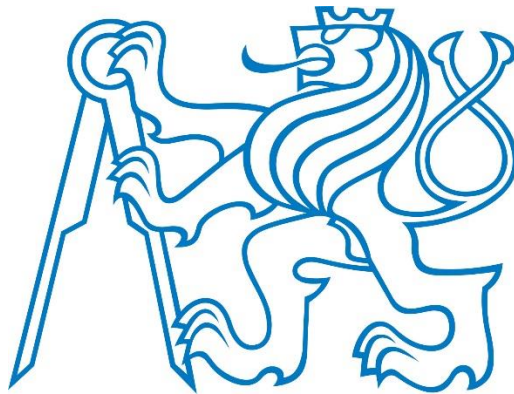


České vysoké učení technické v Praze

Fakulta elektrotechnická

Obor kybernetika a robotika



Analýza behaviorálních dat nadaných a průměrně nadaných adolescentů

Bakalářská práce

Jakub Dvořák

Praha 2015

Vedoucí práce:
Mgr. Karla Štěpánová

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: Jakub Dvořák

Studijní program: Kybernetika a robotika (bakalářský)

Obor: Robotika

Název tématu: Analýza behaviorálních dat nadaných a průměrně nadaných adolescentů

Pokyny pro vypracování:

Cílem bakalářské práce je porovnat behaviorální data (reakční časy, přesnost odpovědí, výsledky psych. dotazníků) nadaných a průměrně nadaných adolescentů v průběhu řešení úlohy mentální rotace (2D a 3D). Student navrhne vlastní kritérium pro hodnocení natočení 3D objektů. Zároveň se seznámí s měřením EEG signálu, jeho zpracováním a vizualizací výsledků.

Jednotlivé kroky práce jsou následující:

1. Seznamte se s průběhem psychologického experimentu, konkrétně s úlohou mentální rotace a dosavadním výzkumem měření mozkové aktivity v průběhu řešení kognitivních úloh.
2. Samostatně měření EEG signálu a jeho automatické zpracování.
3. Proveďte zpracování behaviorálních dat - reakčních časů, chybovosti, výsledky psych. dotazníků. Vyhodnoťte závislost reakčních časů v závislosti na úhlu natočení objektu, složitosti úlohy a dle toho, zda se jedná o 2D či 3D úlohu.
4. Navrhnete kritérium pro hodnocení úhlu natočení 3D objektů (porovnejte s kritérii používanými v literatuře).

Seznam odborné literatury:

- [1] S. Tong, N. V. Thakor - Quantitative EEG Analysis Methods and Clinical Applications. - Artech House, 2009.
- [2] Stenberg Robert J. - Kognitivní psychologie - Portál, 2002.
- [3] O'Boyle, Michael W., et al. - Mathematically gifted male adolescents activate a unique brain network during mental rotation. - Cognitive Brain Research 25.2 (2005), strana 583-587.
- [4] Petr Volf - Analýza EEG záznamu mentálně nadaných dětí - Praha, 2013 (diplomová práce).
- [5] Shepard, Roger N., and Jacqueline Metzler - "Mental rotation of three-dimensional objects." (1971): 701-703.

Vedoucí bakalářské práce: Mgr. Karla Štěpánová

Platnost zadání: do konce letního semestru 2015/2016

L.S.

doc. Dr. Ing. Jan Kybic
vedoucí katedry

prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.
Děkan

V Praze dne 12. 2. 2015

Prohlášení autora práce

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne

.....

Podpis autora práce

Abstrakt

Tato práce se zabývá zpracováním a následnou analýzou behaviorálních dat naměřených v úloze mentální rotace. Na jejich základě následně porovnávám skupinu průměrně nadaných a velmi nadaných adolescentů.

Nejprve se zabývám měřením a jednoduchým praktickým zpracováním EEG signálu za pomoci toolboxu PSGLab. Následně se zaměřuji na srovnávání dvou skupin lidí rozdělených v závislosti na jejich IQ – skupinu Menza a skupinu AVG. Postupně analyzuji jejich charakterové dotazníky a výsledky úlohy mentální rotace.

Snažil jsem se potvrdit domněnku o tom, že skupina nadaných adolescentů bude dosahovat vyšší přesnosti a nižších reakčních časů než skupina průměrně nadaných adolescentů.

Současně se mnou na stejném tématu pracoval spolužák Petr Bukovský, který se ale oproti mně zaměřil ve své bakalářské práci na analýzu rozdílů mezi jednotlivými skupinami v samotném EEG signálu.

Abstract

This project is mainly about processing and analyzing behavioral data which were measured in mental rotation task. Based on those data I compare two groups where one is consisted of average-talented teenagers and the other consists of highly talented teenagers.

First I focus on measurement and basic processing of EEG signal using PSGLab Matlab toolbox. Afterwards I lock myself on comparing two groups of people divided into groups based on their IQ – group Menza and group AVG. Step by step I analyze their character questionnaires and results of mental rotation task.

I was trying to confirm hypothesis that group of highly gifted teenagers would be more accurate and would have lower reaction times than the group of average-talented teenagers.

At the same time my colleague Petr Bukovský was working on similar project in his bachelor project. Unlike me, he was analyzing the differences between exact same groups based only on EEG signals.

Klíčová slova

- Úloha mentální rotace
- EEG
- IQ
- Adolescenti

Obsah

1	Úvod	1
	Teoretická část	2
2	Úloha mentální rotace.....	2
2.1	Výzkum a historie	2
3	Dotazníky.....	3
3.1	Systematizační koeficient	3
3.1.1	Systematizační dotazník	3
3.2	Empatický koeficient	4
3.2.1	Empatizační dotazník.....	4
3.2.2	Oční empatie	5
3.3	Autistický koeficient	6
3.3.1	Autistický dotazník	6
3.4	IQ	7
3.4.1	IQ test	8
4	EEG.....	10
4.1	Historie	10
4.2	Mozek	10
4.2.1	Části mozku	10
4.3	EEG vlny	11
4.3.1	Vznik EEG vlny	12
4.3.2	Mozkové rytmy.....	13
4.4	Artefakty.....	14
4.4.1	Prevence	14
4.5	Měření	15
4.6	Zpracování a analýza	16
4.6.1	Předzpracování	16
4.6.2	Zpracování	16
4.6.3	Selekce příznaků	17
4.6.4	Klasifikace	17
4.6.5	Vizualizace	17
5	Statistické metody.....	18
5.1	Parametrické vs. neparametrické metody	18
5.2	Studentův T – test	18
5.3	Wilcoxonův a Kruskal-Wallisův test	19

5.4	Korelace koeficientů.....	19
	Experimentální část.....	20
6	Popis experimentu.....	20
6.1	Testovací skupina.....	20
6.2	Úloha mentální rotace.....	20
6.2.1	Dimenze 2.....	21
6.2.2	Dimenze 3.....	22
6.3	Předzpracování.....	23
6.3.1	Mentální rotace.....	23
6.3.2	Detekce outlierů.....	23
6.3.3	EEG.....	24
7	Zpracování dotazníků.....	25
7.1	Hypotézy.....	25
7.1.1	Empatický vs. systematizační koeficient.....	25
7.1.2	Autistický koeficient.....	25
7.1.3	IQ.....	26
7.2	Výsledky.....	26
7.2.1	SQ výsledky.....	27
7.2.2	EQ výsledky.....	28
7.2.3	AQ výsledky.....	30
7.2.4	IQ.....	31
8	Úloha mentální rotace.....	32
8.1	Hypotézy.....	32
8.2	Výsledky.....	33
8.2.1	Outlieři.....	35
8.2.2	Správnost.....	36
8.2.3	Reakční čas.....	43
9	Závěr.....	50
10	Reference a literatura.....	52
11	Seznam příloh.....	54

1 Úvod

Orientaci v prostoru bere spousta lidí za naprosto samozřejmou věc. Praxe a každodenní život však ukazují, že natolik samozřejmá věc to není, o čemž by například mohla vyprávět spousta lidí při neúspěšném parkování svého automobilu.

Pro pochopení této problematiky se ve své práci zaměřím na analýzu visuoprostorové úlohy, konkrétně úlohy mentální rotace, na jejímž základě budu vyhodnocovat rozdíly v orientaci v prostoru mezi skupinami velmi nadaných a průměrně nadaných adolescentů – skupiny Menza a AVG. Zaměřím se především na úspěšnost řešení a reakční časy a to jak v úloze v dimenzi 2, tak v úloze v dimenzi 3. Výsledky budu zpracovávat pomocí statistických metod a pokusím se tak potvrdit hypotézu o tom, zda opravdu záleží na inteligenci při řešení úloh v prostoru. Data budu vyhodnocovat pomocí různých kritérií, a to např. v závislosti na obtížnosti úlohy nebo na vzájemném otočení objektů. Předpokladem zůstává, že lidé s vyšším IQ by měli dosáhnout nižších reakčních časů a vyšší úspěšnosti a to jak při řešení úloh v dimenzi 2, tak v dimenzi 3. Také je možné, že skupina Menza používá trochu odlišnou strategii při řešení úlohy, a tak dosahuje rozdílných výsledků oproti skupině AVG.

Dále se budu zabývat analýzou psychologických dat. Jde o vyhodnocení systematizačních, empatizačních a autistických dotazníků, na jejichž základě se následně dají provést psychologické rozborů jednotlivých skupin. Zkusím zjistit, zda lidé s vysokým IQ jsou pouze prakticky přemýšlející lidé bez emocí anebo zda v tomto ohledu na intelektu nezáleží.

Současně s úlohou mentální rotace byly měřeny EEG záznamy jednotlivých účastníků. Měření a analýza EEG signálů z hlediska testovaných skupin bylo nedílnou součástí celého experimentu, přičemž se na toto téma ve své bakalářské práci zaměřil můj spolužák Petr Bukovský. Jeho výsledky budou například ve formě vizualizace mozkového vlnění atd. U vizualizace mozkového vlnění se předpokládá odlišnost v závislosti na skupině. Skupina Menza by měla zapojovat jiná mozková centra, než skupina AVG. Právě z důvodu analýzy signálů v práci uvedu i jednoduchý úvod do zpracování EEG signálu.

Většina práce byla zpracovávána v programu Matlab, pro některé analýzy jsem využil také programovací jazyk JAVA.

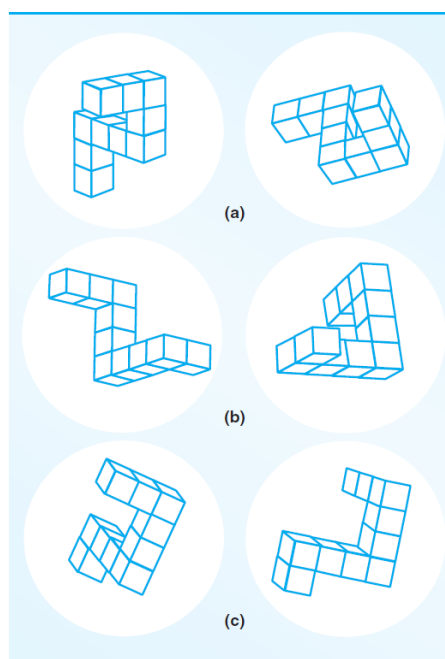
Teoretická část

2 Úloha mentální rotace

2.1 Výzkum a historie

Při mentální rotaci rotujeme obrazem nějakého objektu. Stejně jako dokážeme v ruce prakticky otáčet lahví s vodou, tak dokážeme imaginárně rotovat s toutéž láhví, kterou si pouze představujeme v naší mysli.

V Shepardově a Metzlerově experimentu z roku 1971, který se jako jeden z prvních zabýval problematikou mentální rotace, byla poprvé zjištěna lineární závislost reakčních časů subjektů na úhlu otočení objektů. Čím větší byl úhel natočení, tím se zvyšoval reakční čas účastníka experimentu. Test spočíval v tom, že pacienti měli za úkol zjistit, zda dva objekty vedle sebe jsou stejné a jsou pouze otočené anebo zda se jedná o objekty různé. [9]



Obr. 2.1 – Mentální rotace, Shepard a Metzler experiment [9]

Tato teorie byla v pracích v následujících letech několikrát potvrzena. Nezáleželo na tom, jakými objekty se rotovalo, analogie s původní prací byla vždy stejná. Zvětšoval se ale reakční čas, vždy v závislosti na tom, jak složitý byl předmět, kterým se rotovalo, nebo jestli daný předmět máme nějak zakořeněný v paměti či nikoliv. S tím také souvisí lepší výsledky lidí, kteří mentální rotaci častěji trénují. Dále bylo zjištěno, že rychlejších reakcí dosahují děti a mladší lidé v případě toho, že se lze objekty předem z paměti naučit. To podle vědců nejspíše souvisí s prostorovou pamětí. Pokud však jde o experiment, kde byly objekty spatřeny poprvé, reakční časy mladých a starých lidí byly srovnatelné. [9]

Při řešení prostorových úloh bylo zjištěno, že studenti přírodních věd jsou úspěšnější než jejich kolegové z humanitních oborů. Nejlepších výsledků dosahovali matematicky nadaní jedinci. Stejně jako jsou v této úloze lepší matematici než ostatní studenti, tak i například muži dosahují lepších výsledků než ženy. Dá se z toho usuzovat, že muži mají lepší prostorovou představivost, než ženy. [9]

3 Dotazníky

Součástí samotného experimentu bylo i vyplňování řady dotazníků. Tyto dotazníky pomohou porozumět rozdílům mezi jednotlivými pohlavími nebo mezi průměrnými a nadanými adolescenty.

K určení IQ jednotlivých subjektů byl použit klasický Ravenův test, na změření systematizačního, empatického a autistického koeficientu test sestavený na Univerzitě Cambridge vědci - Simon Baron-Cohen, Sally Wheelwright, Richard Skinner, Joanne Martin a Emma Clubley z fakulty experimentální psychologie a psychiatrie.

U každého z dotazníků vycházíme z nějakých hypotéz, jak by jednotlivá hodnocení měla dopadnout. Tyto hypotézy vycházejí z vědeckých prací na toto téma. Například se očekává, že adolescenti, kteří jsou členy menzy, budou mít vyšší IQ než studenti učilišť. Na výsledky různých dotazníků může mít vliv věk, pohlaví a nebo IQ člověka, který dotazník vyplňuje.

3.1 Systematizační koeficient

Systematizace neboli uspořádání je schopnost analyzovat nebo sestrojit systém řádu určitých věcí. Psychologické výzkumy z přelomu tisíciletí ukazují především na výrazné rozdíly schopností systematizace mezi ženami a muži.

Systematizace je v podstatě schopnost analyzovat proměnné v systému, najít v něm nikde nepsaná pravidla, která řídí chování daného systému. Systematizace také referuje na umění sestrojit nějaký systém. Umožňuje nám předpokládat chování systému a následně jej kontrolovat. Spousta náznaků nám ukazuje, že muži podvědomě systematizují mnohem více, než ženy. [11]

3.1.1 Systematizační dotazník

K odhalení míry systematizace jedince byl sestaven speciální dotazník, který odhalí míru organizovanosti jedince napříč spektrem různých situací, tedy v různých systémech. Dotazník byl navržen tak, aby byl krátký, aby se dal snadno dokončit a aby se dalo jednoduše nasbírat body. Dotazník se skládá z 60 otázek, 40 z nich hodnotí systematizování subjektu, zbývajících dvacet jsou otázky kontrolní. Přibližně polovina otázek by měla být odpovězena kladně a polovina záporně tak, aby subjekt získal co nejvyšší skóre. Tímto způsobem se zároveň eliminovala možnost, že by někdo vyplnil dotazník „bezmyšlenkovitě“ a získal by velmi vysoké skóre jen v závislosti na postavení odpovědí. Maximální skóre je 80 bodů, minimální 0 bodů.

Pokud subjekt vykazuje silné sklony k systematizaci, obdrží body dva, pokud slabší sklony k systematizaci, obdrží bod jeden. Otázky, kde „souhlasím“ znamená dva body a „spíše souhlasím“ znamená bod jeden, jsou následující: 1, 4, 5, 7, 13, 15, 19, 20, 25, 29, 30, 33, 34, 37, 41, 44, 48, 49, 53, 55. Na druhou stranu otázky, kdy je bodování opačné, tedy kde „nesouhlasím“ je obodováno dvěma body a „spíše nesouhlasím“ je za jeden bod, jsou: 6, 11, 12, 18, 23, 24, 26, 28, 31, 32, 35, 38, 40, 42, 43, 45, 51, 56, 57, 60. Doplnující otázky (2, 3, 8, 9, 10, 14, 16, 17, 21, 22, 27, 36, 39, 46, 47, 50, 52, 54, 58, 59) jsou v testu obsaženy proto, aby subjekt, který by se mohl zaměřit pouze na vyhledávání systematizačních odpovědí, lehce rozrušily. Tyto otázky se do celkového hodnocení nezapočítávají.

Test byl zároveň uzpůsoben tak, aby se lidé, kteří jsou silně systematizační, ale zajímá je pouze jeden náhled na věc, neumístili za lidmi, kteří natolik systematizační nejsou. Bylo rozhodnuto, že test se bude skládat z otázek, které pocházejí z běžného života každého z nás. Tím se zajistí, že lidé, kteří jsou silně

systematicky zaměřením, budou svůj systém aplikovat na každou věc stejně a v celkovém výsledku dosáhnou vyššího skóre. [11]

	Souhlasím	Spíše souhlasím	Spíše nesouhlasím	Nesouhlasím
1. Pokud poslouchám hudbu, vždy si uvědomuji způsob, kterým je složená.				
2. Věřím pověrám.				
3. Často dělám rozhodnutí, ale těžko se jich držím.				
4. Upřednostňuji literaturu faktu před beletrií.				
5. Pokud bych kupoval/a auto, chtěl/a bych získat přesné informace o kapacitě jeho motoru.				
6. Pokud se dívám na obraz, obvykle přemýšlím o technice, kterou byl namalovaný				
7. Pokud mám doma problém s elektrickým rozvodem, jsem schopný/á ho sám/sama opravit.				
8. Pokud se mi zdá sen, těžko si další den vzpomenu na jakékoli detaily.				

Obr. 3.1 – Systematizační dotazník otázky 1 – 8

3.2 Empatický koeficient

Druhý hlavní faktor, který nám může ukázat rozdíly mezi jednotlivými jedinci, je empatie, respektive empatický koeficient. Empatie je ukazatel toho, jak dokáže daná osoba identifikovat emoce, pocity a myšlenky osoby druhé a jak na ně adekvátně reagovat. Empatie umožňuje předpovídat chování druhé osoby a v podstatě jen díky empatii dokáží jednotlivci společensky fungovat. Ženy jsou všeobecně mnohem empatictější, než muži. [12]

3.2.1 Empatizační dotazník

Empatizační dotazník je velmi podobný dotazníku systematizačnímu. Opět je koncipován tak, aby byl krátký, aby se dal snadno vyplnit a aby v něm bylo snadné získat body. Skládá se z 60 otázek, z nichž 20 má znovu roli pouhého vyplnění a výsledky těchto otázek se do celkového vyhodnocení nezapočítávají. Jde o otázky 2, 3, 5, 7, 9, 13, 16, 17, 20, 23, 24, 30, 31, 33, 40, 45, 47, 51, 53 a 56. Jsou zde proto, aby se vyplňující nezaměřil pouze na vyhledávání empatických odpovědí a aby otázky odvedly jeho pozornost.

Přibližně polovina otázek by měla být pro získání bodů zodpovězena kladně, zbytek záporně. V případě odpovědi, která je silně empatická, získá subjekt dva body, v případě odpovědi, která je méně empatická, získá subjekt bod jeden. Pokud není vybrána odpověď, která empatická není, nezíská se bod žádný. Maximální skóre je 80 bodů, minimální 0 bodů. V případě následujících otázek (1, 6, 19, 22, 25, 26, 35, 36, 37, 38, 41, 42, 43, 44, 52, 54, 55, 57, 58, 59, 60), získal subjekt 2 body za odpověď „souhlasím“, 1 bod za odpověď „spíše souhlasím“ a 0 bodů za odpověď „spíše nesouhlasím“ a

„nesouhlasím“. V případě otázek 4, 8, 10, 11, 12, 14, 15, 18, 21, 27, 28, 29, 32, 34, 39, 46, 48, 49, 50 bylo hodnocení obrácené, tedy 2 body za odpověď „nesouhlasím“, 1 bod za odpověď „spíše nesouhlasím“ a 0 bodů za odpověď „spíše souhlasím“ a „souhlasím“. [12]




	Souhlasím	Spíše souhlasím	Spíše nesouhlasím	Nesouhlasím
1. Poznám, zda se se mnou chce někdo bavit.				
2. Mám raději psy a kočky než lidi.				
3. Rád se pěkně oblékám.				
4. Někdy mám pocit, že někteří lidé nechápou jasné věci.				
5. V noci se mi zdají sny.				
6. Rád/a pomáhám druhým.				
7. Nejraději si při problémech poradím sám.				
8. Nevím, jak se chovat ve společnosti mnoha lidí.				
9. Nejraději dělám věci po probuzení.				
10. Kamarádi mi říkají, že se se mnou nedá bavit a mluvit.				

Obr. 3.2 – Empatizační dotazník otázky 1 – 10

3.2.2 Oční empatie

Dotazník oční empatie souvisí s určováním empatického koeficientu. Tento test, na rozdíl od empatizačního dotazníku, má 36 otázek a vždy jen jednu správnou odpověď. V testu jsou vždy obrázky zachycující pouze část výrazu tváře v okolí očí. Vedle jsou uvedeny čtyři možnosti, kdy vždy právě jedna možnost je správná, tedy vystihuje výraz člověka na obrázku a vyjadřuje jeho emoční stav.

V testu je 36 otázek, maximální počet bodů, kterého se dá dosáhnout, je 36. Minimum bodů je 0.

1		<input type="radio"/> hravý <input type="radio"/> utěšující <input type="radio"/> podrážděný <input type="radio"/> nudící se
2		<input type="radio"/> vyděšený <input type="radio"/> rozrušený <input type="radio"/> arogantní <input type="radio"/> rozčilený
3		<input type="radio"/> vtipkující <input type="radio"/> zmatená <input type="radio"/> toužící <input type="radio"/> přesvědčená
4		<input type="radio"/> vtipkující <input type="radio"/> trvající na něčem <input type="radio"/> pobavený <input type="radio"/> relaxující
5		<input type="radio"/> podrážděný <input type="radio"/> sarkastický <input type="radio"/> obávající se <input type="radio"/> přátelský

Obr. 3.3 – Empatizační dotazník očí, otázky 1 – 5

3.3 Autistický koeficient

Autismus, z řeckého slova *autos* – sám, je tzv. vývojové mentální postižení projevující se abnormální sociální interakcí, stálými opakujícími se vzorci chování a narušenými komunikačními schopnostmi. Objevuje se před třetím rokem věku. [31]

K určení míry autismu jednotlivých osob byl vyvinut speciální autistický dotazník. Tento test zasadí každého člověka s normálním intelektem, nijak nepostiženým autismem, na speciální stupnici, která odpovídá právě míře autismu, respektive jeho příznaků u každého jedince. To se může hodit jak při určování toho, kdo je autismem „postižen“, tak pro pomoc identifikování jednotlivců, kterým by měla být na základě testu doporučena odborná diagnostika lékařem.

