

**UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE**

**Fakulta tělesné výchovy a sportu**

**2D stíhací tracking task, zhodnocení za stabilních  
experimentálních podmínek**

**diplomová práce magisterská**

Vedoucí diplomové práce:

Prof. Ing. Stanislav Otáhal, Csc.

Vypracoval:

Ondřej Prouza

Září 2007

## **Souhrn:**

**Název práce:** 2D stíhací tracking task, zhodnocení za stabilních experimentálních podmínek.

**Title of work:** 2D pursuit tracking task method, assesment under stable experimental conditions.

**Cíle práce:** Rešeršní shrnutí problematiky tracking task v literatuře. Parametrizace vhodné tracking task úlohy a její experimentální zhodnocení na skupině dobrovolníků.

**Metoda:** 2D stíhací tracking task, prvního řádu s využitím joysticku jako vstupního zařízení. Statistické zhodnocení v programu Matlab 2006 - statistická analýza, Fourierova transformace.

**Výsledky:** Výkon v závislosti na čase nevykazuje v použitém testu jednoznačné souborné charakteristiky, střední kvadratická chyba jedinců z vymezeného populačního vzorku se pohybuje v úzkém intervalu.

**Klíčová slova:** *tracking task, parametrizace, psychomotorický výkon*

Touto cestou bych chtěl poděkovat Ing. Štěpáníkovi za vytvoření softwaru použité úlohy, za podporu statistické analýzy i konzultace při praktickém provádění experimentu. Prof. Ing. Stanislavu Otáhalovi tímto děkuji za odborné vedení méj díplomové práce.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a použil jsem výhradně literaturu uvedenou v seznamu použité literatury.



Ondřej Prouza

Svoluji k zapůjčení své diplomové práce ke studijním účelům.

Prosím, aby byla vedena evidence vypůjčovatelů, kteří musejí pramen převzaté literatury citovat.

Jméno a příjmení: Číslo obč. průkazu: Datum vypůjčení: Poznámka:

## Obsah:

1 Úvod.....	8
2 Cíle.....	9
3 Hypotézy.....	10
4 Teoretická východiska	
4.1 Psychomotorický výkon a jeho testování.....	11
4.2 Tracking task –obecná charakteristika .....	13
4.3 Tracking task- individuální ovlivnění .....	16
4.4 Tracking task- zevní podmínky.....	24
4.5 Tracking task- parametry úlohy.....	29
4.6 Shrnutí.....	33
4.7 Východiska pro praktickou část.....	34
5 Metodologie	
5.1 Výzkumný soubor.....	36
5.2 Podmínky experimentu.....	37
5.3 Použité metody-Tracking task.....	37
5.4 Organizace experimentu.....	40
5.5 Analýza dat.....	41
5.5 Rozsah platnosti.....	42
6 Výsledky.....	43

7 Diskuse.....	57
8 Závěr.....	60
9 Použité zkratky.....	61
10 Seznam literatury.....	62
11 Přílohy	
Vývoj kvadratické chyby – intervalový průměr.....	67
Periodogram - Fourierova analýza.....	74
Použitý dotazník.....	101

# 1 Úvod

Zhodnocení výkonu v různých operátorských pozicích je již od počátku minulého století tématem trvale aktuálním. Testování v reálném prostředí či simulátory konkrétních prostorů či jsou často využívány a ve srovnání se standardními normami poskytuje platné výstupy. Ty v sobě zahrnují veškeré obsáhlé ovlivnění podmínkami a vlastnostmi operátora jakož i celého pracovního prostředí. Pokud je cílem testování popsat jednotlivé vztahy výkonnosti k podmínkám, je vhodné k tomu užít testu s co nejjednodušším nastavením, vstupem i výstupem tak, aby umožnil cíleně zaměřit experiment na sledované parametry. Tento požadavek splňují právě jednoduché tracking tasks, stíhací úlohy. Jejich využití sahá již do doby před druhou světovou válkou, první popisované úlohy byly využity k hodnocení kvalit vojenských pilotů. V současné době jsou nejčastěji využívány pro potřeby automobilového a farmaceutického průmyslu. Jakkoliv jsou tracking tasks velmi obvyklé, nejsou stále vytvořeny platné standardy pro jejich využití. Každý konkrétní dlouhodobý výzkum nadále počíná vytvořením parametrů TT úlohy a jejím zhodnocením. Volba vhodných parametrů a podmínek jednoduché stíhací tracking task a její následné experimentální zhodnocení je předmětem i méj diplomové práce. Úloha by následně mohla být využita ke studiu dalších parametrů souvisejících s psychomotorickou výkonností.

Cílem rešeršní části méj práce bylo podniknout co nejširší náhled do problematiky aktuálního využití stíhacích testů, shrnutí možného využití stíhací úlohy v obecném vztahu k jejím typům, parametrům a možnému ovlivnění enviromentálními stresory či individuálními faktory. Úkolem nebylo poskytnout vyčerpávající souhrn veškerých dostupných prací, což vzhledem k frekvenci využití tracking testů ani není možné. Stejně tak jsem se nevěnoval fyziologickým, neurofyziologickým a psychologickým podkladům jednotlivých sledovaných vztahů a podmínek.

Teoretická část této práce je tedy rámcově rozdělena právě podle faktorů ovlivňujících výkon v tracking task, dále obsahuje obecný popis stíhacích úloh a krátké přiblížení problematiky psychomotorického testování. Praktická část především shrnuje metodologické aspekty práce a popis konkrétního experimentu. Výsledky jsou pro větší názornost prezentovány formou komentovaných grafických zobrazení v kapitole č. 6. Diskuse a závěr, včetně zhodnocení dalšího možného využití této konkrétní experimentální úlohy, tvoří poslední část práce.

## 2 Cíle práce

- literárně rešeršní část: zhodnocení využití různých typů tracking task úloh ve vztahu k parametrům samotné úlohy (typ použitého TT, obtížnost, ovládání cílového zařízení, použité vstupní zařízení atd.). Zhodnocení zevních podmínek prováděných úloh a jejich souvislost s výkonem v úloze. Dále náhled do problematiky environmentálních stresorů působících na testovaného i souvislost změny individuálních fyziologických parametrů s psychomotorickým výkonem ve „stíhací“ úloze.
- na základě dostupných literárních údajů volba vhodných parametrů úlohy /obtížnost, predikovatelnost, délka/, její zevní podmínky i výběr vhodných testovaných jedinců a provedení několika krátkých experimentálních měření a jejich subjektivní zhodnocení. Cílem je nastavení takových testovacích podmínek i takový výběr testovaných jedinců, které maximálně sníží možné ovlivnění úlohy a umožní tak validní statistické zhodnocení daného testu. Výsledky testování by tak mohly být v další fázi využity pro hodnocení psychomotorického výkonu za různých podmínek.
- provedení tracking task na skupině 14 dobrovolníků a její statistické a vizuální zhodnocení (statistická analýza, Fourierova transformace)
- zhodnotit možnosti dalšího využití této konkrétní úlohy, vhodnosti použitých parametrů a podmínek ve vztahu k jejímu možnému využití pro hodnocení operátorského výkonu, únavy, poklesu pozornosti, rozvoje dyskomfortu v delším časovém intervalu

### 3 Hypotézy

- kvadratická chyba pro minutový interval, resp. její klouzavý průměr, se budou měnit v závislosti na čase
- vizuální zhodnocení frekvenčního spektra pohybu cíle a kurzoru na osách x i y se na počátku a na konci bude lišit
- 30 minutové měření bude, vzhledem k náročnosti a obtížné predikovatelnosti úlohy, dostatečné k hodnocení změny psychomotorického výkonu v závislosti na čase
- zevní podmínky ani individuální charakteristiky testovaných jedinců by neměly výrazně ovlivnit výsledky testu, který tak poskytne validní zhodnocení dané úlohy platné pro úzký populační vzorek
- získaná data budou využitelná pro širší hodnocení psychomotorického výkonu a jeho souvislosti s dalšími parametry pomocí této úlohy TT

## 4 Teoretická východiska

Teoretická část mojí práce je zpracována formou komentované literární rešerše. Jejím cílem je zpracování dostupných experimentálních studií věnujících tématu tracking task a využití získaných informací pro nastavení vhodných podmínek mého experimentu.

### 4.1 Psychomotorický výkon a jeho testování

Kognitivní funkce vypovídají o schopnosti jedince myslet a rozhodovat ve smyslu časových a prostorových vztahů a v symbolech jako jsou slova a čísla. Funkce psychomotorické, někdy nazývané percepčně-motorické, vyjadřují individuální schopnost koordinovat míru a časovou správnost odpovědi na stimul. Vymezení kognitivních a psychomotorických funkcí není diskrétní a překrývají se při vykonávání určitých činností, kdy odpověď na stimulus vyžaduje uvažování. Podobně to přirozeně platí i o testech zaměřených na jejich popsání.

Mnoho autorů dělí výkonnostní testy, v širším pohledu včetně psychologického testování, podle funkcí, které na první pohled testují: testy sensorické, motorické, percepčně-motorické, paměťové a další. Wetherell ve své literární práci (1996) označuje toto dělení za pomocné a dost často nejasné. Veškeré testy v sobě zahrnují elementy více funkcí. Vždy je totiž subjektu dán zevní stimul k provedení nějakého úkonu, jehož prostřednictvím je pak výkon měřen. Z důvodů pokračující diskuse o psychomotorických funkcích jako takových a jejich vymezení postrádají testy hodnotící PM výkon obecně přijímanou standardizací.

Výkonnostní testy jsou obvykle uzpůsobeny tak, aby v daném experimentu dosáhly maximální senzitivity pro sledovaný jev. Na jedné straně stojí názor, že standardizace je nutná k umožnění srovnání výsledků mezi jednotlivými laboratořemi. Odpůrci tohoto názoru argumentují snížením senzitivity ve standardizovaném testu. Za dlouho dobu využívání těchto testů bylo podniknuto mnoho pokusů o vytvoření standardizovaných přístupů (např. Standardised Tests for Research into Environmental Stressors Battery /Agard 1989/, COMPTRACK“- Makeig /1996/, Jex /1966/ a vývoj standardizovaného TT pro hodnocení stresorů atd.). Avšak tradice individuálního vývoje testů pro vlastní účely laboratoře je příliš silně zavedena, než aby mohla být jednoduše nahrazena. Nemalou roli zde jistě hrají i ekonomické aspekty a fakt, že množství ucelených studií je vyvíjeno pro potřeby leteckého a vojenského průmyslu a není tak určeno k veřejné prezentaci. Absence standardizace

výkonnostních testů znamená, že nemají žádné obecně přijímané normy. Tento fakt má své výhody i nevýhody. Nevýhodou je, že testy nemohou použity k rozhodnutí, zda je výsledná hodnota či skóre abnormální. Rozhodnutí, je-li skóre abnormální či obvyklé, výrazně závisí na senzitivitě a reliabilitě testu pro diskriminaci mezi „normálními a abnormálními“ jedinci a validitě a spolehlivosti vztahujících se norem. Normy by neměly být posuzovány nekriticky, ale brát v potaz svůj rozsah a pokrytí, tj. zohledňovat věk, pohlaví, socioekonomické rozdělení, povolání, kulturní poměry atd. (Wetherell, 1997).

V současné době není přijímán unifikovaný teoretický model lidské psychomotorické výkonnosti. Nejčastěji jsou popisovány a také testovány tyto čtyři. Faktorová analýza, generální informační zpracování, vícezdrojová zpracovací strategie a model víceúrovňového zpracování (Wetherell, 1996). Podrobný popis těchto strategií není předmětem této práce.

Wetherell v teoretické části své práce z roku 1997 shrnuje obecně některé aspekty psychomotorického testování. Kognitivní a psychomotorické testy jsou ve své podstatě velmi citlivé vůči individuální i enviromentálním vlivům. Proto by testování nemělo proběhnout před nebo bezprostředně po proběhlém stresu, nemoci, emocionálním vypětí, fyzickém cvičení či naopak relaxaci za předpokladu, že stejné podmínky nemůžeme zajistit pokaždé. PM testování většinou využívá vizuálních popřípadě zvukových stimulů. Proto je nutné zajistit, aby případné kompenzační pomůcky /brýle, kontaktní čočky, naslouchadla/ nosili testovaní po celou dobu testování. Vnější prostředí taktéž může ovlivnit výkon v testu a mělo by být proto standardizováno pro celý test. Týká se to především osvětlení okolí, teploty, hluku, ergonomie pracovního prostředí /komfort sezení, úhel a výška, postavení displaye a ovladačů. Dále je významná senzitivita vůči cirkadiálním rytmům - opakované testování by mělo u jedince proběhnout ve stejnou denní dobu. U jedinců pracujících na směny by měla být brána v potaz možnost jiného nastavení jejich „vnitřních hodin“ a měli bychom tento fakt uvést do záznamu o měření spolu s bližší specifikací pracovního rytmu. Omezení subjektů v užití kofeinu, alkoholu či v kouření může slibovat větší kontrolu nad výsledky. Je to pravdou pouze v případě farmakokinetických studií, kdy hrozí interakce s jinými testovanými substancemi. U jiných studií by toto mohlo být omylem z následujících důvodů. Zaprvé, kuřáci, lidé s návykem na užívání alkoholu či kofeinu pravděpodobně nepřerušují jejich užívání jen proto, že jsou požádáni. Na druhou stranu, pokud tak učiní, změna v chování a abstinenční příznaky mohou ovlivnit výkon více, než pokud by pokračovali v užívání zmiňovaných látek. Obecně je proto lepší ponechat testované subjekty jejich obvyklým behaviorálním vzorům, a jen zjistit jejich obvyklý úzus a spotřebu kofeinu, alkoholu či cigaret za posledních 24 hodin.

Je třeba mít na paměti, že xantiny jsou v nezanedbatelné míře obsaženy třeba v kolových nápojích a čokoládě.

## 4.2 Tracking task - Obecná charakteristika

Potřeba jasného hodnocení operátorských kvalit i pochopení psychomotorického výkonu nabyla důležitosti poprvé v období druhé světové války, s nutností popsat aspekty chování pilotů vojenských letadel i dalších operátorů a hodnotit jednoduchým testem jejich dispozice pro tyto úkoly. To přineslo první využití stíhacích úloh měření reakčních časů a snahy o pochopení senso-motorických mechanismů. Craik (1943) popisuje „stíhání“ jako koordinovanou sensori-motorickou reakci velkého stupně komplexity, spočívající na jedné straně v jednoduché reakci na úrovni podmíněného reflexu a na druhé straně v aplikaci většiny komplikovaných centrálních schopností zahrnujících predikci, kalkulaci, chápání problému. Vysvětlení práce při stíhacích testech na úrovni podmíněného reflexu již není aktuální, nicméně problematika modelu lidského operátora, popřípadě jeho umělého napodobení, je stále diskutována.

Pojem tracking task je při nepřiliš častých zmínkách v české literatuře překládán jako sledovací, či možná jazykově přesněji, stopovací úloha. Jak název, napovídá úkolem subjektu v úloze je sledovat určitý příkazový, nejčastěji pohybující se signál, a s co největší přesností a rychlostí na něj odpovídat, stíhat jej.

Existuje mnoho typů „stopovacích“ úloh. Wetherell (1996) je dělí na tyto základní typy. Úlohu stíhací (pursuit tracking task), kdy subjekt pronásleduje pohybující se cíl za účelem zachování konstantní pozice vůči němu. Úlohy kompenzační (compensatory tracking task) vyžadují po testovaném subjektu zachovávat neměnnou pozici, zatímco je silou různého charakteru nucen tuto pozici změnit (nabízí se analogní přirovnání této úlohy ke snaze zůstat stát na místě za poryvů větru). U adaptivních testů, možné variace obou předcházejících testů, se úhybné pohyby cíle zvětšují v závislosti na přibližujícím se stíhacím kursoru, to umožňuje přizpůsobení testu individuálním schopnostem testovaného jedince. Kritický TT test je nestabilní formou kompenzačního testu, ve kterém silová funkce postupně narůstá a

test se tak stává více obtížným, až dosahuje kritických vlastností individuálních každému testovanému jedinci (Moskowitz, 2000).

Další klasifikace vychází z počtu funkcí ovládaných vstupním zařízením. „Zero order“ popisuje situaci kdy vstupní zařízení (např. joystick) ovládá pouze směr kurzoru, „first order“, pokud joystick kontroluje směr a rychlost stíhacího kurzoru. O nejméně obvyklém typu TT „second order“ mluvíme v případě, kdy vstupní zařízení ovládá akceleraci (Wetherell, 1996).

Úkolem subjektu je tedy sledovat určitý příkazový signál a s co největší přesností a rychlostí na něj odpovídat. Stark (1965) zmiňuje v teoretické části své práce tři fáze odpovědi na změnu pohybu cílového kurzoru: první fáze je „reakční časové zpoždění“, druhá je „neurologická odpověď“, kdy subjekt začne sledovací pohyb, krátkodobě i opačného směru. Nakonec subjekt synchronizuje svou odpověď se vstupním signálem a přechází do 3. fáze nazvané „predikovatelná odpověď“, která je ustálenou odpovědí na jednoduchý predikovatelný vstup. U experimentu se vstupem nepředvídatelným dochází k prodloužení fáze „neurologické odpovědi“ a logické absenci fáze predikovatelné. Stark také tvrdí, že čisté sinusové příkazy mohou být sledovány bez chyb do frekvence 2 Hz bez fázového zpoždění. Na počátku předvídatelného sinusového TT při frekvenci pod 2-3 Hz je člověk schopný se během 0,5 – 1 sekundy adaptovat a dosáhnout dokonalé fázové odpovědi.

Tracking task přes svou zdánlivou jednoduchost postihuje poměrně širokou škálu sensorických i motorických funkcí. Koordinace na smyčce oko-ruka vyžaduje souhru proprioceptivního i sensorického vstupu, zpracování a provedení adekvátní reakce, kvalitu prováděného motorického výstupu. To vše je přirozeně pod výrazným vlivem různých zevních i individuálních podmínek, jejichž kvalitní hodnocení nám stíhací úlohy tímto způsobem umožňují.

Výkon člověka při typu kombinujícím kinestetický vstup a vizuální vstup přitom závisí na dvou základních vlastnostech testovaného subjektu: rychlosti jeho reakce a senzomotorických schopnostech. Volbou náležitých parametrů úlohy nám přitom umožní přidělit těmto dvěma vlastnostem různou důležitost.

Úloha zaměřená na určení rychlosti reakcí člověka vyžaduje velice jednoduché ovládání, které eliminuje vliv senzomotorických schopností člověka. Kupříkladu ovládání pomocí malého množství jednoznačně definovaných příkazů, či dokonce pomocí jednoho

jediného (stisk tlačítka v reakci na změnu cíle). Základním požadavkem je nepředvídatelnost změny, na kterou subjekt reaguje. Výstupem je potom prodleva mezi změnou cíle a zaznamenanou reakcí člověka.

Úloha zaměřená na určení senzomotorických schopností člověka bude naopak vyžadovat vstupní zařízení s velice jemnou diskriminační schopností, např. kvalitní joystick. Pokud bude pohyb cíle předvídatelný, eliminuje se vliv reakční doby testované osoby. Nutný je však v tomto případě dostatečný tréninkový čas. Důležitá je rychlost pohybu cíle, která v tomto případě přímo ovlivňuje obtížnost úlohy. Při tomto typu úlohy se měří prostorová odchylka cílového kurzoru, terče, od stíhacího kurzoru (Craik, 1948).

Snahy o komplexní pochopení psychologie a neurofyzologie výkonu v TT testu jsou vyjádřeny dlouhodobými snahami o vytvoření počítačového modelu lidského operátora a jeho chování (např. Neilson 1999).

Výkon při provádění TT může ovlivnit celá řada faktorů. Tyto můžeme pro snazší orientaci rozdělit do tří přibližných skupin. Nejprve jsou to faktory vyplývající z vlastností úlohy jako takové (typ použitého testu, obtížnost, predikovatelnost, její délka, vlastnosti samotného testovacího zařízení atd.). Možné další rozdělení je podle zevních a vnitřních faktorů. Mezi zevní faktory počítáme veškeré vnější vlivy, které mohou mít vliv na provádění úlohy: kvality zevního prostředí (teplota, osvětlení, hluk), ergonomie pracovního prostoru, použité vstupní a výstupní zařízení a jeho vlastnosti. Faktory vnitřní, individuální, jsou v současné době nejčastějším důvodem využití tracking testů. Mezi ně řadíme aktuální fyzický a psychický stav a faktory, podílející se na jeho ovlivnění: užití různých psychoaktivních látek, včetně medikamentů, vliv věku, pohlaví, kvality spánku, motorické zkušenosti, fyzické aktivity. V neposlední řadě se sleduje možná souvislost některých fyziologických parametrů s kvalitou psychomotorického výkonu. Rozdělení na tyto tři faktory je v literatuře obecně přijímáno, ačkoliv není úplně přesné, a jednotlivé aspekty se často překrývají. Pro potřeby méj diplomové práce jsem se rozhodl jej přijmout a použít jej pro orientační rozdělení kapitol následující rešeršní části.

### 4.3 Tracking task – individuální ovlivnění

Individuální parametry testovaných jedinců a jejich hodnocení v kontextu s výkonem v psychomotorickém testování jsou velmi aktuální problematikou. Zkoumána je souvislost výkonu s různými fyziologickými parametry, aktuální fyzický a psychický stav a faktory je ovlivňující. Běžné je využití tracking task testu v rámci farmakologických studií a experimentů, hodnotících různé aspekty operátorského výkonu pro potřeby automobilového a vojenského průmyslu. Konkrétně je častým předmětem testování vliv psychoaktivních látek, medikamentů, věku a pohlaví testovaného, cirkadiálního rytmu, pohybových zkušeností, kvality spánku a dalších. Následující část práce předkládá experimentální studie, věnující se těmto endogenním podmínkám, a na jejím základě bude vymezen testovaný soubor využitý v praktické části méj diplomové práce.

Jex (1966, 1967) se ve své dlouhodobé práci zabýval přípravou standardizovaného tracking testu, využitelného k hodnocení environmentálních stresorů. Využíval kritický kompenzační tracking task, který taky pro potřeby své práce obsáhle definoval, a je tak považován za jeho autora. Kritický TT popisuje jako uzavřenou smyčku kompenzačního TT, v kterém je dynamika řízených částí nestabilní, a poskytuje tak citlivé měření časového zpoždění operátora a překročení kapacity vytížení. S růstem nestability se stává ovládání více obtížné a hodnotu, ve které operátor ztratí kontrolu, označují jako „kritická úroveň nestability“. V dlouhodobém testování jeho úloha vykazovala nejvyšší citlivost na rozlišení výkonu subjektů pod vlivem alkoholu od střízlivých. Ke zhodnocení svých prací využíval statistické analýzy i Fourierovy transformace. V dnešní době je k hodnocení vlivu psychoaktivních látek obvykle využíváno jednodušších tracking task testů, často v kombinaci s jinými psychomotorickými testy pro komplexnější zhodnocení.

Hindmarsch (1990) hodnotí efekty čtyř různých dávek alkoholu (od 0.25 g/kg do 1 g/kg) a placebo, pomocí „standardní“ řady kognitivních a psychomotorických testů. Testy mimo jiné zahrnují jednoduché měření reakčního času, paměťový scanning a kritický tracking task. Své výsledky srovnává s výsledky podobných studií, hodnotících vliv ostatních psychoaktivních látek, a s využitím relativního srovnání hodnotí behaviorální efekt těchto látek ve srovnání s alkoholem.

Landauer ve své studii z roku 1990 využívá tři motorické testy k hodnocení řídičských schopností 21 dobrovolníků po podání alkoholu, placebo, amytriptylinu a jejich kombinací.

Jedním z použitých testů je i stíhací tracking task. Negativní efekty alkoholu na výsledky všech testů, podle jeho závěrů, ještě výrazně prohlubuje účinek antidepresiva amytriptylinu.

Srovnání efektu alkoholu na řidičský výkon v různých denních dobách se věnuje Dalrymple (2003). Hypotézou jeho experimentální studie je, že efekt alkoholu na operátorské schopnosti může mít výrazně vyšší negativní vliv v časných dopoledních a ranních hodinách, než večer a okolo poledne. Cílem tedy je poukázat na možné nebezpečí spojené s legální hladinou krevního alkoholu až 0.8 promile i v tomto kontextu. Testuje šestnáct mužských dobrovolníků z řad armádního personálu, se snahou vytvořit maximálně homogenní skupinu i ve vztahu k jejich denním rytům. Po absolvování tréninkového intervalu podrobil své dobrovolníky celkem osmi různým měřením v 9:00, 13:00, 18:00 a 1:00 za podmínek bez alkoholu a s hladinou 0.84 g/kg BAC. Pohyb cílového kurzoru varioval v průběhu úlohy od lineárního pohybu k balistické křivce, měnil míru své prediktibility, charakterem byl po celou dobu čistým stíhacím TT. Alkohol výrazně zhoršil stíhací přesnost, odchylku od terče, obzvláště v podmínkách snížené předvídatelnosti pohybu, ale nebyla prokázána souvislost mezi výkonem, konzumací alkoholu a rozdílnou denní dobou. Dalrymple tedy shrnuje, že neprokázal závislost účinků alkoholu na PM výkon v různých denních časech. Na druhé straně byly operátorské schopnosti zásadně ovlivněny hladinou krevního alkoholu, která odpovídá zákonem povolené hranici pro řízení motorového vozidla na Novém Zélandu, kde byla práce provedena.

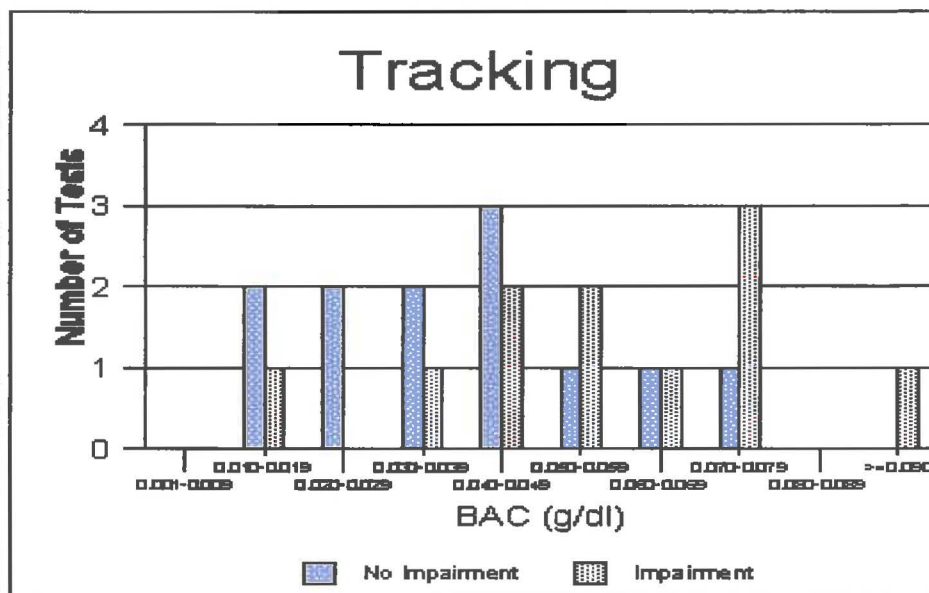
Grant (2000) hodnotí některé aspekty psychomotorického výkonu po intravenózním podání tří různých množství Propofolu. Propofol je celkově působící nebarbiturátové anestetikum tlumící reverzibilně činnost centrální nervové soustavy. 10 zdravých dobrovolníků podstoupilo PM testování pomocí testování reakčního času a duální úlohy - spojení testu reakčního času a stíhacího tracking testu. Podáno jim byly tři různá množství propofolu. Výkon se zhoršoval s koncentrací podané látky, u nejvyššího množství stoupl průměrný reakční čas o 247 ms v reakčním testu a o 178 ms v duální úloze. Ovlivnění výkonu srovnává také s výsledky své předcházející studie, hodnotící pomocí stejných metod psychomotorický projev po konzumaci alkoholu. Při nejnižších, terapeuticky obvyklých koncentracích, popisuje výrazně nižší ovlivnění v obou úlohách ve srovnání s hladinou krevního alkoholu 50 mg / 100 ml, která je často tolerována při řízení automobilu.

Použitá duální úloha byla ovládána myší a mezerníkem na klávesnici. Stíhací kurzor byl tvaru kříže, cílem kruh průměru 1 cm, variující rychlostí a směrem. Primárně hodnocený

parametr byl „čas strávený na cíli“, tedy ten interval, kdy byl střed křížového kurzoru alespoň v kontaktu s cílem, hodnocen byla střední kvadratická chyba. Sekundární úloha reakčního času spočívala v co nejrychlejším stisku klávesy Spacebar na klávesnici ve chvíli, kdy se na monitoru objevila ikona tvaru hvězdy. Tento čas byl hodnocen v milisekundách.

Ve své další studii (2001) se Grant zabývá srovnáním následků intravenózně a perorálně podaného ethanolu na lidský operátorský výkon. Široký záběr použitých podmínek zahrnuje tři různé platné evropské limity krevního alkoholu pro řízení: 20, 50 a 80 mg / 100ml dosažené infusním podáním a perorální podání 0.75mg alkoholu na kg tělesné hmotnosti. Testováno bylo dvanáct dobrovolníků ve věkovém rozmezí 22-34 let. K testování opět využíval měření reakčního času a duální úlohu. Jednoduchý reakční čas rostl se zvyšujícím se BAC. Zásadní rozdíl byl prokázán mezi 0 a 50 mg i.v. dávkou a mezi 50 a 80 mg. Reakční čas v duální úloze prokázal signifikantní rozdíly mezi všemi testovanými skupinami ve srovnání s počátečním „nulovým“ testem. Stíhací část duální úlohy prokázala taktéž statisticky jednoznačnou závislost výkonu na hladině krevního alkoholu při hodnotách 50 a 80 mg /100ml. Orální podání 0.75 mg alkoholu na kg hmotnosti způsobilo u testovaných jedinců velmi široký rozptyl následného BAC, který pak zásadně zhoršoval možnost přesného zhodnocení výsledků. Naproti tomu po podání nitrožilním se hladina v krátkodobém intervalu měnila minimálně a umožnila tak testování za přesných podmínek. Pro precizní testování účinků alkoholu tak Grant jednoznačně doporučuje tento způsob podání.

Moskowitz (2000) ve svém literární review na téma účinků nízkých dávek alkoholu na schopnosti spojené s řízením alkoholu, shrnuje výsledky jedenácti experimentálních prací využívajících různé typy metody tracking task. V celkem dvacetitřech provedených úlohách se prahová hodnota projevu impairmentu lišila podle typu použité úlohy. Při užití adaptivního TT popisuje variující výsledky s prvními projevy na nízké úrovni krevního alkoholu (od 0.018 g/dl). Stíhací úlohy vykazují citlivost od 0.054 g/dl BAC. Kompenzační tracking task studie shrnují projev zhoršení výkonnosti při BAC úrovně od 0.060 do 0.100 g/dl. Při využití jeho nestabilní formy, kritického TT, pak při hladině 0.030 a 0.070 gramů ethanolu na decilitr krve. Shrnutí jeho závěrů přináší následující tabulka.



Tab. č. 1 Moskowitz, H., Fiorentino, D, 2000 : Souhrnné výsledky TT testů, na svislé ose zanesen počet jednotlivých testů; na ose vodorovné hladiny krevního alkoholu testovaných skupin probandů v jednotlivých studiích - BAC v gram/dl - tyto hodnoty jsou postupně: 0.001-0.009, 0.010-0.019, 0.020-0.029, 0.030-0.039, 0.040-0.049, 0.050-0.059, 0.060-0.069, 0.070-0.79, 0.080-0.089, 0.090 g/dl a více; šedé sloupce pak znázorňují prokázané zhoršení v daném testu, modré sloupce opačný výsledek.

Specka (2000) využívá pestrou škálu kognitivně-psychomotorických testů k hodnocení účinků metadonu. Metadon je syntetický opioid v lékařství užívaný jako analgetikum a pro léčbu závislosti na narkotických látkách. Jedním z použitých testů byl i stíhací tracking task. Testována byla kontrolní skupina 54 zdravých jedinců a 54 pacientů aktuálně podstupujících léčbu metadonem. Použito bylo několik úrovní testu, odlišených rychlostí pohybu cíle. V té nejjednodušší úloze, oproti předpokladům, metadonem léčení pacienti dosahovali lepších výsledků než kontrolní skupina. V dalších rychlejších testech se situace obrátila a kontrolní skupina vykazovala statisticky průkazně vyšší výkon. Z hlediska celkového hodnocení tomuto autor nepřikládá žádný význam. Závěrem veškerých provedených testů Specka nedoporučuje při použití psychomotorických a kognitivních testů jejich hodnocení podle norem, ale vždy individuální, především z hlediska možné komorbidity a dalších osobních charakteristik.

Sastre (2006) ve své rozsáhlé studii týkající se vlivu H1 antihistaminů na výkonnost při řízení automobilu využívá širokou škálu subjektivních psychologických, psychomotorických i neurofyziologických testů. Nejvyšší senzitivitu popisuje právě při použití kritické tracking task úlohy a jednoduché úlohy měření reakčního času. Konkrétnímu popisu použité úlohy se bohužel ve svém obsáhlém oficiálním reportu nevěnuje.

Walton (1973) prováděl experimentální studii na celkem 37 subjektech. Pětiminutovou stíhací tracking task vykonávala 19 členná kontrolní skupina a 18 členná skupina před a po podání placebo nebo pečiva, obsahujícího 20mg  $\delta^9$  tetrahydrocannabinolu. Poté srovnával chybovost obou skupin při provádění úlohy. Po podání tetrahydrocannabinolu popisuje nárůst celkové chybovosti měřené pomocí směrodatné, resp. střední odchylky polohy cíle a sledovacího kurzoru. Ačkoliv u marihuany předpokládal kolísavý efekt, nezaznamenal ve svém experimentu výrazný rozdíl při porovnání jednotlivých skupin v postupně následujících 15-sekundových intervalech. Změny nepozoroval ani při opakovaném testu po 2 hodinách, kde naopak očekával pozitivní změny z hlediska výkonu.

Souvislosti kvality a množství spánku se věnuje Peiris v roce 2006. 15 subjektů vystavil spánkové deprivaci a poté je testoval s využitím 1D kontinuálního tracking task v průběhu normálních pracovních hodin. Kromě tracking task ještě snímal v průběhu dvou 1hodinových intervalů videozáznam obličeje a EEG. Případné náhlé poklesy pozornosti byly vyhodnoceny pozitivně pokud se pokles z TT testu potvrdil i na jedné z dalších technik. Čtrnáct z patnácti testovaných subjektů zaznamenalo 1 a více selhání pozornosti (průměrně 39.3/hodinu) s délkou průměrného lapsu 3.4 sec. Ke konci hodinového snímání bylo také sledováno průkazné zlepšení v testu, aniž by byly subjektům dány jakékoliv časové informace. Nález na EEG nekorelovaly s nálezy v TT testu. Studie navazovala na předchozí práce provedené na spánkově nedeprivovaných subjektech. Celkově dochází k závěru, že výpadky pozornosti jsou častým jevem i u normálních jedinců bez snížení kvality či množství spánku a jejich frekvence i délka je jednoznačně zvýšena spánkovou deprivací. Upozorňuje na důležitost těchto faktů především pro oblast transportu, kde je extrémně dlouhý operátorský výkon běžným jevem, a jeho selhání zde vede k fatálním následkům.

Ross a kol. (1999) ve své práci kromě jiného sledují souvislost výkonu ve sledovací úloze a věku testovaných jedinců. Celkem 122 jedinců bylo opakovaně testováno v úloze typu SPEM (smooth pursuit tracking task). Všechny sledované parametry výkonu v dané úloze vykazovaly zhoršující se výsledky v závislosti na zvyšujícím se věku.

Kaneo a Uno (1996) se ve své studii zabývali výkonem starších řidičů během TT prováděného na simulátoru řízení na skupině 10 dvacetiletých, 10 čtyřicetiletých a 15 jedinců starších 65 let /65-81 let/. Všechny skupiny prováděly nejméně pět úloh různé obtížnosti. Podmínky by se daly přirovnat k jednoduchému kompenzačnímu TT, testovací čas byl pro každou 2 minuty, a poté byl vyplňován subjektivní dotazník hodnocení stupně obtížnosti /od

„velmi těžké“ po „velmi lehkou“/. Starší řidiči hodnotili v dotazníku TT jako lehčí v porovnání se skupinami 20 a 40 letých jedinců, i když v TT ukazovala skupina starších řidičů nižší výkon v každém ukazateli. Zbylé dvě skupiny při vzájemném srovnání neukazovaly výraznější rozdíly.

Jetté (1998) se ve své experimentální studii věnuje efektu nadměrné tělesné hmotnosti a fyzického cvičení na následný psychomotorický výkon. Jeho cílem bylo demonstrovat snížení výkonnosti po lehkém i náročném cvičení u obézních jedinců, pro účely posouzení vhodnosti k operátorským výkonům v civilní i vojenské oblasti. Testováno bylo 100 dobrovolníků ve věku 29.1 +/- 6 let. Psychomotorický výkon byl hodnocen oficiálním Canadian National Research Council tracometer, integrujícím hodnocení reakčního času a stíhací tracking task. Měření byla provedena před a po mírné /6MET, HR 130 +/- 15 / a náročné /9MET, HR 173 +/- 17/ fyzické aktivitě, konkrétně jízdě na stacionárním cyklotrenažeru. V klasifikaci podle procentuálního zastoupení tělesného tuku byly vytvořeny tři skupiny: méně než 14.9%, mezi 15-24.9% a skupina obézních s více než 25% tělesného tuku. V jejich vzájemném srovnání v provedení post-cvičební úlohy nebyly nalezeny žádné signifikantní rozdíly ve výkonu. Pro všechny skupiny neměla mírná úroveň zátěže žádný vliv na PM výkon v následující úloze, zatímco těžké cvičení vedlo k náhlému zhoršení, po určité době následovanému mírným zlepšením. Ve své experimentální studii tak Jetté neprokazuje souvislost cvičení na psychomotorický výkon v souvislosti s nadměrným množstvím tělesného tuku.

Falou (2003) a kol. studovali vývoj únavy, dyskomfortu a souvislost aktuálního psychomotorického výkonu na dvou různých sedadlech. Experimentu se zúčastnilo 11 mužů bez přiznaných zdravotních obtíží. Vytvořili 4 experimentální uspořádání: 2 typy sedadel, jedno pohodlné a druhé nepohodlné, sedadlo s, nebo bez vibrací. Experiment trval 150 minut a jednotlivá měření probíhala v náhodných intervalech, které trvaly 5 minut (3 minuty na zhodnocení výkonu testovaného člověka a 2 minuty na měření subjektivního dyskomfortu). Samotnému měření předcházela čtyřminutový tréninkový interval. Měřen byl výkon ve stíhacím testu a odpověď na zevní zvukový podnět. Při provádění TT testovaný sledoval pohybující se kruh na počítačové obrazovce a snažil se udržet kurzor uvnitř v kruhu. Výstupem úlohy byla délka „on target“ intervalu. Zjistili, že významně poklesl výkon při provádění TT na nepohodlném sedadle s vibracemi, stejně jako průměrný reakční čas. Na pohodlném sedadle bez vibrací nebyly zaznamenány významné poklesy ve výkonu, či reakčním čase. Experiment však netestoval delší souvislý časový interval.

Bohdanecký s kolektivem (1987) použil jednodimenzionální manuální tracking test k hodnocení ve vztahu k srdeční aktivitě. Úkolem testovaného bylo, s využitím joysticku, udržovat světelný bod mezi dvěma vertikálními liniemi, pohybujíc jím horizontálně napříč obrazovkou osciloskopu. Chybovost byla časově provázána s průběhem srdečního cyklu. Míra chybovosti byla vyšší u rychlejší, dvouvteřinové, než u pomalejší, 3 vteřinové periody pohybu cíle. S využitím sinusoidálních pohybů a lineárního zrychlení prokázal souvislost výskytu chyb s negativní a pozitivní srdeční akcelerací.

V další fázi (1992) se s využitím stejné 1D tracking metody soustřeďuje na souvislost rychlosti srdečního rytmu, aktuální fáze srdečního cyklu a psychomotorického výkonu. Vyšší tep je podle jeho závěrů spojen se snížením chybovosti v testu a zvýšením rychlosti stíhací reakce. Chybovost byla časově provázána s fázemi srdečního cyklu.

V roce 1995 Bohdanecký a kol. testuje změnu náročnosti v jednodimenzionálním tracking task testu, a s ní korespondující změny srdečního rytmu. Úkolem testovaných osob bylo stíhat cíl, jehož pohyb obrazovkou osciloskopu byl buď konstantní nebo sinusově modulovaný. Ke stíhání využívali světelný bod, ovládaný joystickem. Také byla měněna velikost cíle /“size guided tasks“/ či rychlost jeho pohybu /“velocity guided tasks“/, a to i v průběhu testu, v reakci na výkon testovaného subjektu. Iniciální perioda pohybu cíle byla 2-3 sec. Hodnotili následující parametry: délka intervalu mimo cíl, délka intervalu na cíli, množství stíhacích chyb, srdeční rytmus a výskyt chybovosti v závislosti na fázi srdečního cyklu. Délka intervalu mimo cíl i opačného byla delší pro „velocity guided“ úlohu, což se pro oba parametry výrazně změnilo při fixované sekvenci pohybu cíle. Srdeční tep byl vyšší při „size guided“ úlohách. Míra chybovosti neprokázala závislost na fázi srdečního cyklu.

Engel a Anderson (2000) se ve své studii zabývali podobností odezvy očního a ručního sledování na změnu směru pohybu cíle. Testovaní sledovali očima a rukou pohyb cíle, který udržoval konstantní rychlost, a prováděl jednoduché neočekávané změny směru. Experimentu očního sledování se zúčastnilo 5 lidí, kteří neměli oční vadu. K monitorování očních pohybů použili elektromagnetické snímání očních pohybů, umožňující přesnou registraci pohybu oka ve 3 rovinách. Cíl prezentoval červený bod, který byl promítán na dotykovou obrazovku umístěnou 150 cm před člověkem. Každý experiment začal přemístěním cíle z centrálně držené pozice přímo před pravé oko testovaného do pozice 20° nahoru. Po 1.5 sekundě se cíl začal pohybovat dolů konstantní rychlostí střídavě 15 a 30°/s v po sobě jdoucích experimentech. Když cíl dosáhl náhodné pozice mezi 5° a 10° pod horizontální rovinou,

změnil náhle směr (11 směrů). Po změně směru mohl cíl pokračovat, dokud nedosáhl úhlové posunutí 20° vlevo nebo vpravo, nebo 20° nad nebo pod centrální pozici pohledu. Po celou dobu pokusu cíl udržoval konstantní rychlost. Každé sezení se skládalo z 88 pokusů, které netrvaly déle než 45 minut. Záznam pohybu očí byl analyzován prostřednictvím uživatelského softwaru. Experimentu s ručním sledováním se účastnilo 6 lidí. Pozice prstu byla zaznamenána dotykově senzitivní obrazovkou monitoru počítače. Práváci seděli přibližně 50 cm od dotykové obrazovky a sledovali svůj pravý ukazovák. Pohyb cíle byl podobný jako při očním sledování a rychlost pohybujícího se cíle zůstala konstantní během všech experimentů.

Autoři popsali ruční a oční sledování založené na dvou proměnných: rychlosti a směru. Ukázali, že při změně pohybu směru cíle oči rotují z jednoho směru do druhého. Rychlost změny směru sledování roste lineárně s úhlovými stupni změny pohybu cíle, jak pro okulomotorické, tak i ruční sledování. Zjistili, že rychlost manuálního a očního sledování se zpomalila před změnou směru sledování a byla úměrná změně směru cíle. Rychlost, jakou oko a ruka mění směr po náhlé změně směru cíle, byla nápadně podobná. V obou případech poměr mezi rychlostí a směrem byl srovnatelný, s významně klesající rychlostí před změnou směru. Podobnost těchto dvou pohybů naznačuje úzké propojení systémů, generujících motorické příkazy pro oba testované systémy.

