

Dr. Domen Kušar, Mateja Volgemut

Pomen in spremljanje prostorske predstave študentov arhitekture

Strokovni članek

UDK 378:72:159.937.52

KLJUČNE BESEDE: prostorska predstava, izobraževanje, opisna geometrija, arhitektura

POVZETEK – Prostorska predstava predstavlja eno od področij človekove sposobnosti. Ključna je za razumevanje okolja, v katerem se gibamo in smo. Posebej je pomembna pri odločanju o načinu urejanja prostora, zato je ključna za vse, ki v tem procesu sodelujejo. Raziskave, katerih rezultati skušajo odgovoriti na različna vprašanja, povezana s tem področjem, hkrati odpirajo celo vrsto novih. Fakulteta za arhitekturo Univerze v Ljubljani je institucija, ki izobražuje ljudi za delo s prostorom. V ta namen izvajamo dva študijska programa: Magistrski študij arhitekture in Dvostopenjski študij urbanizma. Na Fakulteti za arhitekturo zato že od leta 1999 vsako leto izvajamo testiranje prostorske predstave pri začetnikih. Prispevek (ki je del širše večletne raziskave o oblikovanju kvalitetnega bivalnega okolja v Sloveniji) analizira študentsko prostorsko predstavo ter vpliv le-te v pedagoškem procesu pri predmetu opisna geometrija.

Professional paper

UDC 378:72:159.937.52

KEYWORDS: spatial perception, education, descriptive geometry, architecture

ABSTRACT – Spatial perception is an area of human abilities. It is vital for understanding the environment in which we move and exist. It is particularly important in decision-making on methods of spatial organisation, therefore, it is crucial for all the participants in the process. The research results, focused on answering a range of questions related to this phenomenon, also open up a series of new questions. The Faculty of architecture at the University of Ljubljana is an institution educating people to work with space. To this end, it performs two study programmes: a Master's study programme in Architecture and a 2-level study programme in Urban planning. Since 1999, every year the Faculty of architecture has tested first-year students for spatial perception. The paper (which is part of a wider several-year-long research study on designing a quality living environment in Slovenia) analyses the students' spatial perception and its influence in the education process, i.e. in the subject of Descriptive geometry.

1. Uvod

Zagotavljanje kvalitetnega bivalnega okolja je primarni cilj vsake družbe. To je vrednota, ki jo je treba stalno razvijati. Vsak rad živi, biva in dela v urejenem, človeku prijaznem okolju. Čeprav je splošno pričakovano, da so glavni kreatorji urbanisti in arhitekti, naj bi v demokratičnih razmerah pri oblikovanju le-tega sodelovali vsi. Žal imamo ljudje različne poglede in kriterije za to, kaj je lepo, kvalitetno. Zato je gradnja v demokratičnih razmerah bolj zahtevna. Ljudje v demokratični družbi imajo namreč za dosego svojih ciljev različne pravne možnosti. Lahko ustavijo gradnjo, zahtevajo spremembe in podobno. Takih primerov je v Sloveniji v zadnjih letih bilo kar precej. Če k temu dodamo še možnost lažnih računalniško generiranih predstavitev ter željo

kapitala po gradnji predvsem dobičkonosnega okolja, je razumljivo, da so konflikti neizogibni.

Pri ustvarjanju bivalnega okolja so udeležene različne stroke s svojimi interesi, željami in tudi sposobnostmi. Prav sposobnost razumeti določen projekt v realnem prostoru z vsemi posledicami, ki jih bo povzročil, je zelo zahtevna naloga. Današnja tehnologija sicer omogoča izvrstne računalniške simulacije prihodnosti, vendar je za razumevanje umeščenosti objekta v prostor nujna dobra prostorska predstava.

Prostorska inteligenca, katere sestavni del je prostorska predstava, je sestavni del človeške sposobnosti. Poleg nje jo tvorijo še: lingvistična, matematična, gibalna, naravna in glasbena ali osebna inteligenca. Proučevanje prostorske predstave je relativno mlada disciplina. Kot začetnika raziskav s tega področja omenimo sira Francisa Galtna (Mohrer, 2008), ki je leta 1880 poročal o svojih eksperimentalnih raziskavah na področju miselne predstavljenosti. Za nadaljnje obdobje raziskav je pomembna potrditev obstoja prostorske predstave, ločene od splošne inteligence, in sicer s pomočjo psihometričnih študij.

J. P. Guilford (1996) je tako ugotovil štiri sestavine prostorske predstave (orientacijo v prostoru, zmožnost predstavitve tridimenzionalnega objekta na dvodimenzionalni medij in zmožnost določitve celotne kompozicije na osnovi poznavanja delcev, zmožnost iskanja prostorskih rešitev s pomočjo skic in sposobnost izražanja v tridimenzionalnem prostoru po verbalnih navodilih in zmožnost hitrih zaznav ter obnašanja v prostoru).

McGee (Gorska, 2005) je združil te elemente v dve močni skupini: prostorsko vizualizacijo in prostorsko orientacijo. Hkrati je ugotovil, da je težko postaviti ostro ločnico med posameznimi komponentami prostorske predstave oziroma določiti osnovne pojme. Štiri osnovne pojme sta tako določila Linn in Peterson (1986). Eden izmed pojmov je tudi miselno vrtenje, ki zajema sposobnost predstave hitrega in natančnega vrtenja dvo- ali tridimenzionalne slike oziroma predmeta. Kasneje so k temu dodali še peti pojem, in sicer "dinamično prostorsko sklepanje", ki vključuje presojo relativne hitrosti in razdalje (Law et al., 1993). Na osnovi analiz prostorske predstave je Yilmaz (2009) naredil model, ki predstavlja glavne komponente prostorske predstave. Te so:

- zaznavanje navidezno neorganizirane skupine delov v celoto (ang. *Closure speed*),
- prostorska orientacija oziroma orientacija v prostoru (ang. *Spatial orientation*),
- sposobnost dojetanja naravnih in umetnih objektov ter površin v posameznikovi okolici (ang. *Environmental ability*),
- sposobnost usmerjanja pozornosti na določen nabor elementov v različnih okoljih (ang. *Flexibility of closure*),
- prepoznavanje enakih objektov, četudi so prikazani pod drugim zornim kotom (ang. *Spatial relations*),

- sposobnost miselnega razvijanja plašča telesa oziroma miselno sestavljanje telesa na osnovi plašča (ang. *Spatial visualizations*),
- zmožnost predvidevanja posledic gibanja v prostoru (ang. *Spatiomemorial ability*),
- sposobnost hitre in natančne zaznave elementov prostoru, tudi če si sledijo v časovnem zaporedju (ang. *Perceptual speed*).

