



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

Fakulta elektrotechnická  
Katedra radioelektroniky

## **Metodika subjektivního hodnocení kvality obrazu**

Diplomová práce

Studijní program: Komunikace, multimédia a elektronika  
Studijní obor: Multimediální technika

Vedoucí práce: Ing. Karel Fliegel, Ph.D.

**Bc. Stanislav Zdvihal**

---

Praha 2014

České vysoké učení technické v Praze  
Fakulta elektrotechnická

katedra radioelektroniky

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student: **Stanislav Zdvihal**

Studijní program: Komunikace, multimédia a elektronika  
Obor: Multimediální technika

Název tématu: **Metodika subjektivního hodnocení kvality obrazu**

Pokyny pro vypracování:

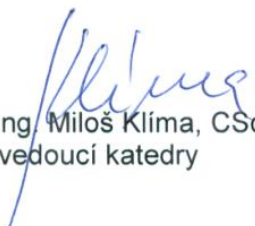
Podějte přehled doporučení pro subjektivní hodnocení kvality obrazu. Zaměřte se zejména na metodiku statistického vyhodnocení výsledků včetně nekonvenčních přístupů. Ve vhodném vývojovém prostředí implementujte nástroje pro softwarovou podporu provádění a vyhodnocování výsledků subjektivního hodnocení. Provedte subjektivní hodnocení pomocí vybraných metod a analyzujte výsledky.

Seznam odborné literatury:

- [1] Wu, H. R., Rao, K. R.: Digital Video Image Quality and Perceptual Coding, CRC Press, 2006.
- [2] Bovik, A.: Handbook of Image and Video Processing, Elsevier Academic Press, 2005.
- [3] Doporučení ITU-R, BT.500-13, P.910, BT.1788, BT.710-4.

Vedoucí: Ing. Karel Fliegel, Ph.D.

Platnost zadání: do konce letního semestru 2014/2015

  
Prof. Ing. Miloš Klíma, CSc.  
vedoucí katedry



  
prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.  
děkan

V Praze dne 10. 2. 2014

## Poděkování

Chtěl bych velmi poděkovat mému vedoucímu práce Ing. Karlu Flieglovi, Ph.D. za jeho trpělivost, čas, který investoval ze svého nabitého rozvrhu a také za jeho velmi cenné rady.

Pokud bych chtěl poděkovat všem lidem, co mě jakýmkoliv způsobem podporovali, byla by to práce, která by obsahovala jen jména těchto osob. Ale alespoň některé z nich zde musím vyjmenovat. Mé díky patří Ing. Lukáši Krasulovi, díky jeho radám a také praktickým poznatkům jsem na této práci pracoval s chutí a velmi mi tyto informace při plnění úkolů pomohly. Dále bych chtěl poděkovat optičce Mirce Holečkové za materiály k testování lidského zraku. V neposlední řadě bych také rád poděkoval mé rodině a přátelům, tito lidé se mnou měli velmi velké nervy a moc mě po dobu studií na VŠ podporovali. Chci také poděkovat své přítelkyni za to, že mě naplňuje vždy pozitivním myšlením a vždy stojí po mém boku. Děkuji také všem, kteří pro mě vyplnili subjektivní testy.

## Prohlášení

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

V Praze dne 7. 5. 2014

.....

## **Abstrakt**

Tato diplomová práce se zabývá subjektivním hodnocením kvality obrazu. Jsou zde důkladně popsány metody: DSIS, DSCQS, SS, SC, SSCQE, SDSCE a PC. Dále podmínky, které je nutno dodržet. Statistické vyhodnocení pro tyto metody je zpracováno především z normy ITU-R BT.500-13 a to i metody pro vyřazení nekonzistentních pozorovatelů pomocí parametru beta. Pro statistické vyhodnocení u metody PC a SC používáme Bradley-Terry model, v této práci je též popsán. Praktická část se zaměřuje na dva programy, z nichž jeden je pro navrzení subjektivních testů, screening a vlastní testy. Druhý zpracovává výsledky ze všech popsanych metod a provádí i redukci nekonzistentních pozorovatelů. Dále jsou zde provedeny různé praktické testy a statistická vyhodnocení ve spolupráci s další diplomovou prací. Pro které byly navrženy i různé modifikace těchto metod.

## **Klíčová slova**

Subjektivní hodnocení kvality obrazu a videa, DSIS, DSCQS, SS, SC, SSCQE, SDSCE, PC, Bradley-Terry model, BT

## **Abstract**

This master thesis deals with the subjective assessment of image quality. There are thoroughly described methods: DSIS, DSCQS, SS, SC, SSCQE, SDSC and PC. Further the conditions that must be met. Statistical analysis of these methods is primarily created from standard ITU-R BT.500-13 and the methods for elimination of inconsistent observers using the parameter beta. For statistical evaluation methods for PC and SC use the Bradley-Terry model, which in this work roces described. The practical part focuses on two programs, one of which is for the design of subjective tests, screening and self-test. The second roces results from all these methods and performs reduction of inconsistent observers. There are also performed various practical tests and statistical analysis in partnership with other Master Thesis. For this work was designed and engineered upgrades.

## **Key words**

Subjective image and video quality assessment, DSIS, DSCQS, SS, SC, SSCQE, SDSC, PC, Bradley-Terry model, BT

## Obsah

1	Úvod .....	1
2	Screening.....	2
2.1	Optotypy .....	2
2.2	Pseudoisochromatické tabulky.....	3
3	Podmínky pro subjektivní hodnocení .....	5
3.1	Podmínky pro hodnocení HD.....	7
4	Metody pro subjektivní hodnocení kvality obrazu .....	8
4.1	DSIS (Double Stimulus Impairment Scale).....	8
4.2	DSCQS (Double Stimulus Continuous Quality Scale) .....	10
4.3	SS (Single Stimulus).....	11
4.4	SC (Stimulus Comparison).....	12
4.5	SSCQE (Single Stimulus Continuous Quality Evaluation) .....	13
4.6	SDSCE (Simultaneous Double Stimulus for Continuous Evaluation) .....	14
4.7	PC (Pair Comparison Method) .....	14
4.7.1	Metoda square design.....	15
4.7.2	Metoda adaptive square design.....	16
5	Statistika a vyhodnocení .....	17
5.1	Výpočet střední hodnoty .....	17
5.2	Výpočet intervalu spolehlivosti .....	17
5.3	Redukce nekonzistentních pozorovatelů – DSIS, DSCQS a SS .....	18
5.4	Redukce nekonzistentních pozorovatelů – SSCQE a SDSCE .....	19
5.5	Bradly-Terry model .....	22
6	Praktická část .....	24
6.1	System pro hodnocení.....	24
6.2	System pro vyhodnocení .....	26
6.3	Kalibrace .....	27
6.4	Testy.....	28
6.4.1	Popis algoritmů pro vyvážení bílé .....	28
6.4.2	Vyvážení bílé – snímky .....	29
6.4.3	Výsledky vyvážení bílé – snímky.....	30
6.4.4	Vyvážení bílé – videa .....	32

6.4.5	Výsledky vyvážení bílé – videa .....	33
7	Závěr.....	37
	Příloha A .....	39
	Manuál k programu pro subjektivní testování kvality obrazu.....	39
	SCREENING test .....	41
	Metoda DSCQS_1 a DSCQS_2 .....	42
	Metoda DSIS_1 a DSIS_2 .....	44
	Metoda PC a PC_SQ.....	45
	Metoda SC .....	46
	Metoda SS_1_K, SS_1_Z, SS_2_K a SS_2_Z .....	47
	Metoda SDSCE .....	48
	Metoda SSCQE .....	48
	Manuál k programu pro vyhodnocování výsledků .....	50
	Příloha B .....	52
	Příloha C .....	55
	Příloha D .....	58
	Obsah přiloženého DVD.....	58
	Zdroje .....	59
	Seznam tabulek .....	62
	Seznam obrázků .....	63



## Seznam zkratek

Práce obsahuje následující zkratky:

DSIS	Double Stimulus Impairment Scale
DSCQS	Double Stimulus Continuous Quality Scale
SS	Single Stimulus
SC	Stimulus Comparison
SSCQE	Single Stimulus Continuous Quality Evaluation
SDSCE	Simultaneous Double Stimulus for Continuous Evaluation
PLUGE	Picture Line-Up Generation Equipment
PS	Programme segment – Programový Segment
TS	Test Session – Testovací Sekvence
TP	Test Presentation – Testovací Presentace
QP	Quality Parametr – Parametr Kvality
MPEG	Moving Picture Experts Group
HD	High Definition
SDTV	Standard Definition Television
PC	Pair Comparison Method
MATLAB	Matrix Laboratory
BT	Bradley-Terry model
SD	Square Design – Čtvercové Provedení
ASD	Adaptive Square Design – Adaptivní Čtvercové Provedení
MSE	Mean Squared Error
PSNR	Peak Signal To Noise Ratio

# 1 Úvod

V dnešní době existuje mnoho kodeků, které využívají jak ztrátovou či bezztrátovou kompresi a degradují tak více či méně daný snímek (video). Degradaci daného snímku či videa nezpůsobuje samozřejmě jen komprese, ale například i šum. Proto zde vznikla potřeba nějakým způsobem porovnávat a hodnotit dané vzorky nebo například zjistit jaká degradace obrazu je ještě přijatelná při vysílání televize. V důsledku toho pak můžeme redukovat přenášené množství dat.

K hodnocení kvality obrazu přistupujeme pomocí dvou metod: objektivním a subjektivním měřením. Objektivní měření spočívá v hodnocení vlastních parametrů daného snímku či videa, například šum, který využívá metoda Mean Squared Error (MSE), tyto parametry jsou již obsaženy ve snímku, musíme je však většinou ještě ze snímků vypočítat. Používají se tak objektivní parametry pro hodnocení. Používáme také metody: Peak Signal To Noise Ratio (PSNR) a další. Tyto metody můžeme především nalézt v [16] a [27]. Oproti tomu subjektivní měření používá jiný přístup, nepoužívá vlastní parametry daného obrazu, ale skupinu pozorovatelů, kteří hodnotí pomocí různé škály metod a variant hodnocení. Do těchto metod spadají například: Double Stimulus Impairment Scale (DSIS), Double Stimulus Continuous Quality Scale (DSCQS), Single Stimulus (SS), Stimulus Comparison (SC), Single Stimulus Continuous Quality Evaluation (SSCQE), Simultaneous Double Stimulus for Continuous Evaluation (SDSCE) a Pair Comparison (PC). Podle nejnovější doporučení ITU-R BT.500-13 a starší normy ITU-R BT.500-11 nebo metoda PC (z norem BT.1788 a P.910). [1][3][4][5] Pozorovatelé v některých variantách metod porovnávají daný obraz i s originálem. Tyto testy jsou sice finančně a časově při větší skupině pozorovatelů velmi náročné, ale bez těchto měření se v dnešní době už neobejdeme.

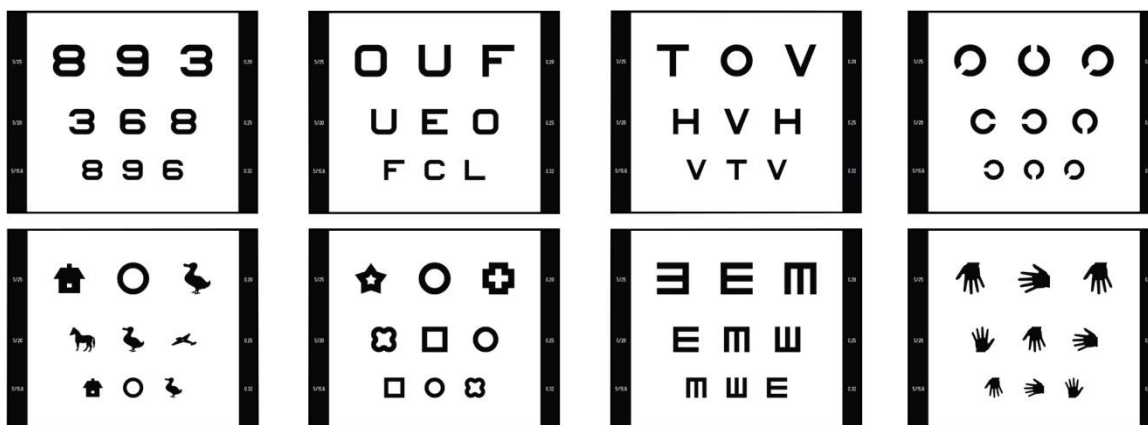
Subjektivní testy můžeme rozdělit do 4 kroků na tzv. „screening“, vlastní testy, vyhodnocení a redukci nekonzistentních pozorovatelů (v některých normách se i toto nazývá screeningem). Screeningem ale spíše rozumíme proces, který předchází vlastnímu testování. Většinou jsou to testy, které zkoumají úroveň spolehlivosti zraku daného pozorovatele (například test barvocitu). Vlastní testy jsou v této práci velmi podrobně zpracovány. Dále přichází na řadu vyhodnocení, které je buď standartní pomocí střední hodnoty, odchylky a intervalu spolehlivosti anebo nestandardní pomocí BT modelu. Tento model se využívá u metod, kde nemáme dané přesné měřítko pro hodnocení (hodnotíme pouze jaký snímek či sekvence se nám líbí více). V konečné fázi se provádí redukce nekonzistentních pozorovatelů. V podstatě se jedná o to, že pokud se několikrát dostane daný pozorovatel pod nebo nad interval spolehlivosti, je odstraněn z hodnocení (vyžívají se i jiné metody), aby neovlivňoval výsledné hodnocení svým špatným či zkresleným úsudkem.

## 2 Screening

Screeningem rozumíme testy pozorovatelů ještě před samotným použitím vybraných testovacích metod pro subjektivní měření kvality obrazu. Tyto testy mají za cíl vyřadit pozorovatele, kteří mají například špatný barvocit, špatné schopnosti rozlišitelnosti vizuálního vjemu anebo některé z vad zraku, které by nám do našeho testování a hodnocení zanášely chyby. Pro testování ostroty se používají optotypy a pro testování barvocitu se používají pseudoisochromatické tabulky. [13]

### 2.1 Optotypy

Pro zjištění zrakové ostroty se používají různé typy optotypů (měření subjektivní metodou). Mezi nejběžnější z nich, s kterými se můžeme setkat u lékaře, jsou optotypy s uplatněním Snellenovy řady. Ta byla definovaná zlomky: 6/6; 6/30; 6/24; 6/18; 6/15; 6/12; 6/9; 6/6 a 6/4. [13] Toto číslo popisuje v čitateli zkušební vzdálenost v metrech a ve jmenovateli také vzdálenost v metrech, ze které by se pozorovatel měl jevit znak zaostřeně. Snellenovy řady můžeme vidět ve zkrácené verzi na obr. 1 (první tři tabulky v prvním řádku). Většinou jsou tyto řady reprodukovány písmeny nebo čísly.



Obr. 1 – Optotypy [25]

Dalším typem optotypů je Landoltův kruh [13] (obr. 1, poslední v prvním řádku). Mezi dvěma danými kruhy by měla být dána minimální vzdálenost vzorcem  $2\sqrt{2d}$ , kde  $d$  je šířka štěrbiny a zároveň i šířka čáry. Štěrbina odpovídá zornému úhlu jedné úhlové minuty. Tento kruh považujeme za nejobektivnější znak k vyšetření vůbec. Landoltův kruh je také jediný normovaný znak předepsán pro mezinárodně uznávané znalecké účely. Testy s ním se většinou provádějí tak, že pod kruhem si vyšetřovaná osoba představí hodinový ciferník a poté na něm popisuje kde je umístěna štěrbina. Pomocí tohoto znaku můžeme sestavit osm variant pro reprodukci (natočením). Tím je dána pravděpodobnost 12,6%, že orientaci štěrbin testovaný subjekt uhodne, aniž by ji viděl.

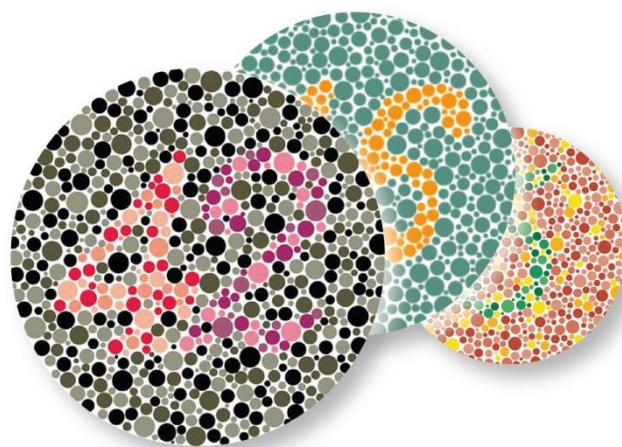
Jako další jsou Snellenovy a Pflügerovy optotypy (háky) u těchto optotypů (obr.1, druhý řádek třetí tabulka zleva), můžeme vytvořit pouze čtyři možnosti pro zobrazení. Pravděpodobnost uhodnutí těchto znaků se tak zvyšuje na 25% a je zde proto uplatněn penalizační faktor 0,87. Většinou jsou tyto znaky využívány pro testování dětí, analfabetů nebo cizinců co neznají místní jazyk.

Dále se používají Schroberovy optotypy (ty jsou vyšší a tenčí než Snellenovy), dětské optotypy (obr. 1 první a poslední tabulka ve druhém řádku) a dále různé tabulky pro hodnocení kontrastu (například Ardenovy, Vistechovy a Pelli-Robsonovy tabulky). [13] [14]

## 2.2 Pseudoisochromatické tabulky

Barevný vjem člověka charakterizujeme pomocí třech veličin: tónem, sytostí a jasnem. Tónem popisujeme dominantní vlnovou délku: 380nm až 780nm (lidským zrakem viditelná část spektra). Sytost je dána obsahem bílé složky v barvě, stoprocentní sytá barva je barva, která neobsahuje žádnou jinou příměs. Jas je naše vnímání intenzity světla (počet fotonů dopadajících do oka na sítnici). Popisuje tak oproti dvěma předešlým, které popisovali kvalitu, kvantitu. Rozpoznávání změny jasu je základní úlohou zraku vůbec. [12]

Porušení barvocitu může být částečné nebo úplné a mluvíme pak v kategoriích [13] o anormálních trichomatech (dichromatů), deuteranomálii (protanomálii) nebo o deuteranopii (protonopii), pokud se jedná o chybné nebo neexistující vnímání zelené nebo červené barvy. Velmi zřídka se setkáváme s postižením citlivosti na barvu modrou, v těchto případech mluvíme o tritanomálii (tritanopii). A právě pseudoisochromatickými tabulkami, testujeme tyto poruchy. Pro hodnocení barvocitu se nejčastěji používají tyto: pseudoisochromatické tabulky podle Velhegena, Ishihary, Rabkina nebo Daaovou tabulkou.



