

Možgani in inteligenca

David Nabergoj

14. marec 2018

1 Uvod

Marilyn vos Savant je Američanka z najvišjim dokumentiranim IQ v Guinnessovi knjigi rekordov. Že od leta 1986 ima svojo kolumno, *Ask Marilyn*, v kateri rešuje različne naloge in odgovarja na vprašanja bralcev. Med najbolj znanimi je *The Monty Hall problem*, ki je podoben scenariju na ameriški televizijski oddaji *Let's Make a Deal*: “Vzemimo, da sodelujete v nagradni igri, kjer vam ponudijo na izbiro troje vrat. Za enimi se skriva avto, za drugima dvema pa kozi. Recimo, da izberete vrata številka 3, voditelj igre, ki ve, kaj se nahaja za posameznimi vrati, pa nato odpre vrata številka 1, za katerimi se pokaže koza. Nato vas vpraša: ‘Bi se sedaj raje odločili za vrata številka 2?’ Zanima nas, ali se tekmovalcu splača zamenjati izbor vrat?” Marilyn je odgovorila pritrdilno, a je zato dobila kar nekaj sporočil (tudi profesorjev in doktorjev matematike z ameriških univerz), ki se z njo niso strinjali. Vsem učiteljem v državi je zadala nalogo, da to preprosto igrico igrajo s svojimi učenci v razredu (seveda ne s pravimi kozami in avtomobilom) in ji pošljejo svoje rezultate. Rezultati so se skladali z njeno trditvijo in mnogo kritikov je nato priznalo, da je imela prav. Vseeno je zanimivo, zakaj je ravno njej uspelo odgovoriti na to vprašanje. Vsekakor je dokaj verjetno, da take probleme laže rešijo bolj inteligentne osebe, ampak kako pravzaprav lahko vemo, ali je kdo bolj inteligenten kot kdo drug? Ali se da inteligenco predstaviti z eno samo številko?

Kljub različnim mnenjem se je pokazalo, da nam poznavanje posameznikovega IQ pomaga pri izobrazbeni uvrstitvi, ocenjevanju intelektualne sposobnosti in celo pri izbiri novih delavcev v zaposlitvenem postopku. Dosedanje raziskave so iskale povezavo IQ s finančnim statusom [Strenze, 2007], izobrazbeno stopnjo [Deary et al., 2007b], kriminalno dejavnostjo [Bartels et al., 2010] in drugimi značilnostmi posameznikov in družbenih skupin. V tej raziskavi se bomo osredotočili na vpliv bioloških faktorjev na težo možganov in IQ. Pri obravnavi IQ bomo primerjali dve skupini, eno z nižjim in drugo z višjim povprečnim IQ.

Cilj projekta je raziskati, kako biološki faktorji vplivajo na inteligenco posameznika. Raziskali bomo povezanost teže možganov s spolom in s starostjo, ter povezanost IQ z velikostjo možganov, spolom, telesno težo in višino. Analizirali bomo tudi povezavo med rezultati verbalnega in performančnega dela testa IQ.

V razdelku 2 bomo predstavili podatke, uporabljene v poteku raziskave. Pri podatkih za analizo vpliva bioloških faktorjev na IQ bomo opisali tudi inteligenčna testa, ki se nanje nanašata. V razdelku 3 bomo analizirali vpliv spola in starosti na težo možganov. V razdelku 4 bomo analizirali vpliv velikosti možganov in spola na IQ, povezavo med verbalnim in performančnim inteligenčnim kvocientom ter vpliv telesne teže in višine na IQ. V razdelku 5 bomo povzeli ugotovitve raziskave.

2 Ozadje in podatki

Najprej opišemo podatke, ki jih bomo uporabili za ugotavljanje povezanosti starosti in spola s težo možganov, nato podatke, ki jih bomo uporabili za analizo vpliva bioloških faktorjev na IQ. Potrebno se je zavedati količinske omejitve teh podatkovnih množic in ustrezno interpretirati rezultate. Zaradi zasebnosti se nekateri ljudje ne odločijo razkriti rezultatov vseh opravljenih meritev, kar vodi do nenatančnosti ali pristranskosti rezultatov, omeji pa tudi kvaliteto in količino javno dostopnih podatkov.

2.1 Podatki za analizo vpliva starosti in spola na težo možganov

Za analizo vpliva starosti in spola na težo možganov smo uporabili podatkovno množico z 237 zapisi [Gladstone, 1905]. Vsak zapis vključuje spol osebe, starostno skupino (od 20 do 46 let ali 46 in več let), ki ji oseba pripada, in težo možganov osebe. Glede na spol je 134 oseb moških in 103 žensk, glede na starostno skupino pa je 110 zastopnikov skupine 20–46 let in 127 zastopnikov skupine 46+ let.