Kot vidimo, izraz “prostorska predstava” torej pokriva širše področje, ki ga tvori nabor različnih veščin. Posledica tega je tudi poimenovanje, ki združuje različne kombinacije besed “vizualno” in “prostorsko” s “predstavo”, “sposobnostjo”, “orientacijo”, “percepcijo”, zaznavo in podobno z namenom, da bi bolj natančno opredelili vsak element prostorskih sposobnosti. Ob tem nastane tudi zmeda zaradi različnih poimenovanj sestavnih delov, kar je verjetno posledica uporabe različnih tehnik analiz, ki se vleče tudi v sedanji čas. Zato v članku uporabljamo izraz “prostorska predstava” kot splošno priznani izraz, ne glede na dejstvo, da izbrani test miselnega vrtenja (*Mental rotating test*, v nadaljevanju MRT) pokriva le del širšega področja prostorske predstave – to je miselno vrtenje.

Po mnenju strokovnjakov sodeluje pri dojemanju prostora desna polovica možganov (Soros, 2010), saj je že vrsto let znano, da je desna hemisfera pri moškem spolu večja in se prej razvije kot pri ženskah (de Lacoste et al, 1991). To pa je verjetno tudi razlog, ki potrjuje razlike med spoloma pri rezultatih testov prostorske predstave. Razlika je najbolj očitna pri nalogah miselne rotacije, manj v orientaciji in nič v vizualizaciji (Haris, 1978; Linn in Peterson, 1986). Večina strokovnjakov priznava, da se razlike ne pokažejo do konca obdobja pubertete in da ima odraščanje velik vpliv na razvoj te sposobnosti (Nyborg, 1983).

Razvoj preučevanja prostorske predstave je zahteval tudi razvoj instrumentov za merjenje. Prvi bolj znani test je bil leta 1931 razvit *Mental Cutting Test* (v nadaljevanju MCT), leta 1971 pa sta Shepard in Metzler razvila rotacijski test (MRT) (1971). Oba testa sta splošno uporabljiva ne glede na dejstvo, da sta precej specializirana na določena področja. MRT je bolj specializiran za prostorske zaznave rotacije in zrcaljenja, MCT pa za odnose med ravnino in objektom. Celostno vrednotenje prostorske predstave želita pokriti DAT (*Differential Aptitude Test*, razvit leta 1990) in TPS (*Spatial Imagination Test*, razvit leta 2003) (Juscakova in Gorska, 2007). Vsi testi so izpostavljeni razvoju in izboljšavam. Suzuki in Shiina (1999) sta MRT transformirala in prečistila ter poenotila težavnost vsakega primera.

Pri raziskavah prostorske predstave gre običajno za enkratni dogodek, ki skuša zajeti določeno populacijo v določenem in krajevno omejenem območju. Rezultati testov so si večinoma podobni in kažejo razliko med spoloma in napredek po letu študija (Leopold et al., 2001). Dolgoročnih raziskav s področja prostorskih predstav ni veliko, pa še te so omejene na krajše časovno obdobje, npr. dveh let (Takeyama et al., 1999). Vzroki za tako stanje so v velikem številu dejavnikov, ki vplivajo na razvoj prostorske predstave generacij. Hkrati je za realno primerjavo treba imeti enake pogoje testiranja, kar pomeni, da so različne izboljšave testiranja v tem primeru vpra-

šljive, ne glede na prednosti, ki jih sicer prinašajo. Pogoje izvajanja testa smo zato na Fakulteti za arhitekturo Univerze v Ljubljani (v nadaljevanju FA) postavili že leta 1999 in se jih nato ves čas držali. To nam je omogočilo realno primerjavo generacij.

Testirana populacija študentov prvega letnika FA je zanimiva tudi zaradi tega, ker na FA izobrazimo največje število arhitektov v Sloveniji. Interes za vpis je velik, in to ne glede na slabo situacijo glede zaposlitev. Zaradi tega ima FA sprejemne izpite, na katerih sprejme le najboljše kandidate oziroma kandidate z najboljšo prostorsko predstavo (Kušar, 2004). Zato lahko upravičeno sklepamo, da predstavljajo študenti FA verjetno najboljši del svoje generacije glede prostorske predstave.

Dolgoročna analiza je pomembna tudi glede mnenja, da naj bi raven znanja matematike in tehnike pri novih študentih upadal po vsej Evropi. Ali temu padcu sledi tudi padec ravni prostorske predstave? Razloge za pritrditev teze bi verjetno našli v okolju, kjer živimo. Nova informacijska tehnologija je prinesla tudi nove vzorce obnašanja mladine. Tradicionalnih iger otrok in mladostnikov je vse manj, saj jih nadomeščajo digitalne in virtualne igre. Posledica tradicionalnih prostorskih iger je bila razvijanje prostorske predstave, ki so ga te igre vsebovale. Kakšne posledice ima ta menjava, je težko reči, saj po drugi strani informacijska tehnologija omogoča lažje dojetje prostora in odnosov v njem. Zato so rezultati, ki bi pokazali dolgoročne trende na tem področju, še kako pomembni (Kušar in Volgemut, 2014).

Leta 2010 je bil pri vhodnih podatkih vključen tudi podatek o desničarjih in levičarjih. Glede na že opisano, naj bi obstajala razlika med eno in drugo skupino ljudi. Kot trdi Santrock (2008), naj bi imeli levičarji bolj razvito prostorsko predstavo kot desničarji. Tudi delež levičarjev med arhitekti naj bi bil večji glede na delež, ki ga imajo v celotni populaciji.

2. Materiali in metode

Hipoteze

H1: Podatki različnih strokovnjakov kažejo na padanje prostorske predstave. Sodobni način življenja zahteva po eni strani manj spretnosti za gibanje in orientacijo v prostoru, saj različne elektronske naprave nadomeščajo to spretnost. Hkrati pa pri mladini opazujemo, da več časa preživijo pred različnimi slikovnimi zasloni. Posledično ga porabijo manj za različne igre, kjer je potrebna prostorska predstava. Zato predvidevamo, da v daljšem časovnem obdobju prostorska predstava pada.

H2: Večina raziskav potrjuje razlike med žensko in moško populacijo (Tutsumi et al., 2005) ter med levičarji in desničarji (Holder, 1997). Slednjo utemeljujejo z razliko v uporabi možganov. Tako naj bi imeli levičarji boljše prostorsko predstavo od desničarjev. Prav zato naj bi bil med arhitekti tudi večji delež levičarjev kot v ostali populaciji. V raziskavi smo zato želeli preveriti te trditve.