Obr. 2 – Pseudoisochromatické tabulky pro měření barvocitu [22]

Tyto tabulky slouží k rychlému předběžnému vyšetření. Obsahují, známé geometrické tvary, znaky, písmena nebo čísla. Ty jsou složeny, jak můžeme vidět na obr. 2, z jednobarevných bodů s odlišnou úrovní jasu, obklopené dalšími různobarevnými body opět s různou úrovní jasu. Zdravý pozorovatel, u kterého je barvocit v normální úrovni, se dokáže orientovat podle barevného tónu a nemá tak problémy s dekódováním daného skrytého obrazu ve zdánlivě pestrém poli. Naopak pozorovatel co barvocit nemá v normální úrovni a má tak poruchu, se orientuje pomocí jasového vidění a není tak schopen dekódovat skrytý obraz v zdánlivě pestrém poli. [13]

### 3 Podmínky pro subjektivní hodnocení

Pro subjektivní hodnocení kvality obrazu byly zvoleny doporučením ITU-R BT.500-13 (i ITU-R BT.500-11) podmínky, které jsou zapsány v tab. 1. Tyto podmínky jsou pro hodnocení v laboratorním prostředí. Pozorovací podmínky pro domácí hodnocení upravují opět totožná doporučení ITU-R BT.500-13 (i ITU-R BT.500-11), podmínky jsou zapsány v tab. 2. Doporučení ITU-R BT.500-13 nijak neupravuje podmínky pro pozorování předešlé verze a jsou tak totožné (dále jen ITU-R BT.500-13).

Tab. 1 – Všeobecné podmínky pro subjektivní hodnocení v laboratorních podmínkách [1]

Podmínka	Hodnota
Poměr minimální a maximální hodnoty jasu.	$\leq 0,02$
Poměr jasu zobrazovače, černé a bílé barvy, v temné komoře.	Přibližně 0,01
Jas a kontrast zobrazovače.	Nastavení pomocí PLUGE (testovací obrazce).
Maximální pozorovací úhel ke kolmici.	30° (Platí pro CRT, pro ostatní technologie jde o číslo menší)
Poměr jasu pozadí za obrazem k jasu obrazu.	Přibližně 0,15
Teplota chromatičnosti pozadí.	D65 (6500K)
Ostatní osvětlení místnosti.	Nízké

Tab. 2 – Všeobecné podmínky pro subjektivní hodnocení v domácích podmínkách [1]

Podmínka	Hodnota
Poměr minimální a maximální hodnoty jasu.	$\leq 0,02$
Jas a kontrast zobrazovače.	Nastavení pomocí PLUGE (testovací obrazce).
Maximální pozorovací úhel ke kolmici.	30° (Platí pro CRT, pro ostatní technologie jde o číslo menší)
Formát obrazu 4/3	Musí být splněn PVD (Tab. 3)
Formát obrazu 16/9	Musí být splněn PVD (Tab. 3)
Maximální jas	200 cd/m <sup>2</sup>
Osvětlení plochy na monitoru (Světlo dopadající z okolí na monitor), měří se kolmo na monitor.	200 luxů

Pozorovací vzdálenost a velikost zobrazovacího panelu musí být volena tak, aby uspokojila PVD (poměr velikosti pozorovací vzdálenosti k velikosti obrazu v metrech). PVD, v závislosti na velikosti zobrazovacího panelu, je uvedeno v následující tabulce tab. 3. Údaje jsou platné jak pro SDTV, tak pro HDTV (byly nalezeny velmi malé rozdíly tab.5).[1]

Tab. 3 – Podmínka pro pozorovací vzdálenost (PVD)[1]

Diagonála monitoru [inch]		Výška monitoru	PVD
Poměr 4/3	Poměr 16/9	[m]	[-]
12	15	0,18	9
15	18	0,23	8
20	24	0,30	7
29	36	0,45	6
60	73	0,91	5
> 100	> 120	> 1,53	3-4

Oproti tomu norma ITU-R BT.1788 definuje pozorovací podmínky pro hodnocení kvality, definuje některé podmínky rozdílně viz tab. 4. Tato norma nedefinuje rozdělení na laboratorní a domácí podmínky. Existují zde pouze obecné podmínky, které jsou sloučeny z laboratorních a domácích podmínek.[4]

Tab. 4 – Definované pozorovací podmínky podle normy ITU-R BT.1788 [5]

Podmínka	Hodnota
Pozorovací vzdálenost.	1-8 H podle preferencí pozorovatele
Maximální jas na monitoru.	70 – 250 cd/m <sup>2</sup>
Poměr jasu neaktivní monitoru k maximu jasu.	≤ 0,05
Poměr jasu pozadí za obrazem k jasu obrazu.	≤ 0,2
Teplota chromatičnosti pozadí.	D65 (6500K)
Osvětlení pozadí.	20 luxů

Pozorovací vzdálenost je zde ponechána na preferencích pozorovatele oproti BT.500, kde musí být splněna tabulka tab. 3. Maximální jas na monitoru je v intervalu 70 – 250 cd/m<sup>2</sup>, u BT.500 je stanovena hodnota maxima na 200 cd/m<sup>2</sup>. Poměr jasu neaktivní monitoru k maximu jasu je u BT.1788 s intervalem ≤ 0,05 větší než u BT.500 (liší se o 0,03). Poměr jasu pozadí za obrazem k jasu obrazu je v maximální hodnotě u BT.1788 větší (o 0,05). V případě teploty chromatičnosti pozadí se obě normy shodují (D65). Osvětlení je definováno v obou případech jinak, u BT.500 je definováno osvětlení monitoru 200 luxů, u BT.1788 je definováno osvětlení pozadí, které je rovno 20 luxům. Z tohoto srovnání vyplývá, že norma BT.500 má přísnější měřicí podmínky než norma ITU-R BT.1788.

### 3.1 Podmínky pro hodnocení HD

Pro HD (High Definition) byly stanoveny normou ITU-R BT.710-4, pro hodnocení kvality obrazu podmínky, které zobrazuje tabulka tab. 5.

Tab. 5 – Definované pozorovací podmínky podle normy ITU-R BT.710-4 pro HD [5]

Podmínka	Hodnota
Poměr pozorovací vzdálenosti k výšce obrazu.	3
Maximální jas na monitoru.	150 – 250 cd/m <sup>2</sup>
Poměr minimální a maximální hodnoty jasu.	≤ 0,02
Poměr jasu zobrazovače, černé a bílé barvy, v temné komoře.	Přibližně 0,01
Poměr jasu za obrazem k maximu jasu obrazu.	Přibližně 0,15
Ostatní osvětlení místnosti.	Nízké
Teplota chromatičnosti pozadí.	D65 (6500K)
Pozorovací úhly (měly by být zachovány pro každého pozorovatele).	Minimální 28° na výšku a 48° na šířku. Maximální 53° na výšku a 83° na šířku.
Uspořádání pozorovatelů.	V rozmezí ±30° horizontálně, vertikální limit je předmětem výzkumu.
Velikost monitoru.	1,4m (55 palců)

Pokud není maximální podmínka jasu monitoru (z důvodu technických prostředků) proveditelná, měla by být minimální hodnota  $\geq 70$  cd/m<sup>2</sup>. Pokud není k dispozici monitor o velikosti 1,4 m (55 palců) je podle ITU-R BT.710-4, doporučena minimální velikost  $\geq 76,2$  cm (30 palců).[5]

Při porovnání podmínek měření s ostatními podmínkami z norem BT.500-13 a BT.1788, zjišťujeme, že hodnoty korelují především s normou BT. 500-13. Je zde však počítáno s menším jasnem, menším pozorovacím úhlem a jinou pozorovací vzdáleností. To je především proto, že podmínky v normě BT.500-13 jsou pro SDTV. Rozdíly jsou však malé, proto můžeme pro hodnocení kvality HD obrazu použít i normu BT.500-13.

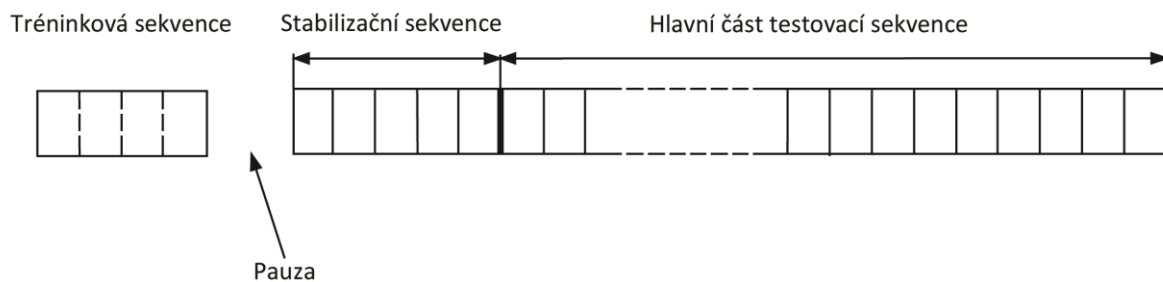


## 4 Metody pro subjektivní hodnocení kvality obrazu

Podle norem (především ITU-R BT.500-13) byly stanoveny metody subjektivního hodnocení kvality obrazu. Metody jsou podle [2] označovány jako: DSIS, DSCQS, SS, SC, SSCQE a SDSCE. Rozdělujeme je na dva odlišné typy. Na případ kdy daný testovaný vzorek porovnáváme s referenčním snímkem (disponujeme originálem) a na případ kdy s originálním snímkem nedisponujeme.

Tyto metody se používají i pro subjektivní hodnocení kvality obrazu u HD. Aby však mohli být tyto metody pro HD plně využity, byly změněny pozorovací podmínky. Tyto podmínky upravuje norma ITU-R BT.710-4 a jsou umístěny v tabulce tab. 5 (Případně můžeme použít pozorovací podmínky z normy BT.500-13 viz kapitola (3.1).

Sekvence pro testování by měla trvat nejdéle 30 minut. Celý proces hodnocení popisuje obr. 3. První část je tréninková sekvence, zde jsou pozorovatelé seznámeni s principy hodnocení a také jakým způsobem budou dané sekvence hodnotit. Po této tréninkové části následuje pauza, kde by měl být ponechán prostor pro dotazy. Po zodpovězení dotazů pokračujeme stabilizační sekvencí. Tyto dvě části (tréninková a stabilizační sekvence) se do výsledků nedosazují. Poslední částí je hlavní část. Zde se provádí vlastní hodnocení.



Obr. 3 – Sekvence pro testování (Překresleno a upraveno z [1])

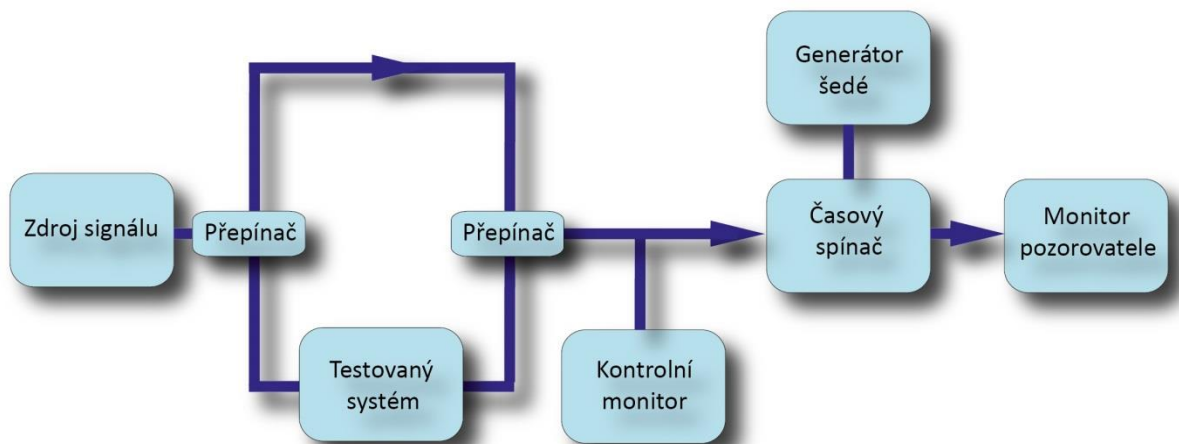
### 4.1 DSIS (Double Stimulus Impairment Scale)

DSIS je metoda, kde k porovnávání využíváme originální snímek. Uspořádání pracoviště vidíme na obr. 4. Skládá se ze zdroje signálu, testovaného systému, kontrolního monitoru, časového přepínače, generátoru šedé a monitoru pozorovatele. Pozorovateli se nejdříve zobrazí originál, poté zkreslený obraz. Dále se zaznamená hodnocení s ohledem na originální vzorek a pokračuje se s dalšími narušenými a originálními vzorky. V testech, které trvají přibližně půl hodiny, jsou posuzovány vzorky či sekvence v náhodném pořadí. Poruchy pokrývají všechny požadované kombinace. Na konci hodnocení se posuzují průměrné výsledky. Stupnice hodnocení je od 1 do 5, kde 1 je velmi rušivý a 5 nepostřehnutelný vzorek.

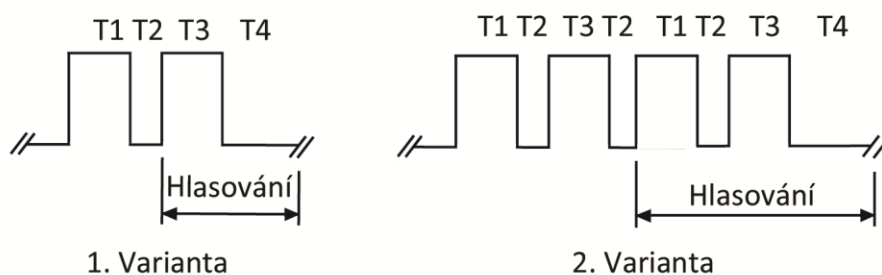
Tuto stupnici vidíme v tab. 7 (stupnici můžeme modifikovat přesně pro naše hodnocení). Tuto metodu můžeme dále rozdělit na dvě varianty:

1. Referenční obraz nebo sekvence a testovaný obraz nebo sekvence jsou uvedeny pouze jednou.
2. Referenční obraz nebo sekvence a testovaný obraz nebo sekvence jsou prezentovány dvakrát.

Popis těchto variant můžeme názorně vidět na obr. 4. Mezi každým snímkem, je umístěn šedý snímek, který trvá 3 sekundy. [2] Tato metoda je v normě Rec. ITU-T P.910 nazývána jako DCR (Degradation Category Rating). Ve starších normách jí také můžeme nalézt pod zkratkou EBU (2. Varianta).



Obr. 4 – Uspořádání pracoviště pro metodu DSIS (Překresleno a upraveno z [1])



Obr. 5 – Popis variant pro metodu DSIS (Překresleno a upraveno z [1])

Tab. 6 – Legenda k Obr.3 (metoda DSIS)[1]

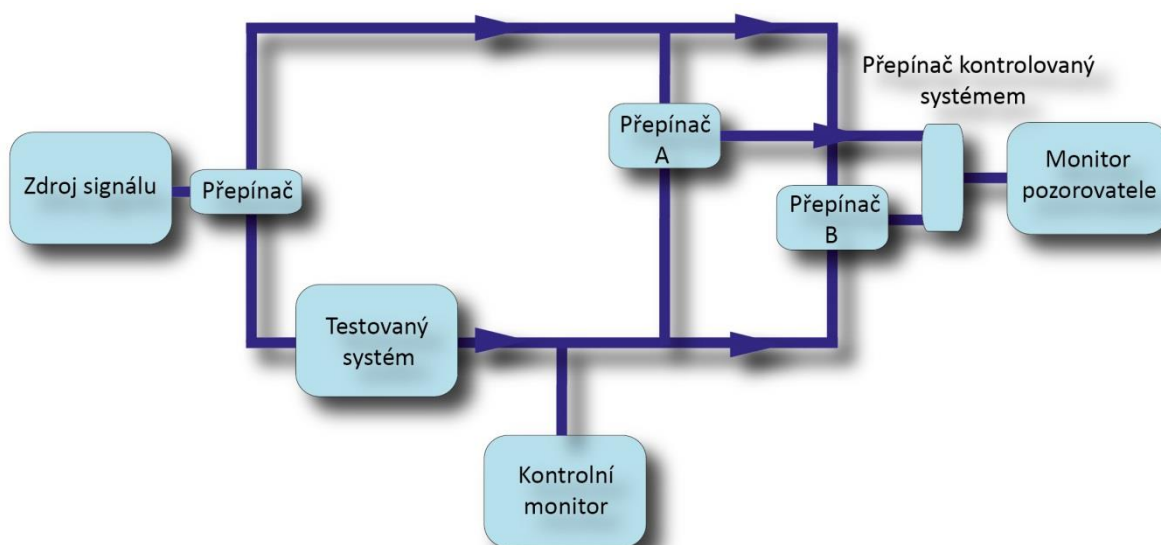
Označení	Hodnota [s]	Popis
T1	10	Referenční snímek nebo sekvence
T2	3	Šedý snímek
T3	10	Testovaný snímek nebo sekvence
T4	5-11	Šedý snímek

Tab. 7 – Stupnice pro hodnocení metody DSIS[1]

Hodnota	Popis
5	nepostřehnutelné
4	znatelné, ale nerušivé
3	mírně rušivé
2	rušivé
1	velmi rušivé

## 4.2 DSCQS (Double Stimulus Continuous Quality Scale)

DSCQS je podobná metoda jako metoda DSIS. Pozorovatel může přepínat libovolně mezi oběma snímky. Neví však, jaký snímek je originál a hodnotí tak oba snímky najednou. Tato metoda se především hodí v případě, že nemáme k dispozici referenci (snímek plné kvality). Pozice snímků se pseudonáhodně mění, aby pozorovatelé neposuzovali jen určité detaily na snímcích. Tím docílíme toho, že pozorovatelé hodnotí celý snímek. Schéma této metody můžeme vidět na obr. 6.