2.2 Podatki za analizo vpliva bioloških faktorjev na IQ

Za analizo vpliva velikosti možganov, telesne teže in višine ter spola na vrednost IQ smo uporabili podatkovno množico s 40 zapisi [Willerman et al., 1991]. Vsak zapis vključuje vrednosti VIQ (*Verbalni IQ*), PIQ (*Performančni IQ*) ter FSIQ (*Celotni IQ*). Omenjeni tipi IQ se nanašajo na WAIS-R (*Wechslerjeva popravljena inteligenčna lestvica za odrasle*)¹. Zapisi vključujejo tudi podatek o spolu, telesni teži in višini ter velikosti možganov, izmerjeni v celotnem številu neničelnih sivinskih slikovnih pik na 18 slikah MRI (*Magnetic Resonance Imaging*)². Podatkovna množica, ki vsebuje 40 zapisov, je razdeljena na 2 dela, enega z osebami, ki imajo FSIQ manjši ali enak 103, in drugega z osebami, ki imajo FSIQ večji ali enak 130. V obeh skupinah je 10 moških in 10 žensk.

Test za verbalno inteligenco je vseboval šest podtestov: informacija, razumevanje, aritmetika, razpon števk, podobnosti in besedišče. Rezultat pri tem testu oceni posameznikovo sposobnost, da opravlja naloge z abstraktnimi simboli, preverja njegov verbalni spomin in sposobnost tekočnosti, ter ugotavlja kolikšne izobrazbe je bil posameznik deležen in ali mu je ta sploh koristila.

Za preverjanje performančne inteligence je bilo opravljenih pet podtestov: razporeditev slik, dopolnjevanje slik, oblikovanje blokov, sestavljanje objektov in števeni simbol. Performančni inteligenčni kvocient opisuje posameznikovo sposobnost soočanja s konkretnimi situacijami, hitrega dela, integracije zaznavnih dražljajev z motoričnimi odzivi ter vizualno prostorsko sposobnost. Na podlagi rezultatov teh dveh testov lahko z določenimi postopki (zahtevnejšimi kot le povprečje) izračunamo posameznikov FSIQ – inteligenčni kvocient, ki govori o splošni sposobnosti osebe.

¹Gl. <http://www.iupui.edu/~flip/wechsler.html>, dostop: 27. 12. 2017.

²Slikanje z magnetno resonanco se uporablja kot neinvazivna medicinska diagnostična tehnika za slikanje glave.

3 Analiza vpliva bioloških faktorjev na težo možganov

Poglejmo si povezavo med težo možganov ter spolom in starostjo. Ugotovitve bomo podprli z uporabo statističnih domnev in rezultate ustrezno interpretirali.

3.1 Teža možganov glede na spol

Ugotovili bi radi, kakšna je povezava med spolom in težo možganov. Na sliki 1a vidimo, da je pri moških teža možganov v povprečju večja kot pri ženskah, glede na sliki 2a in 2b pa kaže tudi, da gre za normalno porazdelitev. Da se o tem prepričamo, opravimo *Pearsonov Hi-kvadrat test za normalno porazdelitev*. Za moške dobimo P -vrednost 0.50, za ženske pa 0.76, torej ne moremo zavrniti ničelne domneve, da sta lastnosti normalno porazdeljeni.

Da ugotovimo, kakšna je povezava med spolom in težo možganov, lahko postavimo statistično domnevo. Ničelna domneva naj bo, da sta je povprečna teža možganov pri obeh spolih enaka, alternativna pa, da je teža pri moških v povprečju večja kot pri ženskah. Domnevo preverimo pri 5% stopnji značilnosti. Z njo poiščemo interval zaupanja, pri katerem je verjetnost le 5%, da dejanska razlika povprečij ne leži na njem. Ker variance obeh populacij ne poznamo in ker imata vzorca različni varianci, lahko uporabimo *Welchev t-test* [Welch, 1947]. V izračunu $\bar{X}_M$, s_M^2 , N_M in ν_M predstavljajo povprečje, vzorčno varianco, velikost vzorca in število prostostnih stopenj za oceno variance vzorca pri moških, $\bar{X}_F$, s_F^2 , N_F in ν_F te parametre za ženske, ν pa predstavlja približno število prostostnih stopenj:

$$H_0 : \mu_M = \mu_F, \quad H_a : \mu_M > \mu_F, \quad TS = \frac{\bar{X}_M - \bar{X}_F}{\sqrt{\frac{s_M^2}{N_M} + \frac{s_F^2}{N_F}}} = 8.11, \quad (1)$$

$$\nu = \left\lfloor \frac{\left(\frac{s_M^2}{N_M} + \frac{s_F^2}{N_F} \right)^2}{\frac{s_M^4}{N_M^2 \nu_M} + \frac{s_F^4}{N_F^2 \nu_F}} \right\rfloor = 224 \quad \text{in} \quad P\text{-vrednost} = 1.66 \cdot 10^{-14}.$$

Kritično območje je $(z_{\alpha/2}, \infty)$. Ker testna statistika (TS) pade v kritično območje, zavrnemo ničelno domnevo.³ Prav tako opazimo, da je P -vrednost manjša od 0.05.