Joseph (2000) se ve své experimentální studii věnuje vlivu pohlaví a zkušenosti práce s joystickem na výkon ve stíhacím TT. Skupina dospělých jedinců (39 mužů, 40 žen v prvním experimentu, 35/40 ve druhém a 18 mužů a 18 žen v experimentu třetím) prováděla computerizovaný stíhací tracking task. Předpokládá, na základě citované literatury, rozdílné nálezy pro jednotlivé skupiny. Oproti předpokladu muži nevykazovali větší přesnost než ženy, pokud výsledek testu upraven ve vztahu k předcházející perцепčně-motorické zkušenosti. Jakkoli nebyly nalezeny rozdíly v dalším, urychleném, TT v poslední „obrácené“ TT úloze mužští probandi vykazovali signifikantní výkonnostní převahu, která přetrvávala i po několika blocích opakování. Protože byl výkon testovaných statisticky upraven vzhledem k předcházející motorické zkušenosti, mužská převaha v této úloze tedy nebyla výrazem tohoto, v jiných studiích podceňovaného faktoru. Ještě větší výkonnostní rozdíl byl zaznamenán při použití 3 dimenzionálního TT. Joseph tedy shrnuje, že rozdílná intersexuální výkonnost v klasickém pursuit tracking testu by měla být vysvětlena rozdílnými motorickými

zkušenostmi mezi muži a ženami, ale v „obráceném“ TT může být spojeno s rozdílnou dovedností v prostorové představivosti mezi pohlavími.

Fumoto (1979, 1977) zjišťuje možnou závislost psychomotorické výkonnosti ve vztahu k motorickému učení a míře automatismu při provádění úlohy. Stíhací tracking task za tímto účelem kombinuje s měřením pulsu a lokálního krevního průtoku prsty (SBF). Testovaní vykonávali měřenou úlohu, kterou již testovali o rok či půl roku dříve. Fumoto předpokládal, že prokrvení prstů v pauzách mezi prováděnými testy bude vyšší v důsledku vyšší míry celkové aktivity. Rozdíl SBF mezi měřením v pauzách a při testu nebyl signifikantní. Potvrdil jen závěry jeho předchozích studií, kdy popisoval pokles SBF v mezitestových intervalech jako projev klidového stavu.

#### **4.4 Tracking task – souvislost se zevními podmínkami**

Výzkum propojení výkonnosti ve stíhacím testu v závislosti na zevních podmínkách se stejně jako samotné využití TT přesunul z původní oblasti vojenského využití do komerční oblasti automobilového průmyslu. Tento fakt pravděpodobně může limitovat obecnou platnost publikovaných dat. Nejvíce jsou experimentálně hodnoceny vztahy k teplotě zevního prostředí, dalšího ovlivnění operátora (ovládání klimatizace, poslech radia, komunikace mobilním telefonem či jiná), osvětlení, vlastností vstupních a výstupních zařízení užitých v úloze a v neposlední řadě ergonomie pracovního prostoru, resp. automobilu.

Strayer (2001) využívá stíhací TT pro simulaci řízení automobilu a možného ovlivnění percepčních schopností v důsledku používání mobilního telefonu. Prováděl dva typy experimentů. První si kladl za cíl zhodnocení výkonu při užívání „hands free“ soupravy nebo telefonování bez ní, dále zahrnul kontrolní skupiny, které poslouchaly rádio či mluvenou audio nahrávku. Experimentu se zúčastnilo 64 studentů ve věku 18-30 let, 32 mužů / 32 žen. Všichni byli bez jakékoliv zrakové vady.

Testování prováděli TT na obrazovce počítače a vstupním zařízením ke sledování cíle byl joystick. Pozice cíle se aktualizovala každých 33 ms a byla určena součtem tří sinusových křivek. Cíl se tak pohyboval plynule a souvisle, avšak podstatně nepředvídatelně. V intervalech od 10 do 20 sekund cíl zazářil červeně nebo zeleně a testovaní měli zmáčknout

„brzdící tlačítko“ palcem na vrcholu joysticku, jakmile uviděli červené světlo. Při rozsvícení zeleného světla pokračovali ve sledovacím úkolu jako obvykle. Rozsvícení červeného nebo zeleného světla mělo stejnou pravděpodobnost a světla byla rozsvěcována v nepředvídatelném pořadí. Testovaní měli čas 7 minut na nacvičení TT. Pak 7,5 minuty prováděli samotný TT a následující 7,5 minuty prováděli TT za současné konverzace nebo poslouchání radia - dual task tracking.

Hodnotila se pravděpodobnost zmeškaných světelných signálů za všech podmínek a průměrné reakční časy na světelné signály. Druhý experiment využíval taktéž tracking task úlohu, ale v kombinaci s úlohou testující vnímání významového obsahu textu prezentovaného při úloze formou audio nahrávky a také paměťových schopností. Vše v kombinaci se současným užíváním mobilního telefonu.

Zjištěno bylo, že testovaní, kteří byli zapojeni do konverzace po mobilu zmeškali dvakrát více světelných signálů než ti, kteří nehovořili a měli delší reakční čas odpovědi na světelný signál, bez výrazné závislosti na typu použitého mobilního telefonu (s nebo bez hands free). Tvrdí, že konverzace po mobilním telefonu vede k významnému snížení výkonu při simulovaném řízení. Naopak, při poslechu radia či audio nahrávky knihy, nedošlo k jednoznačnému ovlivnění výkonu v testech. Stejně tak došlo k výraznému negativnímu ovlivnění obsahového významu prezentovaného textu za současného užití mobilního telefonu.

Beshir v roce 1981 hodnotil lidský „stopovací“ výkon v závislosti na čase a vystavení vlivu tří různých tepelných prostředí, konkrétně 20°, 26° a 30° Celsia. Dále hodnotil i výsledky v souvislosti s různou měrou předcházející fyzické aktivity. Celkový čas expozice různým teplotním prostředím byl 120 minut pro každé měření, z čehož byla 90 minut vykonávána testovací úloha. V úloze spojené s fyzickou aktivitou byli probandi vystaveni třem 30 minutovým cyklům aktivity či odpočinku v poměru 2/1 respektive 3/1. Šest testovaných dobrovolníků bylo mužského pohlaví, zdravých, ve věku 20-23 let. Využitá úloha byla 1D kompenzační, vertikální tracking task. Statistická analýza 90 minutové úlohy již za základních podmínek ukázala přímou závislost výkonnosti v testu na čase. Zhoršení výkonu v závislosti na čase bylo markantnější v termopozitivnějších prostředích. Zásadnější zhoršení výkonu se projevovalo po 25 minutách a tento efekt byl posílen v teplejších prostředích. Zvýšení okolní teploty z 20 na 26 stupňů znamenalo zvýšení chybovosti v testu na přibližně dvojnásobné hodnoty, zatímco výkon při změně zevních podmínek z 26 na 30 stupňů Celsia zaznamenal jen mírné zhoršení. Ani rozdílný poměr aktivita / odpočinek, ani jejich spojení

s ostatními nastaveními zevních podmínek, neprokázalo signifikantní efekt na PM výkon v tracking testu.

V roce 2003 se podobnému tématu věnuje Daanen a kol. s využitím dělené klimatické kabiny a jednoduchého simulátoru řízení. Přijímá fakt, že řidičský, resp. operátorský výkon, se zhoršuje za vysokých teplot a věnuje se ve své práci vlivu nízké okolní teploty, roli subjektivního termálního komfortu a možnosti ovládat okolní teplotu. Proto vyvinul experiment, ve kterém 50 jedinců provádělo „silniční“ tracking task v chladném 5°C, termoneutrálním 20° C a horkém 35°C prostředí. Všichni byli vybaveni topením/větrákem (H/B), který produkoval dané množství tepla či chladu, a mohl u některých probandů být manuálně ovládán. V chladném prostředí průměrná kožní teplota na nohou klesla na 18.5°C a na hlavě na 24.9°C, subjektivní termální komfort byl popisován jako „nízký“ nebo „ velmi nízký“. V horkém prostředí byly naměřené teploty 36.6° respektive 30.8°C na hlavě a subjektivní tepelný komfort byl hodnocen jako „horký“. Řidičský výkon klesl o 16% v chladném prostředí a o 13% ve 35stupňové kabině. Možnost ovládání lokální teploty v oblasti hlavy pomocí H/B ovlivnilo termální komfort i řidičský výkon. V souladu s předpoklady, jedinci, kteří začali bez možnosti kontroly H/B dosahovali mnohem lepších výkonů ve všech úkonech, vzhledem k lepší soustředěnosti na „řízení“, než na složité ovládání topení či ochlazování. Daanen shrnuje, že termoneutrální prostředí v automobilu zlepšuje operátorský výkon a potažmo tak zvyšuje bezpečnost posádky. Avšak používání ovladačů klimatizace může výrazně ovlivnit řidičský úkon.

---

Freeman (1999) využívá biofeedback zprostředkovaný přes současně snímané EEG, k ovlivnění v výkonu v kompenzační tracking úloze. Uvádí názory některých autorů, že nárůst beta aktivity by mohl odrážet vyšší stupeň bdělosti a větší zapojení do úkolu, a naopak nárůst alfa nebo theta aktivity způsobí opak. Účastníci vykonávali pomocí joysticku kompenzační TT, během něhož se zaznamenávala EEG aktivita. Stabilní kompenzační tracking task ukládal subjektu udržet, s použitím joysticku, pohybující se kruh o průměru 1 cm, v centrální poloze na kříži rozměrů 0.5x0.5 cm. Selhání kontroly rezultovalo v jeho odchýlení od středu kříže. Pohyb kruhu ovládaného současně subjektem byl řízen sumovanými pěti sinovými křivkami mimo fázi. Při nedostatečném ovládní se kruh vzdaloval od středu kříže. Měli 5 minut na nacvičení úlohy a joystick ovládali pravou rukou. Experiment provádělo 12 účastníků za 3 podmínek. Polovina skupiny začala provádět úkol za podmínek pozitivní a další polovina za negativní zpětné vazby. Polovina začala v manuálním

režimu a druhá v automatickém. Účastníci prováděli TT 16 minut, při kterém se střídaly 4 minutové bloky pozitivní a negativní zpětné vazby. Celkem prováděli 3 stejné pokusy v 5 minutovém intervalu. Výkon byl hodnocen jako deviace od středu v pixelech a spočítána jako střední kvadratická chyba. Hypotéza možnosti ovlivnění psychomotorické výkonnosti v testu prostřednictvím jednoduše předkládaného záznamu korové aktivity se v této experimentální práci plně potvrzuje.

Lenné v roce 1997 zkoumá možnost vlivu cirkadiálního rytmu na úroveň řidičských schopností. Ve své studii podrobuje 11 mužských subjektů šesti 30 minutovým měřením v různých denních časech. Testuje formou duální úlohy, sestávající se z jednoduchého kompenzačního TT (udržování stále polohy a rychlosti automobilu jedoucího rychlostí 80km/h) a současné úlohy hodnotící reakční čas. Před a po proběhlém testu byla také, formou dotazníků, hodnocena nálada subjektů. Výkon byl poté hodnocen jako střední a směrodatná odchylka od centrální pozice a rychlosti. Střední i směrodatná odchylka rychlosti výrazně variovala v průběhu dne, stejně jako reakční čas. Měření výkonu tedy vykazovalo největší negativní ovlivnění v 02:00 a 06:00. Naopak nejlepších výkonů bylo dosahováno mezi 10 hodinou dopolední a 20 večerní, s výrazným odpoledním poklesem. Krátkému odpolednímu poklesu je přikládána největší důležitost, vzhledem k tomu, že při něm testovaní dosahovali stejně vysoké míry chybovosti jako v pozdních nočních a časných ranních hodinách, kdy tyto hodnoty byly očekávané.

Ghous (2002) testuje vizuální stíhací tracking task ovládaný joystickem produkující dle daného vzoru určitou míru nonlinearitu mezi pohybem joysticku a jím ovládaného kurzoru. Cílem bylo zjistit, zda testovaní jedinci (24 mužů, dobrovolníků) kompenzují tuto nonlinearitu v průběhu 3 hodinového testu, a dále dokázat, že tato kompenzace je postavena na zformování vnitřní reprezentace vztahu mezi vizuální a kinesteticky reprodukovanou informací. Výsledky ukázaly částečnou kompenzaci nelineárního vztahu kurzoru a joysticku. Tato kompenzace přetrvávala i v době, kdy subjekt neměl vizuální kontrolu prováděného pohybu na monitoru. To potvrzuje hypotézu modelu interní reprezentace daného vztahu.

V roce 1954 Senders, citovaný i v následující kapitole, publikuje studii využívající opět kombinovaný tracking task v závislosti na zevním prostředí. Čtyři skupiny subjektů vykonávaly sérii tracking tasks za dvou různých pohybů terče, a dvou různých podmínek zevního osvětlení. TT variovaly od čistého kompenzačního (udržení indikátoru na referenčním bodě kompenzováním zevních vlivů), po čistý stíhací tracking task (udržení

indikátoru co nejbližše pohybujícímu se cíli). Pracovní prostředí bylo tvořeno klasickým CRT displayem, na kterém byl zobrazen 1mm velký světelný bod a kruh o průměru 7 milimetrů s lemem, odpovídajícím svou šířkou světelnému bodu. Bod byl kontrolován generátorem pohybu, zatímco kroužek byl převážně pod kontrolou subjektu. Úlohy byly definovány tak, aby vyžadovaný motorický výstup subjektu byl stejný ve všech experimentech. 2 minutový odpočinek byl povolen po setu pěti navazujících minutových testů, a pětiminutový odpočinek pak po třetím a čtvrtém setu pokusu. Nastavení osvětlení se týkalo pracovního prostoru, včetně vstupního i výstupního zařízení experimentu, a celé části místnosti, kterou mohl testovaný vidět. V tmavých světelných podmínkách bylo umělé osvětlení redukováno na nulu a možnost zevního osvětlení eliminována. Výsledkem testu byl vyšší výkon za dostatečných světelných podmínek při použití 50% či vyšší stíhací komponenty. Podobné závěry naznačovaly i ostatní provedené testovací variace, nicméně jejich výsledky nebyly dostatečně statisticky průkazné.

Replogle (1972) hodnotil efekt dvouminutové hypoxie /odpovídající pobytu v nadmořské výšce 22000 stop/ na výkon lidského operátora. Použil ve své studii dva druhy tracking task: stabilní úlohu třetího řádu, adaptivní TT typu „first order a jejich vzájemné kombinace. Výsledky neprokázaly závislost střední kvadratické odchylky a hypoxického stressu u stabilní úlohy, naopak u nestabilní, kritické TT popisuje závislost markantní.

## 4.5 Tracking task – parametry úlohy

V této části uvádím stručný popis některých dostupných experimentálních studií, využívajících metody tracking task, které mohou konkrétním metodickým popisem přispět k vhodné parametrizaci mého experimentu. Základními parametry potřebnými pro určení úlohy ve vztahu ke konkrétnímu stíhacímu typu testu, který bude použit v mé práci, jsou:

Thackray a Touchstone (1989) zkoumali vliv pomocné automatizace na výkon v úloze simulující letecký provoz. Účastníci testu pozorovali simulaci radaru monitorujícího let letadla. Polovina z nich byla vybavena automatickou podporou pro detekci případných konfliktů a druhá polovina nikoli. Dvakrát v průběhu dvouhodinové simulace, na začátku a na konci, podpora selhala. Jakkoliv byli testovaní bez podpory pomalejší v reakcích na konflikt v době, kdy pomoc selhala, než druhá skupina bez podpory, v případě druhého selhání podpory se reakční časy obou skupin téměř nelišily. Thackray a Touchstone dochází k závěru,

že výsledky jejich experimentu nepodporují teorii, že automatizace zhoršuje monitorovací výkon. Výsledky dalších studií, např. Mosier et al.(1994), využívající multiple tracking task, napovídají, že spíše zvolili příliš jednoduchý typ úlohy.

Toto potvrzují i Parasuraman a jeho kolegové (1993) ve své práci, využívající multiple task. Testovali skupinu dobrovolníků na laboratorním leteckém simulátoru tvořeném 2D kompenzačním tracking task a zařízením k monitoraci stavu motoru a stavu paliva. Část účastníků byla podrobena „multitask“ úloze /TT a kontrola stavu paliva, jen automaticky byly detekovány a opravovány poruchy motoru/. Druhá skupina prošla jednodušším testem - pouze podporovali úlohu týkající se stavu motoru. Automatická podpora úloh v různých intervalech selhávala. Účastníci byli zodpovědní za detekci těchto selhání a jejich napravení. Testovaní měli více než 70% detekční úspěšnost při multitask úloze, míra úspěšnosti však podstatně klesala za podmínek, kdy tuto úlohu prováděli s automatickou podporou. Při provedení jednoduché úlohy s monitorováním stavu motoru pak, v souladu s předpoklady, zaznamenali Parasuraman et al. téměř 100% detekci a i rychlost reakce téměř stejnou během manuální i automatické kontroly.

Ve své další studii z roku 1997 se Parasuraman et al. opět věnují efektu komplexnosti a délce prováděné úlohy s využitím automatické podpory. Účastníci byli rozděleni do tří skupin a prováděli buď složitou multikomplexní úlohu, jednoduchou multikomplexní úlohu nebo jednoduchou úlohu /test vigility/. Výsledky podporují předchozí provedené závěry o neefektivitě využití automatizace v některých případech.

Jednou z použitých metod byla tracking task jednoduchá úloha tohoto typu: first-order, 2D kompenzační tracking task, kontrolovaná joystickem. Účastníci testu měli udržet zelený cirkulární kurzor co nejbližší nitkovitému kurzoru umístěnému uprostřed okna displaye. Cílový kurzor se pohyboval na osách x a y v souladu s funkcí sestávající se ze součtu disharmonických sinových vln. Nejvyšší frekvence funkce byla 0.06 Hz. Kontrola úlohy byla typu „ first-order“ – pohyb joysticku kontroloval směr a rychlost pohybu stíhacího kurzoru. Operátorský výkon byl hodnocen vzorkováním vstupu z os x a y ve frekvenci 10 Hz, a z něj odvozeny rozdíly poloh. RMS bylo poté spočítáno pro vzorky po 1 vteřině, střední kvadratická chyba pro tyto vteřinové intervaly byla poté zprůměrována pro delší, 15 minutové intervaly k snazšímu obecnému hodnocení výkonu. Subjekty provádějící komplexní multitask úlohu byly méně úspěšné při „monitorování selhání motoru“, pokud pracovali s pomocnou automatizací, než když měli úlohu pod manuální kontrolou. Pokles pozornosti v závislosti na

čase v úloze, kontrolující registraci selhání automatizace, byl markantní v obou dvou složitějších úlohách. Poslední skupina jedinců vykonávajících monitoring automatizace, spolu s jednoduchým TT, byla v testu vysoce přesná.

Makeig (1996) ve své práci popisuje kompenzační tracking task úlohu „COMPTRACK“ k monitorování pozornosti. Cílem bylo umožnit její použití na běžném osobním počítači /v r. 1996/ a využívala dvou typů kompenzačních TT. Cílem je udržet cirkulární kurzor centrováný uprostřed kruhového „bull's eye“ terče s využitím trackballu jako vstupního zařízení. Poloha disku byla definována jako funkce předešlé pozice a rychlosti a činností tří sil. První síla neustále měnila směr a velikost a vznikla součtem šesti sinusoid různých amplitud a frekvencí. Druhá síla simulovala gravitační sílu a třetí byla vlastní uživatelův vstup. Vzorkovací frekvence zápisu snímaných dat byla 10Hz. 12 testovaných subjektů nejprve podrobil tréninkovým 12 dvouminutovým blokům testování odděleným dvouminutovou relaxací. Samotné testování trvalo hodinu a bylo posléze vyhodnocováno jako střední kvadratická odchylka vzdálenosti kursoru od terče ve středu obrazovky. Zvolené parametry jsou ovlivněny základním požadavkem na monotónnost úlohy, za které se tak lépe projeví výkyvy operátorovy bdělosti. Úloha neklade na testované jedince žádné speciální nároky a může být prováděna hodinu i více. Před prvním testováním předpokládá maximálně desetiminutový interval potřebný k naučení úlohy.

Shook a Akin (2001) využili stíhacích a kompenzačních TT úloh k testování rozdílných ručních forem ovládní k použití v kombinéze pro astronauty /především tedy rukavic/. K ovládní použili myš, touchpad, joystick a magnetický pohybový senzor. Celkem využili čtyř jednodimenzionálních tracking tasks: tři stíhací TT měli různé trajektorie: jednoduchou sinusoidu s pevnou amplitudou, „modifikovanou“ sinusoidu a skokovou sinusoidu. Kompenzační TT měl sinusovou křivku. Na obrazovce byly zobrazené dvě ikony, cílová byla umístěna nad ovládací ikonou. Snažili se co nejpřesněji sledovat cílovou ikonu. První úloha sledovala jednoduchou sinusovou křivku se stálou amplitudou. Druhá úloha sledovala „modifikovanou“ sinusovou křivku, kde amplituda zůstala stálá, zatímco frekvence rostla během provádění. Třetí skokový úkol začínal s cílovou ikonou na nule a skočil na nastavenou vzdálenost na obrazovce. U kompenzační TT viděli testovaní na obrazovce ikonu a vertikální čáru. Pokoušeli se držet ikonu na čáře. Použili jednoduchou sinusoidu, stejnou jako u první úlohy. Výkon měřili subjektivně i objektivně. Střední chybu počítali pro všechny úlohy pomocí analýzy rozptylu (ANOVA), u modifikované sin. křivky byla hodnocena frekvence

odpovědi a u „skokové“ úlohy i vyrovnávací čas a „přestřelení“ v reakci. Na subjektivní hodnocení použili modifikovanou Cooper Harper hodnotící škálu pro každé ruční ovládání za všech podmínek (různých rukavic), hodnotící mimo jiné citlivost, obratnost či únavnost. Experiment probíhal celkem za třech podmínek nošení rukavic /nejdříve s holýma rukama a pak s tlakovými a beztlakovými rukavicemi/ a s využitím zmiňovaných 4 typů TT. Každé sezení trvalo 1,5 hodiny a po ukončení úlohy byl vyplňován dotazník. Z objektivních i subjektivních testování byl nejlépe vyhodnocen magnetický pohybový senzor.

Grillingerová (2006) ve své pilotní studii, zkoumající možnost hodnocení dyskomfortu pomocí TT, využívá kombinaci tohoto a dotazníkové metody. Tracking task byl jednodimenzionální, stíhací, vzorkovací frekvence byla nastavena stabilně na 25 Hz, maximální hlavní frekvence na 0,5 Hz, pozice cíle v čase byla definována superpozicí tří sinusoid o frekvencích  $f_1 = 0,5\text{Hz}$ ,  $f_2 = 0,25\text{Hz}$ ,  $f_3 = 0,1\text{Hz}$ . Úlohu provádí na běžném osobním PC, vstupním zařízením byl joystick. Obtížnost úlohy daná frekvencí pohybu cíle zůstala konstantní během provádění všech experimentů, provedeno bylo několik různě dlouhých zkušebních měření. Hodnoty střední chyby narůstaly v čase, nicméně až při extrémně dlouhých měřeních (60 minut a 120 minut) v praxi obtížně využitelných. Při vyhodnocování výsledků Fourierovou analýzou nezjišťuje významné rozdíly v časovém vývoji frekvenčního spektra cíle a kurzoru. Nepotvrdil se ani předpoklad, že při 2-hodinovém měření bude zřetelnější rozdíl frekvenčních charakteristik cíle a kurzoru v souvislosti s rostoucím časem. To může poukazovat na to, že obtížnost úlohy byla nastavena na poměrně nízkou úroveň. Údaje o vývoji dyskomfortu, získané subjektivním dotazníkem, nekorespondovaly s údaji střední chyby, ale z hlediska rostoucího celkového trendu obou veličin lze poukázat na jistou souvislost.

Solivery (1997) podrobně popisuje použitý tracking task v práci, zaměřené na monitoring výkonu u nemocných Parkinsonovou chorobou, a prováděný test spojuje s využitím zobrazovacích technik mozkové tkáně. Testovaný subjekt seděl cca jeden metr od monitoru počítače, cíl byl 1,5 cm široký obdélník pohybující se horizontálně na monitoru v předvidatelné sinové vlně o frekvenci 0.25 Hz, s maximální amplitudou oscilace nepřesahující vizuální úhel 14°. Začátku úlohy o jednu vteřinu předcházela varovný signál a poté teprve začínal pohyb cíle. Iniciální směr a poloha cíle byla randomizována. Úkolem testovaného bylo maximálně kopírovat pohyb obdélníku, s využitím vstupního zařízení „manipulandum“, popisovaného jako malý joystick, na kterém volně spočívá celé předloktí.

Senders v roce 1952 srovnává využití kompenzačního a stíhacího tracking testu v své rozsáhlé experimentální studii. Předmětem byl vztah přesnosti a chybovosti v testu a typu použitých úloh, zahrnujících mnoho variant a vzájemných kombinací kompenzačního a stíhacího TT za nespécifikovaných stálých podmínek. Nejdůležitějším a současně statisticky nejprůkaznějším závěrem je existence vztahu mezi chybovostí a typem testu; přesnost stíhání markantně roste jako funkce množství „stíhací komponenty“ ve celkovém testu. Po překročení určité hranice však toto přestává platit: tracking task s 50% „stíhací komponentou“ vykazuje téměř stejné hodnoty v „on target“ intervalu jako stoprocentní stíhací tracking task test.

Diskutována je často otázka stabilizace výkonu v tracking testu po dlouhodobě opakovaných úlohách. Předpokládá se výrazná závislost na parametrech určujících obtížnost. U extrémně obtížné a nepředvídatelné úlohy je velmi obtížné v laboratorních podmínkách dosáhnout stavu stabilizace. Damos (1984) popisuje stabilizaci výkonu jedince v jednoduchém 1D TT testu po 105 provedených krátkých praktických úlohách v průběhu 14 dnů.

## 4.6 Shrnutí

Z pohledu individuálních podmínek ovlivňujících výkon je nejčastěji zkoumán vliv psychoaktivních látek a zejména alkoholu. Pro tyto studie se obvykle používá kompenzační či kritický tracking task a nebo stíhací tracking úloha, která pak bývá obvykle kombinována s dalšími úkoly (dual či multiple TT). Obecná otázka, zda dochází k negativnímu ovlivnění výkonu konzumací ethanolu je vyřešena, nicméně dávka alkoholu a její efekt, interakce s léčivými a další aspekty jsou stále otevřeným tématem. Citované studie prokazují snížení řídicího výkonu při užití běžně aplikovaných H1 antihistaminů i metadonu. S využitím stíhacího tracking task nebylo věrohodně potvrzeno negativní ovlivnění tetrahydrocannabinolem, stejně jako souvislost nadměrné tělesné hmotnosti a výkonnosti v TT.

Opakovaně je potvrzována závislost psychomotorického výkonu a zvyšujícího se věku (nad 60 let), naopak rozdíly mezi pohlavími připisují citovaní autoři spíše různé motorické zkušenosti obou pohlaví. Srdeční parametry nevykazují jednoznačnou provázanost s kvalitami

testu, ani následnými výstupy z něj. Spojení mezi předtestovou fyzickou zátěží, stejně jako spánkovou deprivací, se zdá být také prokázáno. Předtestová fyzická aktivita má však krátkodobě pozitivní účinek, nicméně dlouhodobě je tomu naopak. Zkušenost s prací s konkrétním vstupním zařízením, stejně jako zkušenost s danou úlohou, má vliv na výkon, nicméně otázka stabilizace výkonu v daném testu neskýtá, vzhledem k jejich široké paletě použitých úloh, možnost zobecnění tohoto faktu. Subjektivně pocíťovaný dyskomfort při krátkodobém testu je prokazatelně spojen s poklesem výkonu.

Negativní vliv nedostatečného osvětlení je platný pro všechny úlohy, překvapivě byl výrazně vyšší s využitím stíhacího TT než u testu kompenzačního. Vliv hypoxie byl v dostupné literatuře řešen jen z hlediska možných rizik pilota v extrémní nadmořské výšce. Ovlivnění výkonnosti ve výšce přibližně 7 km bylo velmi významné. Jako termoneutrální prostředí z hlediska operátorského výkonu je přijímána teplota okolo 20°C a teplota nad 35°C již jako kritická.

Poslech radia či neutrální audionahrávky neovlivní výkon, pokud není řidič nucen k jejich složitému manuálnímu nastavení. Podobné se dá shrnout i u použití klimatizace, jejíž manuální ovládání může mít na výkon negativnější vliv než samotné výkyvy teplot, které má kompenzovat.

Studie využívající stejnou parametrizaci pohybu cílového kurzoru (4 sinusové křivky pro pohyb v každé ose) ve 2D pursuit tracking testu není přístupná. Obvyklé frekvence při využití sinusových křivek se pohybují mezi 0.03 Hz až 0.6 Hz, přičemž žádná z těchto studií netestovala delší časový interval než třicet minut. Zadání pomocí harmonických sinusových křivek mimo fázi je časté. Autoři je popisují jako minimálně předvídatelné, stejně i použití joysticku jako vstupního zařízení je velmi frekventované (poukazováno je na nutnost jeho kalibrace).

Nejčastěji využívanou statistickou metodou, je-li hodnocena vzdálenost poloh dvou kurzorů, je střední kvadratická odchylka této vzdálenosti. Používané jsou i další metody včetně analýzy rozptylu ANOVA a Fourierovy analýzy.

## 4.7 Východiska pro praktickou část

- testovaný soubor bude kvůli požadavku maximální homogenity věkově omezen (21-29 let), jedinci budou mužského pohlaví, s žádnou nebo minimální zkušeností s podobnou úlohou či ovladačem, bez ovlivnění psychoaktivními látkami. Jinak budou v době testování ponecháni svým obvyklým behaviorálním vzorům.
- testování proběhne v akusticky izolované místnosti, za stálého umělého osvětlení, v podvečerních hodinách, ergonomie pracovního prostoru bude nastavitelná za účelem přiblížení se obvyklé pracovní poloze
- měření bude trvat 30 minut, každému měření bude předcházet desetiminutová tréninková úloha
- frekvence použitých křivek budou definitivně stanoveny po orientačním experimentálním zhodnocení, zvažované frekvence budou mezi 0.01 až 0,6 Hz
- pro zaznamenání dat bude použita vzorkovací frekvence 25 Hz

Informace pro zpracování teoretické části své diplomové práce jsem čerpal z volně dostupných bibliografických databází OVID-Medline-journals, Pubmed.info, Pubmed.central, Google.scholar, INIST-CRNS, NASA Technical Reports Server, a v databázi časopisů Národní lékařské knihovny.

## 5 Metodologie

Prováděný experiment je kvasiexperimentální prací zaměřenou na statistické zhodnocení změny psychomotorického výkonu v závislosti na čase pomocí jednoduché úlohy typu tracking task na skupině vybraných jedinců. Cílem experimentu je zhodnocení této úlohy na úzkém populačním vzorku.

Experimenty proběhly na běžném osobním počítači s využitím programu TT++ verze 0.20 sestaveným pro toto měření. Vstupním zařízením byl joystick SAITEK ST 290 USB.

Vyhodnocení experimentu, Fourierova analýza a statistické zhodnocení, proběhlo v programu Matlab R2006b. Použitý tracking task byl dvoudimenzionální, stíhací TT, typu „first order“, umožňující ovládání směru a akcelerace stíhacího kurzoru.

Práce byla řešena v rámci grantu MŠMT ME 701: „Vytváření neuro-informačních bazí a vytěžování poznatků z nich“.

### 5.1 Výzkumný soubor

Hlavní částí experimentu se zúčastnilo celkem čtrnáct jedinců. Testované osoby byly mužského pohlaví, ve věku 21-29 let, bez aktuálních zdravotních problémů, s žádnou nebo minimální zkušeností s prací s joystickem. Diagnostikovaná oční vada, v případě, že byla kompenzována, nebyla překážkou měření. Osoby byly požádány aby před experimentem nijak neměnily své obvyklé chování /konzumace kofeinu, cigaret, spánkový rytmus atd./ pouze byly před testem podrobeny krátkému dotazníkovému hodnocení těchto zvyklostí. Jen konzumace alkoholu či jiných psychoaktivních látek v den měření by byla důvodem k vyřazení z testu. Obsahem vstupního dotazníku byly, kromě základních biometrických údajů, popis zdravotního stavu resp. nepřítomnosti aktuálního onemocnění, oční vady a její kompenzace a zkušenost s použitím joysticku. Odpovědi na tyto otázky neodpovídající požadavkům na výzkumný soubor mohly způsobit dodatečné vyřazení konkrétního jedince z testovaného souboru. Dále byly v dotazníku další čistě informativní otázky týkající se množství a kvality spánku za posledních 48 hodin, eventuálního psychického či fyzického stresu za posledních 48 hod. a popis obvyklé, resp. aktuální konzumace kofeinu, cigaret a alkoholu. Vytvořený dotazník je určen pouze k posouzení případných testových abnormalit v kontextu se subjektivními daty a nebude formálně vyhodnocován.

Cílem výběru testovaných jedinců bylo vytvořit, v rámci možných podmínek (testovaní byli dobrovolníci, bez jakékoli odměny), maximálně homogenní skupinu ke zhodnocení výkonu v konkrétní úloze TT s co nejmenším ovlivněním, v literatuře popisovanými, endogenními faktory.

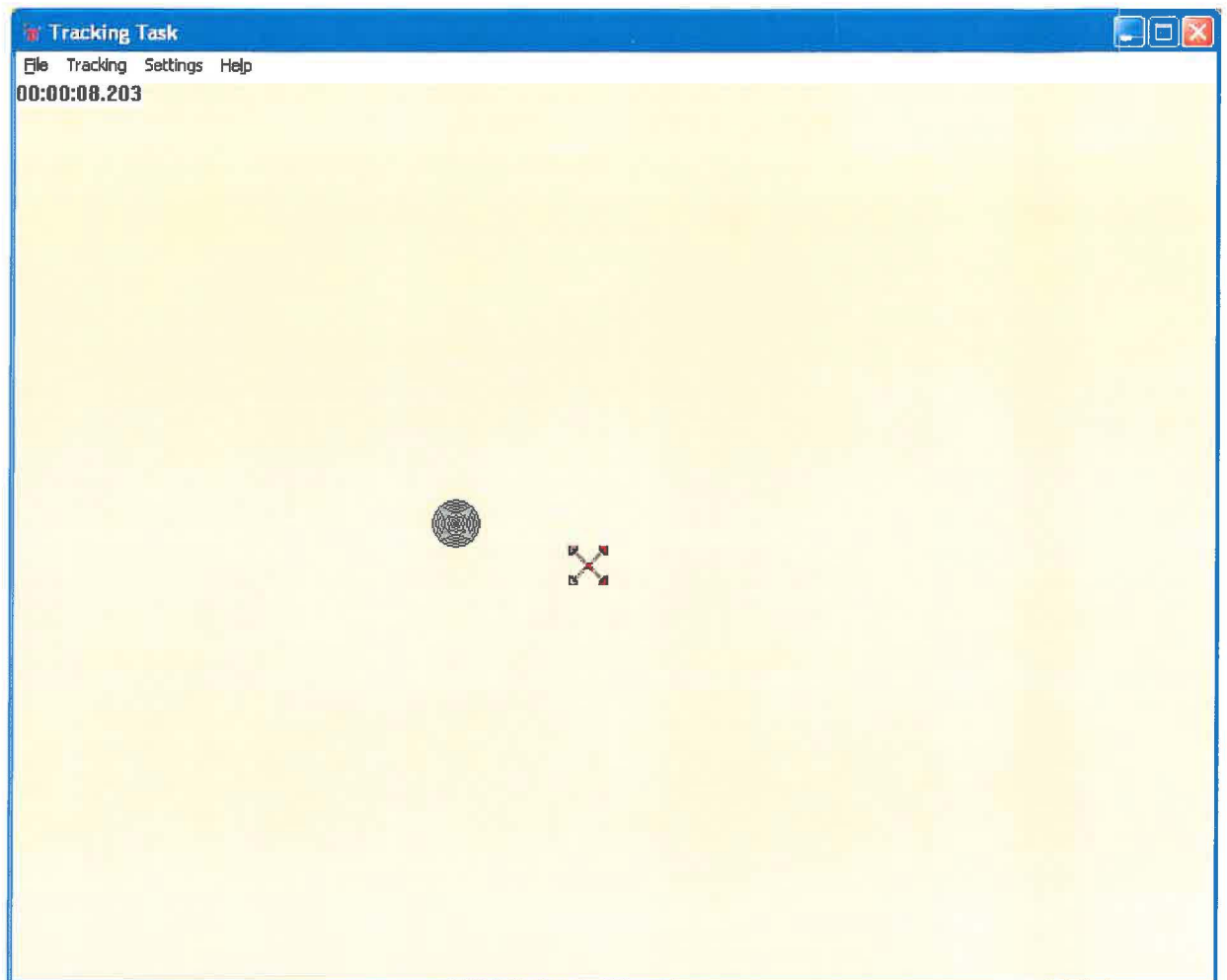
## 5.2 Podmínky experimentu

Jedním z cílů experimentu bylo navrhnout zevní podmínky měření tak, aby minimálně ovlivňovaly výsledky testu. Testování probíhalo za stálého umělého osvětlení, při zevní teplotě 20-24°C, vždy v odpoledních hodinách mezi 15 až 20 hodinou. Testovaný byl při vykonávání úlohy sám, zvukově izolován od okolních vlivů. Před testováním si individuálně přizpůsobil výšku a sklon židle i podpěrky zápěstí na joysticku. Vzdálenost od monitoru /standardní 19-palcový, rozlišení 1024x768px/ byla cca 1m, ten také umožňoval nastavení optimálního úhlu sklonu obrazovky.

## 5.3 Použité metody - Tracking task

Použitý program tracking task TT++ verze 0.20 je navržen k používání na běžném osobním počítači, čehož jsem využil ve svém experimentu.

Jednoduché menu programu obsahuje jen základní prvky, spuštění a opuštění programu, start a konec měření a především přístup k základním parametrům definujícím pohyb sledovaného cíle. Úlohu, jak bylo řečeno, je možné startovat a končit volbou v menu, nebo stiskem hlavního ovládacího tlačítka displaye. Cílový kurzor má tvar kolečka o průměru 1 cm, stíhací kurzor je tvaru kříže, červené barvy. **Obrázek č. 1** přibližuje základní okno použité úlohy tracking task tak, jak vypadalo v průběhu testování.



Obrázek č. 1 Pracovní okno úlohy Tracking task

Volitelné parametry úlohy byly: vzorkovací frekvence snímání polohy cíle a sledovacího kurzoru, zadávána v Hz /1-99/, čas měření v minutách, umožňující volbu od jedné do 199, dále jsou to parametry definující pohyb cílového kurzoru na osách x a y. Pohyb je určen superpozicí čtyř sinusoid, pro které můžeme nastavit: frekvenci /CHZ/, amplitudu /Px/ a iniciální fázi funkce /stupně /.

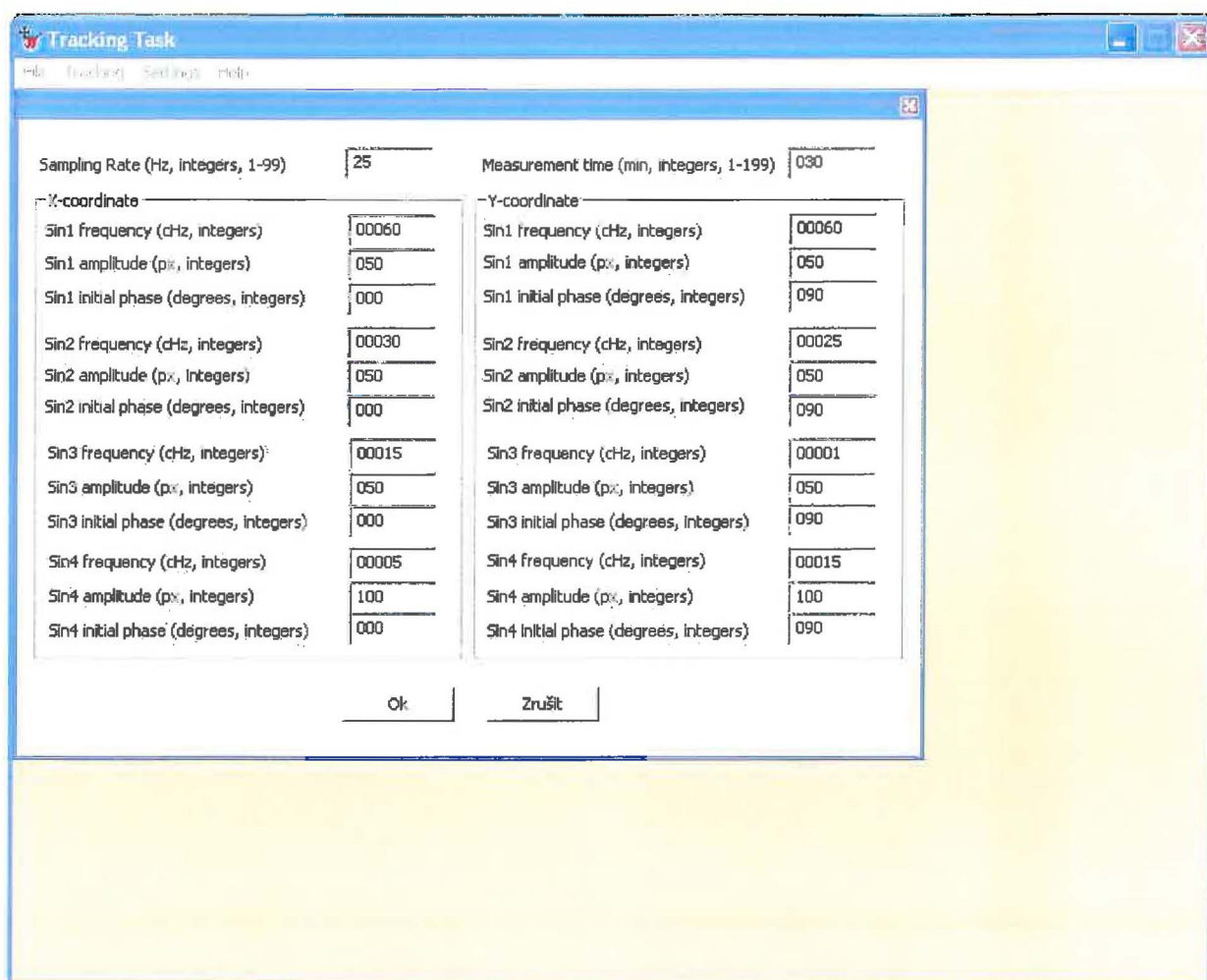
Použité vstupní zařízení, joystick SAITEK ST 290USB, v úloze snímá pouze stlačení hlavního ovládacího tlačítka /„fire“/ - pro spuštění/zastavení úlohy, a pohyb v osách x a y rychlost pohybu - akceleraci kurzoru. Joystick byl před každým měřením nakalibrován.

Rovnice definující časovou závislost souřadnice cíle na ose x, respektive y ( $a_{1-5}$  jsou modifikátory amplitudy,  $f_{1-5}$  – jednotlivé frekvence,  $t$  - čas,  $p$  - počáteční fáze):

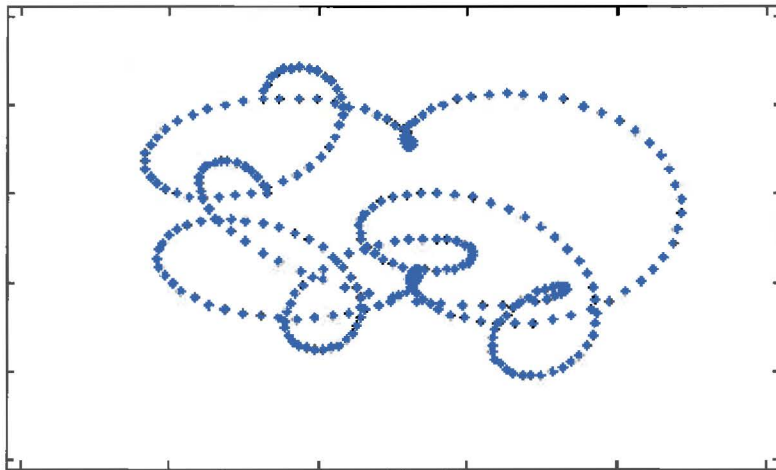
$$y = a_1 \sin(2\pi f_1 t + p_1) + a_2 \sin(2\pi f_2 t + p_2) + a_3 \sin(2\pi f_3 t + p_3) + a_4 \sin(2\pi f_4 t + p_4)$$

$$x = a_1 \sin(2\pi f_1 t + p_1) + a_2 \sin(2\pi f_2 t + p_2) + a_3 \sin(2\pi f_3 t + p_3) + a_4 \sin(2\pi f_4 t + p_4)$$

Zvolené parametry pro definitivní měření byly: délka úlohy 30 minut, vzorkovací frekvence snímání poloh cíle a kurzoru 25 Hz, frekvence /amplituda sinusoid na ose x: 60/50, 30/50, 15/50, 5/100 na ose y: 60/50, 25/50, 01/50, 15/100. Graficky je zadání konkrétních parametrů přiblíženo v obrázku č. 2. Obrázek č. 3 schematicky znázorňuje pohyb cílového kurzoru po 30 sec probíhající úlohy.