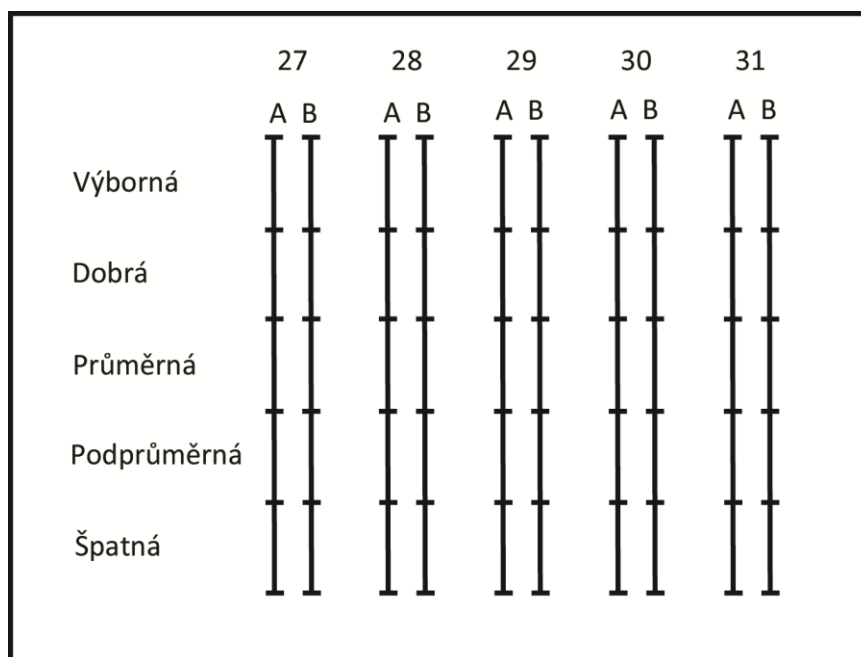
Obr. 6 – Schéma metody DSCQS (Překresleno a upraveno z [1])

Pracoviště se skládá ze zdroje signálu, testovaného systému, monitoru pozorovatele, kontrolního monitoru, dvou přepínačů, kde jeden je ovládán testovacím systémem a druhý ovládaný samotným pozorovatelem.

Pro metodu DSCQS existují opět dvě varianty pro měření:

1. Pozorovateli je povoleno přepínání mezi oběma snímky, dokud není přesvědčen o tom, že si je naprosto jistý svým hodnocením. Neví však, jestli je snímek z generátoru signálu nebo z testovaného systému.
2. Tato varianta zakazuje hodnotiteli přepínat mezi snímky a přepínáno je mu automaticky. Stabilita výsledků této varianty se stále zkoumá.[2]

Hodnocení probíhá na 5 bodové stupnici, tu vidíme na obr. 7.



Obr. 7 – DSCQS hodnocení (Překresleno a upraveno z [1])

### 4.3 SS (Single Stimulus)

Metoda SS je další obdobou DSIS, snímky by zde měly být promítány v náhodném pořadí, nejlépe náhodně pro každého pozorovatele. V obou variantách se střídá šedý snímek s testovaným snímek a opět šedým snímek. Pozorovatel nemá k dispozici originální snímek, poškození tak nemá s čím porovnávat. Existují opět dvě varianty, kde v první je pouze jedno opakování (SS) a další varianta je s více opakování (SSMR):

1. Zkušební snímky či sekvence se reprodukují pouze jednou. Experiment zajišťuje, že stejný snímek není zobrazen dvakrát po sobě na stejné snížené úrovni.
2. Ve druhé variantě se snímky nebo sekvence reprodukují ve třech prezentacích, kde žádný snímek nemá stejné pořadové číslo (stejně umístění), ani není před stejným snímkem nebo sekvencí. První prezentace se používá ke stabilizaci hodnocení pozorovatelů, proto se do výsledků nezapočítává. Další dvě prezentace se už do výsledků počítají. Tato varianta je oproti první variantě náročnější na čas.

Tabulka 8 zobrazuje dvě hodnocení používané pro tuto metodu (hodnocení kvality a zhoršení). [1] Tato metoda je v normě Rec. ITU-T P.910 nazývána jako ACR (Absolute Category Rating).

Tab. 8 – Pětistupňová stupnice pro hodnocení[1]

Hodnocení	Kvalita	Hodnocení	Zhoršení
5	Výborná	5	Nepostřehnutelné
4	Dobrá	4	Znatelné, ale nerušivé
3	Průměrná	3	Mírně rušivé
2	Podprůměrná	2	Rušivé
1	Špatná	1	Velmi rušivé

#### 4.4 SC (Stimulus Comparison)

SC metoda porovnává dva snímky či sekvence, bez toho abychom měli originální snímek, kde porovnáváme jejich rozdíly. Pro tuto metodu používáme dva nebo jeden monitor. Pokud používáme jeden, musíme zajistit, aby se snímky zobrazovali stejně často jak v první, tak i druhé poloze. Existují tyto varianty:

1. Varianta adjektivního kategorického úsudku („Adjectival categorical judgement methods“) pro hodnocení používá 7 bodovou stupnici, kterou zobrazuje tab. 9. Rozptyl hodnot jde zde od -3 (o hodně horší) do 3 (o hodně lepší).

Tab. 9 – Varianta adjektivního kategorického úsudku („Adjectival categorical judgement method“) [1]

Hodnota	Popis
-3	O hodně horší
-2	Horší
-1	Lehce horší
0	Stejně
1	Lehce lepší
2	Lepší
3	O hodně lepší

2. Varianta nekategorického úsudku („Non-categorical judgement methods“) má dvě formy. V první pozorovatel posoudí, jestli jsou snímky či sekvence stejné nebo rozdílné, může použít i hodnocení z tab. 9. Ve druhé formě pozorovatel přiřadí ke každému poměru číslo, které odráží hodnocení páru snímků či sekvencí (rozdíl v kvalitě).[1]

#### 4.5 SSCQE (Single Stimulus Continuous Quality Evaluation)

Je metoda, která posuzuje video. Vznikla po zavedení digitální komprese v televizi, postižení kvality obrazu je závislé na scéně a je časově proměnné. Poškození scény může mít velmi krátký interval a proto je potřeba hodnotit častěji.[24] Pozorovatel má k dispozici přípravek, který má lineární rozsah 10 cm a pohybuje zde jezdcem. Pozorovatel pohybuje jezdcem mezi pěti polohami od výborné (100) až po špatnou (0), vždy po změně kvality obrazu. Přípravek zaznamenává hodnocení každé 2 sekundy. Hodnotitel nemá k dispozici originální video. Testování provádíme podle normy ITU-R BT.500-13 (i ITU-R BT.500-11) následovně:

- Programová část (Programme segment): PS odpovídá jednomu typu programu (např. sport, drama, zpravodajství), zpracované podle jednoho z parametrů kvality (QP) v rámci hodnocení (např. bitový tok). Každý PS by měl být minimálně 5 minut dlouhý.
- Testovací sekvence (Test session): TS je řada z jedné nebo více kombinací PS/QP (Quality params) bez oddělení a uspořádaný v pseudonáhodném pořadí. Každá TS obsahuje alespoň jednou všechny TS a QP, ale ne nutně všechny kombinace. TS by měla trvat přibližně mezi 30 a 60 minutami.
- Úplný test (Test presentation): TP představuje úplné provedení testu. TP se skládá z jednotlivých TS. Hodnocení provádí přes všechny PS/QP, v případě že je počet PS/QP omezen, můžeme realizovat opakování stejného TS. [1]

## 4.6 SDSCE (Simultaneous Double Stimulus for Continuous Evaluation)

Metoda SDSCE [1] byla navržena z důvodu hodnocení MPEG a pro vyhodnocování chyb při nízkých bitových rychlostech.

Hodnotitelé pozorují dvě sekvence, jedna je referenční a druhá je testovaná (je k dispozici originál). Pro hodnocení se používají jak dva monitory, tak i jeden, kde jsou oba vzorky umístěny vedle sebe. Seshora a zezdola jsou umístěny šedé pruhy. Pozorovatelé hodnotí na posuvníku věrnost, kde v ideálním případě, při dokonalé věrnosti, by byl posuvník nahoře stupnice (hodnota 100), pokud by nebyla žádná shoda, byl by posuvník úplně dole (hodnota 0). V podstatě se jedná o upravenou metodu SSCQE.[1]

## 4.7 PC (Pair Comparison Method)

Metoda PC, se používá k párovému porovnávání mezi snímky. Zkušební sekvence jsou uváděny po dvojicích, kde se každý snímek hodnotí s každým, ve všech možných  $n(n-1)$  kombinacích (kombinace AB, BA, CA atd.). Kombinace AB a BA se velmi hodí ke zkušebnímu testu na začátku testů, kde si pozorovatel ujasňuje, jak bude hodnotit.

Pozorovatel dostane k dispozici vytvořený testovací program, kde porovnává, jaký ze dvou snímků upřednostňuje. Hodnotitel pozoruje přibližně 10s jeden snímek, poté 2s šedé, dále přibližně 10s další snímek, nakonec je hodnotitel vyzván k hodnocení a pokračuje se dalším párem testovaných snímků. [3][4]

Ačkoliv je tato metoda brána jako nejspolehlivější, má i jedno velké úskalí a to časovou náročnost pro dané subjektivní testy. V případě, že provádíme pouze testování všech snímků vůči sobě, můžeme páry spočítat jednoduše podle vzorce:  $\frac{s(s-1)}{2}$  kde  $s$ , je počet snímků v testované sekvenci. Pokud je test koncipován i na porovnávání stejných snímků, ale na jiné pozici (AB a BA), počet snímků se zvýší o polovinu a je dán vzorcem:  $s(s-1)$ .

Dejme si příklad, že máme 17 sekvencí po 8 snímcích. Pokud budeme brát standartní případ (bez opakování stejných snímků), vyjde nám po dosazení 8 za  $s$  do vzorce  $\frac{s(s-1)}{2}$ , 28 párů v případě druhé by to bylo 56 párů. Když tento výsledek pak vynásobíme počtem sekvencí, vyjde nám 476 a 952 párů. Už pouhým okem nám musí být jasné, že by dané testy byly velmi zdoluhavé. Experimentálně bylo zjištěno, že na 28 párů (statické snímky) by byla potřeba (v našem případě jednu sekvenci) 4,5 minut (celkem 76,5 minut). Je tedy jasné, že s vzrůstajícím počtem snímků v sekvencích, rapidně roste čas testování. Největší dopad tohoto jevu je i ten, že samozřejmě se vzrůstajícím časem hodnocení klesá pozornost pozorovatele a tím zkresluje výsledky hodnocení.

Tento problém řeší metoda, která se nazývá „square design“. Princip spočívá v tom, že se neprovádí testování všech párů, ale jsou pouze podle určitého kritéria vybrány některé snímky. Podrobněji je tato metoda vysvětlena v kapitole square design [10][23].

#### 4.7.1 Metoda square design

Jak už bylo napsáno, tato metoda se používá pro redukci počtů párů pro porovnání při průběhu subjektivního testu. Testy by jinak byly velmi zdlouhavé. Podle [11] byly navrženy vyvážené testy, to znamená, že pro některé páry  $(i, j)$ , je číslo  $n_{ij} = 0$  (některé páry se nehodnotí), zatímco pro všechny ostatní páry je to konstanta  $n_{ij} = n$ . Každý testovaný snímek, musí být reprodukován se stejnou frekvencí. Pro redukci počtu snímků, byly navrženy čtyři různé metody (jedná se o různé způsoby získání testovaných párů) a to: „Group divisible design“, „Triangular design“, „Square design“ a „Cyclic design“. My se však budeme zabývat pouze metodou „Square design“ (SD).

Pro metodu redukce SD platí předpoklad  $t = s^2$ , kde  $t$  je počet stimulů a  $s$  je velikost matice, stimuly jsou tak umístěny do čtvercové matice. Celý princip spočívá v tom, že páry pro hodnocení jsou získávány z matice takovým způsobem, že jsou brány pouze stimuly s řádků a sloupců. Pro představu kdyby bylo  $t = 9$ . Máme takovouto matici:

1	2	3
4	5	6
7	8	9

Obr. 8 – SD způsob vytváření trojic (ilustrační matice)

Nejdříve vyřešíme stimuly, které jsou umístěny ve sloupcích (modrá barva) a poté stimuly co jsou v řádcích (zelená barva). Výsledné trojice stimulů vypadají takto: (1, 4, 7), (2, 5, 8), (3, 6, 9), (1, 2, 3), (4, 5, 6) a (7, 8, 9). Tyto všechny skupiny stimulů jsou pak porovnávány mezi sebou. V našem případě je to pro každou trojici tři páry k porovnávání. Celkový počet stimulů pak vypočteme pomocí vzorce:  $t(\sqrt{t} - 1)$ . Po dosazení pak získáme 18 párů, to je poloviční úspora oproti normálnímu způsobu hodnocení, kdy by byl při porovnávání každého s každým počet párů 36.

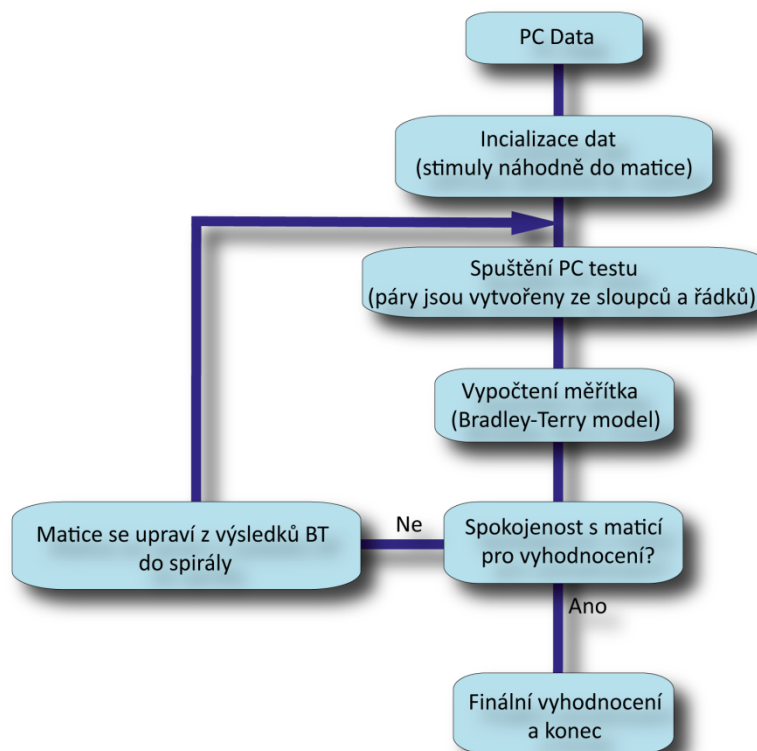
Tato metoda je velmi účinná, počítá ale s tím, že pozorovatelé neudělají při hodnocení chybu a matici SD již nebudeme dále modifikovat. [11] Tento problém řeší metoda ASD.



### 4.7.2 Metoda adaptive square design

Předchozí metoda SD řešila velmi dobře snížení časové náročnosti. Velkým negativem u ní však je, že počítá s tím, že pozorovatelé budou hodnotit správně (vytváří se pouze jedna matice pro hodnocení). Pozorování by se mělo soustředit především na stimuly s podobnou kvalitou.

Tento problém řeší metoda: adaptive square design (ASD). Čtvercová matice pro hodnocení je zde vždy po vyhodnocení aktualizována tak, že je spočteno celkové hodnocení sečtením předešlých výsledků (od minulých pozorovatelů) a nynějších výsledků. Poté jsou tato data vyhodnocena pomocí BT modelu (kapitola 5.5) a výsledky pak zpětně převádíme pro hodnocení dalších pozorovatelů (do spirály od nejlepšího stimulu po nejhorší, tuto orientaci si můžeme volit sami). Tento stav trvá, dokud nejsou výsledky konzistentní. Dále už je matice pro hodnocení nezměněná a provádíme testy s nemodifikovanou maticí pro hodnocení. Musíme však tyto výsledky stále kontrolovat. Pro prvního pozorovatele je matice pro hodnocení generována čistě náhodně. Tento proces nejlépe vysvětluje následující obr. 9.



Obr. 9 – Diagram metody adaptive square design [11]

Výsledky testování pomocí Monte – Carlo simulace z [11] dokazují, že metoda ASD je oproti metodě SD robustnější vůči chybám. Tato metoda se tak velmi hodí pro testy, kdy máme k testování velké množství snímků. Použijeme ji proto v praktické části této práce.

## 5 Statistika a vyhodnocení

V průběhu subjektivního testování shromažďujeme velké množství dat. Tyto údaje ve formě vyplněných tištěných listů nebo elektronické ekvivalenty, musíme zpracovat pomocí různých statistických metod či modelů, abychom získali výsledky v grafické podobě nebo numerické výsledky, které shrnují výkonost systému v rámci testů. Následující kapitola se bude věnovat analýze výsledků metod: DSIS, DSCQS, SS, SSCQE a SDSCE.

