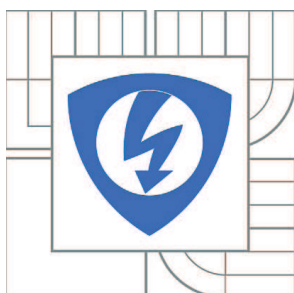


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH  
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION  
DEPARTMENT OF BIOMEDICAL ENGINEERING

## SOFTWARE PRO MĚŘENÍ REAKČNÍ DOBY PŘI OPTICKÉ STIMULACI

REACTION TIME RECOGNITION SOFTWARE WITH OPTICAL STIMULATION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

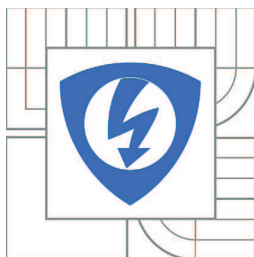
RUDOLF NAVRÁTIL

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. KAREL BUBNÍK

BRNO 2012



**VYSOKÉ UČENÍ  
TECHNICKÉ V BRNĚ**

**Fakulta elektrotechniky  
a komunikačních technologií**

**Ústav biomedicínského inženýrství**

# Bakalářská práce

bakalářský studijní obor

**Biomedicínská technika a bioinformatika**

**Student:** Rudolf Navrátil

**ID:** 88631

**Ročník:** 3

**Akademický rok:** 2011/2012

## NÁZEV TÉMATU:

**Software pro měření reakční doby při optické stimulaci**

## POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1) Seznamte se s fyziologií oka, principem vidění a metodami měření reakční doby při optické stimulaci. 2) Navrhněte blokové uspořádání aplikace pro měření reakční doby s popisem nastavovacích prvků. Navrhněte organizaci dat měřených osob a jejich výsledků do databáze. 3) Navrhněte protokol měření reakční doby oka optickou stimulací (obraz na monitoru počítače) s důrazem na minimalizaci vlivu okolí a uveďte postup následného vyhodnocení získaných dat. 4) Realizujte samostatnou aplikaci tak, aby umožňovala měřit reakční dobu na standardním počítači (přenosný počítač). 5) Ověřte funkci programu pro různé parametry stimulace (barva obrazce, velikost obrazce, změna barvy obrazce, ...) a zjistěte jaký mají vliv na reakční dobu. 6) Provedte měření na osobách a vyhodnoťte změnu reakční doby v návaznosti na únavu osoby. Všechna měření graficky zpracujte a statisticky vyhodnoťte.

## DOPORUČENÁ LITERATURA:

- [1] CORNSWEET, T.N. Visual Perception, Acd. Press, New York - London 1970
- [2] DAVSON, H.Ed. The Eye II - The Visual Process, Acd. Press, New York - London 1962
- [3] FUORTES, M.G.F.: Handbook of SensoryPhysilolog VII/2 Physiologof Photoreceptor Organs Springer - Verlag BerliHeidelberg - New York, 1972

**Termín zadání:** 6.2.2012

**Termín odevzdání:** 25.5.2012

**Vedoucí práce:** Ing. Karel Bubník

**Konzultanti bakalářské práce:**

**prof. Ing. Ivo Provazník, Ph.D.**

*Předseda oborové rady*

## UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

## **Abstrakt**

Tato práce se zabývá měřením reakční doby na základě optické stimulace, rozebírá teorii vidění, metody měření reakční doby, řeší návrh a realizaci aplikace pro měření reakční doby, archivaci výsledků měření a jejich statistické vyhodnocení. Pojednává o měření reakční doby s využitím vytvořené aplikace na testovacím vzorku osob a o jeho vyhodnocení. Na závěr nastiňuje možnosti dalšího rozšíření aplikace.

## **Klíčová slova**

reakční doba, měření reakční doby, simple reaction time, optická stimulace

## **Abstract**

This work deals with the measurement of reaction time on the basis of optical stimulation, discusses the theory of visual sense and methods of measuring visual reaction time. Solves the design and implementation of application for the measurement of reaction time, archiving measurement results and their statistical evaluation. Discusses the measurement of reaction time using this application on the test sample of people and its evaluation. At the conclusion outlines opportunities for further expansion of the application.

## **Keywords**

reaction time, reaction time test, simple reaction time, optical stimulation

## **Citace**

Navrátil, R. *Software pro měření reakční doby při optické stimulaci: bakalářská práce*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2012. 44s., 3 příl. Vedoucí bakalářské práce Ing. Karel Bubník.

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci na téma Software pro měření reakční doby při optické stimulaci jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne 21.5.2012

.....  
podpis autora

## **Poděkování**

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Karlu Bubníkovi za odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

V Brně dne 21.5.2012

.....  
podpis autora

# Obsah

|                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| Obsah.....                                                             | 5  |
| 1 Úvod.....                                                            | 7  |
| 2 Fyziologie oka a princip vidění.....                                 | 8  |
| 2.1 Stavba oka a jeho fyziologie.....                                  | 8  |
| 2.2 Princip vidění - senzorické a senzitivní korové oblasti mozku..... | 10 |
| 2.2.1 Zrakové korové oblasti.....                                      | 10 |
| 2.2.2 Frontální zrakové pole.....                                      | 11 |
| 2.2.3 Rozlišování intenzity světla.....                                | 11 |
| 2.2.4 Rozlišování barev, barevné vidění.....                           | 12 |
| 3 Metody měření reakční doby při optické stimulaci.....                | 13 |
| 3.1 Metoda „Simple reaction time“.....                                 | 13 |
| 3.2 Metoda „Recognition reaction time“.....                            | 14 |
| 3.3 Metoda „Choice reaction time“.....                                 | 14 |
| 4 Návrh aplikace.....                                                  | 14 |
| 4.1 Funkce aplikace.....                                               | 14 |
| 4.2 Popis aplikace a blokové schéma.....                               | 15 |
| 4.3 Organizace dat.....                                                | 17 |
| 4.3.1 Textový soubor.....                                              | 17 |
| 4.3.2 Binární soubor.....                                              | 17 |
| 4.3.3 XML soubor.....                                                  | 17 |
| 4.3.4 Databáze.....                                                    | 17 |
| 4.3.5 Zhodnocení možností.....                                         | 18 |
| 4.3.6 Návrh databázové struktury.....                                  | 18 |
| 5 Protokol měření.....                                                 | 21 |
| 5.1 Standardní podmínky měření.....                                    | 21 |
| 5.2 Standardní test .....                                              | 22 |
| 5.3 Výstupní report.....                                               | 22 |
| 6 Software pro měření reakční doby.....                                | 23 |
| 6.1 Souhrn požadavků na aplikaci.....                                  | 23 |
| 6.2 Realizace aplikace.....                                            | 23 |
| 6.3 Inicializace.....                                                  | 24 |
| 6.4 Řešení grafického rozhraní a ovládání.....                         | 24 |
| 6.4.1 Základní okno aplikace.....                                      | 24 |

|                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------|----|
| 6.4.2 Detail měření.....                                  | 25 |
| 6.4.3 Nastavení programu .....                            | 26 |
| 6.4.4 Předvolby měření.....                               | 27 |
| 6.4.5 Spuštění měření.....                                | 28 |
| 6.5 Programové řešení vlastního měření.....               | 29 |
| 6.6 Řešení exportu dat .....                              | 30 |
| 7 Měření reakční doby na testovacím vzorku osob.....      | 32 |
| 7.1 Statistické testování .....                           | 32 |
| 7.2 Vliv parametrů stimulace na reakční dobu.....         | 33 |
| 7.2.1 Metodika měření.....                                | 33 |
| 7.2.2 Výsledky měření.....                                | 33 |
| 7.3 Vliv únavy na reakční dobu.....                       | 35 |
| 7.3.1 Metodika měření.....                                | 35 |
| 7.3.2 Výsledky měření.....                                | 35 |
| 7.4 Zhodnocení a závěry měření.....                       | 36 |
| 8 Závěr.....                                              | 38 |
| Literatura.....                                           | 39 |
| Seznam příloh.....                                        | 41 |
| Příloha 1: Manuál aplikace.....                           | 42 |
| Příloha 2: Popis struktury exportovaných MAT souborů..... | 45 |

# 1 Úvod

Reakční doba je důležitým faktorem při spoustě činností v běžném lidském životě. Kritickou roli hraje například při řízení motorových vozidel nebo letadel, klíčovou je také v některých sportovních disciplínách u vrcholových sportovců nebo specifických zaměstnáních. Své uplatnění nachází i v armádní oblasti.

Člověk reaguje s různým zpožděním na zvukový podnět, fyzický kontakt i na vizuální vjem, což je dáno jejich rozdílným zpracováním jak příslušným orgánem, tak i mozkiem. Právě posledně jmenovanou reakcí na vizuální podnět se bude zabývat tato práce. Jejím cílem je vytvoření a otestování aplikace, která umožní měřit reakční dobu na základě optické stimulace a naměřené výsledky dále archivovat a vyhodnocovat.

Abychom byli schopni měřit reakční dobu, je nutné pochopit problematiku tohoto měření komplexně. Na začátek tedy bude ve 2. kapitole bude pojednáno o fyziologii oka, principu vidění a zpracování zrakové informace. Třetí kapitola se bude zabývat existujícími metodami měření reakční doby optickou stimulací, ze kterých bude jedna zvolena pro tento projekt. Ve 4. kapitole bude aplikace pro měření navržena v teoretické rovině – budou rozebrány požadavky na její funkce, navrženo blokové schéma, způsob ukládání dat a jejich organizace. Kapitola č. 5 popíše protokol samotného měření s uvedením standardních podmínek měření a parametrů standardního testu. Dále bude také popsán výstupní report měření. Kapitola č. 6 se již bude zabývat samotnou realizací aplikace, popisem jejího grafického rozhraní, programovým řešením a možnostmi nastavení. Budou také zmíněny možnosti exportu naměřených dat. Předposlední 7. kapitola pojednává o zkušebním měření reakční doby na testovacím vzorku osob za použití vytvořené aplikace. Měření bude provedeno s různými parametry a následně vyhodnoceno. Závěrečná kapitola shrne výsledky celé práce a nastíní možnosti dalšího vývoje.

## 2 Fyziologie oka a princip vidění

Abychom mohli správně měřit a hodnotit reakční dobu na vizuální podnět, je nutné porozumět funkci samotného lidského oka, stejně jako následnému zpracování vizuálního vjemu mozkem. Tím se bude zabývat právě tato kapitola.

### 2.1 Stavba oka a jeho fyziologie

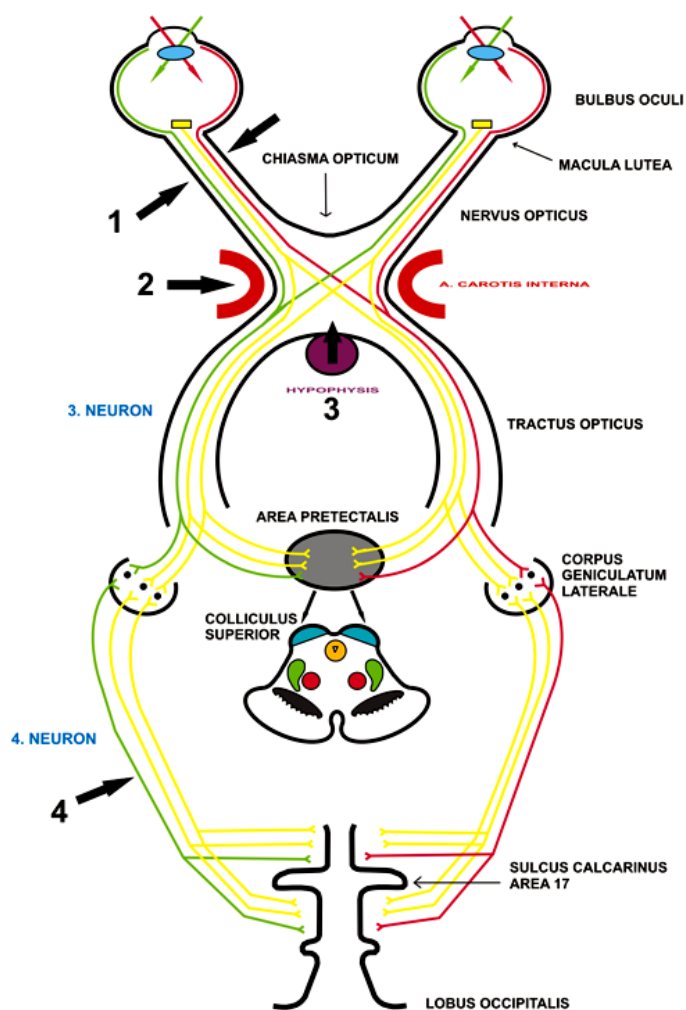
Oko se v základním dělení skládá z oční koule a přídatných očních orgánů. Oční koule sestává ze tří základních vrstev – tunica fibrosa, obsahující bělimu a rohovku, tunica vasculosa s cévnatkou, řasnatým tělesem a duhovkou a třetí vrstvou retina, neboli sítnice. Dále obsahuje čočku, sklivec, oční komoru a komorový mok.