3.3.1 Autistický dotazník

Autistický dotazník byl navrhnout tak, aby byl krátký, aby se dal snadno vyplnit a aby v něm bylo snadné získat body. Skládá se z 50 otázek. Ty se dále dělí do pěti skupin po deseti otázkách týkajících se různých témat. Otázky 1,11,13,15,22,36,44,45,47,48 se zabývají společenskými dovednostmi, otázky 2,4,10,16,25,32,34,37,43,46 jsou na téma získávání a ztrácení pozornosti, otázky 5,6,9,12,19,23,28,29,30,49 se zabývají důrazem na detail, otázky 7,17,18,26,27,31,33,35,38,39 se

zabývají komunikací a posledním okruhem jsou otázky 3,8,14,20,21,24,40,41,42,50 zaměřující se na fantazii subjektů.

Za každou odpověď, která souvisí s abnormálním nebo autistickým chováním dostane subjekt jeden bod. Nezáleží na rozdíl od empatického a systematizačního dotazníku na tom, zda jde pouze o odpověď „spíše ne/souhlasím“. Test je opět stavěn tak, aby se přibližně půlka bodů dala získat za kladné odpovědi a druhá půlka za odpovědi záporné. Tím se eliminuje možnost nežádoucího vyplnění dotazníku, kdy by subjekt zaškrtnal například jen kladné odpovědi.

	Souhlasím	Spíše souhlasím	Spíše nesouhlasím	Nesouhlasím
1. Upřednostňuji činnost v kolektivu před samostatnými činnostmi				
2. Upřednostňuji provádění věcí vždy stejným způsobem				
3. Pokud se snažím něco si představit, je pro mě jednoduché si vytvořit obraz ve své mysli				
4. Často mě tak zaujme jedna věc, že úplně zapomínám na ostatní věci.				
5. Často zachytím tiché zvuky, i když ostatní nic neslyší				
6. Často si všímám poznávacích značek aut nebo jiných věcí, které mají stejný společný rys informace				
7. Ostatní lidi mě často upozorňují, že se chovám nezdvořile, zatímco já si myslím, že se chovám zdvořile.				
8. Pokud si čtu příběh, umím si jednoduše představit, jak vypadají hlavní postavy.				
9. Fascinují mě datумы.				

Obr. 3.4 – Autistický dotazník otázky 1 – 9

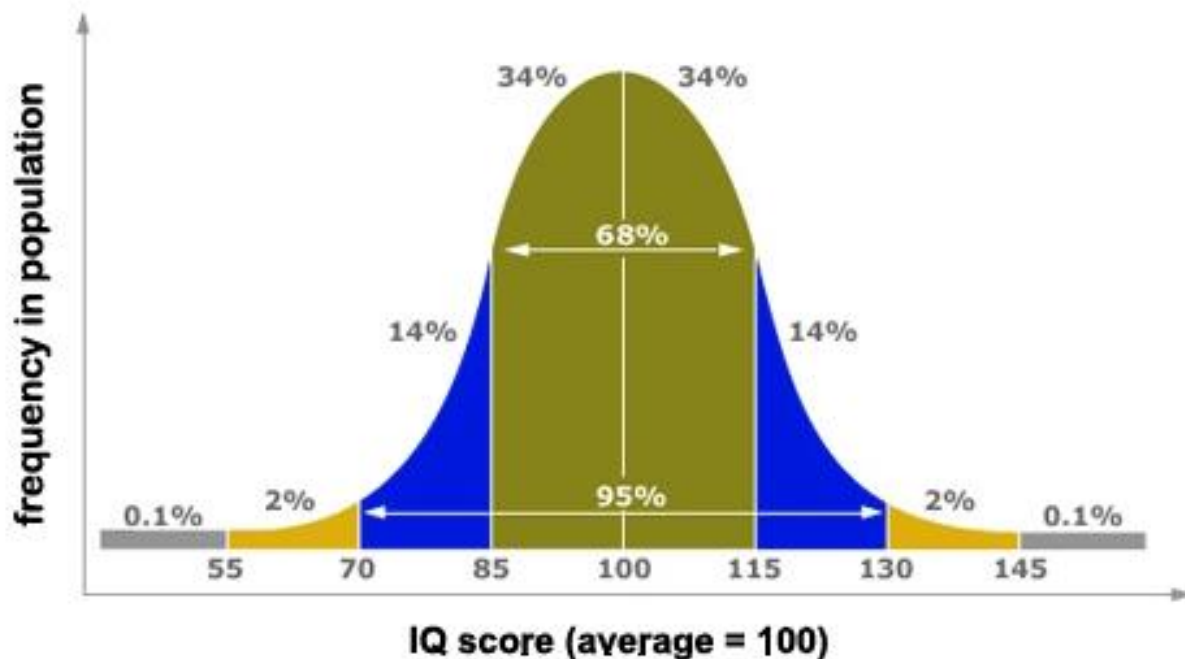
3.4 IQ

Intelligenční koeficient, zkráceně IQ, je standardizované skóre používané jako výstup standardizovaných intelligenčních (a jiných výkonových) psychologických testů k vyčíslení inteligence člověka v poměru k ostatní populaci (respektive k dané skupině). V dnešní době se nejčastěji používá deviační skóre s průměrem 100 a směrodatnou odchylkou 15. [16]

Protože inteligence má přibližně normální rozdělení, asi 70 % lidí má hodnotu IQ 85–115. IQ 115–130 má přibližně 13 % populace a nad 130 už jen necelé 2 % světové populace. Podobné rozložení nalezneme i u nižších hodnot IQ (tedy 70-85 má asi 13 % populace a méně než 70 opět méně než 2 %)

– tyto hodnoty jsou pouze orientační, ve skutečnosti se mírně liší. Skóre pod 70 body se nazývá mentální retardace.

Na obrázku 3.5 je ukázáno rozložení IQ napříč populací.



Obr. 3.5 – Graf IQ skóre

[<http://www.highiqpro.com/wp-content/uploads/2009/12/IQ-bell-curve.jpg>]

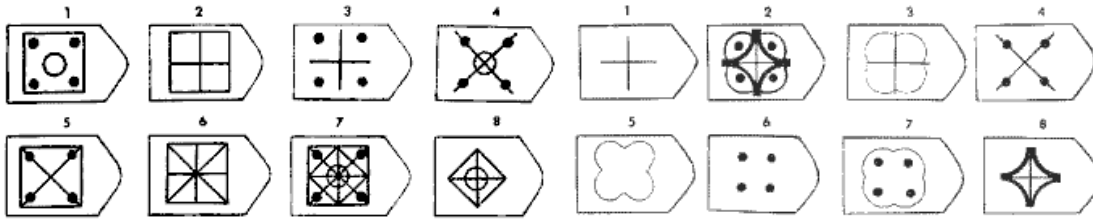
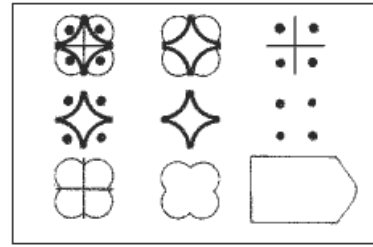
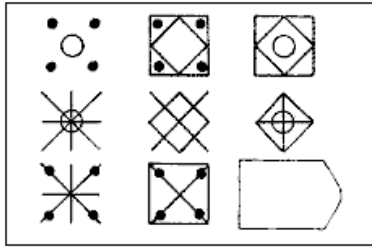
3.4.1 IQ test

Existuje spousta druhů testů, jak určit přibližné IQ člověka. Stanford-Binetův test, který byl vůbec prvním svého druhu, hodnotil děti v předškolním věku na základě souboru 30 různě obtížných úloh zaměřených na měření schopnosti úsudku, porozumění a logického myšlení. Test nechal vyřešit určitému vzorku lidí a výsledky statisticky zpracoval. Vznikla tak stupnice, pomocí které měřil tzv. *mentální věk*. Úroveň intelektu pak charakterizoval rozdílem fyzického a mentálního věku.

Další možností, jak měřit inteligenci, jsou Wechslerovy testy, v dnešní době jedny z nejpoužívanějších metod vůbec. Test má dva základní typy úloh – verbální a performační. K řešení verbálních úloh je nutné používat řeč. Ve Wechslerově testu inteligence se vyskytují otázky, ve kterých máte vysvětlit význam daného slova, říci, jak rozumíte různým situacím (např. co uděláte, když píchnete pneumatiku u auta. Performační část testu obsahuje úkoly, ve kterých jste požádáni o seřazení obrázků znázorňujících nějaký děj tak, aby dávaly smysl.

Tím se dostávám k testu, který byl použit pro zjištění IQ našich subjektů. Jde o tzv. Ravenův test neboli Ravenovy progresivní matrice. Oproti Wechslerovo testu, který prováděl testování na jednom testovaném, byl Ravenův test písemný a mohl být rozdán velké skupině lidí. Základem testu byly matice diagramů 3 x 3, do které se doplňoval chybějící diagram ve třetí řadě (obr. 3.6) na základě logických souvislostí. Podstatou tohoto testu bylo měření obecné intelektuální schopnosti pracovat s abstraktními pojmy. I když jsou oba typy testů dosti odlišné, byla mezi výsledky nalezena významná korelace 0,40 až 0,75.

Žádný inteligenční test neurčí inteligenci komplexně, ale poskytuje jen částečnou informaci, která se často nepřiměřeně zobecňuje a hodnotí se jako informace o celkové inteligenci. Proto je důležité brát výsledky vždy s určitou rezervou. [16]



Obr. 3.6 – Ravenův test
[\[http://www.raventest.net/images/raven\]](http://www.raventest.net/images/raven)

4 EEG

Elektroencefalogram (zkráceně EEG) je záznam časové změny elektrického potenciálu způsobeného mozkovou aktivitou. Záznamy jsou pořizovány elektroencefalografem a to z povrchu skalpu lebky.

4.1 Historie

V druhé polovině 19. století objevil Carlo Matteucci a Emil du Bois Reymond za použití galvanometru, že v nervech ve svalech vzniká elektrický signál. Poprvé tak vznikl koncept neurofyzologie.

V roce 1875 anglický vědec Richard Caton přiložil dvě elektrody na hlavu člověka a poprvé tak zaznamenal relevantní elektrický signál vycházející z mozku člověka a myšlenka vedoucí na objev EEG se mohla plynule rozvíjet.

Následovala celá řada vědců, kteří nějakým způsobem pracovali s elektrickým signálem z mozku, a to nejen lidského, ale i zvířecího. Největší průlom zaznamenal však až Hans Berger. Tomu se jako prvním podařilo zaznamenat EEG v takové podobě, jakou známe dnes. To vše už ve 20. letech 20. století.

Od té doby byly znalosti a práce s EEG nadále prohlubovány a jeho využití se neustále rozšiřovalo. V 50. letech 20. století se EEG používalo pro analýzu klinické nespavosti, v 70. letech bylo už experimentováno s využitím u diagnostiky mentálních poruch anebo u léčby epilepsie.

Dnes je EEG používáno za využití plně počítačových systémů. EEG stroje jsou vybaveny mnohými procesními nástroji, velmi přesnými elektrodami a mohou zaznamenávat aktivitu mozku prakticky nepřetržitě. [1]

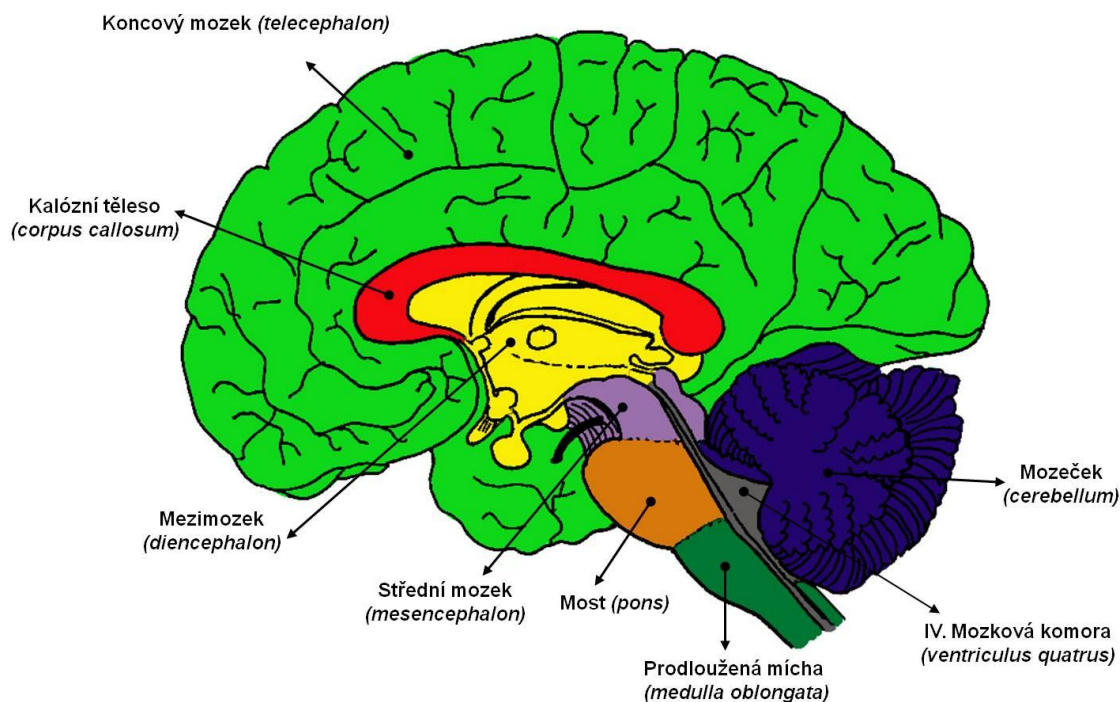
4.2 Mozek

Mozek, latinsky Cerebrum, je orgán, který slouží jako organizační a řídicí centrum nervové soustavy. Řídí a kontroluje veškeré tělesné funkce, jako je činnost srdce, trávení, pohyb, řeč, ale i samotné myšlení, paměť či vnímání emocí. [9]

4.2.1 Části mozku

Mozek se skládá z následujících částí:

- Prodloužená mícha
- Most
- Mozková komora
- Mozeček
- Střední mozek
- Mezimozek
- Kalózní těleso
- Koncový mozek (hlavní místo vzniku EEG signálu)



Obr. 4.1 – Mozek

[<http://pfyziolffup.upol.cz/castwiki/wp-content/uploads/2012/11/Obr12.jpg>]

4.3 EEG vlny

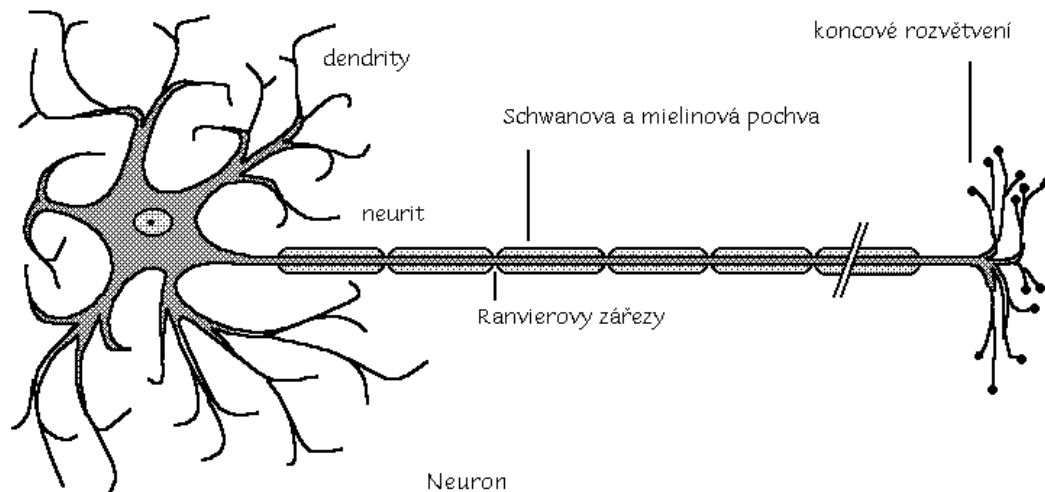
Mozkové rytmy jsou jemné a citlivé ukazatele funkčního stavu mozkové tkáně, která závisí mj. i na věku pacienta. Tyto křivky se mění velmi nepravidelně, nicméně nejvýraznější změny mezi záznamy se dají vyzorovat v bdělém stavu, při usínání a při spánku. Největší a nejvýraznější změny je možné pozorovat v případě určitých mozkových onemocnění jako je např. nádor, krvácení do mozku či při epileptické aktivitě.

Křivka EEG záznamu je složitá a často velmi neurčitá. Mění se v čase a vždy zaznamenává i signály se zdrojem mimo mozkovou kůru – tyto signály se jmenují artefakty. Křivka zprostředkovává informace o činnosti mozku, tyto informace se však dají vyhodnocovat pouze vizuálně, je tedy důležité mít velké množství předchozích výsledků a praxe z oblasti.

Ve spleti křivek se dají rozlišovat určité základní prvky, kterým se říká grafické elementy. Základním grafickým elementem je vlna. To je grafický záznam jednoho elektrického kmitu. Jejími parametry jsou frekvence, amplituda (její elektrický potenciál, tvar, fáze a seskupení. [5])

4.3.1 Vznik EEG vlny

V mozku dochází ke generaci EEG aktivity. Jedná se o záznam časové změny polarizace neuronů a CNS. Jde především o aktivitu povrchových struktur (vliv podkorových na záznam je mnohem menší), amplituda potenciálů z povrchu kůže lebky v desítkách μV (membránový potenciál v mV). Zdrojem EEG aktivity jsou hlavně excitační (EPSP) a inhibiční postsynaptické potenciály (IPSP), podstatně méně pak akční potenciály. Zvláště významné jsou pro genezi EEG neurony pacemakerového typu – spontánní produkce oscilačních výbojů, inhibiční interneurony a zpětnovazebná spojení. Tyto neurony v podstatě fungují na základním principu funkce oscilátoru při rytmické aktivitě 10–40Hz). Technicky se při záznamu EEG porovnává potenciál dvou bodů na kůži lebky, tedy bipolární záznam, nebo rozdíl elektrického potenciálu mezi aktivním bodem mozkové tkáně (pod aktivní, explorační elektrodou) proti bodu s nulovým potenciálem (pod neaktivní, referenční elektrodou – např. ušní boltec, kořen nosu), tj. unipolární záznam. [5]

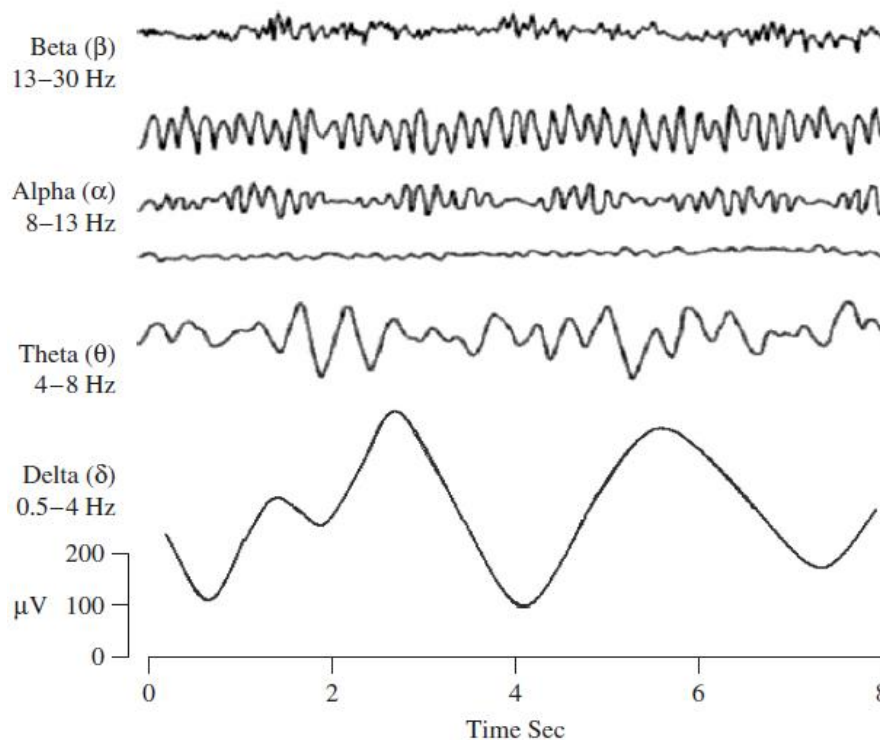


Obr. 4.2 - Neuron

[<http://cgg.mff.cuni.cz/~pepca/prg022/mucha/neuron.gif>]

4.3.2 Mozkové rytmy

V mozku se generuje pět základních mozkových vln. Jde o vlny alfa (α), theta (θ), beta (β), delta (δ) a gamma (γ). Tyto vlny mohou být ovlivněny například stavem mysli (rozdílné při probuzení, v noci při spánku, nebo během dne), chorobami či úrazy anebo například věkem. [1]



Obr. 4.3 – Mozkové rytmy

[EEG signal processing, Saeid Sanei and J. A. Chambers ISBN – 13 978-0-470-02581-9]

4.3.2.1 Alfa vlnění

Při zavření očí, u odpočatého a uvolněného člověka s nižší mentální aktivitou se dá dobře detekovat alfa vlnění. Frekvence alfa vlnění je většinou v rozmezí 8-13 Hz a jeví se jako signál podobný sinusoidě. U dětí a se však tato hodnota může lišit (ve věku kolem 1 roku je hodnota asi 5 Hz). Výskyt alfa vlnění je obvyklý v zadních částech oblasti CNS (týl). [4,2]

4.3.2.2 Theta vlnění

Frekvenční rozsah theta vlnění je od 4 do 8 Hz. Nejčastěji se vyskytuje u dětí a adolescentů. Dobře se měří při spánku a stavu ospalosti. Theta vlnění je spojováno s emočním stresem, meditací anebo kreativní inspirací. [4,2]

4.3.2.3 Beta vlnění

Jde o rytmickou aktivitu o frekvenci nad 13 Hz bez jasného ohraničení horní frekvence, nejčastěji se však udává rozmezí 15-25 Hz s amplitudou pod 20 μV . Charakteristický tvar je opět sinusoida, dále např. obloukovité nebo zašpičatělé tvary podobné sinusoidě. Beta vlnění je asynchronní v závislosti na hemisférách mozku. Výskyt beta vlnění je obvyklý v předních částech oblasti CNS. Beta vlnění je většinou spojováno s přemýšlením, zvýšenou pozorností a mentální aktivitou. [4,2]

4.3.2.4 Delta vlnění

Vyskytuje se zejména při fázích hlubokého spánku a dosahuje frekvence 0-4 Hz. Pokud se vyskytuje mimo hluboký spánek, většinou se jedná o nějakou mentální poruchu. [4,2]