H3: Opisna geometrija je predmet, ki naj bi pomagal razvijati prostorsko predstavo (Saito et al., 1998). Gre predvsem zato, da je za uspešno delo pri tem predmetu treba razvijati spretnosti, ki so zajete v širšem smislu obvladovanja prostora, manipulaciji z elementi znotraj prostora in predstavitvi prostora in elementov v prostoru na običajno dvodimenzionalni medij. Rezultati raziskav uspešnosti različnih metod za izboljšanje prostorske predstave kažejo, da je možno prav z nekaterimi nalogami, ki so blizu konstrukcijam v opisni geometriji, izboljšati to veččino. Problem je bil tu zastavljen obratno. Ali imajo študenti z boljšo prostorsko predstavo tudi boljšo oceno vaj oziroma kolokvijev in izpitov?

Na Fakulteti za arhitekturo Univerze v Ljubljani vsako leto v začetku študijskega leta izvedemo test prostorske predstave. Testiranje izvajamo v začetku študijskega leta. Pri tem sodelujejo študenti prvih letnikov. To testiranje izvajamo že od leta 1999. V ta namen uporabljamo t.i. MRT. Ne glede na možnosti, ki nam jih ponuja informacijska tehnologija, ostaja način izvedbe vsa leta enak. S tem zagotavljamo ustrezne pogoje za vrednotenje in primerjavo rezultatov. Do sedaj je test reševalo skupaj 2419 študentov. Rešene pole ocenimo glede na kriterije, podanih v navodilih za reševanje. To storimo ne glede na dejstvo, da bi drugačen način ocenjevanja dal morda boljše rezultate – kar zadeva normalno razporeditev rezultatov (Bolcskei et al., 2013), ki jih za to področje lahko pričakujemo.

Rezultate smo nato statistično ovrednotili glede na postavljene hipoteze. Trendno črto naraščanja/padanja prostorske predstave smo naredili glede na povprečno oceno populacije oziroma segmenta ženske in moške populacije.

Primerjavo med levičarji in desničarji smo naredili s pomočjo podatkov, ki jih zbiramo in obdelujemo od leta 2010 dalje. Primerjava je narejena s pomočjo frekvenčne porazdelitve v 20 razredov doseženih točk (prvi razred 40, 39; drugi 38, 37; tretji 36, 35...). Ugotavljali smo, koliko študentov se uvrsti v kateri razred. Tu je treba poudariti, da je bilo število levičarjev majhno (84), desničarjev pa veliko (762), vendar še vedno v okviru deleža v populaciji.

Razvrščanje v razrede smo uporabili tudi razporeditvi rezultatov zadnje obravnane populacije – za leto 2014. Na enak način s pomočjo frekvenčne porazdelitve v 20 razredov smo skušali ugotoviti tudi normalno porazdelitev rezultatov.

Uspešnost pri predmetu v letu 2014 smo ugotavljali na dva načina. Prvi način je bil ugotavljanje povezav med uspešnostjo na kolokvijih in rezultati prostorske predstave. Pri opisni geometriji imamo vsak semester prvega letnika en sklop kolokvijev, ki zajema tri krajše kolokvije. Kolokvijske naloge so pripravljene na listih in jih študenti rešujejo z risarskim priborom brez uporabe dodatnih informacij oziroma gradiva. Prvi sklop kolokvijev obravnava t.i. Mongeovo projekcijo. Drugi sklop pa obravnava poševno projekcijo (sence), aksonometrijo in centralno projekcijo. Pri rezultatih kolokvija smo upoštevali končno oceno kolokvijev, ki pomeni povprečno oceno vseh treh kolokvijev. Kolokviji so ocenjeni z 1–10 (ocene od 1–5 so negativne, najvišja ocena je 10). V tabeli smo razdelili uspešnost pri MRT na 20 razredov (kot je že predhodno opisano). Študentom, uvrščenim v posamezni razred, smo določili

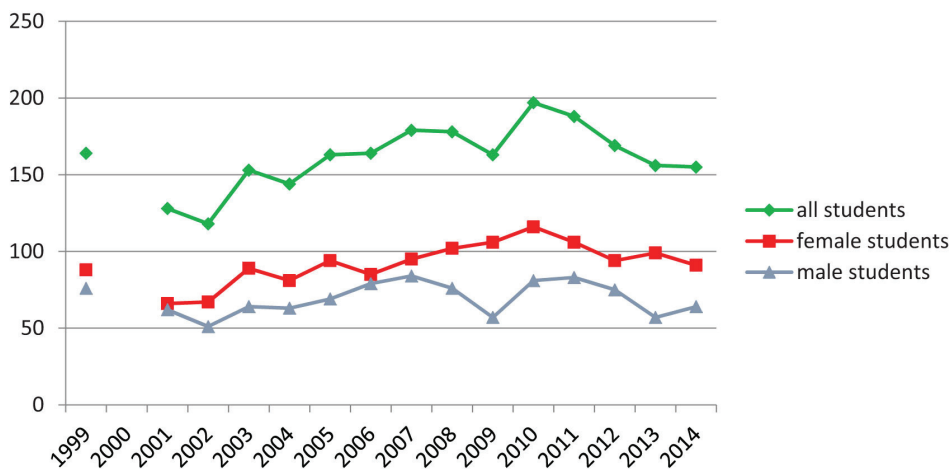
skupno povprečno oceno kolokvijev. Primerjavo smo naredili tako za prvi semester – 1. sklop kolokvijev, kot tudi za drugi semester – 2. sklop kolokvijev.

Drugi način preverjanja povezave rezultatov MRT z rezultati pri predmetu smo izvedli s primerjavo ocen dveh vaj, katerih vsebina je podobna MRT. Gre za vaje, kjer se zahteva uporaba vrtenja (določitev prave velikosti kota, oddaljenost točke do premice...). Vaje študenti izdelajo doma in jih nato prinesejo v oceno. Pri vsaki vaji je možno dobiti največ 2 točki – torej za obe vaji skupaj 4. Zopet smo uspeh pri MRT razdelili na 20 razredov. Za vsak razred pa ugotovili uspešnost pri vajah.

3. Rezultati in diskusija

Testiranja se je v letih od 1999 do 2014 udeležilo 2419 študentov, od tega je bilo 1379 študentk in 1041 študentov (graf 1). Število študentov po letnikih niha od 128 leta 2002 do 197 leta 2010. Po tem letu opazamo zniževanje števila študentov. Testiranja se je vsa leta udeležilo več študentk kot študentov. To je posledica dejstva, da se na FA vpiše več študentk.