Přídatné oční orgány zahrnují okohybné svaly, hladké svaly očnice, vazivový aparát očnice, víčka, spojivku, cévy a nervy víček a spojivky, slzné ústrojí, cévy oka a očnice a zrakovou dráhu. Zejména poslední jmenovaná část – zraková dráha – nás bude dále zajímat.

Zraková dráha je tvořena řetězcem 4 neuronů, vedoucích zrakové informace ze sítnice do korového zrakového pole, což je místo, kde si viděné uvědomujeme.

1. neuron zrakové dráhy je tvořen fotoreceptory, kterými je přibližně 130 milionů tyčinek a 7 milionů čípků. Činné výběžky těchto fotoreceptorů zachycují světelné paprsky a jejich vodivé výběžky je předávají druhému neuronu. Soubor prvních neuronů se nazývá stratum neuroepitheliale retinae.

Představitelem 2. neuronu jsou drobné bipolární neurony uložené ve střední vstvě sítnice. Bipolární neurony se dále dělí do dvou skupin – jedna sbírá informace z čípku, přičemž jeden bipolární neuron sbírá informace právě z jednoho čípku, druhá skupina sbírá informace z tyčinek, kdy na jeden bipolární neuron připadá 3-5 tyčinek. Soubor těchto bipolárních neuronů tvoří ganglion retinae.



Obrázek 2.1: Schéma zrakové dráhy, převzato z [8]

3. neuron tvoří velké multipolární neurony, které jsou uloženy na vnitřním povrchu sítnice. Jeden multipolární neuron sbírá informace z několika bipolárních neuronů. Po povrchu sítnice se sbíhají neurity multipolárních neuronů k papile zrakového nervu. Po průchodu oční stěnou pak tvoří vlastní zrakový nerv, nervus opticus. Souborem multipolárních neuronů je ganglion nervi optici.

Vlákna z nazálních částí sítnic obou zrakových nervů se kříží, vlákna z temporálních částí sítnic jsou nezkřížená. Úsek zrakové dráhy za chiazmatem se nazývá pravý a levý tractus opticus. Každý obsahuje vlákna ze stejnostranných částí sítnic obou očí, ale z různostranných úseků zorných polí.

Tractus opticus se rozděluje na radix lateralis a radix medialis. Silnější radix lateralis s cca. 80% vláken končí v nucleus corporis geniculati lateralis, což je součást tzv. specifického thalamu, a přepojuje se v něm na 4. neuron zrakové dráhy. Slabší radix medialis se na

přímém zpracování zrakových signálů dále nepodílí, jeho vlákna vedou k šedým hmotám různých částí centrálního nervového systému, kde ovlivňují jejich funkce. První část vláken končí ve středním mozku (opticko-motorické reflexy a centrum pupilárního reflexu), další část vede do hypothalamu, kde podle hladiny světla ovlivňují metabolickou činnost organismu. Poslední část vláken radix medialis vede do mezencefala a ovlivňují motoneurony okohybných nervů.

4. neuron je představován neurony v nucleus corporis geniculati lateralis. Jejich neurity probíhají cestou radiatio optica v zadní části capsula interna do kortikálního zrakového pole na mediální straně okcipitálního laloku v okolí sulcus calcarinus. [1], [2]

## **2.2 Princip vidění - senzorické a senzitivní korové oblasti mozku**

V mozkové kůře můžeme identifikovat senzitivní a senzorické korové oblasti, motorické korové oblasti, části představující kůru asociační a zvláštní případ mozkové kůry – limbickou kůru mozkovou.

Nás budou z pohledu tohoto projektu zajímat zejména senzitivní a senzorické korové oblasti. Ty zpracovávají dostředivé informace z opačné strany těla a dělí se na korovou oblast všeobecné senzitivity, korové oblasti chuťové, oblasti zrakové, sluchové oblasti, čichové oblasti a oblast vestibulární. Tyto korové oblasti jsou uloženy v kůře parietálního, okcipitálního a temporálního laloku. [1]

### **2.2.1 Zrakové korové oblasti**

Zrakové korové oblasti jsou zodpovědné za zpracování zrakové informace, která je přiváděna posledním 4. neuronem cestou capsula int. Nachází se na mediální ploše okcipitálního laloku kolem sulcus calcarinus.

Do primární zrakové korové oblasti (area 17) přicházejí aferentní korová vlákna cestou tract. geniculocorticalis opticus (radiatio optica) capsulae int. Tzv. Meyerovou kličkou, tedy mimo hlavní svazek zrakové dráhy, prochází část vláken přes centrum medullare temporálního laloku a stáčí se k sulcus calcarinus. Právě v primární korové zrakové oblasti dochází k uvědomování zrakových informací. Eferentní spoje směřují do sekundárních zrakových korových oblastí a do frontálního okohybného pole.

Do zrakové asociační korové oblasti (area 18, area 19) z obou stran přiléhající k area 17 přicházejí spoje právě zejména z area 17, z jiných oblastí kůry mozkové a z pulvinar thalami.

Asociační zraková kůra se podílí na komplexním zhodnocení viděného a srovnává právě viděné se zrakovou pamětí.

Zraková korová pole jsou ve středním mozku spojena s colliculi sup. tecti přes kortikotektální dráhy. Tato cesta zajišťuje kontrolu činnosti okoohybných nervů. Tyto dráhy umožňují schopnost fixovat pozorovaný objekt upřeným pohledem, resp. sledovat pohybující se objekt v zorném poli. Dále se uplatní i při konvergentních pohybech očí. [1]

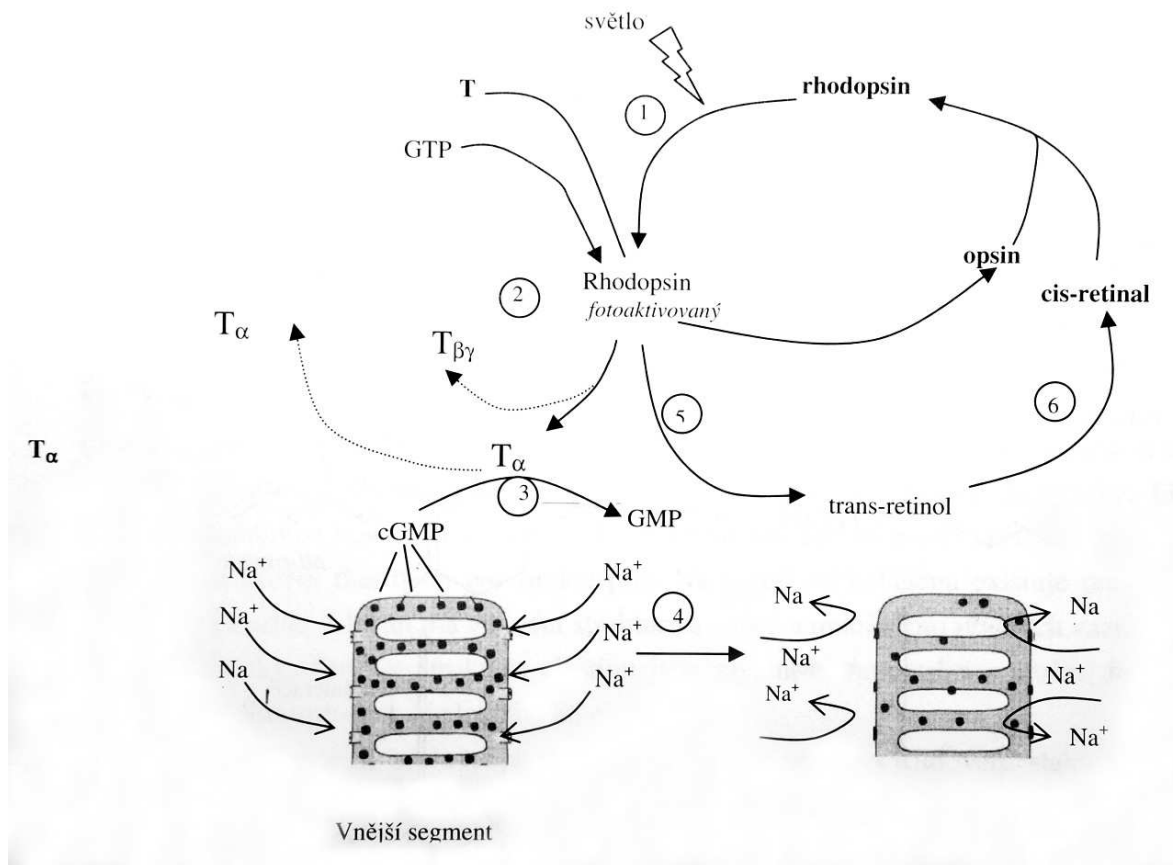
## **2.2.2 Frontální zrakové pole**

Frontální zrakové (motorické) pole ležící v dolní části frontálního laloku (area 8) kontroluje volní sdružené pohyby očí. Mimovolní a konvergentní pohyby očí jsou pak řízeny z asociační zrakové kůry týlního laloku. [1]

## **2.2.3 Rozlišování intenzity světla**

Při přechodu z osvětleného prostoru do tmavé místnosti nejsme schopni vnímat světelné podněty. Zlepšení vidění může trvat až celou jednu hodinu. Tento jev se nazývá zraková adaptace na tmu. Na adaptační křivce lze nalézt dvě části – první rychlá, kdy se citlivost sítnice zvyšuje 100x, se nazývá čípková adaptace sítnice. Na ni navazuje druhá pozvolnější část „tyčinková“, která může trvat až 45 minut a citlivost sítnice se za tuto dobu zvýší až 100 000x. Adaptaci na tmu zajišťuje syntéza rodopsinu ve světločivných buňkách sítnice.

Rodopsin je tyčinkovým pigmentem (zrakový purpur) a skládá se ze složky absorbující světlo, chromoforu a bílkoviny opsinu. Chromofor je retinaldehyd (tj. aldehyd vitaminu A), v regenerovaném stavu v 11-cis formě. Po ozáření se mění v transformu a vzniká prelumirodopsin, který se dále mění na lumirodopsin a ten na metarodopsin I a metarodopsin II. Ve finální fázi se rodopsin hydrolyzuje na transformu retinalu a opsin. Při adaptaci na tmu se pak transformu retinalu mění na cisformu vitaminu A, ten se dále mění na aldehyd a na závěr se tvoří vazba na opsin. Tento děj spotřebovává energii ve formě adenosintrifosfátu. Při těchto pochodech v receptorech vznikají při osvětlování receptorové potenciály, které jsou bifazické a nemají latenci k počátku světelného podnětu. Tyto potenciály jsou také využívány při elektrookulografii. [1],[14]



Obrázek 2.2: Biochemie vidění, převzato z [14]

#### 2.2.4 Rozlišování barev, barevné vidění

Citlivost lidského oka na světelné paprsky je v oblasti spektra 400-760nm. Paprsky s vlnovou délkou nižší než 400nm jsou pohlceny čočkou. Křivky citlivosti lidského oka jsou rozdílné při adaptaci oka na světlo (tzv. fotopické podmínky) a při adaptaci na tmu (skotopické podmínky). Fotopická citlivost, která je daná funkcí čípků, má svoje maximum u zelenožluté barvy (555nm). Maximum u skotopické citlivosti, které je dané funkcí tyčinek, je při modrozelené barvě (507nm). Tyčinky nejsou citlivé na červenou barvu (tj. 650-750nm), proto např. červené brýle propouštějí pouze tu část světelného spektra, na kterou reagují jen čípky a tyčinky tedy zůstávají adaptované na tmu.

Sítnice lidského oka má tři čípkové pigmenty odpovídající s absorpčními maximy na 440nm, 535nm a 565nm, odpovídajícími modrému, zelenému a žlutému pigmentu. Lidský zrak umožňuje rozlišit rozdíl vlnové délky 1nm.

Základními barvami jsou červená, zelená a modrá, které nazýváme barvami nasycenými. Jestliže k nim přimícháme bílé světlo, pak dostáváme odstíny nenasyčené. Maximum intenzity světla vnímá lidský zrak jako žlutobílou barvu.