4.3.2.5 Gamma vlnění

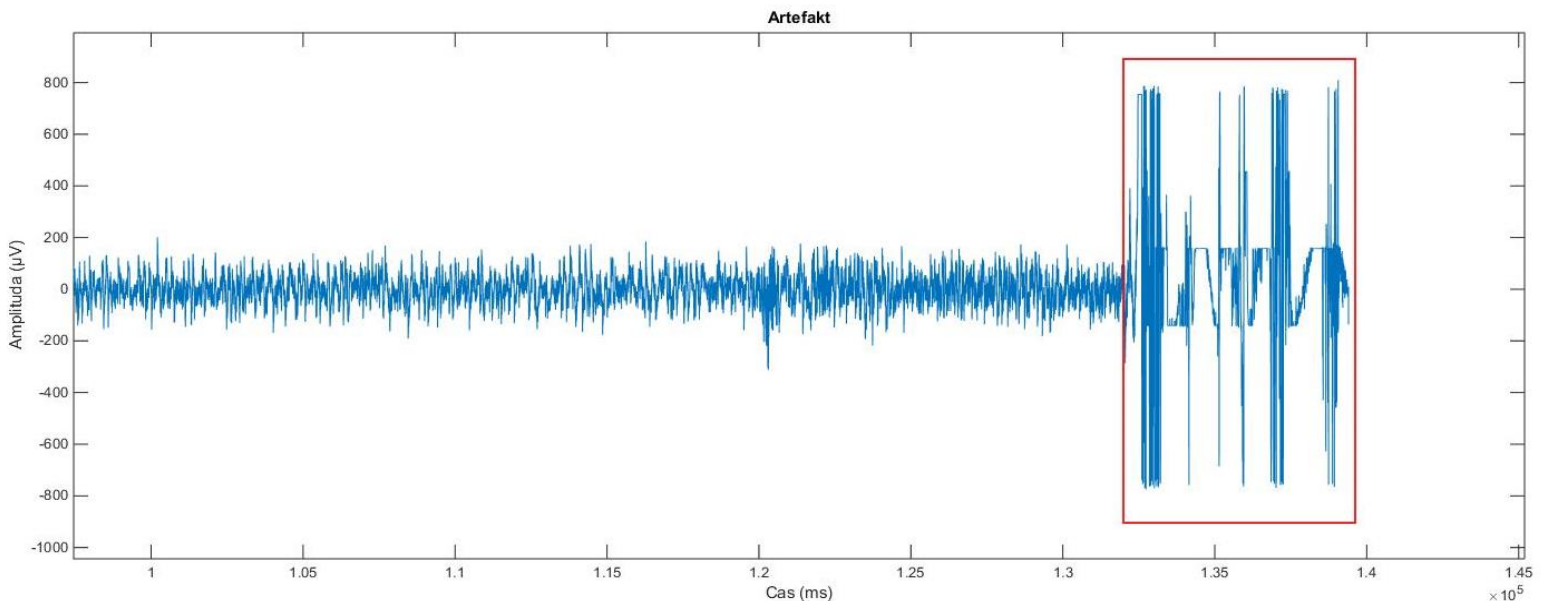
Jde o vlnění o frekvencích vyšších než 30 Hz (většinou nepřesahující 45 Hz). Říká se jim také rychlé beta vlnění. Amplitudy těchto vlnění jsou velmi malé a jejich výskyt je tedy vzácný. Často signalizují určité mozkové onemocnění. [4,2]

4.4 Artefakty

Při zaznamenávání mozkové aktivity v podobě EEG záznamu skoro vždy dochází ke vzniku artefaktů. Jde o biologické události, které však nevznikají uvnitř mozku (např. mrkání) nebo jde o problémy technického rázu. Někdy je poměrně obtížné artefakt v EEG záznamu identifikovat, protože neexistuje žádná přesná pomůcka pro určení toho, co ještě artefakt je, a co už není. [10]

4.4.1 Prevence

Nejpodstatnějším artefaktům, které by následně znemožnily práci s EEG záznamy, lze poměrně snadno předcházet. Ideální je umístit přístroj i pacienta do klidné místnosti v denní dobu, kdy je pacient v největší pohodě a bdělosti, ideálně někdy dopoledne. Zamezí se kontaktu s okolím, zkontroluje se správné připojení přístroje a omezí se doba testu na potřebné minimum, aby výsledky stále byly relevantní.



Obr. 4.4 – Artefakt v EEG záznamu na jedné z elektrod

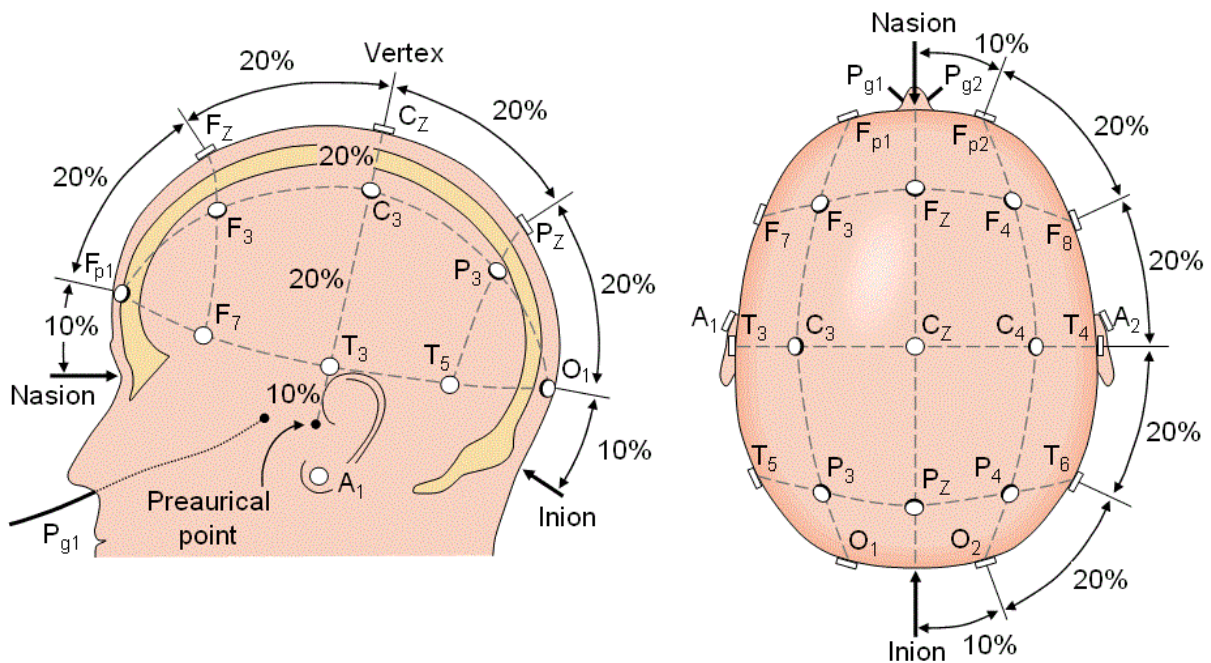
4.5 Měření

Systém na měření EEG zahrnuje elektrody, zesilovače a nahrávací vybavení.

Nejčastěji používané jsou Ag/AgCl elektrody. Jde o malé zakulacené elektrody s průměrem 1-3 cm, které udržují stabilní elektrochemický potenciál s malou změnou stejnosměrného elektrického proudu. V oblasti styku kůže a elektrody je potřeba použít nepolarizovatelné kovy (zlato, stříbro, cín), které umožňují rychlý přenos změn potenciálů. [2]

V současnosti se nejčastěji používají „čepice“, které jsou osázené elektrodami. Každá elektroda se před nasazením namaže speciálním gelem, který zaručí snížení odporu mezi elektrodou a kůží. Cílem je mít mezi kůží a elektrodami co nejmenší odpor.

Umístění povrchových elektrod je standardizované rozmístění podle systému 10-20. Jméno tohoto systému je odvozeno podle vzájemného umístění elektrod na povrchu hlavy, kde vzdálenost mezi určitými elektrodami tvoří 20% nebo 10% z celkové délky povrchu. Tím pádem je možné rovnoměrně rozmístit elektrody na celé hlavě. [4]



Obr. 4.5 – Rozložení elektrod

[http://www.elin.ttu.ee/studies/Courses/IEM/3240BME/Content/1_Bioelectricity/BME_2_bioelectric_signals_files/010_EEG_standard.gif]

4.6 Zpracování a analýza

Pouze nasnímat EEG signál, zesílit a správně ho zapsat však ještě není konec. Je třeba udělat několik dalších kroků k jeho úspěšné interpretaci. K tomu byl v praxi téměř výhradně použit program PSGLab. PSGLab je Matlabový toolbox pro zpracování a práci s polysomnografickými (PSG) daty. [17]

4.6.1 Předzpracování

Metody předzpracování signálu mají za hlavní úkol eliminaci všech nežádoucích složek, které se mohou v EEG signálu objevit. Během měření mozkové aktivity dochází k jevům, které je potřeba eliminovat buď hned při měření (například pro docílení lepšího kontaktu s pokožkou je používán gel, který je nanášen na elektrody), nebo po naměření dat. Dochází například k rušení z elektrické rozvodné sítě frekvencí 50Hz. Mezi další nežádoucí jevy můžeme zařadit také artefakty biologické (mrkání, svalová aktivita, dýchání). [3]

4.6.1.1 Odstranění rušení ze sítě 50Hz

Protože v EEG signálu se frekvence vyšší než 50Hz nevyskytují, používá se nejčastěji pro odstranění tohoto typu rušení filtr typu dolní propust. Tedy filtr, který propustí frekvence menší než 50 Hz. [3]

4.6.1.2 Segmentace signálu

Segmentací signálu rozumíme rozdělení signálu na menší části. Provádí se za účelem dalšího zpracování signálu a případného odstranění nežádoucích artefaktů. [3]

Segmentace se rozděluje na konstantní segmentaci (konstantní délka segmentu) a na adaptivní segmentaci (proměnná délka segmentu).

4.6.2 Zpracování

Po předzpracování signálu následují další metody zpracování signálu. Jelikož jsou data rozdělena do segmentů, můžeme s jednotlivými segmenty pracovat a provádět na nich výpočty, přiřadit je do tříd a podobně. Nabízí se také celé řada vizualizačních metod (zobrazení spektrogramu, EEG koherencí a jiné), nebo použití shlukové analýzy. [3]

4.6.2.1 Výpočet příznaků

Každý segment je popsán sadou příznaků. Výpis některých příznaků:

- Statické parametry
 - Minimum (*Minimum*)
 - Maximum (*Maximum*)
 - Střední hodnota (*Mean*)
 - Koeficient špičatosti (*Kurtosis*) – charakteristika rozdělení náhodné veličiny, která porovnává náhodné rozdělení s normálním rozdělením pravděpodobnosti.
 - Koeficient šikmosti (*Skewness*) - je charakteristikou rozdělení pravděpodobnosti náhodné veličiny.
 - Průměr a maximum hodnot první a druhé derivace
- RMS amplituda – efektivní hodnota, kdy se měří střední hodnota signálu za určitou dobu T.
- Shannonova entropie – entropie popisuje nejistotu výskytu objektu.
- Statické koeficienty korelace – Korelace vystihuje podobnost dvou signálů pro různé vzájemné posuvy

4.6.3 Selekce příznaků

Při zpracování příznaků dochází k selekci nadměrného množství dat. Je tedy potřeba vybrat pouze ty nejkvalitnější z nich. Jednou z možností, jak vybrat nejkvalitnější příznaky, je selekce příznaků. Existují různé metody selekce příznaků. Vhodné příznaky je možné vybrat např. za pomoci lékaře, zobrazením klasifikace nebo vypočtených příznaků. Tím zaručíme, že vybereme opravdu ty nejlepší příznaky pro následnou klasifikaci. [3]

4.6.4 Klasifikace

Klasifikace signálu je velmi důležitou součástí procesu zpracování EEG záznamu. Klasifikací se rozumí rozdělení segmentů do příslušných tříd. Konkrétní třída může odpovídat například některé spánkové fázi, přítomnosti artefaktu, epileptické aktivitě atd. [3]

4.6.5 Vizualizace

Téměř všechna data, která jsou naměřena, a výsledky analýz nad těmito daty lze zobrazit. Zobrazovat lze například jednotlivé signály, vypočtené příznaky, spektrogramy a koherence. [3]

5 Statistické metody

Při analýze dat je nezbytně nutné se opírat o různé statistické metody. Při každé statistické analýze jsem postupoval krok za krokem. Nejdřív jsem se rozhodl, zda jsou zkoumaná data parametrická nebo zda pocházejí z neparametrického rozložení. Když jsem tuto skutečnost zjistil, vybral jsem si vhodnou metodu pro další testování.

5.1 Parametrické vs. neparametrické metody

Jak jsem již napsal, nejdříve je při analýze jakýchkoliv dat důležité zjistit, zda se jedná o parametrické nebo neparametrické rozdělení. Neparametrické metody bývají všeobecně méně přesné než metody parametrické. To znamená, že pokud si nesprávně vybereme metodu neparametrickou pro rozdělení, které je parametrické, ztrácí tato metoda na účinnosti. Stejně to platí v opačném případě.

Jeden ze způsobů, jak určit, zda je rozdělení normální nebo ne a zda tedy použít parametrické metody nebo neparametrické metody, je **Kolmogorovův-Smirnovův** test. Tento test je založený na porovnávání distribuční funkce předpokládaného rozdělení s výběrovou (empirickou) distribuční funkcí. [30]

Jednovýběrový KS-test

$$D_1 = \frac{1}{n} \max |N_{1i} - N_{2i}|$$

n – počet prvků

$N_{1i} - N_{2i}$ – rozdíl kumulativních četností

Hodnota kritéria D_1 se následně porovná s kritickou hodnotou D_{1max} pro danou hladinu významnosti. V Matlabu se k tomuto používá funkce *kstest*, respektive *kstest2* pro dvouvýběrový KS-test. Další možností, jak zjistit, zda jde o parametrické nebo neparametrické rozdělení, je pomocí **Lillieforsova testu**. Ten vrací hodnotu říkající pouze to, zda jde nebo nejde o parametrické rozdělení, a je založen na podobném principu, jako Kolmogorovův-Smirnovův test. V Matlabu se používá funkce *lillietest*. [6,14]

5.2 Studentův T – test

Studentův t-test je parametrický test pro zjištění statistické významnosti. Jde o často používanou metodu testování statistických hypotéz. Má za úkol zjistit:

1. Zda normální rozdělení, z něhož pochází určitý náhodný výběr, má určitou konkrétní střední hodnotu, přičemž rozptyl je neznámý
2. Zda dvě normální rozdělení mající stejný nebo rozdílný (byť neznámý) rozptyl, z nichž pocházejí dva nezávislé náhodné výběry, mají stejné střední hodnoty (resp. rozdíl těchto středních hodnot je roven určitému danému číslu)

[29,14]

Jednovýběrový t-test:

$$T = \frac{\bar{X} - \mu}{S_n} \sqrt{n}$$

\bar{X} – výběrový průměr

μ – střední hodnota

S_n – směrodatná odchylka

n – počet prvků

Dvouvýběrový t-test (pro rozdílné rozptyly):

$$T = \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{\sqrt{\frac{s_1^2}{m} + \frac{s_2^2}{n}}}$$

\bar{X}, \bar{Y} – výběrový průměr

s_1, s_2 – rozptyly

m, n – počet prvků

V matlabu se používá funkce *ttest*, respektive *ttest2* pro dvouvýběrový test.

5.3 Wilcoxonův a Kruskal-Wallisův test

Používá se pro hodnocení párových pokusů, kdy sledovaná veličina neodpovídá normálnímu rozdělení. Porovnává 2 měření provedená u jednoho výběrového souboru. Testuje hypotézu rovnosti distribučních funkcí na základě ověření symetrického rozložení sledované náhodné veličiny. [15]

Párový Wilcoxonův test:

$$Z = \frac{W - \frac{n(n+1)}{4}}{\sqrt{\frac{n(n+1)(2n+1)}{24}}}$$

W – rozdíly mezi párovými hodnotami

n – počet párů s nenulovým rozdílem

Výsledkem je hodnota z intervalu [0,1], kdy 0 říká, že nulovou hypotézu nelze zamítnout a 1 naopak nulovou hypotézu zamítá. V Matlabu se pro výpočet této hodnoty používá funkce *ranksum*. Tato metoda je ekvivalentní k Mann-Whitneyemu testu.

V práci dále používám **Kruskal-Wallisův** test, což je v podstatě rozšíření Wilcoxonova párového testu. Pomocí tohoto testu se dá testovat dvě a více skupin. Metoda porovnává mediány skupin, aby zjistila, zda data pocházejí ze stejné distribuce. V Matlabu se používá funkce *kruskalwallis*, která vrací hodnoty z intervalu [0,1]. Pokud se hodnota blíží nule, jde o rozdílnou distribuci a naopak.

5.4 Korelace koeficientů

Síla statistické závislosti neboli korelace zjišťuje závislost mezi dvěma veličinami x a y . Vztah mezi veličinami může být kladný, nebo záporný. Hodnota korelačního koeficientu -1 značí zcela nepřímou závislost. Hodnota korelačního koeficientu $+1$ značí zcela přímou závislost. Pokud je korelační koeficient roven nebo blíží se k 0, pak mezi znaky není žádná statisticky zjistitelná lineární závislost. [28]

Vzorec Pearsonova korelačního koeficientu:

$$\rho_{x,y} = \frac{cov(x,y)}{\sigma_x \sigma_y}$$

$\sigma_x \sigma_y$ – směrodatné odchylky

$cov(x,y)$ – kovariance x a y

V matlabu se využívá funkce *corcoef*.

Experimentální část

6 Popis experimentu

Celý experiment byl prováděn v areálu školy na Karlově náměstí v laboratořích v budově E. Experiment se sestával z několika částí, kdy se postupně vyplňovaly dotazníky IQ, AQ, SQ, EQ, dotazník týkající se osobních údajů subjektu (otázky ohledně rodiny, léků, užívání drog, aktuální nálady apod.) a dále byla provedena úloha mentální rotace a změření EEG mozkové aktivity.

6.1 Testovací skupina

Do experimentální skupiny lidí zařadím všechny, kteří se testu účastnili. Experimentu se účastnilo 25 adolescentů (dospívajících) ve věku 16-19 let. Jednalo se o studenty speciálního gymnázia, kteří jsou členy menzy (organizace sjednocující lidi s IQ vyšším než 130) a o žáky učňovských oborů, např. kuchaře. Lidé s IQ větším než 130 budu řadit do skupiny „Menza“, lidé s IQ průměrným do skupiny jménem „AVG“. Experimentu se účastnili ženy i muži. Nebyli pod vlivem žádných léků a bylo ve snaze dosáhnout co nejuvolnějšiho stavu měřeného člověka. Žáci Menza gymnázia nepsali IQ test – přepokládá se u nich IQ vyšší než 130.

Skupina „Menza“ má celkem 16 členů, z toho 6 žen a 10 mužů. Obsahuje subjekty, jejichž identifikační přezdívky jsou následující: 1313, 333, 2332, 42292, elmo, nuzky, tarzan, will, delizrout, klara, mcslunicko, objekt14, peta, tomas, Jedle, Najanaa, Ludek, Johnny, Yuilya, Michal5, mikro97, tucnak.

Skupina „AVG“ má celkem 8 členů. Jde o subjekty s přezdívkou Najanaa, Ludek, Johnny, Yuilya, mikro97, tucnak, arina, dick. Tři se subjektů jsou ženy, zbytek jsou muži.

Zůstal jeden nezařazený subjekt a to tadeas_mentaltask. U tohoto účastníka bohužel nebyl k dispozici IQ test, nicméně naměřená data byla použita například pro analýzu EEG záznamu.

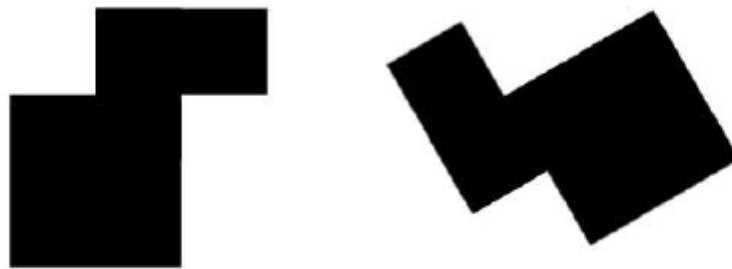
6.2 Úloha mentální rotace

Úkolem účastníků úlohy mentální rotace je určit, zda dva stejné objekty pouze vzájemně rotované (0° , 60° , 120° , 180° , 240° , 300°) podle osy x (v případě dimenze 3 ještě podle osy y), nebo zda jsou ještě zrcadlově otočeny. Účastníci testu měli odpovídat pokud možno co nejrychleji při zachování co největší správnosti. Po celou dobu experimentu byl snímán a nahráván EEG záznam účastníků.

Celkem bylo v úloze 154 otázek, 96 z nich bylo v dimenzi 2, 58 v dimenzi 3. Otázky týkající se jednotlivých dimenzí byly zřetelně odděleny. Objekty byly u obou dimenzí vždy čtyři s různou složitostí. Objekty, jejich rotace a zrcadlení/nezrcadlení se náhodně střídaly.

6.2.1 Dimenze 2

Dimenze 2 měla 96 párů stimulů. Byly buď stejné, nebo zrcadlené. Měnila se i jejich složitost.



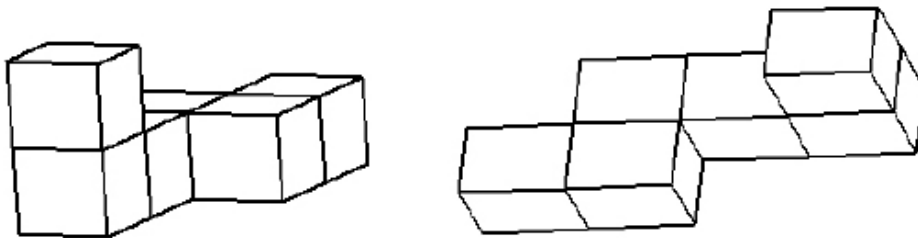
Obr. 6.1 – Nezrcadlený objekt, posun o 120° a nejnižší složitost



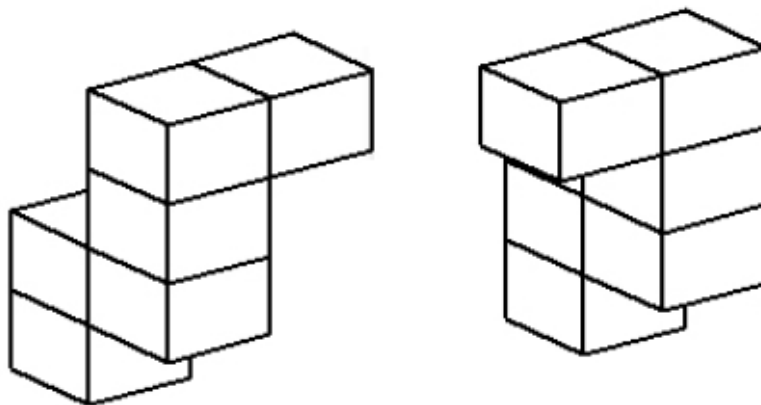
Obr. 6.2 – Zrcadlený objekt, posun o 0° a nejvyšší složitost

6.2.2 Dimenze 3

Dimenze 3 měla 58 párů stimulů. Byly buď stejné, nebo zrcadlené. Měnila se i jejich složitost, stejně jako v případě dimenze 2. „První“ je nejnižší složitost, „čtvrtý“ nejvyšší.