Obrázek č. 2 Nastavení parametrů úlohy tracking task



Obrázek č. 3 - schéma pohybu cílového kurzoru po dobu 30 sec

Použitý TT byl tedy 2D, "first order", stíhacího typu, kdy se osoba snaží maximálně kopírovat pohyb cíle. Cílový kurzor má tvar kolečka průměru 1 cm, stíhací kurzor je tvaru kříže, červené barvy. Aktuální poloha cíle a kurzoru byla snímána ve vzorkovací frekvenci 25 Hz, do výstupního textového souboru se ukládaly hodnoty pozice cíle a kurzoru na osách x a y v pixelech a čas měření v milisekundách.

## 5.4 Organizace experimentu

V hlavní fázi experimentu bylo provedeno celkem 14 měření, která byla statisticky vyhodnocována. Dále každá testovaná osoba absolvovala krátkou tréninkovou úlohu. Před začátkem měření každý testovaný jedinec vyplnil krátký, již popisovaný, dotazník a upravil si pracovní prostředí tak, aby odpovídalo jeho obvyklému postavení při práci s PC a byl obeznámen s principem úlohy. Instruován byl k maximální snaze o přesné kopírování pohybů cílového kurzoru pomocí křížového stíhacího kurzoru. Poté každý testovaný absolvoval 10 minutovou tréninkovou úlohu, určenou k nácvičení ovládnutí a obeznámení s charakterem úlohy. Následovala 10 - minutová pauza. Pro následující 30 minutové měření byl testovaný ponechán osamocen bez interakce s vnějším prostředím. Úlohu si odstartoval sám stiskem tlačítka „fire“ na joysticku, po 30 minutách se úloha sama ukončila. Na závěr testovaná osoba ještě krátce zhodnotila formou dotazníku průběh, obtížnost a predikovatelnost celé úlohy-

tento dotazník nebyl formálně vyhodnocován a slouží jen k orientačnímu subjektivnímu náhledu na test pro jeho další využití.

## 5.5 Analýza dat

Po provedení celkem 14 experimentálních měření, byla prováděna následující statistická zhodnocení. Výstupem z měření byl textový soubor, obsahující údaj o čase měření v ms, polohu cíle v pixelech pro osu x a y a polohu stíhacího kurzoru v pixelech pro osu x a y. Celkem bylo za 30 minutové měření provedeno přibližně 38 000 zaznamenání zmíněných aktuálních hodnot.

Analýza získaných dat byla provedena v programu Matlab R2006b v běžném PC. Statistická analýza pracovala s rozdíly aktuálních poloh cílového a stíhacího kurzoru a z těchto byla spočtena aktuální kvadratická chyba, střední kvadratická chyba pro celý měřený interval, střední kvadratická chyba pro dílčí interval, klouzavý průměr kvadratické chyby. Výpočet kvadratické chyby pro interval byl zformulován pro optimální zadanou vzorkovací frekvenci 25 Hz. Vzhledem k tomu, že reálná snímací frekvence byla cca 21 Hz, výstup výpočtu byl tímto mírně zkreslen. Počet intervalů tak není 30 ale cca 25, nicméně pro potřeby zhodnocení vývoje kvadratické chyby v čase to neznamena zásadní rozdíl.

Hodnocena pak byla střední kvadratická chyba pro celý datový soubor - jen číselný výstup, klouzavý průměr kvadratické chyby a její hodnoty pro minutové intervaly - pro větší názornost kromě číselného výstupu automaticky zpracovány i formou grafů vyjadřujících vývoj zmíněných statistických hodnot v závislosti na čase. Aritmetický průměr kvadratické chyby pro minutový interval všech měřených jedinců včetně grafického provedení byl také zahrnut ve zhodnocení.

Další analýza /taktéž v programu Matlab R2006b/ byla provedena formou Fourierovy transformace a jejího následného vizuálního zhodnocení. Fourierova analýza je matematická metoda, která umožňuje vyjádřit libovolnou křivku jako superpozici velkého počtu harmonických křivek. Výsledkem Fourierovy transformace byl periodogram, vyjadřující frekvenční charakteristiky pohybu cíle a kurzoru na ose x respektive ose y. Pro každého testovaného jedince tak byla sestavena frekvenční charakteristika pro minutový interval na počátku a na konci měření pro každou osu zvlášť.

## 5.6 Rozsah platnosti

### Vymezení

Vymezení zevních podmínek a určitých vlastností testovaného souboru bylo jedním za základních úkolů studie.

Základní zevní podmínky byly stejné pro každého testovaného jedince, či alespoň variovaly v takové míře, která, dle literatury, nemá zásadní vliv na PM výkon v podobných typech úloh. Okolní teplota byla 20 - 24° C, použito bylo stálé umělé osvětlení, místnost byla dobře zvukově izolována, experimenty probíhaly mezi 15 -19 hodinou. Ergonomická úprava prostředí umožňovala: změnu výšky a sklonu židle, úpravu výšky podpěrky zápěstí na joysticku a sklonu monitoru. Nastavení ergonomie pracovního prostoru probíhalo podle subjektivních pocitů pohodlí testovaného.

Výzkumný soubor zahrnoval 14 mužů, dobrovolníků, ve věku 21-29 let, bez aktuálních zdravotních problémů či nekompensované oční vady. Podmínkou byla nulová či minimální zkušenost s prací s joystickem a zdržení se konzumace psychoaktivních látek v den testu.

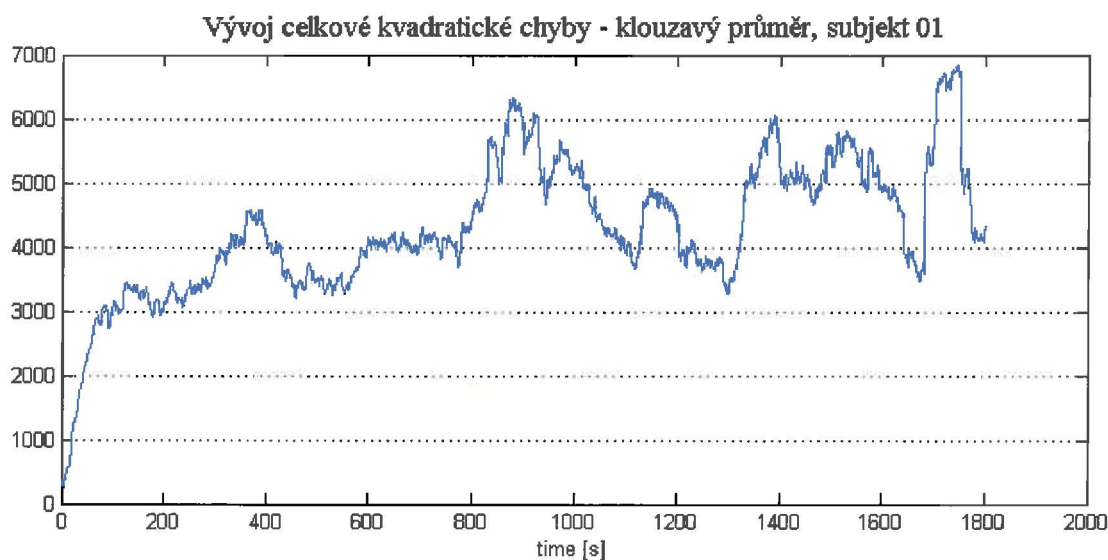
### Omezení

Omezené možnosti experimentu /dobrovolnost, časové limity,.. / neumožnily provést randomizaci výběru testovaných osob, využít většího počtu jedinců, zhodnotit více individuálních parametrů a tím ještě zvýšit platnost dosažených výsledků. V laboratorních podmínkách by také bylo možné ještě užší vymezení zevních podmínek. Dobrovolnost testovaných jedinců také vyžadovala rozšířit interval, kdy měření probíhala, na poměrně širokou denní dobu 15-20 hod. Překážkou také nebyla minimální zkušenost s prací s joystickem, což vzhledem k poměrně neobvyklému charakteru tohoto ovladače, může ovlivnit dosažené výsledky. Nebyl také brán ohled na běžný denní, respektive pracovní, rytmus testovaného probanda a souvislost času provedeného testování s ním.

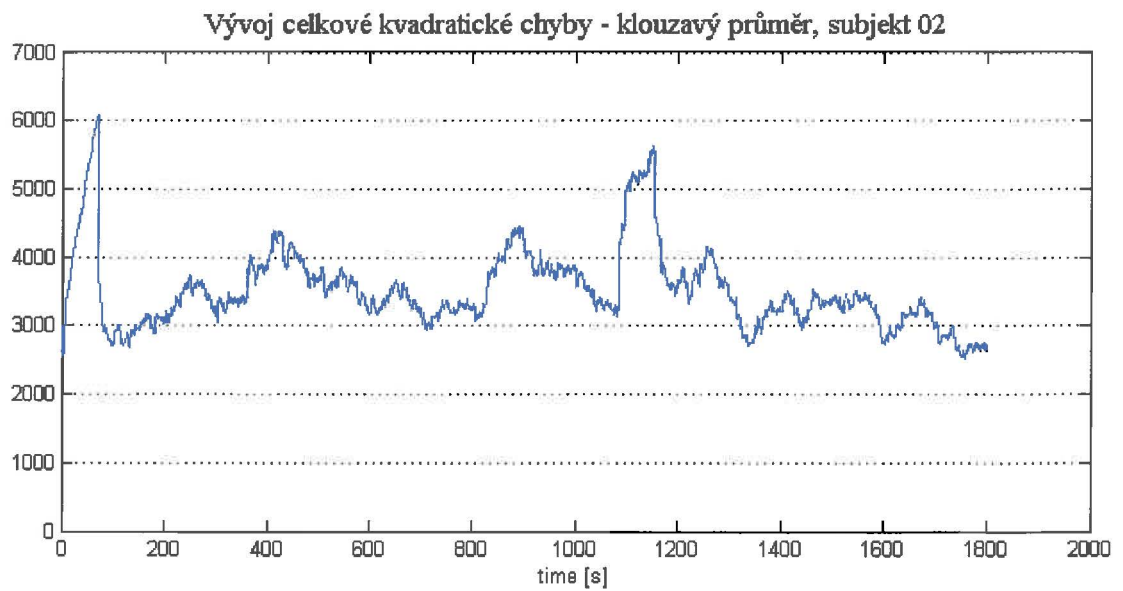
## 6 Výsledky

Zhodnocení výstupních dat experimentu bylo provedeno statistickou analýzou a prostřednictvím vizuálního hodnocení Fourierovy transformace.

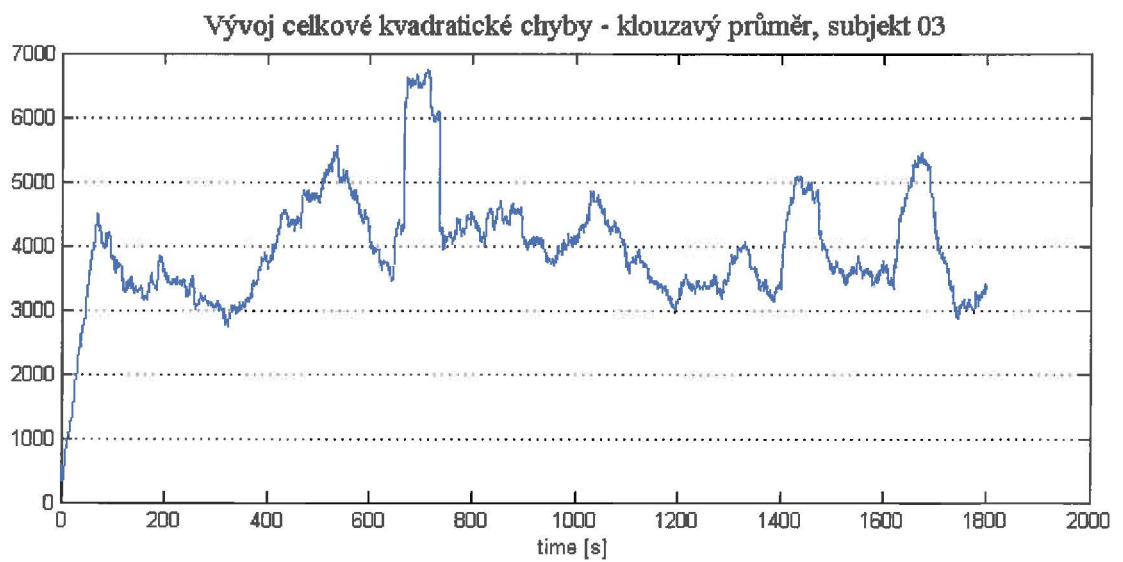
Statistická analýza hodnocená jednotlivě pro každého testovaného jedince obsahuje klouzavý průměr kvadratické chyby /graf 1-14/ a kvadratickou chybu pro minutové intervaly /graf 22-35, Příloha/. Graf číslo 17 prezentuje střední hodnotu kvadratické chyby pro celý měřený interval u jednotlivých testovaných subjektů. Souhrnný graf celkové kvadratické chyby - intervalového průměru přináší graf č. 16. Graf č. 15 zobrazuje průměrnou intervalovou chybu pro všechny testované subjekty.



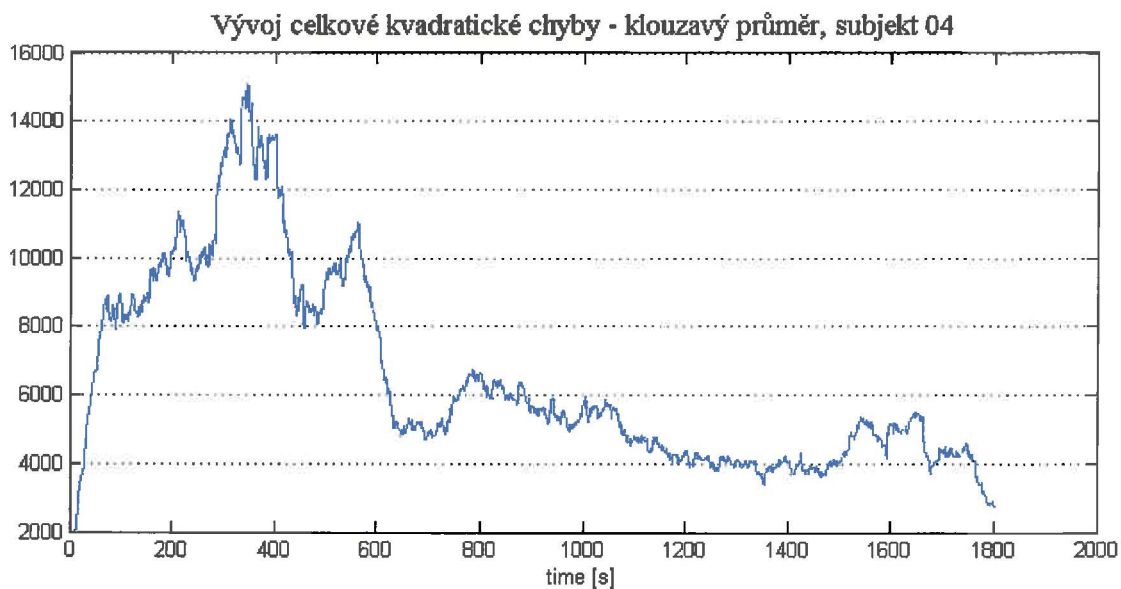
Graf č. 1 kvadratická chyba- klouzavý průměr, svislá osa- kvadratická chyba (px<sup>2</sup>), vodorovná osa- čas(s)



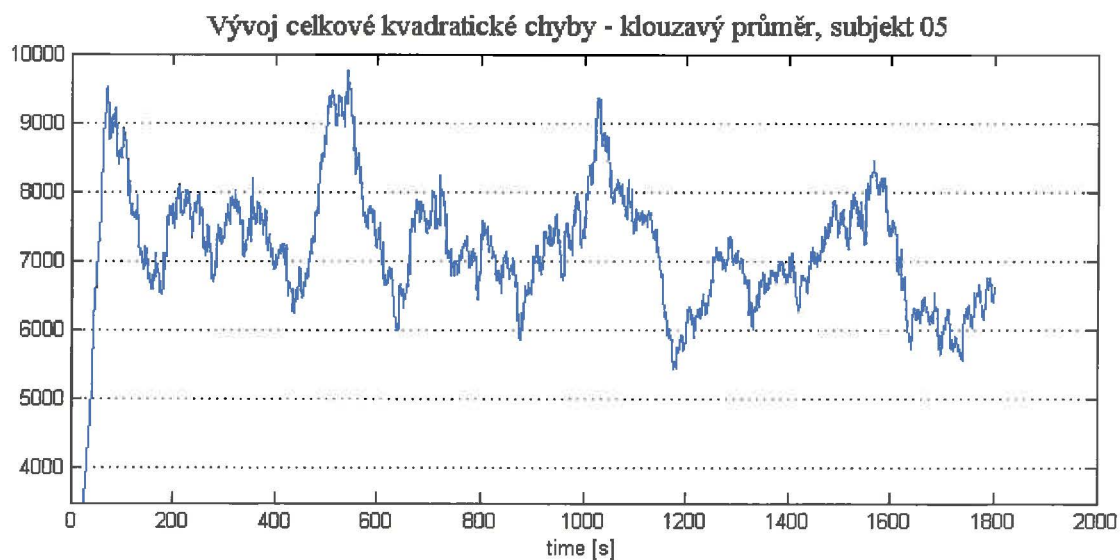
Graf č. 2 kvadratická chyba- klouzavý průměr, svislá osa- kvadratická chyba (px<sup>2</sup>), vodorovná osa- čas(s)



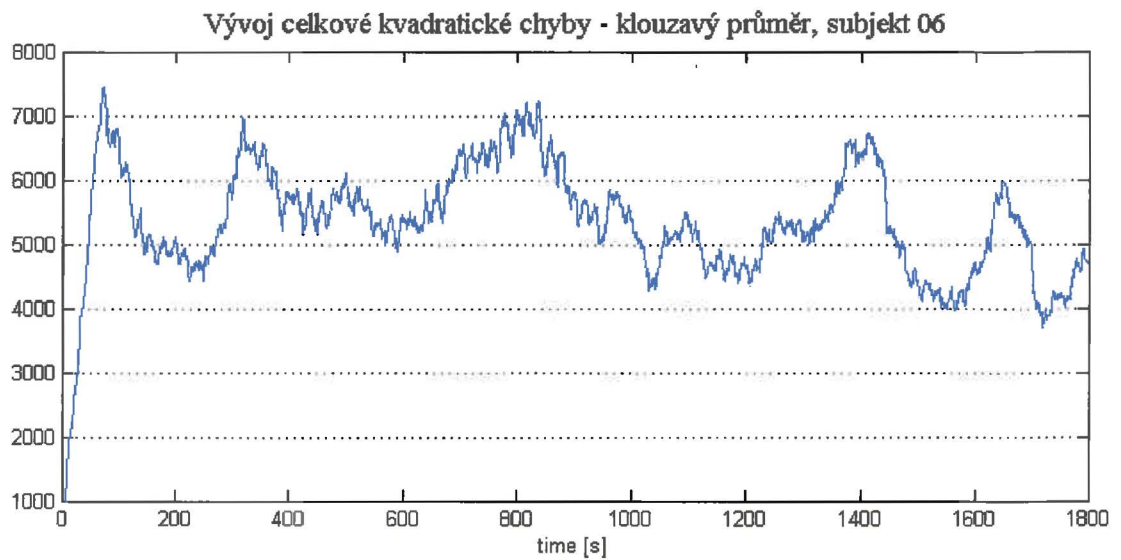
Graf č. 3 kvadratická chyba- klouzavý průměr, svislá osa- kvadratická chyba (px<sup>2</sup>), vodorovná osa- čas(s)



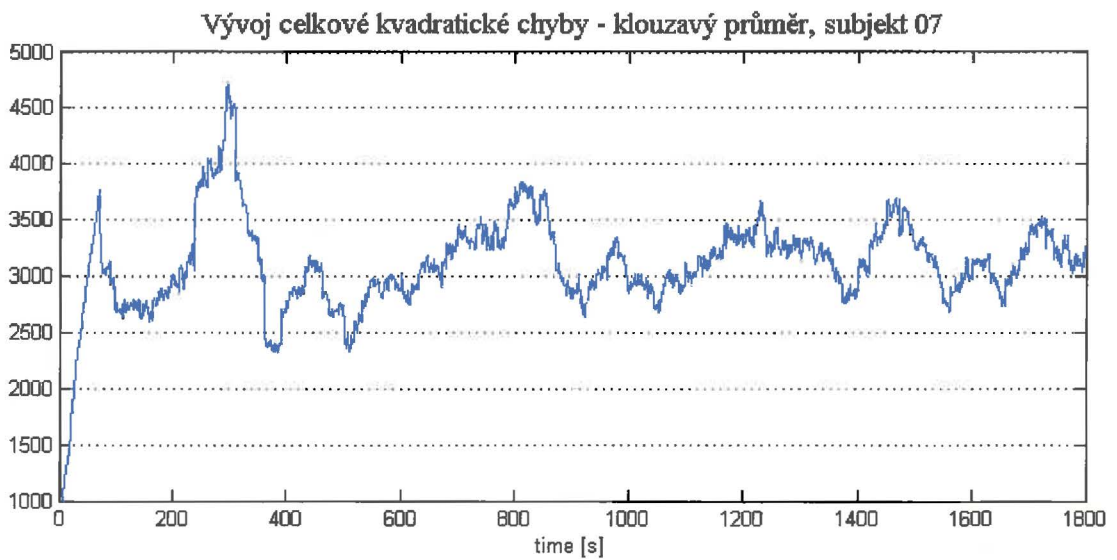
Graf č. 4 kvadratická chyba- klouzavý průměr, svislá osa- kvadratická chyba (px<sup>2</sup>), vodorovná osa- čas(s)



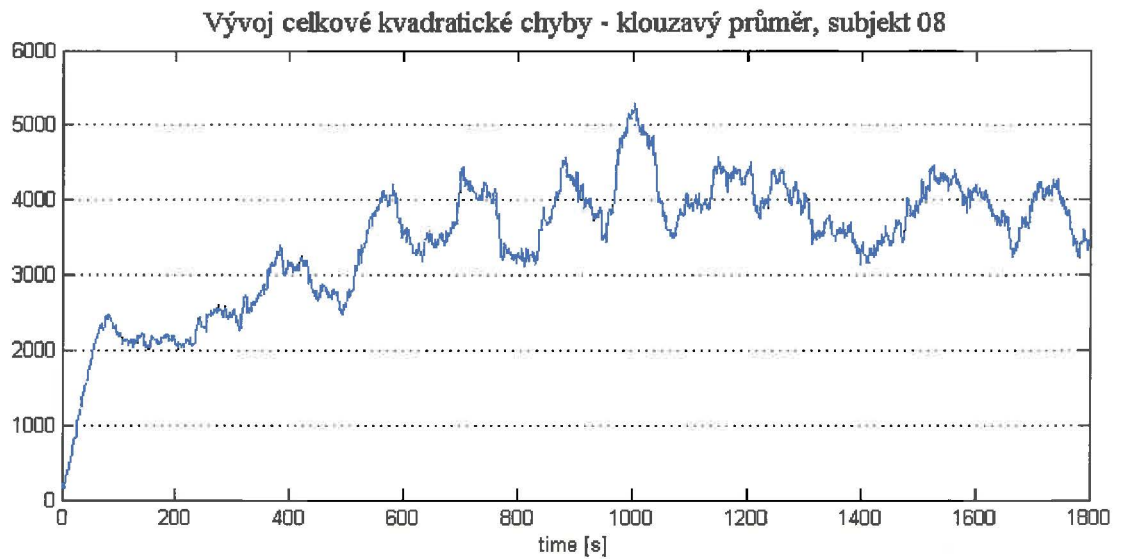
Graf č. 5 kvadratická chyba- klouzavý průměr, svislá osa- kvadratická chyba (px<sup>2</sup>), vodorovná osa- čas(s)



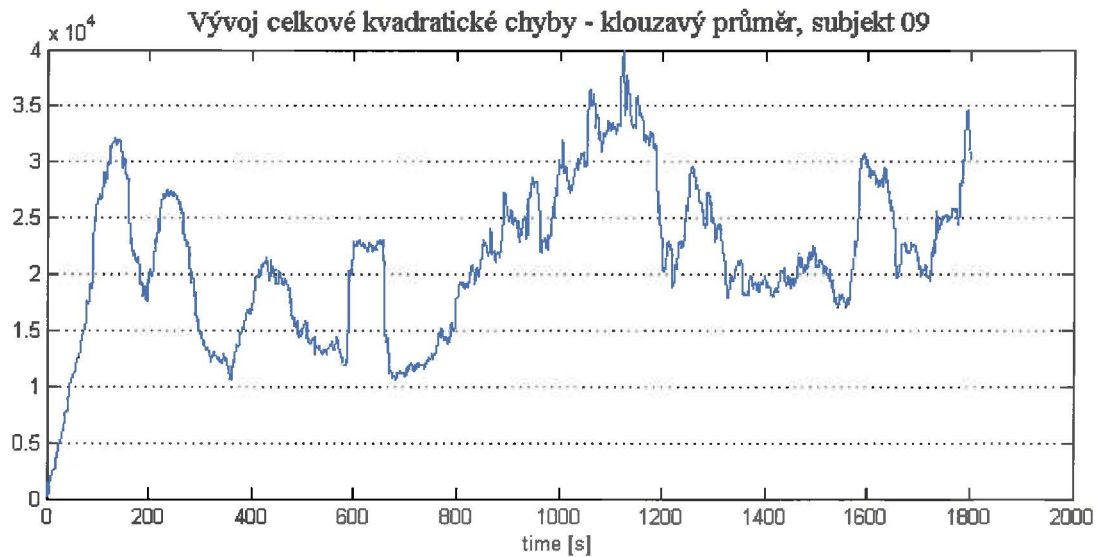
Graf č. 6 kvadratická chyba- klouzavý průměr, svislá osa- kvadratická chyba ( $px^2$ ), vodorovná osa- čas(s)



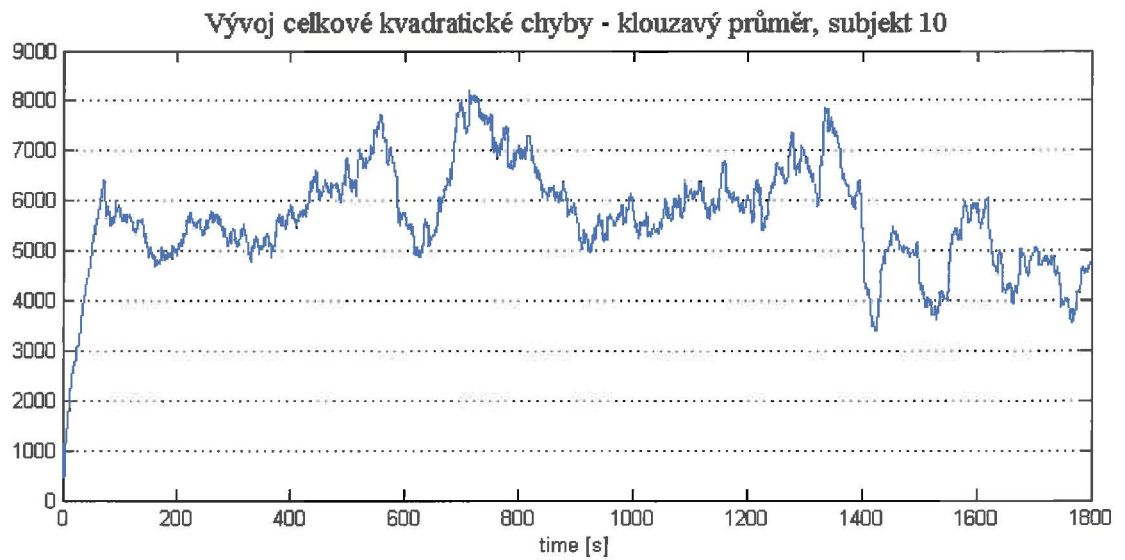
Graf č. 7 kvadratická chyba- klouzavý průměr, svislá osa- kvadratická chyba ( $px^2$ ), vodorovná osa- čas(s)



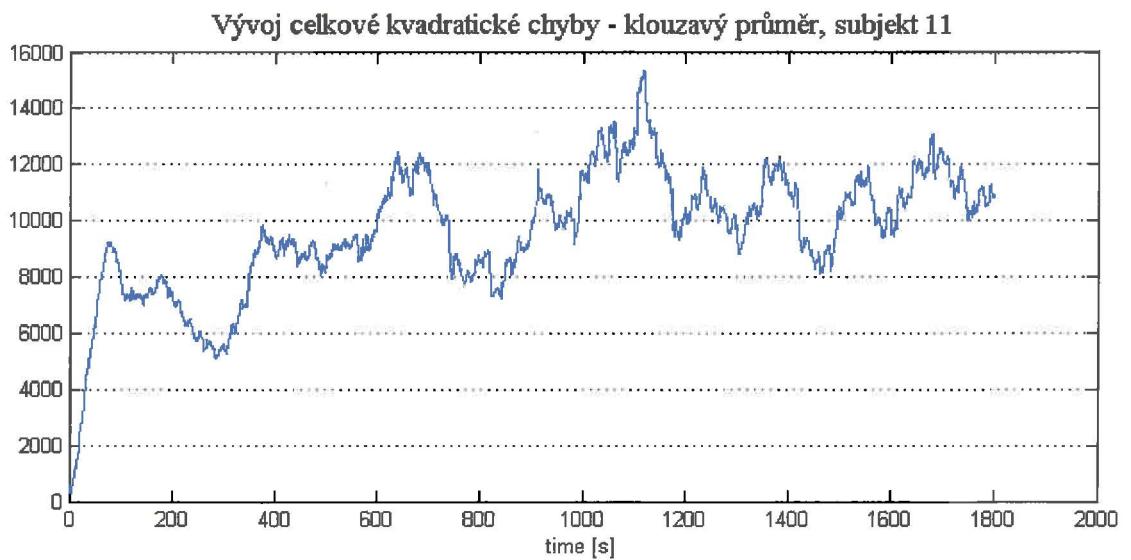
Graf č. 8 kvadratická chyba- klouzavý průměr, svislá osa- kvadratická chyba ( $px^2$ ), vodorovná osa- čas(s)



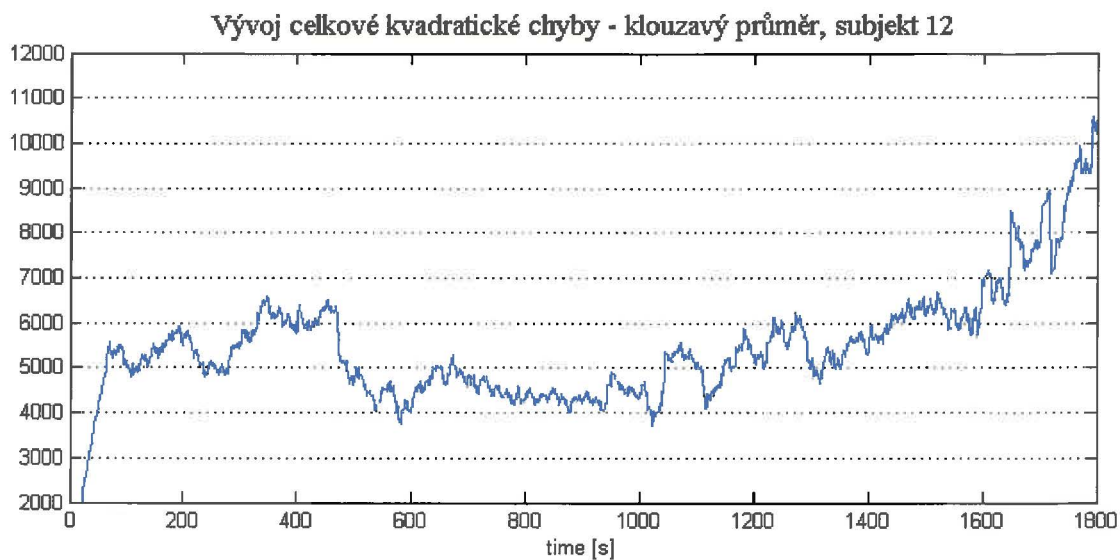
Graf č. 9 kvadratická chyba- klouzavý průměr, svislá osa- kvadratická chyba ( $px^2$ ), vodorovná osa- čas(s)



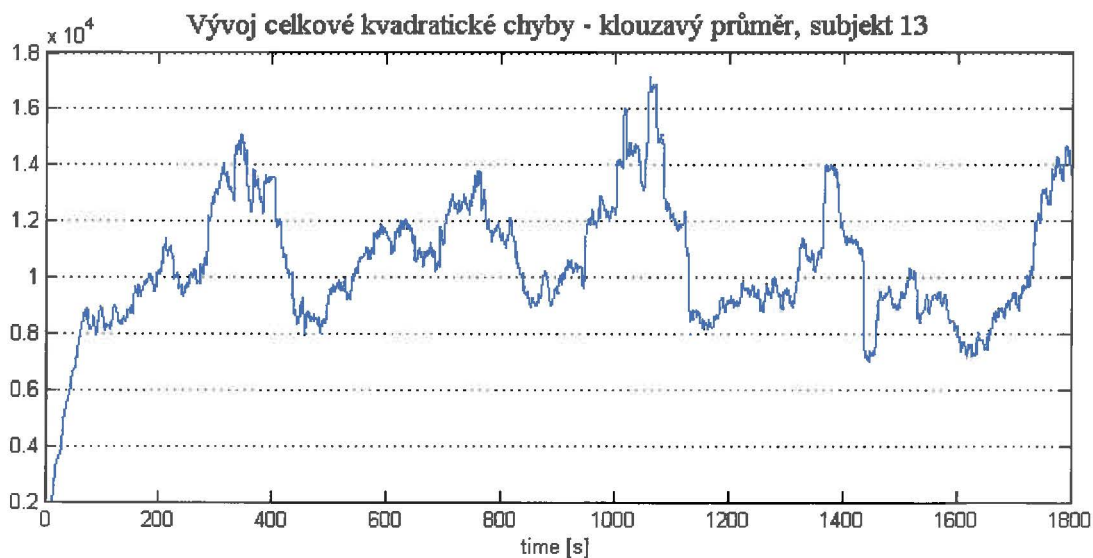
Graf č. 10 kvadratická chyba- klouzavý průměr, svislá osa- kvadratická chyba (px<sup>2</sup>), vodorovná osa- čas(s)



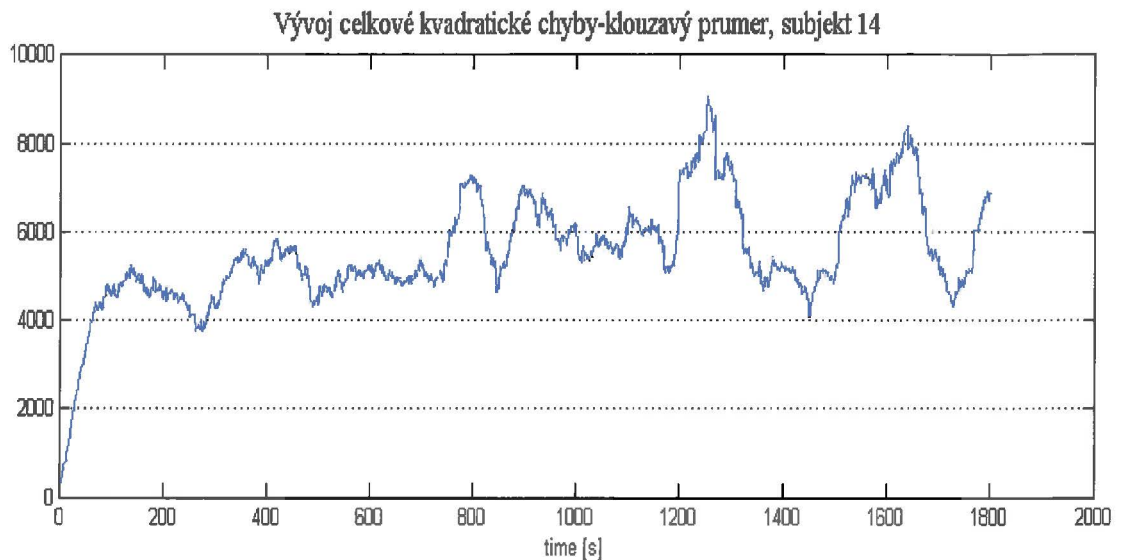
Graf č. 11 kvadratická chyba- klouzavý průměr, svislá osa- kvadratická chyba (px<sup>2</sup>), vodorovná osa- čas(s)



Graf č. 12 kvadratická chyba- klouzavý průměr, svislá osa- kvadratická chyba ( $px^2$ ), vodorovná osa- čas(s)



Graf č. 13 kvadratická chyba- klouzavý průměr, svislá osa- kvadratická chyba ( $px^2$ ), vodorovná osa- čas(s)

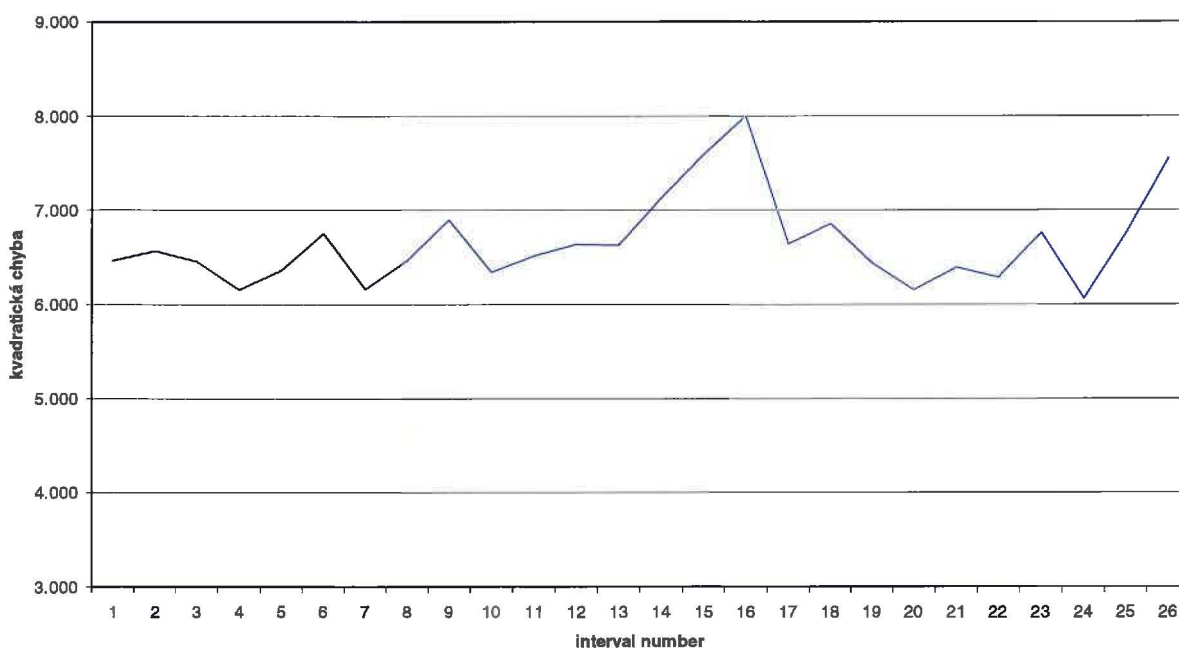


**Graf č. 14 kvadratická chyba- klouzavý průměr, svislá osa - kvadratická chyba ( $px^2$ ), vodorovná osa- čas(s)**

Grafické znázornění klouzavého průměru kvadratické chyby v průběhu tracking task výrazně odráží individuální psychomotorické charakteristiky testovaných jedinců, jejich schopnost adaptace na signál pohybu cílového kurzoru, vývoj jejich pozornosti v postupujícím časovém intervalu i schopnost dlouhodobé koncentrace na řešení úlohy. V první části úlohy /cca 0-600sec/ jsou tak při souhrnném hodnocení výsledky všech testovaných subjektů nejvíce variabilní a výrazně kolísavé - individuální adaptace na pohyb cíle je i přes snahu o homogenitu testovacího souboru dominantním určujícím faktorem. V dalším intervalu 600-1200 sec lze u většiny měřených subjektů popsat vzestupnou tendenci kvadratické chyby, tedy zhoršení PM výkonu odpovídající pravděpodobně ovlivnění únavou probandů. Vyjímkou jsou subjekty 04 a 12. Subjekt 04 má ve druhém a třetím intervalu křivku chyby velmi vyrovnanou, ale v první části úlohy je jeho výkon velice nevyrovnaný s výrazně vyšší kvadratickou chybou než v dalších částech. V subjektivním dotazníku nepopisuje žádné abnormality, pravděpodobně se tak jednalo o počáteční nesoustředěnost na úlohu. Zajímavým faktem by se podobný nálezný mohl stát, pokud by byl prokázán i při opakovaném měření, kdy by mohl naznačovat osobní poruchu soustředění. Subjekt 12 má naopak neobvykle vyrovnanou křivku v prvních dvou částech, ale vykazuje markantní zhoršování v poslední fázi, což může být projevem omezené schopnosti dlouhodobé koncentrace. V třetím intervalu /1200-1800sec/ jsou souhrnné výsledky opět

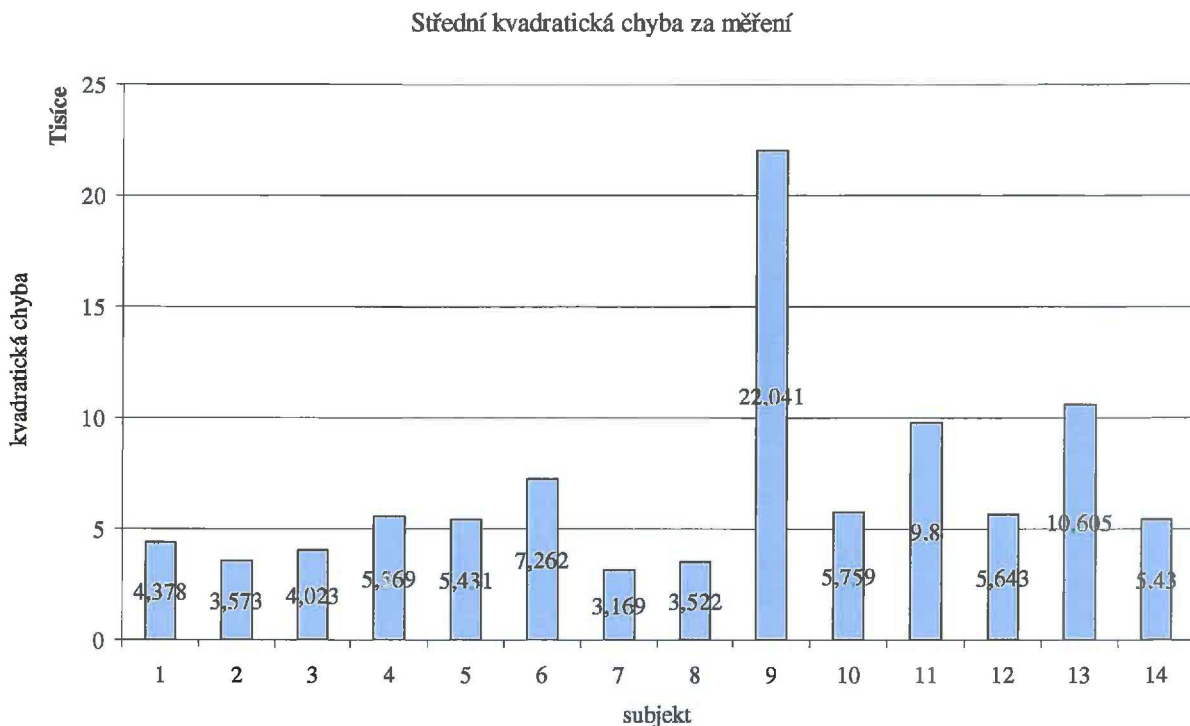
velice variabilní s výraznějšími výkyvy, bez jednoznačné vzestupné či sestupné tendence. To lze vysvětlit kvalitní adaptací na zčásti predikovatelný pohyb kurzoru, především na jeho pomalejší složku, jak naznačila Fourierova analýza. Tato adaptace, do určité míry automatizace pohybu, tak u většiny testovaného, mohla zastavit předcházející nárůst kvadratické chyby. Dalším jevem společným téměř pro všechny probandy je určité periodické kolísání chyby, potažmo výkonu, po celou dobu testu. Délka intervalu mezi jednotlivými výkyvy je značně individuální, což vylučuje možnost přímého vztahu k aktuálnímu pohybu cíle. Nejspíše se tak jedná o přirozený projev kolísání psychického výkonu a koncentrace.