Schopnost barevného vidění mají pouze čípky, které pro svoji činnost vyžadují určitou hladinu osvětlení, přičemž toto vidění nazýváme fotopické pásmo vidění. Jestliže je hladina osvětlení nižší, vnímáme pouze tyčinkami, kdy barvy nevnímáme – jedná se o tzv. skotopické pásmo vidění. Dále může za určité intezity osvětlení nastat situace, kdy jsou do zrakového vjemu zapojeny jak čípky, tak tyčinky – toto nazýváme tzv. mezopické pásmo. [1], [14]

## **3 Metody měření reakční doby při optické stimulaci**

Na měření reakční doby při optické stimulaci existuje množství metod. Pro náš účel však nejsou všechny použitelné a je tedy vhodné jednotlivé metody blíže představit a následně vybrat metody, které lze v této práci použít. Touto problematikou se bude zabývat tato kapitola.

### **3.1 Metoda „Simple reaction time“**

Základní metoda pro měření reakční doby. Testovaná osoba dostane jeden předem daný podnět a na základě tohoto podnětu provede nějakou činnost. Typicky to může být stisknutí tlačítka na základě zobrazené světelného signálu či nějakého objektu na monitoru počítače. Pokud nemáme k dispozici uvedenou techniku, může testovaná osoba např. chytat volně padající předměty a reakční doba se pak vypočítá z dráhy, kterou stihl předmět urazit.

Jak již z názvu vyplývá, jedná se o jednoduchou metodu, kterou lze díky jednoduché interakci zobrazení podnětu – stisknutí tlačítka realizovat jako počítačovou aplikaci a tedy dále využít v této práci. [5, 6, 7]

## **3.2 Metoda „Recognition reaction time“**

Volně lze přeložit jako „reakční doba rozpoznání“. Na rozdíl od první metody dostává testovaná osoba několik různých podnětů, přičemž reaguje pouze na jeden předem určený podnět z této sady dodávaných podnětů a ostatní ignoruje. Je zde tedy vždy pouze jedna správná „odpověď“ a kromě obvyčejné odezvy signál-reakce je již zapojen také proces rozpoznávání objektů, jelikož osoba musí rozpoznat objekt mezi řadou dalších. [5, 6, 7]

## **3.3 Metoda „Choice reaction time“**

V překladu „reakční čas volby“. U této metody dáváme testované osobě několik podnětů, kdy reakce osoby musí odpovídat konkrétnímu podnětu. Tedy pro každý podnět je správná jiná reakce. Jako příklad si můžeme uvést např. zobrazení symbolu na obrazovce počítače, který musí testovaná osoba stisknout na klávesnici počítače. Oproti metodě „recognition reaction time“ je kromě procesu rozpoznání objektu zapojen i proces rozhodování. [5, 6, 7]

# **4 Návrh aplikace**

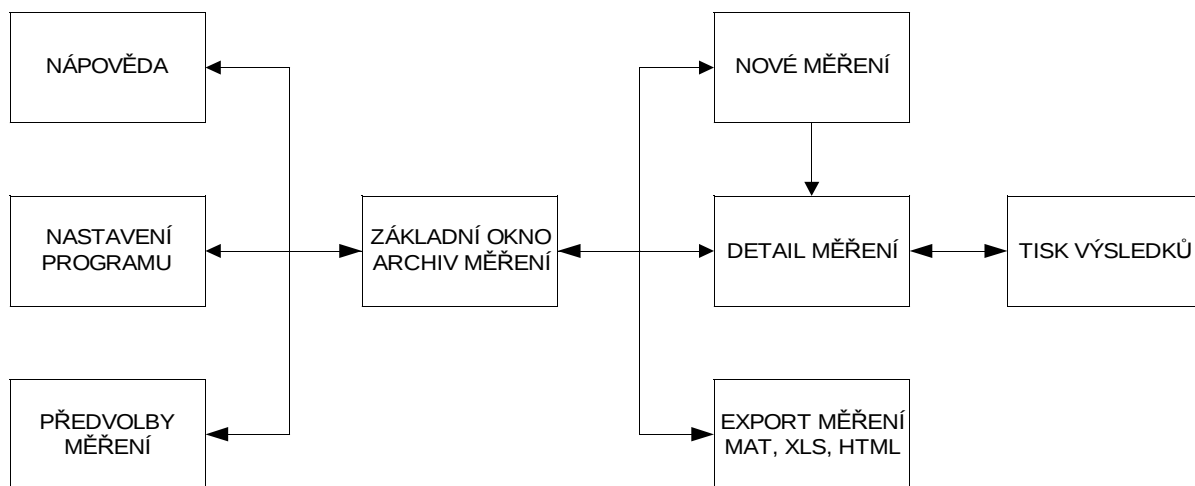
Před samotnou realizací aplikace je třeba nejprve přesně definovat požadavky na funkčnost, na základě kterých navrhne její koncept a blokové schéma. Dále pak definujeme formát pro ukládání dat.

## **4.1 Funkce aplikace**

Jak již z názvu práce vyplývá, základní funkcí této aplikace bude měření reakční doby na základě optické stimulace. Aby bylo využití aplikace univerzálnější a mohla se tato přizpůsobovat potřebám, bude důležité, aby byla aplikace co nejvíce konfigurovatelná, tedy s možností nastavení parametrů testů. Dále by aplikace měla být schopná vést historii měření spolu s možností exportu archivu měření do všeobecně rozšířeného datového formátu. Součástí by mělo být i základní statistické vyhodnocení jak aktuálního testu, tak i testů z archivu.

## 4.2 Popis aplikace a blokové schéma

Než přejdeme k popisu aplikace, uděláme si celkový obrázek o konceptu aplikace z blokového schématu, které je na obrázku 4.1. Aplikace po spuštění začíná otevřením základního okna, které nabízí uživateli nabízí na výběr ze tří možností – spuštění nové měření, nastavení předvoleb měření, nastavení programu, zobrazení nápovědy. Současně je v tomto základním okně zobrazena historie měření.



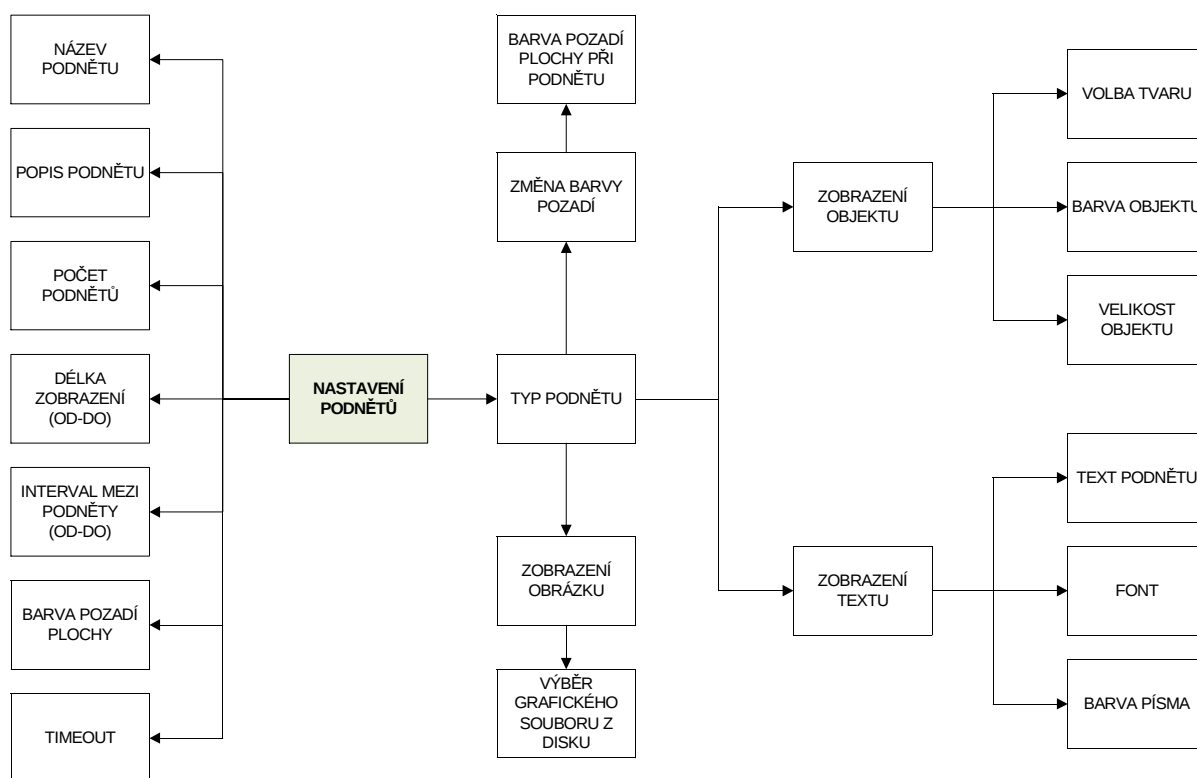
Obrázek 4.1: Blokové schéma aplikace

Nastavení programu slouží pro nastavení výchozích hodnot pro zadávání nových předvoleb měření, aby nebylo nutné stále zapisovat množství stále se opakujících parametrů a přemýšlet nad jejich „použitelnými“ hodnotami. Jedná se o výchozí počet podnětů, rozmezí délku zobrazení podnětů a intervalů mezi nimi, timeoutu – tj. doby, po kterou program čeká na zachycení podnětu a nakonec zpoždění systému, které zohledňuje odezvu monitoru, klávesnice apod. Kromě posledně jmenovaného parametru jdou všechny explicitně měnit pro každou předvolbu měření, na jejíž možnosti se nyní podívámě.

Předvolby měření slouží k přednastavení parametrů testů, kterých lze připravit neomezené množství. Hlavním smyslem tohoto je zjednodušení následné každodenní práce s programem, jehož účelem měření rekační doby. Díky tomu bude stačit pro spuštění měření pouze zadat jméno měřené osoby, případně další volitelné osobní údaje, a vybrat předvolbu měření. Nebude tedy nutné vyplňovat komplikované formuláře a pokaždé nastavovat parametry testu. Dalším důvodem pro toto řešení je fakt, že všechna měření provdená s jednou předvolbou bude možné navzájem statisticky porovnávat, protože budou měření probíhat vždy se stejnými parametry.

Nyní je na místě popsat možnosti nastavení předvoleb, tedy parametrů testů. Blokové schéma tohoto nastavení je možné vidět na obrázku 4.2. Uživatel zde volí název předvolby, může zadat její bližší popis. Dále volí parametry společné pro všechny typy podnětů. Těmi jsou počet podnětů v rámci jednoho testu, rozmezí doby zobrazení podnětu a intervalu mezi jednotlivými podněty. Konkrétní časy pak budou generovány náhodně v rozmezí minimální a maximální hodnoty pro každý podnět. Dále se nastavuje barva pozadí plochy, na které budou zobrazovány podněty a timeout, což je doba, po kterou program čeká na potvrzení podnětu. Dále si uživatel volí typ podnětu, kterým může být změna barvy pozadí, zobrazení geometrického tvaru, textu a nebo obrázku. Každý z těchto typů podnětů dále nabízí nastavení specifické pro každý typ.

Změna barvy pozadí umožňuje pouze volbu barvy z barevné palety, na kterou se jako podnět změní barva pozadí plochy. Pro zobrazení geometrického objektu se definuje tvar, kde lze volit mezi čtvercem, kruhem a trojúhelníkem, dále pak barva jeho výplně a velikost. U zobrazení textu lze zadat samotný text podnětu a formát písma včetně jeho barvy. Poslední volba zobrazení obrázku umožní zvolit grafický soubor z disku.



Obrázek 4.2: Blokové schéma nastavení podnětů

## 4.3 Organizace dat

Pro ukládání naměřených dat, potažmo nastavení aplikace, lze využít několik možností, které si zde rozebereme.

### 4.3.1 Textový soubor

První a nejjednodušší možností je využít obyčejný textový soubor. Toto řešení je ale vhodné jen při předpokladu menšího počtu záznamů. Pokud by se časem databáze naměřených hodnot rozrostla, mohla by se práce s programem výrazně zpomalit, jelikož procházení „znak po znaku“ jednoho velkého souboru nebo velkého počtu menších souborů v případě ukládání každého měření zvlášť, je z hlediska rychlosti neefektivní.

### 4.3.2 Binární soubor

Druhou možností je využít binární soubor. Zpracování probíhá v tomto případě mnohem rychleji, protože můžeme využít vnitřní datové struktury a není tak nutné procházet soubor sekvenčně. V případě vhodného návrhu může také zabírat méně místa na disku, než obyčejný textový soubor.

### 4.3.3 XML soubor

Další možností ukládání dat, která v dnešní době moderní, je XML soubor. XML je zkratkou pro Extensible Markup Language, tedy značkovací jazyk. Soubory jsou sice opět v textovém formátu, jako v prvním případě, ale parsery formátu XML dnes dosahují vysokých rychlostí zpracování dat v těchto souborech. Mezi značné výhody patří, že v moderních vývojových prostředích je práce s formátem XML nativně podporována a také to, že je data z těchto souborů možné poměrně snadno převádět do jiných formátů, tedy exportovat. Nevýhodou naopak je, že samotná XML struktura značně navyšuje velikost souboru, což může být problém v momentě, kdy se v souboru začne hromadit historie tisíců měření. Spolu s tím klesá i rychlost prohledávání tohoto souboru.

