

▣ Digitalizacija in prilagoditev psihološkega testa za uporabo s sistemom za spremljanje očesnih gibov

Vida Groznik^{1,2,3}

¹Univerza na Primorskem, Fakulteta za matematiko, naravoslovje in informacijske tehnologije, Glagoljaška 8, 6000 Koper

²Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko, Večna pot 113, 1000 Ljubljana

³NEUS Diagnostics, d.o.o., Zihlerova ulica 40E, 1000 Ljubljana
vida.groznik@famnit.upr.si

Izvleček

Demenca je najpogostejša nevrološka motnja, za katero po svetu boleha okoli 50 milijonov ljudi, ta številka pa se zaradi staranja prebivalstva vztrajno veča. Raziskave kažejo, da se znaki demence v obliki kognitivnega upada (MCI), lahko z različnimi pristopi upočasnijo ali celo zaustavimo napredovanje bolezni v demenco. Za postavitve diagnoze je trenutno potreben pregled pri nevrologu in psihologu, ki postavi diagnozo. Žal pa le redki bolniki pridejo do specialistov, ko so še v fazi MCI. Eden izmed testov, ki se ga psihologi pogosto poslužujejo, je test s Corsijevimi kockami. S pomočjo le-tega psiholog lahko oceni stopnjo okvare vidno-prostorskega delovnega spomina, ki med drugim lahko nakazuje na MCI. Test se ponavadi izvaja s fizičnimi kockami, razporejenimi na podlago. Psiholog v naključnem zaporedju tapka po kockah, naloga preizkušanca pa je, da za psihologom ponovi tapkanje v istem vrstnem redu. Eden izmed načinov za pravočasno detekcijo MCI je digitalizacija in avtomatizacija nevropsihološkega testiranja z uporabo sodobnih tehnologij. V zadnjih letih so se močno izboljšali sistemi za sledenje očesnim gibom, zaradi njihove cenovne dostopnosti pa so postali zanimivo orodje za potrebe raziskovanja nevroloških bolezni, pogosto tudi za raziskovanje različnih stopenj kognitivnega upada. V članku predlagamo prilagoditev in digitalizacijo testa Corsi za uporabo skupaj s sistemom za sledenje očesnim gibom. Skupaj s še nekaterimi drugimi testi (npr. gladko sledenje točki) bi tako predstavljal baterijo nalog za avtomatsko detekcijo znakov MCI z uporabo sistema za sledenje očesnim gibom. Tovrsten sistem bi lahko kot neke vrste presejalni test uporabljalo zdravstveno varstvo na primarni ravni, ki bi ob odkritju prisotnosti MCI bolnika pravočasno napotil na pregled pri specialistu.

Ključne besede: blag kognitivni upad, digitalizacija psiholoških testov, sistem za sledenje očesnih gibov, test Corsi

Abstract

Dementia is the most common neurological disorder as around 50 million people worldwide suffer from it. Due to the aging of the population, this number is steadily increasing. Research shows that signs of dementia in the form of cognitive decline are present already several years before having a clearly expressed clinical picture. If these signs could be detected in the phase of mild cognitive impairment (MCI), it might be possible to slow down or even stop the progression of the disease to dementia via various approaches. Currently, neurological and psychological examinations are required to make the diagnosis of MCI. Unfortunately, only a small number of patients visit a specialist while still in the MCI phase. The Corsi block-tapping test is one of the tests that psychologists use to assess the degree of visuospatial working memory impairment that may, among other, indicate MCI. The test is usually performed with physical blocks arranged on the board in an irregular pattern. The psychologist taps the blocks in random order and the patient repeats the tapping in the same order. One way to detect MCI in a timely manner would be to digitize and automate neuropsychological testing using available modern technologies. In recent years, eye-tracking systems have been improved substantially and their affordability has made them interesting tools for the study of neurological diseases, including the study of varying degrees of cognitive decline. In this paper, we propose an adaptation and the digitization of the Corsi test for use with the eye-tracking technology. Along with certain other tests (e.g. smooth pursuit), it would be featured in a battery of neuropsychological tasks for the automatic detection of MCI using an eye-tracking system. Such a system could be used as a screening tool at the primary health care level. It would enable physicians to detect signs of MCI and refer such patients for further examination by a specialist.

Keywords: Mild cognitive impairment, digitization of psychological tests, eye-tracking system, Corsi test.

1 UVOD IN MOTIVACIJA

Zdravniki se pogosto srečujejo z osebami, ki izražajo zaskrbljenost nad dejstvom, da se njim ali njihovim bližnjim dogaja, da pogosteje pozabljajo. Ponavadi se ti pomisleki nanašajo na celo vrsto kognitivnih sposobnosti oz. upadom kognitivnih sposobnosti in ne nujno zgolj na spomin. V takšnih primerih morajo zdravniki naprej ugotoviti, ali gre za kognitivne spremembe, ki so značilne za normalno staranje ali gre pri tem za klinično pomembne spremembe. V primeru, da je kognitivna okvara tako huda, da ogroža bolnikovo normalno delovanje (npr. ni zmožen samostojno opravljati vsakodnevnih aktivnosti), govorimo o demenci. Stanju med demenco in normalnim kognitivnim delovanjem, pri čemer ima oseba ohranjene funkcionalne sposobnosti, pravimo blag kognitivni upad (*angl. Mild Cognitive Impairment (MCI)*). [Hugo and Ganguli, 2014]

Demenca je najbolj razširjeno nevrološko obolenje, za katero boleha okoli 50 milijonov ljudi po celem svetu. S staranjem prebivalstva se ta številka vztrajno povečuje. Vsako leto je potrjenih skoraj 10 milijonov novih primerov in pričakuje se, da bo v roku desetih let (torej do leta 2030) na svetu že 82 milijonov ljudi z demenco in kar 152 milijonov do leta 2050 [Alzheimer's Disease International, 2019]. Glede na to, da je MCI vmesna stopnja med normalnim kognitivnim delovanjem in demenco, ni presenetljivo, da približno 15 odstotkov bolnikov diagnosticiranih z MCI razvije Alzheimerjevo demenco ali parkinsonovo bolezen z demenco v roku dveh let.