### 5.1 Výpočet střední hodnoty

Jako první krok při zpracování výsledků, provádíme výpočet střední hodnoty  $\bar{u}_{jkr}$ , pro každou prezentaci (sérii snímků), podle normy [1], následovně:

$$\bar{u}_{jkr} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N u_{ijk_r} \quad (1)$$

kde je:

$u_{ijk_r}$ : hodnocení pozorovatele pro testovaný stav  $j$ , (testovanou podmínku) sekvence nebo snímek  $k$ , počet opakování  $r$

$N$ : počet pozorovatelů

### 5.2 Výpočet intervalu spolehlivosti

Při prezentaci výsledků testu, by měla mít každá střední hodnota přiřazený interval spolehlivosti. Ten je odvozen od směrodatné odchylky a průměrného hodnocení každého snímků (sekvence). Podle normy [1], je navrženo použít 95 % interval spolehlivosti (pro normální rozdělení) daný následovně:

$$[\bar{u}_{jkr} - \delta_{jkr}, \bar{u}_{jkr} + \delta_{jkr}] \quad (2)$$

kde je:

$$\delta_{jkr} = 1,96 \frac{S_{jkr}}{\sqrt{N}} \quad (3)$$

Standartní odchylka  $S_{jkr}$ , pro každou testovanou sekvenci je dána vztahem:

$$S_{jkr} = \sqrt{\sum_{i=1}^N \frac{(\bar{u}_{jkr} - u_{ijk_r})^2}{(N-1)}} \quad (4)$$

S pravděpodobností 95 %, je absolutní hodnota rozdílu mezi experimentální střední hodnotou a „skutečnou“ střední hodnotou (pro velký počet pozorovatelů) menší než 95 % interval spolehlivosti, za předpokladu, že distribuce jednotlivých výsledků má normální rozložení.

Podobně by pak standardní odchylku  $S_j$  bylo možné vypočítat pro každou testovanou podmínku. Je však třeba počítat s tím, že standardní odchylka bude v případech, kdy se používá malé množství testovaných sekvencí (snímků), ovlivněna více rozdíly mezi použitými zkušebními sekvencemi než rozdíly mezi pozorovateli, kteří se účastní provedeného testování.

### 5.3 Redukce nekonzistentních pozorovatelů – DSIS, DSCQS a SS

Redukcí nekonzistentních pozorovatelů řešíme odchylky od normálu (normy). Odchylkou zde rozumíme pozorovatele, který svým hodnocením výrazně zhoršuje výsledky našich testů (ať už nedbalostí nebo různými vlivy okolí). V prvním kroku, je potřeba ověřit, zda je distribuce výsledků pro test normální nebo ne, k tomu slouží test  $\beta_2$  (výpočet špičatosti koeficientů funkce). Pokud je  $\beta_2$  v intervalu 2 a 4, může být distribuce považována jako normální. Každý výsledek  $u_{ijk_r}$  je nutno porovnat se střední hodnotou  $\bar{u}_{ijk_r}$  a přičíst k ní násobek směrodatné odchylky  $S_{ijk_r}$ . Pokud se jedná o normální případ je násobek 2, pokud ne, je násobkem  $\sqrt{20}$ . Tento postup provádíme pro každé  $P_{ijk_r}$  a pro přidružené  $Q_{ijk_r}$  (zde se násobek odečítá). Pokaždé když je pozorovatelovo skóre nad  $P_{ijk_r}$ , je počítadlo spojené s každým hodnotitelem  $P_i$  zvýšeno. Je-li pak hodnotitelovo skóre pod  $Q_{ijk_r}$  je počítadlo spojené s každým pozorovatelem  $Q_i$  zvýšeno. Následovně musí být vypočteny ukazatelé:  $P_i + Q_i$  děleno celkovým počtem výsledků od daného pozorovatele při celém testování a  $P_i - Q_i$  děleno  $P_i + Q_i$ , jako absolutní hodnota. Pokud je hodnota prvního parametru větší než 5 % a druhá hodnota parametru je menší než 30 %, musí být pozorovatel z vyhodnocování odstraněn (tato procedura by měla být prováděna, když je skupina pozorovatelů menší než 20).

Tento postup výpočtu je vhodný pro DSIS (EBU), DSCQS a pro alternativní metody. Postup matematicky vyjádříme následovně, pro každou zkušební prezentaci, střední hodnotu  $\bar{u}_{ijk_r}$ , standardní odchylku  $S_{ijk_r}$  a koeficient  $\beta_{2ijk_r}$ :

$$\beta_{2ijk_r} = \frac{m_4}{(m_2)^2} \text{ kde } m_x = \frac{\sum_{i=1}^N (u_{ijk_r} - \bar{u}_{ijk_r})^x}{N} \quad (5)$$

Pro každého pozorovatele  $i$  nalezneme  $P_i$  a  $Q_i$ . Pro  $j, k, r = 1$ .

Pokud je splněna podmínka:  $2 \leq \beta_{2jkr} \leq 4$ , tak:

$$\begin{array}{ll} \text{když } u_{jkr} \geq \bar{u}_{jkr} + 2S_{jkr} & \text{tak } P_i = P_i + 1 \\ \text{když } u_{jkr} \leq \bar{u}_{jkr} - 2S_{jkr} & \text{tak } Q_i = Q_i + 1 \end{array} \quad (6)$$

Pokud podmínka:  $2 \leq \beta_{2jkr} \leq 4$ , není splněna, tak:

$$\begin{array}{ll} \text{když } u_{jkr} \geq \bar{u}_{jkr} + \sqrt{20}S_{jkr} & \text{tak } P_i = P_i + 1 \\ \text{když } u_{jkr} \leq \bar{u}_{jkr} - \sqrt{20}S_{jkr} & \text{tak } Q_i = Q_i + 1 \end{array} \quad (7)$$

$$\text{když } \frac{P_i + Q_i}{J \cdot K \cdot R} > 0,05 \text{ (5\%)} \text{ a } \left| \frac{P_i - Q_i}{P_i + Q_i} \right| < 0,3 \text{ (30 \%)} \text{ pozorovatel i odstraněn} \quad (8)$$

Kde:

$N$ : počet pozorovatelů

$J$ : počet zkušebních podmínek

$K$ : počet zkušebních snímků (sekvencí)

$R$ : počet opakování

$L$ : počet zkušebních prezentací (ve většině případů je hodnota  $L$ ,  $J \cdot K \cdot R$ , musí se však dbát na to, že některá hodnocení mohou být sestaveny s nestejnými počty snímků nebo sekvencí)

## 5.4 Redukce nekonzistentních pozorovatelů – SSCQE a SDSCE

Pro metodu SSCQE a SDSCE je k dispozici filtrace pozorovatelů ve dvou krocích, první z nich je věnována detekci a vyřazení hodnotitelů, kteří vykazují silný posun hlasů ve srovnání s průměrnou hodnotou ostatních hodnotících. Druhým krokem je detekce pozorovatelů, kteří nehodnotí konzistentně. Je to proto, že metoda je určena pro hodnocení videa a ne jen pro hodnocení snímků. Je zde tedy zohledněno i časové okno testované konfigurace (např. 10 s hlasovacího segmentu).

První krok je podobný jako pro metody DSIS, DSCQS a SS. Zjišťujeme zde, zda je distribuce výsledků pro každé časové okno každé konfigurace „normální“. To provedeme opět pomocí testu  $\beta_2$  následovně:

$$\beta_{2jklr} = \frac{m_4}{(m_2)^2} \text{ kde } m_x = \frac{\sum_{n=1}^N (u_{njklr} - \bar{u})^x}{N} \quad (9)$$

Pro každého pozorovatele  $i$  nalezneme  $P_i$  a  $Q_i$ . Pro  $j, k, l, r = 1$ .

Pokud je splněna podmínka:  $2 \leq \beta_{2jklr} \leq 4$ , tak:

$$\begin{array}{ll} \text{když } u_{njklr} \geq \bar{u}_{jklr} + 2S_{jklr} & \text{tak } P_i = P_i + 1 \\ \text{když } u_{njklr} \leq \bar{u}_{jklr} - 2S_{jklr} & \text{tak } Q_i = Q_i + 1 \end{array} \quad (10)$$

Pokud podmínka:  $2 \leq \beta_{2jklr} \leq 4$ , není splněna, tak:

$$\begin{array}{ll} \text{když } u_{njklr} \geq \bar{u}_{jklr} + \sqrt{20}S_{jklr} & \text{tak } P_i = P_i + 1 \\ \text{když } u_{njklr} \leq \bar{u}_{jklr} - \sqrt{20}S_{jklr} & \text{tak } Q_i = Q_i + 1 \end{array} \quad (11)$$

$$\text{když } \frac{P_i}{J \cdot K \cdot L \cdot R} > X \% \quad \text{nebo } \frac{Q_i}{J \cdot K \cdot L \cdot R} > X \% \quad (12)$$

Je pozorovatel  $i$  odstraněn.

Kde:

$N$ : počet pozorovatelů

$J$ : počet časových oken kombinace testovací podmínky a sekvence

$K$ : počet zkušebních snímků (sekvencí)

$R$ : počet opakování

$L$ : počet sekvencí

Hodnota parametru  $X$  byla experimentálně stanovena pro tyto metody jako 0,2 (20 %).

Tento krok způsobí, že se zbavíme pozorovatelů, kteří jsou vzdálení od průměrného skóre. Nicméně tento krok neumožňuje odhalit případné inverze, ty jsou také významným zdrojem zkreslení. Proto se navrhl druhý krok procesu zpřesnění výsledků.

Druhý krok, detekce lokálních inverzí ve výsledcích, je opět založen na uvedených vzorcích. Soubor dat opět obsahuje výsledky všech časových oken každé konfigurace. Tentokrát jsou výsledky zaměřené na střední hodnotu  $\bar{u}_{klr}$ , kterou počítáme pro každé časové okno a každého pozorovatele. Spočteme ji následovně:

$$\bar{u}_{klr} = \frac{1}{N} \cdot \frac{1}{J} \sum_{n=1}^N \sum_{j=1}^J u_{njklr} \quad (13)$$

$u_{njklr}$  odpovídá číslu pozorovatele  $i$  pro časové okno  $j$ , zkušební stav (podmínka)  $k$ , sekvence  $l$  a opakování  $r$ . Podobně vypočteme střední hodnotu pro každou konfiguraci každého pozorovatele (Jedná se o modifikovanou rovnici (1)):

$$\bar{u}_{nklr} = \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J u_{njklr} \quad (14)$$

Pro každého pozorovatele je vypočtena střední hodnota takto:

$$u^*_{njklr} = u_{njklr} - \bar{u}_{nklr} + \bar{u}_{klr} \quad (15)$$

Pro každou střední hodnotu  $\bar{u}^*_{jklr}$ , standartní odchylku  $S^*_{jklr}$ , vypočteme koeficient  $\beta_2^*_{jklr}$  následovně:

$$\beta_2^*_{jklr} = \frac{m_4}{(m_2)^2} \text{ kde } m_x = \frac{\sum_{n=1}^N (u^*_{njklr})^x}{N} \quad (16)$$

Pro každého hodnotitele  $i$  nalezneme  $P^*_i$  a  $Q^*_i$ . Pro  $j, k, l, r = 1$ .

Pokud je splněna podmínka:  $2 \leq \beta_2^*_{jklr} \leq 4$ , tak:

$$\begin{aligned} \text{když } u^*_{njklr} \geq \bar{u}^*_{jklr} + 2S^*_{jklr} & \quad \text{tak } P^*_i = P^*_i + 1 \\ \text{když } u^*_{njklr} \leq \bar{u}^*_{jklr} - 2S^*_{jklr} & \quad \text{tak } Q^*_i = Q^*_i + 1 \end{aligned} \quad (17)$$

Pokud podmínka:  $2 \leq \beta_2^*_{jklr} \leq 4$ , není splněna, tak:

$$\begin{aligned} \text{když } u^*_{njklr} \geq \bar{u}^*_{jklr} + \sqrt{20}S^*_{jklr} & \quad \text{tak } P^*_i = P^*_i + 1 \\ \text{když } u^*_{njklr} \leq \bar{u}^*_{jklr} - \sqrt{20}S^*_{jklr} & \quad \text{tak } Q^*_i = Q^*_i + 1 \end{aligned} \quad (18)$$

$$\text{když } \frac{P^*_i + Q^*_i}{J \cdot K \cdot L \cdot R} > Y \quad \text{a} \quad \left| \frac{P^*_i - Q^*_i}{P^*_i + Q^*_i} \right| < Z \quad (19)$$

Kde:

$N$ : počet pozorovatelů

$J$ : počet časových oken kombinace testovací podmínky a sekvence

$K$ : počet zkušebních podmínek

$R$ : počet opakování

$L$ : počet sekvencí

V případě splnění podmínek z rovnice (5.18), bude pozorovatel  $i$  vyřazen. Hodnoty parametrů  $X$ ,  $Y$  a  $Z$  byly experimentálně stanoveny na: 0,2; 0,1 a 0,3 (20 %, 10 % a 30 %). [1]

## 5.5 Bradley-Terry model

U některých metod, jako například u PC, nemáme danou stupnici pro porovnání, hodnotíme zde, co se zdá pozorovateli vizuálně lepší (nebo určíme jiné kritérium výběru) a výsledkem jsou data, která určují, jaký vzorek byl kolikrát lepší než ostatní vzorky. Pro takové případy se používají různé modely jako: Bradley-Terry [6], Tversky, Luce a další. V našem případě použijeme Bradley-Terry model.

V tomto modelu zavádíme pojem: „BT skóre“. [7] BT skóre popisuje konkrétní hodnotu v určitém měřítku, například stupeň kvality. BT skóre pro páry hodnot  $S_k$  a  $S_l$ , jsou  $V_k$  a  $V_l$ .  $S_k$  a  $S_l$  jsou popsány náhodnými veličinami  $x_k$  a  $x_l$ . Pravděpodobnost preference pro  $x_k > x_l$  je definována následovně:

$$P(x_k > x_l) \equiv \pi_{kl} \quad (20)$$

$$\pi_{kl} = \frac{\pi_k}{\pi_k + \pi_l}, k \neq l \quad (21)$$

Kde pro  $\pi_k$  platí, že  $\pi_k > 0$  a kde pro sumy všech  $\pi_k$ , platí  $\pi_k = 1$ . BT skóre  $V_k$  získáme takto:

$$V_k = \log \pi_k \quad (22)$$

Odhad  $\pi_k$  vypočteme pomocí odhadu maximální pravděpodobnostní funkce (nejpravděpodobnější odhad parametrů modelu).

$$p_k = \frac{u_k}{\sum_{k \neq l} w_{kl} (p_k + p_l)^{-1}} \quad (23)$$

Kde  $u_k$  je počet porovnávání, kde bylo upřednostněno  $S_k$  a  $w_{kl}$  je celkový počet porovnávání, kde bylo použito  $S_k$ . Interval spolehlivosti  $CI$  na hladině  $\alpha$  se vypočte takto:

$$CI_\alpha = \left( \log p_k - z_{\alpha/2} \frac{\sqrt{\sigma_{kk} / \sum_{k<l} w_{kl}}}{p_k}, \log p_k + z_{\alpha/2} \frac{\sqrt{\sigma_{kk} / \sum_{k<l} w_{kl}}}{p_k} \right) \quad (24)$$

$p_k$  je maximální pravděpodobnostní funkce a  $\sigma_{kk}$  je  $k$ -tý diagonální element matice  $\hat{\Sigma}$ , která je definována následovně:

$$\hat{\Sigma} = \begin{bmatrix} \hat{\Lambda} & \mathbf{1} \\ \mathbf{1}' & 0 \end{bmatrix}^{-1} \quad (25)$$

$\mathbf{1}$  je zde označován vektor jedniček a  $\hat{\Lambda}$  jako  $[\hat{\lambda}_{kl}]$  kde je pak: [6][7]

$$\hat{\lambda}_{kl} = \frac{-w_{kl}}{\sum_{k<l} w_{kl} (p_k + p_l)^2}, k \neq l \quad (26)$$

$$\hat{\lambda}_{kk} = \frac{1}{p_k} \sum_{k \neq l} \frac{p_l w_{kl}}{\sum_{k<l} w_{kl} (p_k + p_l)^2} \quad (27)$$

Pomocí tohoto modelu tak vytvoříme stupnici pro vyhodnocení a získáme i intervaly spolehlivosti, které se vypočtou pomocí rovnice (24). Více informací o Bradley-Terry modelu nalezneme v [6]. Zpracování Bradley-Terry modelu pro Matlab, nalezneme v [8].

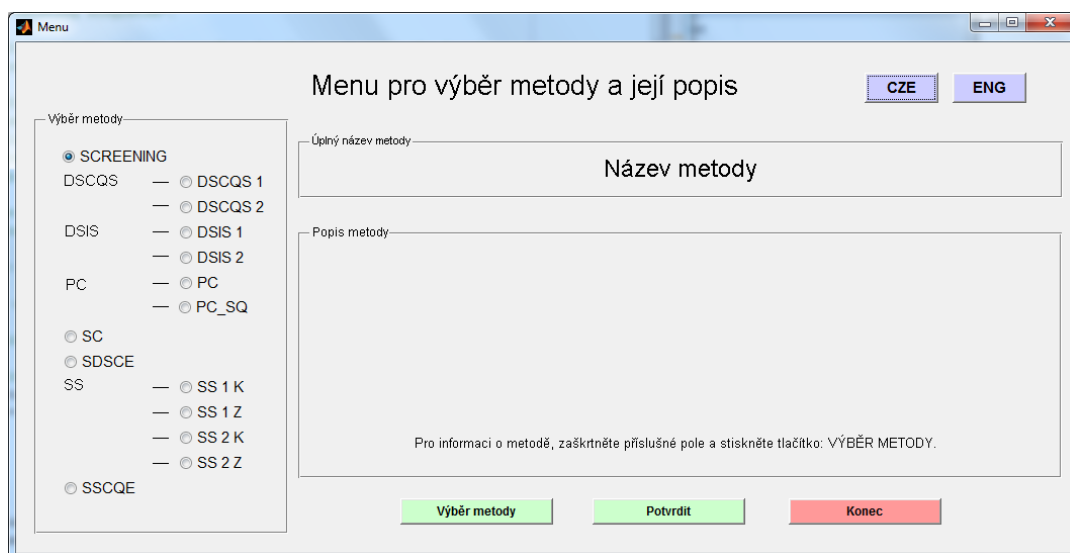


## 6 Praktická část

Jako praktická část této diplomové práce byl v programovém prostředí MATLAB implementován komplexní systém pro subjektivní testování kvality obrazu. Systém používá všechny metody a varianty, které jsou v této práci obsaženy. Dále byly provedeny subjektivní testy, které ověřily funkčnost vytvořených kódů a uživatelských rozhraní. Konečným krokem bylo jejich statistické vyhodnocení, které bylo vytvořeno opět v programu MATLAB.