**Kvadratická chyba- intervalový průměr- všechny subjekty-průměr**

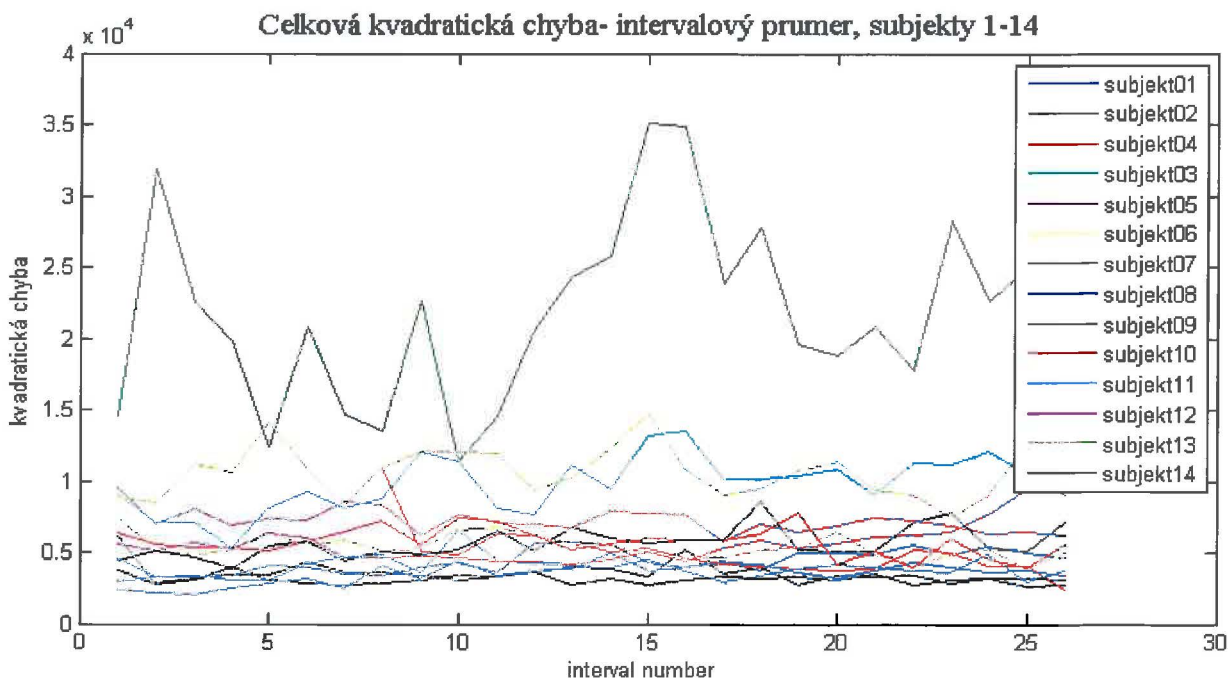


**graf č. 15 kvadratická chyba-intervalový průměr- všechny subjekty- průměr pro interval**

Souhrnný graf kvadratické chyby všech subjektů pro jednotlivé intervaly (individuální grafy intervalových průměrů jsou z prostorových důvodů v Příloze) potvrzuje popisovanou vzestupnou tendenci kvadratické chyby ve střední části testu a její poměrně vyrovnaný průběh v částech ostatních.



Graf č. 16 Střední kvadratická chyba pro celé měření, na vodorovné ose jednotlivé testované subjekty 1-14



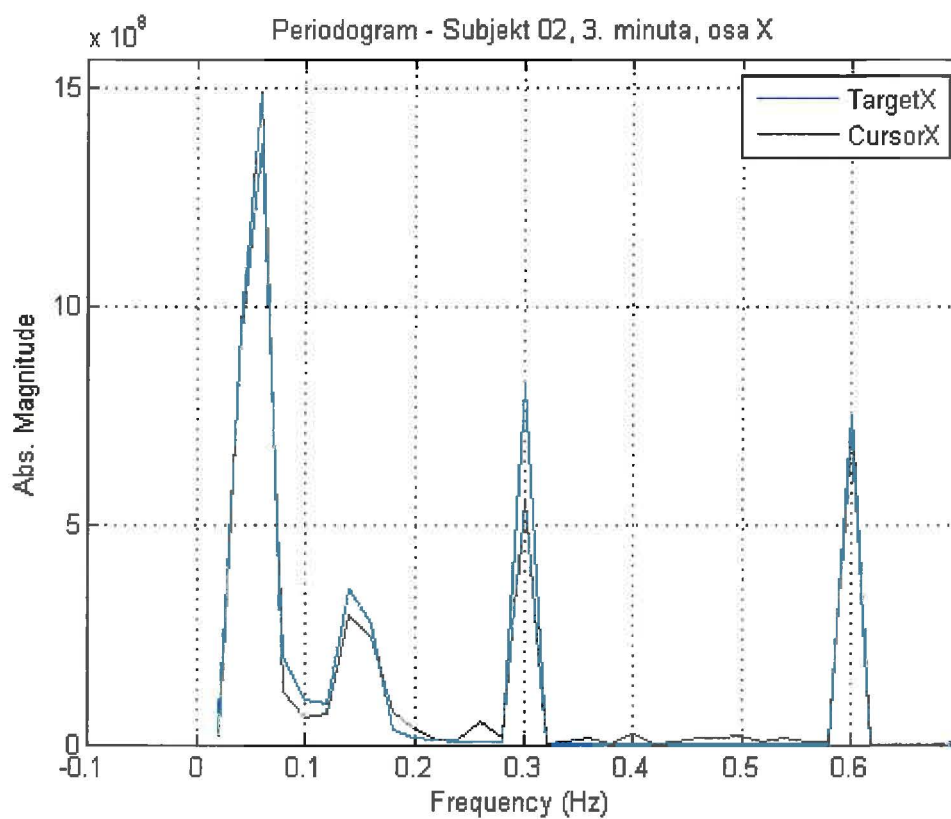
Graf č. 17 Celková kvadratická chyba- intervalový průměr- souhrnný graf všech testovaných subjektů, na vodorovné ose intervalový průběh 30 minutového měření

Graf č. 18 (střední kvadratická chyba pro celý měřený interval) a graf č. 19 (celková kvadratická chyba - intervalový průměr - souhrnný graf všech testovaných subjektů) přináší nejvyšší výstup z celého měření. Sloupcový graf č. 16 názorně popisuje poměrně široký rozptyl hodnot střední kvadratické chyby jednotlivých subjektů /3169-22041/. Zajímavější však je pohled na tyto hodnoty s přihlédnutím k výsledkům subjektivních dotazníků. Subjekt 09 (RMS error 22041) jako jediný z testované skupiny odpověděl kladně na otázku, zda byl vystaven neobvyklému psychickému stresu, a také popisoval střední spánkovou deprivaci. Spolu se subjekty 11 a 13 popsal úlohu jako hodně až extrémně obtížnou a po jejím provedení výraznou únavu. Subjekty 11 i 13 (RMS error 9800 resp. 10605) shodně vykazaly v dotazníku dlouhodobější spánkovou deprivaci. Ostatní testovaní v těchto i ostatních otázkách odpovídali negativně. Pokud by se testovaný soubor dodatečně vymežil vzhledem ke zmíněným faktorům, zbylí testovaní jedinci by při hodnocení střední chyby poskytli velmi vyrovnaný vzorek. Tento fakt vyplývá i ze souhrnného grafu č. 17, na kterém právě křivky subjektů čísla 09, 11 a 13 zásadně vybočují. Pokud by tedy cílem dalšího využití úlohy mělo být zobecnění charakteristik úlohy pro určitý populační vzorek, bylo by nutné jej vymežit ještě více. Souvislost se spánkovou deprivací či únavou není na základě tří odlišných vzorků statisticky průkazná, nicméně je velmi pravděpodobná. Pro praktické využití této úlohy však lze spíše doporučit individuální hodnocení získaných dat, vzhledem k tomu, že takto úzké vymezení testovacího vzorku by již bylo velmi problematické.

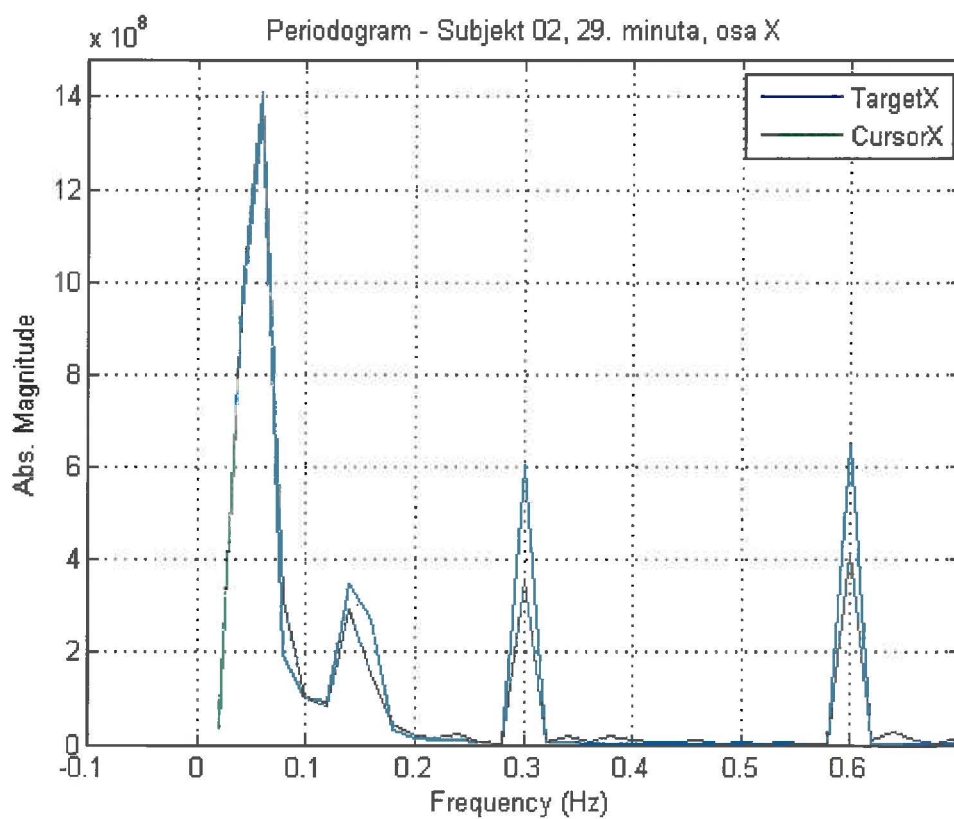
Poslední použitou metodou analýzy byla Fourierova transformace a její vizuální hodnocení. Výsledkem Fourierovy transformace byl periodogram, vyjadřující frekvenční charakteristiky pohybu cíle a kurzoru na ose x, respektive ose y. Pro každou testovanou osobu byla tedy sestavena charakteristika pro každou osu zvlášť, ve třetí a 29. minutě měření, celkem 56 grafů /Příloha, Graf č. 36 - 91/. Na periodogramu pro osu x tak můžeme popsat jasně dominující čtyři frekvence pohybu cílového kurzoru o různé amplitudě /znázorněny modrou barvou - Target X/. Dominantní frekvence odpovídají zadaným parametrům pro pohyb cíle pro osu X: 0.05, 0.15, 0.3 a 0.6 Hz. Zeleně znázorněna je pak charakteristika pohybu stíhacího kurzoru - Cursor X. Podobně jsou na periodogramu pro osu y nejvíce zastoupeny frekvence pohybu cílového kurzoru /Target Y/ 0.001, 0.15, 0.25 a 0.6 Hz tak, jak byly definovány.

Předpoklad, že charakteristiky pohybů jednotlivých kurzorů na počátku a na konci měření se budou více lišit a tato změna bude podobného typu u většího množství testovaných jedinců, se nepotvrdil. Tento fakt nicméně odpovídá výsledkům provedené statistické analýzy, která neprokázala odlišnou chybovost na počátku a na konci měření. Provedené frekvenční charakteristiky se u všech jedinců v průběhu měření mění, ale způsob jejich změny má minimální společné znaky. Na základě tohoto se dá uvažovat, že při tomto typu úlohy je strategie adaptace na pohyb cílového kurzoru individuální. Přibližně polovině subjektů je společné zhoršení v nejvyšší použité frekvenci 0.6 Hz a to na obou osách, ale náleží to natolik markantní, že by umožňoval zobecnění. Na frekvenci 0.6 Hz také můžeme pozorovat podobný nepoměr frekvenčního zastoupení, kdy kurzor většinou dosahuje při stejné frekvenci výrazně nižší amplitudy. U frekvencí nižších jsou rozdíly amplitud nekonstatní. Zčásti se tedy naplňuje předpoklad, že složka pohybu s nejvyšší frekvencí bude nejobtížněji sledovatelná. Výrazně odlišný je periodogram subjektu č. 09 /RMS error 22 042/, který pokaždé zaznamenává zásadní rozdíly nejen ve smyslu amplitudy, ale také zastoupení frekvencí pohybů, které cíl vůbec nevykonával. Také jen minimálním způsobem kopíruje pohyby cíle ve nejvyšších frekvencích 0.6 Hz. Subjekty 09, 11 a 13, všechny zmíněny výše v souvislosti se střední kvadratickou chybou a výsledky dotazníku, vždy vykazují pohyb o frekvenci, která není zastoupena u pohybu cíle - nejčastěji v oblasti 0.3 Hz. Společné jim také je výrazné snížení amplitudy ve frekvenci 0.6 Hz. Zobecnění těchto ani dalších nálezů není z provedené Fourierovy analýzy možné.

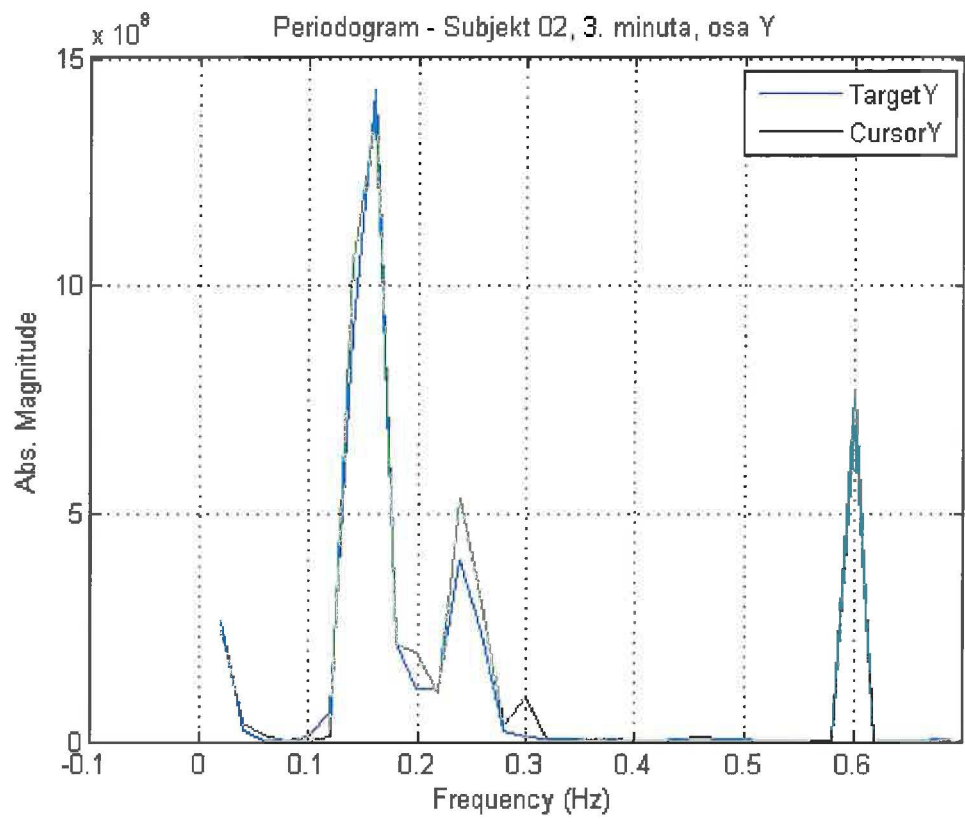
Z hlediska budoucího využití úlohy je třeba zmínit i individuální připomínky testovaných subjektů k použité úloze. Cílový kurzor bílé barvy s černým šrafováním u téměř všech testovaných vyvolával nepříjemné vizuální pocity. Použitý joystick SAITEK ST 290USB je poměrně robustní a vyžaduje ovládání prakticky celou paží, což je vzhledem k potřebě využití jemných motorických schopností nevhodné, a dá se předpokládat, že tento způsob ovládání ještě více zvýrazní individuální rozdíly ve smyslu motorické dovednosti subjektu.



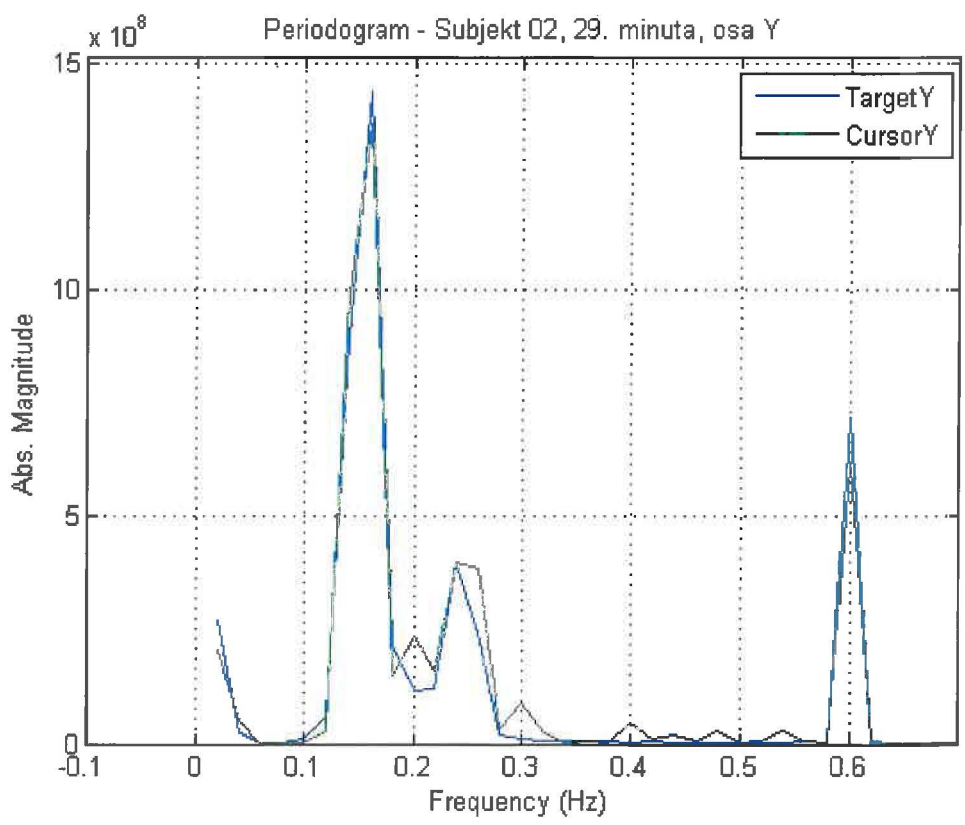
graf č. 20 frekvenční analýza pohybu cílového a stíhacího kurzoru



Graf č. 21 frekvenční analýza pohybu cílového a stíhacího kurzoru



Graf č. 22 frekvenční analýza pohybu cílového a stíhacího kurzoru



graf č. 23 frekvenční analýza pohybu cílového a stíhacího kurzoru

## 7 Diskuse

Cílem této experimentální práce bylo zadání a zhodnocení konkrétní tracking task úlohy pomocí statistické analýzy. Zkoumán byl především výkon, respektive chybovost testovaných jedinců v závislosti na čase, rozdíl mezi probandy v průběhu celého měření, individuální ovlivnění a možnosti statistického zhodnocení. Tomu byly uzpůsobeny i poměrně obecné hypotézy.

První z těchto hypotéz byla úvaha, že klouzavý průměr kvadratické chyby, respektive její hodnoty pro časový interval budou vykazovat změnu v závislosti na čase. Po vypracování obou zmíněných statistik, jsem pro širší zhodnocení vývoje kvadratické chyby v čase, zvolil právě klouzavý průměr, který zvolený časový interval 30 minut popisoval podrobněji. Klouzavý průměr kvadratické chyby nevykázal jednoznačný vývoj v závislosti na čase obecně platný pro všechny subjekty. Chyba v první části úlohy /cca 0-600sec/ je nejvíce variabilní a výrazně kolísavá – pravděpodobný projev individuální adaptace na pohyb cíle, v dalším intervalu /600-1200 sec/ je u většiny měřených subjektů markantní zhoršení PM výkonu odpovídající ovlivnění únavou probandů. V posledním intervalu jsou souhrnné výsledky opět velice variabilní s výraznějšími výkyvy - pravděpodobný vliv rozličné adaptace na zčásti predikovatelný pohyb kurzoru, především na jeho pomalejší složku. Relativně vyrovnaný výkon v první a třetí části úlohy a obecnou vzestupnou tendenci ve středním intervalu potvrzuje i další graf intervalového průměru kvadratické chyby pro všechny soubory. Dalším jevem společným téměř pro všechny probandy je značné periodické kolísání chyby po celou dobu testu. Délka intervalu mezi jednotlivými výkyvy je individuální, což vylučuje možnost, že by se jednalo o přímý vztah k aktuálnímu pohybu cíle. Nejspíše se tak jedná přirozený projev kolísání psychického výkonu a koncentrace.

Další předpoklad se týkal 30 minutové délky úlohy. Ačkoliv v úloze nebyl prokázán jednoznačný společný vývoj výkonu v průběhu měření, zdá se být třicetiminutová délka z praktických ohledů optimální. Testovaný soubor hodnotil v subjektivním dotazníku úlohu a její únavnost jako středně až extrémně náročnou. Pokud by tedy tento test byl použit při sledování vlivu zevních či vnitřních podmínek a jejich individuální srovnávání, mohl by být použit stejný či kratší měřený interval. Pro hodnocení parametrů souvisejících s rozvojem únavy popřípadě dyskomfortu se zdá být vhodnější použití úlohy s méně předvidatelným charakterem pohybu cíle či spojení tohoto testu do určité formy „dual task“ úlohy. Další

možností by využití výrazně obtížnějšího zadání a podrobení testovaného souboru dlouhodobému tréninkovému procesu. Vzhledem k tomu, že v literatuře jsou popisovány extrémně dlouhé intervaly stabilizace výkonu v jednoduchém TT testu, nelze toto v daných podmínkách doporučit. Otázkou je také motivace testovaných jedinců, obzvláště dobrovolných, pokud by měli provádět tuto velmi monotónní úlohu po ještě delší dobu či opakovaně.

Základní otázkou bylo, zda výkon ve stíhací úloze bude pro daný úzký populační vzorek a při dodržení stálých zevních podmínek podobný u všech subjektů. Vzhledem k tomu, že ve statistické analýze nebyl prokázán jednoznačný vývoj v závislosti na čase, odpověď na tuto otázku poskytlo hodnocení střední kvadratické chyby pro jedince. Střední kvadratická chyba testovaných jedinců variovala v poměrně širokém intervalu 3169-22041. Výrazně odlišné však byly pouze hodnoty tří jedinců, kteří ale v pomocném dotazníku popsali předcházející spánkovou deprivaci a výraznou subjektivní únavu. Při dodatečném vymezení vzorku tak úloha nejen vykazuje výraznou shodu ve střední kvadratické chybě jednotlivců, ale také naznačuje výraznou citlivost ve vztahu k možné spánkové deprivaci a únavě.

Dále byly vyhodnoceny frekvenční charakteristiky pohybů cílového a stíhacího kurzoru pomocí Fourierovy analýzy. Předpoklad, že na počátku a na konci měření se budou odlišovat a tato změna bude podobného typu u většího množství testovaných jedinců se nepotvrdil. Tento fakt nicméně odpovídá výsledkům provedené statistické analýzy, která neprokázala odlišnou chybovost na počátku a na konci měření. Provedené frekvenční charakteristiky se u všech jedinců v průběhu měření mění ale způsob jejich změny má minimální společné znaky.

Obecná hypotéza, že získaná data a vytvořená úloha budou využitelné pro širší hodnocení psychomotorického výkonu a jeho souvislosti s dalšími parametry je orientovaná k možnému budoucímu využití tohoto testu a tudíž zůstává otevřená.

Po zkušenostech s úlohou se jeví jako nutné pro případné další použití úlohy změnit grafickou podobu cílového kurzoru. Použit byl bílý kruh o průměru 1cm s černým šrafováním, i v souladu s literaturou by bylo vhodnější zvolit bod jedné, nektrastní barvy (např. zelené) o stejném průměru. Dále by bylo vhodné zvážit, v případě, že nebude cílem testovat individuální motorické dovednosti testovaných jedinců, použití jemnějšího vstupního zařízení s vyšší citlivostí a ovládaním pouze v akrální oblasti (např. páčkový joystick). Použitý joystick byl svým ovládaním pro všechny testované subjekty velmi neobvyklý a

vyžadoval po nich jemné motorické chování, které však paradoxně bylo prováděno téměř celou paží. Předpokládám, že tento způsob ovládání zvýrazní právě motorický talent testovaného jedince či případně extrémně zvýhodní jedince s přecházející zkušeností s tímto typem zařízení. Jemné motorické ovládání vycházející z akrální oblasti (myš, touchpad, páčkový joystick) je z neurofyziologického hlediska vhodnější a navíc je dnes téměř každému vlastní.

## 8 Závěr

Hodnocení psychomotorického výkonu formou jednoduchého stíhacího testu je v současné době často využíváno. Především pak v kombinaci s dalšími kognitivními a psychomotorickými testy formou duálních či tzv. multitask úloh. Hlavní oblastí využití je hodnocení individuálních vlastností jedince či naopak různé možnosti ovlivnění dosahovaných výsledků v testu.

Mnou provedené experimentální měření slouží především k posouzení možného dalšího využití konkrétního vytvořeného stíhacího tracking task. Také měl být popsán výkon v tomto testu v závislosti na čase v delším časovém intervalu 30 minut. Základní hypotéza týkající se homogenity testovaného populačního vzorku a s ním souvisejícími podobnými výsledky se zčásti potvrdila. Bylo však nutné do hodnocení zahrnout i výsledky pomocného subjektivního dotazníku. Výkon ve sledované úloze navíc naznačil výraznou citlivost vůči subjektivně pociťované únavě testovaného jedince. Prakticky prováděná měření dále přinesla řadu poznatků pro další možné využití testu. Důležitá bude úprava některých technických aspektů, stejně jako zvážení budoucí použité obtížnosti testu. Pro jednoduché zhodnocení výkonu v krátké stíhací úloze, se jako nejvýhodnější jeví, v souladu s literaturou, popis střední kvadratické chyby. Na počátku práce jsem citoval časté zmínky, že hodnocení výkonu formou psychomotorických testů postrádá praktickou standardizaci. To je však, kromě jiného, i obrazem složitého vytváření jakýchkoliv norem v této oblasti. Tento fakt potvrzují výsledky méj diplomové práce. I přes úzký výběr testovaných jedinců a dodržení stabilních podmínek byly výsledky v testu poměrně individuální.

Vytvořená úloha tracking task nicméně prošla širším statistickým hodnocením a i na jeho základě je připravena k dalšímu využití. Nabízí se široká škála zevních i individuálních faktorů k posouzení jejich vlivu na lidský operátorský výkon.

## 9 Použité zkratky:

ANOVA - analysis of variance, analýza rozptylu

BAC - Blood Alcohol Content, hladina krevního alkoholu

CRT - cathod ray tube, katodová obrazovka

HR - heart rate

MET- metabolic equivalent, metabolický ekvivalent

SBF – skin blood flow, prokrvení kůže

PC - personal computer, osobní počítač

PM – psychomotorický

PR - pulse rate, puls

RMS error - Root Mean Square error, střední kvadratická chyba

SPEM - smooth pursuit tracking task

TT - Tracking Task

1D - jednodimenzní

2D -dvoudimenzní

## 10 Seznam literatury:

- [1] AGARD J. D. Human Performance Assessment Methods. Advisory Group for Aerospace Research and Development, 1989
- [2] BESHIR MOHAMED YOUSSEF; AHMED SALEM EL-SABAGH ; Mohamed Aly El-Nawawi Time on task effect on tracking performance under heat stress *Ergonomics*, Volume 24, Issue 2 February 1981 , pages 95 – 102
- [3] BOHDANECKÝ Z, INDRA M, RADIL T. Tracking errors related to cardiac cycle: a new approach *Int J Psychophysiol.* 1987 Oct;5(3):161-6
- [4] BOHDANECKÝ Z, INDRA M, RADIL T. Changing difficulty level in a one-dimensional tracking task and corresponding heart rate changes. *Acta Neurobiol Exp (Wars)*. 1995;55(1):49-55
- [5] BOHDANECKÝ Z, INDRA M, RADIL T. Cardiac frequency, phase and errors in one-dimensional sensorimotor tracking *Acta Neurobiol Exp (Wars)*. 1991; 51(12):51-5
- [6] CRAIK K.J.W: Theory of the human operator in control systems *British Journal of Psychology* , 1948 , vol. 38
- [7] DAANEN, HA., VAN DE VLIERT, E., HUANG, X. Driving performance in cold, warm, and thermoneutral environments. *Applied Ergonomics*, 2003, vol. 34(6), s. 597-602
- [8] DALRYMPLE-ALFORD JC, KERR PA, JONES RD. The effects of alcohol on driving-related sensorimotor performance across four times of day. *J Stud Alcohol.* 2003 Jan;64(1):93-7
- [9] DAMOS DL, BITTNER AC, KENNEDY RS, HARBESON MM, KRAUSE MK. Performance evaluation tests for environmental research (PETER): critical tracking test. *Percept Mot Skills* 58:567-573, 1984
- [10] ENGEL KEVIN C., JOHN H. ANDERSON, AND JOHN F. SOECHTING Similarity in the Response of Smooth Pursuit and Manual Tracking to a Change in the Direction of Target Motion *The Journal of Neurophysiology Vol. 84 No. 3* September 2000, pp. 1149-1156
- [11] FREEMAN FREDERICK G. , PETER J. MIKULKA, LAWRENCE J. PRINZEL AND MARK W. SCERBO Evaluation of an adaptive automation system using

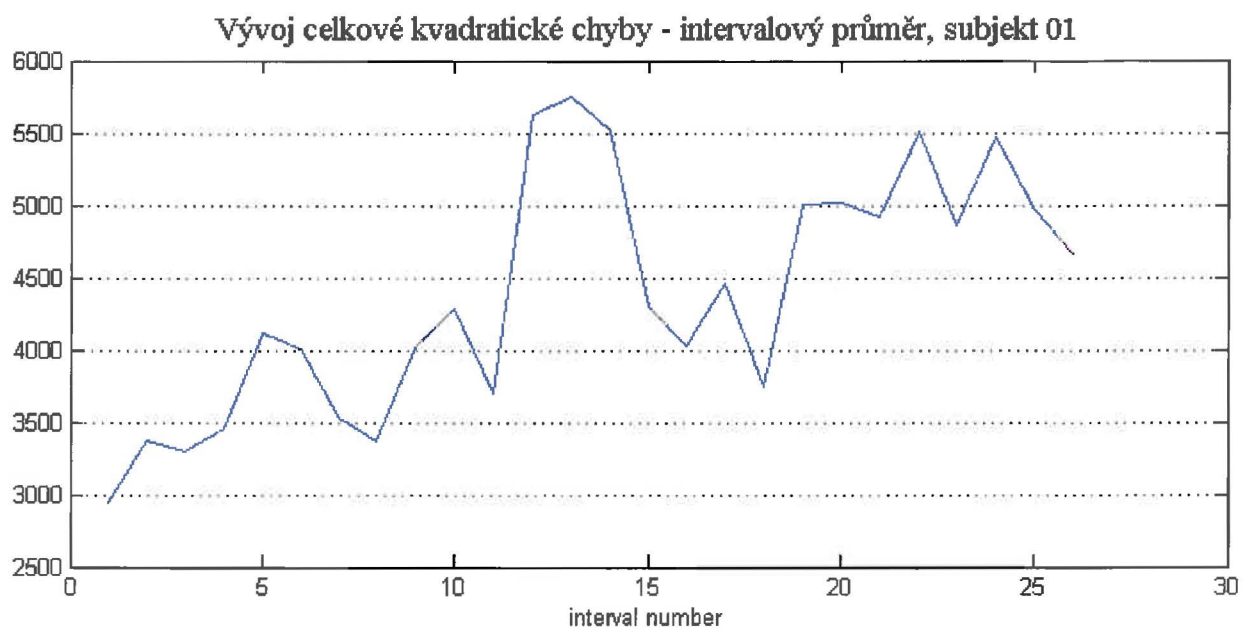
- three EEG indices with a visual tracking task *Biological Psychology* Volume 50, Issue 1 May 1999, Pages 61-76
- [12] FUMOTO N. Overlearning of a pursuit tracking task and change in pulse rate and finger skin blood flow *Shinrigaku Kenkyu*. 1979 Apr;50(1):41-4
- [13] GHOUASIM AND NEILSON PETER D. Evidence for internal representation of a static nonlinearity in a visual tracking task *Human Movement Science* Volume 21, Issues 5-6, December 2002, Pages 847-879
- [14] GRANT SA, MURDOCH J, MILLAR K, KENNY GN Blood propofol concentration and psychomotor effects on driving skills. *Br J Anaesth*. 2000 Sep;85(3):396-400
- [15] GRANT SA, MILLAR K, KENNY GN Blood alcohol concentration and psychomotor effects. *Br J Anaesth* 2001 Feb;86(2):302
- [16] GRILLINGEROVÁ VERONIKA Možnosti detekce dyskomfortu pomocí řešení úlohy typu tracking task, Praha , FTVS UK 2006, diplomová práce, 80 str
- [17] HINDMARCH, J. S. KERR AND N. SHERWOOD The effects of alcohol and other drugs on psychomotor performance a cognitive function, *Alcohol and Alcoholism*, Volume 26, Number 1 Pp. 71-79
- [18] JETTÉ M, KERR R, LEBLANC JL, LEWIS W. The effects of excess body fat on fine motor performance following physical exertion. *Aviat Space Environ Med*. 1988 Apr;59(4):340-4
- [19] JEX, J H. R. D. MCDONNELL, AND A. V. PHATAK A “critical tracking task for man-machine research related to the operator’s effective delay. part I. : theory and experiments with a first-order divergent controlled element, NASA CONTRACTOR REPORT, Nov. 1966, [http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19660030603\\_1966030603.pdf](http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19660030603_1966030603.pdf), Cited-June 2007
- [20] JEX, H ,MC DONNELL J D A critical tracking task related to the Experimental effects of system input spectra, control stick stiffness, and controlled element order, 1967 [http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19670006683\\_1967006683.pdf](http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19670006683_1967006683.pdf), Cited-June 2007
- [21] JOSEPH JE, WILLINGHAM DB. Effect of sex and joystick experience on pursuit tracking in adults. *J Mot Behav*. 2000 Mar;32(1):45-56

- [22] KANEO HIRAMATSU, HIROSHI UNO. Older drivers' performance with variation of preview time in tracking task. *JSAE Review*, 1996, vol. 17, Number 1, s. 68-70
- [23] LANDAUER ALI A. , GERALD MILNER , AND JOANNA PATMAN Alcohol and Amitriptyline Effects on Skills Related to Driving Behavior *Science* 28 March 1969: Vol. 163. no. 3874, pp. 1467 – 1468
- [24] LENNÉ MG, TRIGGS TJ, REDMAN JR. Time of day variations in driving performance. *Accid Anal Prev.* 1997 Jul;29(4):431-7
- [25] MAKEIG, S., JOLLEY, K. Comtrack: A compensatory tracking task for monitoring alertness, *NHRC Tech. Doc.* No. 96-3. 1996, 14 stran
- [26] MOSKOWITZ, H., FIORENTINO, D. A Review of the Literature on the Effects of Low Doses of Alcohol on Driving-Related Skills, 2000, <http://www.nhtsa.dot.gov/PEOPLE/injury/research/pub/Hs809028/Titl.htm>
- [27] NEILSON PETER D. , NEILSON MEGAN D., DWYER NICHOLAS A neuroengineering solution to the optimal tracking problem *Human Movement Science* Volume 18, Issues 2-3, June 1999, Pages 155-183
- [28] NUNNELEY SARAH A. ; PATRICK J. DOWD A; LOREN G. MYHRE A; RICHARD F. STRIBLEY A; RICHARD C. MCNEE A Tracking-Task Performance during Heat Stress Simulating Cockpit Conditions in High-Performance Aircraft *Ergonomics*, Volume 22, Issue 5 May 1979 , pages 549 - 555
- [29] PARASURAMAN RAJA, DEATON JOHN E. , Sensory and Cognitive Vigilance: Effects of Age on Performance and Subjective Workload *Human Performance*, Vol. 6, No. 1: pages 71-97. 1993
- [30] PARASURAMAN R., MOLLOY, R. Pilots Who Rely Too Much On Automation May Not Detect Malfunctions. *Human factors: the journal of the human factors and ergonomics society* Vol. 38, No. 2, June 1997
- [31] PEIRIS MT, JONES RD, DAVIDSON PR, CARROLL GJ, BONES PJ. Frequent lapses of responsiveness during an extended visuomotor tracking task in non-sleep-deprived subjects. *J Sleep Res.* 2006 Sep;15(3):291-300
- [32] REPLOGLE, C R; HOLDEN, F M; IAY, C N Application of manual control theory to the study of biological stress (Hypoxia stress effects on human operator performance in unstable tracking task using manual control) NASA, Washington 7th Ann. Conf. on Manual Control p 285-289

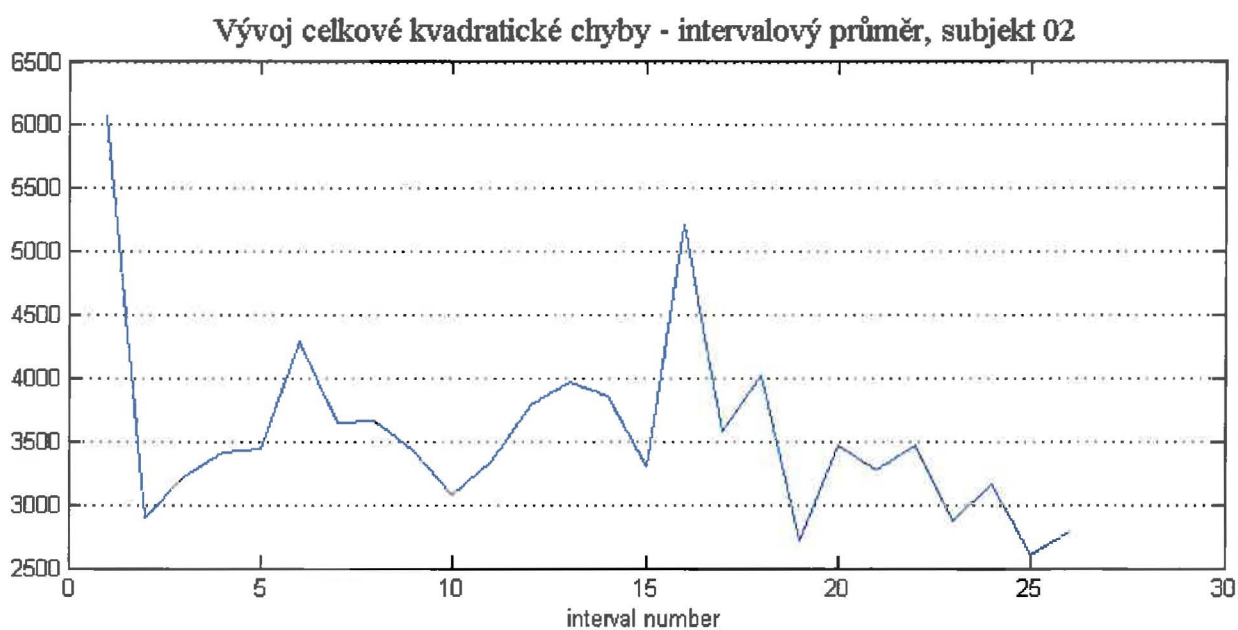
- [33] ROSS RG, OLINCY A, HARRIS JG, RADANT A, ADLER LE, COMPAGNON N, FREEDMAN R. The effects of age on a smooth pursuit tracking task in adults with schizophrenia and normal subjects. *Biol Psychiatry*. 1999 Aug 1;46(3):383-91
- [34] SASTRE J, AL VALERO I JÁUREGUI, J MULLOL, J BARTRA, A DEL CUVILLO, I DÁVILA, J MONTORO, H1 antihistamines: psychomotor performance and driving *J Investig Allergol Clin Immunol* 2006; Vol. 16, Supplement 1: 37-44
- [35] SENDERS JOHN W.; MARIANNE CRUZEN; Tracking Performance on Combined Compensatory and Pursuit Tasks, Feb 1952 [http://www.stormingmedia.us/authors/Senders\\_\\_John\\_W](http://www.stormingmedia.us/authors/Senders__John_W), Cited-Aug 2007
- [36] SENDERS JOHN W. Tracking on combined pursuit and compensatory one-dimensional tracking tasks with and without a structural surround, FEB 1953 [http://www.stormingmedia.us/authors/Senders\\_\\_John\\_W](http://www.stormingmedia.us/authors/Senders__John_W), Cited-Aug 2007
- [37] SHOOK, LS., AKIN, DL. Evaluation of Various Hand Controllers for Use by a Space Suited Subject, SAE Paper 2001-01-2203, 31st International Conference on Environmental Systems, Orlando, FL, 2001
- [38] SOLIVERI P., R. G. BROWN, M. JAHANSHAH, T. CARACENI AND C. D. MARSDEN Learning manual pursuit tracking skills in patients with Parkinson's disease *Brain* (1997), 120, 1325–1337
- [39] SPECKA M, FINKBEINER T, LODEMANN E, LEIFERT K, KLUWIG J, GASTPAR M. Cognitive-motor performance of methadone-maintained patients. *Eur Addict Res*. 2000 Mar;6(1):8-19
- [40] STARK L., YOUNG L., R. Biological Control Systems-A Critical Review and Evaluation: *Developments in Manual Control. NASA Contractor Report – CR*. 1965, 221 stran
- [41] STRAYER, DL., DREWS, FA., ALBERT, RW., JOHNSTON, WA. Cell phone induced perceptual impairments during simulated driving. In D. V. McGehee, J. D. Lee, & M. Rizzo (Eds.) *Driving Assessment 2001: International Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training, and Vehicle Design*
- [42] THACKRAY, R.I., TOUCHSTONE, R.M. Effects of high visual taskload on the behaviors involved in complex monitoring. *Ergonomics* 1989, 32 (1), 27-38

- [44] WALTON T. ROTH, JARED R. TINKLENBERG, CHARLOTTE A. WHITAKER, CHARLES F. DARLE, BERT S. KOPEL The effect of marihuana on tracking task performance *Psychopharmacology*, Volume 33, Issue 3, pages 259-265, 1973-09-01
- [45] WETHERELL ANTHONY Performance Tests *Environmental Health Perspectives*, Vol 104, Supplement 2 , April 1996
- [46] WETHERELL ANTHONY Cognitive and Psychomotor Performance Tests and Experiment Design in Multiple Chemical Sensitivity *Environmental Health Perspectives*, Vol 105, Supplement 2, March 1997