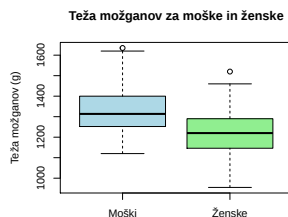
Da ugotovitev bolje razumemo, si na sliki 1b ogledamo še primerjavi deleža teže možganov in povprečne telesne teže pri moških in ženskah.⁴ Ugotovimo, da je glede na dani vzorec razmerje teže možganov s telesno težo pri ženskah v povprečju večje kot pri moških. Rezultati namigujejo, da sta telesna teža in teža možganov premo sorazmerni. Razlika teže možganov med spoloma pa seveda še ne pomeni, da so moški bolj inteligentni od žensk.

3.2 Teža možganov glede na starost

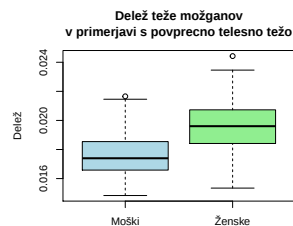
Zanima nas, ali obstaja povezava med starostjo in težo možganov. Na sliki 3 vidimo, da v vzorcu obstaja relativno majhna razlika v povprečjih teže možganov in da je pri mlajših osebah teža večja. Z uporabo *Welchevega t-testa* (podobno kot v prejšnjem razdelku) preverimo, ali razlika v resnici obstaja. Naj bo $\bar{X}_M$ povprečna teža možganov skupine 20–46 let (mlajših oseb), s_M pripadajoči vzorčni odklon, $\bar{X}_S$ pa povprečna teža možganov skupine 46+ let

³Mendenhall in Sincich, 2007, 357–361.

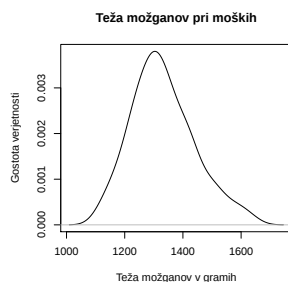
⁴Glede na podatke SOCR je povprečna telesna teža 18-letne osebe 75.5 kg za moške in 62.2 kg za ženske. Gl. http://socr.ucla.edu/docs/resources/SOCR_Data/SOCR_Data_020108_HeightsWeights.html, dostop: 27. 12. 2017



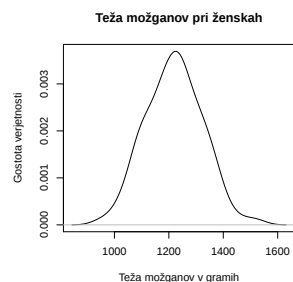
(a) Primerjava teže možganov glede na spol



(b) Primerjava deleža teže možganov in povprečne telesne teže glede na spol



(a) Normalno porazdeljena teža možganov pri moških

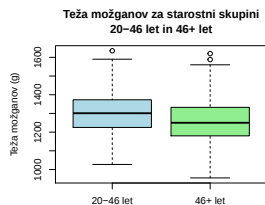


(b) Normalno porazdeljena teža možganov pri ženskah

(starejših oseb), ter s_S pripadajoči vzorčni odklon. Ničelna domneva naj bo, da sta povprečji populacij enaki, alternativna pa, da je povprečje pri mlajših večje kot pri starejših osebah. Za stopnjo značilnosti uporabimo $\alpha = 0.05$:

$$\begin{aligned} \bar{X}_M &= 1305, \quad s_M = 116, \quad \bar{X}_S = 1264, \quad s_S = 121, \quad H_0 : \mu_M = \mu_S, \quad H_a : \mu_M > \mu_S, \\ TS &= 2.64, \quad \nu = 232, \quad P\text{-vrednost} = 0.004, \quad 95\% \text{ interval zaupanja je } (15.3, \infty). \end{aligned} \quad (2)$$

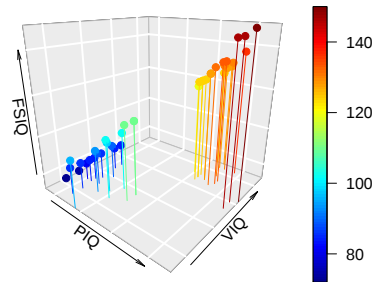
Ker je P -vrednost manjša od α , lahko ničelno domnevo zavrnilo. To dejansko pomeni zavrnitev trditve, da je teža možganov neodvisna od starosti. Interval zaupanja nam pove, da je povprečna teža možganov mlajših oseb večja kot povprečna teža možganov starejših oseb, ter da je razlika med njima večja kot 15.3 grama. Ta rezultat je smiselno, saj so raziskave pokazale, da se prostornina in/ali teža možganov po 40. letu manjša za približno 5% na desetletje [Peters, 2006].