### 6.1 Systém pro hodnocení

Pro globální systém subjektivního hodnocení kvality, bylo vytvořeno grafické uživatelské rozhraní pro hlavní menu obr. 10, kde jsou zohledněny dvě jazykové varianty: angličtina a čeština. Přepínání probíhá pomocí tlačítek vpravo nahoře. Menu je koncipováno tak, že i uživatel, který neměl dříve se subjektivními testy zkušenosti je pomocí textových polí navigován, a metody jsou vždy vysvětleny.



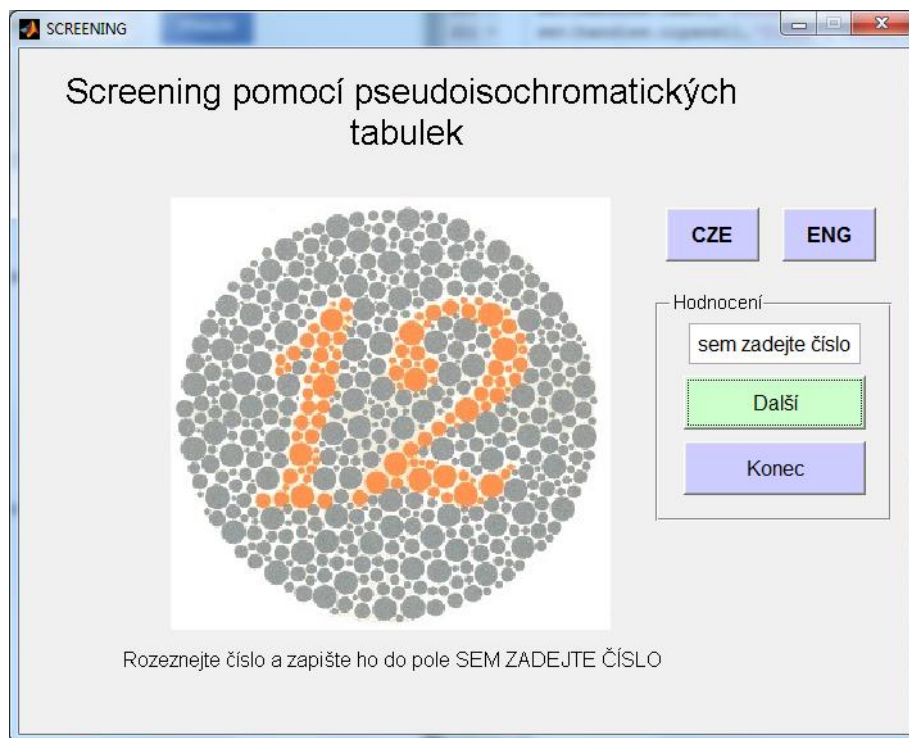
Obr. 10 – Menu pro globální systém hodnocení kvality (screen vytvořeného programu)

Výběr metod je prováděn pomocí zaškrťávacích polí (podmínek), vždy může být vybrána pouze jedna metoda. Dále stačí přikročit k samotným testům. Ty jsou vytvořeny pomocí norem, které je popisují. Jejich podrobný popis naleznete v kapitole: Metody pro subjektivní hodnocení kvality obrazu. Po potvrzení metody je pozorovatel vyzván k vložení testovaných snímků ve formátu první až poslední testovaný snímek (pomocí uigetfile).

Po výběru testovaných snímků či videa se spustí další uživatelské rozhraní, které je už zaměřeno pouze na vybranou metodu. Zde jsme nejdříve vyzváni k volbě jazyka a poté už můžeme spustit samotný test. Na začátku se u snímků provádí míchání (pro každého uživatele jiné), aby bylo docíleno toho, že bude v každém testu jiná pozice snímků nebo jsou například vypočteny páry u metody PC ve variantě s redukcí délky testů. Dále je provedeno

hodnocení, které je pak zapsáno do tabulky vždy po stisku tlačítka další (u snímků) nebo odečítání každé dvě sekundy ze slideru (pro video). Po zobrazení všech snímků jsou výsledky upraveny a srovnány do obecného tvaru (tak aby šlo dané výsledky porovnávat). Nakonec jsou data uložena a k nim jsou i uloženy další informace jako jsou například: metoda, varianta, věk, oční vada a tak dále. Data jsou uložena do souboru s příponou \*.mat pod názvem, který zadá sám uživatel. Výstupní data jsou ukládána ve formátu dvou sloupců, kde v prvním je číslo snímku (vždy jsou seřazeny od 1. Do posledního) a ve druhém data získaná testem. Výjimku tvoří metody PC a SC, které jsou ukládány do čtvercových matic, aby bylo možno provádět přímo vyhodnocení pomocí BT. Podrobný návod ke všem částem uživatelského rozhraní pro hodnocení (z hlediska ovládání) naleznete v příloze.

V hlavním menu je i umístěn screening test (slouží pro vyřazení subjektů s vadou zraku). Test se zaměřuje především na testování barvocitu pomocí naprogramovaného uživatelského rozhraní (obr. 11), které zobrazuje deset různých pseudoisochromatických tabulek. Subjekt je vyzván k zadávání čísel do editovatelného pole, ta se pak porovnávají s hodnotou, kterou by měl doopravdy vidět. Pokud subjekt vyhodnotí 10/10, správně tak prošel. Pokud ne tak neprošel. V případě, že neprojde, neměl by se zúčastnit dalšího testování a má nejspíše podle prvotního šetření poškozené vnímání barev. Podrobnější popis tohoto okna naleznete v příloze A.

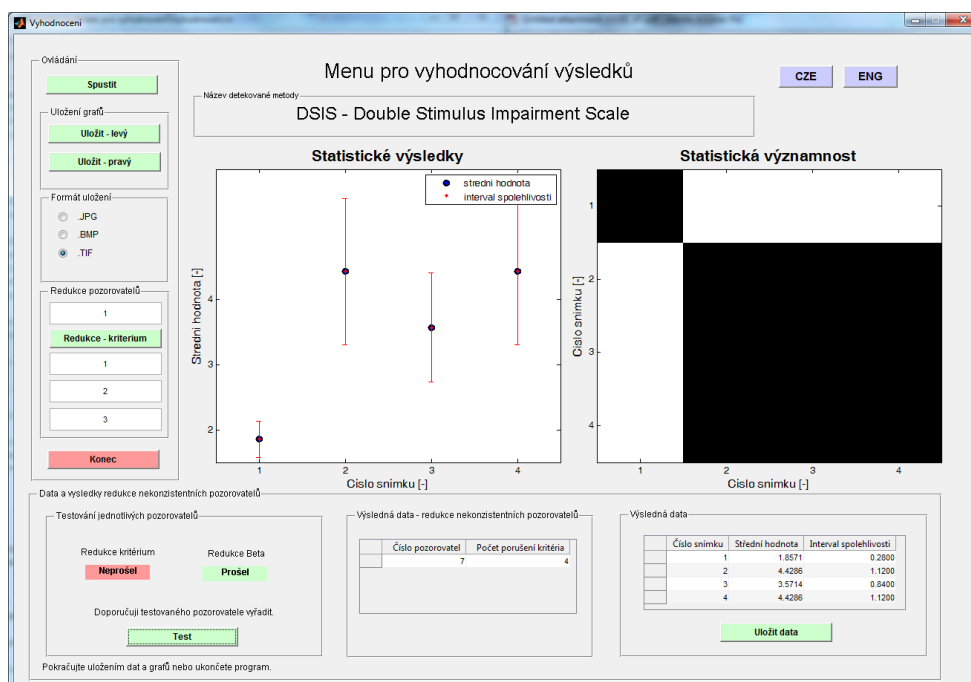


Obr. 11 – Test na barvocit (screen vytvořeného programu)

Program je koncipován tak, aby bylo možné rychlé testování pozorovatelů. Po skončení testování je požadováno uživatelské číslo, pod kterým se zobrazí výsledky testování (správné a špatné odpovědi) do „Command window“ (část okna v programovém prostředí MATLAB). Tyto výsledky jsou zobrazovány i do uživatelského rozhraní samotného testování. Potom stačí jen stisknout opět tlačítko „Spustit test“ a test opět odstartuje pro dalšího pozorovatele. Pseudochromatické tabulky pro testování byly získány z [22].

## 6.2 Systém pro vyhodnocení

Dalším výstupem této práce je samostatné uživatelské rozhraní, které zpracovává veškerou statistiku pro vyhodnocení statistických výsledků, statistické významnosti a redukce nekonzistentních pozorovatelů. Toto uživatelské rozhraní můžeme vidět na obr. 12. Po zvolení jazyka načteme data pro vyhodnocení a software pomocí uložených informací zjistí, o jakou metodu se jedná. Tu zobrazí, rovnou provede statistické vyhodnocení a zjistí statistickou významnost prvků navzájem na sebe. Statistická významnost se zjišťuje tak, že po výpočtu intervalů spolehlivosti porovnáváme, zda se intervaly spolehlivosti daných vzorků protínají nebo ne. Pokud protínají, jsou vzorky na sebe navzájem statisticky nevýznamné, pokud neprotínají, jsou statisticky významné. Černý čtyřúhelník značí, že snímky jsou na sebe navzájem statisticky nevýznamné a bílý pak opak. Výsledky jsou pak zpracovány do polí pro grafy a tabulek pro data, která si pak můžeme uložit.



Obr. 12 – Software pro vyhodnocení výsledků (screen vytvořeného programu)

Tento systém je plně kompatibilní se softwarem, který provádí testy a očekává tak podle metody buď dva sloupce dat nebo čtvercovou matici nul a jedniček. Tyto výsledky pak můžeme prověřit pomocí nástrojů pro redukci nekonzistentních pozorovatelů, které pro metody DSIS, DSCQS, SS, SSCQE a SDSCE prověřují všechny pozorovatele, podle volby kritéria (kolikrát je daný pozorovatel mimo interval spolehlivosti) a následně pak daného pozorovatele můžeme ještě otestovat samostatně pomocí parametru beta (kapitola 5.3). Tento test je benevolentnější. Naopak je tomu pro metody PC a SC. Zde je rovnou použit nástroj na redukci pomocí parametru beta. Tento způsob redukce nekonzistentních pozorovatelů je pro tyto metody přesnější. V případě použití metod ASD nebo SD by redukce pomocí kritéria pouze mála vyhodnocující osoby a docházelo by tak ke špatné interpretaci výsledků. Software opět podporuje obě jazykové verze (angličtinu a češtinu).

### 6.3 Kalibrace

Po vytvoření systému pro subjektivní hodnocení a testování, je potřeba přikročit ke kalibraci monitoru (kalibrovaný monitor pro testování ASUS VE278H), na němž budeme provádět subjektivní testy. Pokud bychom jí neprovedli, museli bychom předpokládat to, že do subjektivního testování bychom zaváděli barevnou degradaci nebo zkreslení a tím by docházelo k chybám. Tuto kalibraci jsme provedli pomocí hardwarové kalibrace (kalibrační sonda) a přiloženým softwarem: i1 DISPLAY Pro od firmy X-rite. Sondu a její názorné umístění můžeme vidět na obr. 13. V nastavení parametrů pro kalibraci jsme zvolili pro nastavení bílé D65 (6500K) a jas na  $120 \text{ cd/m}^2$ . Tyto parametry odpovídají doporučeným hodnotám pro hodnocení z kapitoly 3.



Obr. 13 – i1display pro – kalibrační sonda [26]

Po nastavení parametrů připojíme kalibrační sondu do USB a přiložíme ji na displej našeho zobrazovače (sonda musí být umístěna kolmo k monitoru). Dále spustíme samotný test, kde testovací software vysílá nejprve různé stupně šedi na testovaný zobrazovač,

optimalizování barevné teploty a jasu. Dále jsou prováděny testy barev. Zobrazení barevných vzorků je prováděno na celé zobrazovací jednotce. Poté je přikročeno k vytvoření samotného barevného profilu, ve kterém jsou informace pro grafickou kartu, jak se mají barvy na daném zobrazovači zobrazovat. Tento soubor má ve většině případů příponu \*.icc nebo \*.icm. V našem případě má tento soubor příponu \*.icm. Nyní můžeme přikročit k samotnému subjektivnímu testování. Více informací o barevných kalibracích, můžeme nalézt v [12] [15].

## 6.4 Testy

Pro praktické ověření funkčnosti vytvořených softwarových nástrojů byla zvolena spolupráce s Bc. Janou Štěpánovou [16], která se zabývá různými metodami vyvážení bílé. Vznikla potřeba navrhnout a provést subjektivní testy. V krátkosti popíšeme různé metody pro vyvážení bílé, abychom nepracovali pouze s holými a nic neříkajícími daty a grafy.

### 6.4.1 Popis algoritmů pro vyvážení bílé

Na pořízené snímky a videa byly aplikovány algoritmy, které různými způsoby vyvažují bílou barvu, tyto metody můžeme rozdělit na dvě základní skupiny: metody pracující s prostorem RGB a metody, které používají přepočítání na souřadnice  $Y_C C_b$ . Pro naše snímky a videa byly použity následující metody pracující s prostorem RGB: Gray World, Kombinace metod Gray World a Retinex, rychlé automatické vyvážení bílé založené na roztažení histogramu, automatické vyvážení bílé využívající průměrné váhování a práh a vylepšenou metodu vyvážení bílé. Pro skupinu metod, které používají přepočítání souřadnic na  $Y_C C_b$  jsme použili následující metody: metodu založenou na kompenzaci jasu a novou metodu vyvážení bílé pro digitální fotoaparáty. [16] Protože není tato diplomová práce založena na výzkumu vyvážení bílé barvy (ve videích a snímcích), nebudeme tuto problematiku vysvětlovat do hloubky a raději zvolíme stručný popis daného problému. Pojdme si tedy tyto metody stručně přiblížit.

Metoda Gray World spočívá v tom, že je fotografie rozdělena do třech barevných kanálů R, G a B, v těchto kanálech se spočítá průměrná hodnota. Pokud se všechny tři hodnoty shodují, je bílá ve vzorcích vyvážená, pokud ne dojde k výpočtu koeficientu, kterým se dané kanály pronásobí tak, aby měli opět všechny tři stejnou hodnotu. Jako referenční kanál je volen kanál G. [17]

Oproti tomu metoda Retinex nepočítá s průměrnou hodnotou v barevných kanálech, ale s maximální hodnotou daného kanálu. Jako referenční kanál se opět bere kanál G. [17] Kombinací metod Gray World a Retinex, dostaneme metodu, která se snaží co nejvíce odstranit nedostatky těchto dvou metod. Díky tomu že metody pracují se stejnými kanály, je možno tyto dvě metody sloučit. [18]

Rychlé automatické vyvážení bílé založené na roztažení histogramu využívá, na rozdíl od většiny ostatních metod, četnosti výskytu hodnot vyskytující se ve snímcích. Pro tři kanály je proveden histogram. Pokud jsou jednotlivé píky na stejných souřadnicích, je snímek vyvážen dobře, pokud ne, je vyvážen špatně. V takovém případě se poté hledají dva prahy pro každý kanál a hodnoty jsou pak roztaženy právě mezi těmito prahy. Maximální hodnota v histogramu je 255 a minimální je 0. [19]

Automatické vyvážení bílé využívající průměrné váhování a práh je kombinace metod Gray World a roztažení histogramu s tou úpravou, že u Gray World nenásobíme hodnotu kanálu podílem referenčních hodnot a průměrné hodnoty kanálu, ale pouze se přičítá rozdíl těchto dvou parametrů. U roztažení histogramu se upravuje hranice roztahování histogramu. Namísto intervalu od 0 do 255 je zde minimum nastaveno na minimální hodnotu kanálů RGB a maximum na maximální hodnotu kanálů RGB. [20]

Vylepšená metoda vyvážení bílé je metodou, která se v podstatě liší od metody Gray World pouze tím, že parametry nepočítáme pro celý snímek, ale pro každý pixel zvlášť. K výpočtu slouží průměrné hodnoty pro každý kanál kromě kanálu G, který je opět referenčním kanálem. [21]

Další použitou metodou je metoda založená na kompenzaci jasu. Tato metoda využívá prostor  $Y C_r C_b$  a je proto potřeba provést přepočítání z prostoru RGB. Dále pak využijeme to, že pro bílý pixel je v souřadnicích  $C_r C_b$  hodnota nulová a informaci nese pouze kanál Y. Zjistíme průměrné hodnoty pro každý kanál a vypočteme koeficienty, kterým upravíme naše souřadnice. [17]

Poslední metodou je nová metoda vyvážení bílé pro digitální fotoaparáty. Využíváme zde dynamického prahu pro detekci bílého bodu. Převědeme obraz opět ze souřadnic RGB do souřadnic  $Y C_r C_b$ , rozdělíme ho do 12 bloků. Pro každý tento bod vypočteme absolutní diferenci, pokud jsou tyto hodnoty malé, vyřadíme je (málo informací v bloku). V dalším kroku vybereme oblast, která se blíží bílé. V této oblasti se pak vybere 10% bodů, ty pak budeme považovat za bílé. V posledním kroku vypočteme pro každý kanál R, G a B hodnotu zisku jako poměry maxima Y a průměrné hodnoty v daném kanálu. Takto upravíme hodnotu pro každý pixel. [17]

Pro více informací i matematické popisy doporučuji odkazy v textech a především diplomovou práci [16], která se přímo tímto tématem vyvážení bílé zabývá.