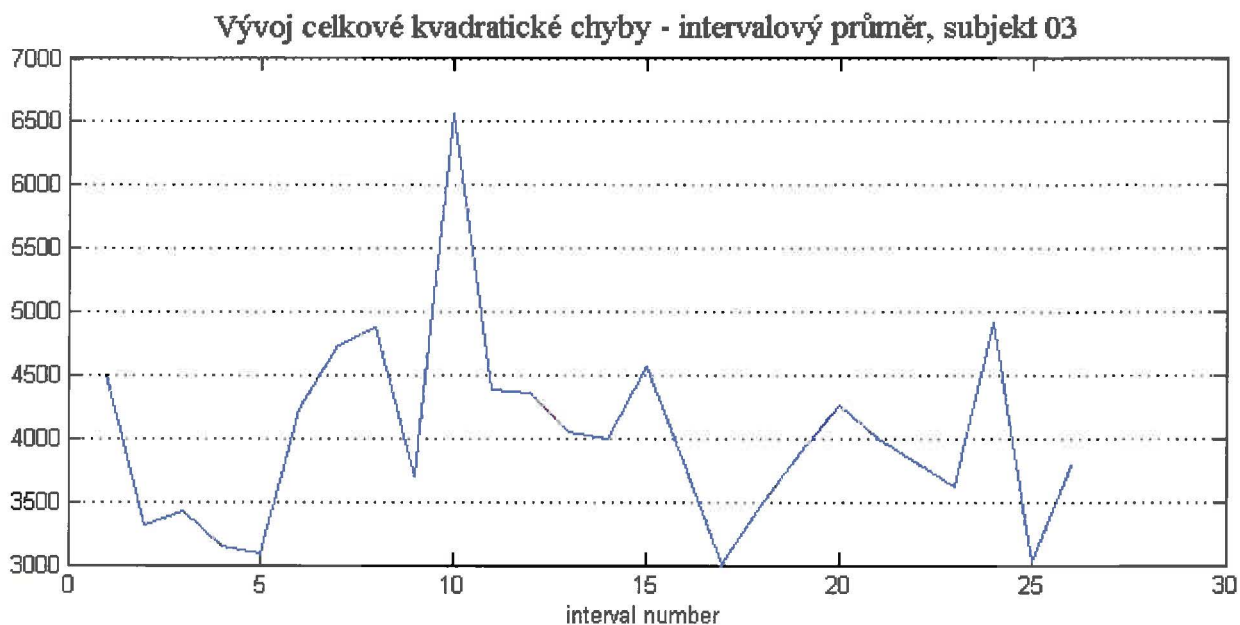
## 11 Přílohy



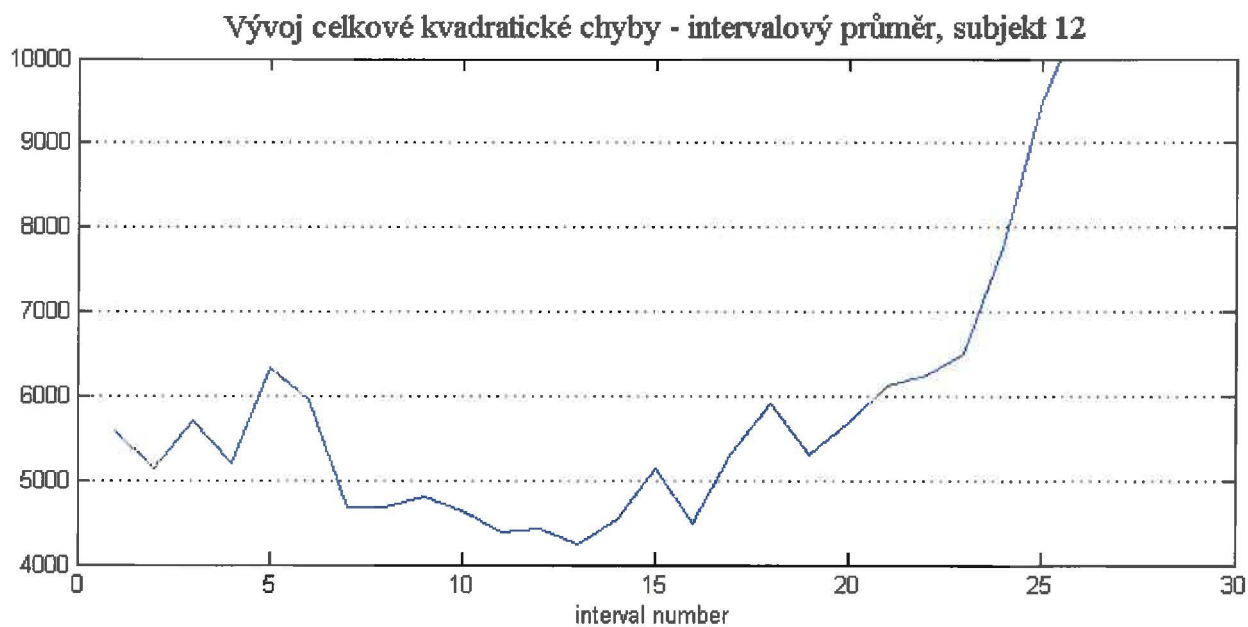
Graf č. 24 kvadratická chyba- intervalový průměr, na svislé ose kvadratická chyba, na ose vodorovné intervalový průběh 30 minutového měření



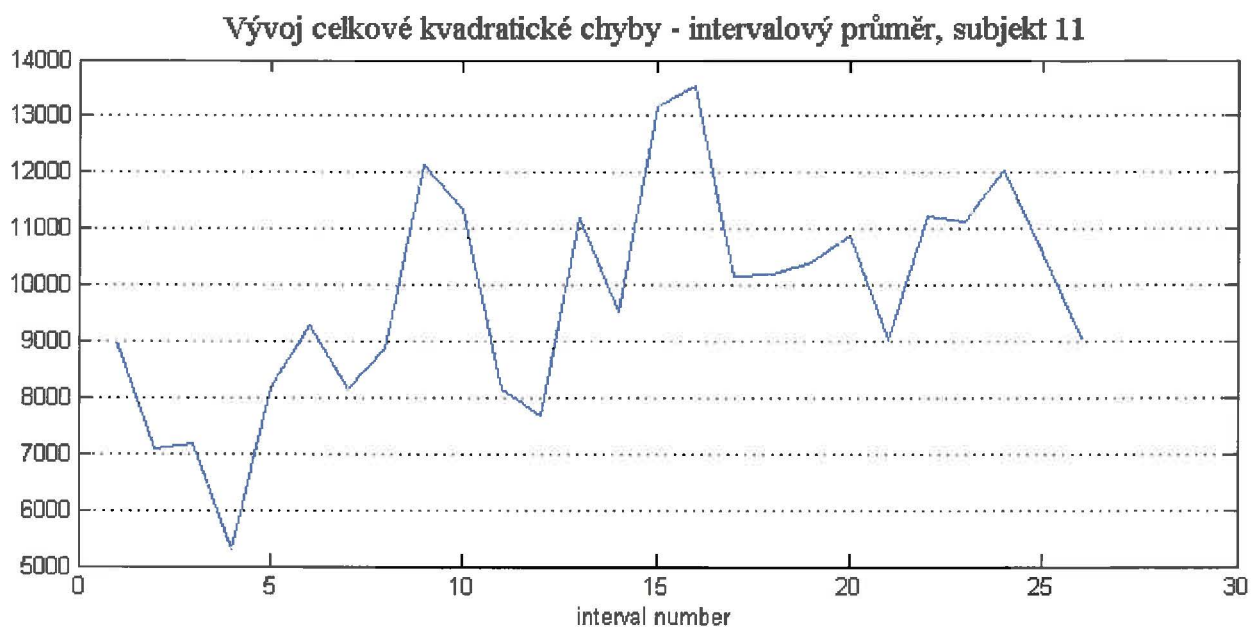
Graf č. 25 kvadratická chyba- intervalový průměr, na svislé ose kvadratická chyba, na ose vodorovné intervalový průběh 30 minutového měření



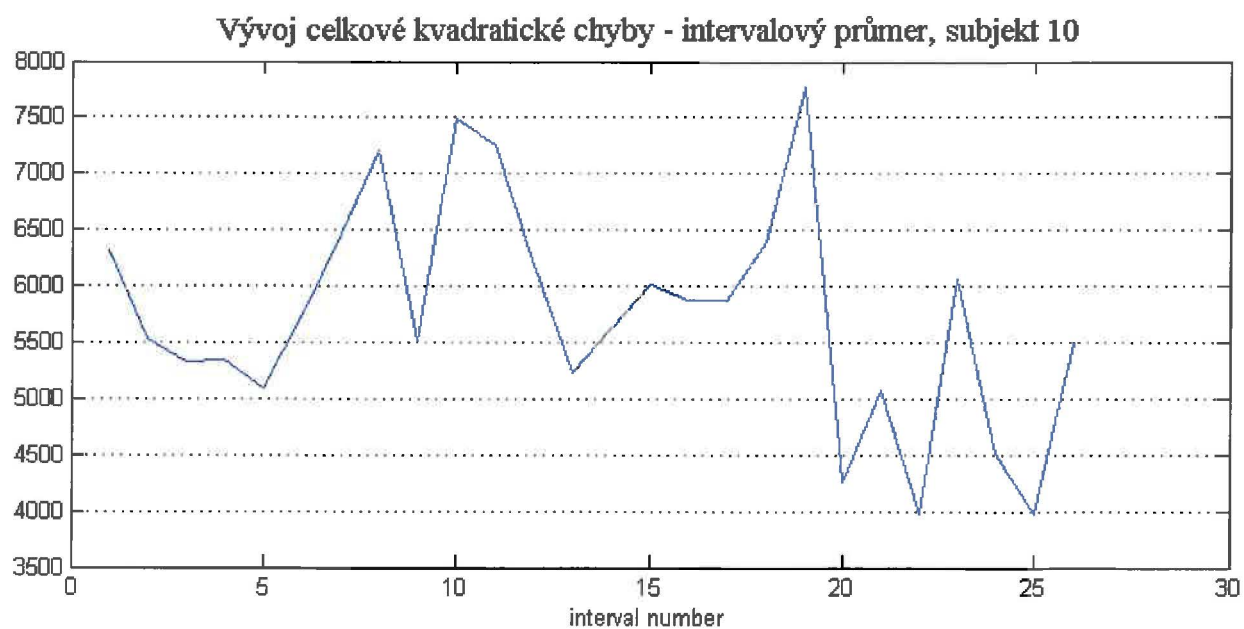
**Graf č. 26 kvadratická chyba- intervalový průměr, na svislé ose kvadratická chyba, na ose vodorovné intervalový průběh 30 minutového měření**



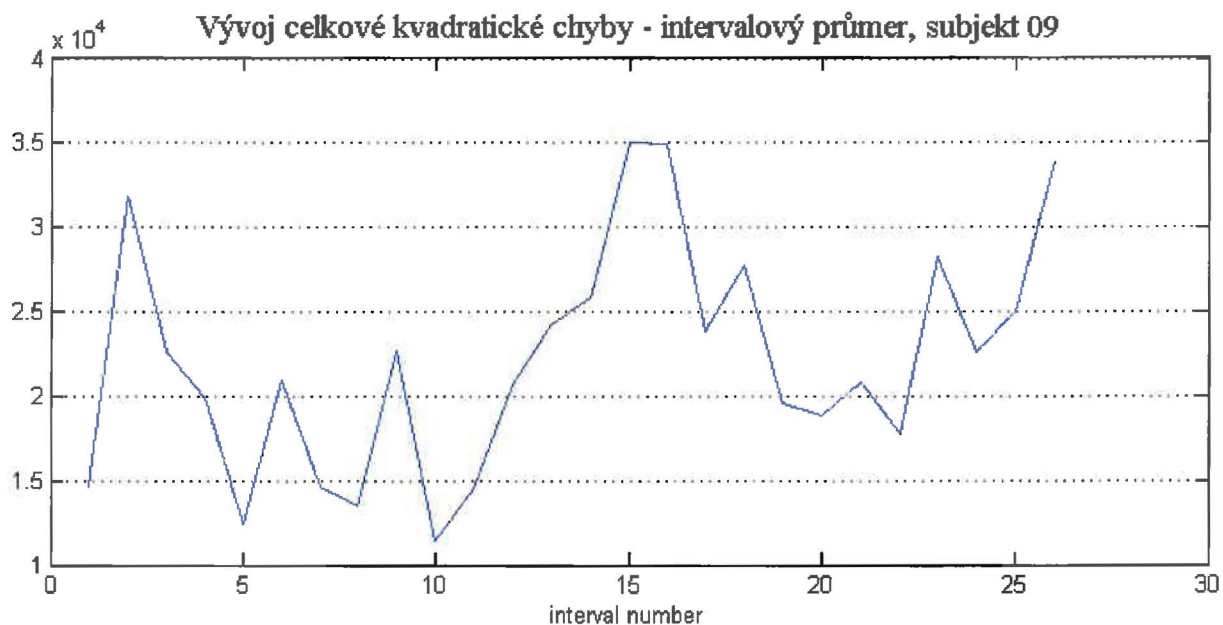
**Graf č. 27 kvadratická chyba- intervalový průměr, na svislé ose kvadratická chyba, na ose vodorovné intervalový průběh 30 minutového měření**



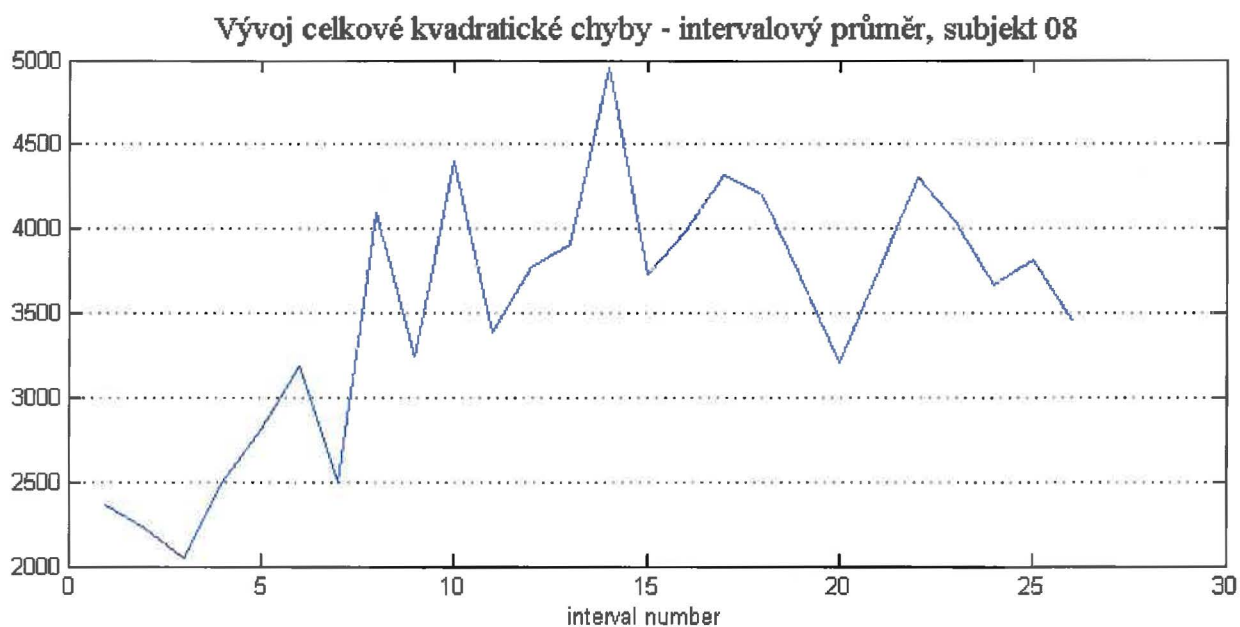
**Graf č. 28 kvadratická chyba- intervalový průměr, na svislé ose kvadratická chyba, na ose vodorovné intervalový průběh 30 minutového měření**



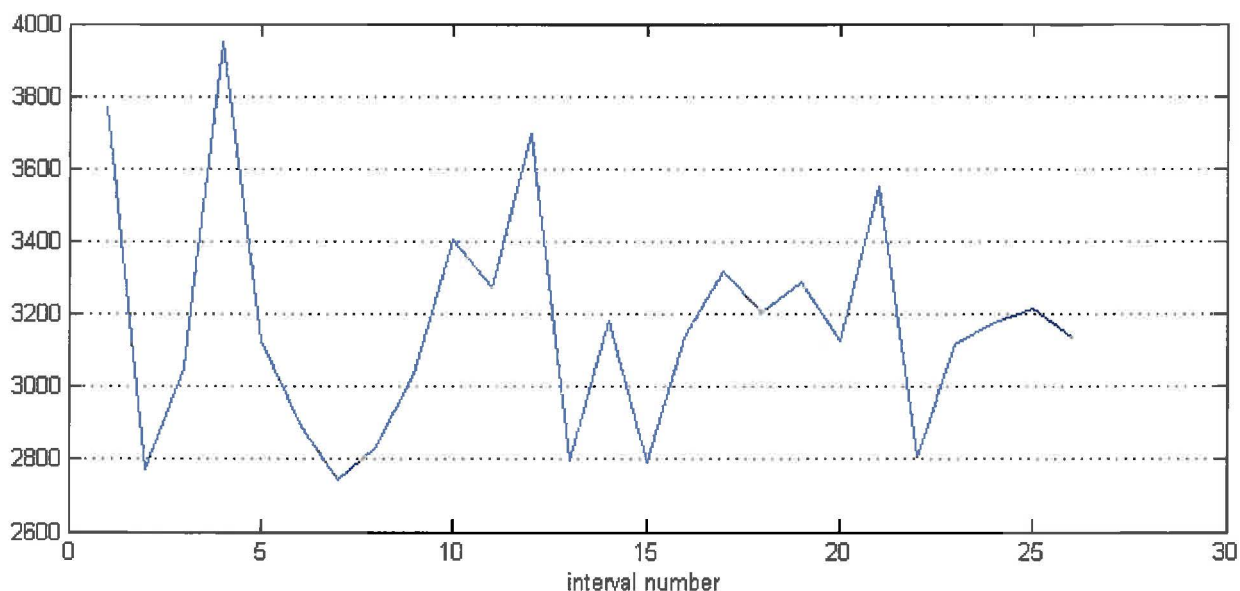
**Graf č. 29 kvadratická chyba- intervalový průměr, na svislé ose kvadratická chyba, na ose vodorovné intervalový průběh 30 minutového měření**



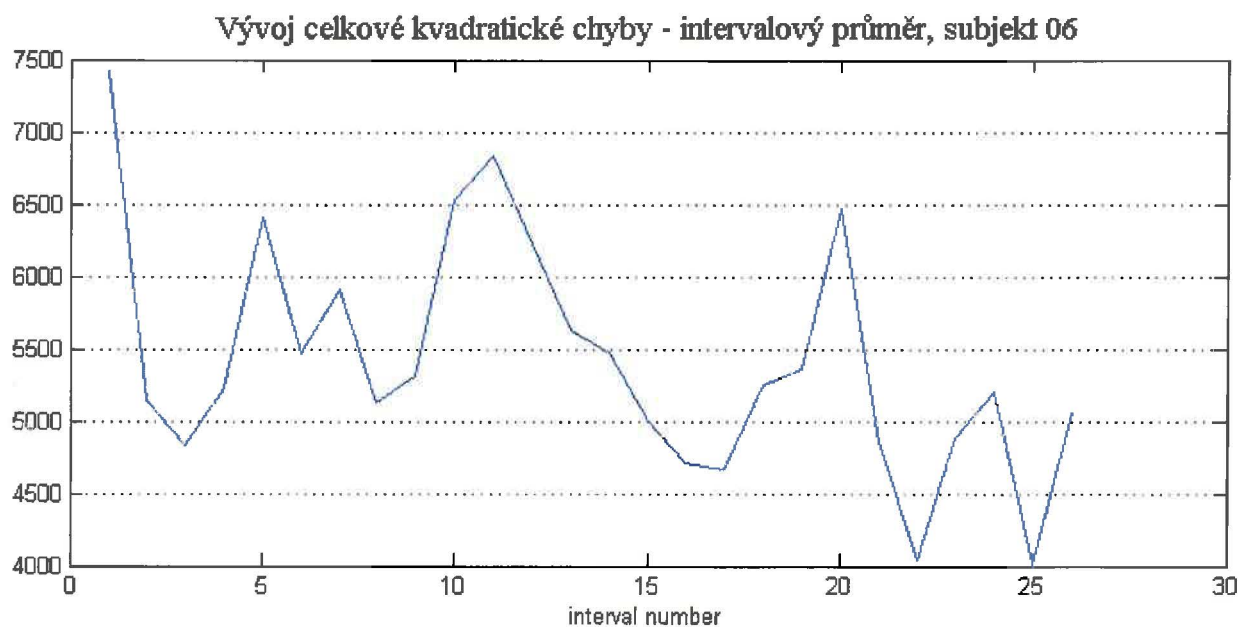
**Graf č. 30 kvadratická chyba- intervalový průměr, na svislé ose kvadratická chyba, na ose vodorovné intervalový průběh 30 minutového měření**



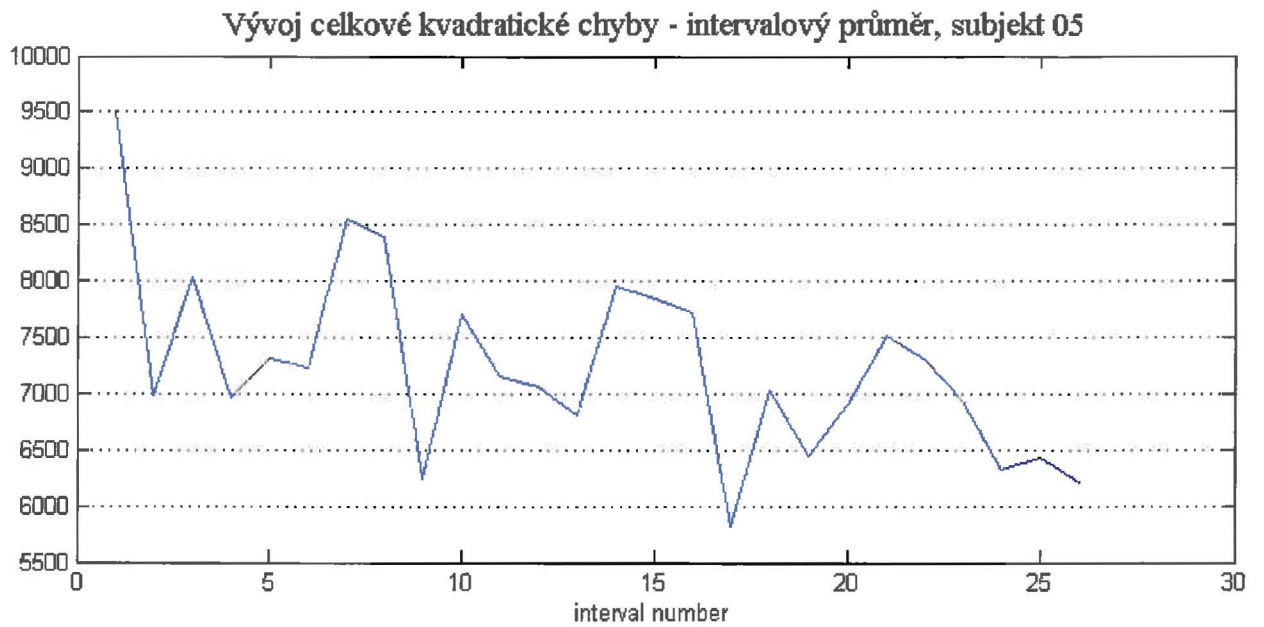
**Graf č. 31 kvadratická chyba- intervalový průměr, na svislé ose kvadratická chyba, na ose vodorovné intervalový průběh 30 minutového měření**



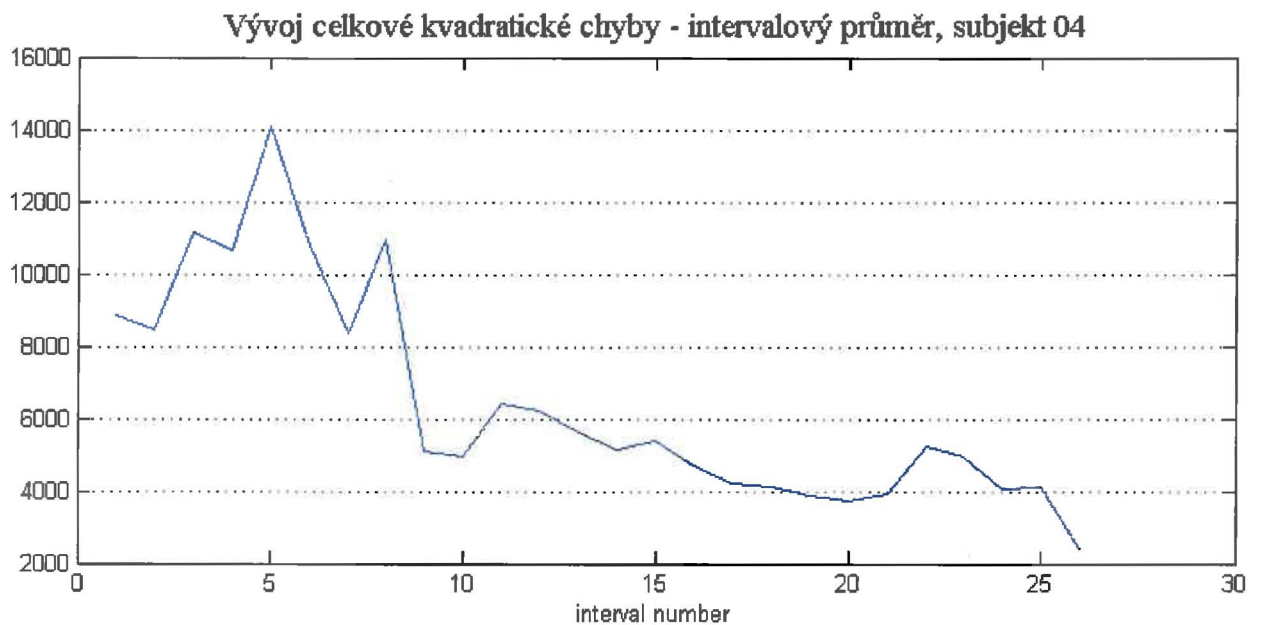
Graf č. 32 kvadratická chyba- intervalový průměr, na svislé ose kvadratická chyba, na ose vodorovné intervalový průběh 30 minutového měření



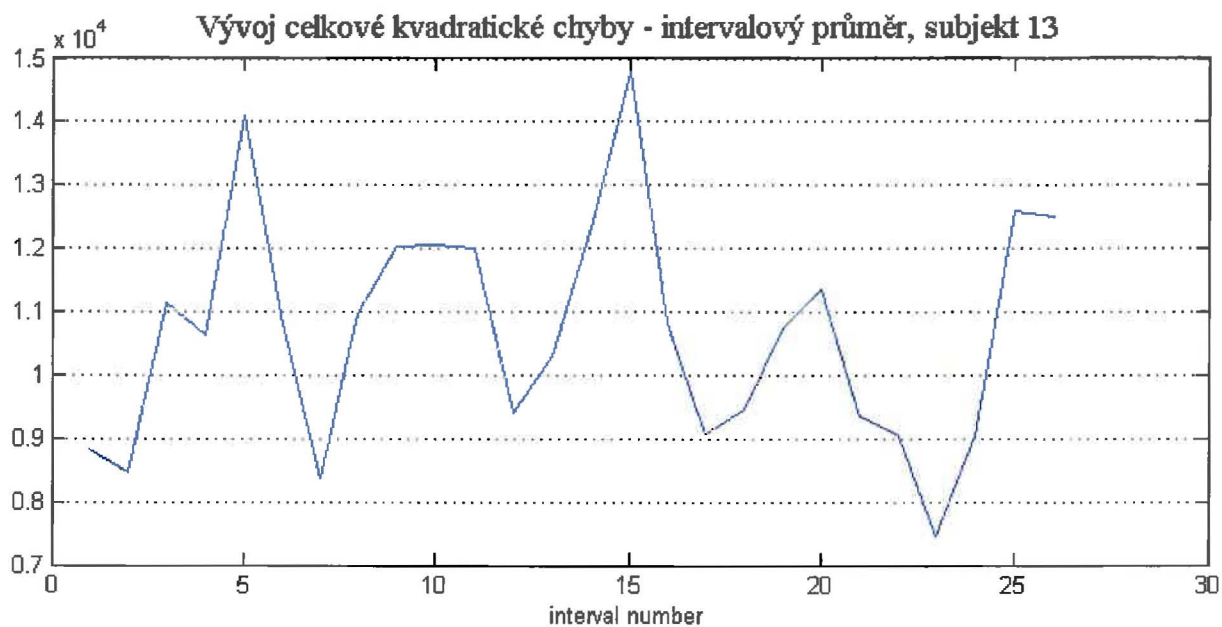
Graf č. 33 kvadratická chyba- intervalový průměr, na svislé ose kvadratická chyba, na ose vodorovné intervalový průběh 30 minutového měření



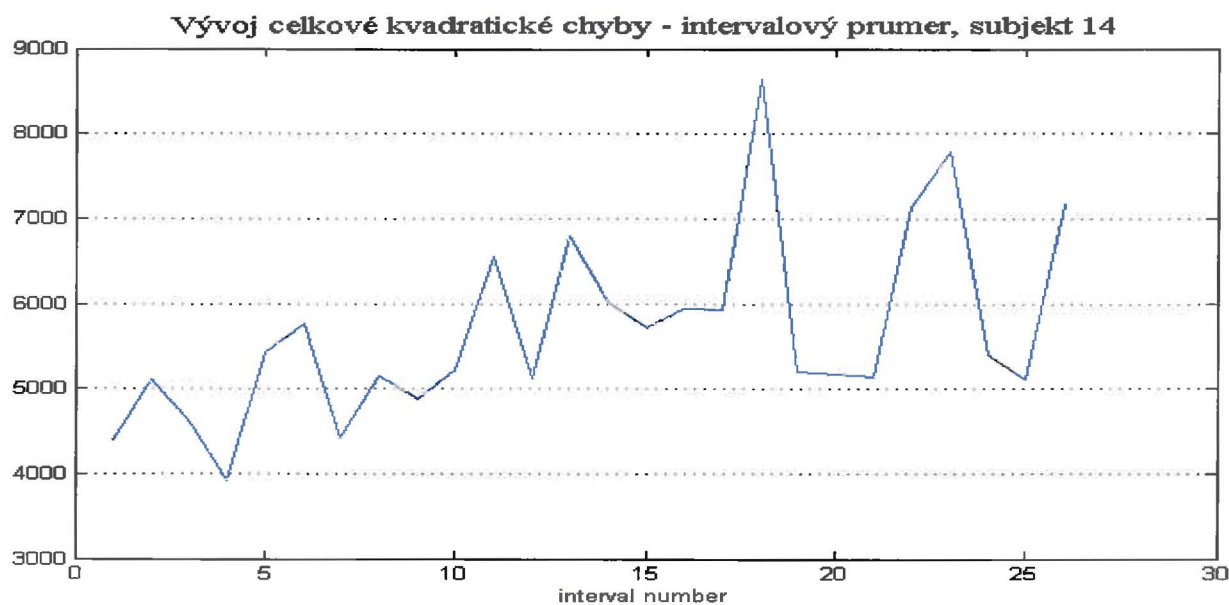
**Graf č. 34 kvadratická chyba- intervalový průměr, na svislé ose kvadratická chyba, na ose vodorovné intervalový průběh 30 minutového měření**



**Graf č. 35 kvadratická chyba- intervalový průměr, na svislé ose kvadratická chyba, na ose vodorovné intervalový průběh 30 minutového měření**

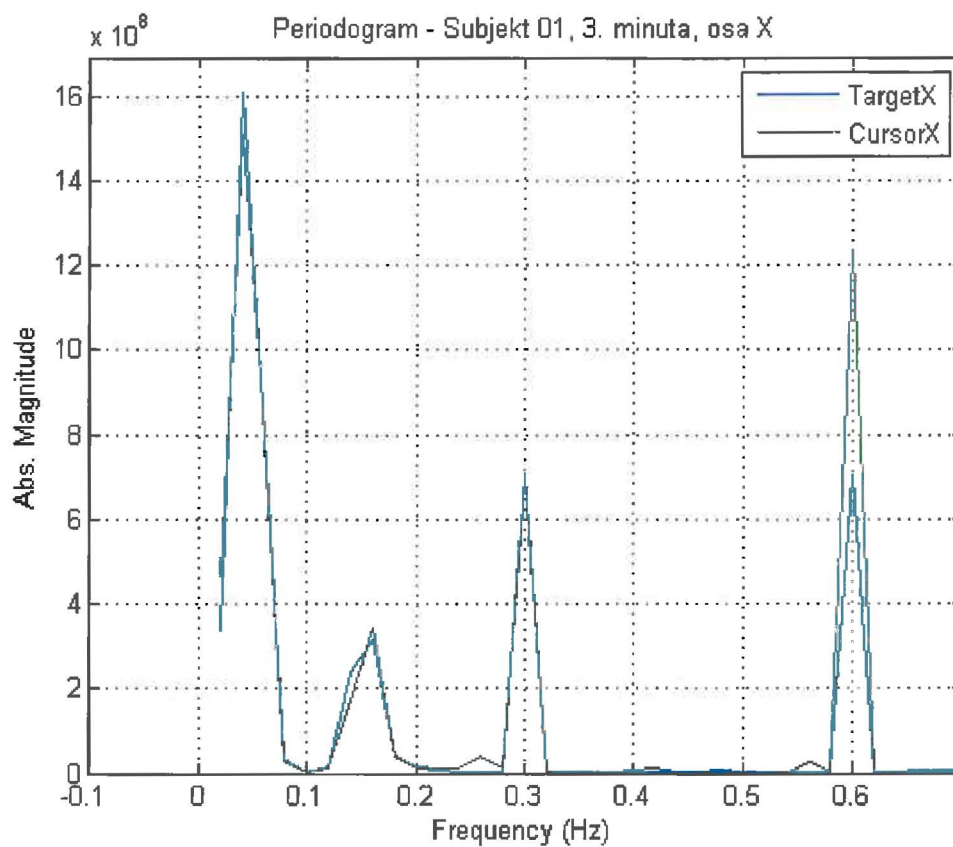


Graf č. 36 kvadratická chyba- intervalový průměr, na svislé ose kvadratická chyba, na ose vodorovné intervalový průběh 30 minutového měření

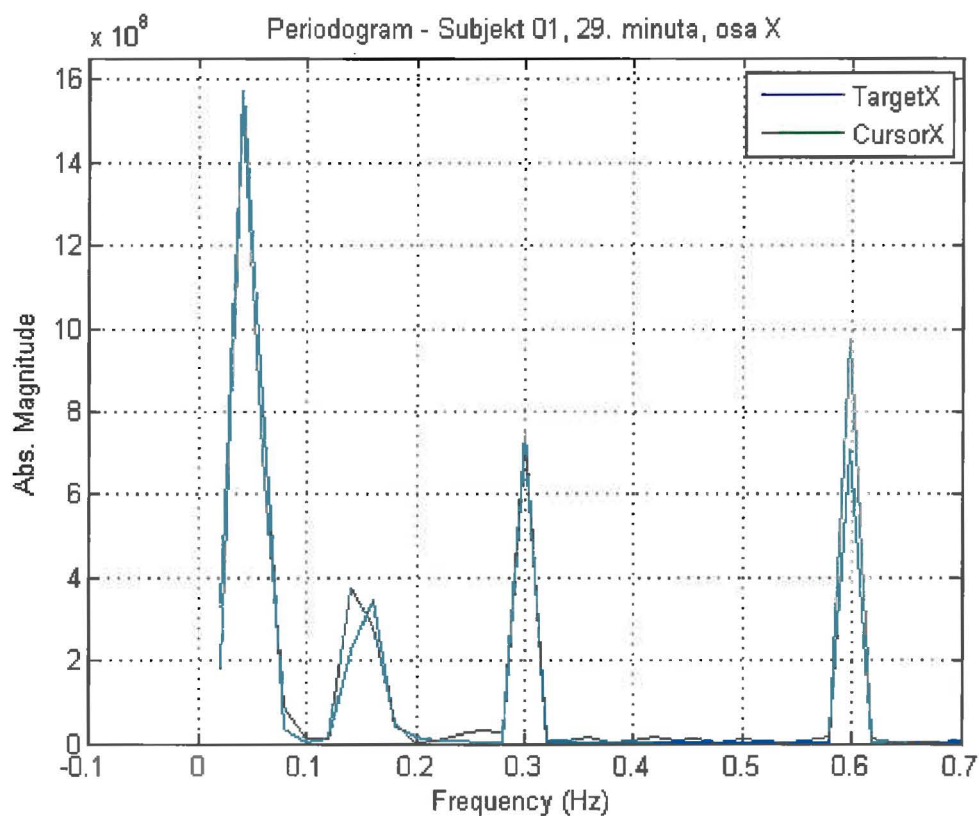


Graf č. 37 kvadratická chyba- intervalový průměr, na svislé ose kvadratická chyba, na ose vodorovné intervalový průběh 30 minutového měření

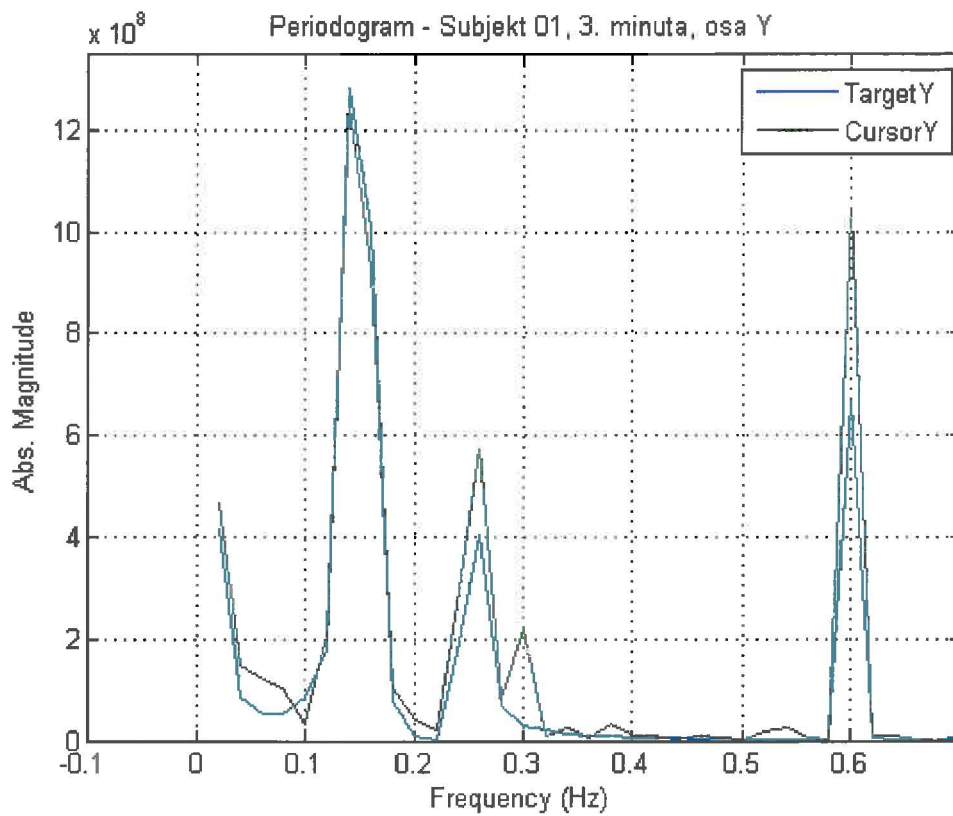
©



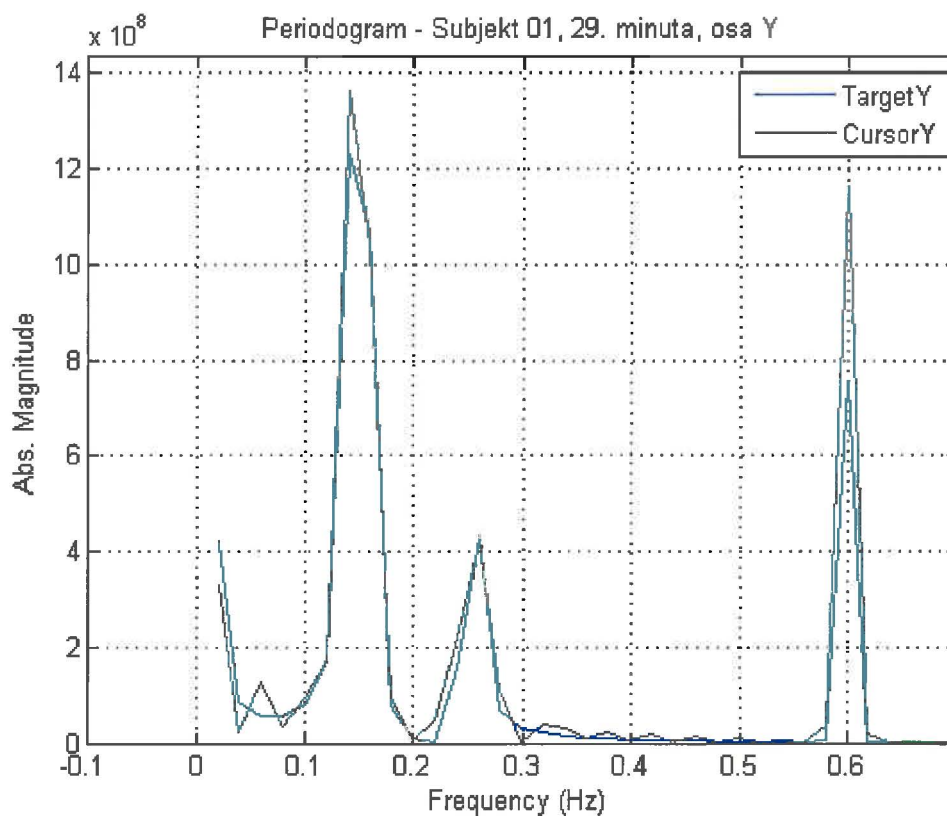
Graf č. 38 frekvenční analýza pohybu cílového a stíhacího kurzoru



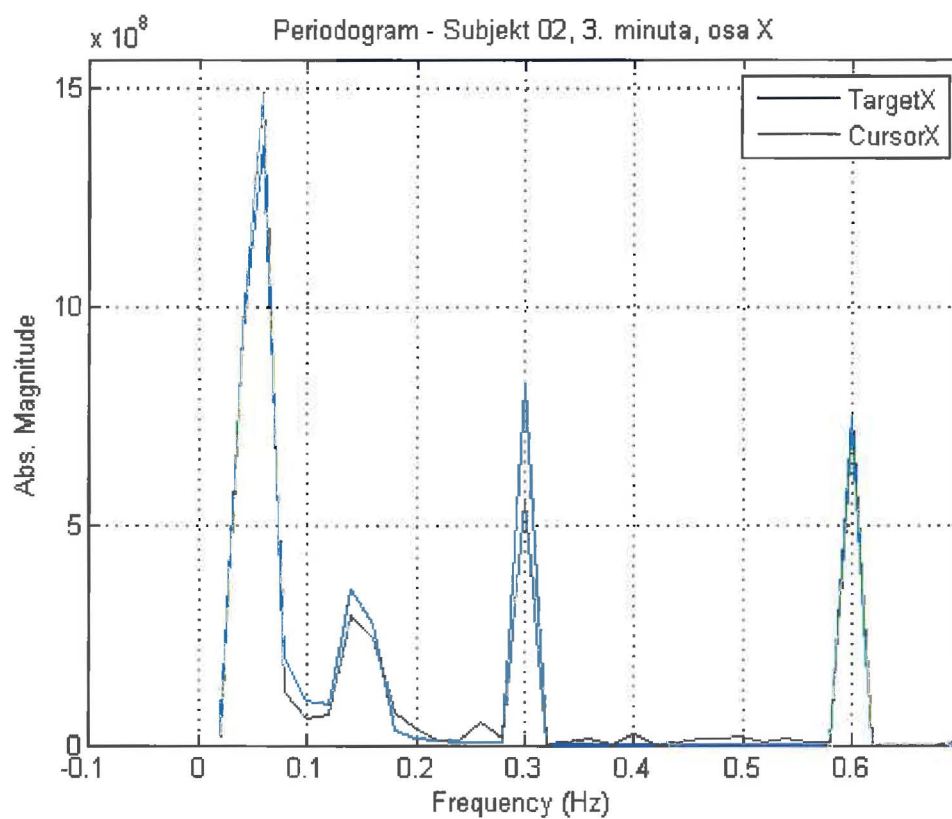
Graf č. 39 frekvenční analýza pohybu cílového a stíhacího kurzoru