Slika 3: Primerjava teže možganov glede na starostno skupino

4 Analiza vpliva bioloških faktorjev na IQ

V tem razdelku bomo primerjali rezultate FSIQ, PIQ in VIQ med skupino z višjimi in skupino z nižjimi povprečnimi rezultati ter ugotovili, kakšen je vpliv bioloških faktorjev na te rezultate. Da si skupini lažje predstavljamo, si na sliki 4 lahko ogledamo primerjavo rezultatov za posamezen tip IQ (barva označuje rezultat FSIQ).



Slika 4: Povezava med FSIQ, VIQ in PIQ

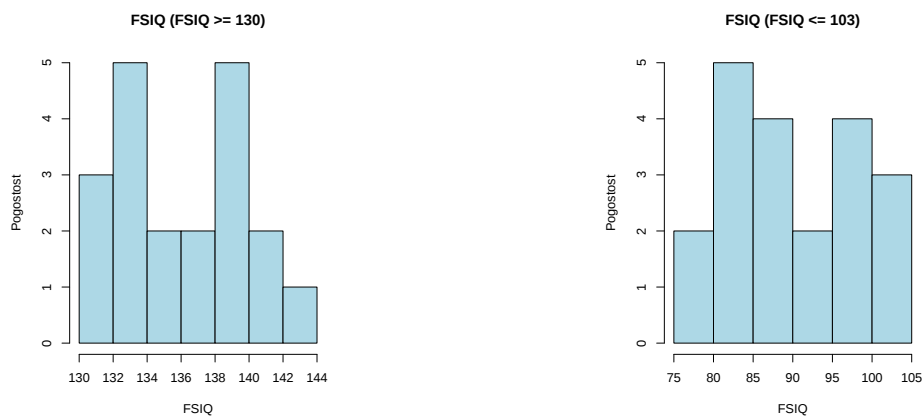
4.1 Vpliv velikosti možganov na IQ

Zanima nas, kako velikost možganov vpliva na IQ posameznika. Predvidevamo, da je večja velikost možganov povezana z boljšim kognitivnim delovanjem in večjo stopnjo inteligence. Za mero velikosti možganov bomo v tem razdelku uporabljali število zaznanih MRI slikovnih pik. Predpostavimo tudi, da je število slikovnih pik premo sorazmerno s težo možganov posameznika.

Porazdelitvi FSIQ posameznikov z višjo stopnjo inteligence ($\text{FSIQ} \geq 130$) in posameznikov z nižjo stopnjo inteligence ($\text{FSIQ} \leq 103$) grafično predstavimo na slikah 5a in 5b. Opazimo, da zastopanost FSIQ v nobeni skupini ni normalno porazdeljena. Na sliki 6 grafično predstavimo še odvisnost FSIQ od števila MRI slikovnih pik v posamezni skupini. Graf ne nakazuje močne linearne odvisnosti omenjenih spremenljivk. Če kljub temu izračunamo *Pearsonov korelacijski koeficient*, dobimo $r_1 = 0.55$ in $r_2 = 0.53$ za posamezno skupino. Linearna odvisnost torej ni močna, vendar sta koeficienta vseeno presenetljivo velika – to je lahko posledica majhnega vzorca. Če skupini združimo, dobimo korelacijski koeficient $r = 0.36$. Zaradi manjkajočih podatkov za srednjo skupino ta ni zelo natančen, vseeno pa se ujema z rezultati drugih raziskav, ki so pokazale, da se korelacijski koeficient za MRI/IQ konsistentno nahaja na intervalu $[0.3, 0.4]$ [Rushton in Ankney, 2009]. Za tako združeni skupini dobimo vzorčno povprečje $\mu_{\text{FSIQ}} = 113$ in vzorčni odklon $s_{\text{FSIQ}} = 24$, kar se bistveno razlikuje od dejanskega povprečja za IQ ($\mu = 100$) in standardnega odklona ($\sigma = 15$).

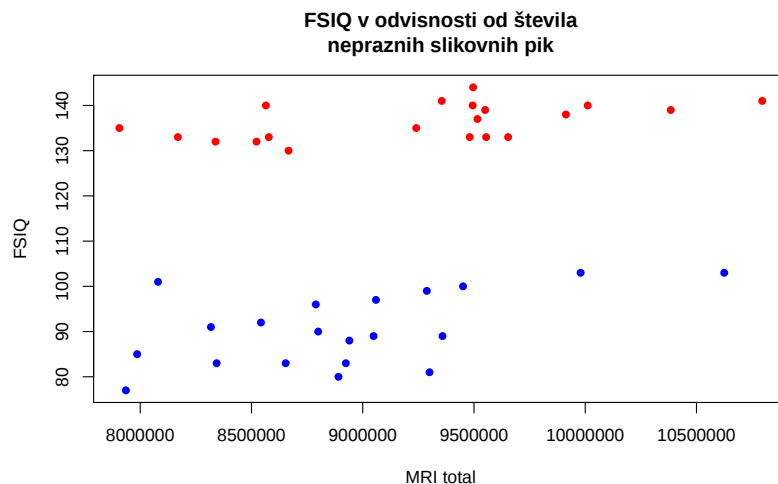
Ugotovimo lahko tudi, kakšna je povezava med velikostjo možganov ter VIQ in PIQ. Ker je s FSIQ pozitivno korelirana, lahko pričakujemo, da bo tudi z VIQ in PIQ. Za prvo skupino dobimo $r_{\text{VIQ}} = 0.41$ in $r_{\text{PIQ}} = 0.20$, za drugo pa $r_{\text{VIQ}} = 0.15$ in $r_{\text{PIQ}} = 0.59$. Glede na dobljene