Obr. 6.3 – Nezrcadlený objekt, posun x o 120°, y o 60° a nejnižší složitost



Obr. 6.4 – Zrcadlený objekt, posun x o 0°, y o 0° a nejnižší složitost

6.3 Předzpracování

6.3.1 Mentální rotace

Data byla měřena a zaznamenávána za použití programu „Presentation“ (experimentální program pro neurologii a výzkum), který zapisoval informace při 2D a 3D úloze mentální rotace. Data se ukládala do příslušných .txt souborů. Jednotlivé informace v soubory byly odděleny specifickým symbolem „;“ (středníkem).

Tento samotný soubor ještě není vhodný pro zpracování. Je tedy nutné si ho nějakým způsobem převést. Proto jsem si v JAVA napsal speciální program, který textový soubor přečetl, „vzobal“ mi z toho informace, které jsem potřeboval a zapsal je do nového textového souboru zapis_subjekt.txt. Vytvořil mi textový soubor s několika sloupci, kde byly postupně hodnoty jako čas stimulu, reakční čas subjektu, dimenze, stisknutá klávesa, zrcadlení, otočení atd. Zároveň mi vytvořil sloupec nový s hodnotami 0 a 1, který říkal, zda subjekt odpověděl na danou otázku správně.

Vzniklý textový dokument bez středníků a pouze s číselnými hodnotami nebo s krátkými stringy už šel bez problémů otevřít v Matlabu a dalo se s ním dále pracovat.

Příklad zápisu dimenze 2:

```
Dimension;2;StartTime;246907;ReactionTime;3162;response button;2;
kod;2_6_1_120_300_n010208_2_12_4_2_120__n010208_2_12_4_2_300_z
Otočení prvního objektu
Otočení druhého objektu
Složitost objektu
Zrcadlení
```

Příklad zápisu dimenze 3:

```
Dimension;3;StartTime;1169982;ReactionTime;12387;response button;3;
kod;treti3d_0_0_treti3d_0_300_z
Otočení prvního objektu (osa x)
Otočení prvního objektu (osa y)
Otočení druhého objektu (osa x)
Otočení druhého objektu (osa y)
Složitost objektu
Zrcadlení
```

6.3.2 Detekce outlierů

Outlier je hodnota reakčního času, která očividně není správná. Jde například o situace, kdy se subjekt zamyslel na mnohem delší dobu, než byl jeho průměr, anebo když ho něco vyrušilo od plnění úlohy. Reakční čas je pak výrazně nižší nebo naopak výrazně vyšší než jsou průměrné hodnoty řešení.

Tyto hodnoty jsem „odstranil“ jak u 2D úlohy, tak u 3D úlohy. Postupoval jsem tak, že jsem si nejdříve zjistil, zda je rozložení reakčních časů normální nebo ne. Zjistil jsem, že v ani jednom případě nebylo. Spočítal jsem si tedy interkvartily intervalů příslušných reakčních časů (25% a 75%) a vzal jsem jejich 2,5 násobek. Tato hodnota byla čistě na mém uvážení, kdy jsem předpokládal, že vychýlení se o více než 2,5 násobek interkvartilů je už neobvyklé a považoval jsem ho za nesprávné.

6.3.3 EEG

EEG signál se nahrával do „D“ souborů, tzv. „D-files“. V tomto souboru byl záznam ze všech 19 elektrod rozmístěných na hlavě subjektu (Systém 10-20).

Nahrávání a předzpracování d-souborů se provádělo v programu PSGlab. Metodou `options.run_load_dfile` se načetly informace o naměřeném EEG souboru. Informace se pak nahrály příkazem `options.run_load_definition` a postupně se zpracovaly pomocí příkazů `options.run_data_resampling` (segmentace), `options.run_data_filtering_50Hz` (filtrace) a `options.run_data_new_excl` (nahrání dat do tabulek). Ze záznamů se pak manuálně odstraňovaly artefakty.

Zpracování a práce s EEG signálem bylo náplní mého projektu v předchozím semestru. V bakalářské práci jsem se už spíše zaměřil na analýzu behaviorálních dat a vyhodnocení dotazníků, práci se signálem se věnoval kolega Petr Bukovský ve své bakalářské práci.

7 Zpracování dotazníků

7.1 Hypotézy

Na základě empirického výzkumu a výsledků prací a teorií zabývajících se daným tématem se dají vyvodit určité předpoklady ke každému koeficientu.

7.1.1 Empatický vs. systematizační koeficient

Mezi empatickým a systematizačním koeficientem jsou určité rozdíly. Podle E-S teorie, mozek jednotlivců, jejichž empatie je více vyvinuta než jejich systematizace, se řadí mezi typ E. Na druhou stranu mozek jednotlivců s více vyvinutou systematizací se označuje typem S. Jednotlivci, kteří mají systematizaci i empatii vyvinutou v podobné míře se označují jako typ B (od slova balanced – vyrovnaný).

Na základě E-S teorie se uvádí, že v průměru více žen má mozek typu E a více mužů má mozek typu S. Důkazy o tom, že ženy mají oproti mužům Empatizační nadřazenost, lze dohledat v různých zdrojích, (například v publikaci od Barona – Cohena [11]) a zahrnuje to zjištění, že ženy jsou mnohem lepší v dekódování různých nonverbálních komunikací, dokáží pochytit různé nuance z tónu hlasu nebo výrazu v tváři druhé osoby nebo dokáží lépe odhadnout charakter.

Důkazy o tom, že muži jsou lepší v systematizaci, je možné opět dohledat například v již zmíněné publikaci od Barona – Cohena [11]. Znamená to mimo jiné tedy to, že zastoupení mužů v technických oborech a v oborech, kde se používá matematika, fyzika nebo logika, je výrazně vyšší než zastoupení žen.

Dá se tedy předpokládat, že empatie bude vyšší u žen, kdežto v systematizaci budou lepší muži. Také by se dalo nepřímo uvažovat o tom, že lidé, zabývající se nějakým technickým předmětem, matematikou anebo jakoukoliv exaktní vědou, budou mít vyšší systematizační koeficient. Na druhou stranu lidé z humanitních oborů by měli mít vyšší koeficient empatizační. Z těchto předpokladů se dá usoudit, že by empatický i systematizační koeficient měl být velmi podobný u skupiny AVG i Menza, zvláště pokud jsou v něm rovnoměrně zastoupeni muži a ženy a tedy že IQ na tyto koeficienty vliv nemá.

7.1.2 Autistický koeficient

V práci „The Autism-Spectrum Quotient“ [13] se podrobily zkoušce čtyři kategorie lidí:

1. Lidé s aspergerovým syndromem
2. Náhodně vybraná skupina lidí
3. Studenti z Univerzity Cambridge
4. Vítězové matematických olympiád ve Velké Británii

Výsledky těchto čtyř kategorií se srovnávaly a došlo se k následujícím závěrům. První skupina měla průměrné hodnocení AQ 35,8, což je výrazně více než skupina č. 2, jejíž průměr byl 16,4. Dle testu také mnohem více bodovali muži oproti ženám. Skoro 40% mužů se oproti pouhým 20% žen umístilo nad horizontem AQ > 20, tedy dosáhli průměrné hodnoty AQ. Studenti se také příliš nelišili od druhé skupiny. Vědci a studenti matematiky měli mnohem vyšší AQ skóre než studenti humanitních nebo společenských oborů. Znamená to tedy, že AQ souvisí i s polem působnosti jednotlivce. Velmi vysokého skóre dosáhla také skupina číslo čtyři, tedy vítězové matematický olympiád. Možná by tedy o něco vyšších výsledků měla dosáhnout skupina Menza, pouze však za předpokladu, že se skládá z pouze nadaných matematiků. V jiném případě se dají očekávat velmi podobné výsledky obou skupin. [13]

7.1.3 IQ

Předpoklady pro IQ testy jsou vcelku jasné. Testujeme adolescenty, kteří jsou členy menzy a kteří by tedy měli mít IQ nad 130. To platí jak pro muže, tak pro ženy. IQ nijak nezávisí na pohlaví jednotlivců. U žáků učilišť se naproti tomu očekává IQ průměrné, tedy přibližně hodnota 100.

7.2 Výsledky

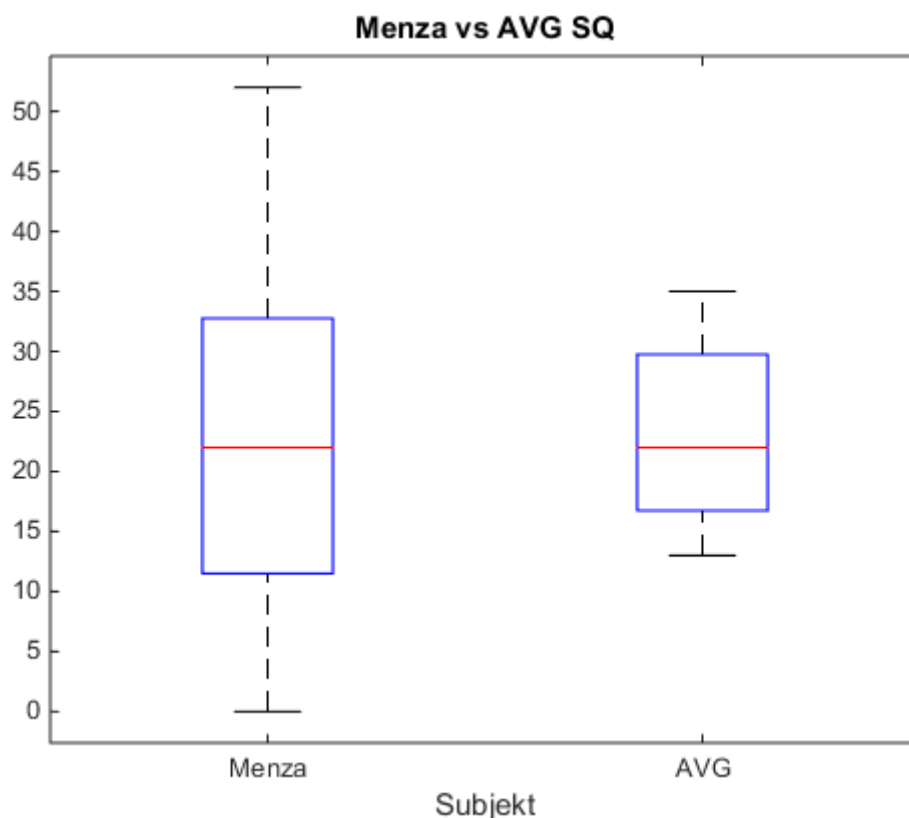
V následující tabulce (obr. 7.1) jsou k nahlédnutí veškeré výsledky testů, které byly k dispozici. Pokud u nějakého subjektu výsledek k dispozici není (např. proto, že nebyl dostatek času na provedení testu), je příslušné pole vyplněno symbolem „-“. V tabulce je uvedeno vždy jméno, pod kterým je subjekt identifikován, pohlaví a výsledky testů.

Vyhodnocení testů						
Subjekt	Pohlaví	IQ	AQ	EQ	SQ	EYES (z 30)
1313	F	>130	5	45	13	25
333	F	>130	20	39	11	23
2332	M	>130	21	47	40	20
42292	F	>130	14	50	10	20
elmo	M	>130	23	35	52	26
nuzky	M	>130	36	46	33	24
tarzan	F	>130	40	57	17	24
will	M	>130	19	35	23	24
delizrout	F	>130	43	50	7	23
klara	F	>130	13	59	0	21
mcslnicko	M	>130	30	35	35	13
objekt14	M	>130	17	38	8	27
peta	M	>130	10	43	32	24
tomas	M	>130	17	36	30	22
Jedle	M	>130	25	48	30	28
Najanaa	F	4p	26	53	22	13 (z 20 - 65%)
Ludek	M	25p	27	48	18	5 (z 16 - 31%)
Johnny	M	8p	25	31	35	5 (z 16 - 31%)
Yuilya	F	22p	28	44	13	25
Michal5	M	50p	26	52	28	25
mikro97	M	5p	-	52	-	23
tucnak	M	>130	-	-	-	-
arina	F	70p	-	-	-	-
dick	M	65p	-	-	-	-
tades_mentaltask	M	-	-	-	-	-
Menza						
menza	-	>130	21,12	42,06	21,71	21,71
AVG						
AVG	-	31,125p	26,50	38,00	22,00	14,67

Obr. 7.1 – Vyhodnocení testů

Vzhledem k omezenému počtu subjektů se může stát, že výsledky někdy ne zcela korespondují s předpoklady. Čím více subjektů bychom testovali, tím vyšší přesnosti a kvality výsledků bychom dosáhli.

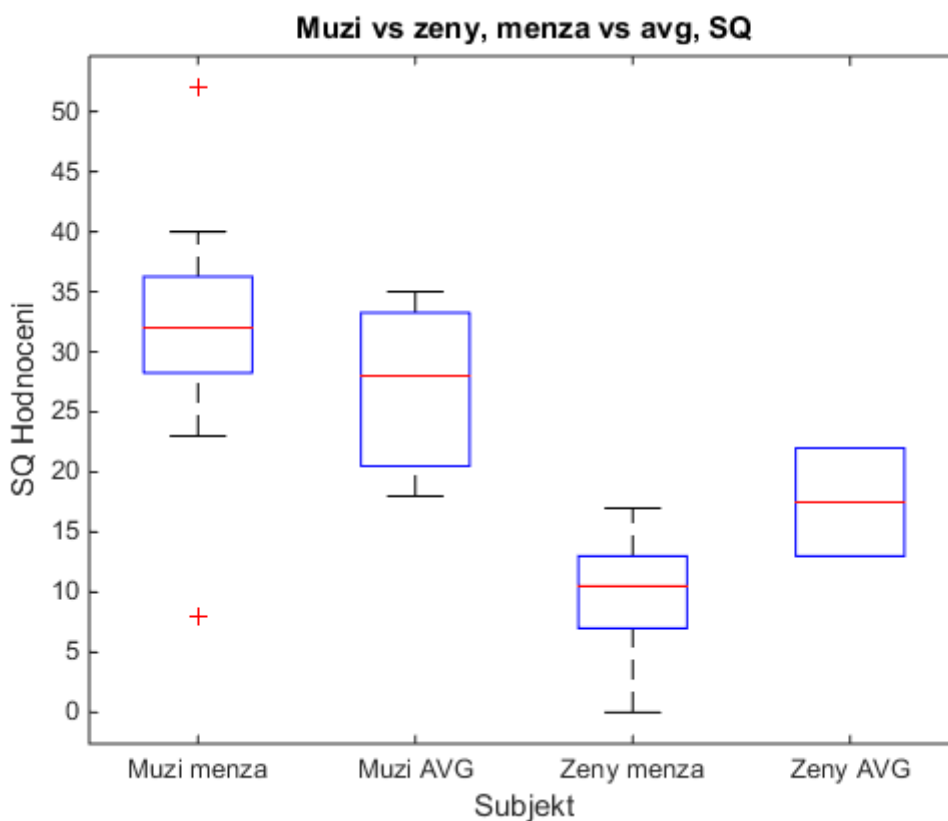
7.2.1 SQ výsledky



Obr. 7.2 – Menza vs. AVG SQ

Srovnání SQ koeficientů mezi skupinou AVG a menzou (obr. 7.2) ukázalo, že průměrná hodnota je pro obě skupiny stejná. Medián pro menzu je 22, medián pro AVG je také 22. Co je však zajímavější údaj, je to, že v menze se podařilo několika lidem dosáhnout skóre přes 30, jeden subjekt dosáhl dokonce na hranici 52 bodů. Bodové rozpětí je u menzy tedy mnohem vyšší, než u AVG, kde se výsledky pohybují v intervalu od 13 do 35. Výsledek korelace = 0,0157, z toho by se dalo usoudit, že průměrný SQ je u obou skupin lidí přibližně stejné a na intelektu tedy nezáleží. Nicméně u menzy, tedy u lidí s IQ vyšším než 130, se dá očekávat větší výskyt vysokých hodnot SQ koeficientu. Jak bylo uvedeno v předpokladech, SQ je většinou vyšší u matematiků, techniků apod., což jsou všeobecně lidé s vyšším IQ. Teorii potvrzuje i výsledek statistické analýzy, kdy nejsme schopni na 5% hladině významnosti zamítnout stejnou distribuci.

Mnohem zajímavějších výsledků dosáhneme, pokud si testované skupiny Menza a AVG rozdělíme ještě na muže a ženy (obr 7.3). Aritmetický průměr bodů SQ testů u mužů není příliš odlišný, muži z menzy dosáhly průměrné hodnoty 32, muži z AVG 28. Naproti tomu u žen jsou hodnoty výrazně nižší. Jde o průměrné hodnoty 10,5 a 17,5. Podle toho se potvrzuje předpoklad, který říká, že muži mají všeobecně vyšší SQ koeficient než ženy a v běžném životě více praktikují systematizování v různých oblastech života. To potvrzuje i korelace mezi jednotlivými skupinami, vždy muži vs. ženy v jednotlivých skupinách (korelace skupiny AVG = -0,6061; korelace skupiny Menza = -0,7530). Mezi ženami ze skupiny menza a ze skupiny AVG je průměrné bodové hodnocení sice stále v rozestupu asi 7 bodů, nicméně zde je důležité brát v potaz fakt, že jsme testovali jen velmi omezený počet žen, proto bychom k jednoznačnému potvrzení hypotéz potřebovali větší vzorek testovaných lidí (zejména u skupiny AVG).

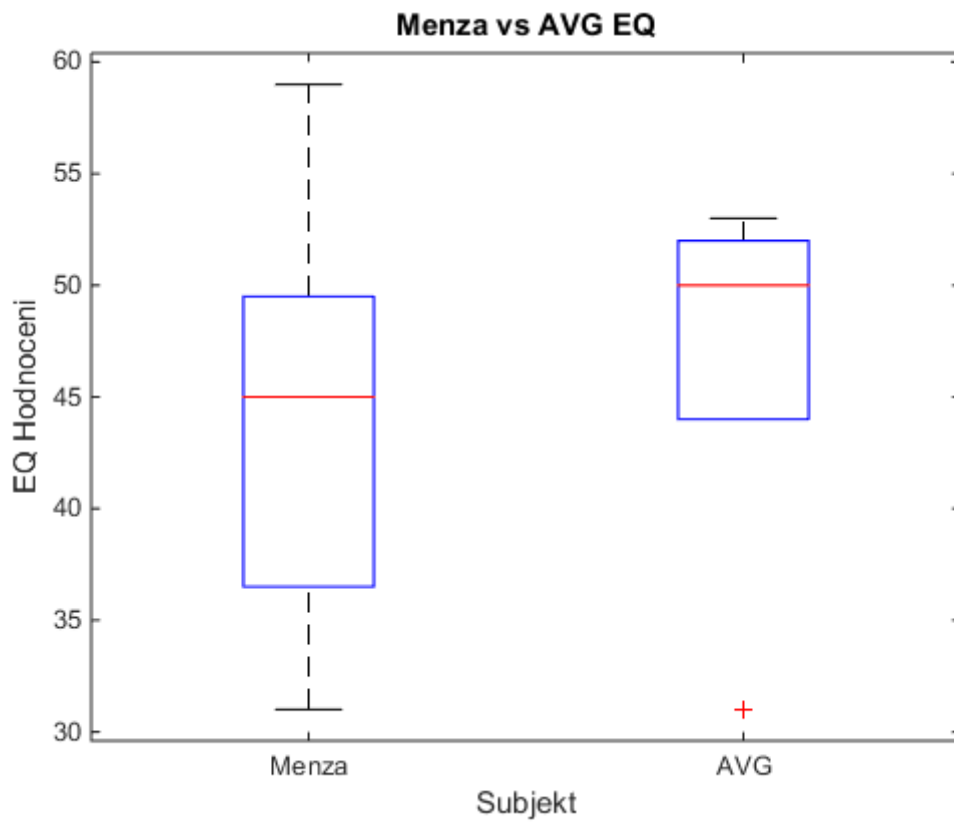


Obr. 7.3 – Muži vs. ženy, menza vs. AVG, SQ

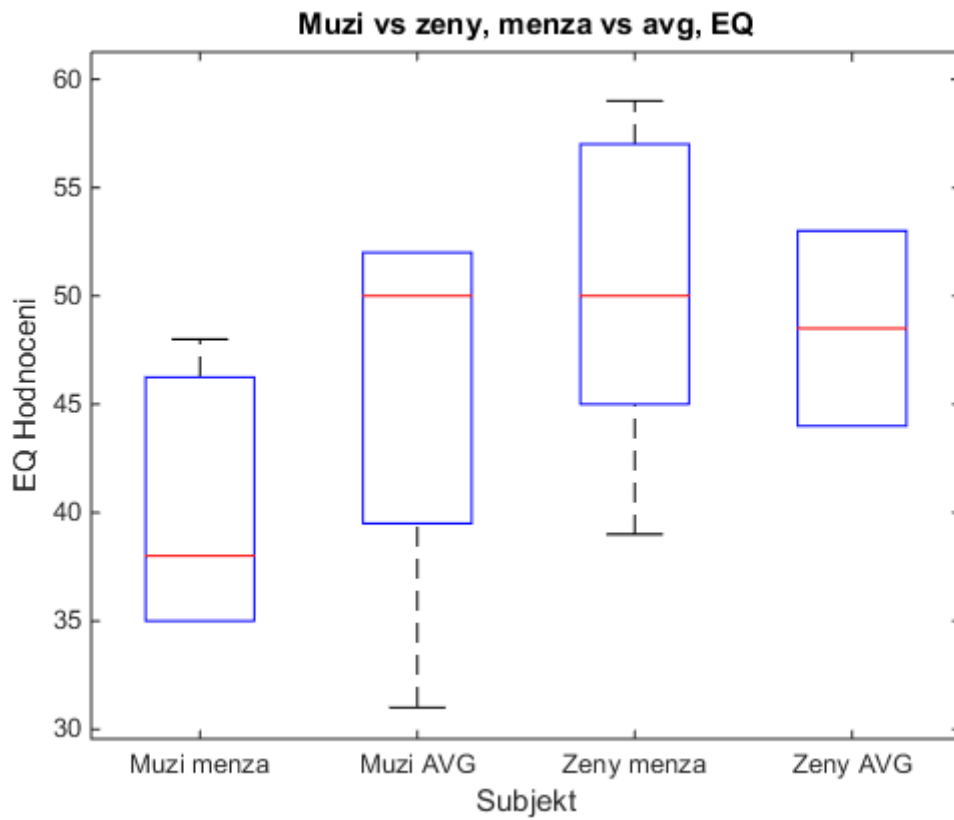
7.2.2 EQ výsledky

Analogicky jsem vyhodnotil i EQ dotazníky. Při porovnávání výsledků skupiny Menza se skupinou AVG (obr. 7.4) je patrné, že AVG dosáhla v průměru vyššího skóre, než Menza. Medián Menzy je 45 bodů, medián skupiny AVG je 50 bodů. Rozsah, do kterého se bodově umístila menza, se pohybuje v intervalu od 31 do 59. Percentil od 25 do 75 je však v intervalu od 36,5 do 49,5. U AVG je tento percentilový interval od 31 do 52. AVG tedy podle výsledku testů dosáhlo v průměru skoro stejných výsledků jako Menza. Maximální a minimální hodnoty výsledků testu skupiny Menza opět ale mohou říct, že s rostoucím IQ se může člověk stávat buď velmi empatickým, anebo naopak extrémně neempatickým. Tuto domněnku by bylo třeba ale ověřit na větším množství výsledků. Kdyby výsledky byly podobné, dalo by se říci, že nejempatičtější jedinci s vysokým IQ jsou více empatičtí, než nejempatičtější jedinci s IQ nižším než je 130. Stejně by se pravidlo dalo vztáhnout na nízkou empatickou úroveň. Výsledek korelace (0,1449) potvrzuje, že empatie není závislá na intelektu. I výsledek statistického testu zjistil, že data jsou neparametrická a že nelze zamítnout hypotézu o stejné distribuci dat na 5% hladině významnosti.