Raziskave kažejo, da je moč z uporabo različnih pristopov zavreti ali celo preprečiti nastanek MCI oz. demence [Ayati et al., 2020]. Med te pristope sodijo različne terapije za nekatere druge bolezni, kot so različna nesteroidna protivnetna zdravila [Yip et al., 2005, Szekely et al., 2008] in statini [Swiger et al., 2013, Wong et al., 2013]. Za učinkovite so se izkazale različne nefarmacevtske metode, kot na primer spremembe življenjskega sloga [Lourida et al., 2019], uživanje mediteranske prehrane [Grant, 1999, Féart et al., 2009, Solfrizzi et al., 2011, Lourida et al., 2013, Grant, 2016], zmanjšano uživanje alkohola [Letenneur, 2004], fizična telesna aktivnost [Hamer and Chida, 2009, Cass, 2017, Firth et al., 2018], pomembnost kvalitetnega spanca [Chang et al., 2013, Lim et al., 2013, Benedict et al., 2015] in socialnih stikov [Wang et al., 2002, Fratiglioni et al., 2004, Crooks et al., 2008]. Glede na različne ugotovitve znanstvenikov, da ob-

stajajo načini, da se zavre nastanek demence, je razumljivo, da se čedalje več energije vlaga v iskanje biomarkerjev za zgodnje odkrivanje demence in blagega kognitivnega upada.

Ocena kognitivnega stanja pacienta je v klinični praksi podana na podlagi nevropsihološke ocene specifičnih kognitivnih domen (pozornost, izvršilne funkcije, učenje in spomin, jezik, senzomotorika, socialna kognicija), ki omogoča razpoznavo tako blagih kognitivnih okvar kot tudi postavitvi diferencialne diagnoze [Hugo and Ganguli, 2014]. Kot pomoč pri podaji objektivne ocene se nevrologi in psihologi poslužujejo različnih globalnih presejalnih lestvic, kot so na primer dobro poznani Kratek preizkus spoznavnih sposobnosti (KPSS) [Granda et al., 2003, Rakuša et al., 2006] (*angl. Mini-Mental State Examination (MMSE)*) [Folstein et al., 1975]), Montrealska lestvica ocenjevanja spoznavnih sposobnosti (*angl. Montreal Cognitive Assessment (MoCA)*) [Nasreddine et al., 2005], Mini-Cog [Borson et al., 2000], Kognitivni preizkus Addenbrooke [Mioshi et al., 2006, McColgan et al., 2012] in drugi. Presejalne lestvice pogosto dopolnjujejo z različnimi testi (npr. Tower of London [de Paula et al., 2012, Rainville et al., 2012], Corsi Block-Tapping Test [Guariglia, 2007], risanje ure [Parsey and Schmitter-Edgecombe, 2011], ipd.), ki še dodatno doprinejajo k točnosti podane ocene.

Za postavitev končne ocene kognitivnega upada je navadno potreben pregled pri specialistu nevrologije, ki po potrebi pacienta napoti na poglobljeno psihološko testiranje, ki lahko traja nekaj ur, ter slikanje glave z magnetno resonanco. Kljub pomembnosti zgodnjega odkrivanja kognitivne okvare pa je s trenutnim načinom postavljanja diagnoze kadrovske, časovne in finančne nemogoče izvesti sistematična presejalna testiranja na širši populaciji ljudi. Če si želimo zmanjšati vpliv staranja prebivalstva na našo družbo, ki za seboj potegne tudi visoke stroške za zdravstveno blagajno in psihično ter fizično obremenjenost svojcev bolnika z demenco, je ena izmed možnih rešitev digitalizacija in avtomatizacija psihološkega testiranja, ki v tem trenutku vzame največ časa za postavitev diagnoze. S tem bi omogočili širši populaciji boljšo dostopnost do hitre ocene njihovega kognitivnega stanja in posledično primernega zdravljenja oz. spremembe življenjskih navad.

Prednosti digitaliziranih testov so predvsem v možnostih objektivne ocene stanja in spremljanje razvoja bolezni skozi čas, kar pri trenutnem načinu

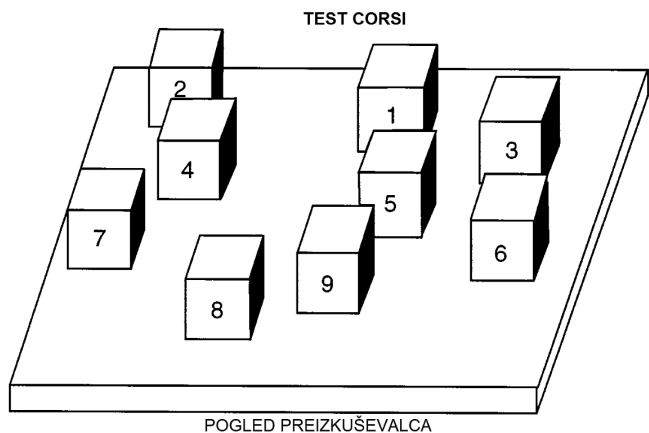
diagnosticiranja ni mogoče. Za razliko od klasičnih testiranj, preizkušanec rezultat testiranja lahko prejme takoj, ko s testiranjem zaključi in mu nanje ni potrebno čakati. Za izvedbo testiranja ni potrebna prisotnost specialista (nevrologije in/ali psihologije), temveč je dovolj prisotnost tehnika, ki zagotovi, da je test korektno izveden. S tem se tudi olajša dostopnost testa, saj ga lahko izvedejo v kateri koli zdravstveni ustanovi (s tem pa se preizkušancu prihrani morebitna dodatna pot v specializirano zdravstveno ustanovo). Ob dobri zasnovi digitaliziranega testa pa lahko olajšamo testiranje marsikateri osebi, ki testiranja zaradi fizičnega stanja trenutno ni zmožna opraviti. Sama digitalizacija nam poleg tega omogoča enostavno prilagajanje testa (z vidika nastavitve parametrov, diagnostičnega modela v ozadju, variacij testov ipd.), avtomatske analize in hitrejšo validacijo samega testa.

V nadaljevanju članka v drugem poglavju predstavimo enega izmed psiholoških testov - test Corsi in trenutni način administracije testa, v tretjem poglavju na kratko predstavimo sisteme za spremljanje očesnih gibov, ter nato v četrtem poglavju predstavimo način digitalizacije in prilagoditve testa Corsi, ki bi omogočal uporabo skupaj s sistemom za sledenje očesnim gibom. Članek zaključimo s sklepom in kratkim opisom nadaljnjega dela.