Graf 1: Število študentov, ki opravijo test po letih

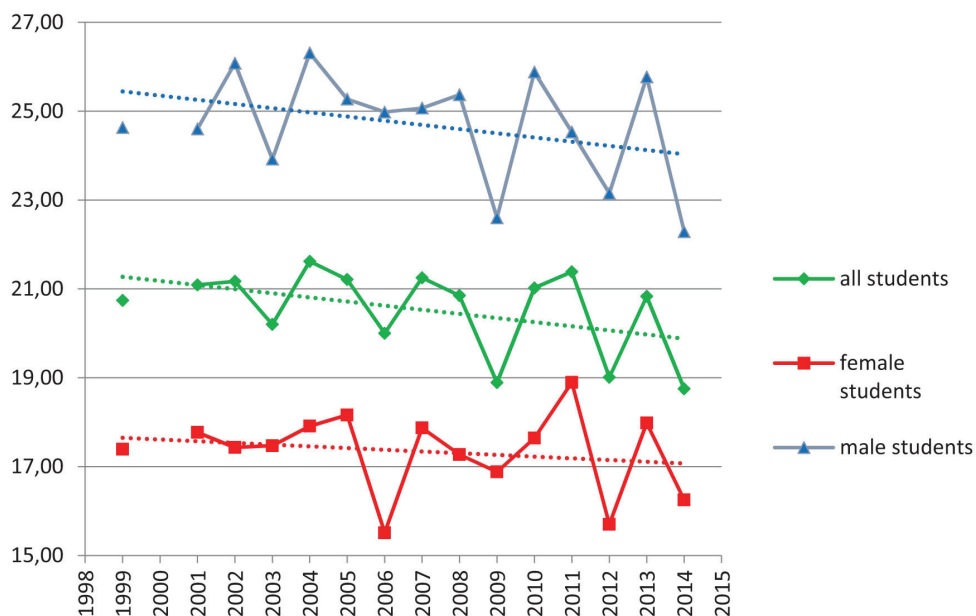


Trend rasti/padanja ravni prostorske predstave na FA

Primerjava rezultatov kaže nihanje prostorske predstave pri celi populaciji (graf 2). Zanimiv je bil trend velikega padca vsake tri leta, vendar je razlika statistično dokazljiva le za leti 2009 ($P < 0.05$) in 2012 ($P < 0.05$). V letih 2003 ($P = 0.969872$)

in 2006 ($P = 0.389689$) razlika statistično ni dokazljiva. Rezultati iz leta 2014 ne potrjujejo rednega triletnega nihanja, saj je bil leta 2014 nepričakovano velik padec, ki je tudi statistično dokazljiv ($P < 0.05$). Temu dejstvu lahko pritrdijo tudi delni rezultati glede na spol, kjer tovrstno nihanje ni bilo izrazito.

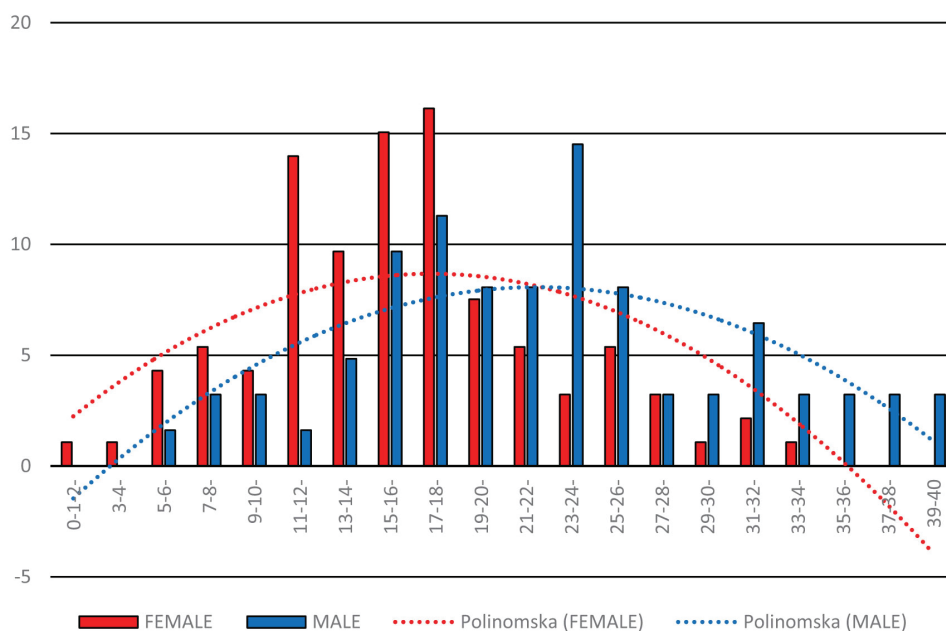
Graf 2: Doseženo število točk po skupinah: celotna generacija, moški, ženske v letih 1998–2014



Razlika med spoloma se kaže skozi vsa leta testiranja. Razlika se kaže tako v povprečju kot tudi pri razvrstitvi študentov glede na doseženo število točk v 20 razredov (graf 3). Pri ženski populaciji prevladuje razvrstitev v razrede doseženih 11–18 točk, ki izstopajo glede na ostale. Pri moški populaciji je ta razlika manj izrazita, večina pa se giblje v razredih, doseženih 15 do 25 točk. Ali je to posledica prostorske predstave ali pa ima to drug vzrok, je težko reči. Ne glede na trditve nekaterih znanstvenikov (Hooven et al., 2008) rezultati, pridobljeni po novem ocenjevanju (Bolcskei et al., 2013), ki naj bi bolj objektivno ocenilo primere, kadar je vsaj en odgovor pravilen, potrjujejo razliko.

Trendna črta v vseh primerih nakazuje nižanje nivoja prostorske predstave.

Graf 3: Rezultati študentov pri MRT. Primerjava deležev (%) moških in žensk glede na razrede doseženih točk