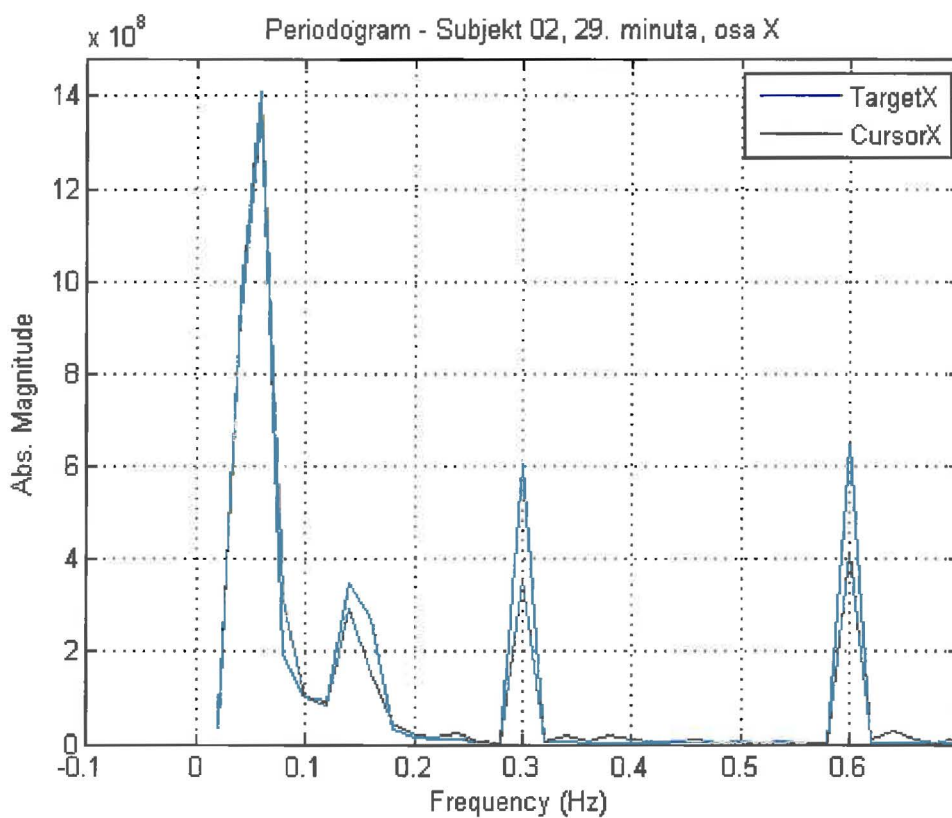
Graf č. 40 frekvenční analýza pohybu cílového a stíhacího kurzoru



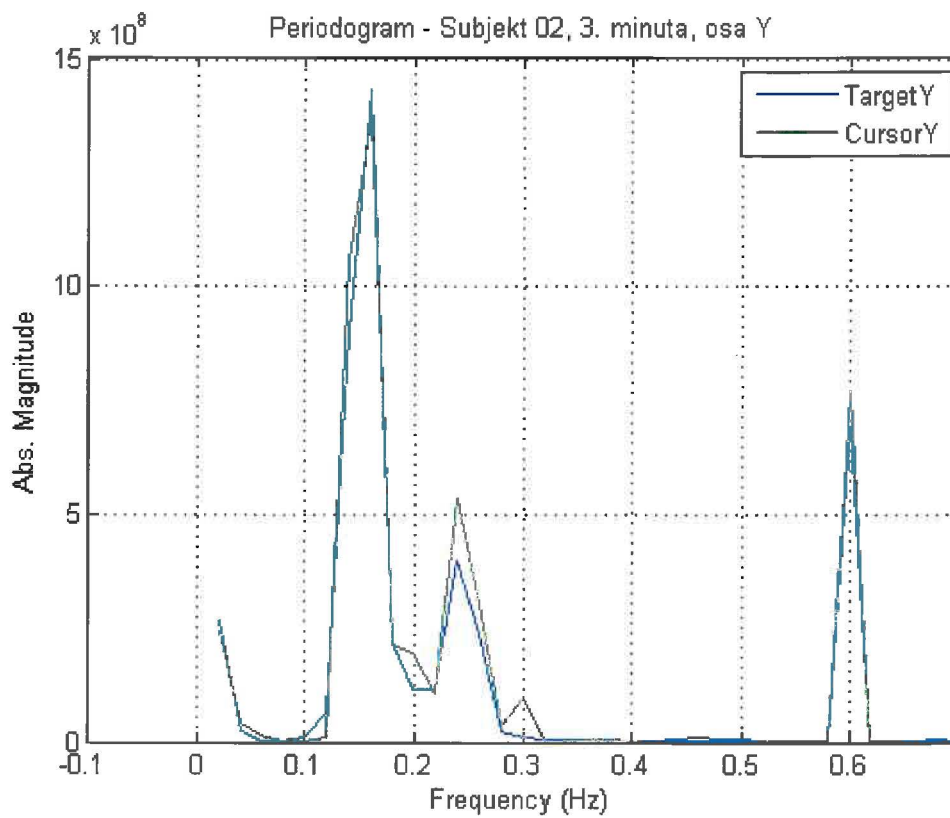
Graf č. 41 frekvenční analýza pohybu cílového a stíhacího kurzoru



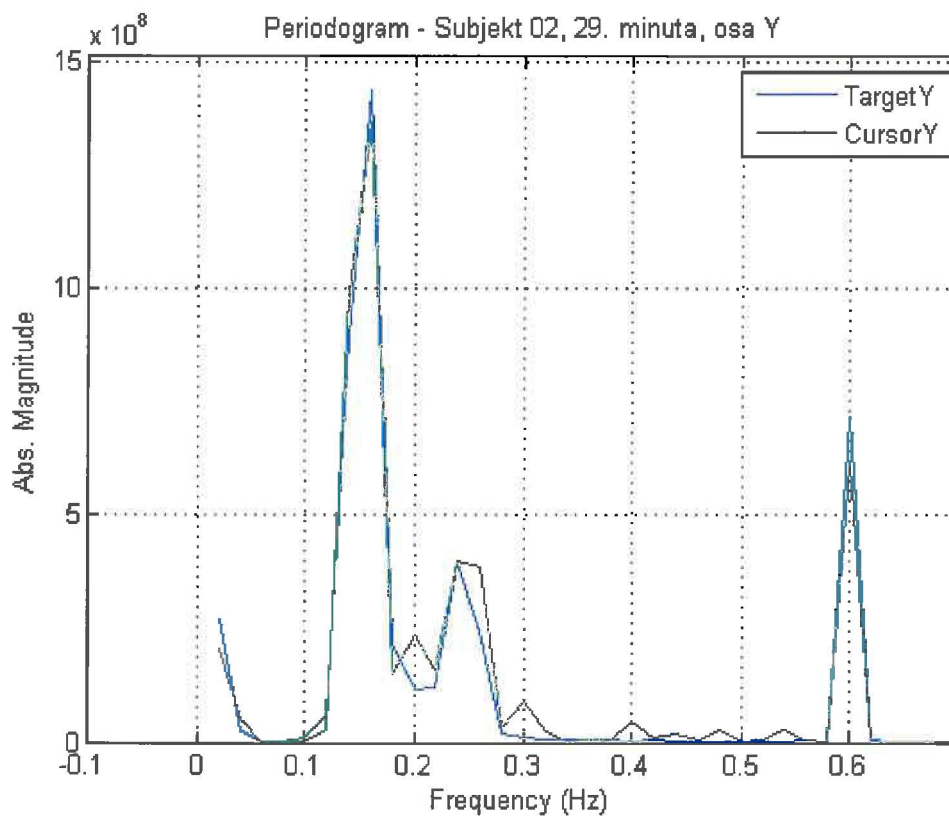
Graf č. 42 frekvenční analýza pohybu cílového a stíhacího kurzoru



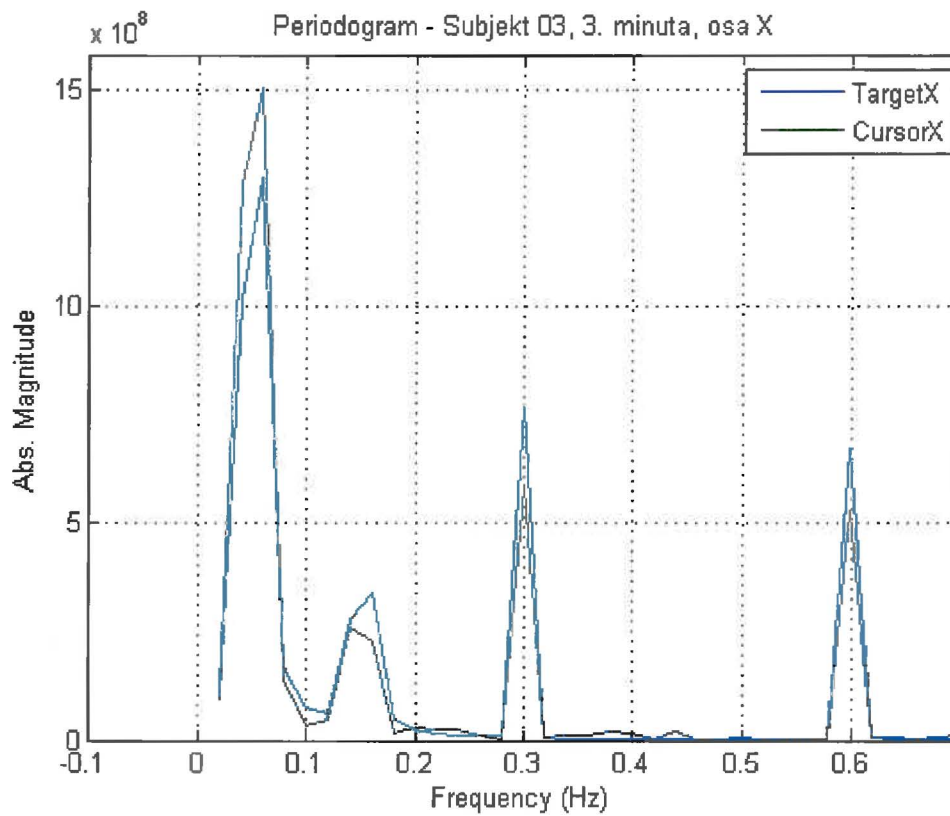
Graf č. 43 frekvenční analýza pohybu cílového a stíhacího kurzoru



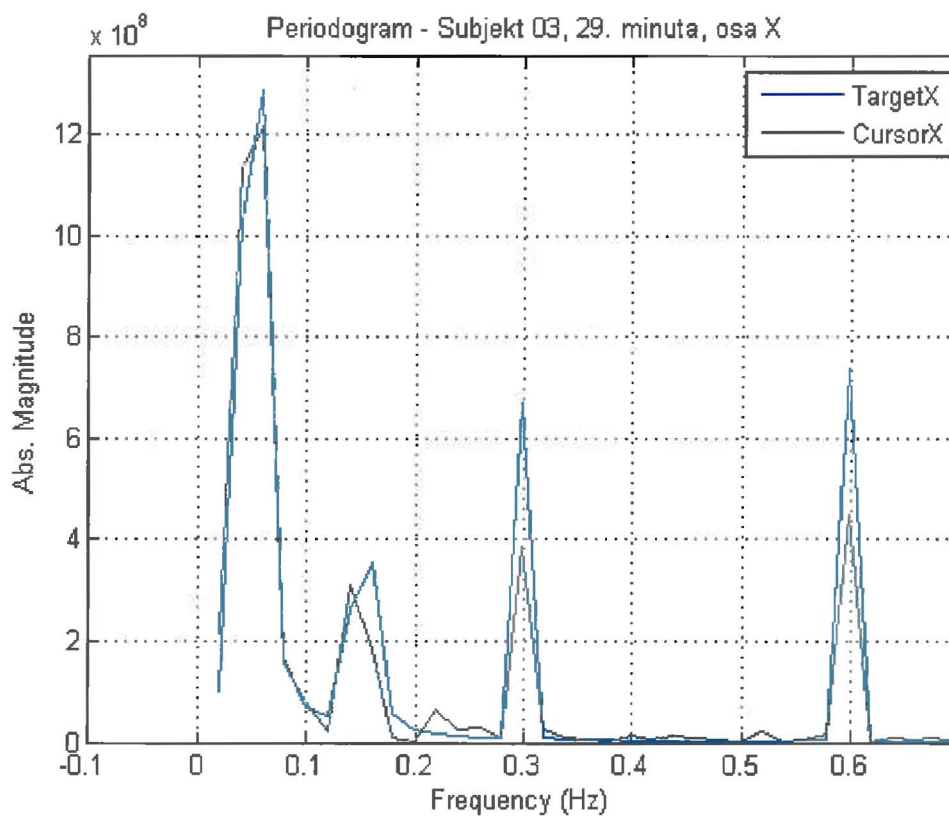
Graf č. 44 frekvenční analýza pohybu cílového a stíhacího kurzoru



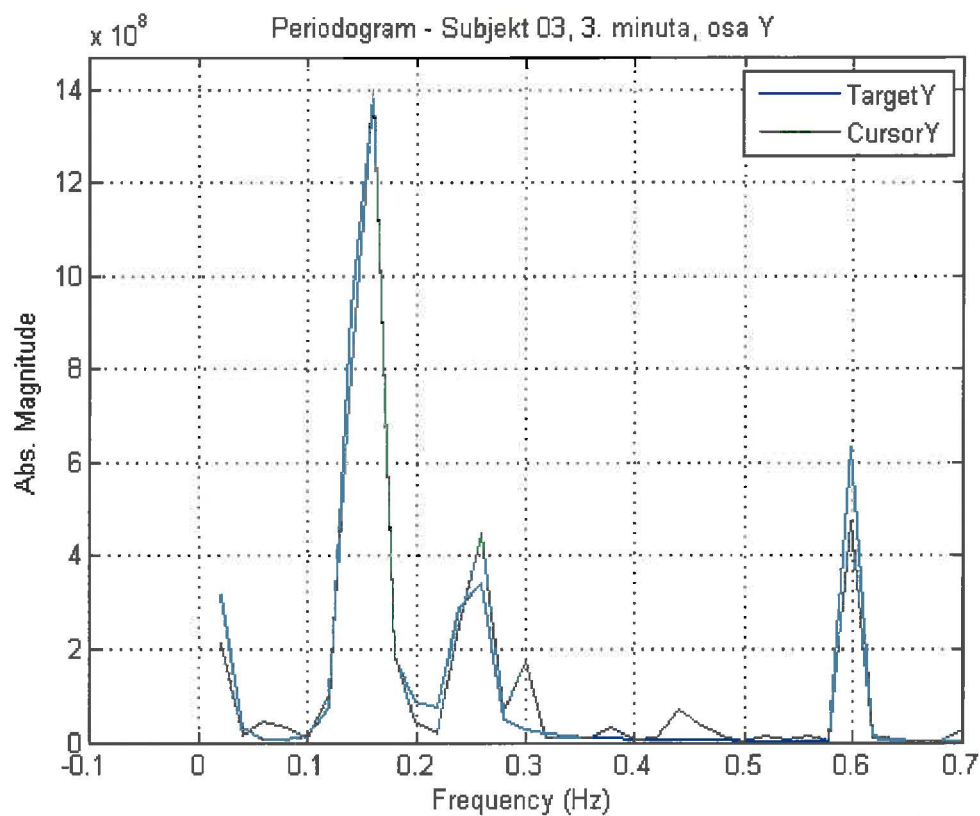
Graf č. 45 frekvenční analýza pohybu cílového a stíhacího kurzoru



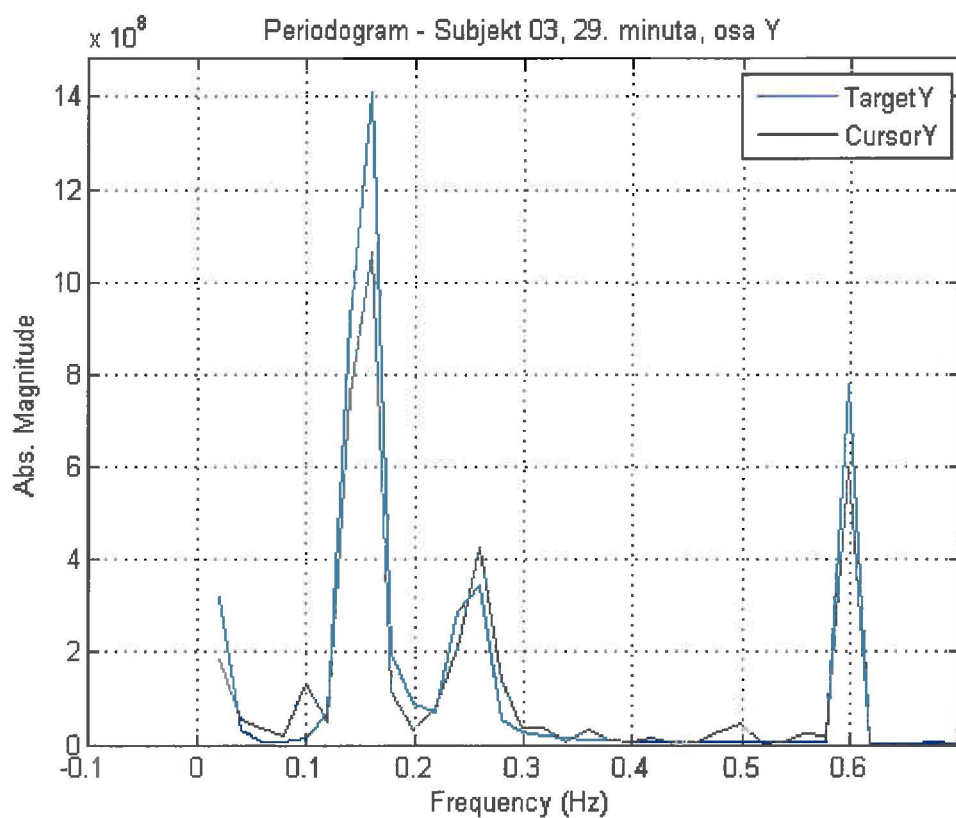
Graf č. 46 frekvenční analýza pohybu cílového a stíhacího kurzoru



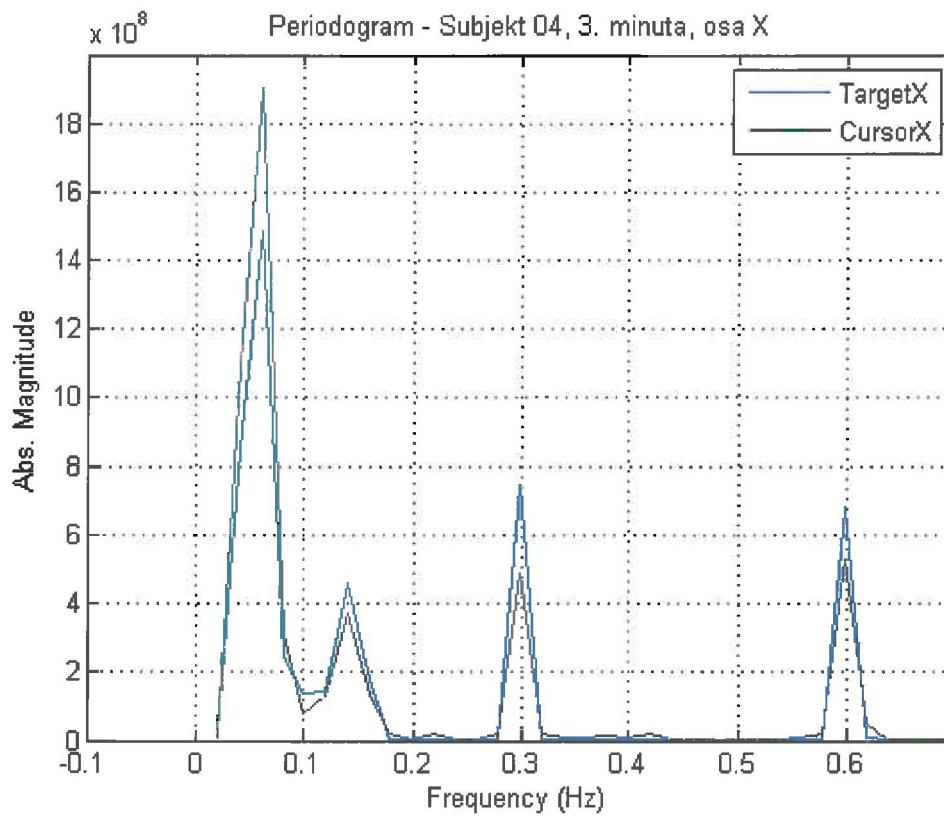
Graf č. 47 frekvenční analýza pohybu cílového a stíhacího kurzoru



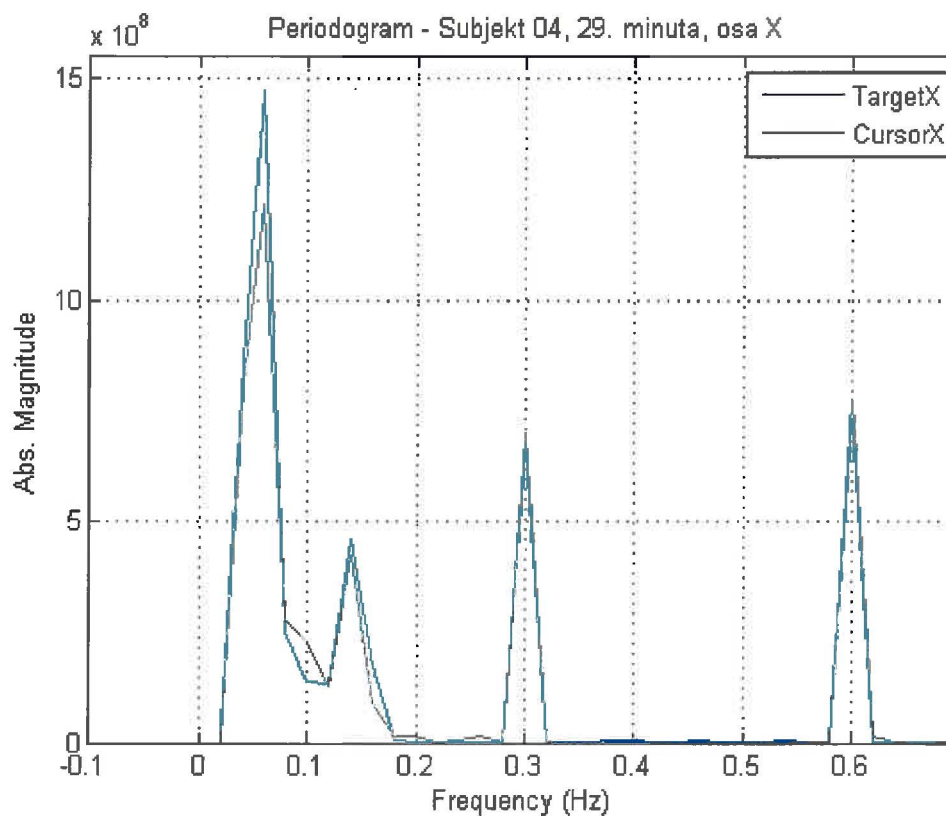
Graf č. 48 frekvenční analýza pohybu cílového a stíhacího kurzoru



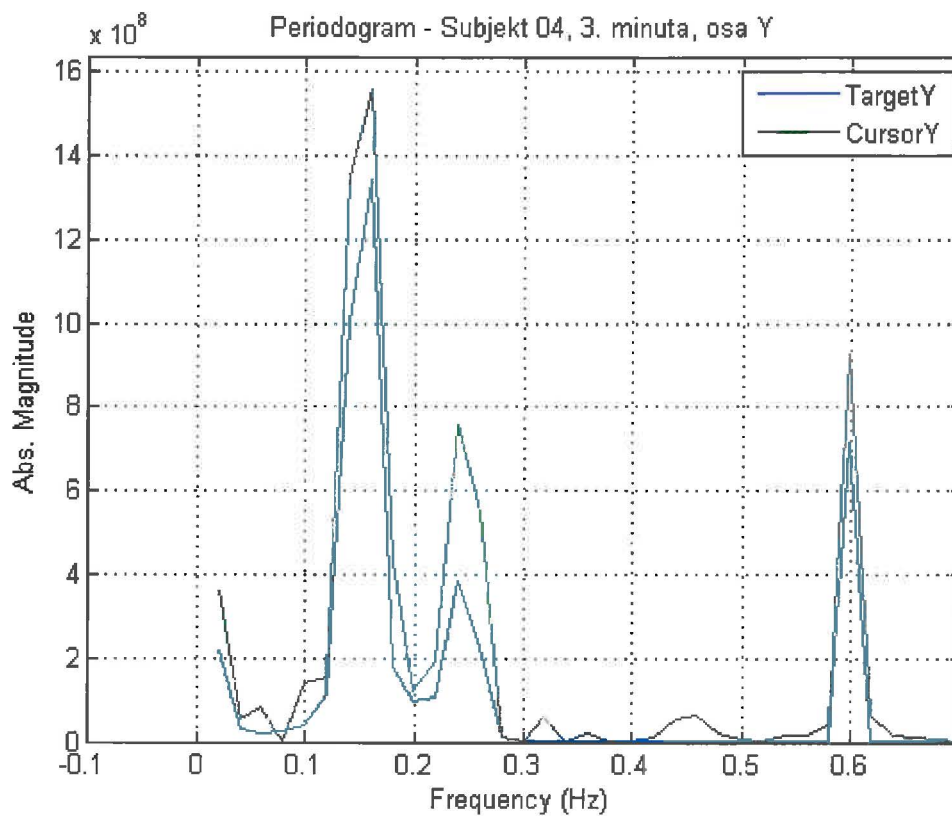
Graf č. 49 frekvenční analýza pohybu cílového a stíhacího kurzoru



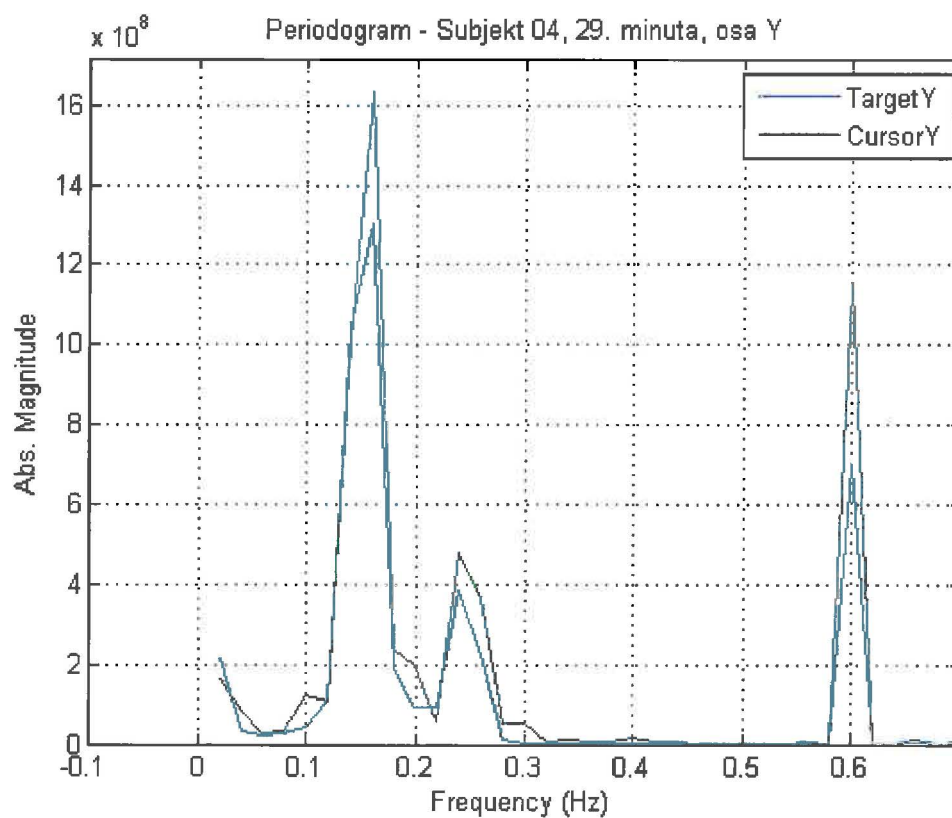
Graf č. 50 frekvenční analýza pohybu cílového a stíhacího kurzoru



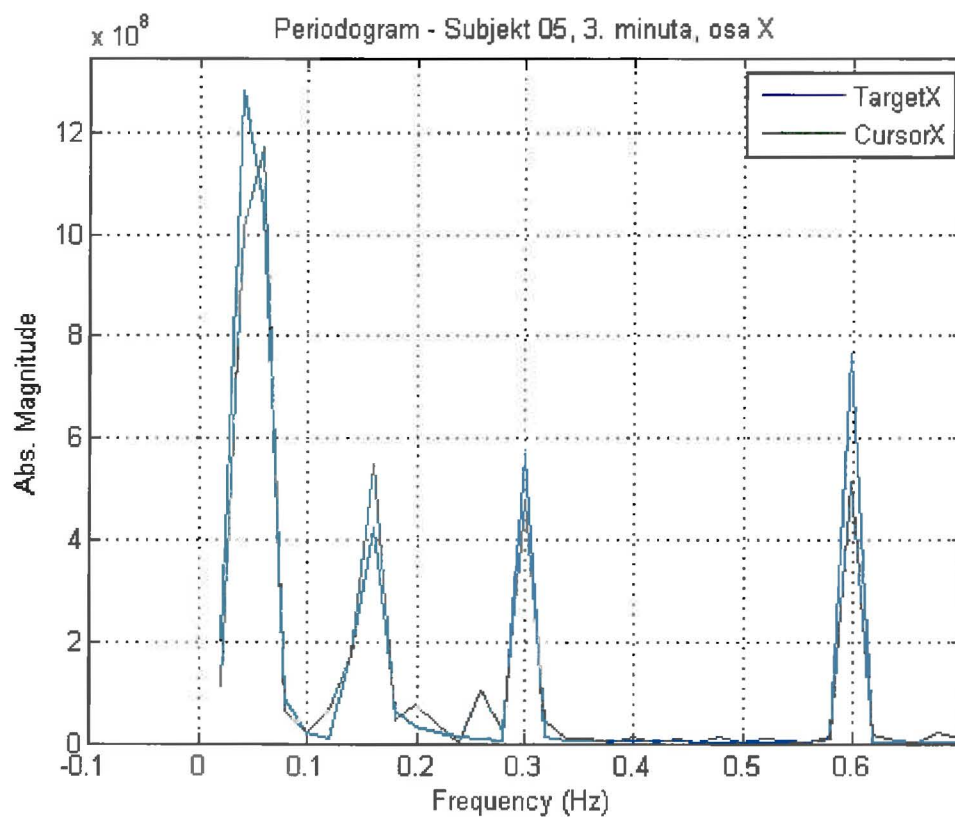
Graf č. 51 frekvenční analýza pohybu cílového a stíhacího kurzoru



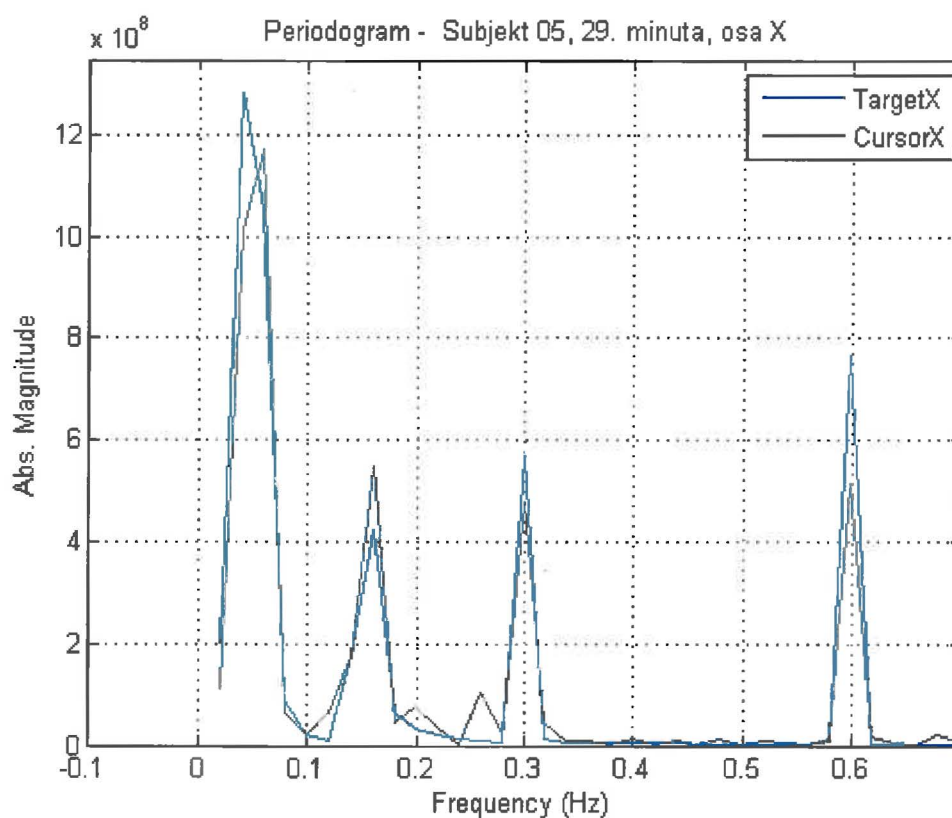
Graf č. 52 frekvenční analýza pohybu cílového a stíhacího kurzoru



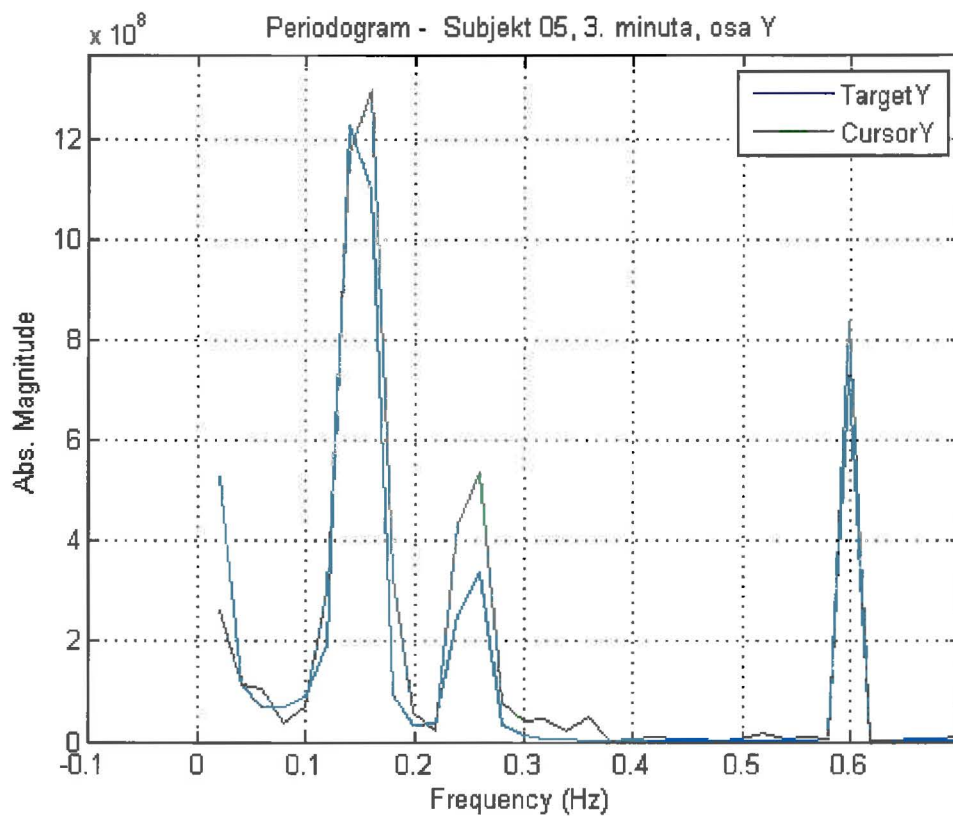
Graf č. 53 frekvenční analýza pohybu cílového a stíhacího kurzoru



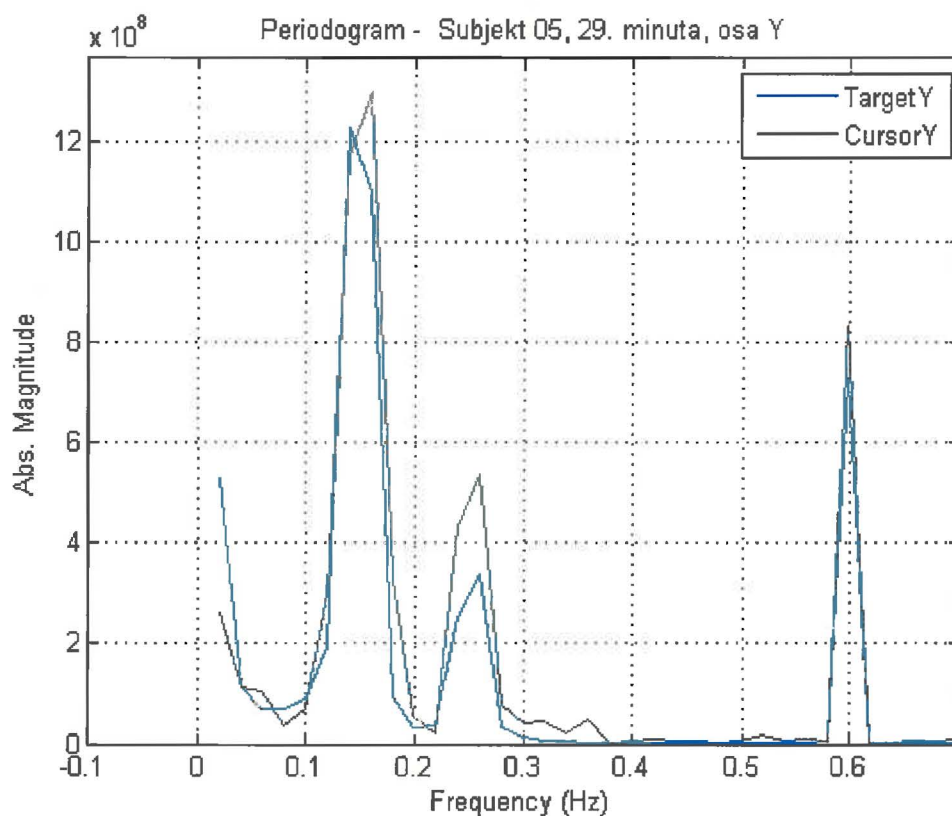
Graf č. 54 frekvenční analýza pohybu cílového a stíhacího kurzoru



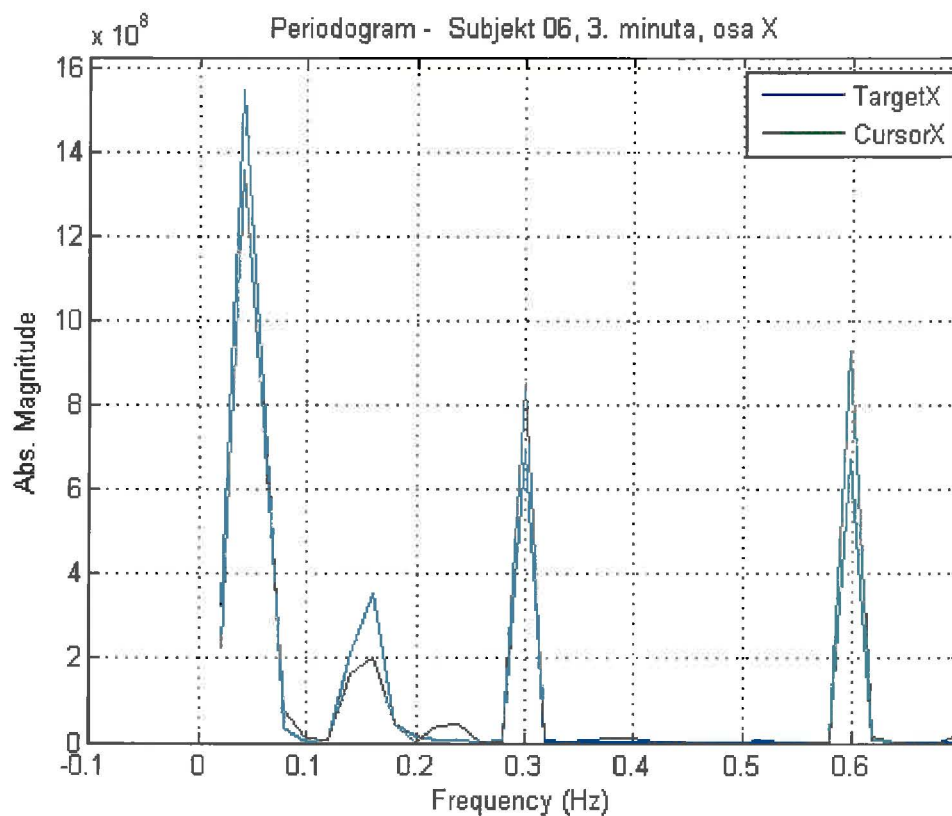
Graf č. 55 frekvenční analýza pohybu cílového a stíhacího kurzoru



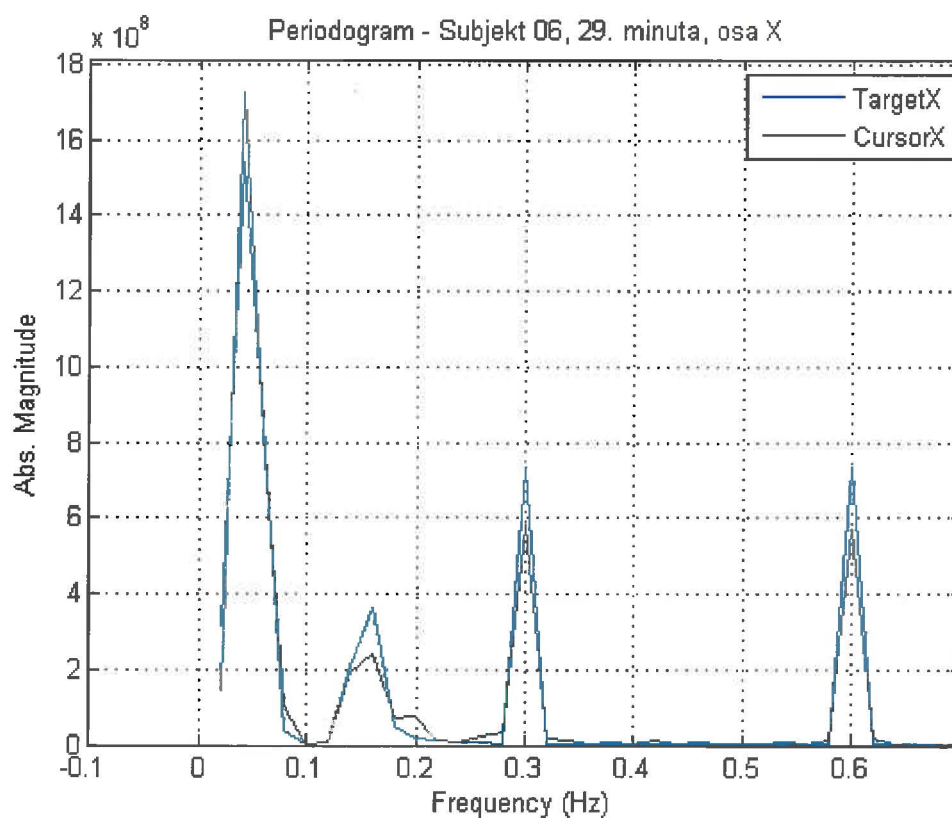
Graf č. 56 frekvenční analýza pohybu cílového a stíhacího kurzoru