koeficiente sklepamo, da je v prvi skupini korelacija MRI/VIQ popolnoma pričakovana, vendar je korelacija MRI/PIQ opazno nizka. Če poskušamo interpretirati rezultate druge skupine, pa naletimo na ravno obratno situacijo. Kot kaže, v drugi skupini teža možganov veliko bolj vpliva na PIQ kot na VIQ. V skupini z višjim FSIQ ima torej velikost možganov večji vpliv na VIQ, v skupini z nižjim FSIQ pa večji vpliv na PIQ.



(a) Porazdelitev FSIQ v skupini 1

(b) Porazdelitev FSIQ v skupini 2



Slika 6: Vrednosti FSIQ glede na število MRI slikovnih pik za obe skupini. Z rdečo so označeni predstavniki skupine z višjim, z modro pa nižjim FSIQ.

4.2 Vpliv spola na IQ

Ugotovili smo, da ima spol vpliv na težo možganov. Želimo izvedeti tudi, ali obstaja povezava med spolom in IQ. Že dolgo med raziskovalci poteka debata o razlikah v inteligenci glede na spol. V splošnem velja prepričanje, da ni večjih razlik v stopnji inteligence, nekateri pa zagovarjajo idejo, da imajo moški v povprečju višji IQ [Irwing in Lynn, 2005]. Pri eni raziskavi

je bilo ugotovljeno, da imajo ženske prednost pozneje v življenju [Keith et al., 2008], pri drugi pa so ugotovili, da so prednosti moških na nekaterih kognitivnih testih minimizirane, če nadzorujemo socioekonomske faktorje [Jorm et al., 2004]. Rezultati nekaterih raziskav kažejo na večjo variabilnost rezultatov pri moških, kar bi pomenilo večje število moških v višjih in nižjih inteligenčnih skupinah [Deary et al., 2007a; Wai et al., 2010]. Primerjavo bomo skušali izvesti objektivno.

Na sliki 7 lahko vidimo primerjavo FSIQ pri moških in ženskah. V skupini z nižjim FSIQ je razlika povprečnih vrednosti zelo majhna, v skupini z višjim FSIQ pa opazno večja. V povprečju moški v obeh skupinah dosegajo višji FSIQ.

Če se omejimo le na opazovani skupini, lahko o dejanski razliki več izvemo z uporabo intervalov zaupanja. Naj bodo $\bar{X}_{1F}$, $\bar{X}_{2F}$, $\bar{X}_{1M}$ in $\bar{X}_{2M}$ vzorčna povprečja za ženske in moške pri prvi in drugi skupini. Če privzamemo, da je FSIQ v teh skupinah za ženske in moške posamezno normalno porazdeljen, lahko uporabimo 95% interval zaupanja za razliko $\mu_1 - \mu_2$, pri čemer ne poznamo odklonov σ_1 in σ_2 , ter imamo majhne vzorce, ki so izbrani neodvisno:

$$\begin{aligned} & \bar{X}_{1M} - \bar{X}_{1F} \pm t_{1-\alpha/2, \nu} \sqrt{\frac{s_{1M}^2}{n_{1M}} + \frac{s_{1F}^2}{n_{1F}}}, \\ \nu = & \left\lfloor \frac{(s_{1M}^2/n_{1M} + s_{1F}^2/n_{1F})^2}{(s_{1M}^2/n_{1M})^2/(n_{1M} - 1) + (s_{1F}^2/n_{1F})^2/(n_{1F} - 1)} \right\rfloor, \end{aligned} \quad (3)$$

95% interval zaupanja je (1.0, 7.4).

Podobno naredimo za drugo skupino:

$$\begin{aligned} & \bar{X}_{2M} - \bar{X}_{2F} \pm t_{1-\alpha/2, \nu} \sqrt{\frac{s_{2M}^2}{n_{2M}} + \frac{s_{2F}^2}{n_{2F}}}, \\ \nu = & \left\lfloor \frac{(s_{2M}^2/n_{2M} + s_{2F}^2/n_{2F})^2}{(s_{2M}^2/n_{2M})^2/(n_{2M} - 1) + (s_{2F}^2/n_{2F})^2/(n_{2F} - 1)} \right\rfloor, \end{aligned} \quad (4)$$

95% interval zaupanja je (-5.8, 9.8).