Razlika med desničarji in levičarji

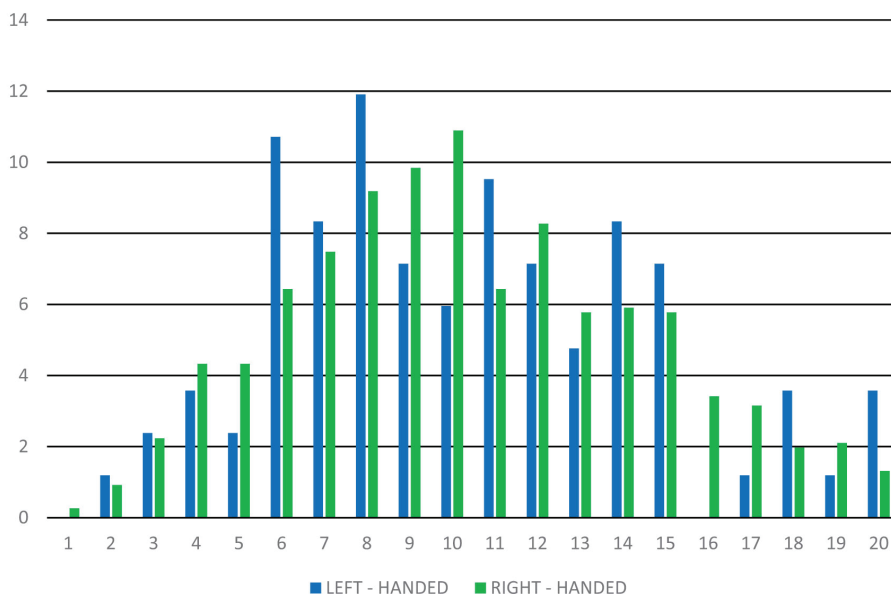
Raziskava uspešnosti levičarjev in desničarjev je v letih 2010–2014 pokazala le majhno razliko (20.283 : 20.404) v korist levih (graf 4). Razlika ni statistično dokazljiva. Tu je treba tudi opozoriti, da je bilo število levičarjev proti desničarjem majhno (84 : 762). Vendar delež testiranih levičarjev (9,9%) ustreza deležu v populaciji, ki ni natančno določen, gibal naj bi se okoli 10 odstotkov, oziroma med 5 in 30 odstotki (Holder, 1997).

Vrednotenje ocene pri predmetu opisna geometrija in MRT

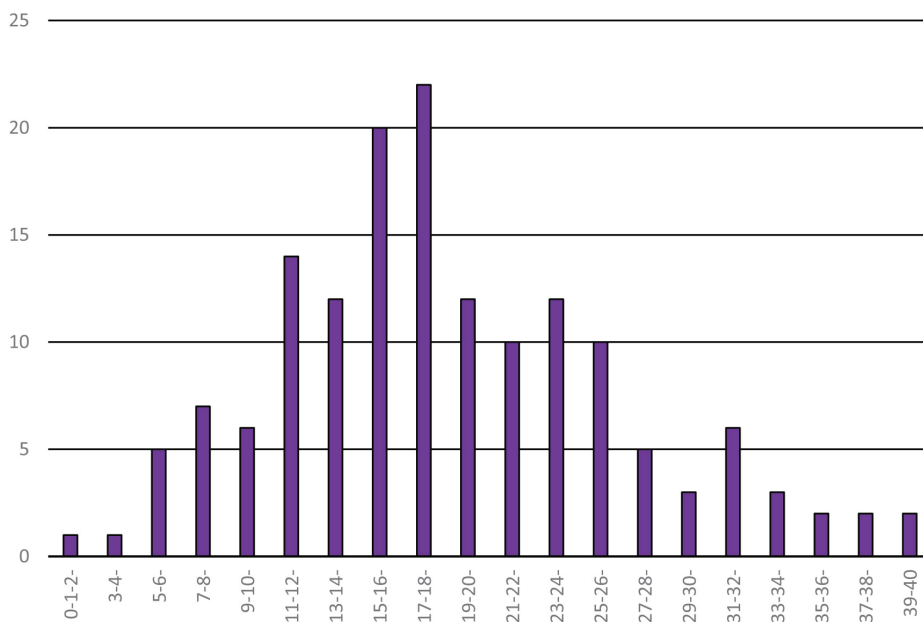
Pri obravnavanju povezav med uspešnostjo reševanja MRT in uspehom pri predmetu opisna geometrija smo obravnavali le tiste študente, ki so opravili oboje, se pravi MRT ter kolokvije in/oziroma vaje.

Frekvenčna porazdelitev uspešnosti študentov pri MRT v 20 razredov kaže, da je največji delež študentov dosegel med 15 in 18 točk (graf 5). Porazdelitev ne ustreza normalni porazdelitvi vzorca. Glede na število testiranih ($n = 155$) normalne razporeditve ni pričakovati.

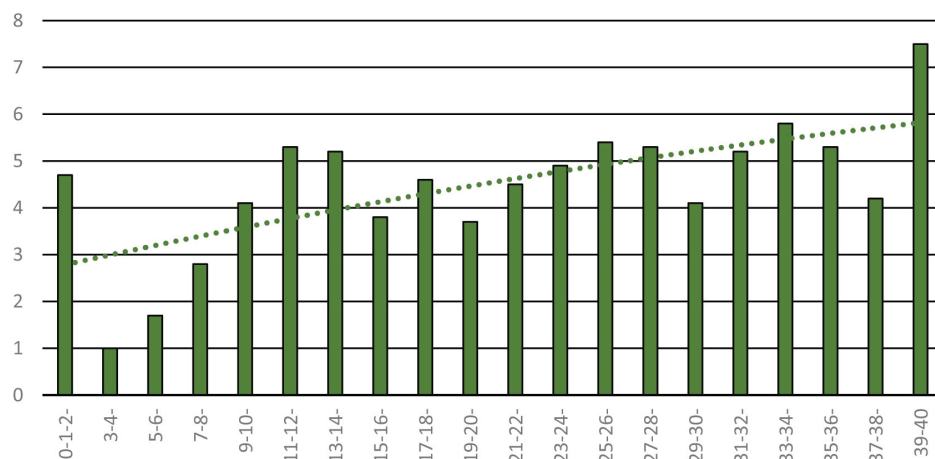
Graf 4: Rezultati študentov pri MRT. Primerjava deleža (%) študentov – levičarjev in desničarjev glede na razrede doseženih točk



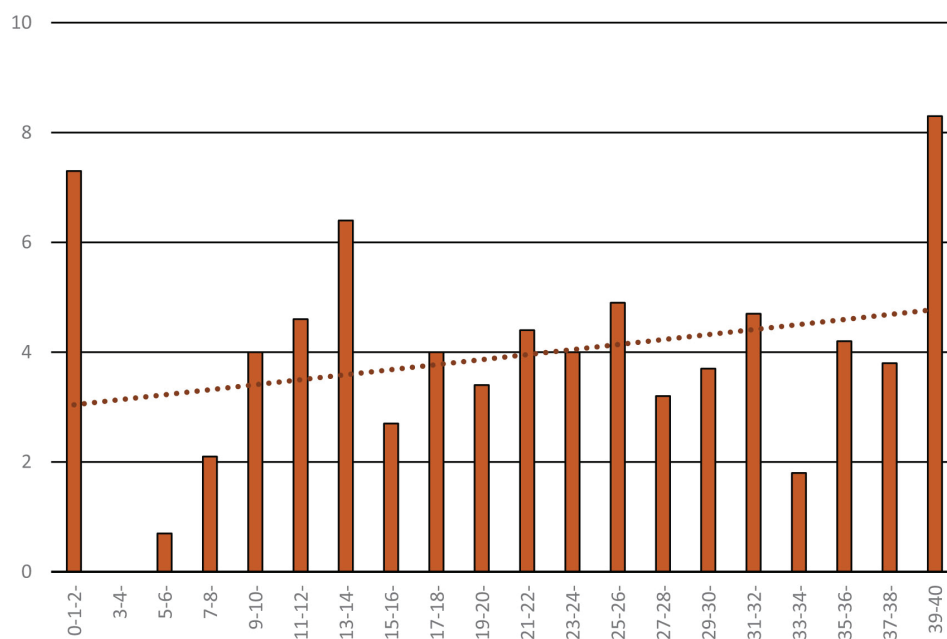
Graf 5: Delež (%) študentov po razredih glede na doseženo število točk pri MRT v letu 2014