2 TEST S CORSIJEVIMI KOCKAMI

Test s Corsijevimi kockami (*angl. Corsi Block-Tapping Test*) (v nadaljevanju »test Corsi«) uporabljajo nevrologi in psihologi za oceno vidno-prostorskega kratkoročnega spomina. Leta 1972 je test razvil Philip Corsi [Corsi, 1972] in je postal eden najbolj pomembnih neverbalnih testov v nevropsihološkem raziskovanju [Berch et al., 1998], ki je med drugim vključen v baterijo testov WAIS-R [Kaplan, 1991]. Izvorni test Corsi je sestavljen iz devetih kock, ki so postavljene nepravilno na ploščo velikosti 23 x 28 cm, pri čemer so kocke oštevilčene s številkami od ena do devet. Shema postavitve kock je prikazana na sliki 1.

Testiranje izgleda tako, da preizkuševalec tapne kocke v naključnem zaporedju. Takoj za tem mora preizkušanec poskusiti ponoviti zaporedje tapkanja. Test se začne z zaporedjem dolžine dve, ki se nato tekom testiranja podaljšuje za eno dolžino do največ dolžine devet (kolikor je različnih kock). Vsaka dolžina zaporedja se ponovi dvakrat. Zaporedje se podaljšuje toliko časa, dokler je preizkušanec še



Slika 1: Postavitev kock na plošči pri testu Corsi z vidika preizkuševalca. (Slika je povzeta iz dela [Berch et al., 1998].)

zmožen pravilno ponoviti zaporedje, ki ga je tapnil preizkuševalec.

Izpeljanka osnovnega testa je takšna, da mora preizkušanec zaporedje ponoviti od kocke, ki jo je preizkuševalec tapnil zadnjo proti kocki, ki jo je preizkuševalec tapnil prvo. Osnovni test Corsi ima veliko izpeljank, ki se nanašajo na velikosti, zaporedja, postavitve in število kock (glej [Kessels et al., 2000, Berch et al., 1998]).

Poleg testa Corsi v fizični obliki, je bilo izdelanih kar nekaj različnih računalniških testov, kjer se namesto tapkanja po fizičnih kockah »prižigajo« in »ugašajo« kvadrati na računalniškem zaslonu. Preizkušanec mora v tem primeru ponoviti zaporedje s klikanjem z miško na kvadrate [Pearson and Sahraie, 2003, LeFevre et al., 2010] oziroma s tapkanjem na kvadrate na zaslonu (na dotik) [Smyth and Scholley, 1994, Vandierendonck et al., 2004, Brunetti et al., 2014]. Narejena je bila tudi verzija testa s haptičnim odzivom [Ruggiero and Iachini, 2010], test s hojo (t.i. walking corsi) [Piccardi et al., 2008] in celo s hojo v navidezni resničnosti [Nori et al., 2015]. Pomanjkljivost takšnih testov je predvsem v tem, da se od preizkušanca pričakuje, da mu je »manipulacija« z računalnikom domača in mu to ne povzroča večjih težav in prevelikega stresa. Poleg tega pa mora biti oseba fizično v stanju, ko lahko premika roke oz. hodi. Glede na to, da so v našem primeru ciljna skupina predvsem starostniki, ki v veliki meri niso večji uporabe sodobnih tehnologij ali pa so telesno ovirani, moramo razmisliti o načinu izvedbe testa, ki od njih ne zahteva fizične manipulacije (z rokami, hojo, ipd.) z računalnikom. Kot možna rešitev se pojavijo sistemi

za spremljanje očesnih gibov, ki bi omogočili, da bi preizkušanci izvedli test Corsi zgolj z gledanjem na računalniški zaslon.

3 SISTEMI ZA SPREMLJANJE OČESNIH GIBOV

Sistemi za spremljanje očesnih premikov (*angl. eye-tracker*) so v zadnjih letih tehnično zelo napredovali tako po zmogljivostih kot tudi po cenovni dostopnosti in razširjenosti. Postali so manj občutljivi na premike glave med snemanjem (posledično ni več potrebno uporabniku fiksirati brado, kar je bilo zanj izjemno neudobno), izboljšala se je programska oprema za natančnejši zajem podatkov, povečali sta se natančnost in frekvenca snemanja. Nekateri sistemi so popolnoma integrirani v okvirje klasičnih očal in so s tem postali še bolj priročni za uporabo.

Med najbolj razširjenimi sistemi za sledenje očesnim gibom so tisti, ki delujejo na osnovi videa. Tovrstni sistemi so neinvazivni in uporabljajo relativno cenovno ugodno strojno opremo. Sistemi uporabnikove oči snemajo z več (vsaj dvema) majhnimi kamerami, ki delujejo v infrardečem spektru. Programska oprema pa z uporabo algoritmov za analizo videa iz posnetkov izlušči naslednje podatke: sliko, ki jo vidi (dobi na retino) uporabnik naprave, odziv okulomotorne sistema, ki vključuje odzivni čas in točne karakteristike sakad (*angl. saccades*), pogostost mežikanja in velikost zenic v času. To nam omogoča, da lahko spremljamo očesne gibe sledenja, ki so lahko moteni pri številnih nevroloških obolenjih. Tovrstne naprave torej raziskovalcem omogočajo na objektivni način (preko meritev v realnem času) opazovati in analizirati vzorce očesnih premikov in usmerjanja vidne pozornosti. Kvantifikacija podatkov s svojo objektivnostjo in primerljivostjo (skozi čas) nudi tudi

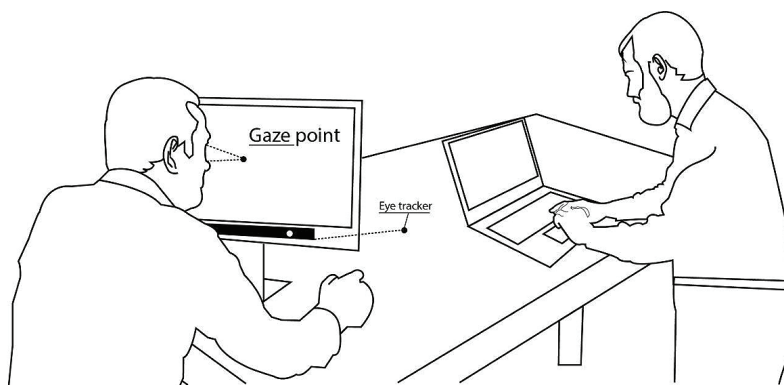
možnost objektivnega spremljanja bolezní skozi čas.