#### 6.4.2 Vyvážení bílé – snímky

Pro tyto testy byly dodány různé druhy snímků s různými aplikacemi metod pro úpravu vyvážení bílé. Snímky byly vytvořeny pro různé nastavení bílé a s různými zdroji světla (automatický režim, režim zářivka atd.). Tyto metody jsou popsány v předešlé kapitole: Popis algoritmů pro vyvážení bílé. Celkově 22 sekvencí, po 8 snímcích (každá sekvence zkoumala

jiný způsob osvětlení). Z 22 sekvencí bylo ponecháno 9 (redukce doby testování). Pro toto hodnocení byla zvolena metoda PC (kapitola 4.7). Protože by byla testovací doba příliš dlouhá a klesala by tak důvěryhodnost testů, byla metoda PC modifikována o metodu ASD. Důsledkem toho klesla doba pro hodnocení o polovinu. Problémem však je, že pro metodu ASD potřebujeme 9 snímků a k dispozici jsme měli pouze 8 snímků. Tento problém byl vyřešen tak, že doprostřed matice byl umístěn snímek (vytvořený snímek s nápisem „jsem nejhorší“), který byl ze všech snímků nejhorší a tak nedocházelo k žádnému vzájemnému ovlivňování. Pro tyto testy bylo vytvořeno jednorázové uživatelské rozhraní, opět z důvodu zrychlení testování.

U každého pozorovatele, který se účastnil hodnocení, byl proveden screening pomocí screening testu, ten byl naprogramován do hlavního menu testovacího softwaru. Výsledkem pak bylo, zda pozorovatel prošel nebo neprošel. Pokud pozorovatel neprošel, do výzkumného testu nebyl zahrnut. Screening test byl i úmyslně ověřen subjektem, který má poruchu barvocitu. Tento subjekt daným testem neprošel a byl tak z testů úplně vyřazen.

Poté došlo už k samotnému měření. První matice pro hodnocení byla vytvořena náhodně s tím, že zjevně nejhorší snímek (uměle vytvořený), byl umístěn do středu. Z výsledků hodnocení byla poté vytvořena nová matice pro hodnocení tak, že výsledky z BT byly seřazeny od největšího k nejmenšímu (snímek s největším skóre až po snímek s nejméně body) a zapsány do vektoru, z kterého pak algoritmus sám vytvořil novou matici pro testování (do spirály). Tím jsme se snažili docílit toho, aby snímky s nejmenším rozdílem byly porovnávány mezi sebou co nejvíce. Tento postup změny matice trval až do doby, kdy se výsledky ustálily. Ustálený stav vznikl ve většině případů u 9. Pozorovatele a změny u některých sekvencí trvaly až do testování 12. Pozorovatele. Kontrola výsledků i nadále trvala po celou dobu testů. Na tabulce tab. 10, můžeme vidět celkové výsledky subjektivních testů. Číslo snímku značí vždy umístění v sekvenci, BT hodnotu vypočtenou pomocí Bradley-Terry modelu.

Testovaných subjektů bylo celkově 20. Podle [1] se u metody PC nemusí při počtu 20 pozorovatelů a více provádět redukce nekonzistentních pozorovatelů. Tento krok byl v cílové fázi vynechán, ale byl v podstatě prováděn celý průběh testů, kde docházelo k pravidelné kontrole výsledků testů na konci testování od každého pozorovatele a upgradování matic pro hodnocení. Po dokončení testů bylo provedeno vyhodnocení pomocí BT.

### 6.4.3 Výsledky vyvážení bílé – snímky

Pro subjektivní testování snímků, na které byly aplikovány různé metody vyvážení bílé barvy, jsme získali výsledky, které jsou popsány v tab. 10. Pro tyto testy jsme využili 20 pozorovatelů. Na obr. 14, dále můžeme vidět celkové výsledky zapsané do grafů. Pravý z nich je ekvivalentem střední hodnoty (tečky uprostřed úseček) a intervalu spolehlivosti (vzdálenost od středu ke krajním bodům úsečky), na levém pak můžeme pozorovat

znázornění statistické významnosti mezi snímky, kde černá barva značí, že snímky jsou navzájem statisticky nevýznamné a bílá barva opak (vzájemnou statistickou významnost). Ostatní grafické výsledky pro každou ze sekvencí můžeme pozorovat v příloze B. Z těchto výsledků můžeme vidět, že i s 20 pozorovateli jsme získali ve většině případů statisticky významné výsledky a tato metoda (PC) se pro tyto testy velmi hodí. Tab. 11 znázorňuje, jaké číslo snímku označuje jakou metodu vyvážení bílé.

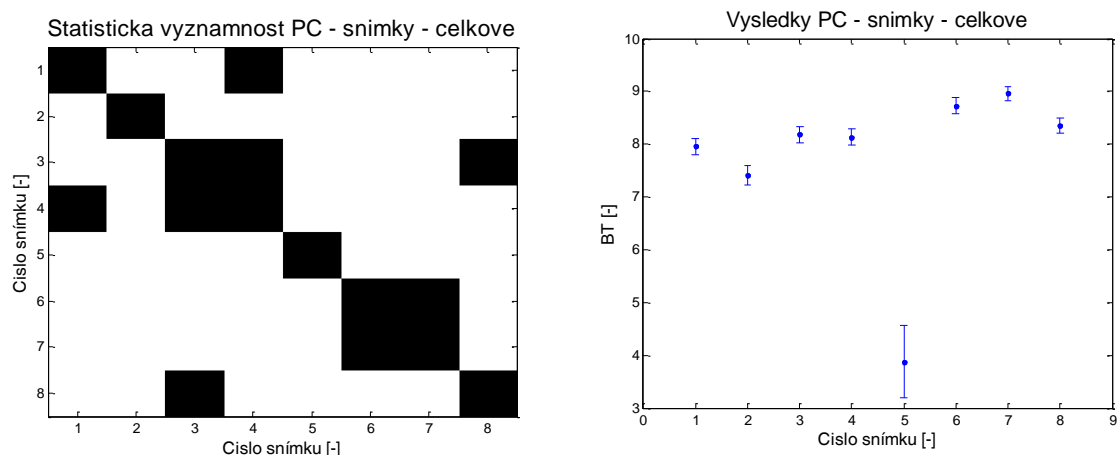
Tab. 10 – Výsledky subjektivních testů pro statické snímky

Sekvence		Pořadí jednotlivých snímků (1. - 8.)							
Označení	Výsledky	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Celková	Č. snímku	7	6	8	3	4	1	2	5
	BT	8,959	8,730	8,360	8,179	8,135	7,954	7,416	3,878
Sekvence 1	Č. snímku	6	8	7	3	4	1	2	5
	BT	9,329	9,254	8,816	7,804	7,159	7,078	6,056	3,225
Sekvence 3	Č. snímku	6	7	8	3	1	4	2	5
	BT	10,528	10,197	8,305	8,243	6,845	6,799	6,023	3,229
Sekvence 5	Č. snímku	6	7	8	4	3	1	2	5
	BT	10,701	10,451	8,929	8,461	7,568	7,343	5,253	3,218
Sekvence 9	Č. snímku	2	7	3	4	1	8	6	5
	BT	10,628	10,473	9,424	8,339	7,665	7,507	4,664	3,303
Sekvence 11	Č. snímku	6	8	7	1	3	4	2	5
	BT	9,576	8,692	9,443	8,377	7,819	7,809	5,943	3,213
Sekvence 13	Č. snímku	6	7	8	3	1	4	2	5
	BT	9,181	7,828	7,627	7,477	7,127	6,477	4,434	2,361
Sekvence 15	Č. snímku	6	7	3	2	4	1	8	5
	BT	8,003	7,533	6,258	5,846	5,776	5,446	4,673	2,451
Sekvence 17	Č. snímku	2	7	8	3	1	4	6	5
	BT	10,676	10,501	10,428	9,652	8,164	7,894	5,012	3,264
Sekvence 22	Č. snímku	4	7	6	8	3	1	2	5
	BT	8,067	7,639	7,545	6,976	6,653	6,531	4,501	2,367



Tab. 11 – Číslo snímku v závislosti na použité metodě

Číslo snímku	Použitá metoda
1	Gray World
2	Originál
3	Kombinace Gray World a Retinex
4	Metoda založená na kompenzaci jasu
5	Vylepšená metoda vyvážení bílé
6	Nová metoda vyvážení bílé pro digitální fotoaparáty
7	Rychlé automatické vyvážení bílé založené na roztažení histogramu
8	Automatické vyvážení bílé využívající průměrné váhování a práh



Obr. 14 – Celkové výsledky pro snímky s aplikací různých metod pro vyvážení bílé (výsledné grafy)

Z výsledků můžeme vidět, že jako nejstabilnější se jeví metoda: Rychlé automatické vyvážení bílé založené na roztažení histogramu. Tato metoda neměla v případě různých zdrojů světla větší výkyv výsledků. Metoda: Nová metoda vyvážení bílé pro digitální fotoaparáty se z počátku jevila jako nejlepší, ale při sekvenci 9 a 17 tato metoda naprosto zkolabovala. Docházelo zde k přesvětlení testovaných vzorků a na velké výkyvy jasu je lidský zrak velmi citlivý. Jako nejhorší byla metoda: Vylepšená metoda vyvážení bílé, která byla ve všech případech nejhorší. V této metodě docházelo k velké degradaci barev.

#### 6.4.4 Vyvážení bílé – videa

Na základě výsledků pro vyvážení bílé v případě snímků byla vytvořena testovací videa pro testování rušení při změně osvětlení, pro tyto testy bylo vytvořeno jednorázové uživatelské rozhraní. Jako metody hodnocení šlo v prvotním případě o metody PC, kde se hodnotilo každé video s každým a SS upravené pro hodnocení videa, kde se pouze upravilo načítání

snímků na načítání videa. Jelikož šlo o hodnocení ve videích pouze pro jeden časový okamžik a nepotřebovali jsme hodnotit každé dvě sekundy jako je to podle normy [1], je tento postup správný.

Po vytvoření obou uživatelských rozhraní a jejich testování jsme zjistili, že metoda PC je pro tuto variantu nepoužitelná, změna nešla pozorovateli sledovat zároveň v obou videích a při spuštění pouze prvního a poté druhého vzorku docházelo k dvojnásobné době testování (40 minut), bohužel zde nešla použít metoda ASD, protože bylo použito pouze 6 vzorků a při doplňování těchto vzorků na čtvercovou matici by v tomto případě opět docházelo k zvětšení doby testování. Pro porovnání mezi SS a PC (varianta s jednotlivým spuštěním videí) jsme tak zvolili jednu sekvenci, kde pak porovnáme výsledky obou metod. Ostatní sekvence jsme se pro metodu PC rozhodli vyřadit a použít pouze variantu SS, která neporovnává každý snímek s každým, ale hodnotí se zde pouze samostatně každé video z každé sekvence. Osa pro hodnocení byla navržena následovně: Velmi rušivý, viditelný a lehce rušivý, viditelný ale nerušivý, téměř nepostřehnutelný a nepostřehnutelný rozdíl.

U každého pozorovatele byl opět proveden screening test, který měl za cíl redukovat pozorovatele, kteří nemají v pořádku zrak (barvocit). Po těchto testech následoval už vlastní test, kde se hodnotilo 7 sekvencí po 6 vzorcích videí pro SS a 1 sekvenci po 6 vzorcích pro upravenou PC metodu.

#### 6.4.5 Výsledky vyvážení bílé – videa

Pro subjektivní testování kvality připravených videosekvencí, na které byly aplikovány algoritmy vyvažování bílé, jsme získali výsledky, které jsou číselně popsány v tab. 12 (čím menší skóre, tím nepostřehnutelnější). Nejlépe pomocí upravené metody SS dopadla sekvence 2 (metoda Gray World), která dosáhla nejmenší hodnoty. Metoda SS se však nehodí pro přesné proměrování detailů mezi videi, to dokládá obr. 17, kde byla použita metoda PC pro jednu ze sekvencí a můžeme zde tak vidět přesné porovnání pro obě metody subjektivních testů. Tyto testy by však pro každou sekvenci v našem případě trvaly velmi dlouho. Pro videa s většími rozdíly a velkým počtem pozorovatelů můžeme u upravené metody SS dosáhnout také velmi dobrých výsledků v případě, že nezjišťujeme jaký ze vzorků je nejlepší a postačuje nám jen závislost vzorku na sobě samém.

Pro sekvenci 6 se dané metody v podstatě shodují, s PC však dosahujeme lepších výsledků například při menších rozdílech mezi vzorky. Tento jev můžeme vidět v příloze C, kde metodou SS nejsme přesně schopni určit jaký z algoritmů pro vyvážení bílé je lepší a to u sekvencí: 9, 16 a 18. Zde jsou většinou 4 vzorky, které vůči sobě nejsou statisticky významné. Metoda SS má však tu výhodu, že každý vzorek můžeme zobrazovat pouze jednou a tím velmi snížíme časovou náročnost pro testování osob. Je zde však potřeba provést redukci nekonzistentních pozorovatelů, kterou pro metodu PC v případě od 20 pozorovatelů nemusíme provádět.

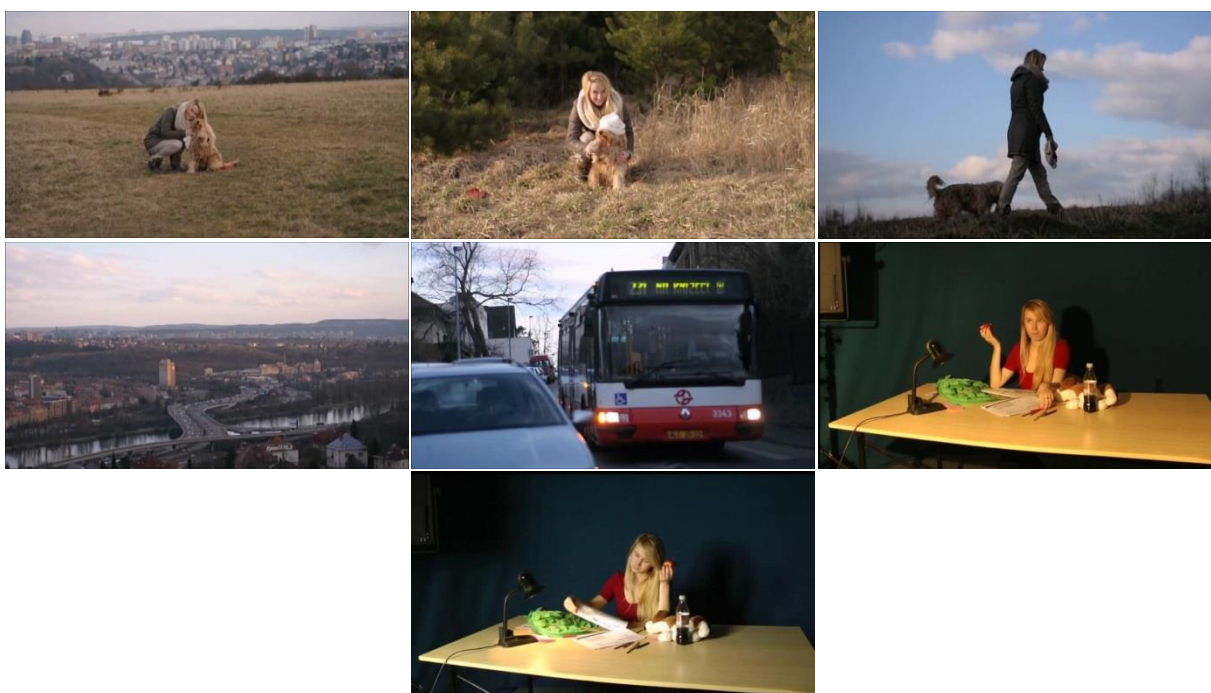
Tab. 13 znázorňuje, jaké číslo snímku označuje jakou metodu vyvážení bílé. Sekvence pak vysvětluje obr. 15, kde jsou zobrazeny všechny použité sekvence.

