnosti veličina-daljina. Kao argument protiv njega navodi se činjenica da je mesec u zenitu često okružen malim zvedama, što bi trebalo da uveća njegovu opaženu veličinu, ali nam je iz iskustva poznato da do toga ne dolazi (Ross i Plug, 2004).

Coren (1992) nalazi da obrtanje scena prikazanih na slici umanjuje veličinu iluzije za nešto manje od polovine. Isti efekat obrtanja uočili su Rock i Kaufman (1962) koristeći svoj aparat na pravom terenu. Ovi rezultati ukazuju na to da kontrast veličine nije jedini faktor, ali da je visina vizuelnog polja takođe značajna. Visina u vizuelnom polju može biti znak za dubinu, čime je moguće objasniti zašto obrnute slike stvaraju utisak manje dubine. Gore pomenuti autori koristili su upravo utisak smanjene dubine kako bi objasnili zašto obrtanje scena dovodi do smanjenja mesečeve iluzije. Alternativno se može tvrditi da visina u vizuelnoj sceni direktno utiče na opažanje veličine, nezavisno od bilo kakvog uticaja na daljinu.

Da bi doprineli mesečevoj iluziji, objekti na horizontu bi trebalo da zahvataju ugao manji od pola stepena, kolika je ugaona veličina meseca. Međutim, iluzija se javlja i kad je horizont prazan, ili se na njemu nalaze objekti veće ugaone veličine. S obzirom na to da teren doprinosi iluziji, on to onda mora činiti doprinosom gradijentu cele scene. Zbog toga možemo zaključiti da je uloga lokalnog kontrasta veličine minimalna (Ross i Plug, 2004).

U drugoj podgrupi kontekstualnih teorija su one koje stavljaju naglasak na *asimilaciju veličine*. Prema njima, objekat u blizini horizonta se opaža u poređenju sa velikim objektima poznate linearne veličine (Ross i Plug, 2004). Teorije asimilacije pretpostavljaju postojanje dva stupnja. U prvom, objekti na zemlji blizu horizonta se perceptualno uvećavaju putem izvesnog procesa skaliranja veličine. U drugoj fazi, nebeski objekti blizu horizonta se asimiluju u istu skalu sa objektima na zemlji. Ove teorije se mogu oslanjati na hipotezu o invarijantnosti veličina-daljina prilikom objašnjenja uvećanja objekata na zemlji blizu horizonta, ali mogu uzeti u obzir i druge znakove za veličinu prisutne na terenu.

Kao test situacija za ovu grupu teorija, a koju one ne uspevaju da prođu, navodi se doživljaj mesečeve iluzije i iznad površine mora, s obzirom na to da se na njoj ne nalaze objekti poznate veličine.

Pokušaj pomirenja okulomotorne i teorije opažene distance

Potpuno objašnjenje mesečeve iluzije bi, prema Eganu (1998), trebalo da se sastoji iz dva dela: 1. objašnjenja karakterističnog (ili karakterističnih) uslova posmatranja meseca na horizontu koji izaziva njegovu veću opaženu veličinu (ili, alternativno, objašnjenja karakterističnog uslova posmatranja meseca u zenitu koji izaziva njegovu manju opaženu veličinu), što Egan naziva *distalnim znakom*, i 2. objašnjenja *unutrašnjeg procesa* ili *mehanizma* koji biva aktiviran distalnim znakom stvarajući doživljaj iluzije. Ovo objašnjenje bi takođe moralo da bude u stanju da objasni i sekundarni aspekt iluzije, tj. pojavu paradoksa veličine-daljine.

Od svih pomenutih, najšire prihvaćene i u isto vreme najviše testirane, su dve suprotstavljene teorije – okulomotorna i teorija opažene distance. U svetlu Eganovog viđenja potpune teorije mesečeve iluzije, pogledajmo kakvo reinterperiranje brojnih nalaza, koji govore za i protiv suprotstavljenih teorija, na kraju svog rada daje Suzuki: „[...] *vidljivi teren* izaziva promene u stanju *okulomotornog sistema* (akomodacija i konvergencija se podešavaju sa male na veliku daljinu), dok mesec u zenitu opažen na praznom prostoru kao pozadini izaziva miopiju praznog polja, kao i mikropsiju, a takve razlike u stanju okulomotornog sistema mogu rezultirati mesečevom iluzijom“ (2007, str. 65, kurziv dodala M.S.). Ukratko, iako vizuelno okruženje sa sigurnošću doprinosi mesečevoj iluziji, njegov doprinos je najverovatnije posredovan stanjem okulomotornog sistema, a ne invarijantnošću veličina-daljina.

Dakle, ono što Suzuki naziva vidljivim terenom, moglo bi predstavljati Eganov distalni znak, dok bi stanje okulomotornog sistema moglo biti unutrašnji proces aktiviran prisutnim terenom. Na ovaj način približili smo se Eganovom kriterijumu potpunog objašnjenja mesečeve iluzije. Doduše, samo približili, jer sudeći prema eksperimentima u kojima se iluzija javljala i u uslovima potpunog mraka, vidljivi teren jeste dovoljan, ali ne i nužan distalni znak⁵.