Interval zaupanja za prvo skupino nam pove, da je z verjetnostjo 95% razlika povprečij v FSIQ med moškimi in ženskami za skupine ljudi z visokim inteligenčnim kvocientom na intervalu (1.0, 7.4), torej da moški v takem okolju v povprečju dosegajo od 1 do 7.4 več FSIQ točk kot ženske. Interval zaupanja za drugo skupino pa nam pove, da je dejanska razlika med -5.8 in 9.8, torej da v skupinah ljudi z nižjim inteligenčnim kvocientom praktično ni razlike.

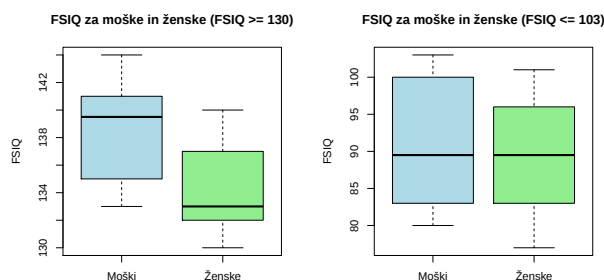
Podobne izračune naredimo tudi za primerjavo VIQ in PIQ glede na spol za posamezno skupino pri $\alpha = 0.05$:

	VIQ	PIQ
FSIQ ≥ 130	(-2.73, 17.87)	(-5.38, 11.78)
FSIQ ≤ 103	(-5.30, 12.81)	(-11.10, 12.22)

Tabela 1: Primerjava intervalov zaupanja VIQ in PIQ glede na spol in FSIQ

Glede na rezultate kaže, da velikih razlik ni, razen pri opazovanju VIQ v prvi skupini. Če bi α nekoliko povečali, bi dobili interval, ki se bolj nagiba na stran moških, torej nam govori, da bi moški v skupinah z visokim FSIQ imeli nekoliko prednost pri meritvah VIQ. Drugi trije intervali zaupanja pa kažejo na enakost sposobnosti med spoloma v skupinah.

Z izračunom korelacijskih koeficientov med MRI in FSIQ lahko ugotovimo, da je za moške ta enak 0.50, za ženske pa 0.33. To nam pove, da je pri moških FSIQ nekoliko močnejše pozitivno koreliran s težo možganov kot pri ženskah, ni pa še razlog za povprečno uspešnejši rezultat.



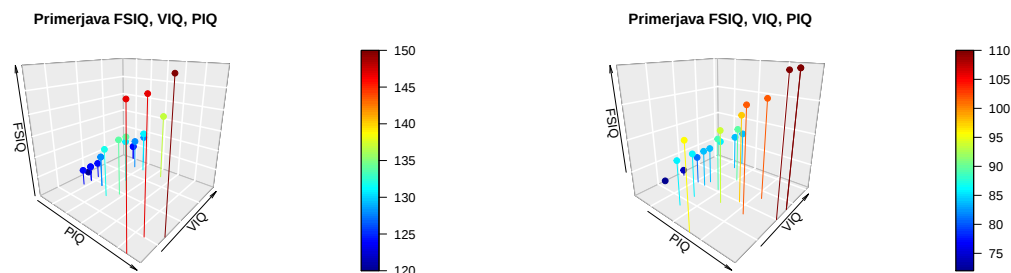
Slika 7: FSIQ glede na spol, skupini posamezno

4.3 Povezava med VIQ in PIQ

V razdelku o vplivu velikosti možganov na IQ smo ugotovili, da ta v prvi skupini bolj vpliva na VIQ, v drugi pa na PIQ. Zanima nas, ali lahko izvemo še kaj več o povezavi med tema dvema faktorjema.

Če v prvi skupini pogledamo razliko povprečja FSIQ in VIQ, dobimo 2.85, razlika med FSIQ in PIQ pa je 5.45 – skoraj dvakrat večja. Tudi pri drugi lahko primerjamo razlike povprečij, vendar ugotovimo, da sta rezultata za FSIQ in VIQ samo -0.65 , ter za FSIQ in PIQ samo -0.60 . Opazka, da sta razliki povprečij med FSIQ in VIQ ter FSIQ in PIQ v prvi skupini večji, nam pove, da je pri posameznikih z višjim FSIQ večje nihanje med sposobnostmi na različnih področjih. Možno je, da je visok FSIQ tukaj posledica le večjega VIQ (oz. pri nekaterih večjega PIQ) in da je torej razlog za visoko stopnjo njihove inteligence odličnost na le enem specifičnem področju, ki ga inteligenčni test obravnava. Predvidevamo, da takšna nihanja nastanejo, čim dlje je posameznik od dejanskega povprečja ($\mu = 100$). Na podlagi opazovanih skupin je to smiselno, saj je povprečje prve skupine od povprečja populacije oddaljeno za več kot dva standardna odklona ($\sigma = 15$), povprečje druge pa manj kot za en standardni odklon. Na slikah 8a in 8b je 3D vizualizacija povezave med FSIQ, VIQ in PIQ za prvo in drugo skupino. Barva točke predstavlja vrednost FSIQ.