Tab. 12 – Výsledky testů vyvážení bílé – videa – metoda SS

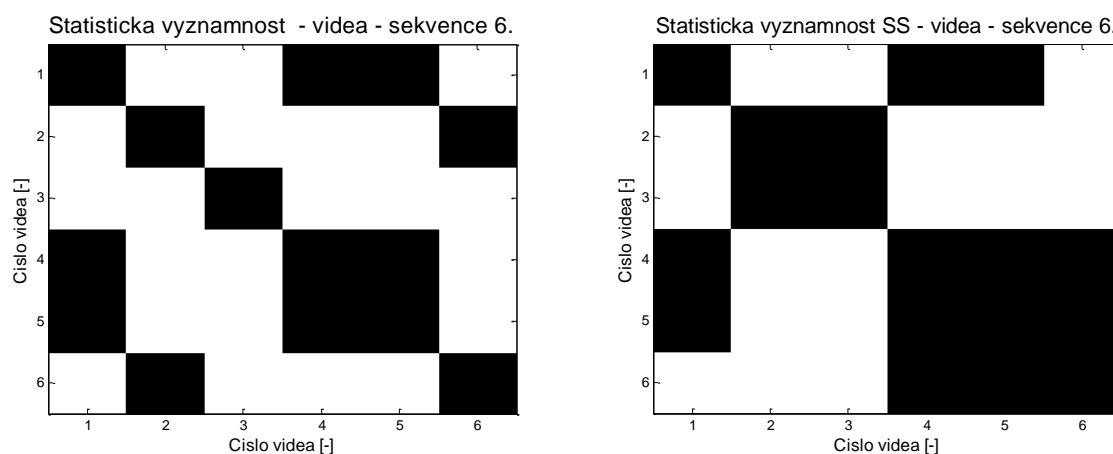
Sekvence		Pořadí jednotlivých snímků (1. – 6.)					
Označení	Výsledky	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Celková	Č. videa	2	3	5	4	6	1
	SS	2,795	2,832	3,531	3,685	3,848	4,207
Sekvence 4	Č. videa	3	2	4	5	6	1
	SS	2,532	2,866	3,604	4,041	4,386	4,483
Sekvence 6	Č. videa	3	2	6	4	5	1
	SS	1,892	2,285	3,088	3,459	3,579	4,067
Sekvence 9	Č. videa	2	6	3	4	5	1
	SS	3,250	3,783	3,979	4,095	4,274	4,699
Sekvence 12	Č. videa	2	3	5	6	4	1
	SS	2,925	3,318	3,945	3,952	4,308	4,741
Sekvence 15	Č. videa	2	3	5	6	3	1
	SS	3,053	3,239	3,761	4,339	4,528	4,594
Sekvence 16	Č. videa	5	2	3	4	1	6
	SS	2,534	2,590	2,638	2,972	3,292	4,738
Sekvence 18	Č. videa	3	2	5	6	4	1
	SS	2,434	2,596	2,579	2,645	2,826	3,571

Tab. 13 – Číslo videa v závislosti na použité metodě

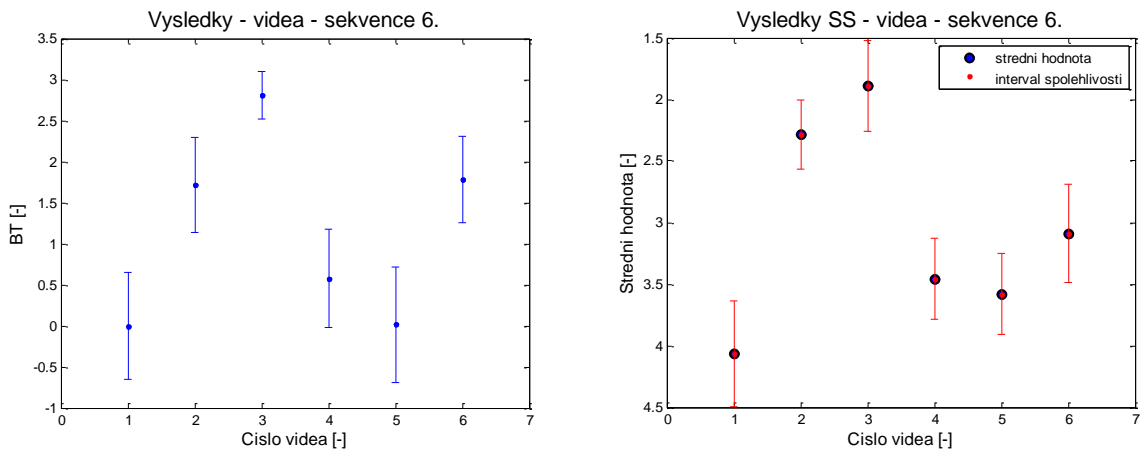
Číslo videa	Použitá metoda
1	Originál
2	Gray World
3	Kombinace Gray World a Retinex
4	Rychlé automatické vyvážení bílé založené na roztažení histogramu
5	Metoda založená na kompenzaci jasu
6	Nová metoda vyvážení bílé pro digitální fotoaparáty



Obr. 15 – Testované video sekvence – sekvence 4, sekvence 6, sekvence 9, sekvence 12, sekvence 15, sekvence 16 a sekvence 18 (zleva doprava zeshora dolu) [16]



Obr. 16 – Statistická významnost testů PC (vlevo) a SS (vpravo)(výsledné grafy)



Obr. 17 – Bradley-Terry skóre PC (vlevo) a střední hodnota SS (vpravo)(výsledné grafy)

Pro obě metody byl použit stejný počet pozorovatelů (20), u metody SS byl použit algoritmus na odhalení nekonzistentních pozorovatelů beta. U metody PC nebyla redukce potřeba. Osa Y u výsledků metody SS byla převrácena tak, aby číslo 1 bylo maximum (nejlepší) a číslo 5 minimum (nejhorší), z důvodu možnosti porovnání s metodou PC.

V případě vyhodnocení výsledků u hodnocení videí se jako nejlepší metoda jevila metoda: Gray World, kde v některých případech jsou rozdíly téměř nepostřehnutelné. Jako nejhorší se jevil originál, kde docházelo k velmi výrazným změnám (přechod do modré barvy) a druhou nejhorší metodou byla: Nová metoda vyvážení bílé pro digitální fotoaparáty. Tato metoda se tak velmi hodí pro statické snímky, ale pro případ videí bychom měli raději použít metodu jinou.

## 7 Závěr

V této práci byl podán přehled doporučení pro subjektivní hodnocení kvality, tyto informace jsme především zpracovávali z doporučení: BT.500-13, P.910, BT.1788 a BT.710-4. V těchto normách jsme vždy porovnali, zda nejsou dané metody stejné, jen jinak označené. Tyto případy komentujeme vždy na konci teorie k dané metodě. Dále jsme získali pozorovací podmínky pro různé případy. Podmínky jsme porovnali i s ostatními metodami a diskutovali jsme jejich použití pro HD. Statistické vyhodnocení jsme nastudovali především z normy BT.500-13 a nekonvenční způsob Bradley-Terry model na základě studia literatury. Pro metody DSIS, DSCQS, SS, SSCQE a SDSCE používáme statistické vyhodnocení ze jmenované normy, kde výpočet spočívá ve výpočtu středních hodnot a intervalu spolehlivosti. Pro metody SC a PC používáme BT model. Tento model umožňuje vytvoření stupnice bez toho, abychom jí měli vůbec k dispozici. Pro metodu PC byly nastudovány metody SD a ASD, které umožňují redukci časové závislosti na délce trvání subjektivních testů.

Pro naprogramování vhodných prostředí pro subjektivní testování a vyhodnocování těchto testů byl použit Matlab. Program pro testování je koncipován tak, že bylo vytvořeno hlavní menu, kde má uživatel možnost zvolit si různé metody a jejich varianty. Zde jsou také shrnuty hlavní rysy těchto variant, aby měl uživatel možnost se v metodách lépe orientovat. V tomto hlavním menu je také umístěn screening test, pomocí něho byli testováni všichni uživatelé na barvoslepost. Tento test používá zobrazování deseti pseudochromatických tabulek, které tento defekt odhalí. Výsledkem tohoto testu je, zda uživatel prošel nebo neprošel. V případě kdy uživatel neprošel, byl ze subjektivních testů vyřazen (jeden případ). Program pro vyhodnocování je interaktivně umístěn v jednom okně. Zde uživatel nahraje výsledná data, program zjistí z uložených informací o jakou metodu se jedná a provede se samotné vyhodnocení pomocí BT modelu nebo již zmiňované normy. Výstupem jsou pak dva grafy, kde jeden ukazuje statistickou významnost jednotlivých snímků a druhý statistické výsledky. Součástí tohoto vyhodnocení je i redukce nekonzistentních pozorovatelů pomocí parametru beta a i kritéria, které si může uživatel sám nastavit. Grafy a data si může uživatel uložit do různých formátů.

Pro praktické testování byla zvolena spolupráce s další diplomovou prací, kde byl požadavek provést subjektivní testy. Jako vzorky byly vytvořeny různé snímky s různými aplikacemi algoritmů na vyvážení bílé. Podrobný popis postupu a vytváření testů nalezneme v praktické části této práce. Před samotným testováním byla provedena i hardwarová kalibrace (pomocí sondy) monitoru ASUS VE278H kalibrační sondou a softwarem: i1 DISPLAY Pro od firmy X-rite. V programu jsme zvolili nastavení bílého bodu na D65 (6500) a jas na 120 cd/m<sup>2</sup>. Tyto parametry odpovídají doporučeným parametrům pro měření subjektivních testů z kapitoly 3.

Na základě výsledků z testování snímků. Byla vytvořena videa, na která jsou aplikovány algoritmy pro vyvážení bílé s nejlepšími výsledky, jako byla například metoda Gray World. Pro toto hodnocení byly původně navrženy dvě metody: modifikovaná verze metody SS a

modifikovaná verze metody PC. Modifikace spočívala v případě metody SS v možnosti vkládat videa a přepracování osy pro hodnocení. V případě metody PC to byla nejdříve úprava možnosti vkládání videa a poté i z důvodu toho, že nebylo možno pozorovat jednu změnu v jednom okamžiku ve dvou videích, postupné přehrávání obou videí. Pozorovatel tak po přehrání obou videí hodnotí klasicky jako u metody PC.

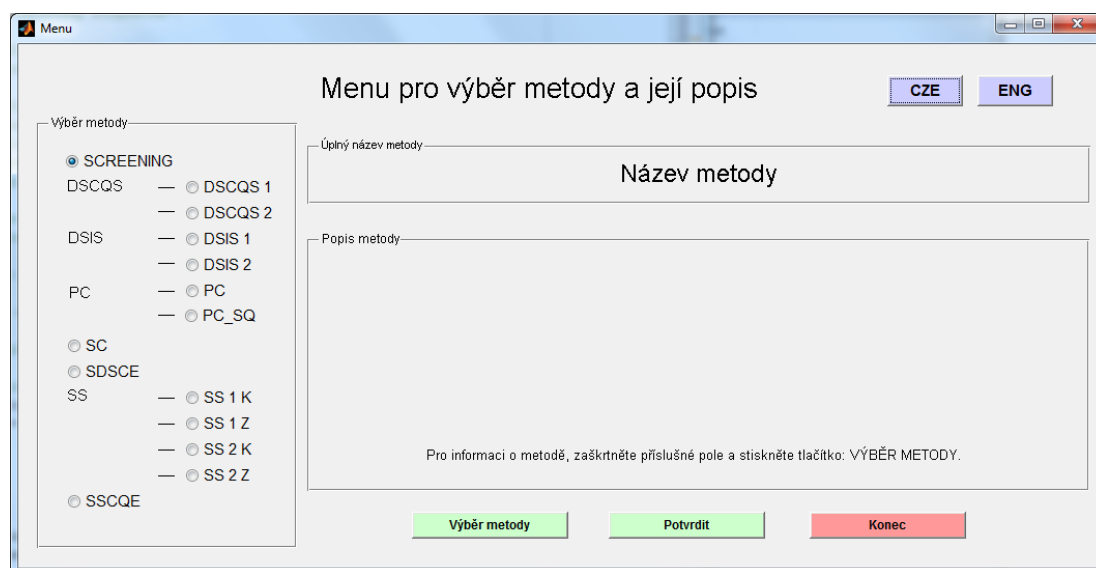
Jako nejlepší metodou pro subjektivní testování se jeví metoda PC, s kterou můžeme dosahovat velmi přesných výsledků i s menším počtem pozorovatelů, čím zredukujeme finanční stránku potřebnou na testování. Nevýhodou však je velká časová náročnost, kterou můžeme zredukovat například metodou SD (s tím že pozorovatelé nesmějí udělat chybu) a ještě lépe metodou ASD, při správné volbě počtu testovaných snímků či sekvencí. Dále pak tato metoda není matoucí různými stupnicemi, kde si pozorovatelé velmi dlouho zvykají na způsob hodnocení. Pozorovatelé vybírají pouze ze dvou snímků či videí, preferovaný testovaný vzorek podle předem určeného kritéria (například co se pozorovateli vizuálně líbí více).

Pro metody, které hodnotí video, by vylepšení mohlo obsahovat jiné vývojové prostředí, z toho důvodu, že videa se velmi dlouho načítají i na výkonnějších počítačích, Matlab je pro tyto testy nedostačující. Dále by vylepšení softwaru pro vyhodnocování mohlo obsahovat i načítání výsledků z připravených naskenovaných formulářů. Pro redukci časové závislosti bychom v případě PC mohli provést vylepšení, které by počítalo i s jinými tvary matice pro vyhodnocování (například trojúhelníkovou).

## Příloha A

### Manuál k programu pro subjektivní testování kvality obrazu

Hlavní menu zobrazíme pomocí m-filu s názvem „Menu“. Po spuštění se zobrazí grafické uživatelské rozhraní, které bylo vytvořeno jako globální menu pro výběr všech možných metod a jejich variant. Ty jsou popsány v předešlých kapitolách. Menu můžeme vidět na obr. 18.

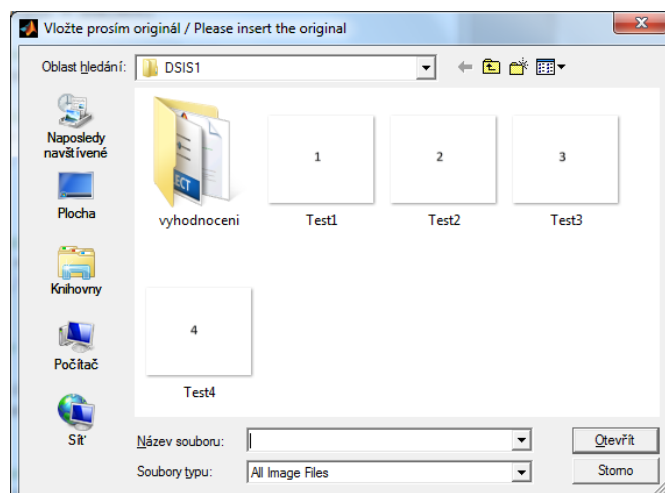


Obr. 18 – Menu pro globální systém hodnocení kvality (screen vytvořeného programu)

V levé části vidíme panel „Výběr metody“, kde uživatel vybírá jakou metodu a variantu chce použít pomocí zaškrťávacích políček (vždy je zaškrtnuto pouze jedno). V panelu „Úplný název metody“ se zobrazuje vždy plný název dané vybrané metody. V horní části panelu „Popis metody“ se po stisku tlačítka zobrazuje popis vybrané metody, v jeho dolní části je pak umístěna nápověda, která uživateli pomáhá správně nastavit, jakou metodu chce nebo co má stisknout, aby mohl dále pokračovat. Dále je v hlavním okně umístěno pět tlačítek. V pravém horním rohu můžeme vidět dvě fialová tlačítka, která slouží pro změnu jazyka (z anglického na český a opačně). V dolní části okna jsou umístěna tři tlačítka, dvě zelená a jedno červené. První zelené tlačítko „Výběr metody“ slouží k výběru dané metody. Po stisku je zobrazen název a informace o dané zaškrtnuté metodě z panelu „Výběr metody“. Druhé zelené tlačítko je tlačítko „Potvrdit“. Toto tlačítko slouží k potvrzení dané metody a dojde k přepnutí do jiného okna, kde už proběhne test s označenou metodou. Posledním tlačítkem, je červené tlačítko „Konec“. Po stisku tohoto tlačítka ukončíme testování.

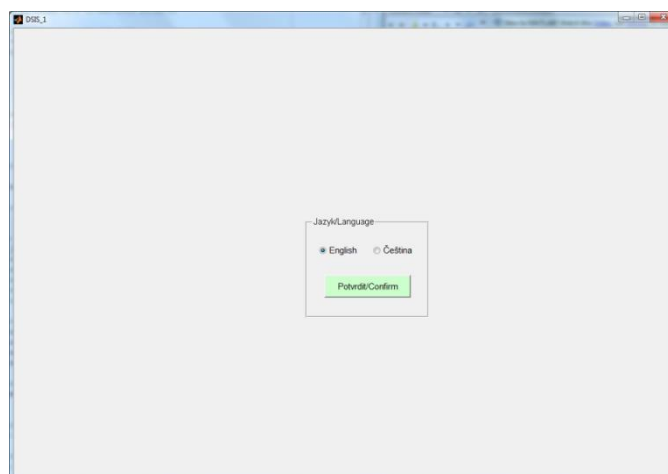
Po výběru metody a její varianty se zobrazí okno načítání snímků pro hodnocení, v horní liště je vždy napsáno jaké snímky máme vkládat a to jak v češtině tak i angličtině obr. 19. V případě vkládání více snímků je potřeba, aby byly snímky seřazeny od prvního k poslednímu (zajištění správné reprodukce námi vybraných snímků).





Obr. 19 – Okno pro vkládání snímků (screen vytvořeného programu)

Po výběru snímků, které chceme reprodukovat (testovat) a potvrzením tlačítka „otevřít“ se nám již zobrazí okno s námi vybranou metodou. Na začátku každého z těchto oken je zobrazen výběr jazykové verze. Tento výběr můžeme vidět na obr. 20.



Obr. 20 – Výběr jazykové verze (screen vytvořeného programu)

Výběr jazyka provedeme zaškrtnutím příslušné požadované jazykové verze a stiskem zeleného tlačítka, kterým volbu potvrdíme. Po této volbě se zobrazí již námi vybraný test. Tyto testy se většinou liší určitými prvky pro ovládání a budou tak jednotlivě popsány v dalších kapitolách této přílohy.

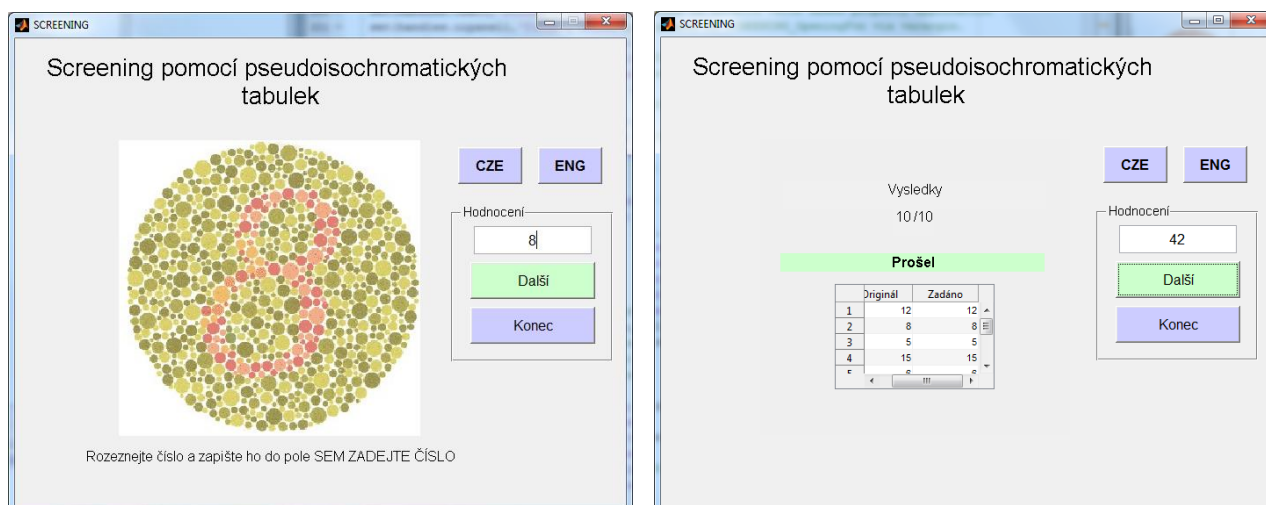
Po ukončení testů, jsou od pozorovatele požadovány pomocí vyskakovacích oken informace o jejich: věku, pohlaví, zda nosí brýle, jestli mají oční vadu a jako poslední přezdívka pod kterou se dané výsledky testů uloží do formátu \*.mat, kde hvězdička označuje přezdívku a označení metody. V tomto souboru jsou pak uloženy do matice výsledky hodnocení a informace, které daný uživatel zapsal do vyskakovacích oken. Tato okna můžeme vidět na obr. 21. Po stisknutí ok je vždy zadaná hodnota uložena do pole informace. Poté co je uložena i přezdívka je test ukončen, uložen a poté zmizí.