⁵ Iako nije nužan, moguće je da teren ipak jeste jedini distalni znak. U njegovom odsustvu, u situaciji potpunog mraka, jedino su još preostale informacije o pokretanju očiju gore-dole, zatim informacije iz vratnih mišića i vestibularnog aparata. Možemo pretpostaviti da informacije iz ovih izvora koje ukazuju na podignutost pogleda i/ili glave, predstavljaju uslovni stimulus za reakciju pojačavanja konvergencije i akomodacije, što je dalje znak da se radi o opažanju na maloj daljini. Alternativno, u slučaju da ukazuju na usparvan položaj

Završni osvrt

Uprkos mnogobrojnim eksperimentima i obimnosti iz njih proisteklih nalaza, mesečeva iluzija i dalje ostaje bez konačnog objašnjenja oko koga bi se svi istraživači jednoglasno složili. Možda se deo razloga ovakvog stanja nalazi u Eganovom (1998) stavu da „nema razloga za mišljenje da bi generalna teorija vizuelne percepcije mogla izroditi [...] objašnjenje mehanizma koji leži u osnovi mesečeve iluzije“ (str. 621). Naime, Egan smatra da iluzije generalno proističu iz kompleksne interakcije različitih nivoa vizuelnih procesa. Ova interakcija ne uključuje samo senzorne i perceptivne procese i strukturne karakteristike vizuelnog sistema, već i više, kognitivne procese. Usled toga, potpuno objašnjenje mesečeve iluzije zahteva razlučivanje i specifikovanje svakog pojedinačnog faktora koji joj doprinosi.

Zaokružujući ovaj pregled, možemo se opet složiti s Eganom (1998) da je nalaženje objašnjenja dodatno otežano činjenicom da još nemamo potpuno i precizno određen explanandum. On pritom ima na umu da nije jasno da li ispitanici kada saopštavaju da mesec na horizontu izgleda veće, pritom misle da izgleda kao veći objekat, ili da ispunjava više njihovog vizuelnog polja. Naime, Egan se ovde poziva na McCreadyja (1986) koji se zalaže za razlikovanje opažene veličine od opaženog ekstenziteta. Tako McCready smatra da za većinu ljudi mesec na horizontu pre ima veći opaženi ekstenzitet, nego veću opaženu veličinu. Oslanjajući se na ovakvo shvatanje, Egan ističe da je moguće da je tvrdnja da mesec na horizontu izgleda bliže, zapravo način na koji ispitanici saopštavaju da u nekom smislu izgleda istaknutije, ili da ispunjava više vizuelnog polja. Usled toga, paradoks veći-čine-daljine više ne zahteva objašnjenje u domenu procesa uključenih u opažanje daljine, već je pre reč o jezičkom problemu, tj. o problemu preciznog formulisanja opažaja posmatrača.

glave i/ili pogled upravljen napred, predstavljale bi uslovni stimulus za reakciju smanjivanja konvergencije i akomodacije, koja se javlja pri posmatranju udaljenih objekata. Status uslovnog stimulusa ove informacije bi, u slučaju da prihvatimo ovu pretpostavku, stekle na osnovu svakodnevnog iskustva u kome se javljaju istovremeno sa distalnim znakom, tj. objektima na terenu. Drugo je pitanje da li sam izgled terena, ili gradijent polja, predstavlja bezuslovni stimulus za reakciju akomodacije i konvergencije, ili se i on zasniva na iskustvu.

Ovoj nedoumici koja se tiče explananduma možemo dodati još dve - jednu koju su u svom radu istakli Wolbarsht i Lockhead i drugu na koju ukazuje Suzuki. Oslanjajući se na okulomotornu teoriju, Wolbarsht i Lockhead (1985) smatraju da suština iluzije nije u tome da se mesec na horizontu opaža većim, već da u zenitu izgleda manje. Naime, kao što je već rečeno, stanje akomodacije i konvergencije pri posmatranju meseca iznad glave dovodi do miopije praznog polja i mikropsije, što dalje rezultira opažajem *redukovanog meseca*.

I na kraju, Suzuki (2007) ističe da je važno imati na umu da se u mesečevoj iluziji radi o iluziji ugaone, a ne stvarne veličine. S obzirom na to da se konstantnost veličine tiče odnosa između stvarne veličine i stvarne daljine objekata, treba odustati od daljih pokušaja objašnjenja mesečeve iluzije terminima invarijantnosti veličina-daljina.