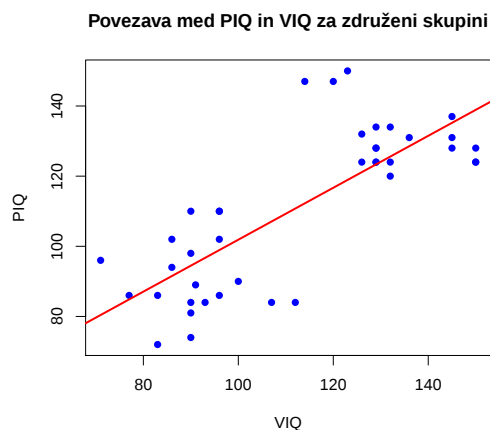
Na grafu za prvo skupino lahko vidimo, kako je visok FSIQ pri treh posameznikih povezan z visokim PIQ in nizkim VIQ, kar podpira našo domnevo, da obstajajo posamezniki, ki imajo zelo uspešen rezultat predvsem zaradi enega dela testa (seveda pa so pri drugem tudi dobri). Iz grafa je tudi razvidno, da so posamezniki koncentrirani predvsem na območju z nižjim PIQ in višjim VIQ. Obstaja torej možnost, da je v skupinah z višjim FSIQ navadno bolj razvit VIQ.



(a) Povezava FSIQ, VIQ in PIQ v prvi skupini (b) Povezava FSIQ, VIQ in PIQ v drugi skupini

Na grafu za drugo skupino pa vidimo, da posamezniki niso koncentrirani na določenem območju. Kljub temu da najvišji FSIQ dosegata posameznika z visokim PIQ, se zdi, da PIQ in VIQ v tej skupini nista tako (na prvi pogled) negativno korelirana kot v prvi. Izračun korelacijskih koeficientov to potrdi – pri prvi skupini je korelacijski koeficient med PIQ in VIQ enak -0.48 , pri drugi pa 0.02 .

Podatke pa lahko pogledamo tudi globalno in jih kljub pomanjkanju vmesne skupine združimo. Če nad združenimi podatki izračunamo korelacijski koeficient, dobimo $r = 0.78$. Kaže, da sta VIQ in PIQ premo sorazmerna, zato povezavo med njima grafično predstavimo na sliki 9, na kateri se regresijska premica razmeroma dobro prilega podatkom. Enačba regresijske premice je $y = 0.8 \cdot x + 21.6$.⁵



Slika 9: Povezava med VIQ in PIQ v združeni skupini

4.4 Povezava med IQ ter telesno težo in višino

Domnevamo, da močne povezave med tema faktorjema in inteligenco posameznika ni. Vseeno pa se lahko vprašamo, ali obstaja možnost, da imajo ljudje z višjim oziroma nižjim IQ v povprečju podobno telesno težo ali višino. Če spet skupini opazujemo ločeno in želimo ugotoviti,

⁵Mendenhall in Sincich, 2007, 443–449.

kakšna je povezava s FSIQ, VIQ in PIQ, lahko to pregledno storimo s korelacijsko matriko za vsako skupino (sliki 10a in 10b), kjer zapisi z manjkajočimi podatki niso upoštevani.

	FSIQ	VIQ	PIQ	W	H		FSIQ	VIQ	PIQ	W	H
FSIQ	1.00	0.62	0.37	0.38	0.46	FSIQ	1.00	0.70	0.70	0.46	0.41
VIQ	0.62	1.00	-0.48	0.07	0.16	VIQ	0.70	1.00	0.00	0.30	0.30
PIQ	0.37	-0.48	1.00	0.34	0.30	PIQ	0.70	0.00	1.00	0.36	0.26
W	0.38	0.07	0.34	1.00	0.49	W	0.46	0.30	0.36	1.00	0.80
H	0.46	0.16	0.30	0.49	1.00	H	0.41	0.30	0.26	0.80	1.00

(a) Korelacijska matrika za skupino s $FSIQ \geq 130$ (b) Korelacijska matrika za skupino s $FSIQ \leq 103$

V prvi skupini opazimo šibko korelacijo med PIQ ter telesno težo in višino ter zelo malo močnejšo, če opazujemo FSIQ. Korelacija z VIQ je zanemarljivo majhna. V drugi skupini so rezultati za FSIQ in PIQ podobni, pri VIQ pa opazimo šibko korelacijo, ki je večja kot pri prvi skupini. Glede na rezultate ne moremo neposredno reči, da višina in teža vplivata na višji IQ. Skupini lahko primerjamo, da ugotovimo, ali sta določena teža in višina značilni za skupini. Namesto da posebej opazujemo težo in višino, lahko uporabimo ITM (*indeks telesne mase*) in izračunamo 95% interval zaupanja, s katerim bomo ugotovili razliko povprečij ITM za skupini. Po izračunu dobimo interval $(-1.58, 1.86)$, iz tega pa je takoj razvidno da bistvene povezave med ITM in FSIQ ni.