Graf 6: Povprečna ocena 1. sklopa kolokvijev glede na razrede doseženih točk pri MRT v letu 2014



Graf 7: Povprečna ocena 2. sklopa kolokvijev glede na razrede doseženih točk pri MRT v letu 2014



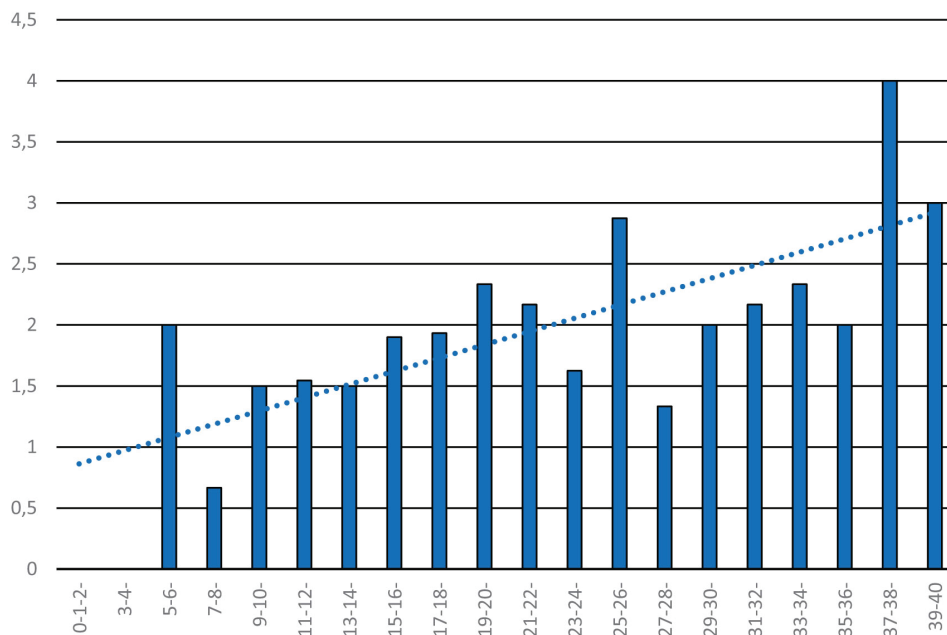
Graf rezultatov (graf 6) kaže, da so pri prvem kolokviju najmanj uspešni tisti, ki so pri MRT dosegli od 3 do 10 točk, najbolj pa tisti, ki so dosegli največ točk. Trendna

črta sicer kaže, da so boljši pri MRT tudi boljši pri kolokviju. Kljub temu pa velik uspeh tistih z najnižjim številom točk pri MRT postavlja dvom v pravilnost prejšnje trditve. K temu pripomorejo tudi rezultati primerjave drugega kolokvija z rezultati MRT (graf 7). Ti kažejo bolj ali manj podoben uspeh v vseh skupinah z izjemo najboljših pri MRT. Ti so najboljši tudi pri kolokviju. Kolokviji ne vsebujejo samo nalog, kjer je potrebna miselna rotacija. Vsebujejo tudi druge elemente prostorske predstave. Zato je razumljivo, da rezultati MRT niso v neposredni povezavi.

Vrednotenje 14. in 15. vaje ter MRT

14. in 15. vaja prvega semestra sta izrazita primera vaj, kjer je potrebna uporaba miselnega vrtenja. Zato je bilo pričakovano, da bodo boljši pri MRT tudi boljši pri teh vajah. To se je tudi pokazalo v raziskavi (graf 8). Povezava med obema je tu očitna in logična glede na podobno tematiko. Rezultati raziskav primerjave kolokvijskih nalog in vaj potrjujejo tezo o obstoju različnih področij prostorske predstave. Ni nujno, da je študent dober na enem področju tudi dober pri drugem. Poleg tega ne smemo zanemariti dejstva, da na delo pri predmetu vplivajo ne samo prostorska sposobnost, temveč tudi druge človeške lastnosti, kot so delavnost, natančnost, organiziranost (redna oddaja), študij literature, spletnih aplikacij in podobno.

Graf 8: Rezultati študentov pri oddaji 14. in 15. vaje v letu 2014. Povprečna ocena vaje glede na razrede doseženih točk



4. Sklep

Raziskava je potrdila prvo hipotezo o padanju prostorske predstave. Trend padanja ni strm niti zvezen, pač pa gre za velika nihanja med generacijami.

Raziskava je pokazala pričakovano razliko med moško in žensko populacijo in s tem potrdila ta del hipoteze. Ne glede na rezultate nekaterih drugih raziskav razlike med levičarji in desničarji zaenkrat nismo zaznali.

Primerjava z rezultati pri delu na FA je pokazala zanimiva dejstva. Vpliv na kolo-kvije, zlasti drugega je majhen. To lahko deloma pripišemo dejstvu, da MRT pokriva področje miselne rotacije, ostala pa ne oziroma bistveno slabše. Temu pritrjujejo tudi primerjava rezultatov vaj, kjer je potrebna spretnost prostorske rotacije. Tam študenti, ki so se izkazali pri MRT, bolje rešijo tudi šolske vaje. Tretja hipoteza je torej deloma potrjena, a le v delu, ki je bližje vsebini MRT.

Raziskava je pokazala tudi omejitve, ki jih prinaša MRT test zaradi ozkosti področja prostorske predstave, ki ga pokriva. Področje prostorske predstave tako še naprej predstavlja izziv za raziskave, v katere bo treba vključiti še nekatere druge teste glede zagotavljanja celostnega pogleda na to področje.