Zajímavějších výsledků se dosáhne, když se znovu porovnájí ženy a muži s obou skupin, tedy z Menzy a AVG (obr. 7.5). Nejvyššího průměru zde dosahují ženy ze skupiny menza (50 bodů) a muži AVG. Pouze dva body za tímto průměrem je průměr žen ze skupiny AVG. Nejhoršího průměru dosahují muži z Menzy a to 38. Podle výsledků korelace jsem zjistil, že u skupiny Menza mnohem více záleží na pohlaví jedince (korelace = 0,6238), ale u AVG (korelace = 0,1694) na pohlaví tolik nezáleží. To může být způsobeno nedostatkem výsledků, kdyby byl k dispozici větší vzorek lidí ze skupiny AVG, možná by se hranice posunula i v této skupině. Takhle je ale nutné konstatovat, že u lidí s průměrným IQ na pohlaví nezáleží a míra sympatie je tedy subjektivní záležitostí. Kdybychom intelekt neřešili, dalo by se však říci, že pohlaví přímo souvisí s mírou empatie.



Obr. 7.4 – Menza vs. AVG, EQ



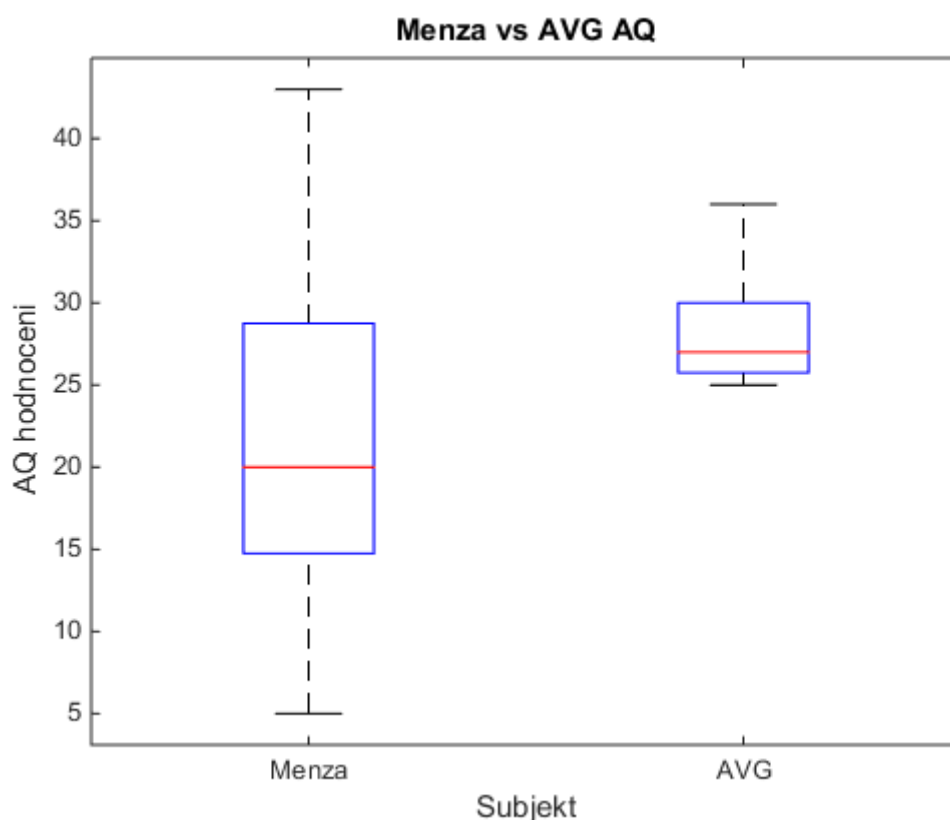
Obr. 7.5 – Muži vs. Ženy, Menza vs. AVG, EQ

Výsledky dotazníku, zabývající se empatií vycházející pouze z výrazu očí zde vyhodnocovat nebudu. Bohužel bylo k dispozici velmi málo výsledků testované skupiny AVG, nebo testy nebyly řádně vyplněny až do konce, a tak by jejich výsledky byly irelevantní. Na takovémto malém množství výsledků se nedá žádná hypotéza testovat. Teoreticky by se z výsledků dal alespoň porovnat výsledek mužů a žen ze skupiny Menza, to ale není cílem práce.

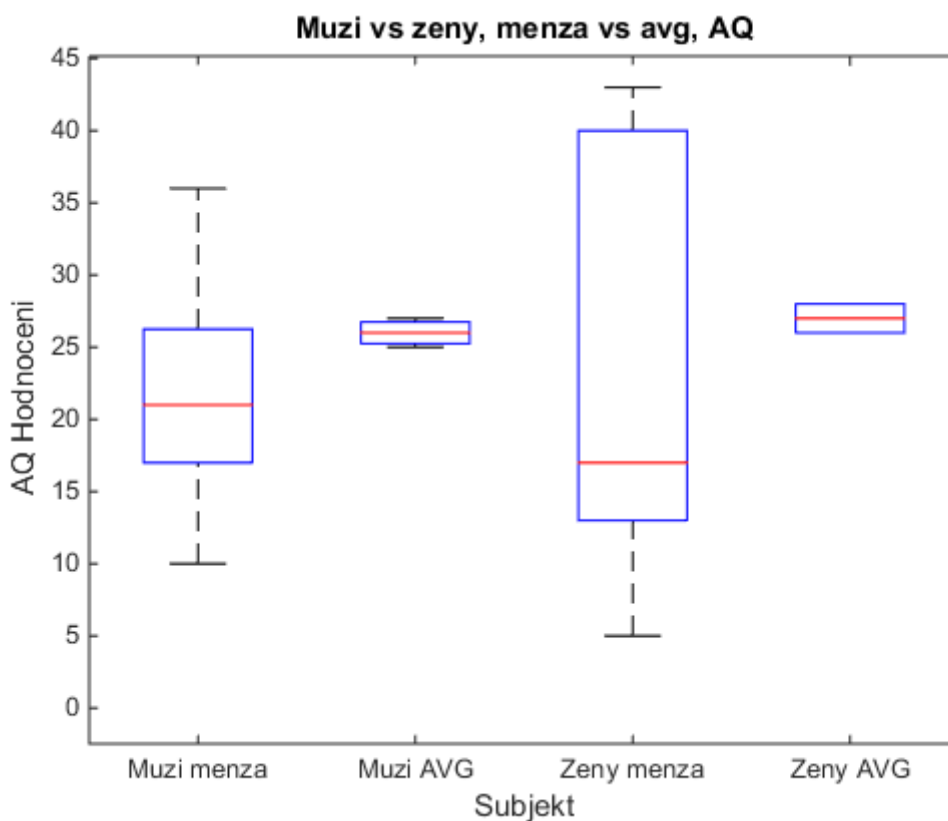
7.2.3 AQ výsledky

Porovnání výsledků AQ dotazníků říká, že medián hodnot menzy je 20 bodů a AVG má medián bodů 27 (obr. 7.6). Menza má tedy podstatně nižší průměry, než AVG. Na druhou stranu u menzy by se dalo předpokládat, že mezi subjekty bude někdo, kdo je velmi nadaným matematikem. Taková osoba by pak dosáhla podstatně vyššího skóre v testu AQ. To se potvrzuje, protože nejvyšší hodnotou Menzy v AQ testu je 43 bodů. Na druhou stranu, nejnižší hodnocení je bodů 5. Obě skupiny ale dosáhly výsledku vyššího než je průměr náhodně vybraných lidí (16,4) z práce „The Autism-Spectrum Quotient“ [13]. Výsledek korelace (0,2756) potvrzuje, že intelekt nemá vliv na AQ hodnocení. Kruskal-wallisův test tuto teorii potvrzuje, protože na hladině 5% významnosti nemůže zamítnout hypotézu o tom, že se jedná o stejnou distribuci.

Do rozporu se zmíněnou prací jsem se dostal po analýze mužů a žen z obou skupin (obr. 7.7). Jak je z grafu patrné, ženy zde dosahují vyšších průměrných výsledků, u menzy jsou na tom ženy o 5 bodů v průměru lépe, u AVG je to pak dokonce o 10 bodů. Nicméně je třeba znovu zdůraznit, že pro analýzu skupiny AVG jsme měli pouze 4 hodnoty – dvě pro muže a dvě pro ženy. Je tedy možné a velmi pravděpodobné, že při vyšším množství záznamů bychom se přiblížili výsledkům z práce „The Autism-Spectrum Quotient“.



Obr. 7.6 – Menza vs. AVG, AQ



Obr. 7.7 – Muži vs. Ženy, Menza vs. AVG, AQ

7.2.4 IQ

Výsledky testů jsou k nahlédnutí v tabulce 2.8. Adolescenti byli na základě vyhodnocení testů rozděleni do skupiny s IQ > 130 – Menza a do skupiny s IQ < 130 – AVG. Studenti ze speciálního Menza gymnázia byli automaticky umístěni do skupiny s IQ vyšším než 130, žáci z učňovských oborů vyplňovali Ravenův IQ test. Jejich výsledky jsou v tabulce uvedeny v percentilech, kdy percentil 50 koresponduje s IQ asi 100, percentil 75 je IQ asi 110 a percentil 25 je IQ asi 90. Průměrný percentil AVG skupiny je 33,125, což by bylo IQ o hodnotě asi 93. Výjimkou je subjekt tucnak, který se jako žák učiliště svým IQ řadí do skupiny Menza.

8 Úloha mentální rotace

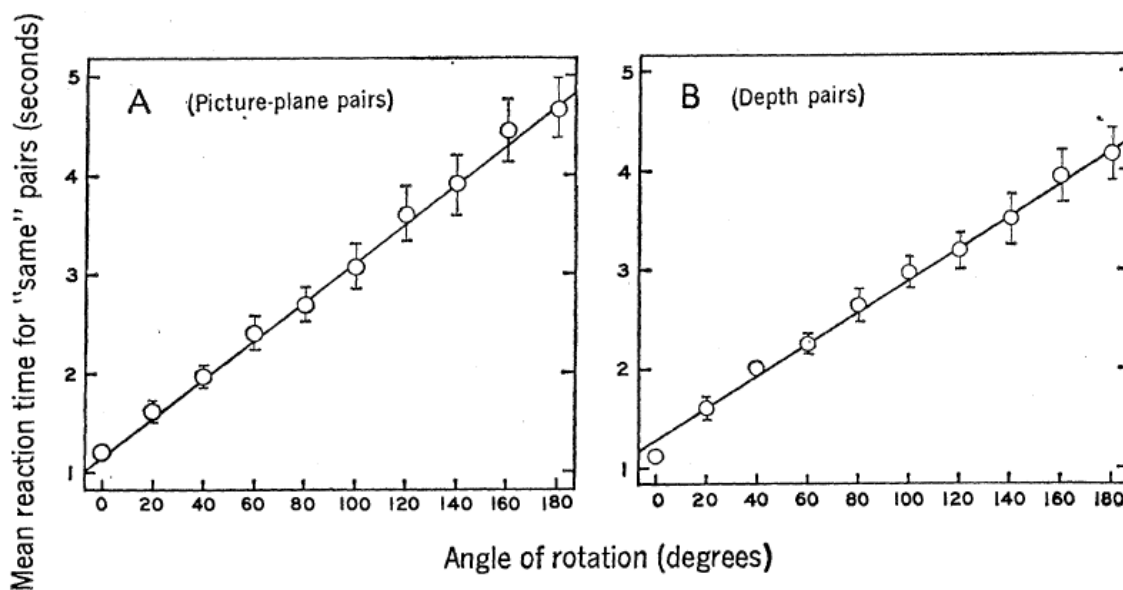
8.1 Hypotézy

Co se týče reakční doby, ze všech prací, které se zabývají problematikou mentální rotace, plyne, že doba jednoznačně závisí na posunu. Všeobecně platí přibližná přímá úměra reakční doby na rotaci. Podle výzkumu Sheparda & Metzlera [19] člověk dokáže rotovat objektem přibližně $60^\circ/\text{s}$. Tato hypotéza byla však podrobena dalšímu zkoumání a v práci Hochberga and Gellmana [22] se uvádí, že tato rotace se může dosti výrazně lišit v různých situacích. Velkou roli hraje komplexita, respektive složitost rotovaných objektů. Dále je důležité, zda objekt, který rotujeme, důvěrně známe. Když byla v experimentech rotovaná písmena abecedy, reakční časy byly podstatně rychlejší, než v případě jiných podobně složitých objektů. To samé by platilo například u objektů, které mají nějakou charakteristickou součást, která by nám pomohla při rozlišení zrcadlenosti/nezrcadlenosti. Dalším objevem je, že čím více člověk experiment trénuje, tím rychlejší následně bude jeho reakční doba.

Pokud jde o správnost odpovědí, z předchozích výzkumů plyne zejména to, že reakční čas nijak se správností řešení nesouvisí. Dokonce podle práce Cohena a Kubovyho [20] je reakční čas podstatně kratší v případě správných odpovědí než v případě odpovědí nesprávných.

V diplomové práci [2] Petr Volf zjistil, že mezi ženami a muži ve výsledcích mentální rotace k velkým rozdílům nedochází a v závěru uvádí, že pohlaví na výsledky úlohy mentální rotace vliv nemá. Domnívá se ale, že by na úlohu mohl mít vliv nadání jednotlivých účastníků, tedy jejich inteligence. Tato domněnka koresponduje s prací Boyla [26,27], kde autor zjistil a zdokumentoval rozdíly v aktivitě mozku matematicky nadaných jedinců oproti nenadaným. V důsledku by to tedy mohlo znamenat, že adolescenti ze skupiny Menza by mohly dosahovat rozdílných výsledků (kratší reakční časy, menší chybovost) oproti skupině AVG.

Pokud jde o znázornění 3D úlohy v závislosti na úhlových posunech, v literatuře se mi povedlo dohledat pouze jedno kritérium. Šlo o znázornění posunů do „hloubky“ a do „délky“, tedy na dvou osách, označme si je x a y . Graficky je tato závislost znázorněna ve dvou grafech, kdy v jednom byly párové hodnoty reakčních časů a posunu na ose x , na druhé zase reakční časy a posuny osy y (obr. 8.1).



Obr. 8.1 – Mentální rotace 3D objektů

[18]

8.2 Výsledky

Nejprve jsem zanalyzoval všechny reakční časy a odstranil jsem z nich outliery, tedy časy, které jsou mezi ostatními zjevnými anomáliemi.

Dále jsem se pokoušel odvodit vztahy mezi analyzovanými daty úlohy mentální rotace, zejména pak správnost a reakční časy v závislosti na otočení a porovnat jednotlivé skupiny mezi sebou. Z toho pak potvrdit nebo vyvrátit hypotézu o tom, že reakční časy při řešení mentální rotace závisí na IQ člověka, který ji řeší.

Pro začátek uvedu tabulku (obr. 8.2), v níž jsou celková hodnocení a průměrné reakční časy jednotlivých účastníků. V tabulce je vždy nejprve uvedeno ID subjektu, následně jeho jméno a celkové vyhodnocení úlohy mentální rotace vždy v závislosti na správnosti a na reakčních časech. Reakční časy jsou zde uvedeny bez detekce outlierů. Správnost je vyjádřena jako procentuálně úspěšnost řešení úlohy, reakční časy jsou vždy aritmetickým průměrem časů jednotlivých subjektů.

Následně jsem se zabýval postupně správností a reakčními časy. Vždy nejdříve vyhodnocuju úlohu jako celek a poté se zaměřím samostatně nejprve na dimenzi 2 a pak na dimenzi 3. V případě správnosti se podívám nejprve na celkové vyhodnocení, následně na vyhodnocení v závislosti na otočení a nakonec vyhodnocení v závislosti na složitosti. V případě reakčních časů je postup analogický, nejprve hodnotím 2D/3D úlohu jako celek, poté závislost reakčních časů na vzájemném otočení objektů, závislost reakčních časů na složitosti objektu a nakonec uvádím doplňkový histogram reakčních časů pro celou dimenzi.

Vyhodnocení úlohy mentální rotace							
ID	Subjekt	Celková správnost [%]	Správnost 2D [%]	Správnost 3D [%]	Průměrný reakční čas [ms]	Průměrný reakční čas 2D [ms]	Průměrný reakční čas 3D [ms]
1	1313	79,22	89,58	62,07	3825,03	3331,04	4642,66
2	333	89,61	95,83	79,31	2912,27	2200,53	4090,33
3	2332	87,66	93,75	77,59	3251,30	1867,01	5542,53
4	42292	85,06	92,71	72,41	2667,12	1885,99	3960,03
5	elmo	85,06	87,50	81,03	2939,31	1866,99	4714,19
6	nuzky	87,66	92,71	79,31	3493,06	2845,60	4564,72
7	tarzan	90,26	94,79	82,76	4102,32	2430,00	6870,31
8	will	92,86	95,83	87,93	3466,40	2069,99	5777,69
9	delizrout	90,91	94,79	84,48	4768,67	3254,52	7274,84
10	Klara	90,26	93,75	84,48	3167,11	2683,54	3967,50
11	mcslunicko	90,26	96,88	79,31	2796,94	2044,22	4042,83
12	objekt14	70,78	70,83	70,69	2628,95	2333,47	3118,02
13	peta	87,01	95,83	72,41	4084,18	3511,89	5031,41
14	tomas	70,13	71,88	67,24	3574,94	3602,26	3529,72
15	Jedle	81,17	92,71	62,07	2138,70	2315,77	1845,62
16	Nejanaa	60,39	66,67	50,00	3008,83	3102,35	2854,03
17	Ludek	74,68	76,04	72,41	6313,34	5193,89	8166,22
18	Johnny	90,26	97,92	77,59	5213,43	3749,33	7636,76
19	Vuilva	79,22	88,54	63,79	3690,10	3293,97	4345,76
20	Michals	81,17	88,54	68,97	2035,77	1946,02	2184,33
21	mikro97	58,44	57,29	60,34	4530,85	4481,23	4612,98
22	tucnak	96,10	95,83	96,55	3504,26	1980,45	6026,43
23	arlna	85,71	96,88	67,24	3879,36	3390,40	4688,69
24	dick	91,56	95,83	84,48	3673,96	2445,17	5707,83
25	tades_mentaltask	90,91	96,88	81,03	3593,77	2816,24	4880,72
Menza							
26	menza	85,88	90,95	77,48	3332,54	2513,95	4687,43
AVG							
27	AVG	77,68	83,46	68,10	4043,21	3450,29	5024,58

Obr. 8.2 – Tabulka vyhodnocení úlohy mentální rotace

8.2.1 Outlieři

Analyzoval jsem postupně každého účastníka úlohy mentální rotace. Nejprve jsem zjistil, že rozložení reakčních časů není normální pomocí Kolmogorov-Smirnov testu. Protože není rozložení normální, vypočítal jsem medián a následně 25% a 75% interkvartily. Uvažoval jsem tak, že nesprávná hodnota by měla být alespoň 2,5 násobek hodnoty interkvartilů. Hodnoty splňující toto kritérium jsem tedy pokládal za výrazné odchylky a odstranil je. Pak jsem „vzal“ pouze odpovědi, které byly správně odpovězeny. Z výsledných hodnot jsem poté spočítal průměry a směrodatné odchylky pro jednotlivé subjekty a následně i pro celou skupinu. Výsledná tabulka reakčních časů pro úlohu v dimenzi 2 i v dimenzi 3 (jen pro správné odpovědi) je k nahlédnutí na obr. 8.3.