5 Ugotovitve in zaključek

Iskanje razlogov za stopnjo inteligence je še danes kompleksna naloga, ki zaobjema veliko različnih faktorjev. Kljub temu da smo se omejili na le majhno množico atributov, nam je uspelo najti nekaj odgovorov, ki nam pomagajo boljše razumeti to vprašanje.

Ugotovili smo, da je teža možganov pri moških v povprečju večja kot pri ženskah. Podobno smo ugotovili, da je teža možganov mlajših oseb v povprečju večja kot pri starejših osebah. Obe ugotovitvi smo potrdili z uporabo t -testa. V drugem razdelku smo se ukvarjali z inteligenčnim kvocientom ter ugotovili, da obstaja šibka korelacija med velikostjo možganov in IQ ter da ima ta pri prvi skupini večji vpliv na VIQ, pri drugi pa na PIQ. Glede na uporabo intervalov zaupanja podatki kažejo, da so v skupinah z višjim IQ v povprečju nekoliko pametnejši moški, v skupinah z nižjim IQ, pa razlika ni opazna. Posebej smo pogledali tudi VIQ in PIQ ter ugotovili, da pripadniki skupine z višjim IQ večinoma dosegajo boljše rezultate VIQ kot PIQ, kljub temu pa so najpametnejši osebki v tej skupini dosegli veliko boljše rezultate PIQ kot VIQ. V skupini z nižjim IQ smo opazili, da korelacije med VIQ in PIQ tako rekoč ni. Z združitvijo skupin smo pokazali premo sorazmernost med PIQ in VIQ ter jo predstavili z grafom regresijske premice. Na koncu smo iz korelacijskih matrik razbrali koeficiente, ki so namigovali na šibko korelacijo med telesno težo in višino ter IQ, a smo z ustreznim intervalom zaupanja pokazali, da povezave dejansko ni.

Odkrivanje vzrokov za človeško inteligenco je še vedno ena izmed osrednjih tem znanosti. Z razvojem tehnologije in splošnim napredkom človeštva lahko danes odgovorimo na več vprašanj o inteligenci kot kadarkoli prej. Kljub temu, da inteligenčni testi niso popolni, nam pomagajo razumeti naše sposobnosti in nas postavijo na pot iskanja odgovorov o tem, česa smo sploh sposobni in kako se lahko izboljšamo.

Literatura

- J. M. Bartels, J. J. Ryan, L. S. Urban in L. A. Glass. Correlations between estimates of state IQ and FBI crime statistics. *Personality and Individual Differences* **48**, 5 (2010), 579–583.
- I. J. Deary, P. Irwing, G. Der in T. C. Bates. Brother–sister differences in the g factor in intelligence: Analysis of full, opposite-sex siblings from the NLSY1979. *Intelligence* **35**, 5 (2007), 451–456.
- I. J. Deary, S. Strand, P. Smith in C. Fernandes. Intelligence and educational achievement. *Intelligence* **35**, 1 (2007), 13–21.
- R. J. Gladstone. A Study of the Relations of the Brain to the Size of the Head. *Biometrika* **4**, 1–2 (1905), 105–123.
- P. Irwing in R. Lynn. Sex differences in means and variability on the progressive matrices in university students: A meta-analysis. *British Journal of Psychology* **96**, 4 (2004), 505–524.
- A. F. Jorm, K. J. Anstey, H. Christensen in B. Rodgers. Gender differences in cognitive abilities: The mediating role of health state and health habits. *Intelligence* **32**, 1 (2004), 7–23.
- T. Z. Keith, M. R. Reynolds, P. G. Patel in K. P. Ridley. Sex differences in latent cognitive abilities ages 6 to 59: Evidence from the Woodcock–Johnson III tests of cognitive abilities. *Intelligence* **36**, 6 (2008), 502–525.
- W. Mendenhall in T. Sincich. *Statistics for engineering and the sciences*. Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, (2007).
- R. Peters. Ageing and the brain. *Postgraduate Medical Journal* **82**, 964 (2006), 84–88.
- J. P. Rushton in C. D. Ankney. Whole Brain Size and General Mental Ability: A Review. *International Journal of Neuroscience* **119**, 5 (2009), 692–732.
- T. Strenze. Intelligence and socioeconomic success: A meta-analytic review of longitudinal research. *Intelligence* **35**, 5 (2007), 408–409.
- J. Wai, M. Cacchio, M. Putallaz in M. C. Makel. Sex differences in the right tail of cognitive abilities: A 30 year examination. *Intelligence* **38**, 4 (2010), 412–423.
- B. L. Welch. The generalization of ‘Student’s’ problem when several different population variances are involved. *Biometrika* **34**, 1–2 (1947), 28–35.
- L. Willerman, R. Schultz, J. N. Rutledge in E. D. Bigler. In vivo brain size and intelligence. *Intelligence* **15**, 2 (1991), 223–228.