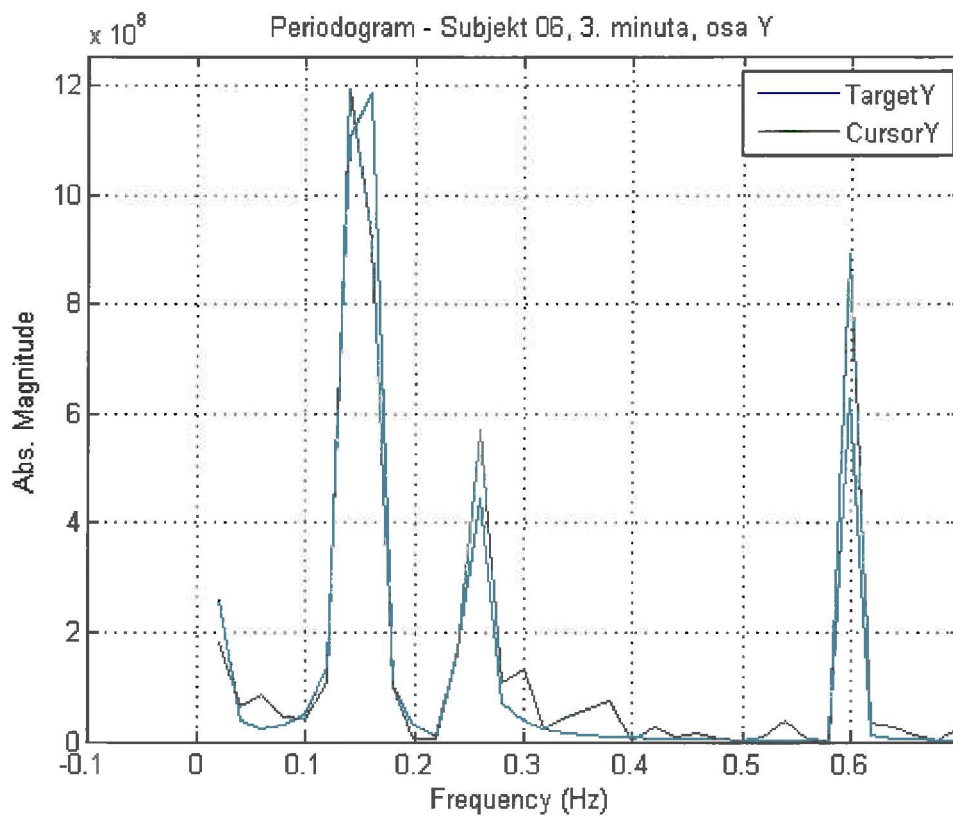
Graf č. 57 frekvenční analýza pohybu cílového a stíhacího kurzoru



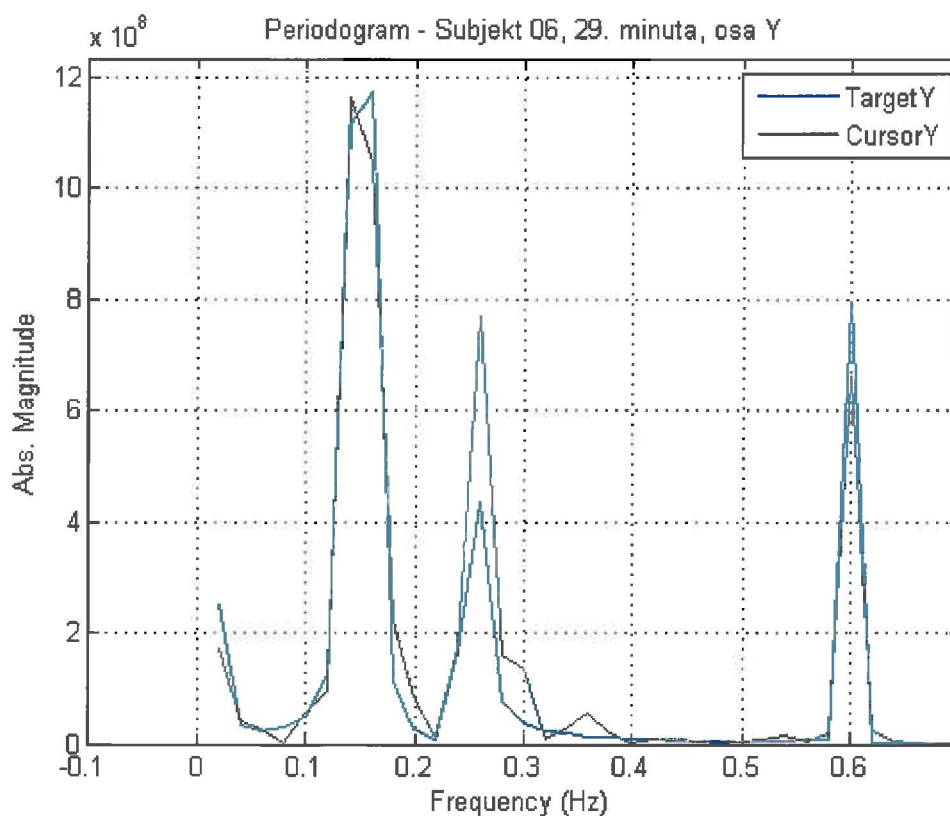
Graf č. 58 frekvenční analýza pohybu cílového a stíhacího kurzoru



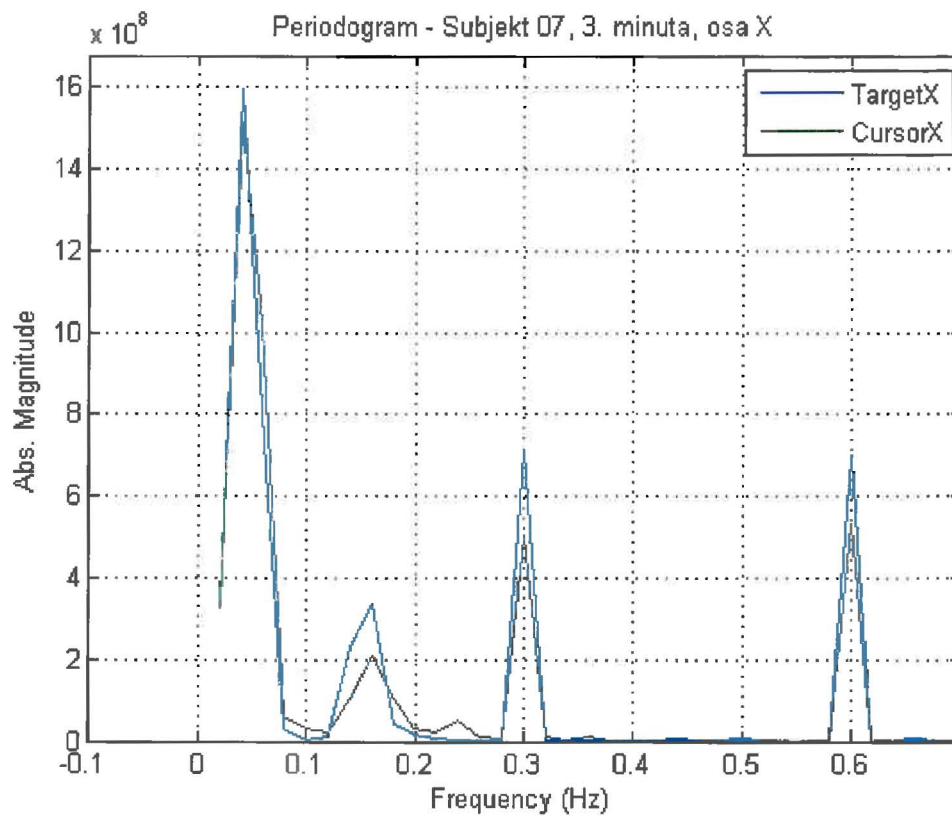
Graf č. 59 frekvenční analýza pohybu cílového a stíhacího kurzoru



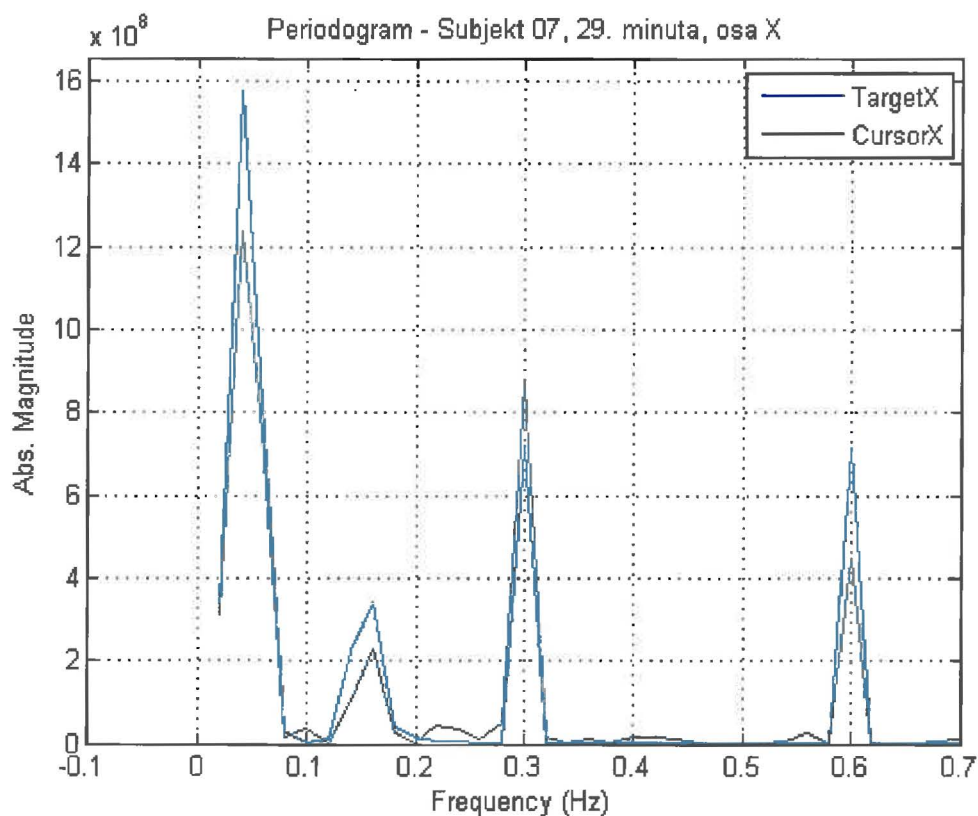
Graf č. 60 frekvenční analýza pohybu cílového a stíhacího kurzoru



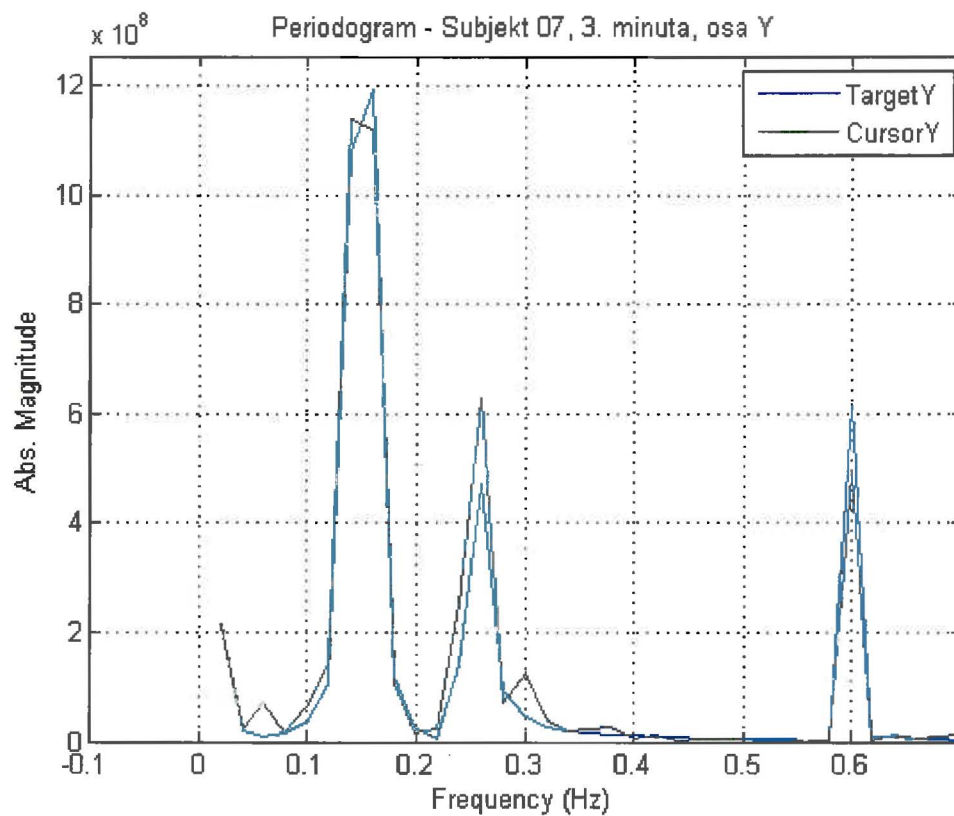
Graf č. 61 frekvenční analýza pohybu cílového a stíhacího kurzoru



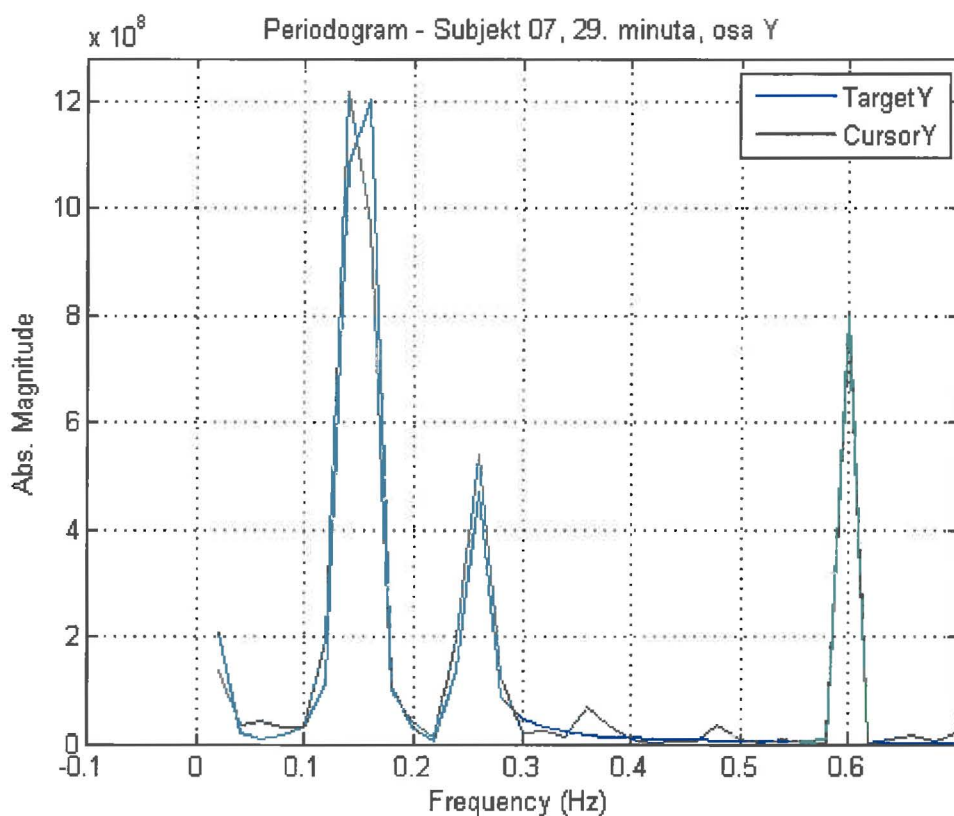
Graf č. 62 frekvenční analýza pohybu cílového a stíhacího kurzoru



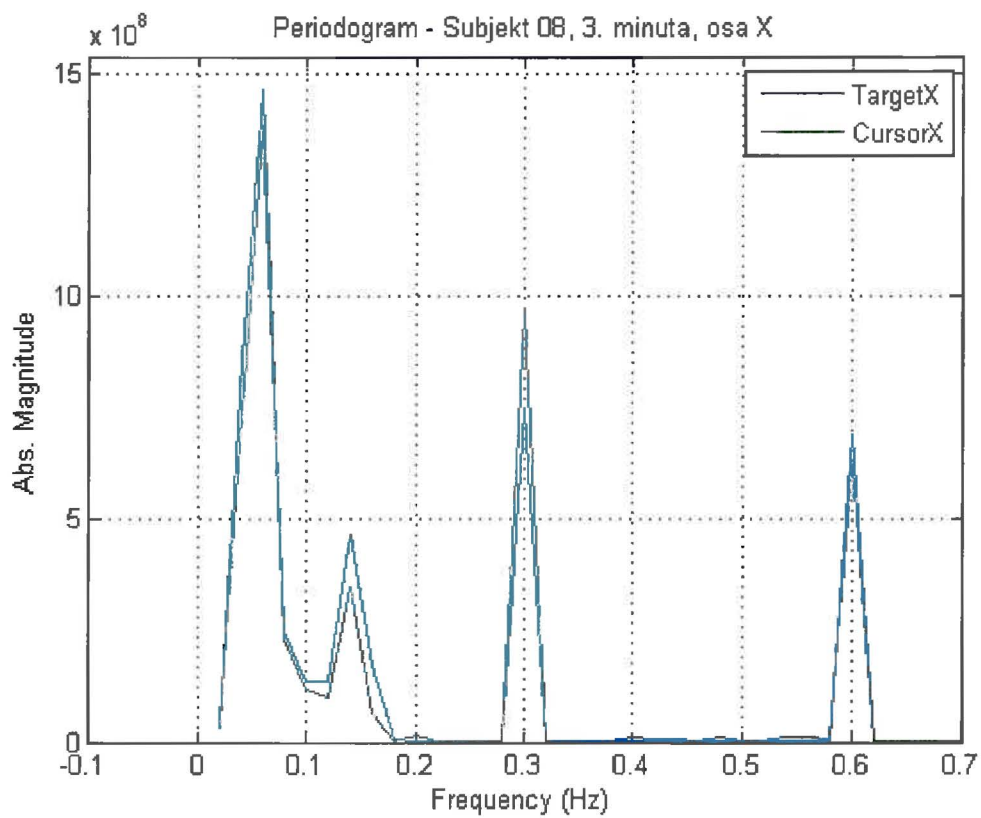
Graf č. 63 frekvenční analýza pohybu cílového a stíhacího kurzoru



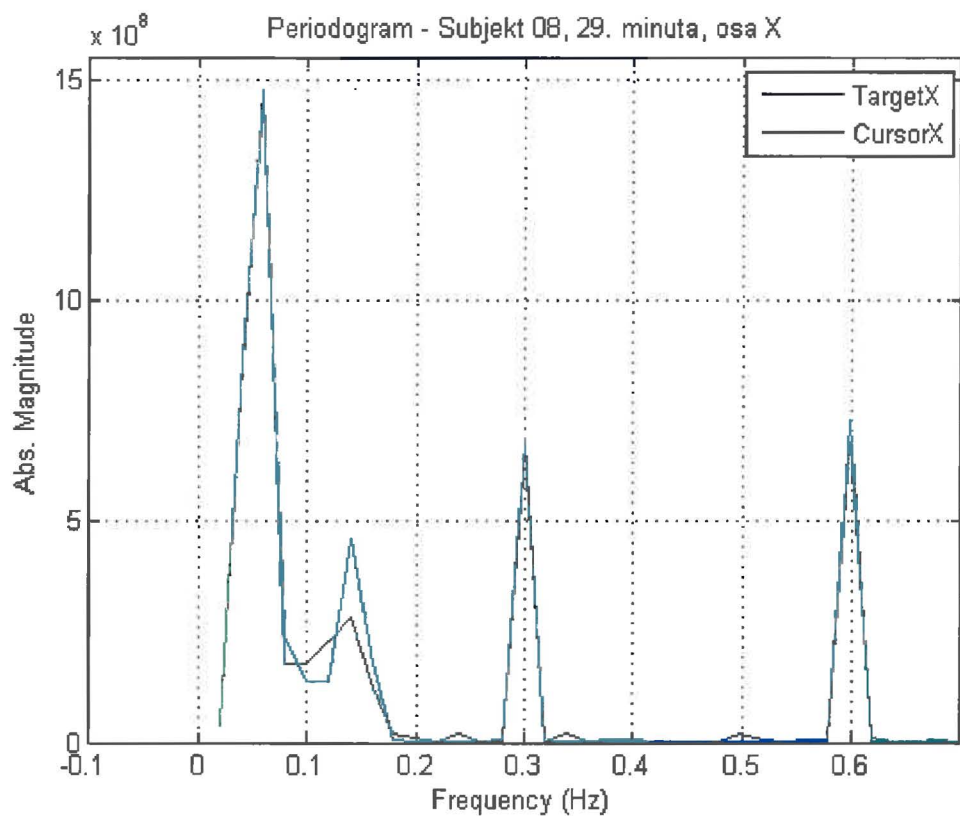
Graf č. 64 frekvenční analýza pohybu cílového a stíhacího kurzoru



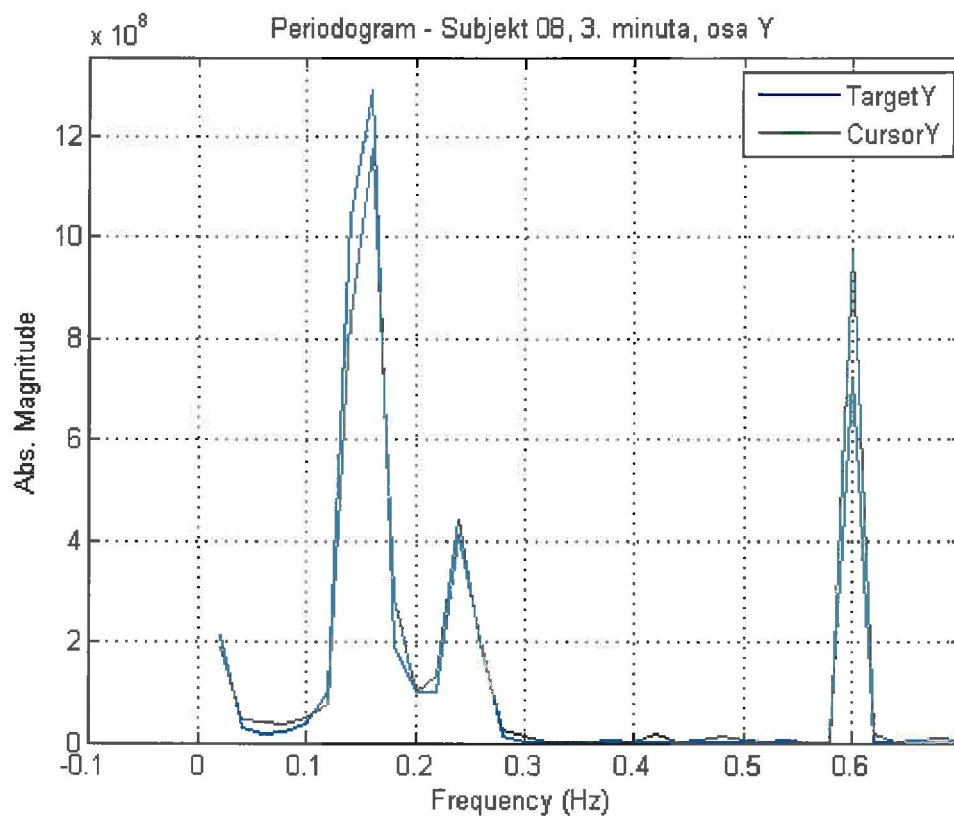
Graf č. 65 frekvenční analýza pohybu cílového a stíhacího kurzoru



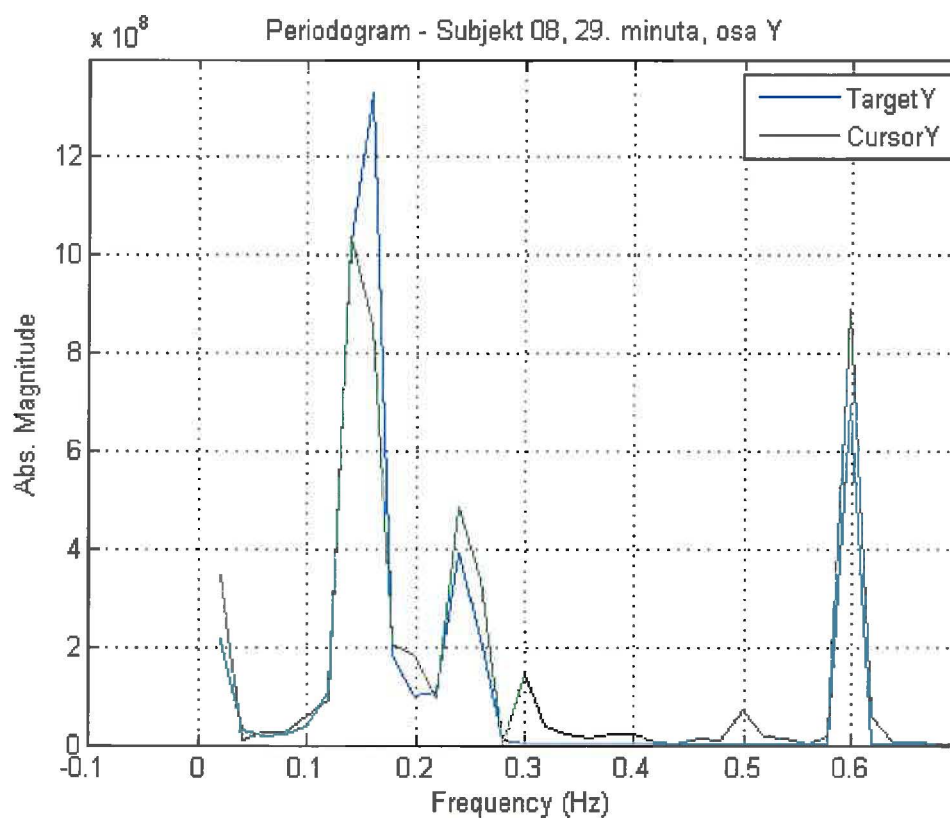
Graf č. 66 frekvenční analýza pohybu cílového a stíhacího kurzoru



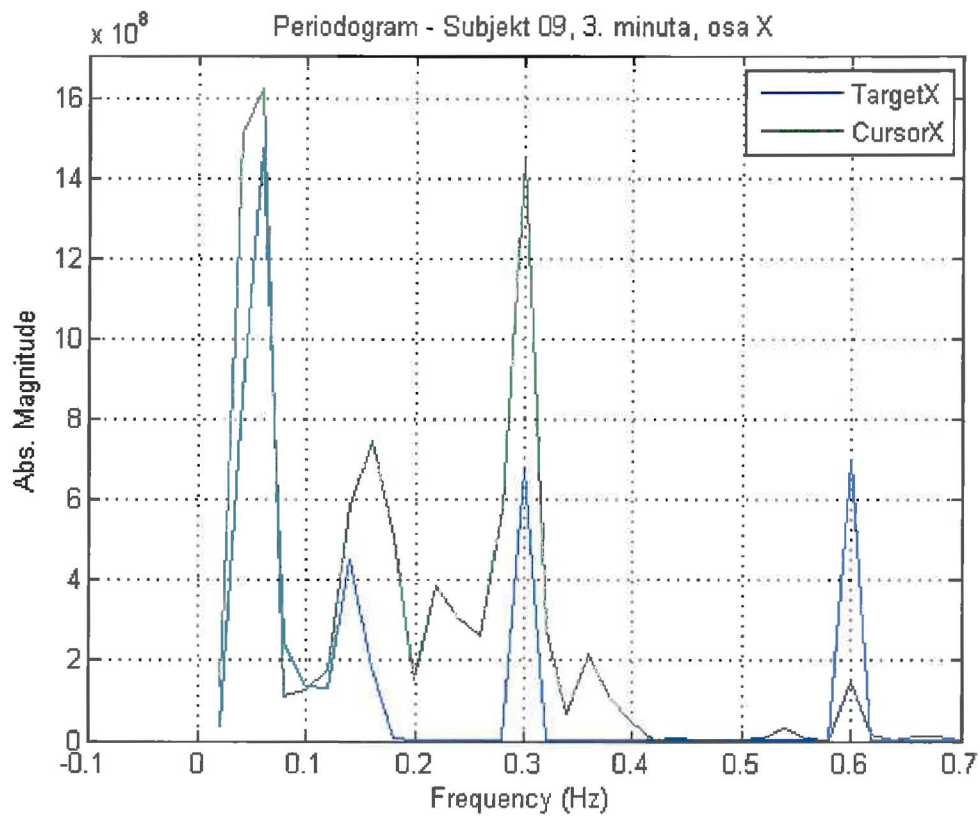
Graf č. 67 frekvenční analýza pohybu cílového a stíhacího kurzoru



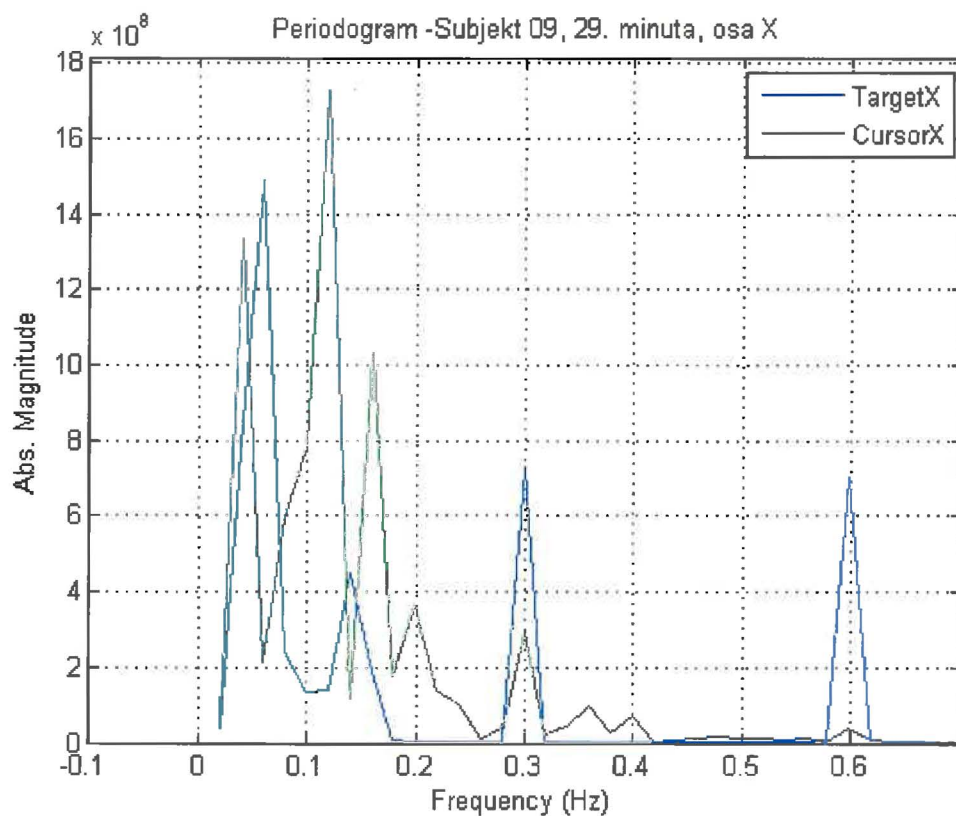
Graf č. 68 frekvenční analýza pohybu cílového a stíhacího kurzoru



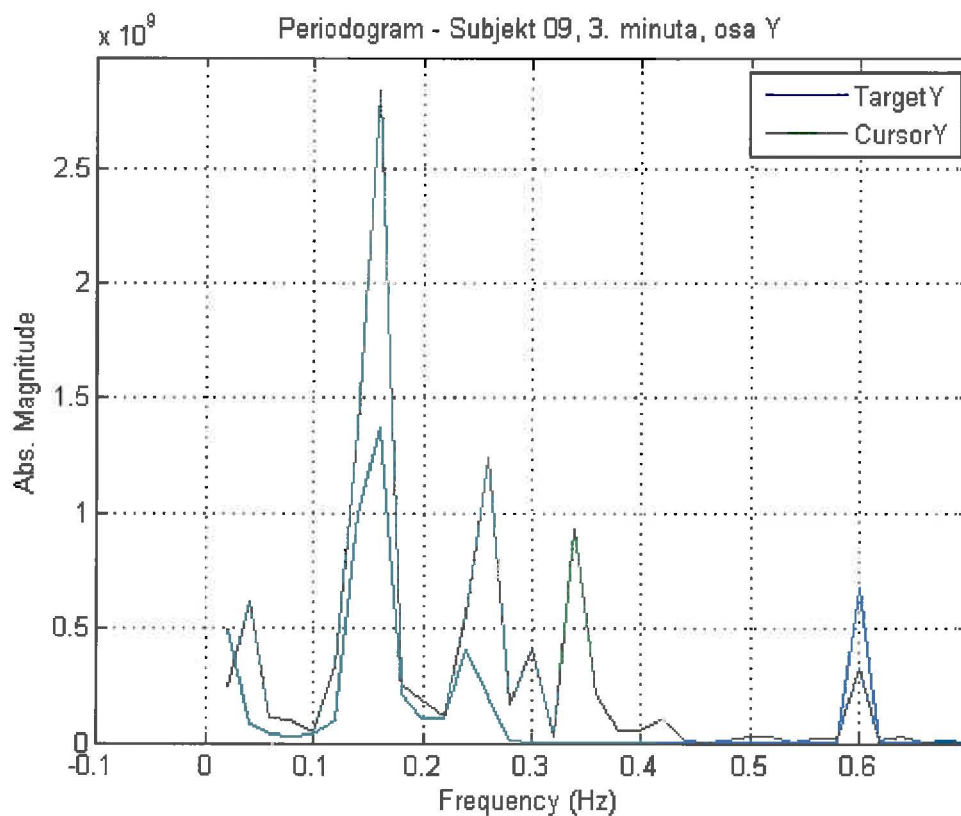
Graf č. 69 frekvenční analýza pohybu cílového a stíhacího kurzoru



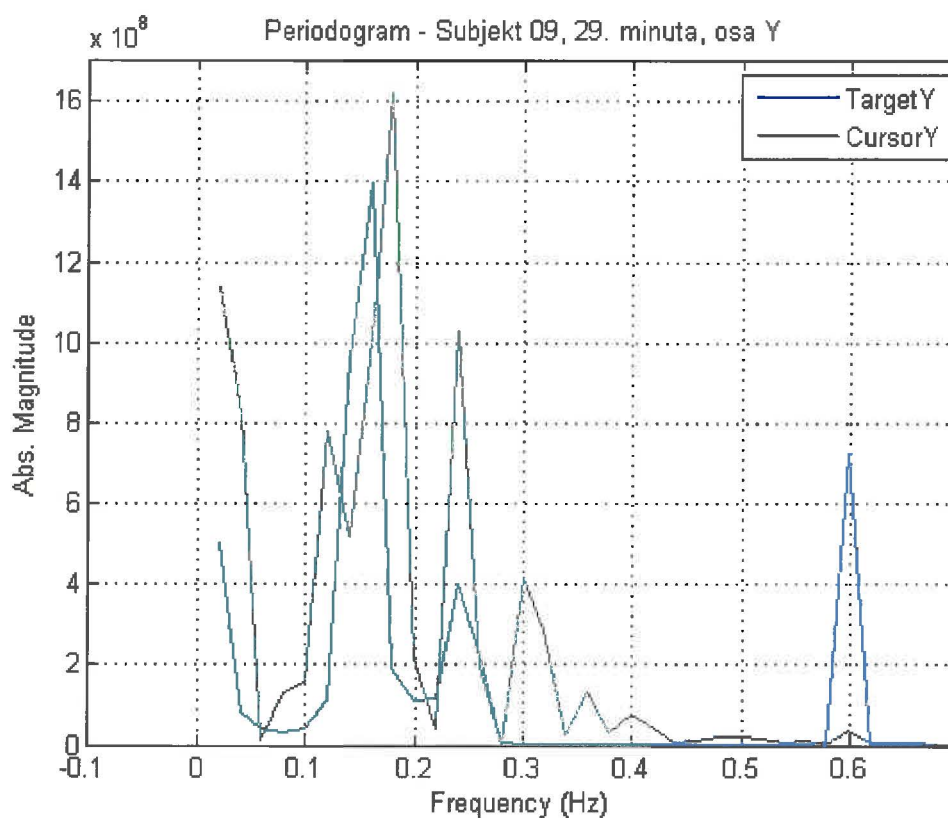
Graf č. 70 frekvenční analýza pohybu cílového a stíhacího kurzoru



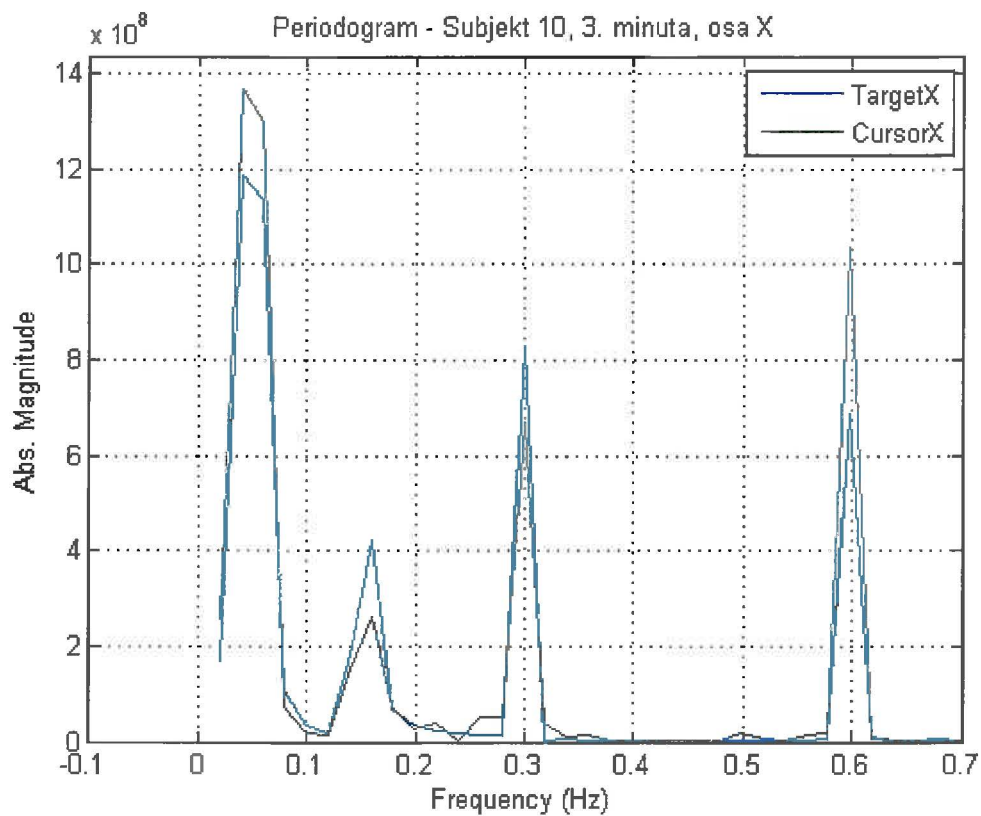
Graf č. 71 frekvenční analýza pohybu cílového a stíhacího kurzoru



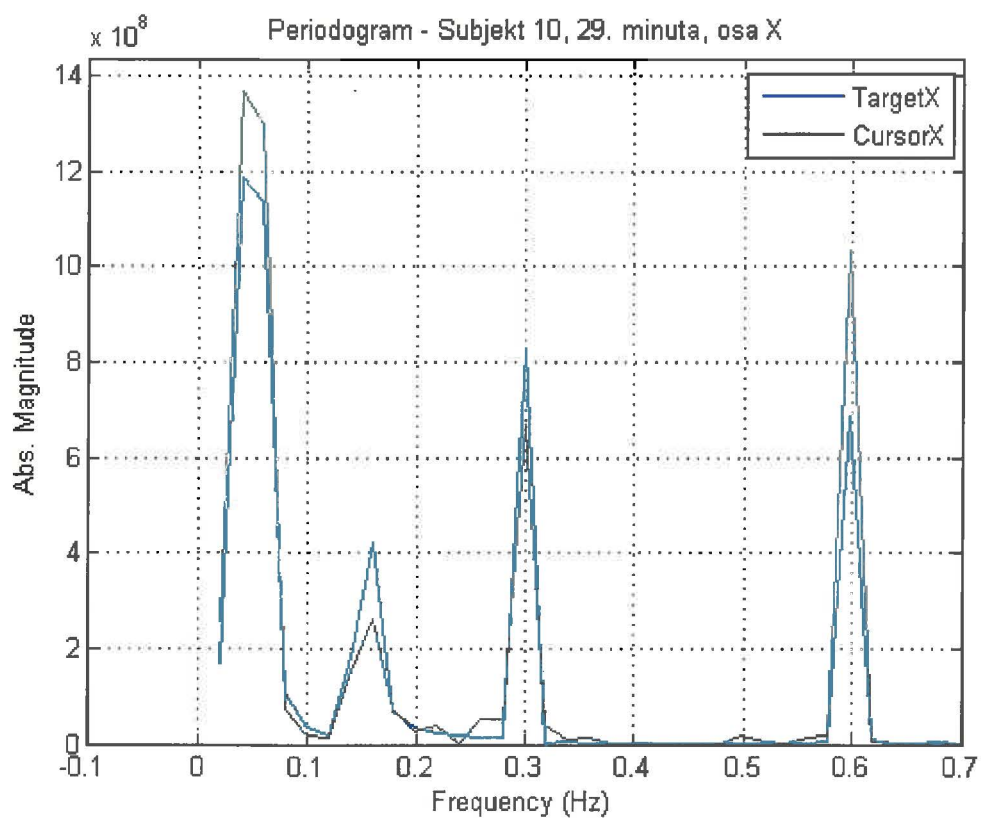
Graf č. 72 frekvenční analýza pohybu cílového a stíhacího kurzoru



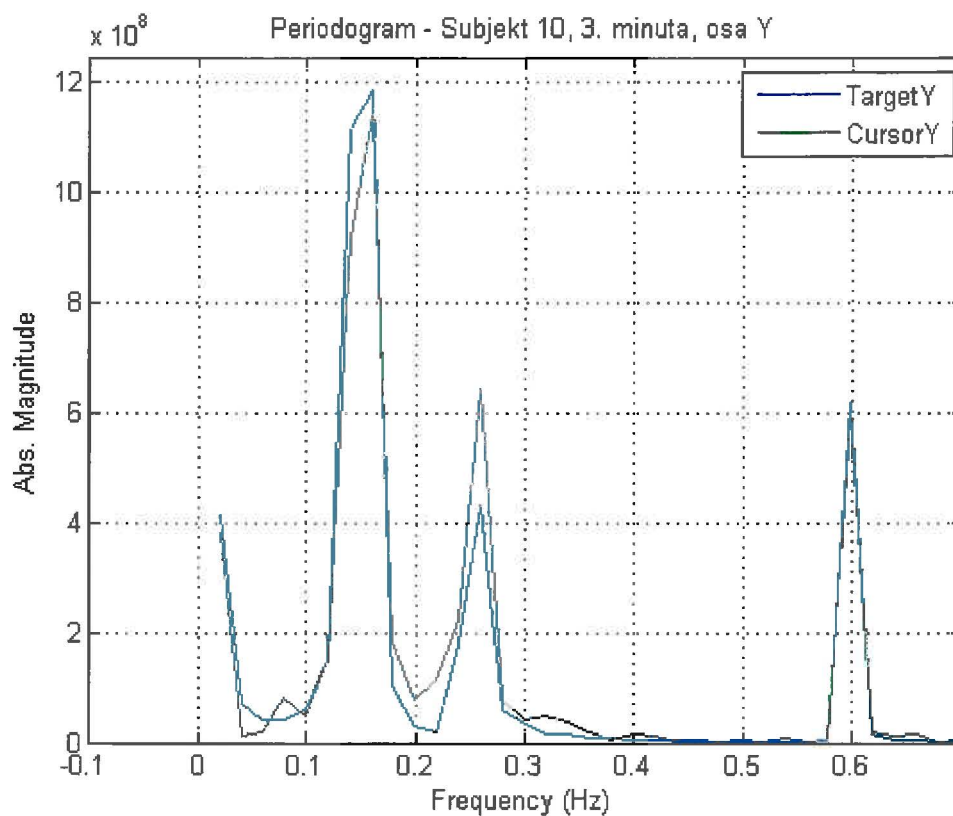
Graf č. 73 frekvenční analýza pohybu cílového a stíhacího kurzoru