Literatura

- Boring, E. G. (1943). The moon illusion. *American Journal of Physics*, 11, 55-60.
- Coren, S. (1992). The moon illusion: a different view through legs. *Perceptual and Motor Skills*, 75, 827-831.
- Coren, S. i Aks, D. J. (1990). Moon illusion in pictures: A multimechanism approach. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 16, 365-380.
- Egan, F. (1998). The moon illusion. *Philosophy of Science*, 65, 604-23.
- Enright, J. T. (1989a). The eye, the brain, and the size of the moon: Toward a unified oculomotor hypothesis for the moon illusion. U M. Hershenson (Ed.), *The moon illusion*, 59-121. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Enright, J. T. (1989b). Manipulating stereopsis and vergence in an outdoor setting: Moon, sky and horizon. *Vision Research*, 29, 1815-1824.
- Gogel, W. C. i Mertz, D. L. (1989). The contribution of heuristic processes to the moon illusion. U M. Hershenson (Ed.), *The moon illusion*, 235-258. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Gregory, R. L. (1997). Visual illusions classified. *Trends in Cognitive Sciences*, 1, 190-194.
- Heuer, H. i Owens, D. A. (1989). Vertical gaze direction and the resting posture of the eyes. *Perception*, 18, 363-377.

- Holway, A. H. i Boring, E. G. (1940a). The moon illusion and the angle of regard. *American Journal of Psychology*, 53, 109-116.
- Holway, A. H. i Boring, E. G. (1940b). The apparent size of the moon as a function of the angle of regard: Further experiments. *American Journal of Psychology*, 53, 537-553.
- Iavecchia, J. H., Iavecchia, H. P. I Roscoe, S. N. (1983). The moon ilusion revisited. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 54, 39.
- Kaufman, L., Vassiliades, V., Noble, R., Alexander, R., Kaufman, J. i Edlund, S. (2007). Perceptual distance and the moon illusion. *Spatial Vision*, 20, 155-75.
- Kaufman, L. i Kaufman, J. H. (2000). Explaining the moon illusion. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97, 500-5.
- Kaufman, L. i Rock, I. (1962). The moon illusion, I. *Science*, 136, 953-962.
- Krupp, E. C. (2006). Fooled by the moon. *Sky and Telescope*, 111, 43-44.
- Leibowitz, H. W. i Owens, D. A. (1989). Multiple mechanisms of the moon illusion and the size perception. U M. Hershenson (Ed.), *The moon illusion*, 281-286. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- McCready, D. (1986). Moon illusions redescribed. *Perception and Psychophysics*, 39, 64-72.
- Osaka, R. (1962). Celestial illusion – an overview of the history and theories. *Psychologia*, 5, 24-31.
- Plug, C. i Ross, H. (2003). The moon illusion: still a mystery after 24 centuries of investigation. *South African Journal of Science*, 99, 309-11.
- Redding, G. M. (2002). A test of size-scaling and relative-size hypotheses for the moon illusion. *Perception and Psychophysics*, 64, 1281-89.
- Ress, W. G. (1986). The moon illusion. *Quarterly Journal of Royal Astronomy Society*, 27, 205-11.
- Rock, I. i Kaufman, L. (1962). The moon illusion, II. *Science*, 136, 1023-1031.
- Roscoe, S. N. (1989). The zoom-lens hypothesis. U M. Hershenson (Ed.), *The moon illusion*, 31-57. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Ross, H. (2000). Cleomedes (c. 1st century AD) on the celestial illusion, atmospheric enlargement, and size-distance invariance. *Perception*, 29, 863-71.
- Ross, H. i Plug, C. (2004). *The Mistery of the Moon Illusion: Exploring Size Perception*. Oxford: Oxford University Press.

- Suzuki, K. (1991). Moon illusion simulated in complete darkness: planetarium experiment reexamined. *Perception and Psychophysics*, 49, 349-54.
- Suzuki, K. (2007). The moon illusion: Kaufman and Rock's (1962) apparent-distance theory reconsidered. *Japanese Psychological Research*, 49, 57-67.
- Thor, D. H. i Wood, R. J. (1966). A vestibular hypothesis for the moon illusion. Rad prezentovan na *Annual meeting of the midwestern psychological association, Chicago*.
- Wolbarsht, M. L. i Lockhead, G. R. (1985). Moon illusion: a new perspective. *Applied Optics (USA)*, 24, 1844-7.

Marina Stošić

THEORIES OF THE MOON ILLUSION

Abstract

Firstly, the paper presents a phenomenological description of the moon illusion and its definition with regard to Gregory's classification of visual illusions. What follows is the classification of theories of the moon illusion and a detailed review of the most important of them. Key experiments are also described, starting from the oldest ones, conducted in the early forties of the last century, to those conducted at the end of the last century and at the beginning of this one. Led by Egan's understanding of an integral theory of the moon illusion, we then tried to unify both of the most prominent conflicting theories: the oculomotor theory and the apparent distance theory. Finally, we presented some reasons why the moon illusion, despite considerable interest of researchers and numerous experiments, still lacks a generally accepted theoretical explanation.

Keywords: *moon illusion, visual illusions, distance perception theory, oculomotor theory*