Vse to so razlogi, da so v zadnjih letih tovrstni sistemi postali eno bolj razširjenih orodij pri raziskavah na področju nevroloških obolenj, kot so kognitivni upad [Crutcher et al., 2009, Wilcockson et al., 2019, Tao et al., 2020], parkinsonova bolezen [Blekher et al., 2009, Jansson et al., 2015], motnje avtističnega spektra [Chita-Tegmark, 2016], Rettov sindrom [Rose et al., 2013] in drugi.

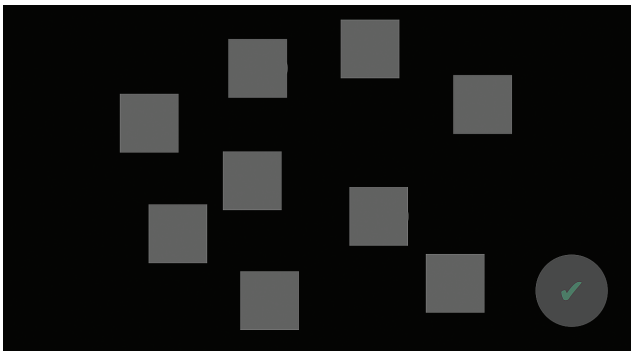
4 DIGITALIZACIJA IN PRILAGODITEV TESTA CORSI ZA UPORABO S SISTEMOM ZA SPREMLJANJE OČESNIH GIBOV

Kolikor nam je znano, do zdaj še ni bilo razvitega testa Corsi, ki bi ga preizkušanec lahko opravljal zgolj s pogledom na računalniški zaslon. Poleg tega si ne želimo, da bi moral preizkušanec na kakršen koli način manipulirati z računalnikom, saj bi mu s tem lahko povzročili dodaten stres, kar bi lahko vodilo do napačnih rezultatov. Zato poleg preizkušanca potrebujemo tudi preizkuševalca, ki poskrbi za zagon programa za izvedbo testa in kalibracijo sistema za sledenje očesnim gibom. Da preizkušanca ne obremenimo z dodatnimi postopki, predlagamo, da imata preizkuševalec in preizkušanec ločene zaslone. Preizkušanec vidi zgolj nalogo, ki jo mora izvesti, preizkuševalec pa lahko nadzira celoten potek izvajanja testiranja, zažene in zaustavi test, opravi kalibracijo, ipd. Na sliki 2 je prikazana shema predlagane postavitve sistema.

Pri digitalizaciji testa Corsi smo se želeli čim bolj približati osnovnemu testu Corsi [Corsi, 1972]. Zaradi tega smo ohranili devet elementov, ki so razporejeni na računalniškem zaslonu. Pri postavitvi smo izhajali iz slike 1, pri čemer smo jo za potrebe pogleda



Slika 2: Postavitev celotnega sistema za izvedbo testiranja. Levo je preizkušanec; njegov pogled spremlja in beleži sistem za spremljanje očesnih gibov. Desno je preizkuševalec, ki na ločenem zaslonu nadzuruje potek testiranja.



Slika 3: Prvotna postavitev elementov testa Corsi na zaslonu.

s strani preizkušanca morali zavrteti za 180 stopinj (na sliki 1 je namreč predstavljen pogled preizkuševalca). Pri prvi implementaciji testa smo poleg postavitve ohranili pravokotno obliko elementov (kock), kot je razvidno iz slike 3. Posamezno zaporedje je bilo prikazano tako, da se je posamezen kvadrat v zaporedju po vrsti za trenutek (150 ms) obarval v zeleno barvo in nato nazaj v sivo. Po enako dolgem premoru (150 ms) se je obarval naslednji kvadrater. Ko je preizkušanec moral ponoviti zaporedje, se je izbrani kvadrat prav tako prižgal zgolj za kratek čas (oz. utripnil), kar je nakazalo označitev kvadrata. Ko je preizkušanec menil, da je označil vse potrebne kvadrate, je izvajanje trenutnega zaporedja zaključil s pogledom na kljukico v desnem spodnjem kotu. Vsaka dolžina zaporedja je imela dve različici, ki sta se izvedli zaporedno. Če je preizkušanec vsaj eno izmed različic posamezne dolžine zaporedja pravilno označil, se je testiranje nadaljevalo z zaporedjem, ki je bilo za en kvadrater daljše. Najdaljše zaporedje je bilo dolžine 9 (kolikor je različnih kvadratkov).

4.1 Testiranje uporabniške izkušnje

Pred vključitvijo digitalizirane verzije testa Corsi v končno baterijo testov za odkrivanje MCI, smo izvedli krajše testiranje uporabniške izkušnje, s katero smo želeli ugotoviti, če je prilagojeni test razumljiv in če je časovna komponenta primerno zasnovana.

Testiranje smo izvedli v kontroliranem okolju, vključili pa smo 24 oseb različnih starostnih in izobrazbenih profilov, ki smo jih izbrali med sodelavci in prostovoljci. Najmlajša oseba je bila stara 30 let, najstarejša pa 79. Vsak preizkušanec je testiranje opravljal dvakrat (označevanje zaporedij od prvega označenega kvadratka do zadnjega in obratno). Med izvajanjem testiranja s posamezno osebo, osta-

le osebe, ki še niso bile testiranje, niso bile prisotne. Preizkuševalca je na svojem zaslonu spremljal, kam preizkušanec v določenem trenutku gleda in si zapisoval svoja opažanja. Podatki iz sistema za sledenje očesnih gibov pa so se avtomatsko shranjevali na računalnik. Preizkušance smo na koncu povprašali za morebitne komentarje, nekateri izmed njih pa so jih podali že med izvajanjem testa.