Domen Kušar, PhD, Mateja Volgemut

Significance and monitoring of spatial perception in students of architecture

Spatial perception is an area of human abilities. It is vital for understanding the environment in which we move and exist. It is particularly important in decision-making on methods of spatial organisation, therefore, it is crucial for all the participants in the process. The research results, focused on answering a range of questions related to this phenomenon, also open up a series of new questions.

The Faculty of architecture at the University of Ljubljana is an institution educating people to work with space. To this end, it performs two study programmes: the Master's study programme in Architecture and the 2-level study programme in Urban planning. Since 1999, every year the Faculty of architecture has tested first-year students for spatial perception. The paper (which is part of a wider several-year-long research study on designing a quality living environment in Slovenia) analyses the students' spatial perception and its influence in the education process, i.e. in the subject of Descriptive geometry.

The creation of a living environment entails different professions and their interests, wishes and capabilities. Hence, the ability to understand a certain project in real space with all the resulting consequences is a very demanding task. The current technology enables excellent computer simulations of the future; however, to understand the spatial placement of a structure, it is also vital to have a sound spatial perception.

Spatial intelligence, which includes spatial perception, is an integral part of human abilities. These also comprise linguistic, logical-mathematical, bodily-kinaesthetic, naturalistic, musical-rhythmic and harmonic, and personal intelligence. The study of spatial perception is a relatively young discipline. The pioneer in researching this area was Sir Francis Galton (Mohrer, 2008), who reported his experimental research on mental perception in 1880. For the next period of research, it is essential to confirm the existence of spatial perception as separated from the general intelligence, namely by using psychometric studies.

The expression “spatial perception” covers a wide area comprising a range of skills. The result is an appellation combining different combinations of the words “visual” and “spatial” with “notion”, “ability”, “orientation”, “perception”, “detection” and similar in order to more accurately define each spatial ability element. This has produced some confusion due to the different appellation of component parts, most likely as a result of using different analysis techniques, extending to this day. Hence, this article uses the term “spatial perception” as a generally recognised term, irrespective of the fact that the selected Mental Rotation Test (hereinafter: MRT) covers only part of the broader area of spatial perception, i.e. mental rotation.

The development of the spatial perception study also entailed the development of measuring instruments. The first better known test, i.e. the Mental Cutting Test (hereinafter: MCT), was developed in 1931, while Shepard and Metzler developed the rotation test (MRT) in 1971 (1971). Both tests are generally applicable, despite the fact that they were quite specialised for certain areas. The MRT is more specialised in the spatial perceptions of rotation and mirroring, while MCT specialises in the relations between plain and structure. The DAT (Differential Aptitude Test, developed in 1990) and TPS (Spatial Imagination Test, developed in 2003) (Juscakova and Gorska, 2007) aim to cover the overall evaluation of spatial perception. All the tests have been subjected to development and improvements. Suzuki and Shiina (1999) transformed and refined the MRT, standardising the difficulty of each case.

Spatial perception research normally involves a one-time event aiming to capture a certain population in a defined and locally limited area. Test results are mostly similar and show a difference between genders and progress after a year of studies (Leopold et al., 2001). There have been only a few long-term research studies in spatial perception, and even these are limited to a short period of time, e.g. 2 years (Takeyama et al., 1999). The reasons for this situation lie in the multitude of factors influencing the development of spatial perception over generations. At the same time, to make a realistic comparison, it is necessary to have the same testing conditions, meaning that the various improvements to the tests may be questioned in such a case, irrespective of the advantages gained. For these reasons, the conditions for performing the test at the Faculty of architecture of the University of Ljubljana (hereinafter: FA) were set in 1999 and have been strictly followed since then, enabling us to make a realistic comparison of generations.

The tested population of the first-year FA students is interesting, because the FA educates the largest number of architects in Slovenia. There is a great interest in en-

rolment in the FA, despite the poor employment situation. Consequently, the FA holds additional qualifying examinations, based on which only the best candidates or, rather, the candidates with the best spatial perception are admitted (Kušar, 2004). It may, therefore, be reasonably inferred that the FA students represent the best part of its generation in terms of spatial perception.

In our research, three hypotheses were set up.

H1: The data provided by various experts show a decrease in spatial perception. On the one hand, the modern lifestyle requires fewer skills to move and orientate in space, since various electronic devices have replaced that skill. On the other hand, however, it has been noticed that young people spend more time in front of display screens, and as a result, less time is spent on games requiring spatial perception. It is therefore expected that spatial perception decreases over a long period of time.

H2: Most research studies confirm the differences between the female and male population (Tutsumi et al., 2005), and between left- and right-handed persons (Holder, 1997). The latter is substantiated by the difference in the use of brain hemispheres. Hence, left-handed persons are considered having better spatial perception than right-handed persons, and due to this fact, there should also be a larger share of left-handed persons among architects than in the remaining population. The researched sought to verify these claims.

H3: Descriptive Geometry is a subject that aims to develop spatial perception (Saito et al., 1998). This primarily means that in order to be successful in the subject, it is necessary to develop the skills captured in the broader sense of spatial management, in manipulation of elements within a space, and in the presentation of space and elements within a space on what is normally a 2-dimensional medium. The research on the success of different methods to improve spatial perception proved that it is possible to improve the skill with certain tasks that come close to structures in descriptive geometry. Here, the problem was set vice versa, i.e. whether students with better spatial perception also have better grades in tutorials, midterm exams or exams.

Annually, at the beginning of the academic year, the FA conducts a spatial perception test with first-year students. The testing has been conducted since 1999. To this end, the MRT has been used. Regardless of the possibilities provided by information technology, the method of performing the test has remained the same since its beginning, providing suitable conditions for evaluation and comparison of results. Test sheets are assessed using the criteria given in the instructions for completion. This is done despite the fact that some other method of assessment may provide better results, considering the normal distribution of results (Bolcskei et al, 2013), than expected for the area.

The results were statistically evaluated according to the set hypotheses. The trend line showing an increase/decrease in spatial perception was made with respect to the average grade of the population or the segments of female and male population.

Between 1999 and 2014, 2419 students took the tests, 1379 of whom were female and 1041 were male. The number of students by year fluctuated from 128 in 2002 to 197 in 2010. Since 2010, the number of students has decreased. Throughout the period, more

female students than male students attended the tests. This is due to the fact that more female students enrol in the FA.

The research confirmed the first hypothesis on the decline of spatial perception. The declining trend is not steep or continuous, but involves significant fluctuations between generations.

The research revealed the expected difference between the male and female population, thus confirming that part of the hypothesis. Regardless of the results of some other studies, no differences were detected between left-handed and right-handed persons.