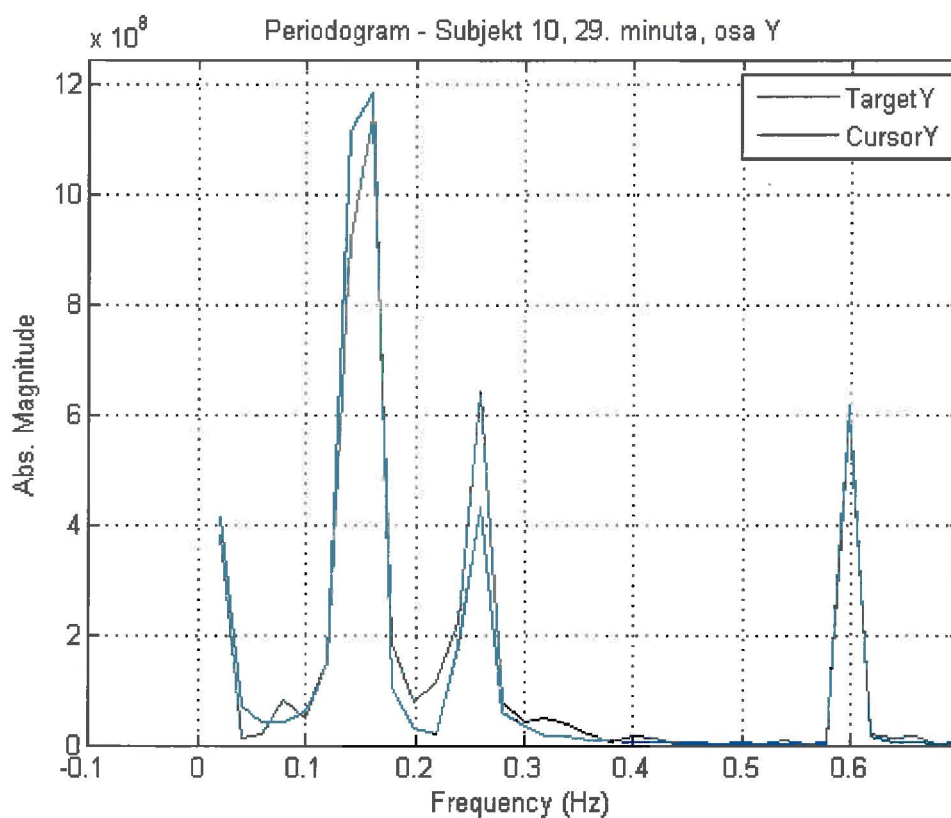
Graf č. 74 frekvenční analýza pohybu cílového a stíhacího kurzoru



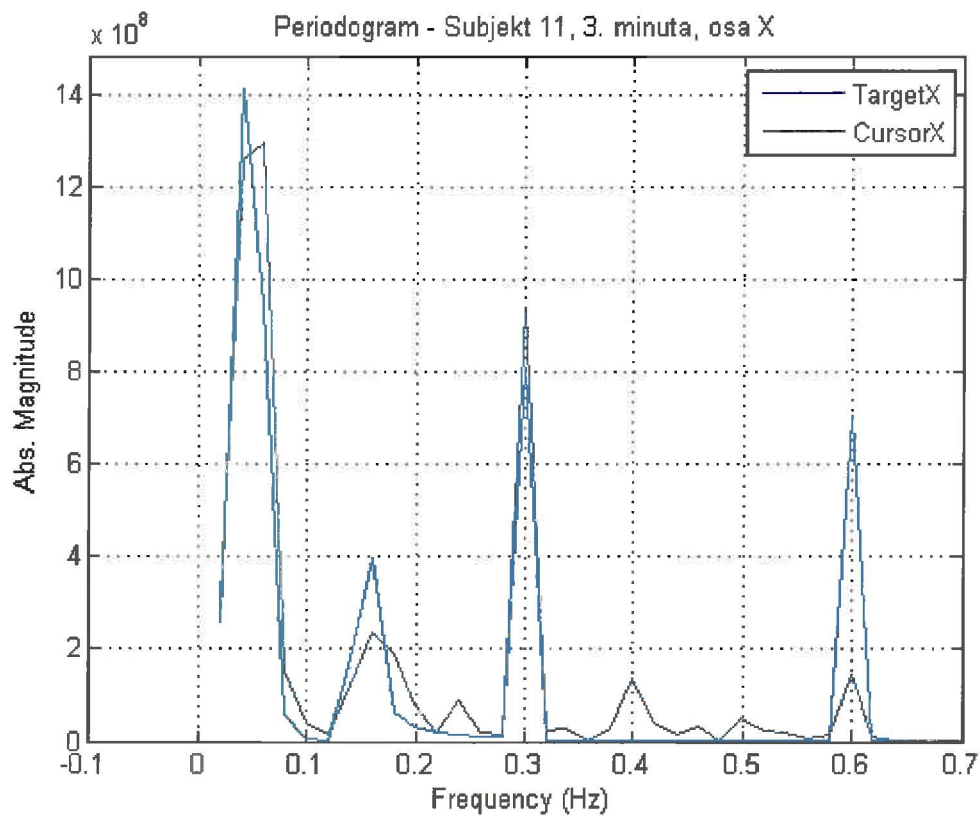
Graf č. 75 frekvenční analýza pohybu cílového a stíhacího kurzoru



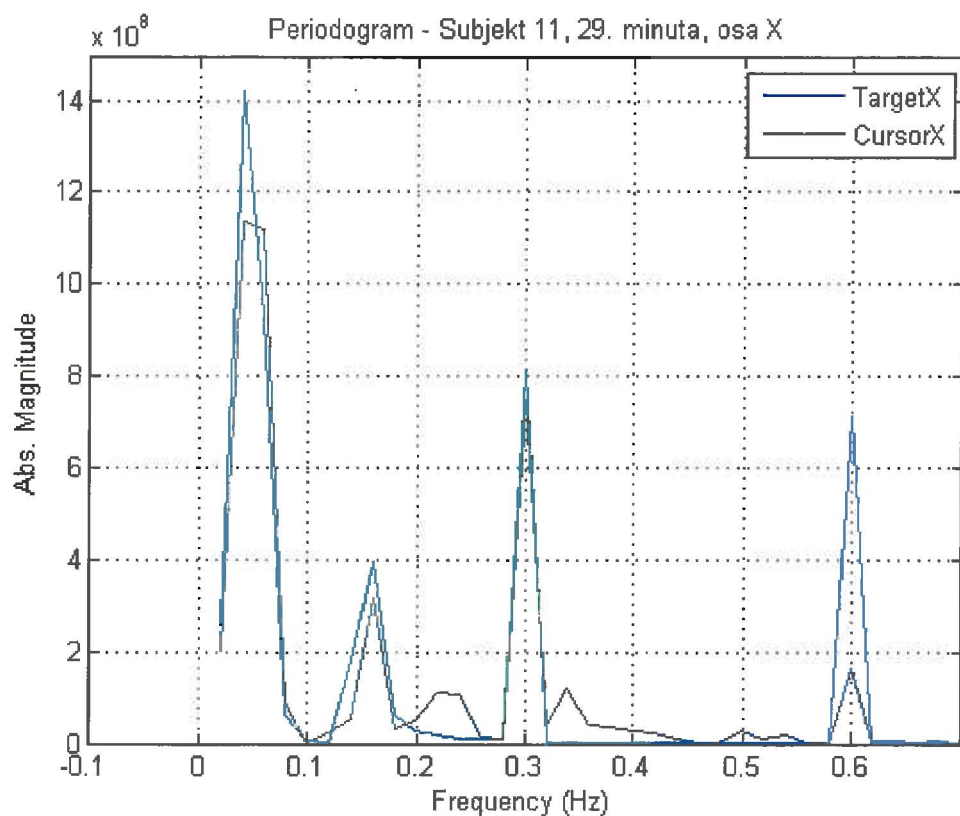
Graf č. 76 frekvenční analýza pohybu cílového a stíhacího kurzoru



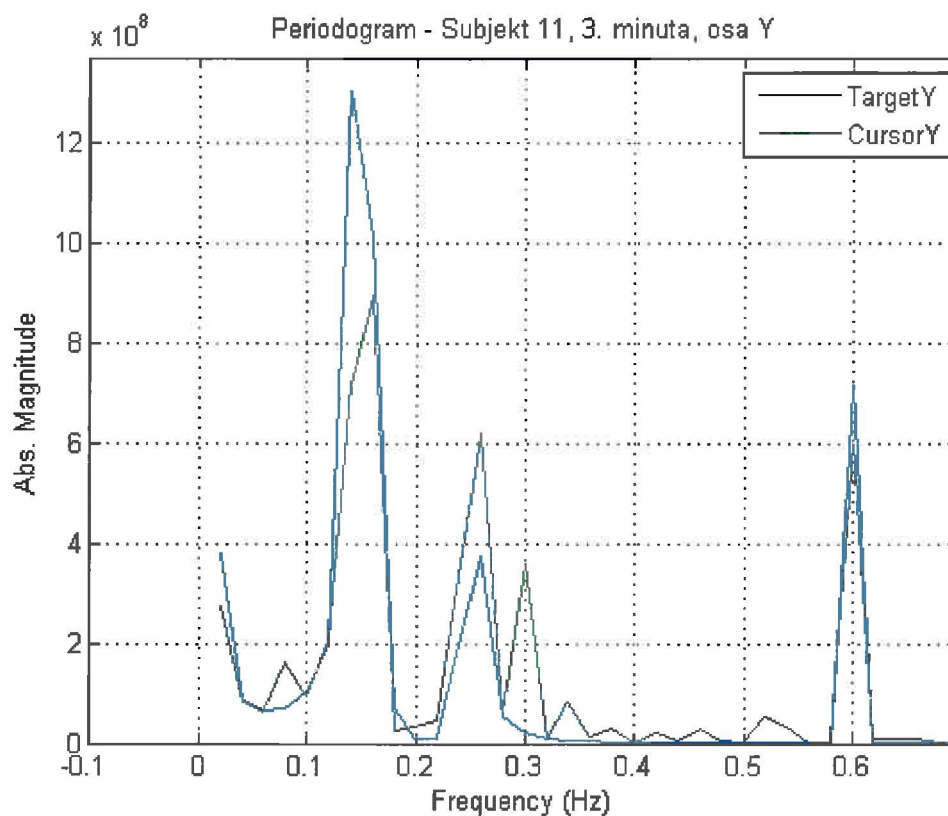
Graf č. 77 frekvenční analýza pohybu cílového a stíhacího kurzoru



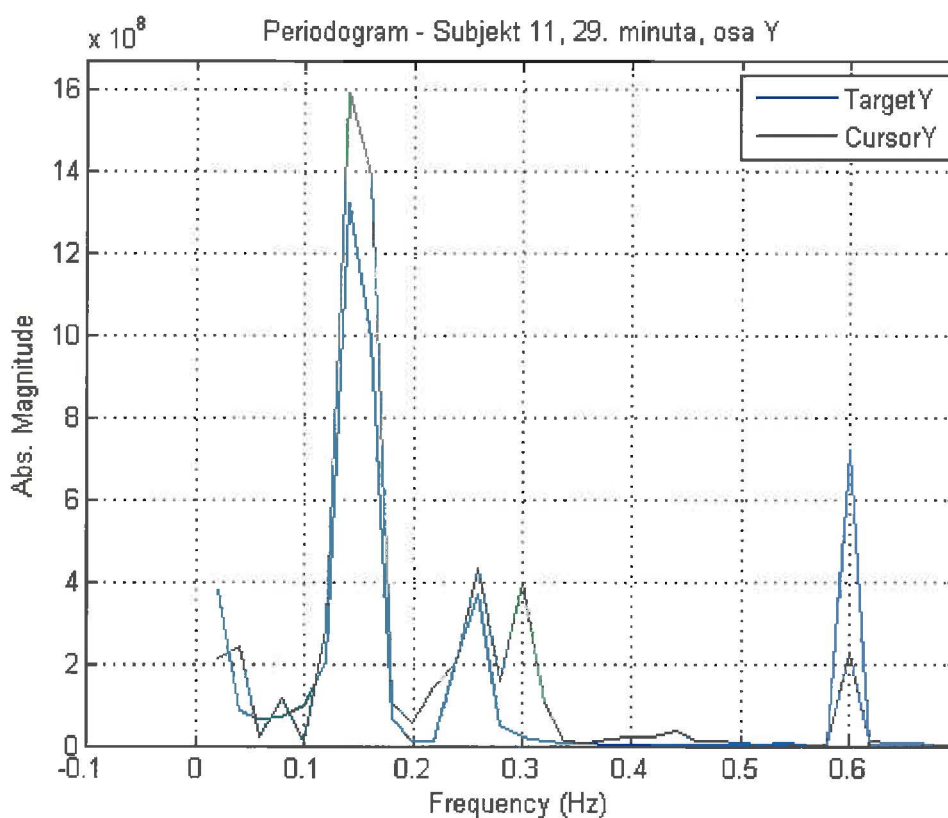
Graf č. 78 frekvenční analýza pohybu cílového a stíhacího kurzoru



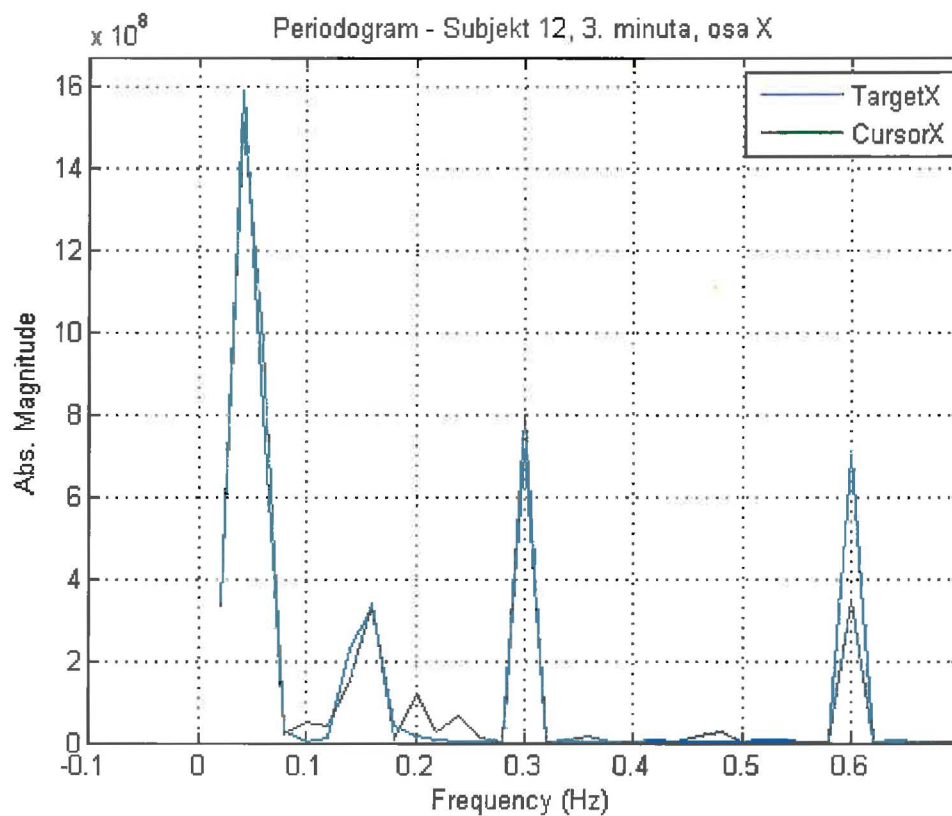
Graf č. 79 frekvenční analýza pohybu cílového a stíhacího kurzoru



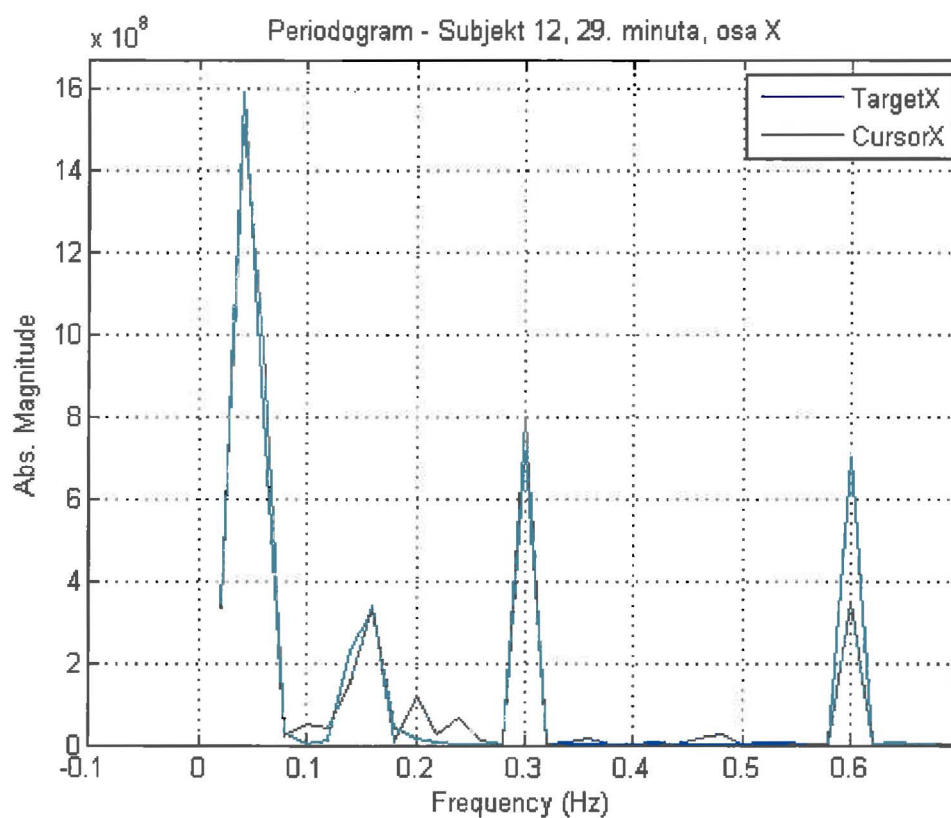
Graf č. 80 frekvenční analýza pohybu cílového a stíhacího kurzoru



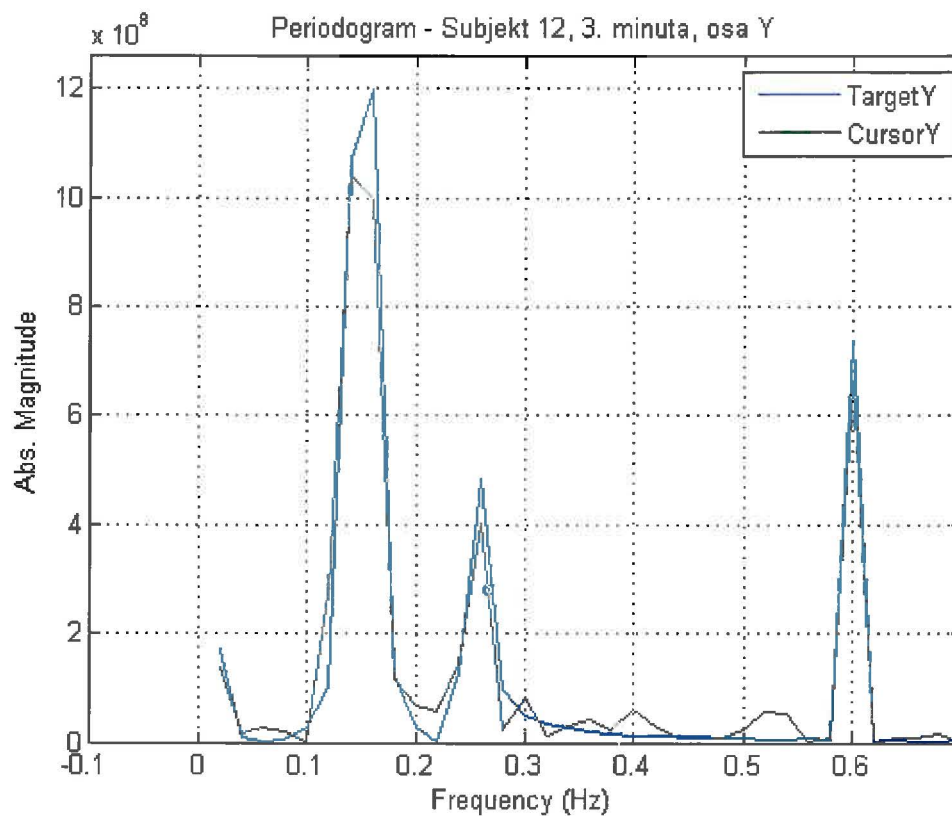
Graf č. 81 frekvenční analýza pohybu cílového a stíhacího kurzoru



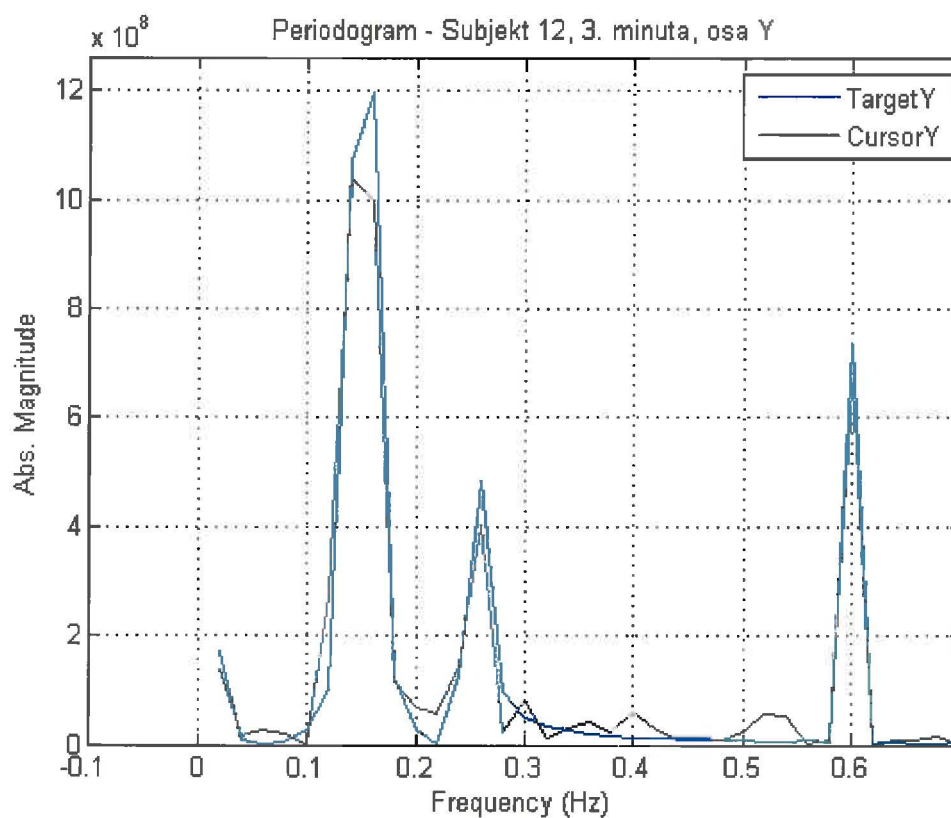
Graf č. 82 frekvenční analýza pohybu cílového a stíhacího kurzoru



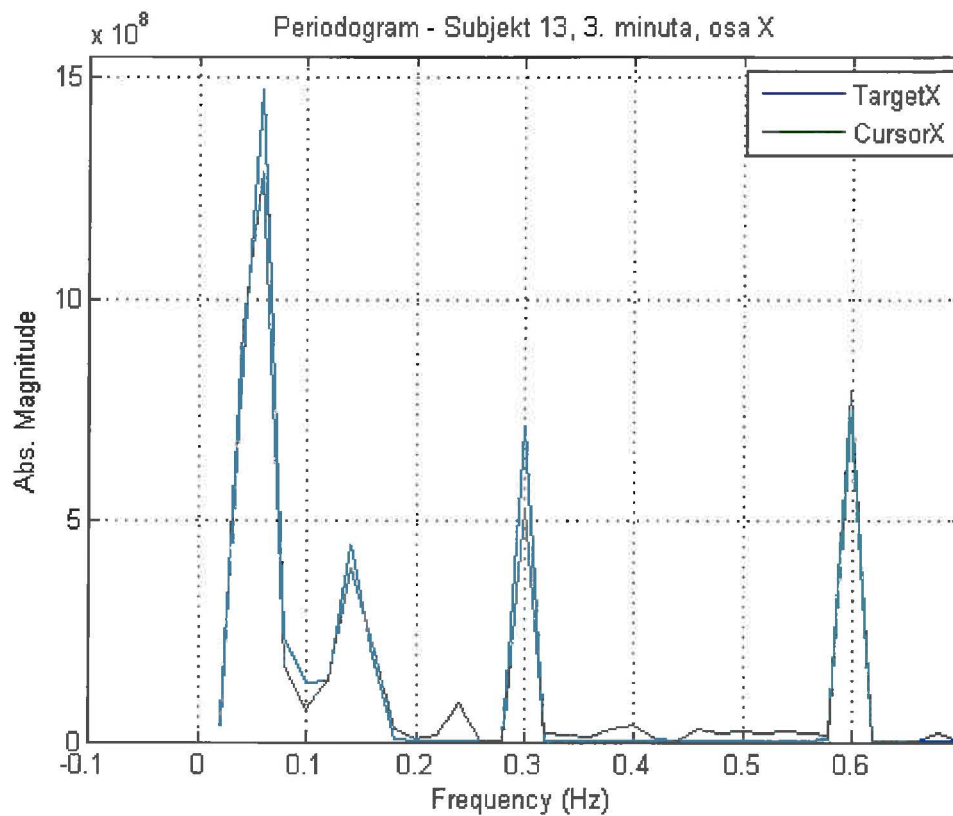
Graf č. 83 frekvenční analýza pohybu cílového a stíhacího kurzoru



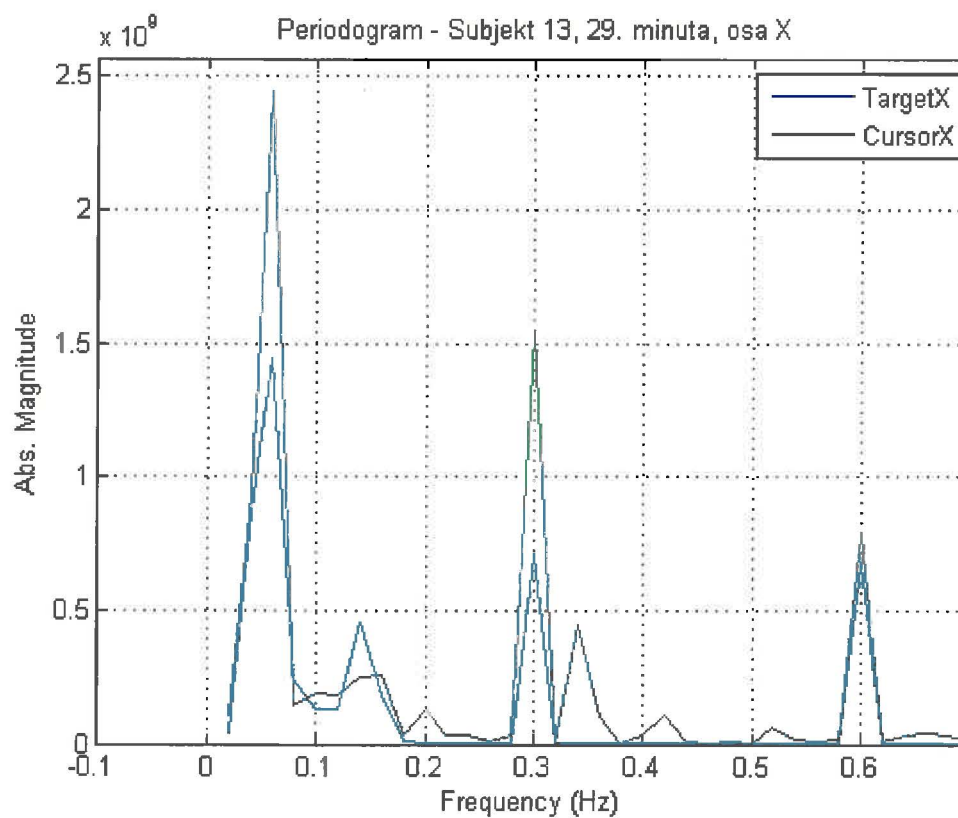
Graf č. 84 frekvenční analýza pohybu cílového a stíhacího kurzoru



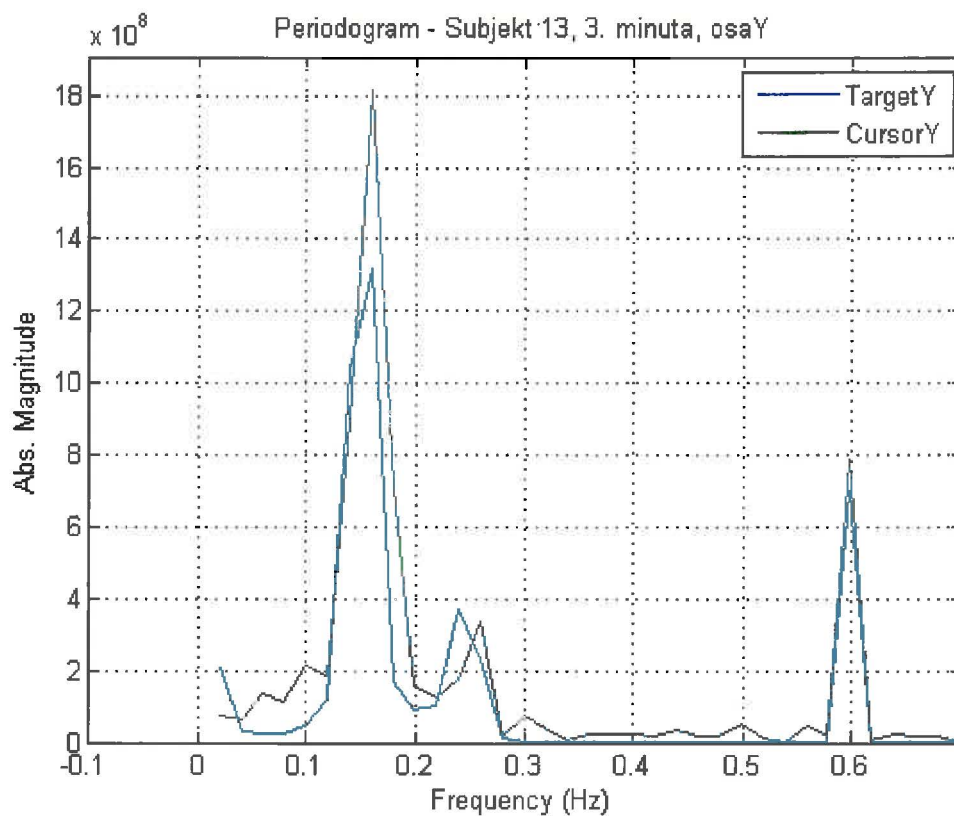
Graf č. 85 frekvenční analýza pohybu cílového a stíhacího kurzoru



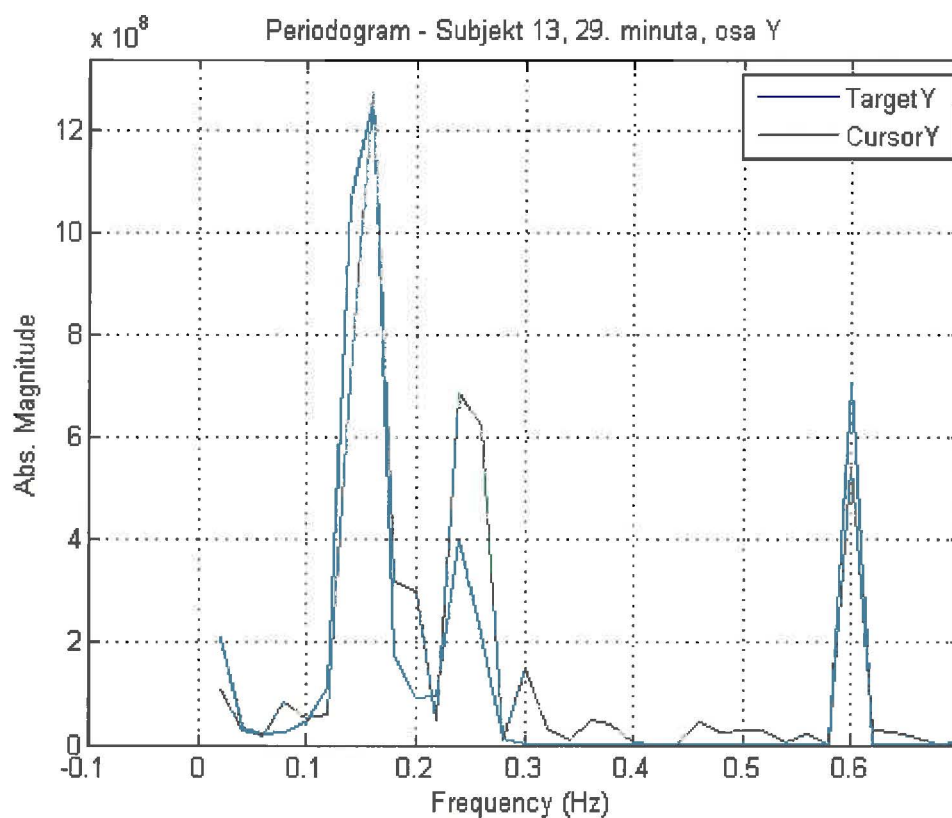
Graf č. 86 frekvenční analýza pohybu cílového a stíhacího kurzoru



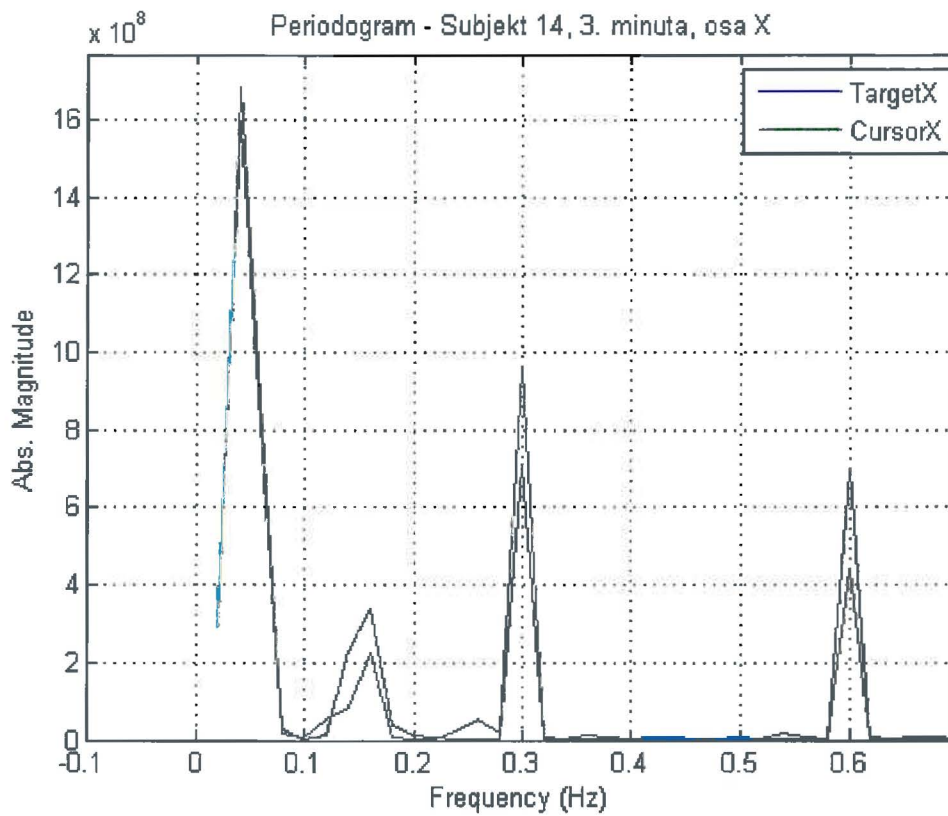
Graf č. 87 frekvenční analýza pohybu cílového a stíhacího kurzoru



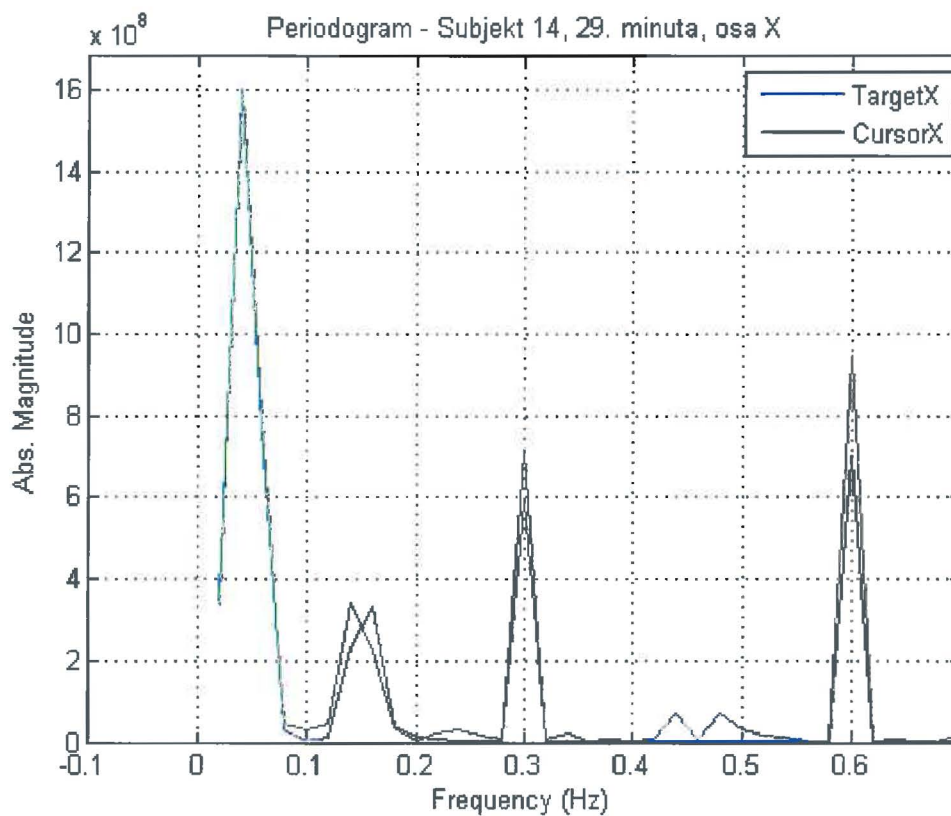
**Graf č. 88** frekvenční analýza pohybu cílového a stíhacího kurzoru



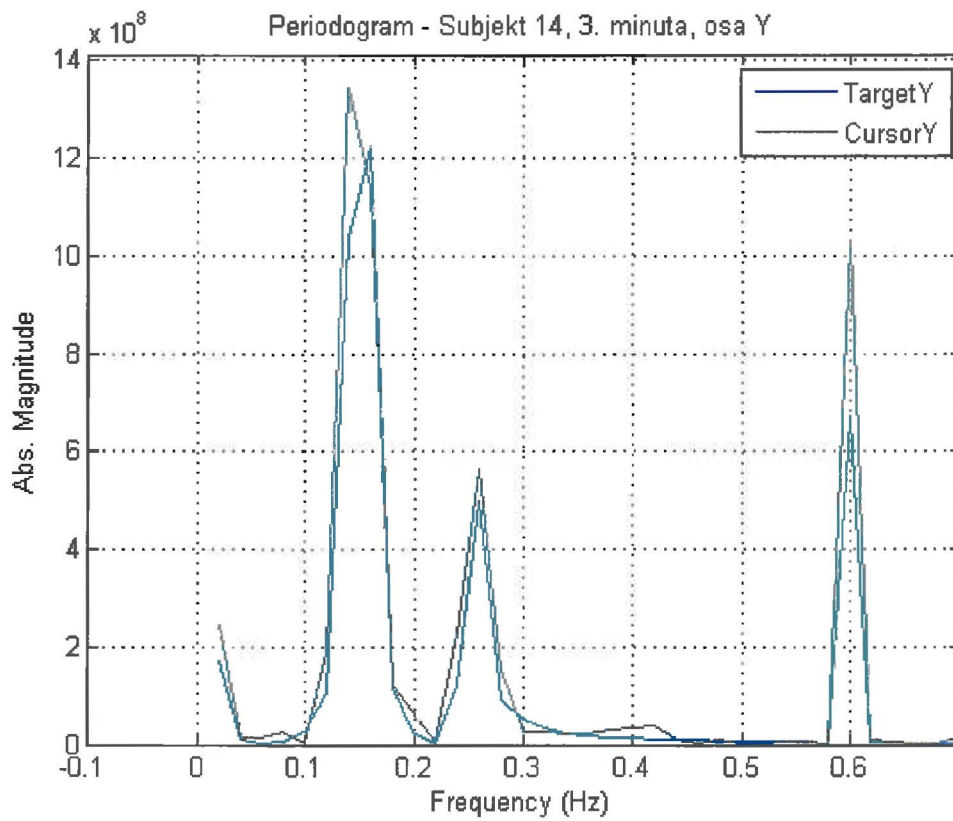
**Graf č. 89** frekvenční analýza pohybu cílového a stíhacího kurzoru



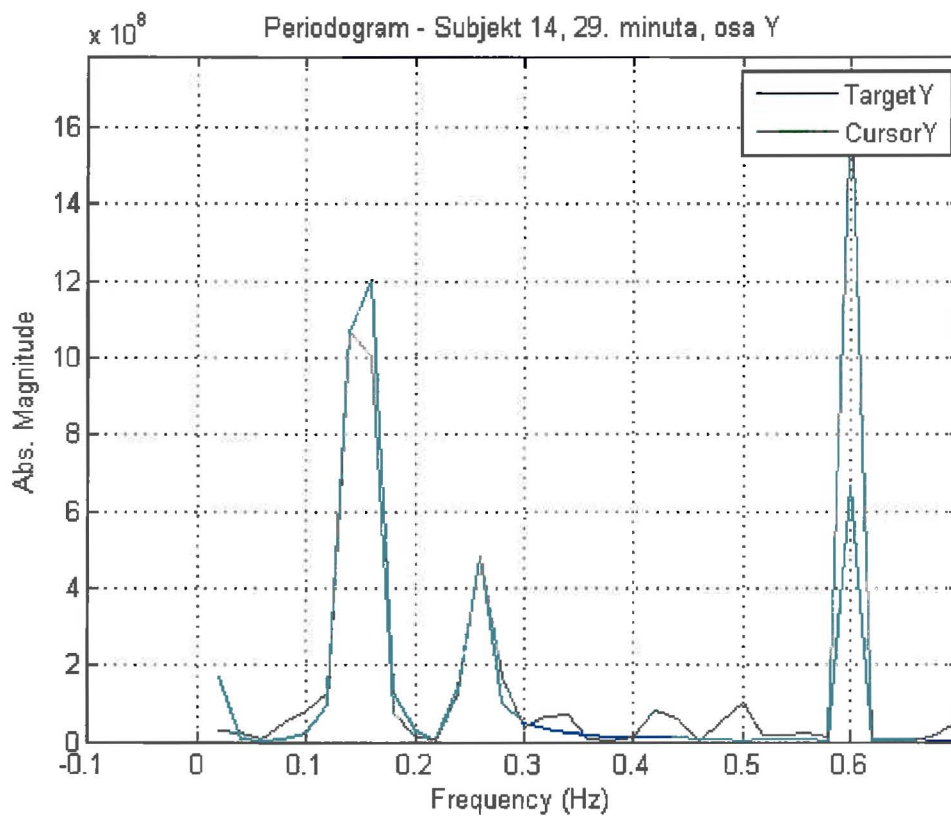
Graf č. 90 frekvenční analýza pohybu cílového a stíhacího kurzoru



Graf č. 91 frekvenční analýza pohybu cílového a stíhacího kurzoru



Graf č. 92 frekvenční analýza pohybu cílového a stíhacího kurzoru



Graf č. 93 frekvenční analýza pohybu cílového a stíhacího kurzoru

Dotazník k TT 2007

Čas měření: T/°c/ :

Věk: Sex: Váha: Výška: BMI: P/L:

2/ závažnější psychické či fyzické on. v poslední době event. aktuální farmakoterapie?

3/ neobvyklý psychický či fyzický stress v posledních 48 hod?

4/ zraková vada event. kompenzační pomůcky?

5/ kofein, nikotin, alkohol:

a/obvyklý úzus:

b/ za posledních 24 hod:

6/množství spánku ve srovnání s obvyklým stavem/ 1-5, 1-výrazně podprůměrné, 5-extrémně nadprůměrné

7/zkušenost s prací s joystickem/ 1-5, 1-minimální,../

Po testu

8/obtížnost testu/1-5, 1-minimální, 5-extrémní/

9/predikovatelnost pohybu/1-5, 1-minimální,../

10/únavnost úlohy/1-5, 1-minimální, ../