Na podlagi testiranja uporabniške izkušnje smo prišli do naslednjih ugotovitev:

- zaporedje je prehitro prikazano (150 ms) in zmede preizkušanca;
Rešitev: podaljšanje časa obarvanja kvadratka in premora med posameznimi obarvanji na 250 ms;
- če pri ponavljanju zaporedja izbrani kvadrater zgolj »utripne«, uporabnika zmede, saj ni prepričan, da je bil kvadrater res izbran;
Rešitev: kvadrater po izboru ostane prižgan;
- čas gledanja kvadratka za izbiro je prekratek (200 ms) in se velikokrat nehote izbere napačen kvadrater, ki ga je preizkušanec s pogledom zgolj prečkal;
Rešitev: podaljšanje časa potrebne fiksacije za izbor kvadratka na 400 ms;
- kvadratki na levi strani so nekoliko preveč skupaj in ob slabši kalibraciji lahko pride to tega, da se označi drug kvadrater, kot ga je preizkušanec dejansko gledal;
Rešitev: namesto kvadratkov se izriše krogec in s tem nekoliko »odmaknemo« elemente med seboj;
- če se testiranec zmoti, ne more popraviti svojega izbora, kljub temu, da ve, da je naredil napako (te možnosti ni imel niti preizkuševalca);
Rešitev: levo spodaj se doda krogec z znakom X - s fiksacijo na ta krogec se razveljavi izbor kvadratkov v trenutnem zaporedju in preizkušanec lahko na novo začne z izborom zaporedja;
- preizkušanec ni bil prepričan ali računalnik pravilno zaznava njegov pogled ali ne in koliko časa mora še gledati posamezen element na zaslonu;
Rešitev: takoj, ko računalnik zazna, da preizkušanec gleda v posamezen element na zaslonu, se pojavi animacija okoli tistega elementa (progres), ki nakazuje, koliko časa že gleda dotičen element in koliko časa še mora gledati tja, da bo element označen kot izbran;
- označevanje zaporedja od zadnjega označenega kvadratka proti prvemu je, pri takšni postavitvi kvadratkov na zaslonu, pretežka;
Rešitev: test naj se izvaja le v eno smer - torej od prvega označenega kvadratka do zadnjega.

Na podlagi teh ugotovitev, smo pripravili novo implementacijo testa Corsi v kateri smo zajeli rešitve, ki so predlagane zgoraj. Takšna rešitev je implementirana v bateriji testov za odkrivanje MCI, ki je v kliničnem preizkušanju. Posnetek implementacije je viden na sliki 6 oz. 7 in opisana v poglavju 4.2.

4.2 Implementacija testa Corsi

Test Corsi smo implementirali za uporabo s sistemom za spremljanje očesnih gibov podjetja Tobii in sicer za model 4C (prikazan na sliki 4), ki je med cenovno bolj dostopnimi modeli, ki še zagotavljajo dovolj dobro natančnost merjenja. Zajem podatkov uporabljenega modela je med 60 in 90 Hz, deluje pa na zaslonih do velikosti diagonale 68,58 cm (27") v razmerju 16:9. Sistem ima na voljo knjižnico SDK, s katero lahko dostopamo do podatkov, ki jih je sistem zajel. Deluje tako na operacijskem sistemu Linux kot tudi na operacijskem sistemu Windows.

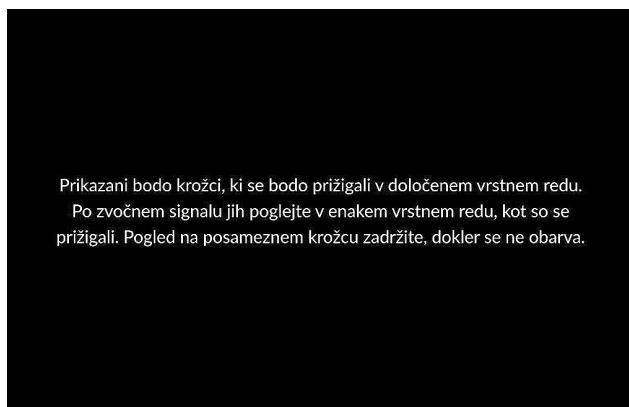


Slika 4: Sistem za spremljanje očesnih gibov Tobii Eye Tracker 4C. (Slika je povzeta s spletne strani www.tobii.com.)

Za naše potrebe smo uporabili zaslon z velikostjo diagonale 60,96 cm (24") in resolucijo 1920 x 1080 px, ki je imel na spodnjem robu nameščen sistem za spremljanje gibanja oči. Preizkuševalec je uporabljal prenosni računalnik z nameščenim operacijskim sistemom Debian.

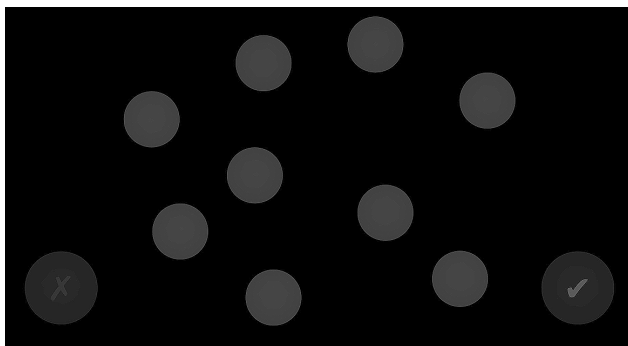
Pred začetkom testiranja se preizkušancu na zaslonu izpišejo kratka navodila (slika 5), ki so hkrati predvajana tudi v zvočni obliki.

Navodilom sledi test. Na zaslonu se prikaže devet krožcev (slika 6), ki so enake barve. Začetek prikaza posameznega zaporedja s prižiganjem krožcev je napovedan s kratkim zvočnim signalom (pisk), da oseba opozori, da mora biti pozorna na dogajanje na zaslonu. Prižiganje krožcev se prične 1000 ms ko pisku.



Slika 5: Zaslon s kratkimi navodili za izvajanje testa Corsi.

T.i. prižiganje krožcev pomeni, da se posamezen krožec za hip (250 ms) obarva zeleno in nato »uga-sne«. Naslednji krožec se obarva 250 ms po prejšnjem.

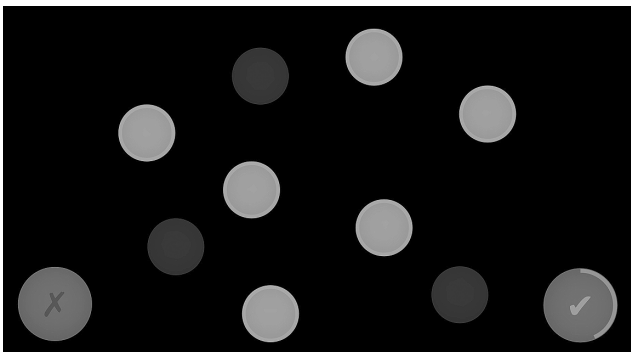


Slika 6: Zaslon z razporeditvijo devetih točk testa Corsi.