### 4.3.4 Databáze

Poslední z možností, které zde budou zmíněny je využití databáze. Databází existuje nepřeberné množství v různých variantách. V tomto projektu najdou využití maximálně

desktopové databáze, tzv. „embedded“. Na rozdíl od klasických serverových databázových systémů, které mj. kladou vysoké nároky na hardware počítače, je pro naše využití velkou výhodou skutečnost, že pro jejich funkčnost není nutná instalace žádného dodatečného softwaru. Samotnou databázi tvoří jeden soubor na disku a přístup k ní je zajištěn prostřednictvím knihoven, které je možné distribuovat spolu s aplikací. Na rozdíl od plných verzí databázových systémů mají embedded databáze několik omezení, týkajících se především výkonu a podporovaných funkcí, přesto jsou pro účely tohoto projektu naprosto dostačující. Současná vývojová prostředí databáze nativně podporují, takže práce s takto uloženými daty je velice snadná.

### **4.3.5 Zhodnocení možností**

Bylo nastíněno několik způsobů ukládání a organizace dat v budoucí aplikaci. Nejvhodnější volbou bude použití embedded databáze. Hlavními důvody jsou snadnost použití a rychlost přístupu k požadovaným datům i při velmi velkém množství záznamů.

Možnosti embedded databází jednotlivých výrobců jsou víceméně vyrovnané. Pro svou dobrou integraci ve vývojovém prostředí Microsoft Visual Studio 2008, ve kterém bude tento projekt realizován, byla nakonec pro ukládání a organizaci dat zvolena databáze Microsoft SQL Server Compact Edition. Dalším krokem tedy bude navržení databázové struktury.

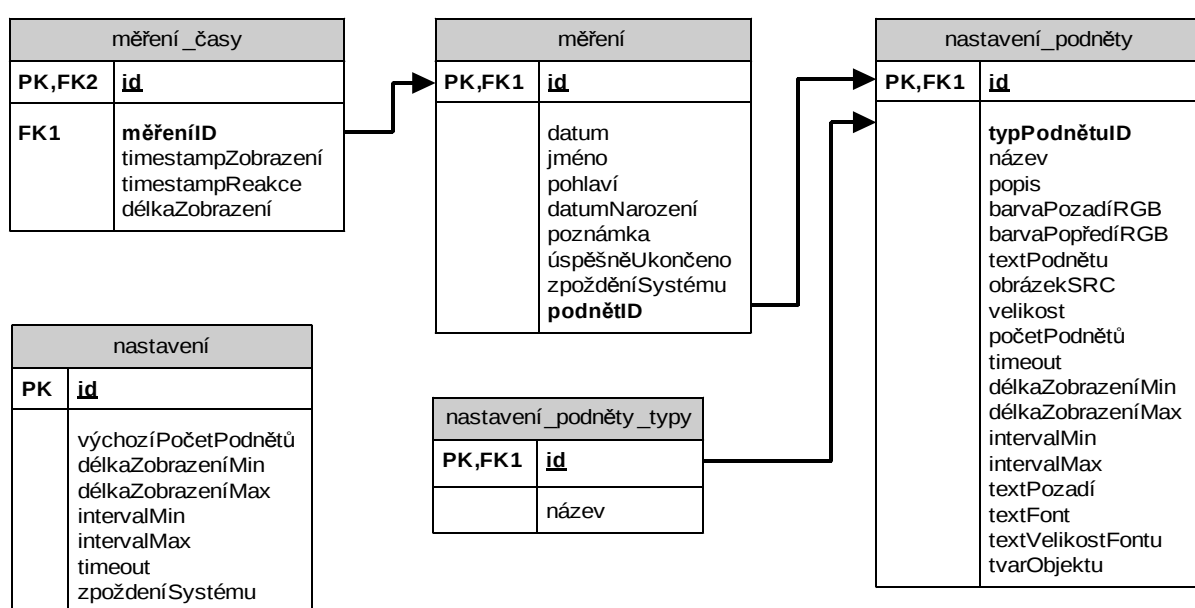
### **4.3.6 Návrh databázové struktury**

Pro potřeby aplikace na měření reakční doby bude nutnost několika vzájemně propojených databázových tabulek, jejichž schéma je na obrázku 4.3 a které si dále blíže popíšeme.

Tabulka „nastavení“ bude sloužit k uložení zpoždění systému a především výchozích hodnot pro zadávání nových předvoleb měření, jak bylo popsáno v kapitole 4.2. Sestává z následujících položek:

- **zpožděníSystému** – čas v milisekundách pro korekci výsledků dle zpoždění systému  
zobrazovací jednotka – počítač – ovládací prvek (zahrnuje odezvu monitoru, počítače a klávesnice);
- **výchozíPočetPodnětů** – nastavení výchozího počtu podnětů;
- **délkaZobrazeníMin** – minimální náhodně generovaná délka zobrazení podnětu v milisekundách;

- délkaZobrazeníMax – maximální náhodně generovaná délka zobrazení podnětu v milisekundách;
- intervalMin – minimální délka intervalu při náhodném generování prodlevy mezi dvěma podněty v milisekundách;
- intervalMax – maximální délka intervalu při náhodném generování prodlevy mezi dvěma podněty v milisekundách;
- timeout – čas v milisekundách, po který bude aplikace po zobrazení podnětu čekat na reakci testované osoby.



Obrázek 4.3: Model databáze

Tabulka „nastavení\_podněty\_typy“ obsahuje pouze výčtovou položku pro název daného typu podnětu, kterým může být buď změna barvy pozadí, zobrazení geometrického objektu nebo zobrazení obrázku.

Tabulka „nastavení\_podněty“ již obsahuje podrobné nastavení všech parametrů testu. Jsou jimi:

- typPodnětuID – odkaz do tabulky „nastavení\_podněty\_typy“;
- název – pro snadnou identifikaci a výběr podnětu;
- popis – volitelná bližší informace o konkrétním podnětu, např. pro jaké účely je vhodný;

- barvaPozadíRGB – barva pozadí plochy, na které jsou zobrazovány podněty;
- barvaPopředíRGB – barva, resp. výplň zobrazovaného podnětu (objektu);
- textPodnetu – pro uložení textu podnětu v případě typu „zobrazení textu“;
- obrázekSRC – binární data obrázku, jako podnětu, který si uživatel může vložit z grafického souboru;
- velikost – nastavení velikosti zobrazovaného podnětu ve třech krocích;
- početPodnětů – počet podnětů, které budou zobrazeny v rámci jednoho testu;
- timeout – čas v milisekundách, po který bude aplikace po zobrazení podnětu čekat na reakci testované osoby;
- délkaZobrazeníMin – minimální náhodně generovaná délka zobrazení podnětu v milisekundách;
- délkaZobrazeníMax – maximální náhodně generovaná délka zobrazení podnětu v milisekundách;
- intervalMin – minimální délka intervalu při náhodném generování prodlevy mezi dvěma podněty v milisekundách;
- intervalMax – maximální délka intervalu při náhodném generování prodlevy mezi dvěma podněty v milisekundách;
- textPozadí – barva pozadí textu při typu podnětu „zobrazení textu“;
- textFont – název fontu při typu podnětu „zobrazení textu“;
- textFont – velikost písma při typu podnětu „zobrazení textu“;
- tvarObjektu – udává tvar geometrického objektu pro typu podnětu „zobrazení objektu“.

Tabulka „měření“ obsahuje záznamy o jednotlivých měřeních:

- datumMěření – datum a čas zahájení konkrétního měření (časové razítko);
- jméno – jméno a příjmení testované osoby (nepovinné);
- pohlaví – hodnota udávající pohlaví testované osoby (nepovinné);
- datumNarození – datum narození testované osoby (nepovinné);
- poznámka – možnost vložit doplňující informace, podmínky měření apod.;
- úspěšněUkončeno – logická hodnota udávající, zda dané měření proběhlo v pořádku od začátku až do konce (automaticky);

- podnětID – odkaz do tabulky „nastavení\_podněty“ a určuje zvolenou předvolbu měření.

Poslední databázovou tabulkou je „měření\_časy“, která uchovává informace reakcí na jednotlivé podněty konkrétního měření. Obsahuje položky:

- měřeníID – odkaz do tabulky „měření“ pro provázání času s konkrétním měřením;
- timestampZobrazení – časové razítko (tj. aktuální datum a čas s přesností na milisekundy) zobrazení podnětu;
- timestampReakce – časové razítko momentu reakce testované osoby na zobrazený podnět, samotný čas reakce se dopočítá odečtením tohoto časového razítka od časového razítka zobrazení podnětu;
- délkaZobrazení – čas, po který byl skutečně podnět zobrazen (v milisekundách).

## 5 Protokol měření

### 5.1 Standardní podmínky měření

Aby bylo možné porovnávat a vyhodnocovat měření jednotlivých osob, případně více měření téže osoby, bude nutné stanovit jistá pravidla měření. Jejich dodržení by mělo minimalizovat odchylky způsobené jinými vlivy, než je samotná reakční doba.

Jak bylo zmíněno v kapitole 2.2.3, adaptace na tmu trvá až 45 minut. Jelikož nevíme, z jakého světelného prostředí testovaná osoba přišla a jaký je tedy rozdíl oproti osvětlení v místnosti, měli bychom nechat testovanou osobu po určitou dobu adaptovat na nové světelné podmínky. Jelikož můžeme předpokládat, že testování nebude probíhat ve tmě, ale osvětlené místnosti, necháme testovanou osobu adaptovat alespoň 10 minut. Tato doba je zcela dostatečná i případně, že by testovaná osoba přišla z méně osvětleného prostředí, jelikož adaptace na světlo probíhá výrazně rychleji, než naopak.

Další vliv, který je vhodné eliminovat, je rušení podněty z okolí, které by mohla testovaná osoba pozorovat periferním viděním. To můžeme zajistit buď vhodnou clonou na straně monitoru nebo speciálními brýlemi, které zakryjí pohled bokem.

Testovaná osoba by dále měla sedět tak, aby se dívala kolmo na monitor a to přibližně ve vzdálenosti rovné velikosti uhlopříčky použitého monitoru. Tím bude zajištěn stejný pozorovací úhel pro různé uhlopříčky použitých monitorů.

Jedním ze zásadních vlivů, jehož omezení ovšem bude značně problematické, je únava osoby. Jednak je již tak značně individuální a jednak tuto bohužel těžko nějak standardizujeme. Můžeme ale testované osobě doporučit dostatek spánku noc před měřením a vyhnout se namáhavým fyzickým i duševním činnostem. Měření by pokud možno mělo probíhat v dopoledních hodinách, případně časných odpoledních.

Během testování nesmí být testovaná osoba nijak rušena, ať již přímo (konverzací) či nepřímou (ruch v místnosti). Před započítáním testu musí být měřená osoba seznámena s obsluhou programu.

## 5.2 Standardní test

Standardní test by měl být nastaven na tyto parametry:

- 15 podnětů;
- bílé pozadí;
- černý geometrický útvar – kruh;
- střední velikost;
- timeout: 1 sekunda;
- minimální délka intervalu: 2 sekundy;
- maximální délka intervalu: 6 sekund;
- délka zobrazení: 500 milisekund.

## 5.3 Výstupní report

Po proběhnutí testovacího algoritmu bude zobrazen report s výsledky měření. Ten bude sestávat jednak z hodnot zadaných před započítáním měření – tedy osobní údaje, poznámky apod. Dále potom název předvolby měření, se kterou byl test prováděn. A konečně také

samotné výsledky. Tato sekce bude zahrnovat rekační časy na jednotlivé podněty a bude zde také jednoduché statistické vyhodnocení – tedy vypočítaná průměrná rychlost reakce, směrodatná odchylka, minimální a maximální čas reakce. Kromě toho zde bude uvedeno, kolik podnětů bylo skutečně zachyceno.

## **6 Software pro měření reakční doby**

Tato kapitola popíše vlastní řešení aplikace z hlediska zdrojového kódu a použitých algoritmů, uživatelského rozhraní, nastavení aplikace, vlastních testů a způsobu ovládání.

### **6.1 Souhrn požadavků na aplikaci**

- Běh na standardním počítači typu PC s operačním systémem Microsoft Windows XP a novějším.
- Základní funkce aplikace - měření reakční doby na základě optické stimulace.
- Konfigurovatelnost zobrazovaných podnětů.
- Ukládání naměřených výsledků do databáze.
- Základní statistické vyhodnocení naměřených dat.
- Export naměřených výsledků do souboru formátu Microsoft Excel.
- Export naměřených dat do otevřeného formátu, kompatibilního s programem Matlab.