Reakční časy po odstranění outliers							
Outliers 2D				Outliers 3D			
	Jméno	Mean	STD		Jméno	Mean	STD
Skupina Menza	1313	3356,01	1980,91	Skupina Menza	1313	3649,09	1872,46
	333	2230,19	754,30		333	3889,80	2177,53
	2332	1865,49	647,26		2332	5043,33	3068,12
	42292	1834,43	745,50		42292	3260,55	1994,94
	elmo	1795,47	761,78		elmo	4379,02	2866,77
	nuzky	2652,14	1485,86		nuzky	4408,20	2986,66
	tarzan	2332,82	918,91		tarzan	6177,85	3738,51
	will	1987,53	942,96		will	5684,55	4351,08
	delizrout	2793,83	1440,89		delizrout	6546,73	4996,97
	klara	2486,50	1320,61		klara	3692,83	2227,70
	mcslunicko	2003,20	1111,41		mcslunicko	4049,33	3171,07
	objekt14	2213,36	891,95		objekt14	3180,75	1747,33
	peta	2958,67	1524,51		peta	3893,55	2208,66
	tomas	2887,92	1495,49		tomas	3381,76	3445,11
	Jedle	2378,27	1011,73		Jedle	1714,42	515,09
tucnak	2006,91	1038,59	tucnak	5966,34	4546,69		
CELKEM MENZA		2361,42	1129,54	CELKEM MENZA		4307,38	2869,67
Skupina AVG	Najanaa	3060,18	1433,97	Skupina AVG	Najanaa	3047,78	1460,48
	Ludek	4578,15	2740,96		Ludek	7465,62	6414,18
	Johnny	3652,66	1868,25		Johnny	7004,23	4511,82
	Yuilya	3074,64	1701,37		Yuilya	3897,08	2661,44
	Michal5	1876,22	747,42		Michal5	2090,80	1542,87
	mikro97	4646,23	2476,03		mikro97	3305,09	2134,42
	arina	3350,94	1702,74		arina	3756,00	2478,03
	dick	2418,87	983,45		dick	4830,67	3222,55
CELKEM AVG		3332,24	1706,77	CELKEM AVG		4424,66	3053,23
CELKEM		2685,03	1321,95	CELKEM		4346,47	2930,85

Obr. 8.3 – Reakční časy po odstranění outliers (2D*, 3D)

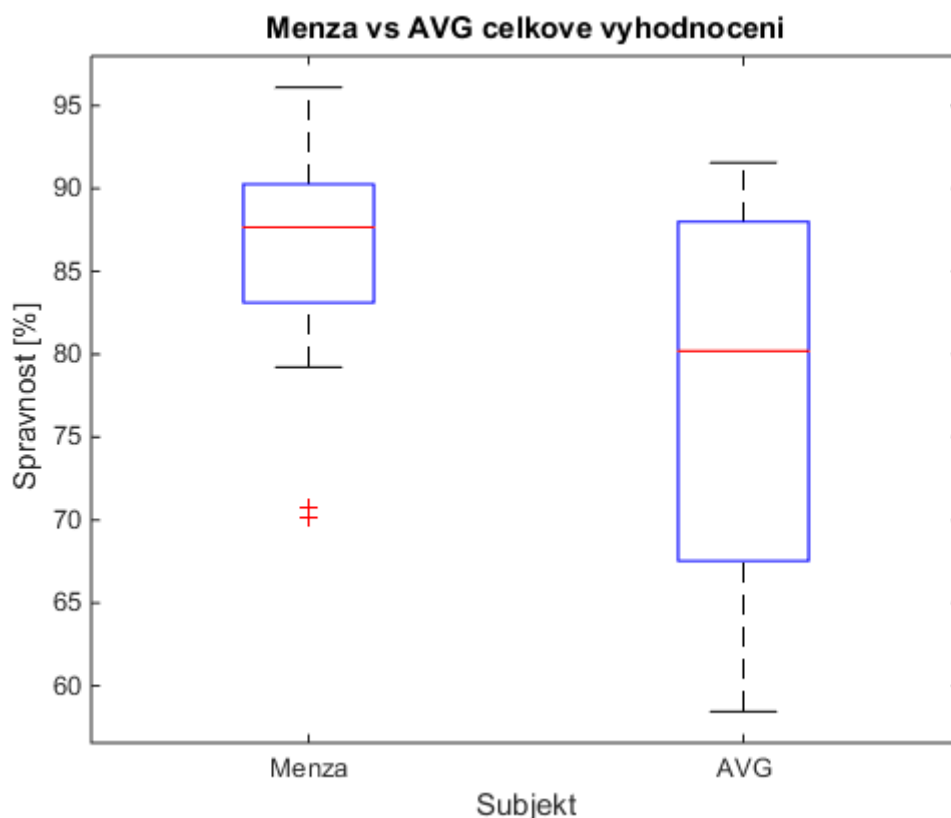
Statistickou analýzou dimenze 2 jsem zjistil, že nulovou hypotézu o stejné distribuci reakčních časů zamítáme na 5% hladině významnosti ($P < 0,05$). Znamená to tedy, že reakční čas odpovědi při úloze mentální rotace závisí na IQ a je signifikantně nižší pro subjekty s nadprůměrně vysokým IQ. Rozdílné to však bylo u dimenze 3, kdy nám Kruskal-Wallis test prozradil, že nulovou hypotézu o tom, že se jedná o stejnou distribuci, nezamítáme ($P > 0,05$).

Co se týče detekce odlehlých hodnot, tak u 2D úlohy došlo k odebrání maximálně 2 odpovědí na základě příliš dlouhých reakčních časů. Pouze u subjektu „delizrout“ a „tomas“ to bylo reakčních časů víc, konkrétně 3 z 96 u „delizrouta“ a 10 z 96 u „tomase“.

V úloze dimenze 3 jsem podobně jako v dimenzi 2 detekoval více odebraných reakčních časů pouze u čtyř subjektů, šlo o „delizrout“, „tomas“, „tucnak“, „Nadjanaa“. Ostatním jsem odebral maximálně 3 reakční časy z celkových 58. U vyjmenovaných výjimek to bylo postupně 6,5,13 a 4 z 58 celkových hodnot.

8.2.2 Správnost

Nejprve vyhodnotím správnost odpovědí při úloze mentální rotace. Celkové vyhodnocení pro jednotlivé subjekty je uvedeno v tabulce na obr. 8.4. Nejdříve bych se zaměřil na vyhodnocení v závislosti na skupině. O něco lepších výsledků dosáhla skupina Menza. Jejich průměr byl 85,88 %, kdežto průměr skupiny AVG byl pouze 77,67 %. Hned osmi lidem se podařilo dosáhnout celkové úspěšnosti přes 90%. Konkrétně šlo o šest lidí ze skupiny menza a dva účastníky ze skupiny AVG. Nicméně, výsledná korelace výsledků správnosti testů těchto dvou skupin se rovná -0,3975. Znamená to tedy, že nadání u adolescentů na správnost úlohy mentální rotace vliv spíše nemá. Jde o neparametrická data a i statistická analýza potvrdila, že nelze zamítnout stejnou distribuci dat na 5% hladině významnosti.



Obr. 8.4 – Menza vs. AVG celkové vyhodnocení správnosti odpovědí

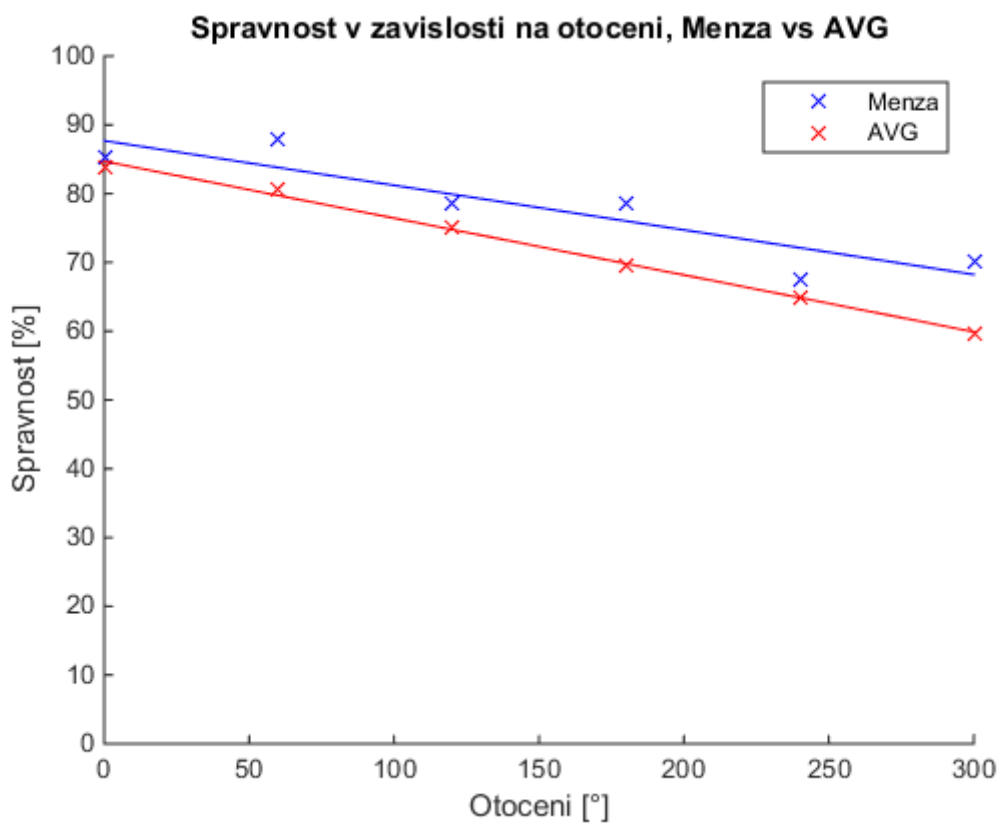
8.2.2.1 Dimenze 2

Podívejme se ale ještě na hodnocení dimenze 2. Graf k tomuto vyhodnocení je na obr. 8.5. Průměr hodnocení skupiny menza byl v případě druhé dimenze 90,95%. Aritmetický průměr vyhodnocení skupiny AVG byl 81,7%. Menza tedy dosáhla velmi dobrých výsledků. Korelace = -0,3842 ale ukazuje, že ani při dimenzi 2 na intelektu účastníků spíše nezáleží. Ani statistická analýza nezamítá metodu o stejné distribuci dat na 5% hladině významnosti.

Co je však zajímavější, je graf na obr. 8.6. Je na něm na ose y správnost vyhodnocení dotazníků a na ose x otočení objektu v prostoru. Jak je z grafu patrné, obě skupiny s přibývajícím natočením čím dál tím více chybovaly. Po provedení lineární regrese výsledků obou skupin je vidět, že tato závislost u AVG klesá o něco rychleji než Menza (AVG: $y = -0.083x + 85$, Menza: $y = -0.065x + 88$) v závislosti na otočení. Nejpodobnějších výsledku dosahují obě skupiny při otočení o 0° a dále pak při otočení o 240° (85,29% respektive 83,82%). Naopak největší rozdíl, hned o 10%, je při rotaci o 300°. Rotace o 300° je přitom v zásadě stejná, jako rotace o 60°, ve které obě skupiny dosahují podstatně vyšší úspěšnosti. Může to tedy znamenat, že většina účastníků se zaměřila vždy buď jen na první, nebo jen na druhý obrázek, a vždy oproti němu rotovala ten zbývající. Proto na první pohled nebyli schopni zaregistrovat posun o pouhých 60°. Korelace je rovna hodnotě -0.8991, znamená to tedy silnou závislost na otočení.

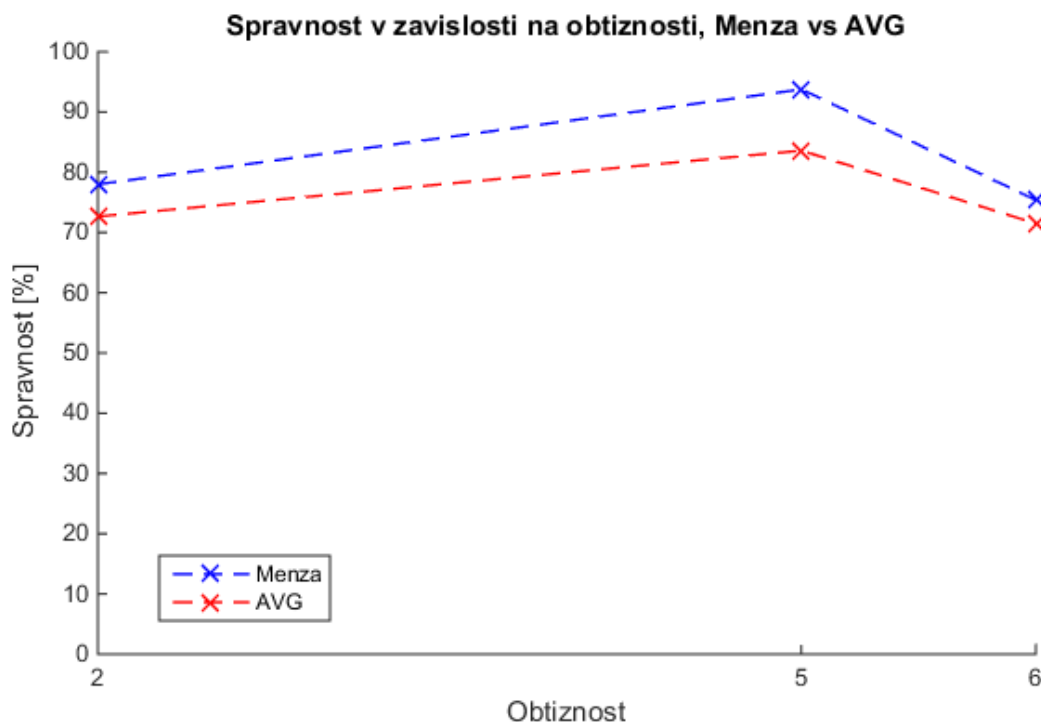


Obr. 8.5 – Správnost 2D Menza vs. AVG



Obr. 8.6 – Správnost v závislosti na otočení, Menza vs. AVG

Poměrně zajímavé je, že podle obrázku 8.7 se různí úspěšnost v závislosti na obtížnosti. Nejvyšší úspěšnosti dosahovali testovaní při obtížnosti 5 (93,75% respektive 83,59%), nejnižší pak při obtížnosti 6 (75,39% a 71,48%). Křivky jsou pro obě skupiny skoro stejné, Menza měla vyhodnocení testů ale vždy o něco lepší než AVG. Výsledek korelace (-0,4238) říká, že u dimenze 2 na skupině spíše nezávisí.

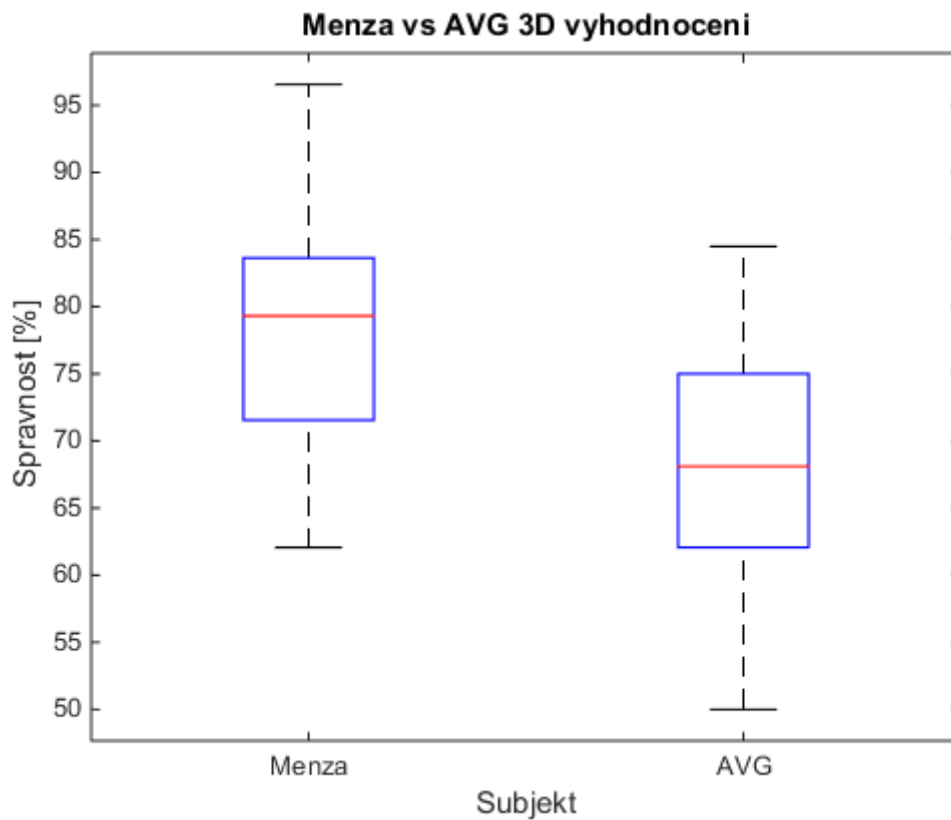


Obr. 8.7 – Správnost v závislosti na obtížnosti, Menza vs. AVG

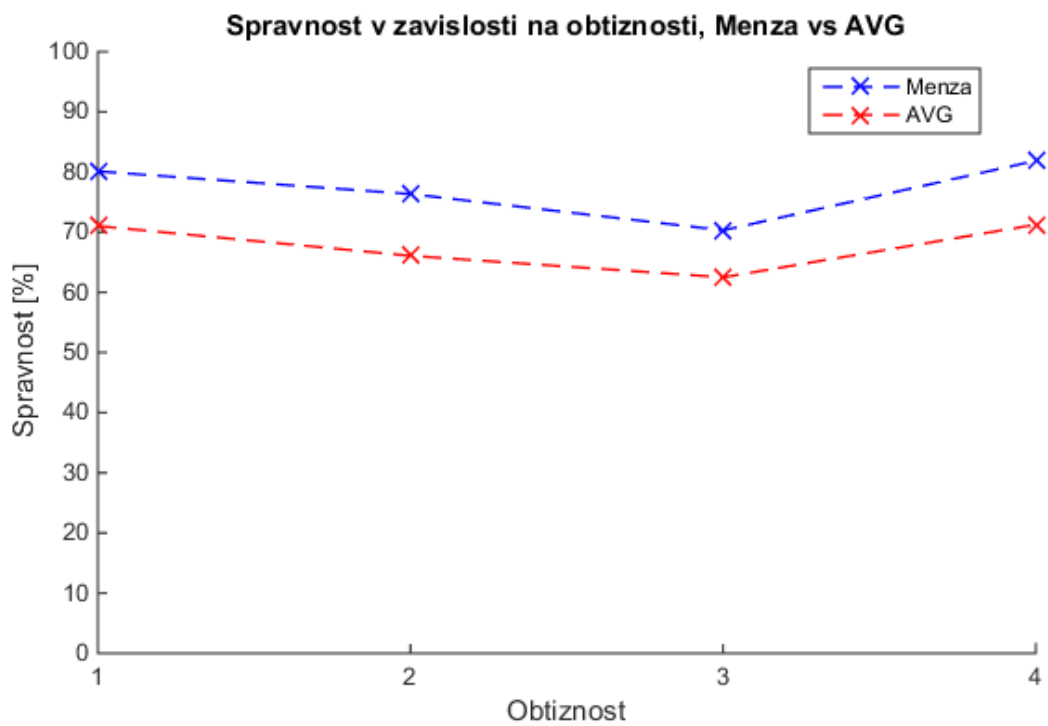
8.2.2.2 Dimenze 3

Celkové vyhodnocení v dimenzi 3 (obr. 8.8) se od dimenze 2 mírně lišilo. Především účastníci testu dosahovali mnohem nižších průměrných výsledků správnosti než v dimenzi 2. Pro skupinu menza je průměrná hodnota 77,5%, pro AVG dokonce jen 68,1%. Menza tedy opět dosahovala mnohem lepších výsledků. Pokud vezmeme v potaz korelaci, dostaneme číslo -0,5228. Znamená to tedy, že zde už se korelace dostala přes hodnotu $abs(0,5)$ a tedy že na tom, zda jde o skupinu Menza nebo AVG už spíše záleží. Znamená to tedy, že Menza si v průměru poradí o něco lépe s rotací objektu v prostoru, než skupina AVG. Kruskal-wallisův přesto říká, že na 5% hladině významnosti zamítáme hypotézu o rovnoměrné distribuci dat. Jde tedy o dosti hraniční situaci, kterou by vyřešil větší vzorek testovaných lidí.

Pokud bereme v potaz obtížnost objektu, tak je z grafu na obr. 8.9 je patrné, že křivka je pro obě skupiny přibližně stejná. Hlavní rozdíl je ale v tom, že Menza vždy dosáhla asi o 10% lepších výsledků. Je také zřejmé, že nejlepších výsledků bylo dosaženo u obtížnosti 4 a to v případě obou skupin. Znamená to, že složitost objektu vliv na výsledky vliv má, ovšem jen do určité míry, protože nejkompexnější objekt byl pro subjekty zjevně snáze otočitelný, než objekt složitosti 1. Může to být dáno třeba i tím, že rozdíly na složitosti 4 byly už natolik patrné, že určení zrcadlení/nezrcadlení bylo ve výsledku jednodušší. Výsledek korelace (-0,7584) mezi výsledky obou skupin ale říká, že u správnosti v závislosti na obtížnosti závisí na tom, zda testujeme skupinu AVG nebo Menza.



Obr. 8.8 – Správnost 3D Menza vs. AVG*



Obr. 8.9 – Správnost v závislosti na obtížnosti, Menza vs. AVG, 3D

Dále bych rád zhodnotil správnost úlohy v závislosti na otočení. Tady nastává první problém a tím je, jak správně vyhodnotit otočení v prostoru. Rozhodl jsem se pro následující způsob – vždy jsem si vzal hodnotu otočení na jednotlivých osách u obou objektů. Hodnoty jsem od sebe odečetl a výsledek v absolutní hodnotě jsem bral jako celkové otočení. V tomto případě jsem pak celkové otočení ještě sečetl, tedy sečetl jsem osy x a y. V praxi to vypadá následovně:

Objekt 1

Otočení na ose x: 60°

Otočení na ose y: 120°

Objekt 2

Otočení na ose x: 0°

Otočení na ose y: 180°

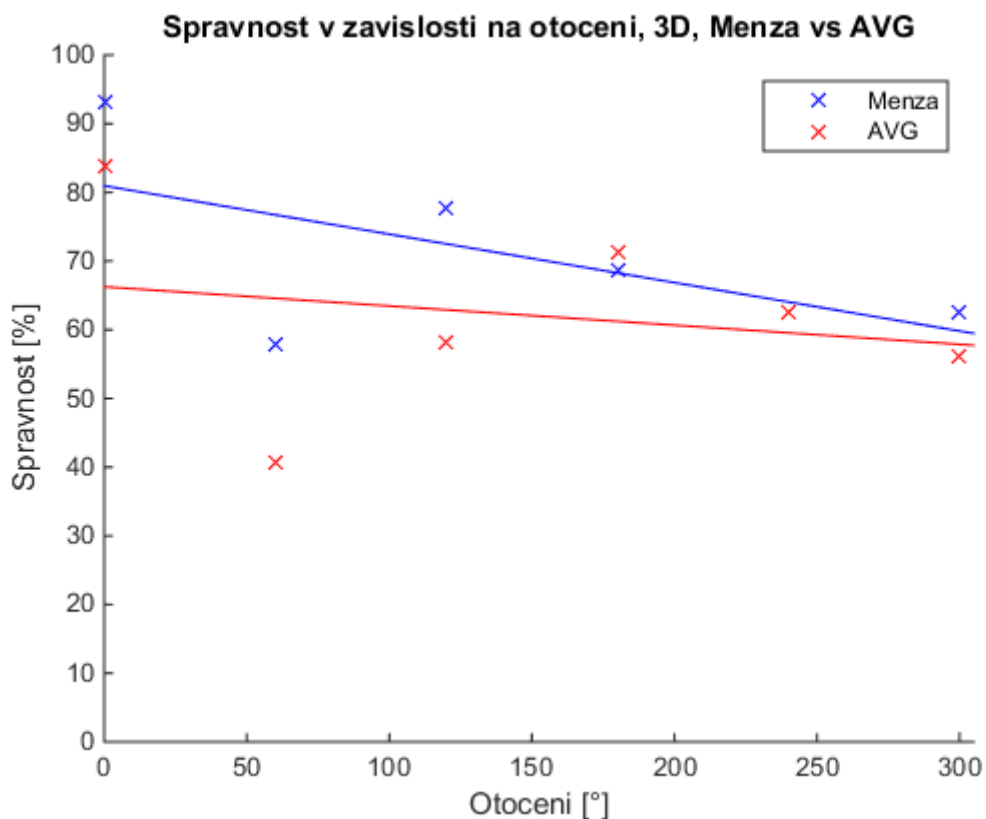
$$|x_1 - x_2| = |60^\circ - 0^\circ| = 60^\circ$$

$$|y_1 - y_2| = |120^\circ - 180^\circ| = 60^\circ$$

Celkové otočení

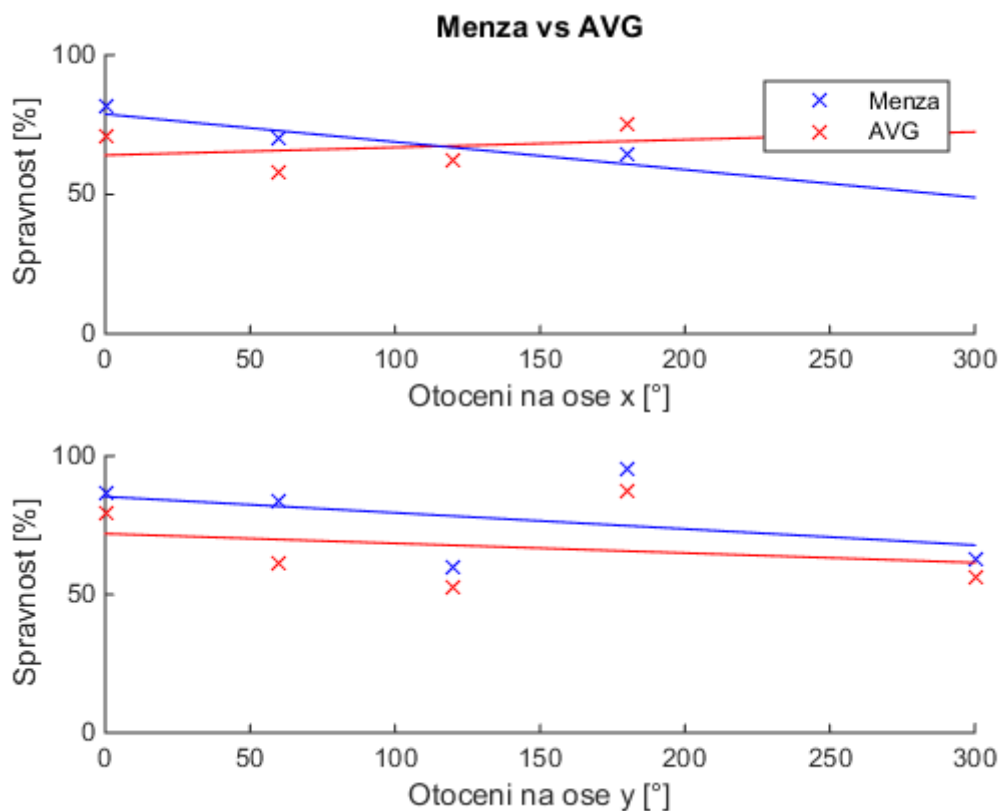
$$x + y = 120^\circ$$

Vzniklý graf je na obr. 8.10. Je z něj patrné, že i zde Menza dosahovala v průměru lepších výsledků než AVG. Jedinou výjimkou je celkové otočení v úhlu 180° a 240°, kde dosáhly obě skupiny stejného výsledku. Anomálií v tomto grafu je hodnota pro 60°. Zde se obě skupiny dost výrazně vychýlily od lineární regrese. Celková správnost vyhodnocení testu se jinak (kromě již zmíněné hodnoty pro 60°) po proložení lineární regrese snižuje, i tak bych to ale neoznačoval jako přímou úměrnost. Výsledná korelace je -0.3787, což lze interpretovat tak, že na otočení spíše nezávisí.