Prikazu zaporedja ponovno sledi kratek zvočni signal (pisk), ki preizkušanca opozori, da je na vrsti, da ponovi zaporedje. Posamezen krožec mora gledati toliko časa (fiksacija), dokler se ne obarva zeleno. Ko preizkušane meni, da je pravilno ponovil zaporedje, mora pogled usmeriti v desni spodnji kot, kjer je krožec z zeleno kljukico. Tega mora gledati 2 s (da se izognemo napakam, do katerih bi lahko prišlo, če bi oseba po nesreči s pogledom oplazila za krožec) in s tem se zaključi testiranje trenutnega zaporedja. Primer označitve zaporedja s pogledom je prikazan na sliki 7.

Če se preizkušanec med izvajanjem naloge zmoti, lahko napako popravi s pogledom v levi spodnji kot (kjer je v krožcu rdeč križec). Tudi na tem krožcu mora pogled zadržati dlje časa (2s), s tem pa razveljavi celotno zaporedje, ki ga je označil s pogledom in prične z označevanjem od začetka.

Podobno kot v izvornem testu Corsi [Corsi, 1972], se posamezna dolžina zaporedja obarvanih krožcev ponovi dvakrat. Izjema je najkrajše zaporedje, ki je dolžine dve, saj se ponovi trikrat. Razlog je v tem, da se preizkušanci na začetku še nekoliko lovijo in se lahko zgodi, da po nepotrebem naredijo kakšno napako. Test se izvaja tako dolgo, dokler preizkušanec pri posamezni dolžini zaporedja vsaj eno izmed zaporedij označi v pravilnem zaporedju. Najdaljše zaporedje je torej dolžine devet, kolikor je krožcev na zaslonu. Testiranje se predčasno zaključí, ko preizkušanec napačno ponovi vse različice iste dolžine zaporedja. Z nadaljevanjem testiranja bi namreč osebo po nepotrebem dodatno obremenjevali in jim povzročali psihični stres, ker nečesa niso zmožni ponoviti.



Slika 7: Zaslon z označenimi krožci, kot jih je označil preizkušanec.

5 SKLEP IN NADALJNJE DELO

V članku je predstavljen predlog digitalizacije testa Corsi za uporabo s sistemom za sledenje očesnih gibov. Prednost digitalizirane verzije testa v primerjavi s klasično je predvsem v možnosti avtomatske analize podatkov in postavitvi ocene kratkoročnega vidno-prostorskega spomina preizkušanca, razbremenitvi psihologov - saj je za izvedbo testa potrebna zgolj prisotnost tehnika, ki zažene kalibracijo in test, služi pa lahko tudi kot hiter (presejalni) test na primarni ravni, na podlagi katerega se lahko osebni zdravnik odloči o nadaljnji napotitvi preizkušanca h specialistu.

Pri digitalizaciji tovrstnih testov se je treba zavedati, komu so testi namenjeni. Ker gre v našem primeru za starejše osebe, ki niso nujno večje uporabe modernih tehnologij IKT, poleg tega pa so morda tudi telesno ovrane, je potrebno test čim bolj poenostaviti za uporabo. Odstraniti je treba vse nepotrebne informacije in manipulacije, ki bi lahko pritegnile pozornost preizkušanca in s tem privedle do napačnih rezultatov testiranja. Ker gre v našem primeru za uporabo digitaliziranega testa skupaj s sistemom za spremljanje očesnih gibov, je pred izvedbo testa potrebno narediti čim bolj natančno kalibracijo, saj smo le tako lahko prepričani, da naš sistem pravilno beleži pogled preizkušanca. Za označitev, da je preizkušanec pogledal določen krog na zaslonu, je potrebno določiti, koliko časa mora posamezen krog gledati. Če je čas prekratek, lahko napačno označimo krog, ki ga je preizkušanec nehote ošvrknil s pogledom. Če je predolg, lahko zaradi mežikanja izgubimo »signal« pogleda ali pa oseba pozabi, kateri je krog, ki bi moral slediti trenutnemu krogu.

Predlagana digitalizirana verzija testa Corsi je že implementirana in je del baterije testov, ki se trenutno uporablja kot del raziskave v klinični praksi. Na podlagi podatkov, ki jih bomo dobili, bomo z uporabo algoritmov umetne inteligence zgradili diagnostični model, s katerim bomo lahko avtomatsko napovedovali oceno stanja kratkoročnega vidno-prostorskega spomina preizkušanca in, če bo mogoče, napovedali, ali ima oseba prisotne znake blagega kognitivnega upada ali ne.

LITERATURA

- [1] Alzheimer's Disease International, L. (2019). *World Alzheimer Report 2019: Attitudes to dementia*. Alzheimer's Disease International (ADI).
- [2] Ayati, Z., Chang, D., and Lake, J. (2020). Advances in treatment of mild cognitive impairment (mci) and dementia: A review of promising non-pharmaceutical modalities. *Frontiers in Clinical Drug Research-Dementia: Volume 1*, 1:78.
- [3] Benedict, C., Byberg, L., Cedernaes, J., Hogenkamp, P. S., Giedratís, V., Kilander, L., Lind, L., Lannfelt, L., and Schiöth, H. B. (2015). Self-reported sleep disturbance is associated with alzheimer's disease risk in men. *Alzheimer's & Dementia*, 11(9):1090-1097.
- [4] Berch, D. B., Krikorian, R., and Huha, E. M. (1998). The corsi block-tapping task: Methodological and theoretical considerations. *Brain and cognition*, 38(3):317-338.
- [5] Blekher, T., Weaver, M., Rupp, J., Nichols, W. C., Hui, S. L., Gray, J., Yee, R. D., Wojcieszek, J., and Foroud, T. (2009). Multiple step pattern as a biomarker in parkinson disease. *Parkinsonism & related disorders*, 15(7):506-510.
- [6] Borson, S., Scanlan, J., Brush, M., Vitaliano, P., and Dokmak, A. (2000). The mini-cog: a cognitive 'vital signs' measure for dementia screening in multi-lingual elderly. *International journal of geriatric psychiatry*, 15(11):1021-1027.