### **6.2 Realizace aplikace**

Za vývojové prostředí pro realizace aplikace, umožňující měření reakční doby, bylo zvoleno Microsoft Visual Studio 2008. Samotná aplikace bude napsána v programovacím jazyce C# na platformě .NET Framework 2.0. Pro grafické rozhraní bude použita knihovna Windows Forms, která je standardní součástí zvolené platformy. Pro ukládání dat bude použita databáze Microsoft SQL Server Compact 3.5 s programovacím jazykem SQL.

## 6.3 Inicializace

Při prvním je inicializováno základní formulářové okno aplikace spolu s komponentami v něm použitými. Toto okno, stejně jako všechna další v aplikaci, je realizováno objektem třídy „Form“ z knihovny Windows Forms. Dále se ověřuje existence databázového souboru – pokud je aplikace na daném počítači spuštěna poprvé, dojde v tomto momentě k vytvoření nového databázového souboru. Po jeho připojení se vytvoří prázdné databázové tabulky (viz kapitola 4.3.6). Pokud již databázový soubor existuje, dojde k jeho připojení a načtení nastavení aplikace, předvoleb a souhrnu posledních měření do základního okna aplikace.

## 6.4 Řešení grafického rozhraní a ovládání

Nyní si popíšeme grafické uživatelské rozhraní aplikace, její ovládání, význam jednotlivých tlačítek a dialogových oken.

### 6.4.1 Základní okno aplikace

V základním okně (viz Obrázek 6.1) jsou v objektu třídy „DataGridView“ zobrazeny stručné výsledky všech měření, ve výchozím stavu seřazené podle pořadí, přičemž nejnovější jsou vždy nahoře. Pořadí je možné explicitně seřadit podle požadovaného parametru kliknutím na záhlaví tohoto parametru. Z těchto výsledků je možné záznamy exportovat do formátů souborů Microsoft Excel, HTML stránky, případně textového souboru. Více záznamů pro export je možné označit buď klikáním na jednotlivé požadované řádky za současného přidržení klávesy „Control“, případně stisknutím a přidržením klávesy „Shift“ za současného využití kurzorových kláves. Poslední možností je výběr všech záznamů, který se provede stiskem klávesové zkratky CTRL+A. Po vybrání záznamů k exportu uživatel klikne na tlačítko „Exportovat“, přičemž se zobrazí dialogové okno pro výběr formátu a místa uložení exportovaného souboru na disku.

| Měření | Datum           | Jméno    | Příjmení  | Průměr (ms) | Min (ms) | Max (ms) | Směrodatná odchylka | Změřeno podnětů | Předvolba    | Dokončeno                           |
|--------|-----------------|----------|-----------|-------------|----------|----------|---------------------|-----------------|--------------|-------------------------------------|
| 33     | 26.4.2012 21:51 | Tereza   | Nováková  | 314         | 260      | 373      | 50,35               | 5               | Test         | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 32     | 25.4.2012 15:09 | Eliška   | Novotná   | 352         | 276      | 450      | 75,62               | 5               | Test         | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 31     | 25.4.2012 14:56 | Jakub    | Svoboda   | 246         | 203      | 296      | 43,26               | 5               | Test         | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 30     | 23.4.2012 10:52 | Anna     | Černá     | 262         | 203      | 343      | 51,8                | 4               | Čtverec      | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 29     | 23.4.2012 10:51 | Jan      | Dvořák    | 313         | 313      | 313      | 0                   | 1               | Trojúhelník  | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 28     | 23.4.2012 10:50 | Tomáš    | Procházka | 509         | 423      | 596      | 89,4                | 2               | Čtverec      | <input type="checkbox"/>            |
| 27     | 23.4.2012 10:49 | Adéla    | Kučerová  | 478         | 423      | 533      | 55                  | 2               | Čtverec      | <input type="checkbox"/>            |
| 23     | 23.4.2012 10:30 | Lukáš    | Veselý    | 227         | 200      | 266      | 28,15               | 10              | Trojúhelník  | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 22     | 23.4.2012 10:29 | Karolína | Horáková  | 234         | 220      | 263      | 17,56               | 4               | Čtverec      | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 21     | 23.4.2012 10:27 | Matyáš   | Němec     | 234         | 186      | 266      | 34,56               | 3               | Čtverec      | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 20     | 23.4.2012 10:25 | Natálie  | Pokorná   | 253         | 156      | 453      | 118,24              | 4               | Změna pozadí | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 19     | 23.4.2012 10:24 | Adam     | Pospíšil  | 297         | 266      | 376      | 45,97               | 4               | Změna pozadí | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 16     | 23.4.2012 9:17  | Filip    | Jelínek   | 250         | 250      | 250      | 0                   | 1               | Test         | <input type="checkbox"/>            |
| 14     | 23.4.2012 9:06  | Kateřina | Hájková   | 234         | 186      | 266      | 28,49               | 5               | Test         | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 13     | 23.4.2012 9:05  | Kateřina | Hájková   | 306         | 220      | 436      | 75,83               | 5               | Test         | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 12     | 23.4.2012 9:03  | Kateřina | Hájková   | 272         | 250      | 313      | 27,91               | 5               | Test         | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 11     | 17.4.2012 15:31 | Matyáš   | Němec     | 256         | 203      | 373      | 63,58               | 5               | Test         | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 10     | 17.4.2012 15:30 | Matyáš   | Němec     | 333         | 280      | 376      | 41,73               | 5               | Test         | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 9      | 16.4.2012 15:30 | Anna     | Černá     | 258         | 250      | 266      | 8                   | 2               | Test         | <input type="checkbox"/>            |
| 8      | 16.4.2012 15:29 | Karolína | Horáková  | 419         | 250      | 626      | 160,36              | 5               | Test         | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 6      | 16.4.2012 15:06 | Karolína | Horáková  | 241         | 220      | 263      | 26,52               | 2               | Test         | <input type="checkbox"/>            |
| 5      | 16.4.2012 15:05 | Tomáš    | Procházka | 247         | 220      | 266      | 24,75               | 5               | Test         | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 4      | 16.4.2012 14:11 | Tomáš    | Procházka | 307         | 250      | 406      | 52,53               | 5               | Test         | <input checked="" type="checkbox"/> |

Obrázek 6.1: Základní okno aplikace

Nad každým záznamem je možné vyvolat kontextové menu, a to buď stiskem kontextové klávesy, případně pravým kliknutím myši do požadovaného řádku. Kontextové menu je po zachycení události typu „RowContextMenuStripNeeded“ tvořeno třídou „ContextMenuStrip“ a jednotlivé položky v něm potom třídou „ToolStripMenuItem“. Z tohoto kontextového menu lze volbou „Detail měření“ zobrazit v novém okně kompletní údaje o vybraném měření. Volbou „Nové měření této osoby“ se připraví nové měření, dialogové okno pro spuštění měření (Kapitola 6.4.5), které má ale v tomto případě již předvyplněné osobní údaje, získané při předchozím měření.

V horní části základního okna aplikace nalezneme tři klíčová tlačítka - „Nové měření“, „Předvolby měření“ a „Nastavení programu“. Každé z nich při události „Click“ volá funkci k otevření nového příslušného okna, jejichž účel si nyní popíšeme.

## 6.4.2 Detail měření

Okno „Detail měření“ lze otevřít stejnojmennou volbou v kontextovém menu, které je k dispozici po kliknutí pravým tlačítkem na požadovaný záznam. Zde jsou zobrazeny kromě osobních údajů pomocí objektu „DataGridView“ dále také jednotlivé naměřené reakční doby včetně času zobrazení a zachycení každého z podnětů.

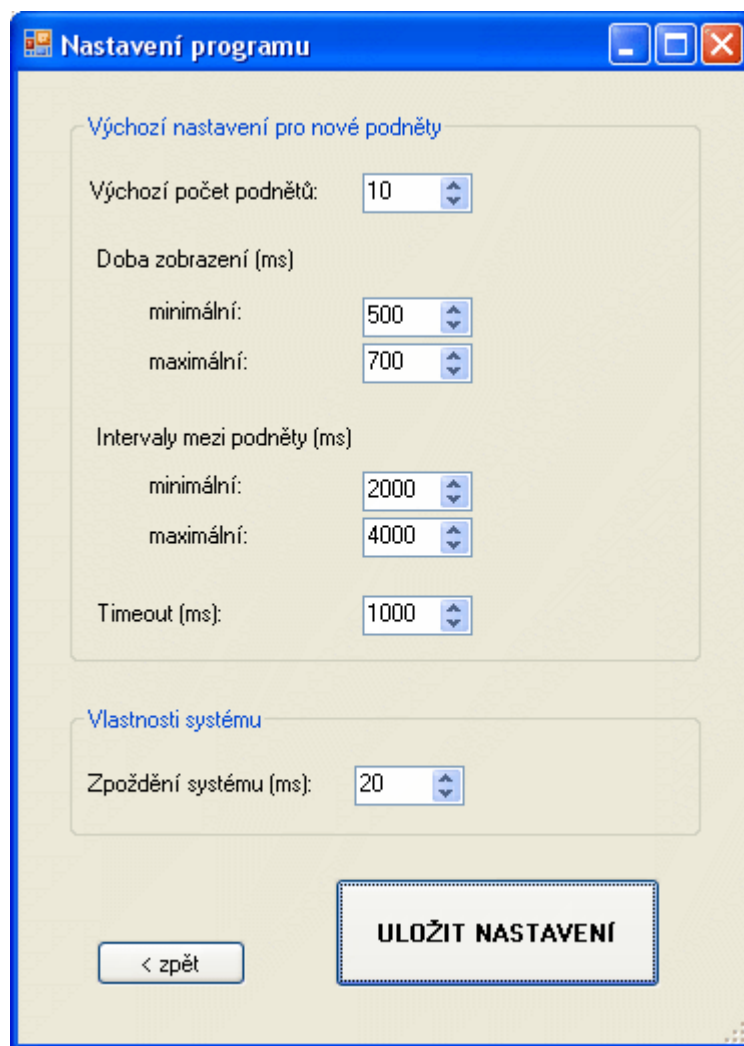
|   | Čas zobrazení | Čas zachycení | Reakční doba (ms) | Zpoždění systému (ms) |
|---|---------------|---------------|-------------------|-----------------------|
| ► | 10:30:45:877  | 10:30:46:127  | 250               | 0                     |
|   | 10:30:49:967  | 10:30:50:203  | 236               | 0                     |
|   | 10:30:54:920  | 10:30:55:140  | 220               | 0                     |
|   | 10:31:00:157  | 10:31:00:390  | 233               | 0                     |
|   | 10:31:03:517  | 10:31:03:733  | 216               | 0                     |
|   | 10:31:06:360  | 10:31:06:563  | 203               | 0                     |
|   | 10:31:10:437  | 10:31:10:703  | 266               | 0                     |
|   | 10:31:13:953  | 10:31:14:157  | 203               | 0                     |
|   | 10:31:17:017  | 10:31:17:217  | 200               | 0                     |
|   | 10:31:22:077  | 10:31:22:327  | 250               | 0                     |

Obrázek 6.2: Detail měření

Na tuto komponentu je navázáno kontextové menu pro vymazání jednotlivých podnětů, což lze využít v případě chybně změřené hodnoty, aby nebylo nutné celé měření opakovat a přitom byly naměřené výsledky relevantní. Dále je zde tlačítko umožňující tisk výsledků.

### 6.4.3 Nastavení programu

„Nastavení programu“ vyvolá dialogové okno (viz Obrázek 6.3), ve kterém se nastavují výchozí hodnoty pro zadávání nových předvoleb měření a také důležitý parametr zpoždění systému v jednotkách milisekund, který udává reálné zpoždění řetězce počítač-monitor-ovládání periferie-počítač. Tato doba v praxi zahrnuje zejména odezvu použitého LCD displeje a reakční doba je pak při vyhodnocení o tuto hodnotu automaticky korigována.