Obr. 8.10 – Správnost v závislosti na otočení, Menza vs. AVG, 3D

Další možností je postupovat podobně, jako v literatuře, tzn. rozdělit si graf na dvě části, v jedné by byl znázorněn posun na ose x, v druhém posun na ose y. Otočení se počítá tak, že pokud je první objekt otočen na ose x o 60° a druhý objekt na ose x je posunut o 180° , výsledný posun je 120° . Stejně pro osu y. Výsledné grafické znázornění je k nahlédnutí na obr. 8.11. Zajímavé je, že při posunu na ose x má AVG lepší úspěšnost v případě, že je posun o 180° . Jinak vše dopadá podle předpokladů, tedy že Menza má lepší úspěšnost než AVG. S přibývajícím rotací „do hloubky“, tedy na ose y, se správnost pro obě skupiny snižuje.



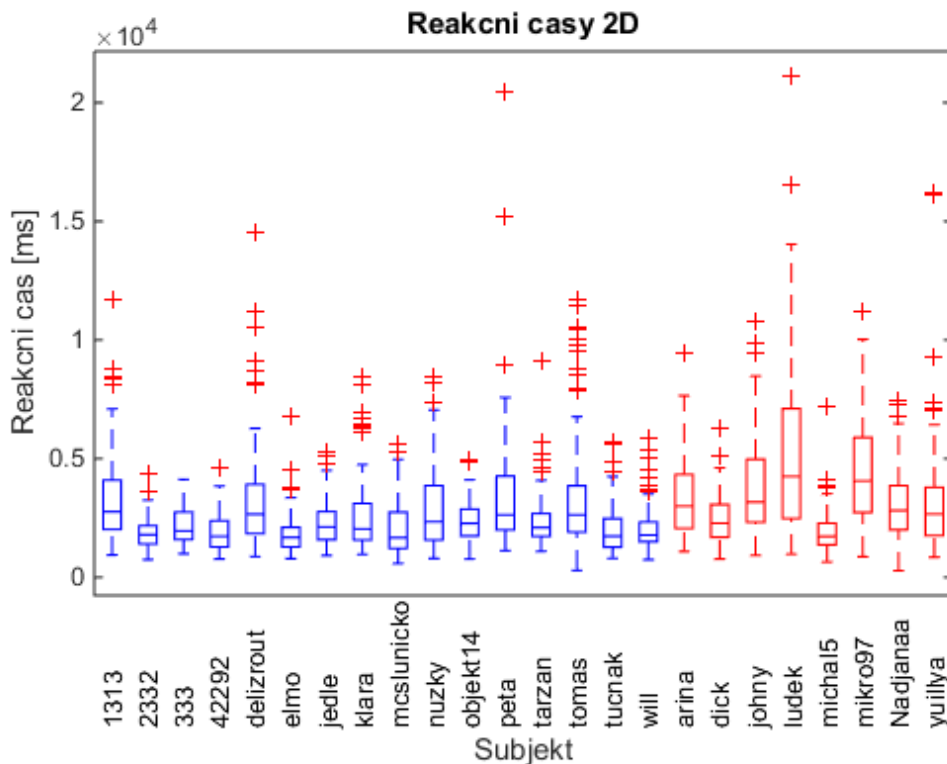
Obr. 8.11 – Správnost v závislosti na otočení, osy zvlášť

8.2.3 Reakční čas

Analogicky ke správnosti, zaměřím se nejprve na vyhodnocení úlohy dimenze 2 a následně dimenze 3. Reakční časy pro obě dimenze dohromady porovnávat nebudu, protože jejich spojením ničeho nedosáhnu. Nicméně, jejich průměrné hodnoty jsou k nahlédnutí v tabulce na obr. 6.2.

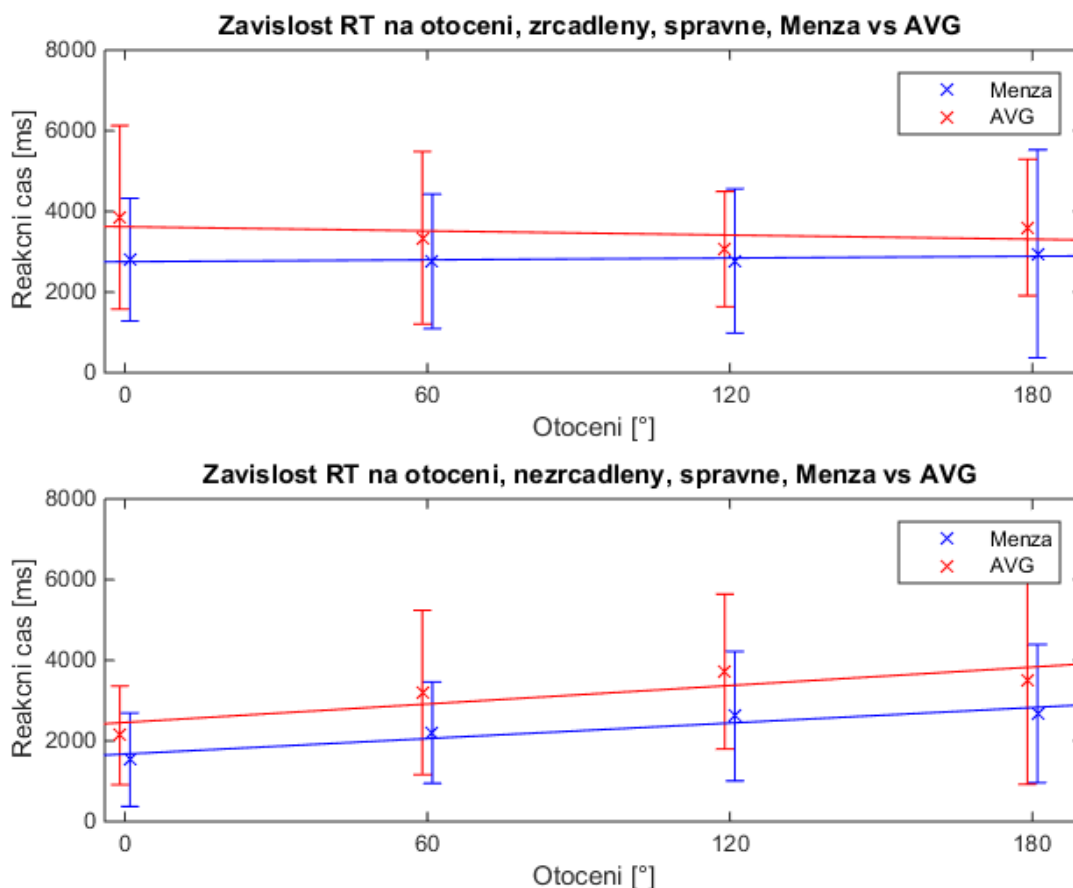
8.2.3.1 Dimenze 2

Na ukázkou uvedu nejdřív na obr. 8.12 reakční časy všech účastníků úlohy v dimenzi 2. Menza je obarvena modře, AVG červeně. Reakční časy jsou pro názornou ukázkou uvedené i včetně „oříznutých“ outlier časů.



Obr. 8.12 – Reakční časy 2D

Další kritérium, podle kterého se dá reakční čas jednotlivých subjektů hodnotit, je jeho závislost na otočení. Toto kritérium je všeobecně dosti známe a používané. Jedná se o všeobecně známé a používané kritérium, kdy je na osu x vynesena absolutní hodnota rozdílu rotací obou porovnávaných objektů (tzn., pokud je posun na objektu č.1 60° a na objektu č. 2 120°, vynesená hodnota na ose x bude 60°). Znázornění této závislosti však značím pouze do 180°, tedy do momentu, kdy je jeden objekt přesně obráceně oproti druhému. Je to z toho důvodu, že poté by mohl někdo objekt otáčet na druhou stranu, než ho otáčel původně, a reakční čas by měl tedy klesat a neřídít se přímou úměrností (čím více rotujeme, tím déle to trvá) a to by mohlo zkreslovat celkové výsledky. Dále jsem se rozhodl, že budu znázorňovat pouze výsledky, které jsou správně zodpovězené a rozdělím je na zrcadlené a nezrcadlené, abych ukázal i rozdíl v reakčních časech, kdy je jeden objekt zrcadlově otočený k tomu druhému. Na takovém grafu je pozorovatelné právě to, že v případě nezrcadlených objektů je v mnoha případech (hlavně 0° a 60°) výrazně snazší identifikace zrcadlenosti/nezrcadlenosti, protože reakční doba je výrazně nižší. (obr. 8.13)

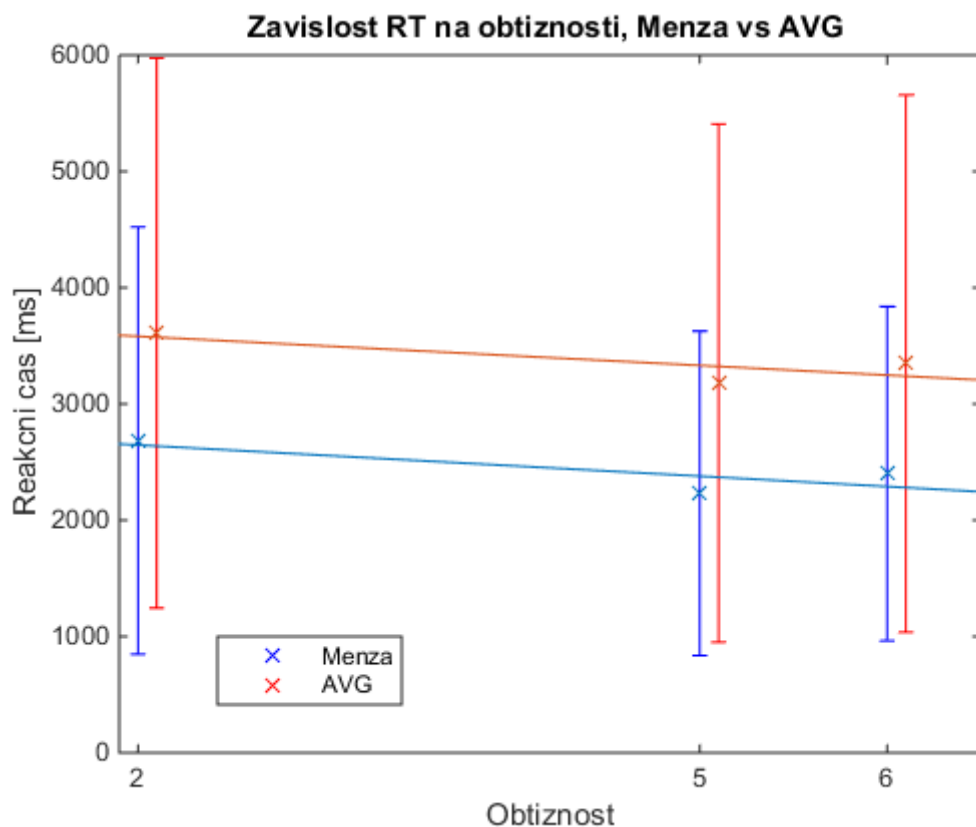


Obr. 8.13 – Závislost reakčního času na otočení, pouze správné odpovědi **

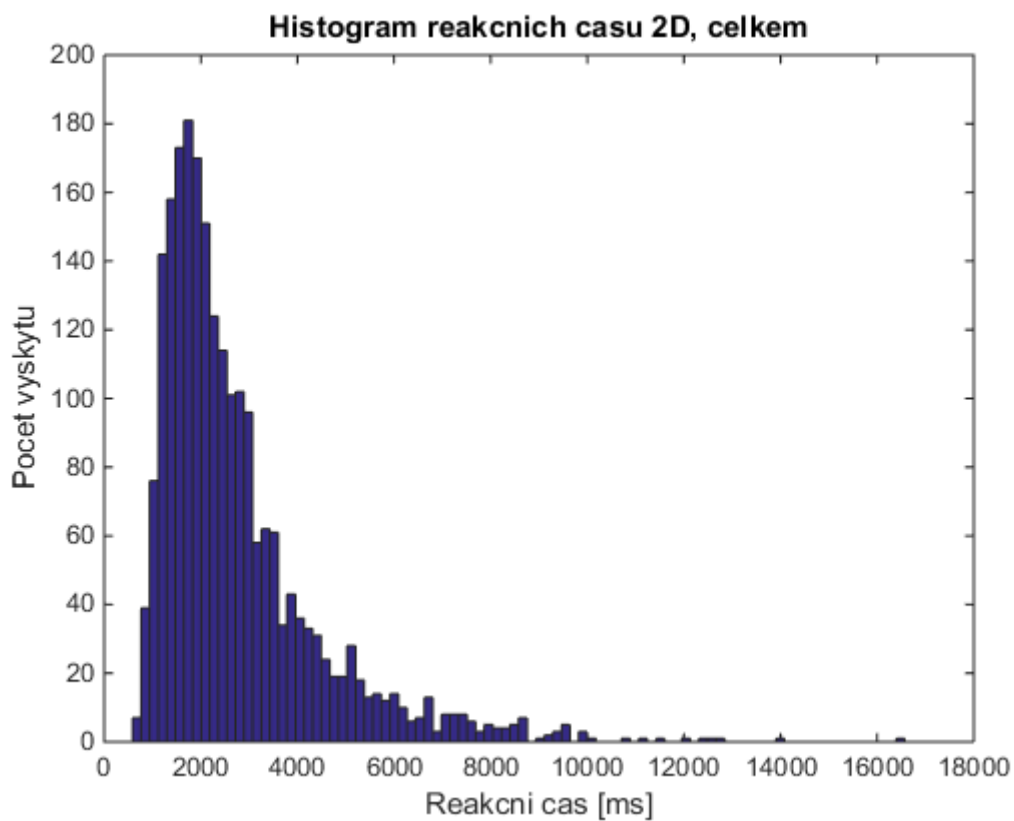
Z grafu 8.13 je patrné, že Menza si v obou případech vedla v průměru lépe. Všechna data jsou neparametrická a po statistické analýze jsem zjistil, že v případě zrcadlených i nezrcadlených objektů potvrzujeme hypotézu o tom, že data jsou z rozdílných rozdělení na 1% hladině významnosti ($P < 0.01$). Pokud bychom rozdíl reakčních časů pro jednotlivé skupiny vyhodnocovali pouze z hlediska otočení, u zrcadlených objektů by jenom otočení v 0° pocházelo z různých distribucí (ostatní se na 5% hladině významnosti neliší), v případě nezrcadlených objektů by nebyly na 5% hladině významnosti stejně distribuované reakční časy při otočení o 0° , 60° a 120° .

Zbývá reakční čas v závislosti na obtížnosti úlohy (obr. 8.14). Zde už jsem zapojil jak správné tak špatné odpovědi, protože obtížnost může mít vliv na správnost i na reakční čas. Dalo by se očekávat, že reakční čas se s vyšší obtížností bude zvyšovat, není tomu ale tak. U obou skupin byl reakční čas nejvyšší u obtížnosti 2 a nejnižší u obtížnosti 5. Menza opět dosáhla podstatně nižších reakčních časů u všech obtížností oproti skupině AVG. Pokud bychom výsledky podrobili statistické analýze, zjistíme, že srovnáním průměrných reakčních časů skupiny AVG a menza pro jednotlivé obtížnosti lze na 1% hladině významnosti tvrdit, že nejde o stejná rozdělení dat a že tedy při 2D úloze mentální rotace hraje roli, zda ji plní člověk z Menzy nebo z AVG ($P < 0,01$). Pokud bychom však srovnávali reakční časy pouze pro jednotlivé obtížnosti zvlášť, zjistíme, že stejná distribuce na 5% hladině významnosti se nedá dokázat pouze u obtížnosti 5.

Z grafu na obr. 8.15, kde jsou zobrazeny všechny reakční časy všech účastníků, je patrné, že rozložení reakčních časů je neparametrické, což potvrzuje i Lillieforsův test ($P < 0,05$).



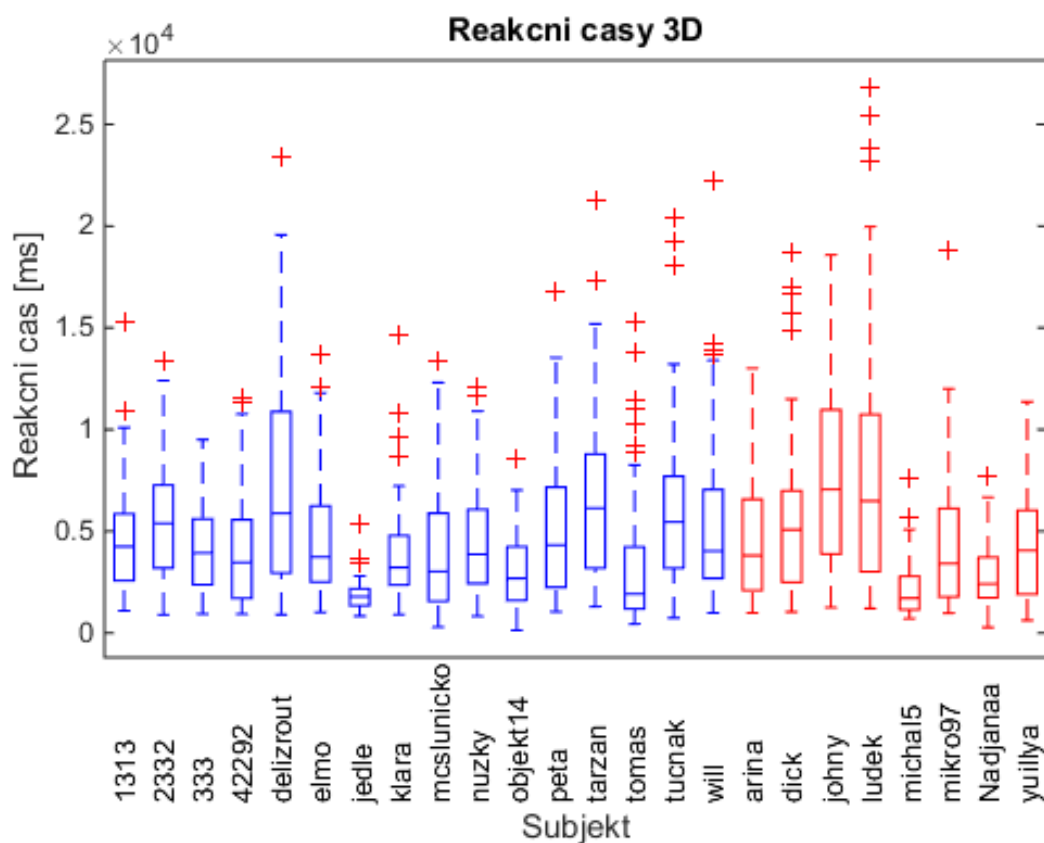
Obr. 8.14 – Závislost reakčního času na obtížnosti, Menza vs. AVG, 2D **



Obr. 8.15 – Histogram reakčních časů 2D

8.2.3.2 Dimenze 3

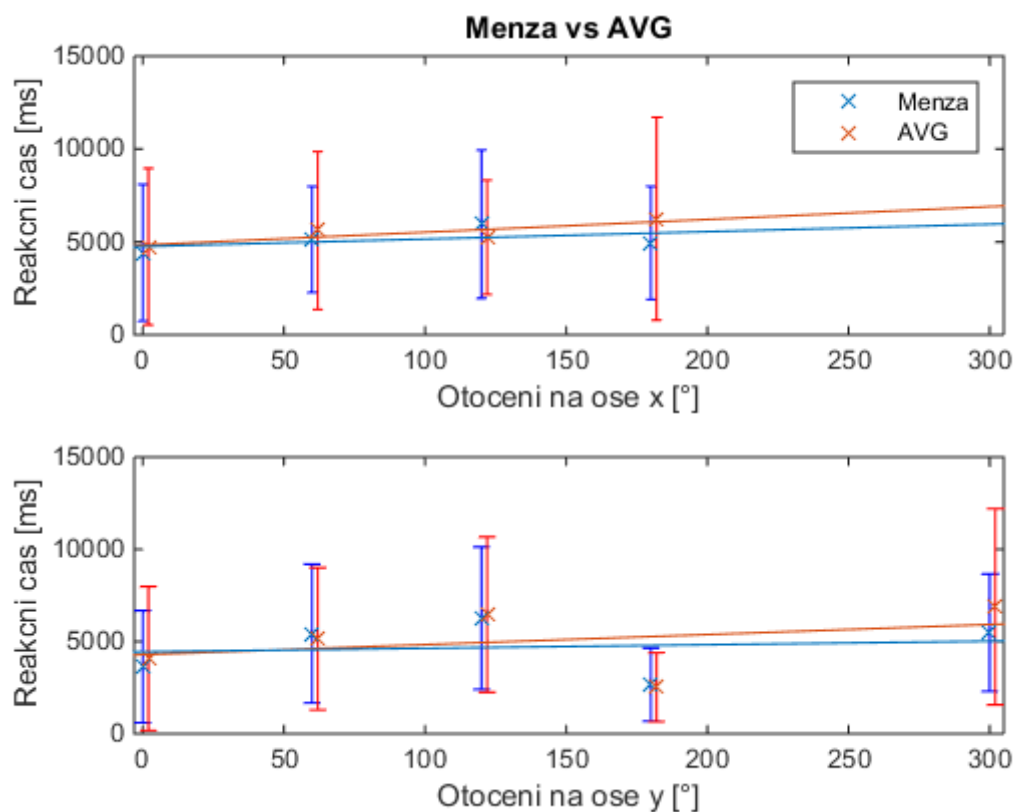
Obdobně jako u dimenze 2, na obr. 8.16 jsou k nahlédnutí všechny reakční časy účastníků testu při plnění 3D úlohy. Graf je včetně outlierů. Červeně jsou znázorněni lidé ze skupiny AVG, modrá je Menza.