- [7] Brunetti, R., Del Gatto, C., and Delogu, F. (2014). ecorsi: implementation and testing of the corsi block-tapping task for digital tablets. *Frontiers in Psychology*, 5:939.
- [8] Cass, S. P. (2017). Alzheimer's disease and exercise: a literature review. *Current sports medicine reports*, 16(1):19–22.
- [9] Chang, W.-P., Liu, M.-E., Chang, W.-C., Yang, A. C., Ku, Y.-C., Pai, J.-T., Huang, H.-L., and Tsai, S.-J. (2013). Sleep apnea and the risk of dementia: a population-based 5-year follow-up study in taiwan. *PLoS one*, 8(10):e78655.
- [10] Chita-Tegmark, M. (2016). Social attention in asd: a review and meta-analysis of eye-tracking studies. *Research in developmental disabilities*, 48:79–93.
- [11] Corsi, P. M. (1972). Human memory and the medial temporal region of the brain. *doctoral dissertation, McGill University*.
- [12] Crooks, V. C., Lubben, J., Petitti, D. B., Little, D., and Chiu, V. (2008). Social network, cognitive function, and dementia incidence among elderly women. *American journal of public health*, 98(7):1221–1227.
- [13] Crutcher, M. D., Calhoun-Haney, R., Manzanares, C. M., Lah, J. J., Levey, A. I., and Zola, S. M. (2009). Eye tracking during a visual paired comparison task as a predictor of early dementia. *American Journal of Alzheimer's Disease & Other Dementias*, 24(3):258–266.
- [14] de Paula, J. J., Moreira, L., Nicolato, R., De Marco, L. A., Côrea, H., Romano-Silva, M. A., De Moraes, E. N., Bicalho, M. A., and Malloy-Diniz, L. F. (2012). The tower of london test: Different scoring criteria for diagnosing alzheimer's disease and mild cognitive impairment. *Psychological Reports*, 110(2):477–488.
- [15] Féart, C., Samieri, C., Rondeau, V., Amieva, H., Portet, F., Dartigues, J.-F., Scarmeas, N., and Barberger-Gateau, P. (2009). Adherence to a mediterranean diet, cognitive decline, and risk of dementia. *Jama*, 302(6):638–648.
- [16] Firth, J., Stubbs, B., Vancampfort, D., Schuch, F., Lagopoulos, J., Rosenbaum, S., and Ward, P. B. (2018). Effect of aerobic exercise on hippocampal volume in humans: a systematic review and meta-analysis. *Neuroimage*, 166:230–238.
- [17] Folstein, M. F., Folstein, S. E., and McHugh, P. R. (1975). »mini-mental state«: a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of psychiatric research*, 12(3):189–198.
- [18] Fratiglioni, L., Paillard-Borg, S., and Winblad, B. (2004). An active and socially integrated lifestyle in late life might protect against dementia. *The Lancet Neurology*, 3(6):343–353.
- [19] Granda, G., Mlakar, J., and Vodušek, D. B. (2003). Kratek preizkus spoznavnih sposobnosti-umerjanje pri preiskovancih, starih od 55 do 75 let (i). *Slovenian Medical Journal*, 72(10).
- [20] Grant, W. B. (1999). Dietary links to alzheimer's disease: 1999 update. *Journal of Alzheimer's Disease*, 1(4-5):197–201.
- [21] Grant, W. B. (2016). Using multicountry ecological and observational studies to determine dietary risk factors for alzheimer's disease. *Journal of the American College of Nutrition*, 35(5):476–489.
- [22] Guariglia, C. C. (2007). Spatial working memory in alzheimer's disease: a study using the corsi block-tapping test. *Dementia & Neuropsychologia*, 1(4):392–395.
- [23] Hamer, M. and Chida, Y. (2009). Physical activity and risk of neurodegenerative disease: a systematic review of prospective evidence. *Psychological medicine*, 39(1):3–11.
- [24] Hugo, J. and Ganguli, M. (2014). Dementia and cognitive impairment: epidemiology, diagnosis, and treatment. *Clinics in geriatric medicine*, 30(3):421–442.
- [25] Jansson, D., Medvedev, A., Axelson, H., and Nyholm, D. (2015). Stochastic anomaly detection in eye-tracking data for quantification of motor symptoms in parkinson's disease. In *Signal and Image Analysis for Biomedical and Life Sciences*, pages 63–82. Springer.
- [26] Kaplan, E. (1991). *WAIS-R as a Neuropsychological Instrument (WAIS-R NI)*. Psychological Corporation.
- [27] Kessels, R. P., Van Zandvoort, M. J., Postma, A., Kappelle, L. J., and De Haan, E. H. (2000). The corsi block-tapping task: standardization and normative data. *Applied neuropsychology*, 7(4):252–258.
- [28] LeFevre, J.-A., Fast, L., Skwarchuk, S.-L., Smith-Chant, B. L., Bisanz, J., Kamawar, D., and Penner-Wilger, M. (2010). Pathways to mathematics: Longitudinal predictors of performance. *Child development*, 81(6):1753–1767.
- [29] Letenneur, L. (2004). Risk of dementia and alcohol and wine consumption: a review of recent results. *Biological research*, 37(2):189–193.
- [30] Lim, A. S., Kowgier, M., Yu, L., Buchman, A. S., and Bennett, D. A. (2013). Sleep fragmentation and the risk of incident alzheimer's disease and cognitive decline in older persons. *Sleep*, 36(7):1027–1032.
- [31] Lourida, I., Hannon, E., Littlejohns, T. J., Langa, K. M., Hyppönen, E., Kuz'ma, E., and Llewellyn, D. J. (2019). Association of lifestyle and genetic risk with incidence of dementia. *Jama*, 322(5):430–437.
- [32] Lourida, I., Soni, M., Thompson-Coon, J., Purandare, N., Lang, I. A., Ukoumunne, O. C., and Llewellyn, D. J. (2013). Mediterranean diet, cognitive function, and dementia: a systematic review. *Epidemiology*, pages 479–489.
- [33] McColgan, P., Evans, J. R., Breen, D. P., Mason, S. L., Barker, R. A., and Williams- Gray, C. H. (2012). Addenbrooke's cognitive examination-revised for mild cognitive impairment in parkinson's disease. *Movement Disorders*, 27(9):1173–1177.
- [34] Mioshi, E., Dawson, K., Mitchell, J., Arnold, R., and Hodges, J. R. (2006). The addenbrooke's cognitive examination revised (ace-r): a brief cognitive test battery for dementia screening. *International Journal of Geriatric Psychiatry: A journal of the psychiatry of late life and allied sciences*, 21(11):1078–1085.
- [35] Nasreddine, Z. S., Phillips, N. A., Bédirian, V., Charbonneau, S., Whitehead, V., Collin, I., Cummings, J. L., and Chertkow, H. (2005). The montreal cognitive assessment, moca: a brief screening tool for mild cognitive impairment. *Journal of the American Geriatrics Society*, 53(4):695–699.
- [36] Nori, R., Piccardi, L., Migliori, M., Guidazzoli, A., Frasca, F., De Luca, D., and Giusberti, F. (2015). The virtual reality walking corsi test. *Computers in Human Behavior*, 48:72–77.
- [37] Parsey, C. M. and Schmitter-Edgecombe, M. (2011). Quantitative and qualitative analyses of the clock drawing test in mild cognitive impairment and alzheimer disease: evaluation of a modified scoring system. *Journal of geriatric psychiatry and neurology*, 24(2):108–118.
- [38] Pearson, D. and Sahraie, A. (2003). Oculomotor control and the maintenance of spatially and temporally distributed events in visuo-spatial working memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, 56(7):1089–1111.
- [39] Piccardi, L., Iaria, G., Ricci, M., Bianchini, F., Zompanti, L., and Guariglia, C. (2008). Walking in the corsi test: which type of memory do you need? *Neuroscience Letters*, 432(2):127–131.
- [40] Rainville, C., Lepage, E., Gauthier, S., Kergoat, M.-J., and Belleville, S. (2012). Executive function deficits in persons with mild cognitive impairment: a study with a tower of london task. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 34(3):306–324.