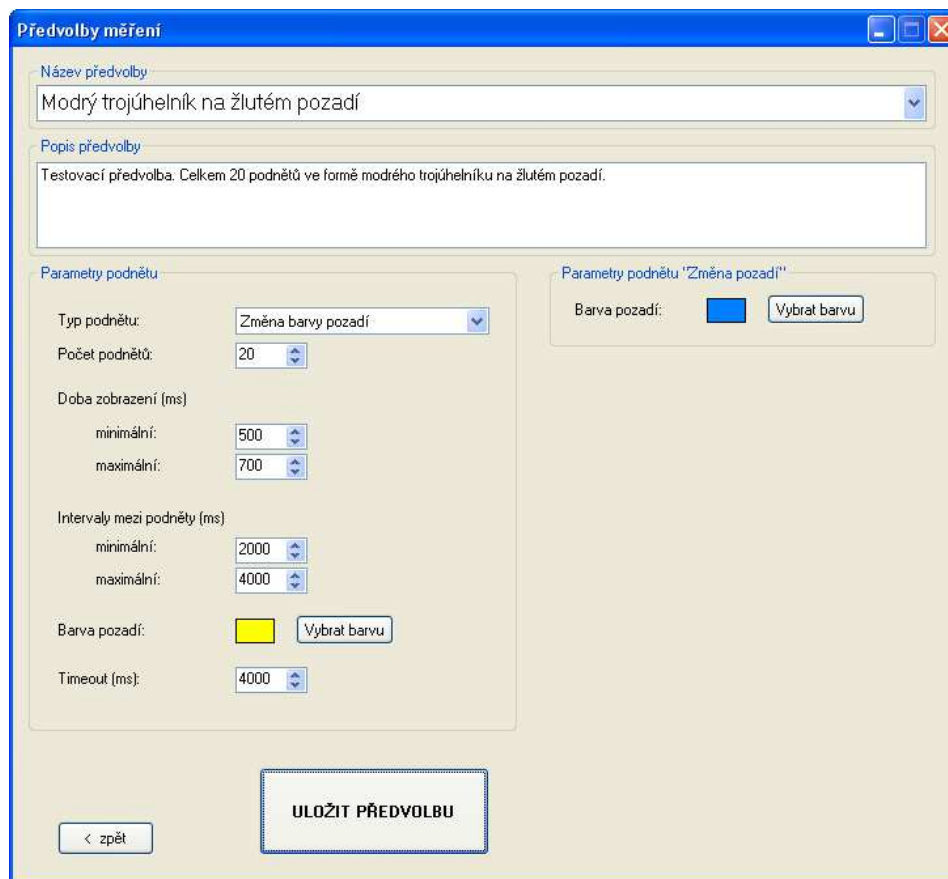
Obrázek 6.3: Dialogové okno s nastavením programu

Výchozí hodnoty pro měření slouží k usnadnění zadávání nových předvoleb měření, aby uživatel aplikace nemusel stále dokola zadávat hodnoty, které při běžném použití zpravidla nebudou v rámci jednotlivých předvoleb příliš měnit. Jedná se o počet podnětů, minimální a maximální dobu zobrazení podnětu, minimální a maximální interval mezi zobrazením podnětů a timeout, tedy maximální dobu, po jakou program čeká na potvrzení podnětu od jeho zobrazení. Všechny tyto parametry lze explicitně změnit pro každou nově zadávanou předvolbu měření, viz dále.

#### 6.4.4 Předvolby měření

Tlačítko „Předvolby měření“ otevírá dialogové okno (viz Obrázek 6.4), kde se definují konkrétní měřicí testy. Uživatel zde vyplní název měření, případně bližší textový popis. Dále

zvolí typ podnětu, kterým může být změna barvy pozadí, zobrazení objektu (čtverec, kruh, trojúhelník) definované barvy a velikosti (malá, střední, velká), zobrazení textu s definovaným nastavením barvy a fontu a jako poslední varianta zobrazení obrázku ve formátu JPG, GIF nebo PNG, který je možné načíst z disku.



Obrázek 6.4: Dialogové okno se správou předvoleb měření

Následují další parametry vyjmenované v předchozím odstavci, které jsou předvyplněné výchozími hodnotami z aktuálního nastavení programu. Navíc je možné volit barvu pozadí, na kterém se budou zvolené podněty zobrazovat. Z položky „Název testu“ je možné vybrat již existující předvolbu, zobrazit si její parametry a po případné modifikaci uložit pod novým názvem jako další předvolbu. Změna existující předvolby není možná z toho důvodu, aby bylo možné zpětně zjistit parametry již provedených testů s touto předvolbou.

### 6.4.5 Spuštění měření

Tlačítko „Nové měření“ vyvolá dialogové okno (viz Obrázek 6.5), ze kterého je již možné spustit samotné měření. Předtím uživatel vybere měření z uložených předvoleb, vyplní

osobní údaje o testované osobě – jméno, příjmení, pohlaví, datum narození a případnou textovou poznámku vztahující se k osobě, případně podmínkám měření.

Nové měření

Parametry měření

Předvolba měření: Trojúhelník

Informace o testované osobě

Jméno: František

Příjmení: Éroplán

Pohlaví: ☒ muž ☐ žena

Datum narození: 1 2 1989

Poznámka k osobě, podmínkám měření: Zkušební měření reakční doby pro otestování aplikace. Neprobíhá za standardních podmínek.

< zpět

SPUSTIT MĚŘENÍ >>>

Obrázek 6.5: Dialogové okno pro spuštění měření

Tlačítkem „Spustit měření“ v tomto dialogovém okně dojde ke spuštění samotného měření. Měření je možné kdykoliv v předčasné ukončit stiskem klávesy „escape“, případně klávesovou zkratkou ALT+F4. Po ukončení měření se program vrátí do základního okna.

## 6.5 Programové řešení vlastního měření

Při spuštění měření je otevřeno nové maximalizované okno, které je zbaveno všech ovládacích prvků a ve výchozím stavu ho tedy tvoří prázdná plocha o zvolené barvě pozadí. Současně jsou inicializovány tři odpočty času, realizované objektem třídy „Timer“. Tomtuto

objektu se nastavuje parametr „Enabled“ udávající, zda je časovač spuštěn a parametr „Interval“, což je čas v milisekundách, po kterém je v případě spuštěného časovače volána funkce vázaná na událost „Tick“.

Prvním z časovačů je „timerInterval“, vytvářející intervaly mezi zobrazením jednotlivých podnětů. Tomu je na počátku a poté vždy po zachycení podnětu nebo uplynutí času timeoutu vygenerován funkcí „nahodneCislo“ náhodný čas v intervalu zadaném v předvolbě testu. Po uplynutí tohoto času je zobrazen další podnět a spuštěn časovač „timerZobrazeni“ a „timerTimeout“.

Časovač „timerZobrazeni“ odpočítává dobu zobrazení objektu, opět náhodně vygenerovanou v rozmezí zadaném v předvolbě testu. Po jejím uplynutí je na událost „Tick“ volána funkce „skrytPodnet“, která skryje zobrazený podnět.

Posledním z časovačů je „timerTimeout“, který odpočítává čas, po který je možné na zobrazený podnět reagovat. Po jeho uplynutí je formuláři odebrána vazba funkce „ovladaniKlavesnici“ na událost „KeyDown“.

Na okno jsou dále navázány funkce „ovladaniKlavesnici“ a „zaznamenaniReakce“, spouštěné událostí „KeyDown“. První jmenovaná umožňuje ukončení měření kdykoliv v jeho průběhu pomocí klávesy Escape. Druhá pak na stisk libovolné jiné klávesy uloží do databáze čas reakce, skryje zobrazený podnět a deaktivuje časovač „timerTimeout“, aby se mohl celý cyklus opakovat až do zvoleného počtu podnětů.

## 6.6 Řešení exportu dat

Aplikace pro měření reakční doby umožňuje exportovat naměřená data do několika formátů. Jsou jimi MAT soubor pro program Matlab, XLS soubor pro aplikaci Microsoft Excel a HTML stránka pro zobrazení v běžném internetovém prohlížeči formou jednoduché tabulky.

V případě exportu do MAT souboru bylo využito open-source knihovny „csmatio“, která implementuje rozhraní pro práci s binárními MAT soubory aplikace Matlab v programovacím jazyce C#. Jelikož se jedná o jedinou volně dostupnou knihovnu podobného zaměření, bylo nutné přijmout omezení, které tato knihovna pro české prostředí představuje, a sice nekompatibilitu s českou jazykovou sadou. Bylo tedy nutné vytvořit pomocnou funkci, která z textových položek při exportu odstraňuje diakritiku a v Matlabu jsou tedy exportovaná data zbavená diakritiky.

Jelikož program umožňuje export dvou typů dat – souhrnných výsledků měření a detailních dat, přičemž každý typ má mírně odlišnou datovou strukturu, bylo nutné připravit také dvě varianty MAT souboru s příslušnými datovými strukturami. Detailní popis obou datových struktur je uveden v příloze č. 2. Stručně shrnuto se jedná o proměnnou obsahující buňkové pole, kde sloupce představují jednotlivé parametry (jméno, pohlaví, naměřené časy apod.) a řádky jednotlivá měření.

Na tomto místě je také vhodné zmínit omezení Matlabu, které značně ovlivnilo strukturu exportovaných dat. Matlab podporuje uložení dat a časů jen po úroveň sekund, což je pro účel naší aplikace nedostatečné, protože potřebujeme pracovat s rozlišením milisekund. Jako náhradní řešení bylo zvoleno uložení data a času do běžného vektoru znaků a v případě požadavků dalšího programového zpracování tohoto parametru v rámci aplikace Matlab je nutné provést parsování vektoru znaků s jeho rozložením do jednotlivých časových podjednotek. Komplikovanější je situace při exportu detailních surových dat, kde jsou exportována data a časy zobrazení každého podnětu. Aby bylo možné uložit do jedné buňky časy pro všechny podněty daného měření, je toto realizováno jako jeden dlouhý vektor znaků, přičemž jednotlivé podněty jsou odděleny speciálním znakem (svislou čarou) a pro jejich rozdělení je tedy opět nutné provést parsování tohoto vektoru znaků.

## 7 Měření reakční doby na testovacím vzorku osob

V této kapitole bude na testovacím vzorku několika osob provedeno několik opakovaných měření pro různé nastavení programu, resp. podnětů. Dále bude změřen vliv únavy na reakční dobu testované osoby. Na závěr každého měření bude statistické vyhodnocení.

### 7.1 Statistické testování

Než se dostaneme k měření, bude vhodné zmínit statistický základ pro další výpočty. Jelikož ve všech případech půjde o porovnání dvou souborů dat stejných subjektů, bude pro statistické hodnocení použit dvojvýběrový párový t-test, jehož základní vzorec je:

$$t = \frac{|\bar{x}|}{\sqrt{\frac{s^2}{n}}}$$

*Vzorec 7.1: Testovací kritérium (statistika)  $t$  [15]*

Do tohoto vzorce jsou potřebovat aritmetické průměry rozdílů  $\bar{x}$ , dále rozptyl výběrového souboru  $s^2$  a nakonec počet párů (testovaných osob) značený  $n$ .

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}$$

*Vzorec 7.2: Rozptyl výběrového souboru [15]*

Dále bude pro dohledání v tabulkách studentova t-rozdělení třeba počet stupňů volnosti výběrového souboru, který se vypočítá následovně:

$$\nu = n - 1$$

*Vzorec 7.3: Počet stupňů volnosti výběrového souboru [15]*

Statistické testy budou realizovány na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ . [15]

## 7.2 Vliv parametrů stimulace na reakční dobu

Tato kapitola se zabývá měřením a statistickým hodnocením reakční doby na testovacím vzorku osob pro různé parametry stimulace, tzn. vliv barvy pozadí, typu podnětu, jeho barvy a velikosti.

### 7.2.1 Metodika měření

Měření bude vždy prováděno pro 15 podnětů s délkou zobrazení 500ms, intervalem mezi podněty v rozmezí 2-6 sekund a timeoutem 1 sekunda. Jako typy podnětů pro porovnání byly zvoleny následující:

- Podnět A: Změna barvy pozadí – z bílé na šedou.
- Podnět B: Změna barvy pozadí – z černé na šedou.
- Podnět C: Zobrazení objektu – malý bílý kruh na černém pozadí.
- Podnět D: Zobrazení objektu – velký bílý kruh na černém pozadí.
- Podnět E: Zobrazení textu – „KLIKNI“, zelená na bílé, velikost fontu 26.
- Podnět F: Zobrazení textu – „NEKLIKEJ“, červená na bílé, velikost fontu 26.

Podněty A a B mají za cíl určit, zda má na reakční dobu vliv přechod z tmavé barvy na světlou ve srovnání se změnou ze světlé na tmavou, tj. zda oko reaguje jinak na zhasnutí a rozsvícení obrazovky. Srovnání podnětů C vs. D slouží ke zjištění, zda se změna reakční doby v závislosti na rozměrech zobrazeného podnětu. Podněty E a F porovnávají, zda bude mozek při reakci ovlivněn obsahem sdělení v patřičné barvě nebo zda reaguje automaticky na jakoukoliv změnu na obrazovce, bez vyhodnocení obsahu.