The comparison with the results achieved during work at the FA revealed some interesting facts. The influence on midterm exams, particularly the second one, is small. This can partly be attributed to the fact that the MRT covers the area of mental rotation, while other areas are not covered at all or only slightly. This was also confirmed by comparing the results achieved in exercises requiring the spatial rotation skills. Students who performed well at MRT also performed the exercises better. The third hypothesis was thus partially confirmed, but only in the part closer to the MRT content. The research also revealed the limitations of the MRT due to the narrow area of spatial perception it covers. The area of spatial perception hence continues to pose a challenge for research studies, which will need to include some other tests in terms of providing an overall perspective of the area.

LITERATURA

1. Bolcskei, A., Kovacs, A.Z., Kušar, D. (2013). New ideas in scoring the Mental rotation test. *Ybl Journal of built environment*, 1, št. 1, str. 59–69.
2. Casey, B., Erkut, S., Ceder, I., Young, J. M. (2008). Use of a storytelling context to improve girls' and boys' geometry skills in kindergarten. *Journal of applied developmental psychology*, 29, št. 1, str. 29–48.
3. Csilla, S. (2010). Measurement of development of spatial ability of Hungarian engineering students – questions and results. 2nd Croatian Conference on geometry and Graphics: Abstracts, Šibenik, Hrvatska, str. 36.
4. Gilford, J.P. (1996). *Personality*. New York : McGraw-Hill.
5. Gorska, R. (2005). Modern Research on Spatial Abilities – An Overview and New Results. 11th Scientific and professional Colloquium of CSCGCG: zbornik povzetkov, Varaždinske toplice, Hrvatska.
6. Holder, M.K. (1997). Why are more people right-handed? *Scientific American*. Pridobljeno dne 10.9.2014 s svetovnega spleta: <http://www.scientificamerican.com/article/why-are-more-people-right/>.
7. Hooven, C., Chabris, C.F., Ellison, P.T., Kievit, R.A., Kosslyn, S.M. (2008). The Sex Difference on Mental Rotation Tests Is Not Necessarily a Difference in Mental Rotation Ability. Christopher F. Chabris. Pridobljeno dne 1.8.2014 s svetovnega spleta: <http://www.chabris.com/Hooven2008.pdf>.
8. Huttenlocher, J., Newcombe, N., Vasilyeva, M. (1999). Spatial scaling in young children. *Psychological Sciences*, 10, št. 5, str. 393–398.
9. Juscakova, Z., Gorska, R. (2007). TPS test development and application into research on spatial abilities. *Journal for geometry and Graphics*, 11, št. 2, str. 223–237.
10. Kožuh, B. (2000). Statistične obdelave v pedagoških raziskavah. Ljubljana: Filozofska fakulteta.

11. Kušar, D. (2004). Prostorska predstava študentov Fakultete za arhitekturo v Ljubljani. *Arhitekturne raziskave*, 5, št. 1, str. 66–70.
12. Kušar, D., Volgemut, M. (2014). Thirteen years of MRT, results, options and dilemmas. 16th International Conference on Geometry and Graphics: Proceedings, Innsbruck, Austria, str. 1248–1256.
13. Lacoste, M.C., Horvath, D.S., Woodward, D.J. (1991). Possible sex differences in the developing human fetal brain. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 13, št. 6, str. 831–846.
14. Law, D.J., Pellegrino, J.W., Hunt, E.B. (1993). Comparing the tortoise and the hare: gender differences and experience in dynamic spatial reasoning tasks. *Psychological Science*, 4, št. 1, str. 35–40.
15. Leopold, C., Gorska, R.A., Sorby, S.A. (2001). International Experiences in Developing the spatial visualisation abilities of engineering students. *Journal for geometry and Graphics*, 5, št. 1, str. 81–93.
16. Linn, M.C., Petersen, A.C. (1986). A meta-analysis of gender differences in spatial ability: Implications for mathematics and science achievement. In J. S. Hyde & M. C. Linn (Eds.), *The psychology of gender: Advances through meta-analysis*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
17. McGee, M.G. (1979). *Human Spatial Abilities: Psychometric studies and environmental, genetic, hormonal and neurological influences*. *Psychological Bulletin*, 86, št. 5, str. 899–918.
18. Mohler, J. (2008). A review of spatial ability research. *Engineering Design Graphics Journal*, 72, št. 3, str. 19–30.
19. Nyborg, H. (1983). Spatial ability in men and women: Review and new theory. *Advances in Behaviour Research and Therapy*, 5, št. 2, str. 89–140.
20. Saito, T., Suzuki, K., Jingu, T. (1998). Relations between spatial ability evaluated by a Mental cutting test and engineering graphics education. 8th international conference on engineering computer graphics and Descriptive geometry: Proceedings, Austin, Texas, str. 231–235.
21. Santrock, J. W. (2008). *Motor, Sensory, and Perceptual Development. A Topical Approach to Life-Span Development*. Boston: McGraw-Hill Higher Education.
22. Schaik, L. (2008). *Spatial Intelligence*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
23. Shepard, R. N., Metzger, J. (1971). Mental rotation of three-dimensional objects. *Science*, 171, št. 3972, str. 701–703.
24. Shiina, K., Suzuki, K. (1999). Design of modified mental rotation test and its error analysis. *Journal for geometry and Graphics*, 3, št. 2, str. 211–219.
25. Shiina, K., Short, D. R., Miller, C. L., Suzuki, K. (2001). Development of software to record solving process of a mental rotating test. *Journal for geometry and Graphics*, 5, št. 2, str. 193–202.
26. Takeyama, K., Maeguchi, R., Chibana, K., Yoshida, K. (1999). Evaluation of Objective test using a pair of orthographic projections for descriptive geometry education. *Journal for geometry and Graphics*, 3, št. 1, str. 99–111.
27. Tutsumi, E., Schrockner, H.P., Stachel, H., Weiss, G. (2005). Evaluation of students' spatial abilities in Austria and Germany. *Journal for geometry and Graphics*, 9, št. 1, str. 107–117.
28. Yilmaz, B. (2009). On the development and measurement of spatial ability. *International Electronic Journal of Elementary Education*, 1, št. 2, str. 83–96.

Dr. Domen Kušar (1970), docent na Fakulteti za arhitekturo Univerze v Ljubljani.
Naslov: Zoisova cesta 12, 1000 Ljubljana, Slovenija; Telefon: (+386) 01 200 07 56
E-mail: domen.kusar@fa.uni-lj.si

Mateja Volgemut (1978), asistentka na Fakulteti za arhitekturo Univerze v Ljubljani.
Naslov: Zoisova cesta 12, 1000 Ljubljana, Slovenija; Telefon: (+386) 01 200 07 56
E-mail: mateja.volgemut@fa.uni-lj.si