- [41] Rakuša, M., Granda, G., Kogoj, A., Mlakar, J., and Vodušek, D. (2006). Mini-mental state examination: standardization and validation for the elderly slovenian population. *European journal of neurology*, 13(2):141–145.
- [42] Rose, S. A., Djukic, A., Jankowski, J. J., Feldman, J. F., Fishman, I., and Valicenti-Mcdermott, M. (2013). Rett syndrome: an eye-tracking study of attention and recognition memory. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 55(4):364–371.
- [43] Ruggiero, G. and Iachini, T. (2010). The role of vision in the corsi block-tapping task: Evidence from blind and sighted people. *Neuropsychology*, 24(5):674.
- [44] Smyth, M. and Scholey, K. (1994). Interference in spatial immediate memory. *Memory and Cognition*, 22:1–13.
- [45] Solfrizzi, V., Panza, F., Frisardi, V., Seripa, D., Logroscino, G., Imbimbo, B. P., and Pilotto, A. (2011). Diet and alzheimer's disease risk factors or prevention: the current evidence. *Expert review of neurotherapeutics*, 11(5):677–708.
- [46] Swiger, K. J., Manalac, R. J., Blumenthal, R. S., Blaha, M. J., and Martin, S. S. (2013). Statins and cognition: a systematic review and meta-analysis of short-and long-term cognitive effects. In *Mayo clinic proceedings*, volume 88, pages 1213–1221. Elsevier.
- [47] Szekely, C. A., Breitner, J. C., Fitzpatrick, A. L., Rea, T. D., Psaty, B. M., Kuller, L. H., and Zandi, P. P. (2008). Nsaid use and dementia risk in the cardiovascular health study*: Role of apoe and nsaid type. *Neurology*, 70(1):17–24.
- [48] Tao, L., Wang, Q., Liu, D., Wang, J., Zhu, Z., and Feng, L. (2020). Eye tracking metrics to screen and assess cognitive impairment in patients with neurological disorders. *Neurological Sciences*, pages 1–8.
- [49] Vandierendonck, A., Kemps, E., Fastame, M. C., and Szmalec, A. (2004). Working memory components of the corsi blocks task. *British journal of psychology*, 95(1):57–79.
- [50] Wang, H.-X., Karp, A., Winblad, B., and Fratiglioni, L. (2002). Late-life engagement in social and leisure activities is associated with a decreased risk of dementia: a longitudinal study from the kungsholmen project. *American journal of epidemiology*, 155(12):1081–1087.
- [51] Wilcockson, T. D., Mardanbegi, D., Xia, B., Taylor, S., Sawyer, P., Gellersen, H. W., Leroi, I., Killick, R., and Crawford, T. J. (2019). Abnormalities of saccadic eye movements in dementia due to alzheimer's disease and mild cognitive impairment. *Aging (Albany NY)*, 11(15):5389.
- [52] Wong, W. B., Lin, V. W., Boudreau, D., and Devine, E. B. (2013). Statins in the prevention of dementia and alzheimer's disease: a meta-analysis of observational studies and an assessment of confounding. *Pharmacoepidemiology and drug safety*, 22(4):345–358.
- [53] Yip, A. G., Green, R. C., Huyck, M., Cupples, L. A., and Farrer, L. A. (2005). Nonsteroidal anti-inflammatory drug use and alzheimer's disease risk: the mirage study. *BMC geriatrics*, 5(1):1–6.

■

Vida Groznik je asistentka za računalništvo na Fakulteti za matematiko, naravoslovje in informacijske tehnologije na Univerzi na Primorskem ter raziskovalka v Laboratoriju za umetno inteligenco na Fakulteti za računalništvo in informatiko Univerze v Ljubljani. Doktorirala je leta 2018 z delom, ki je tesno povezovalo umetno inteligenco in nevrologijo. Je (so)avtorica večih raziskovalnih člankov in poglavij v knjigah s področja umetne inteligence v medicini. Pridobila in delala je na večih projektih financiranih s programov EU, Ministrstva za izobraževanje, znanost in šport ter Slovenskega podjetniškega sklada. Je soustanoviteljica in direktorica podjetja NEUS Diagnostics, d.o.o. v okviru katerega razvijajo sisteme za pomoč pri oceni zdravstvenega stanja uporabnikov.