### 7.2.2 Výsledky měření

Následující tabulka ukazuje naměřené průměrné hodnoty reakční doby pro každou osobu a podnět. Písmena sloupců značí podnět dle, přičemž vedle dvojice podnětů je vždy sloupec rozdílem těchto dvou podnětů. Všechny uvedené časy jsou v milisekundách.

|                | <b>A</b>       | <b>B</b> | <b>A-B</b> | <b>C</b>       | <b>D</b> | <b>C-D</b>  | <b>E</b>       | <b>F</b> | <b>E-F</b> |
|----------------|----------------|----------|------------|----------------|----------|-------------|----------------|----------|------------|
| <b>Osoba 1</b> | 198            | 187      | 11         | 228            | 190      | 38          | 233            | 225      | 8          |
| <b>Osoba 2</b> | 186            | 183      | 3          | 216            | 181      | 35          | 229            | 217      | 12         |
| <b>Osoba 3</b> | 208            | 221      | -13        | 224            | 209      | 15          | 238            | 231      | 7          |
| <b>Osoba 4</b> | 231            | 219      | 12         | 242            | 216      | 26          | 234            | 245      | -11        |
| <b>Osoba 5</b> | 216            | 225      | -9         | 239            | 221      | 18          | 248            | 253      | -5         |
| $\bar{x}$      | -              |          | <b>0,8</b> | -              |          | <b>26,4</b> | -              |          | <b>2,2</b> |
| $s^2$          | <b>17,6962</b> |          | -          | <b>19,3919</b> |          | -           | <b>10,9650</b> |          | -          |
| <b>n</b>       | <b>5</b>       |          |            | <b>5</b>       |          |             | <b>5</b>       |          |            |

Tabulka 7.1: Vliv reakční doby na různé parametry podnětů. Hodnoty v milisekundách.

V tabulce hodnoty  $\bar{x}$  jsou aritmetické průměry rozdílů, hodnoty  $s^2$  rozptyly výběrových souborů,  $t$  je testovací kritérium (statistika),  $n$  odpovídá počtu párů a  $\nu$  je počet stupňů volnosti výběrového souboru.

Nulovou hypotézou pro testování je vždy fakt, že střední hodnota měření jednoho parametru se neliší od střední hodnoty měření druhého parametru. Z tabulek Studentova  $t$ -rozdělení nalezneme pro hladinu významnosti  $\alpha = 0,05$  testovací kritérium  $t_{1-\alpha/2(\nu)}$ . Tomu odpovídá  $t_{(0,975; 4)} = 2,2776$ . Nyní si vypočteme testovací kritéria  $t$  pro všechny dvojice parametrů:

$$t_{AB} = \frac{0,8}{\sqrt{\frac{17,6962^2}{5}}} = 0,1011$$

$$t_{CD} = \frac{26,4}{\sqrt{\frac{19,3919^2}{5}}} = 3,044$$

$$t_{EF} = \frac{2,2}{\sqrt{\frac{10,9650^2}{5}}} = 0,4486$$

Vzorec 7.4: Výpočet  $t$

Nyní zbývá porovnat vypočtená testovací kritéria s tabulkovými hodnotami:

- Je-li  $t \leq t_{(0,975; 4)}$ , pak se jedná o statisticky nevýznamný rozdíl, nulová hypotéza platí.
- Je-li  $t > t_{(0,975; 4)}$ , jde o statisticky významný rozdíl, nulovou hypotézu zamítáme.

Jak je vidět, jediný případ, kdy nulovou hypotézu zamítneme, je v případě podnětů C a D, protože platí  $3,044 > 2,2776$ . Pro podněty A a B platí  $0,1011 < 2,2776$ , stejně jako pro E a F  $0,4486 < 2,2776$ .

Závěrem tedy můžeme usoudit, že na reakční dobu nemají vliv ani barvy podnětů, ani obsah textového sdělení v podnětu. Naopak změna velikosti (resp. plochy) podnětu způsobí změnu reakční doby. Platí tedy, že čím je větší podnět (dalo by se také říct: čím větší optická stimulace), tím menší reakční doba.

## 7.3 Vliv únavy na reakční dobu

V této kapitole bude prověřen vliv únavy na reakční dobu testovaných osob.

### 7.3.1 Metodika měření

Byl vybrán vzorek 10 osob ve věku 22 – 28 let, kterým byla změřena reakční doba nejprve v dopoledních a následně v pozdních nočních hodinách téhož dne, přičemž byla těmto osobám odepřena možnost spánku během dne. Pro měření bylo využito následujícího nastavení: 15 podnětů ve formě zobrazení černého středně velkého objektu ve tvaru kruhu na bílém pozadí, doba zobrazení 500 ms, interval mezi podněty v rozmezí 2 – 6 sekund, timeout 1 sekunda.

### 7.3.2 Výsledky měření

Tabulka 7.2 představuje výsledky měření reakční doby v souvislosti s únavou. Měření 1 probíhalo v brzkých odpoledních hodinách (13:00-14:00), měření 2 potom v pozdních nočních hodinách (23:00-0:00).

|                 | Měření 1 |               | Měření 2 |               | Rozdíl     |
|-----------------|----------|---------------|----------|---------------|------------|
|                 | t [ms]   | $\sigma$ [ms] | t [ms]   | $\sigma$ [ms] | t [ms]     |
| <b>Osoba 1</b>  | 208      | 44,19         | 226      | 39,21         | 18         |
| <b>Osoba 2</b>  | 213      | 53,04         | 220      | 30,97         | 7          |
| <b>Osoba 3</b>  | 194      | 37,88         | 209      | 37,47         | 15         |
| <b>Osoba 4</b>  | 220      | 37,88         | 235      | 36,92         | 15         |
| <b>Osoba 5</b>  | 198      | 43,25         | 202      | 43,99         | 4          |
| <b>Osoba 6</b>  | 202      | 29,10         | 197      | 44,68         | -5         |
| <b>Osoba 7</b>  | 228      | 26,40         | 205      | 27,36         | -23        |
| <b>Osoba 8</b>  | 196      | 32,77         | 214      | 48,77         | 18         |
| <b>Osoba 9</b>  | 211      | 25,41         | 219      | 50,09         | 8          |
| <b>Osoba 10</b> | 190      | 37,58         | 209      | 32,74         | 19         |
| $\bar{x}$ (t)   | 209,3    |               |          |               | <b>7,6</b> |
| $s^2$ (t)       | 12,4524  |               |          |               | -          |
| <b>n</b>        | 5        |               |          |               |            |

Tabulka 7.2: Vliv únavy na reakční dobu

V tabulce hodnoty  $\bar{x}$  jsou aritmetické průměry rozdílů, hodnoty  $s^2$  rozptyly výběrových souborů,  $t$  je testovací kritérium (statistika),  $n$  odpovídá počtu párů a  $v$  je počet stupňů volnosti výběrového souboru.

Nulovou hypotézou pro testování je fakt, že střední hodnota prvního měření se neliší od střední hodnoty druhého měření při únavě. Z tabulek Studentova  $t$ -rozdělení nalezneme pro hladinu významnosti  $\alpha = 0,05$  testovací kritérium  $t_{1-\alpha/2(v)}$ . Tomu odpovídá  $t_{(0,975; 9)} = 2,262$ . Nyní si vypočítáme testovací kritérium  $t$ :

$$t = \frac{7,6}{\sqrt{\frac{12,4524^2}{10}}} = 1,3647$$

*Vzorec 7.5: Výpočet  $t$*

Jelikož platí, že  $t \leq t_{(0,975; 4)}$ , konkrétně  $1,3647 \leq 2,262$ , nemůžeme nulovou hypotézu zavrhnout. To znamená, že reakční doba se i přes možné původní předpoklady v závislosti na únavě statisticky významně nemění.

## 7.4 Zhodnocení a závěry měření

Měřením na testovacích osobách byla jednak prověřena funkčnost aplikace a současně byly vzaty v úvahu připomínky testovaných osob k rozhraní aplikace, které bylo na základě těchto připomínek dodatečně mírně upraveno. Dále byl změřen vliv různého nastavení aplikace a vliv únavy na reakční dobu.

Jediný statisticky významný rozdíl v reakční době byl zjištěn v závislosti na velikosti podnětu, resp. jeho ploše. Jinak také možno říct, že reakční doba je závislá na intenzitě optické stimulace.

Při měření se dále ukázalo se, že reakční doba je velmi variabilní a rámci jednoho měření kolísá i o sto a více milisekund. To je také vidět na vysokých hodnotách směrodatné odchylky, kde může být zajímavostí její průměrná hodnota za všechna testovací měření. Ta se pohybuje kolem 37 ms.

I když by se dalo usoudit, že by se přesnost měření zvýšila spolu se zvýšením počtu podnětů pro testování, pravdou se ukázal pravý opak. Při zkoušení většího počtu podnětů (hranice přibližně kolem 20 podnětů) se již začala u testovaných osob projevovat jistá otupělost vůči měření, kdy tyto osoby začínají být laxní a přestávají se snažit o „získání“ co

nejrychlejší odezvy. Bohužel se nepodařilo zjistit, zda toto bylo způsobeno únavou z dlouhého soustředění na podněty nebo tím, že to již dotyčné osoby „nebavilo“ a chtěli jen mít měření za sebou. Jako ideální počet vzhledem ke statistické přesnosti a únavě testované osoby z měření se jeví patnáct podnětů v rámci jednoho měření. V případě potřeby větší vypovídací hodnoty statistik by mohlo být alternativním řešením provedení dvou měření po sobě s krátkou pauzou na odpočinek testované osoby.

Dále bylo během měření zjištěno, že není vhodné volit černé (nebo obecně tmavé) pozadí plochy pro měření, protože LCD panely notebooků i levnějších monitorů nemají dobré a rovnoměrné podání černé barvy po celé ploše panelu, což na testované osoby působilo jako rušivý faktor.

## 8 Závěr

V rámci této práce byla nejprve v teoretické rovině probrána problematika měření reakční doby na základě optické stimulace od fyziologie oka a biochemie vidění, přes rozbor jednotlivých metod měření reakční doby až po návrh metodiky měření a zpracování naměřených dat. Dále bylo navrženo blokové schéma aplikace, umožňující měření reakční doby a organizace dat v ní. Dle tohoto návrhu byla realizována vlastní aplikace.

Vytvořená aplikace umožňuje měření reakční metodou Simple reaction time pomocí konfigurovatelných podnětů, ze kterých se vytváří předvolby měření. Tyto předvolby významně zjednodušují realizaci samotného měření díky tomu, že redukuje vyplňování složitých komplexních formulářů na pouhé zadání jména a případně volitelných osobních údajů testované osoby. Díky pevným předvolbám lze navíc kdykoliv vzájemně porovnávat naměřené výsledky s danou předvolbou, protože tyto jsou tím pádem měřeny vždy se stejnými parametry. Aplikace uchovává všechny naměřené výsledky v databázi, přičemž je možné tyto výsledky exportovat např. do formátu Microsoft Excel nebo Matlab.

V poslední fázi této práce bylo provedeno ověření funkčnosti vytvořené aplikace a její otestování s různými parametry na vzorku osob. Závěry z tohoto měření ukazují, že reakční doba je i v rámci jednoho měření značně variabilní a její statisticky významný rozdíl pro různé parametry nebo únavu lze prokazovat jen těžko. Jediný statisticky významný rozdíl reakční doby byl zaznamenán v závislosti na nastavenou velikost objektu. Měření na testovacích osobách ukázalo, že není vhodné volit v rámci jednoho měření větší počet podnětů než dvacet, protože se u těchto osob po delší době měření začala projevovat únava, což negativně ovlivňovalo výsledky měření.

Vytvořenou aplikaci by bylo možné dále rozšířit o dynamické podněty, tedy např. reakci uživatele na rozpohybování jinak statického objektu, případně další metody měření reakční doby, kterými jsou Recognition reaction time nebo Choice reaction time. V neposlední řadě by byla zajímavá implementace grafického zobrazení a porovnávání reakční doby.