Obr. 8.16 – Reakční časy 3D

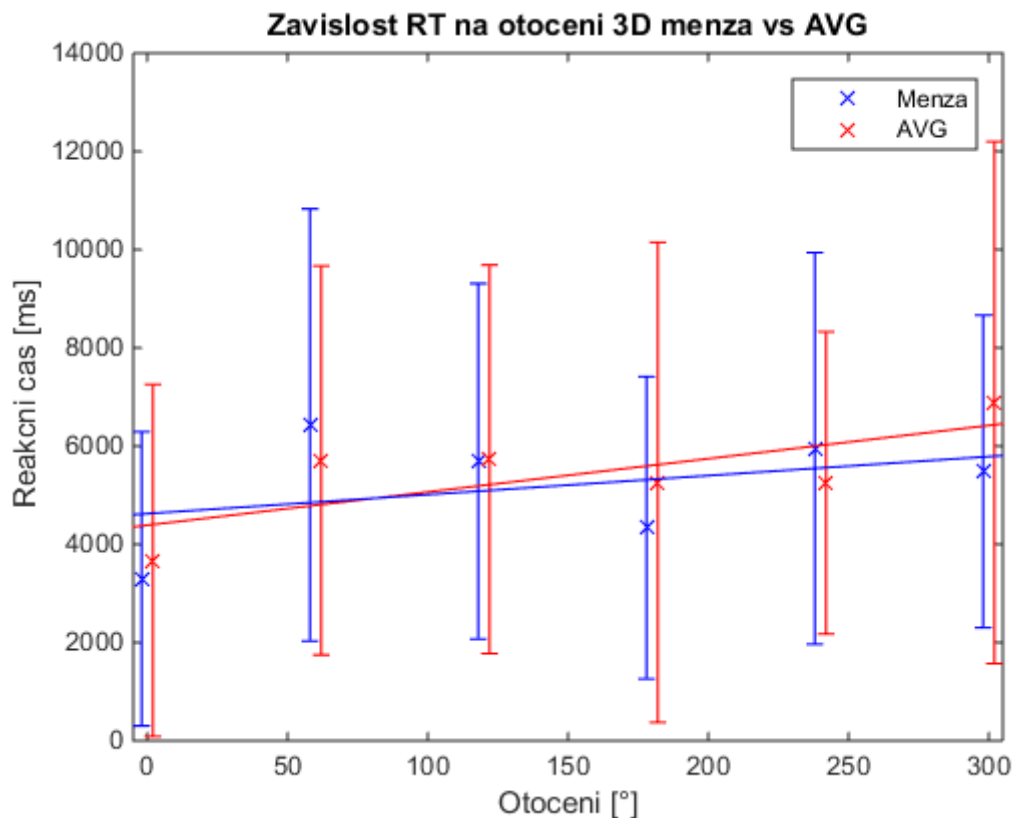
Na 3D úloze bylo jednoznačně nejobtížnější vymyslet nějaký způsob, jak graficky znázornit závislost reakčních časů na otočení.

První způsob znázornění, který zde uvedu, je stejný jako v nastudované literatuře. Jde o oddělení os x a y, tzn., že každá osa bude mít k reakčním časům svůj vlastní příslušný graf (obr. 8.17). Otočení jsem počítal opět rozdílem vzájemných posunů obou objektů, podobně jako v úloze 2D. Z výsledného grafu je patrné, že průměrné reakční časy obou skupin jsou prakticky identické a i po proložení přímkou se tyto přímky prakticky překrývají. To potvrzuje i statistika, která říká, že nulovou hypotézu o stejné distribuci nelze zamítnout ($P > 0,05$). I tak reakční doba nepatrně více roste u skupiny AVG.



Obr. 8.17 – Reakční časy v závislosti na otočení, osy X a Y

Podobně jako při vyhodnocování výsledků na grafu 8.10 při správnosti v závislosti na otočení jsem postupoval i při vyhodnocení reakčních časů v závislosti na otočení. Tzn., že jsem úhly sčítal (postup již vysvětlen výše). Výsledek je k nahlédnutí na obr. 8.18. Průběhy i průměry reakčních časů jsou opět velmi podobné jako při vyhodnocování pomocí metody uvedené v literatuře, z čehož usuzuju, že výsledný graf a postup by mohly být validní. Stejně jako u předchozí metody, i zde mi při analýze neparametrickou statistickou metodou vyšlo, že nelze zamítnout hypotézu o stejné distribuci dat ($P > 0,05$), tzn., že při řešení 3D úlohy reakční čas v závislosti na otočení nezávisí na skupině.

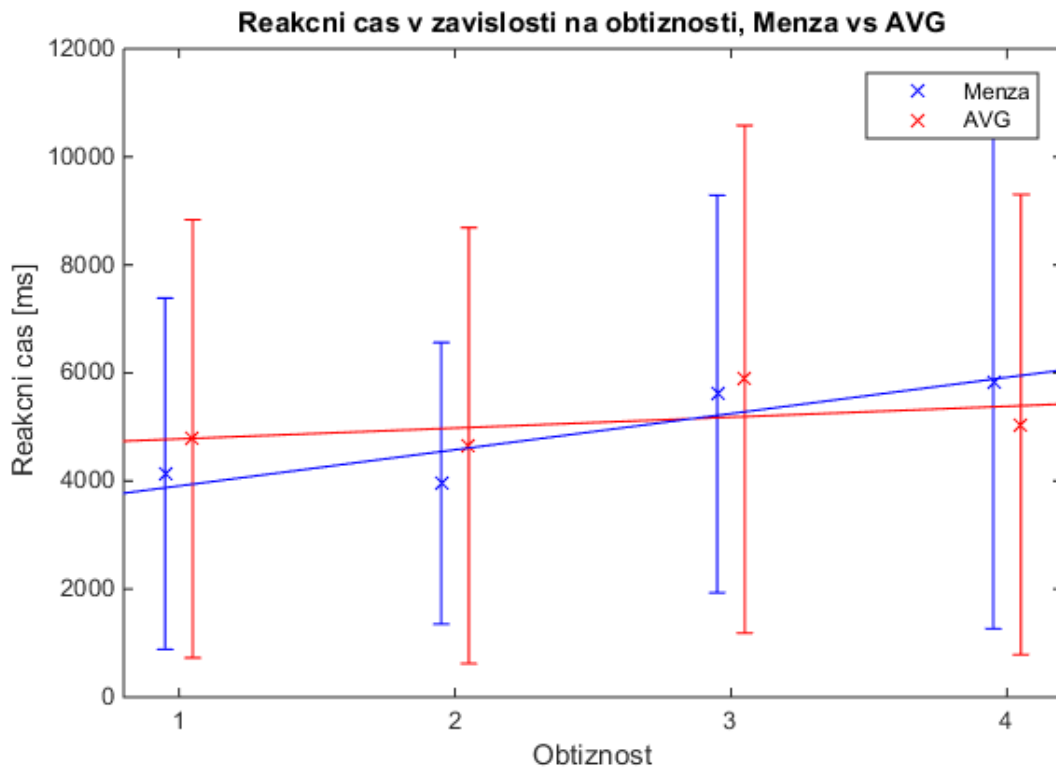


Obr. 8.18 – Závislost reakčních časů na otočení, osy součet

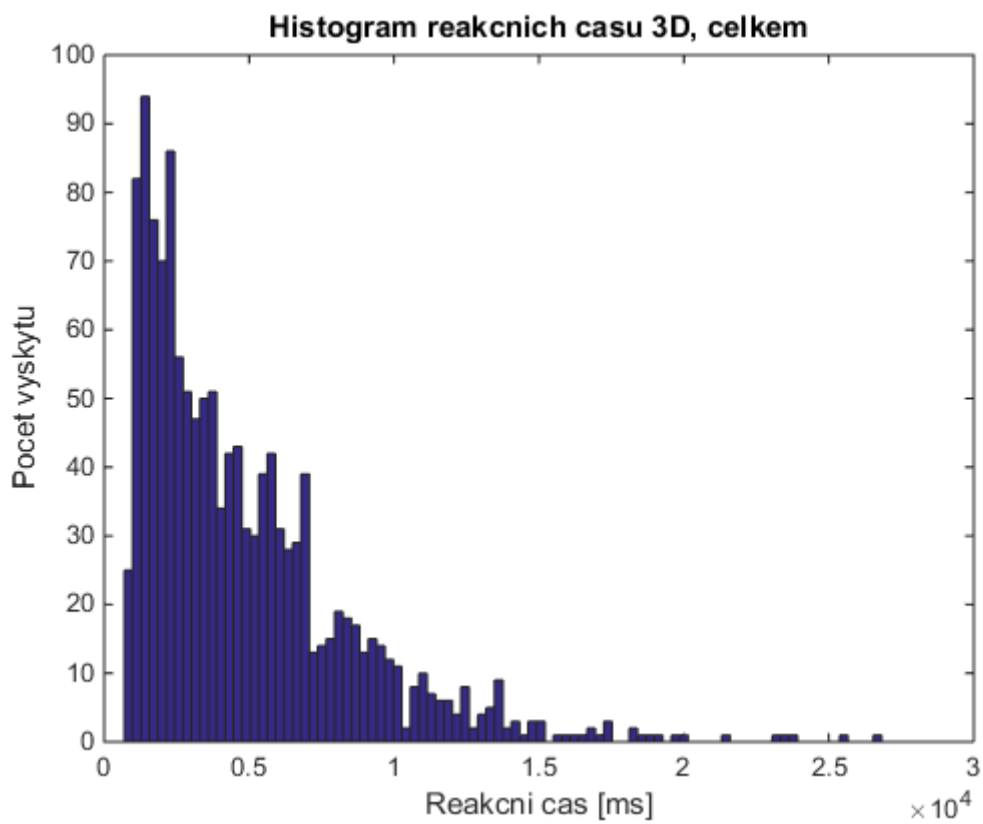
Na rozdíl od 2D úlohy, u 3D úlohy jsem nepotvrdil hypotézu o tom, že by složitost otáčeného objektu měla nějaký vliv na reakční čas v závislosti na skupině. Za povšimnutí stojí to, že Menza má strmější závislost, než skupina AVG (obr. 8.19). Vysvětlení pro tuto skutečnost může být například natrénování úlohy během jejího samotného řešení. Prezentovány byly totiž nejprve jednodušší stimuly, poté složitější. I tak je ale třeba říct, že rozdíly v průměrných časech při řešení 3D úlohy jsou velmi malé a skupina AVG dokonce řešila o něco rychleji objekty se složitostí 4. Tak velkých rozdílů mezi skupinami jako při úloze dimenze 2 už tedy v úloze dimenze 3 nepozorujeme. Lze říct, že skupiny si vedou přibližně stejně. To potvrzuje i statistika, kdy jak srovnání všech výsledků Menzy vs. AVG, tak i srovnávání jednotlivých obtížností nezamítlo hypotézu o stejné distribuci ($P > 0,05$).

Z grafu na obr. 8.20, kde jsou zobrazeny všechny reakční časy všech účastníků, je zřetelé, že rozložení reakčních časů 3D úlohy není normální ani logaritmické a je tedy neparametrické, což na 5% hladině významnosti potvrzuje Lillieforsův test.

V příloze na CD je k nahlédnutí ještě jedna mnou navržená metoda zobrazení výsledků v dimenzi 3, konkrétně šlo o zobrazení závislosti reakčních časů na otočení. Šlo o metodu, kdy jsem generoval 3D graf, kdy na ose x byl zobrazen rozdíl v otočení dvou objektů „do délky“ (osa x), na ose y je zobrazen rozdíl v otočení dvou objektů „do hloubky“ (osa y) a osa z reprezentuje reakční čas. Graf zde uvádět nebudu, protože jeho vypovídající hodnota je nedostatečná a žádnou přímou úměru jsem z něj nedostal.



Obr. 8.19 – Reakční čas v závislosti na obtížnosti, Menza vs. AVG



Obr. 8.20 – Histogram reakčních časů 3D

9 Závěr

Celá práce spočívala v rozboru rozdílů dvou skupin, skupiny velmi nadaných adolescentů – Menza, a skupiny průměrně nadaných adolescentů – AVG. Tento rozbor jsem prováděl na základě psychologických dotazníků a úlohy mentální rotace. Dále bylo mým úkolem naučit se měřit a zpracovávat EEG signál.

První fáze projektu tedy spočívala v naměření a testování jednotlivých účastníků testu, 16 zástupců skupiny Menza a 8 zástupců skupiny AVG. Jednotlivci si vyplnili psychologické dotazníky a následně jim byla změřena mozková aktivita při řešení úlohy mentální rotace. EEG signál se následně zpracovával a srovnávaly se i jeho výsledky mezi dvěma skupinami, nicméně tímto se podrobněji zabýval ve své bakalářské práci kolega Petr Bukovský [32]. Co se týče samotného zpracování EEG signálu, nejdůležitější je, převést signál do podoby, ve které se dá interpretovat. To vše jsme prováděli pomocí Matlab toolboxu PSGLab, který byl pro tyto účely vytvořen. Základní zpracování zahrnuje filtrace, segmentace, výpočet příznaků a detekci artefaktů.

Mým hlavním úkolem však bylo zpracování behaviorálních dat. Začnu u vyhodnocení psychologických dotazníků. Vyhodnocoval jsem postupně dotazníky určující systematizační, empatický a autistický koeficient. Srovnáváním skupin Menza a AVG jsem postupně došel k výsledkům, že ani jeden koeficient neovlivňuje to, zda jde o adolescenty ze skupiny průměrně nadaných nebo velmi nadaných jedinců. V tomto ohledu hraje asi největší roli pohlaví jednotlivců, což jsem následně také ověřil rozdělením do skupin muži a ženy. Stejnou hypotézu potvrdil ve své diplomové práci i Petr Volf. [2] Hypotézu o tom, že skupina AVG by se v žádném z koeficientů neměla lišit od skupiny Menza, jsem tedy úspěšně potvrdil.

Při analýze reakčních časů a správností jsem vycházel z hypotézy, že lidé ze skupiny Menza by měli dosahovat kratších reakčních časů a vyšší přesnosti řešení v dimenzi 2 i v dimenzi 3. Podívám-li se nejprve na správnost, zjistil jsem, že u dimenze 2 na IQ nezáleží a u dimenze 3 je tato situace velmi hraniční. Přesto se dá říct, že na celkovou správnost nemá vliv to, zda je jedinec nadaný nebo nenadaný. Co však má vliv na správnost, a to pro obě skupiny, je vzájemná rotace objektů. Oběma skupinám pak v dimenzi 2 lineárně klesá úspěšnost v závislosti na celkovém otočení. V dimenzi 3 jsem jednoznačných výsledků nedosáhl, i tak se dá pozorovat určitá lineární závislost. Je nutné zmínit velkou výchytku při otočení o 60° v dimenzi 3 při metodě sčítání posunů. Obtížnost úlohy má vliv na vyhodnocení podle výsledků pouze v dimenzi 3, kde si skupina Menza vedla výrazně lépe, než AVG.

Co se týče vyhodnocení reakčních časů, je důležité nejprve uvést, že všechny reakční časy pocházejí z neparametrického rozdělení. Obecně se dá říct, že je to u reakčních časů přesně obráceně, než u správnosti. Tedy že u dimenze 2 na tom, zda řešili úlohu jednotlivci ze skupiny Menza nebo AVG, záleží, a u dimenze 3 na tom nezáleží. Znamená to, že skupina Menza dosahovala signifikantně kratších reakcí ($P < 0,05$) než skupina AVG a to bez ohledu na zrcadlenost/nezrcadlenost objektu i jeho složitost v dimenzi 2. V dimenzi 3 jsem na žádnou takovou skutečnost nepřišel a i statistická analýza dat říká, že v dimenzi 3 si obě skupiny vedou přibližně stejně při srovnávání všech kritérií (otočení, celkové vyhodnocení, obtížnost).

Všechny výsledky mohou být závislé i na tom, jakou subjekt používal metodu při řešení úlohy mentální rotace. Tento fakt může být zřetelný například na tom, zda subjekt objekt otáčí vždy stejným směrem a tedy při rotování o více než 180° otočení bude trvat déle, než kdyby o směru otáčení rozhodoval u každého objektu zvlášť. Rozdíl 300° by se poté jevil jako rozdíl 60° atd. Další možností je, že by nerotoval celým objektem, ale jen jeho určitou částí. V takovém případě by se jim lépe dařilo najít rozdíly u složitějších objektů.

Další vliv má určitě natrénování úlohy během samotného testu. V dimenzi 2 tento jev natolik patrný není, ale v dimenzi 3, kde se reakční časy v závislosti na obtížnosti postupně zrychlují nehledě na to, že jsou nejprve promítány jednodušší stimuly před složitějšími, je to poměrně zřetelné. Proto bych při modifikaci úlohy mentální rotace určitě doporučoval promíchání nejen obtížnosti jednotlivých objektů, ale i pořadí stimulů 2D/3D.

Abych dosáhl ještě lepších a přesnějších výsledků, potřeboval bych podstatně větší testovací skupinu lidí. I tak předpokládám, že výsledky této práce jsou dostatečné k tomu, abychom mohli konstatovat, že rozdíl mezi skupinami AVG a Menza při řešení úlohy mentální rotace určitě je, liší se však v závislosti na tom, zda jde o úlohu v dimenzi 2 nebo v dimenzi 3 a také zda analyzujeme správnost řešení nebo reakční časy.

10 Reference a literatura

- [1] EEG signal processing, Saeid Sanei and J. A. Chambers ISBN – 13 978-0-470-02581-9
- [2] EEG signal analysis of mentally gifted children, Bc. Petr Volf, CVUT Praha
- [3] Analýza EEG signálu, Bc. Robin Horniak, CVUT Praha
- [4] Analýza a zpracování EEG signálu, Bakalářská práce, Amir Hossein Esmaildokht, VUT Brno
- [5] HRAZDIRA, Ivo a Vojtěch MORNSTEIN. *Lékařská biofyzika a přístrojová technika*. 1. vydání. Brno : Neptun, 2001. ISBN 80-902896-1-4
- [6] Parametrické a neparametrické statistické metody a jejich aplikace, Bakalářská práce, VUT Brno, Petr Mračko, 2013
- [7] Zpracování biologických signálů, Učební text, Jitka Mohylová, Vladimír Krajča, Ostrava 2007
- [8] Quantitative EEG Analysis Methods and Clinical Applications, S. Tong, N. V. Thakor - Artech House, 2009
- [9] Kognitivní psychologie, Stenberg Robert J. - Portál, 2002
- [10] *Elektroencefalografie v praxi*. V Tribunu EU vyd. 1. Brno: Tribuna EU, 2010, 134 s. Librix.sk. ISBN 978-80-7399-913-1, SYSLOVÁ, Zuzana, Dušan SYSEL, Oto MASÁR, Eliška KUBÍKOVÁ a Mária BROZMANOVÁ
- [11] The systemizing quotient: an investigation of adults with Asperger syndrome or high-functioning autism, and normal sex differences. Simon Baron-Cohen*, Jennifer Richler, Dheraj Bisarya, Nishanth Gurunathan and Sally Wheelwright, 2001
- [12] The Empathy Quotient: An Investigation of Adults with Asperger Syndrome or High Functioning Autism, and Normal Sex Differences, Simon Baron-Cohen and Sally Wheelwright, 2004
- [13] The Autism-Spectrum Quotient (AQ): evidence from Asperger Syndrome/high-functioning autism, males and females, scientists and mathematicians. Simon Baron-Cohen, Sally Wheelwright, Richard Skinner, Joanne Martin, and Emma Clubley, 2001
- [14] Mirko Navara – Pravděpodobnost a matematická statistika, 2007, ISBN 978-80-01-03795-9
- [15] Jana Zvárová: Základy statistiky pro biomedicínské obory, Karolinum, Praha 2002, EAN: 9788071847861
- [16] Menza České republiky, Petr Praus, Inteligence a její měření, http://casopis.mensa.cz/veda/inteligence_a_jeji_mereni.html
- [17] V. Gerla, V. Djordjevic, L. Lhotska, V. Krajca, "PSGLab Matlab Toolbox for Polysomnographic Data Processing: Development and Practical Application", in Proceedings of 10th International Conference on Information Technology and Applications in Biomedicine, IEEE, 2010.
- [18] Mental Rotation, R. Shepard and J. Metzler, 1971
- [19] Mental Rotation of three-dimensional objects, R. Shepard, J. Metzler, 1971
- [20] Mental rotation, mental representation, and flat scopes, D. Cohen a M. Kubovy, 1993

- [21] Redrawn vanderberg kuse mental rotations, Different versions and factors that affect performance, Peters, 1995
- [22] The effect of landmark features on mental rotation times, JULIAN HOCHBERG and LEON GELLMAN, 1977
- [23] The rate of "mental rotation" of images: A test of a holistic analogue hypothesis, ZENON W. PYLYSHYN, 1979
- [24] Nonholistic processing in mental rotation: Some suggestive evidence, JOHN C. YUILLE and JAMES H. STEIGER, 1982
- [25] Effects of Stimulus Complexity on Mental Rotation Rate of Polygons, Mark D. Folk, 1987
- [26] Mathematically Gifted Children: Developmental Brain Characteristics and Their Prognosis for Well-Being, Michael W. O'Boyle, 2008
- [27] Mathematically gifted male adolescents activate a unique brain network during mental rotation, Michael W. O'Boyle, 2005
- [28] VŠB-TU Ostrava, Pravděpodobnost a statistika, Petr Otipka, Vladislav Šmajstrla, <http://homen.vsb.cz/~oti73/cdpast1/>
- [29] Pavlík J.: *Aplikovaná statistika*. 1. vyd. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha 2005, ISBN 80-7080-569-2
- [30] Mathworks, <http://www.mathworks.com/>
- [31] Autismus.cz, <http://www.autismus.cz/>
- [32] Petr Bukovský, Bakalářská práce, ČVUT, Praha 2015

11 Seznam příloh

- CD/DVD