# Literatura

- [1] Svatopluk, S.; Skorkovská, Š. *Fyziologie oka a vidění*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2004. 96 s. ISBN 80-247-0786-1.
- [2] Silbernagl, S.; Despopoulos, A. *Atlas fyziologie člověka*. 6. vyd. Praha: Grada Publishing, a.s., 2004. 448 s. ISBN 80-247-0630-X.
- [3] Teichner, W. H.; Krebs, M. J. *Laws of visual choice reaction time*. Psychological review. Jan, 1974. Vol.81(1), p.75-98.
- [4] Ratcliff, R. *Methods for dealing with reaction time outliers*. Psychological Bulletin, Nov, 1993. Vol.114(3), p.510(23).
- [5] Girard, Simon; Collignon, Olivier; Lepore, Franco. *Multisensory gain within and across hemispaces in simple and choice reaction time paradigms*. Experimental Brain Research. 2010. Vol.214(1), p.1-8.
- [6] Kutukcu, Yasar; Marks, William J; Goodin, Douglas S; Aminoff, Michael J. *Simple and choice reaction time in Parkinson's disease*. Brain Research. 1999. Vol.815(2), p.367-372.
- [7] Barbarotto, R.; Laiacona, M.; Frosio, R.; Vecchio, M.; Farinato, A.; Capitani, E. *A normative study on visual reaction times and two Stroop colour-word tests*. The Italian Journal of Neurological Sciences. 1998. Vol.19(3), p.161-170.
- [8] *Zraková dráha*. Wikiskripta [online]. [cit. 2011-12-20]. Dostupné z: [http://www.wikiskripta.eu/index.php/Zraková\\_dráha](http://www.wikiskripta.eu/index.php/Zraková_dráha)
- [9] Richter, J. *.NET Framework programování aplikací*. Praha: Grada, 2002. Přel. z: Applied Microsoft.NET Framework Programming. ISBN 80-247-0450-1.
- [10] Petzold, Ch. *Programování Microsoft Windows Forms v jazyce C#*. Brno: Computer Press, 2006. Přel. z: Programming Microsoft Windows Forms. ISBN 80-251-1058-3.
- [11] Microsoft Corporation. *Microsoft Developer Network: Library* [online]. Dostupné z WWW: <<http://msdn2.microsoft.com/en-us/library/default.aspx>>.
- [12] Hrazdira, I.; Mornstein V. *Lékařská biofyzika a přístrojová technika*. 1. vyd. Brno: Neptun, 2001, s. 179-190. ISBN 80-902896-1-4.

- [13] Wilhelm, Z. *Stručný přehled fyziologie člověka pro bakalářské studijní programy*. 4. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2010, s. 100-101. ISBN 978-80-210-5283-3.
- [14] Dostál, J.; Paulová, H.; Slanina, J.; Tábořská E. *Biochemie: pro posluchače bakalářských oborů*. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2009, s. 155-156. ISBN 978-80-210-5020-4.
- [15] Bedáňová, I.; Večeřek V. *Základy statistiky: pro studující veterinární medicíny a farmacie*. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2007.

# Seznam příloh

Příloha 1. Manuál aplikace

Příloha 2. Popis struktury exportovaných MAT souborů

Příloha 3. CD s elektronickou verzí této práce a se zdrojovými kódy aplikace

# Příloha 1: Manuál aplikace

## Základní okno

V horní části aplikace jsou základní tlačítka sloužící ke spuštění nového měření (tlačítko „NOVÉ MĚŘENÍ“), nastavení předvoleb měření (tlačítko „Předvolby měření“) a pro nastavení výchozích hodnot („Nastavení programu“). Níže je potom pole pro vyhledávání v historii měření a volby pro export naměřených dat.

Ve zbylé části grafického rozhraní jsou v souhrnné tabulce zobrazeny výsledky jednotlivých měření. V těchto výsledcích lze fulltextově vyhledávat zadáním části jména do pole „Vyhledávání / filtr“. Vyhledávání funguje pro zjednodušení automaticky při postupném psaní a není nuto toto dále potvrzovat tlačítkem. Je-li filtr výsledků aktivní (tzn. že je zadán hledaný řetězec), zobrazí se tlačítko s možností zrušení tohoto filtru, po jehož stisku se opět objeví kompletní historie měření.

V tabulce s přehledy měření lze provádět další operace. Při kliknutí pravým tlačítkem na řádek s konkrétním záznamem se zobrazí kontextová nabídka s možnostmi zobrazení detailů tohoto měření, spuštění nového měření s předvyplněním osobních údajů této osoby a v poslední řadě volba pro smazání tohoto měření. Je také možné v tabulce označit více záznamů – buď klikáním na požadovaná měření za současného přidržení klávesy CTRL (Control), případně vybrat všechny záznamy klávesovou zkratkou CTRL+A. Takto vybrané záznamy je možné buď exportovat ve zvoleném formátu pomocí tlačítka „Exportovat“ s následným výběrem názvu a umístění exportovaného souboru nebo provést jejich smazání kliknutím pravým tlačítkem myši do oblasti s tabulkou a volbou „Odstranit vybraná měření“ z kontextového menu.

## Detail měření

Detaily o konkrétním měření se vyvolají ze základního okna kliknutím pravým tlačítkem na řádek s požadovaným měřením a volbou „Detail měření“ z kontextové nabídky.

V nově otevřeném okně jsou pak zobrazeny všechny osobní údaje měřené osoby, základní statistika měření (tj. minimální, průměrná a maximální reakční doba, směrodatná odchylka, počet zachycených podnětů) a poznámka k měření. V pravé části okna je dále zobrazena tabulka s konkrétními naměřenými reakčními časy jednotlivých podnětů. V této tabulce lze opět v případě potřeby reakční časy jednotlivých podnětů mazat pravým kliknutím na

vybraný řádek a volbou „Odstranit měření“. Další možností, kterou okno detailu měření nabízí, je tisk naměřených výsledků na tiskárnu. To se provede stiskem tlačítka „Tisk výsledků“.

## **Nastavení programu**

Spouští se stiskem tlačítka „Nastavení programu“ v základním okně aplikace. Je zde možné nastavit výchozí počet podnětů, rozmezí délky zobrazení, rozmezí intervalu mezi jednotlivými podněty a timeoutu (doba, po kterou se čeká na reakci na podnět).

Dále je zde nastavitelný parametr zpoždění systému, udávající zpoždění řetězce počítač – zobrazovací jednotka – ovládací periferie. V praxi tento parametr zahrnuje především odezvu použitého monitoru. O tento čas je následně korigována naměřená reakční doba (tento čas je od naměřené reakční doby odečten).

Všechny časy v tomto okně se zadávají v jednotkách milisekund. Tyto hodnoty jsou následně předvyplněny vždy při zadávání nových předvoleb podnětů, kde je možné je pro každou předvolbu explicitně měnit (vyjma parametru zpoždění systému).

## **Předvolby měření**

Toto okno je možné vyvolat pomocí tlačítka „Předvolby měření“ v základním okně aplikace. Je zde možné nastavovat všechny parametry podnětů, které následně slouží jako šablona při realizaci měření. Je zde nutné zadat název podnětu, typ podnětu, počet podnětů, rozmezí délky zobrazení, rozmezí intervalu mezi jednotlivými podněty, barvu pozadí plochy při měření a timeout. Dále je možné zadat volitelný popis podnětu.

Jako typ podnětu je možné zvolit změnu barvy pozadí, zobrazení objektu, zobrazení textu nebo zobrazení obrázku.

Typ podnětu Změna barvy pozadí umožňuje nastavit pouze barvu pozadí při změně. Podnět Zobrazení objektu dovoluje zvolit tvar objektu, kterým může být čtverec, kruh nebo trojúhelník. Tomuto objektu lze dále nastavit barvu výplně a jeho velikost (malá, střední nebo velká). U podnětu typu Zobrazení textu lze zadat samotný text podnětu, font, velikost písma a jeho barvu. Poslední možností je Zobrazení obrázku, u kterého je pouze volba pro načtení grafického souboru z disku.

Název předvolby musí být unikátní, není možné mít dvě předvolby měření se stejným názvem a ani není možné měnit parametry již existující předvolby, aby bylo možné navzájem zpětně porovnávat výsledky měření s touto předvolbou.

V případě nutnosti změny již existující předvolby je možné tuto podle názvu nalistovat, přičemž jsou načteny všechny její parametry. Dále už jen stačí změnit název předvolby a požadované parametry a vše uložit.

## **Spuštění měření a jeho průběh**

Dialogové okno pro spuštění měření se zobrazí tlačítkem „NOVÉ MĚŘENÍ“. Je zde nutné zvolit z existujících předvoleb (případně tuto nejprve definovat). Dále se vyplní osobní údaje měřené osoby, jako jsou jméno, příjmení, pohlaví, datum narození a případně poznámka k dané osobě nebo podmínkám měření. Po stisknutí tlačítka „SPUSTIT MĚŘENÍ“ se otevře prázdné okno maximalizované přes celou plochu oprostěné od všech ovládacích prvků. V tomto okně již běží samotné měření, tj. jsou zde postupně zobrazovány podněty podle zvolené předvolby.

Podněty lze potvrdit libovolnou klávesou, vyjma klávesy „Esc“ (Escape), pomocí které je možné měření kdykoliv v jeho průběhu přerušit, stejně jako klávesovou zkratkou ALT+F4. Zobrazení podnětu lze také potvrdit kliknutím myši.

Po skončení měření se automaticky otevře okno s detailním pohledem na právě dokončeného měření.

# Příloha 2: Popis struktury exportovaných MAT souborů

MAT soubor, který je vygenerován při exportu dat a volbě tohoto formátu má strukturu buňkového pole, která je odlišná pro export souhrnu měření a pro export detailních surových dat. Jelikož Matlab nepodporuje datový typ pro uložení data a času včetně milisekund, je datum i čas vždy uloženo jako řetězec znaků. V případě, že hodnota některého parametru chybí, je na jeho místo uložena hodnota -1. Následuje podrobný popis struktury obou datových struktur.

## MAT SOUBOR SE SOUHRNEM MĚŘENÍ

Proměnná „Mereni“ obsahuje buňkové pole o 15 sloupcích, počet řádků odpovídá počtu vyexportovaných měření. Následující tabulka popisuje obsah jednotlivých sloupců:

| Číslo sloupce | Obsah                       | Formát                                  |
|---------------|-----------------------------|-----------------------------------------|
| 1             | ID měření                   | Double                                  |
| 2             | Datum a čas zahájení měření | Vektor znaků (formát: d.m.rrrr h:mm:ss) |
| 3             | Jméno                       | Vektor znaků                            |
| 4             | Příjmení                    | Vektor znaků                            |
| 5             | Pohlaví                     | Vektor znaků (muž/žena)                 |
| 6             | Předvolba měření            | Vektor znaků                            |
| 7             | Dokončeno (příznak)         | Vektor znaků (ano/ne)                   |
| 8             | Datum narození              | Vektor znaků (formát: d.m.rrrr)         |
| 9             | Poznámka                    | Vektor znaků                            |
| 10            | Průměrná doba reakce (ms)   | Double (milisekudy)                     |
| 11            | Minimální doba reakce (ms)  | Double (milisekudy)                     |
| 12            | Maximální doba reakce (ms)  | Double (milisekudy)                     |
| 13            | Směrodatná odchylka (ms)    | Double (milisekudy)                     |
| 14            | Počet změřených podnětů     | Double (milisekudy)                     |
| 15            | Zpoždění systému (ms)       | Double (milisekudy)                     |

## MAT SOUBOR S DETAILNÍMI SUROVÝMI DATY MĚŘENÍ

Proměnná „Mereni“ obsahuje buňkové pole o 13 sloupcích, přičemž počet řádků odpovídá počtu vyexportovaných měření. Následující tabulka popisuje obsah jednotlivých sloupců:

| Číslo sloupce | Obsah                                    | Formát                                                                                                                       |
|---------------|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1             | ID měření                                | Double                                                                                                                       |
| 2             | Datum a čas zahájení měření              | Vektor znaků (formát: d.m.rrrr h:mm:ss)                                                                                      |
| 3             | Jméno                                    | Vektor znaků                                                                                                                 |
| 4             | Příjmení                                 | Vektor znaků                                                                                                                 |
| 5             | Pohlaví                                  | Vektor znaků (muž/žena)                                                                                                      |
| 6             | Předvolba měření                         | Vektor znaků                                                                                                                 |
| 7             | Dokončeno (příznak)                      | Vektor znaků (ano/ne)                                                                                                        |
| 8             | Datum narození                           | Vektor znaků (formát: d.m.rrrr)                                                                                              |
| 9             | Poznámka                                 | Vektor znaků                                                                                                                 |
| 10            | Reakční doby pro jednotlivé podněty (ms) | Vektor hodnot typu double (milisekundy)                                                                                      |
| 11            | Data a časy zobrazení podnětů            | Vektor znaků (časy zobrazení jsou ve formátu d.m.rrrr h:mm:ss:ms, jednotlivé podněty pak oddělené svislou čarou – viz pozn.) |
| 12            | Data a časy zachycení podnětů            | Vektor znaků (časy zobrazení jsou ve formátu d.m.rrrr h:mm:ss:ms, jednotlivé podněty pak oddělené svislou čarou – viz pozn.) |
| 13            | Zpoždění systému (ms)                    | Double (milisekundy)                                                                                                         |

Pozn.: Pro získání dat a časů zobrazení/zachycení jednotlivých podnětů je třeba provést parsování příslušného řezězce, resp. vektoru znaků, a jednotlivé podněty od sebe oddělit. Jako oddělovač zde slouží svislá čára (hovorově „svislítko“, případně „roura“), která má v ASCII tabulce dekadickou hodnotu 124.