Obr. 21 – Okna pro ukládání informace (screen vytvořeného programu)

## SCREENING test

Tento test slouží k testování barvocitu subjektů, kteří se zúčastní subjektivních testů kvality obrazu. Test probíhá pomocí deseti předem uložených pseudoisochromatických tabulek. Okno můžeme vidět na obr. 22, kde je vidět i výsledné vyhodnocení testu.

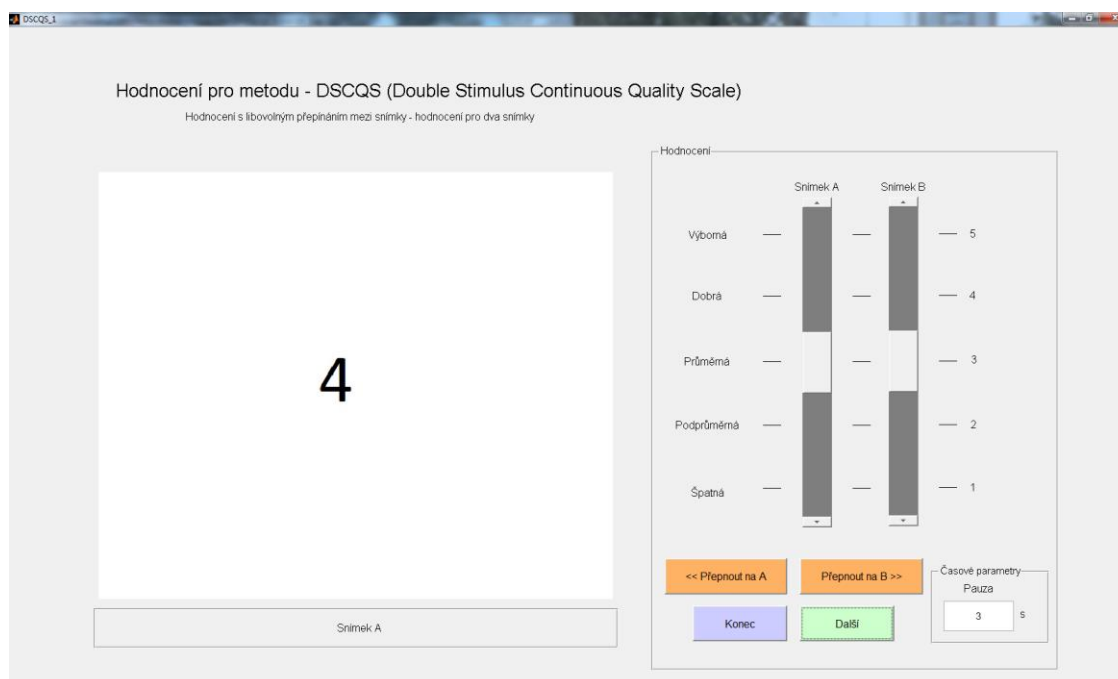


Obr. 22 – Průběh Screeningu a výsledné vyhodnocení testu (screen vytvořeného programu)

Po stisknutí tlačítka „Spustit test“ se nám zobrazí okno, které můžeme vidět na obr. 22 vlevo. Okno obsahuje hlavní pole pro reprodukci testovaných tabulek, informační panel (pod polem pro reprodukci), fialové přepínače pro změnu jazyka z češtiny na angličtinu nebo naopak. Dále zde můžeme vidět po pravé straně panel hodnocení, kde dochází k samotnému hodnocení tak, že daný pozorovatel zadává číslo do editovatelné buňky. V tomto panelu jsou dále ještě dvě tlačítka. Jedno zelené „Další“ a nakonec fialové tlačítko „Konec“, kterým vypínáme celý test bez možnosti zobrazení vyhodnocení. Celé testování probíhá následovně. Pozorovatel stiskne tlačítko „Spustit test“ (to se poté změní na „Další“), zobrazí se první pseudoisochromatická tabulka, pozorovatel zadá číslo, které vidí, do editovatelné buňky v panelu „Hodnocení“ a stiskne tlačítko „Další“. Takto pokračuje tak dlouho, dokud test neskončí (deset tabulek) a uživatel je pak dotazován na své ID (číslo, které ho identifikuje při výpisu do „Command Window“ v Matlabu). Na konci testu je pak zobrazeno vyhodnocení (obr. 22 vpravo). To indikuje, zda daný subjekt prospěl (10/10) nebo neprospěl. Pokud neprospěl, má daný pozorovatel nejspíše poškozený barvocit (výsledky tohoto testu jsou však pouze orientační). Pozorovatel zde může projít své dobré případně špatné odpovědi. Tuto možnost řeší tabulka, která je umístěna uprostřed v dolní části okna pro screening. Pokud potřebujeme dělat hromadné testy, stačí stisknout opět tlačítko „Další“, test se pak resetuje a může provádět hodnocení další uživatel.

### **Metoda DSCQS\_1 a DSCQS\_2**

Tyto dvě varianty se liší pouze tím, zda uživatel přepíná mezi snímky sám nebo snímky přepínáme automaticky. Jsou tedy obě okna rozdílná pouze v oranžových tlačítkách, která jsou umístěna ve variantě, kde mezi snímky přepíná sám pozorovatel. Po stisku zeleného tlačítka „Spustit test“ se nám spustí test a zobrazí se další tlačítko. Okno můžeme vidět na obr. 23.

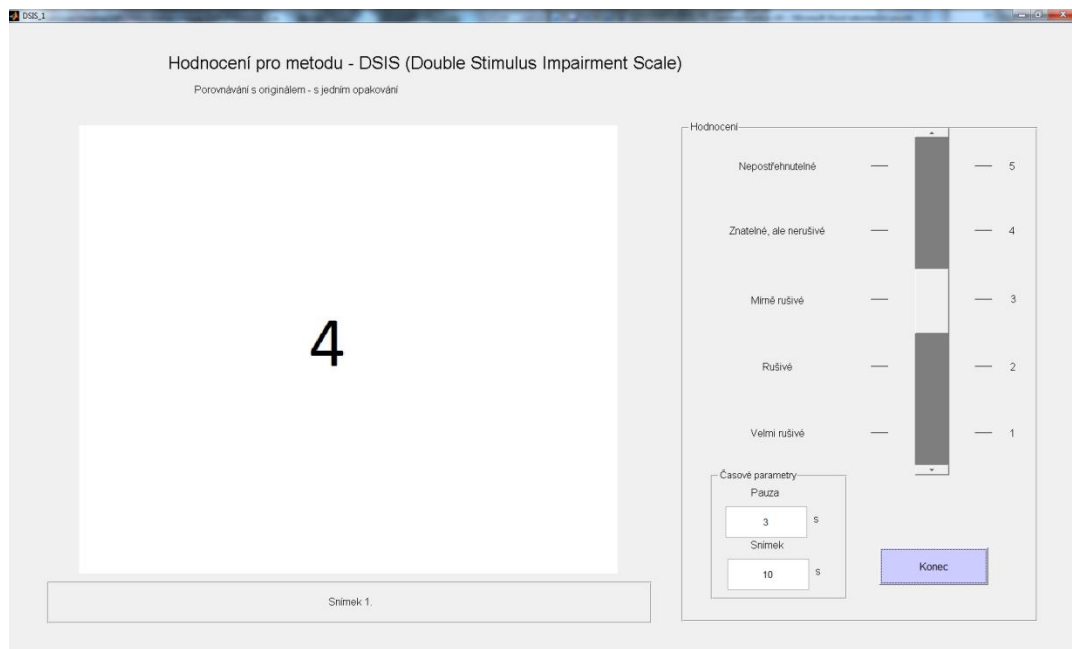


Obr. 23 – okno pro hodnocení pomocí DSCQS\_1 (screen vytvořeného programu)

Nyní dochází už k vlastní projekci snímků. Ty jsme v první kapitole tohoto návodu nahráli. Pod číslem 4 si můžeme představit zobrazovací oblast pro snímky. Pod ní je umístěn informační text, který vždy ukazuje, o jaký snímek se jedná a našeptává, jak máme pokračovat dále. Na pravé straně máme umístěn panel, kde jsou dva slidery, čtyři tlačítka a jedno editované textové pole. Uživatel přepíná pomocí oranžových tlačítek „Přepnout na A“ a „Přepnout na B“ mezi snímky, které jsou nyní v páru na řadě pro hodnocení. Pozorovatelé pak hodnotí pomocí sliderů. Když jsou s hodnocením párů spokojeni, stisknou tlačítko „Další“. Škála pro hodnocení je pro test DSCQS je v pěti stupních od špatné do výborné. Dále zde v tomto okně můžeme nastavovat v panelu „Časové parametry“ (vpravo dole), jak dlouho má trvat pauza mezi přepínanými snímky. Tato hodnota je defaultně nastavena na 3 sekundy, to předepisuje norma BT.500–13. U této metody nechybí tlačítko „Konec“, se kterým okamžitě ukončíme daný test bez toho, aby se cokoliv uložilo. Více teoretických informací o této metodě, naleznete v kapitole: DSCQS.

## Metoda DSIS\_1 a DSIS\_2

Okno pro hodnocení pomocí metody DSIS, po stisku tlačítka „Spustit test“ můžeme vidět na obr. 24. Varianta DSIS\_1 a DSIS\_2 se liší pouze v opakování. Ve variantě jedna je reference a testovaný snímek je reprodukován pouze jednou. U druhé varianty probíhá reprodukce dvakrát (dvakrát reference a dvakrát testovaný snímek).

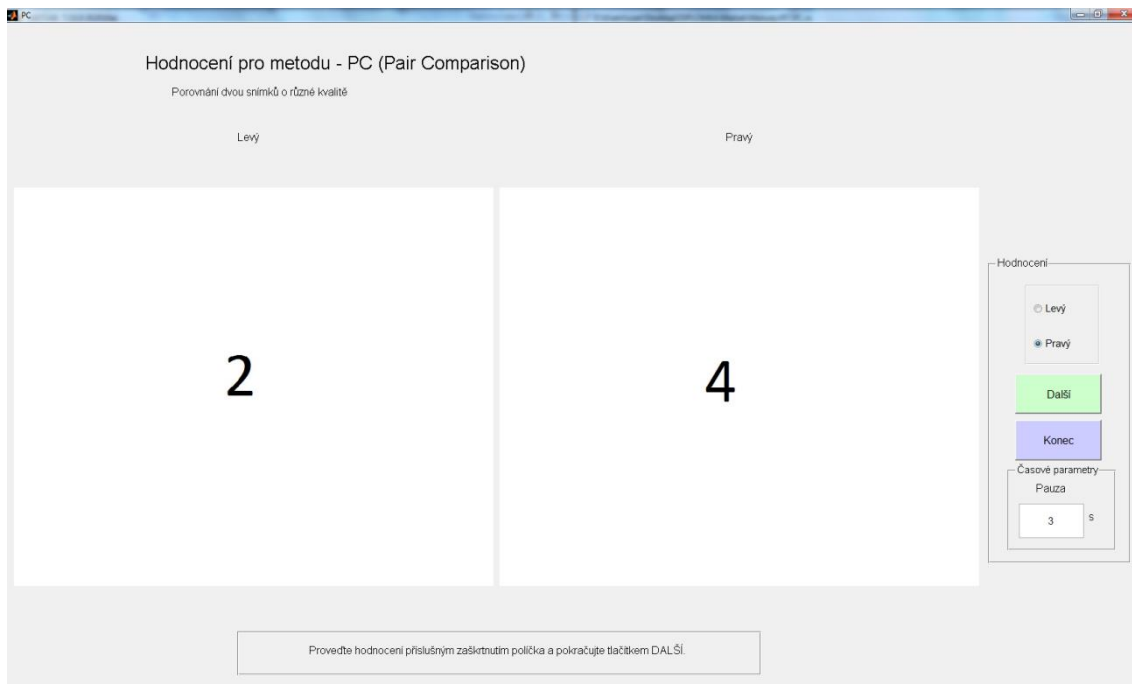


Obr. 24 – Okno pro hodnocení pomocí metody DSIS\_1 (screen vytvořeného programu)

Pod číslem 4 si můžeme opět představit zobrazovací oblast pro snímky, pod ní je umístěn informační text, který vždy ukazuje, o jaký snímek se jedná a našeptává, jak máme pokračovat dále. Pro nastavení časových parametrů a to délku trvání snímků a pauzu mezi nimi použijeme panel „Časové parametry“, kam do buňky „Pauza“ zadáme čas, který určuje, jak dlouho bude mezi snímky trvat šedá pauza a do buňky „Snímek“, vložíme číslo, které popisuje délku trvání vlastní reprodukce testovaných snímků. Po uplynutí celé sekvence pro hodnocení se zobrazí zelené tlačítko „Další“, které bude umístěno nad fialovým tlačítkem „Konec“. To opět ukončuje celý program. Pro hodnocení používá opět slider, ten je opět pětibodový od velmi rušivé až po nepostřehnutelné. Shrňme si tedy celé hodnocení, reprodukce proběhne v oblasti, kde je znázorněno číslo 4. Bude nejdříve zobrazen originál a poté testovaný snímek. Hodnotí se rozdíl mezi originálem a testovaným snímkem na slideru. Když jsme s hodnocením spokojeni, pokračujeme stiskem tlačítka „Další“. Více teoretických informací naleznete v kapitole DSIS.

## Metoda PC a PC\_SQ

Varianty PC a PC\_SQ se liší pouze tím, jak jsou vytvořeny páry pro hodnocení. V prvním případě se reprodukuje snímky každý s každým, to je však velmi náročné na testovací čas. Proto je zde naprogramována metoda, která používá pouze některé snímky pro párové hodnocení (viz kapitola metoda square design). Po stisku zeleného tlačítka „Spustit test“ se zobrazí následující okno pro testování.

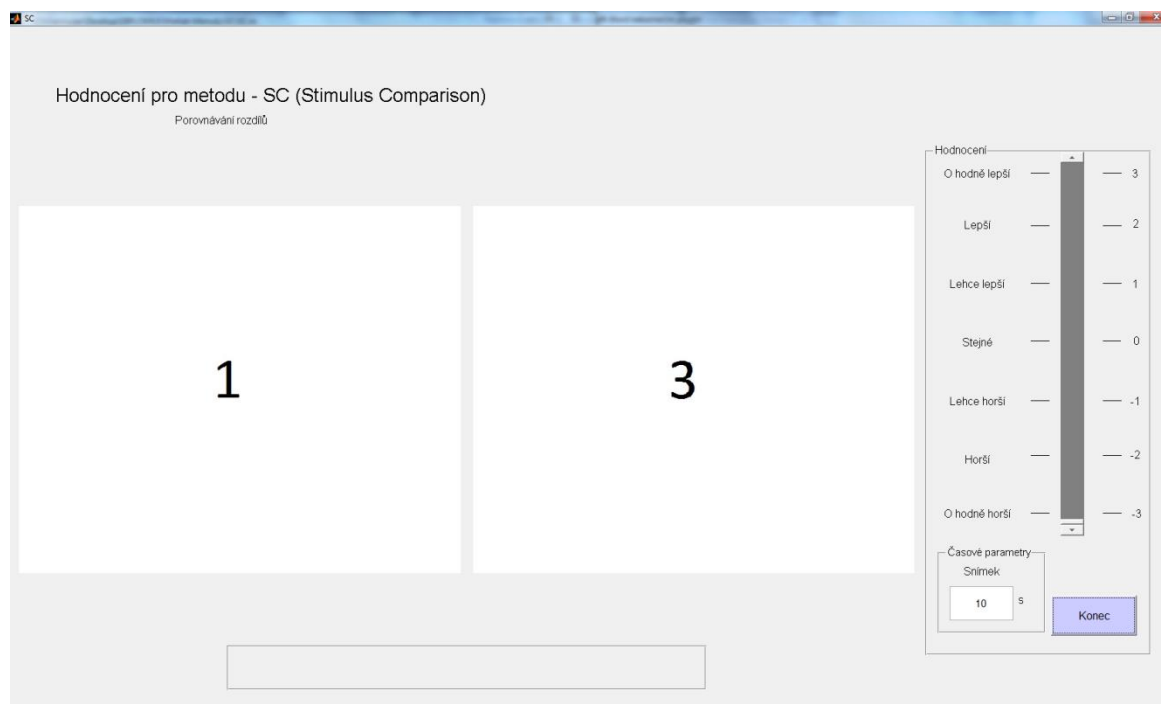


Obr. 25 – Okno pro hodnocení pomocí metody PC (screen vytvořeného programu)

Hlavní částí celého okna jsou dvě zobrazovací pole, kde se reprodukuje námi vybrané sekvence obrázků. V pravé části pak můžeme vidět panel hodnocení, ve kterém jsou umístěna dvě zaškrtačací políčka pro hodnocení, dvě tlačítka a nastavení časového parametru. Hodnocení probíhá tak, že po reprodukci jsme pomocí zaškrtačacích políček „Levý“ a „Pravý“ vyzváni k hodnocení. Zaškrtnutím preferovaného pole dáme přednost jednomu z reprodukováných snímků. Snímky jsou označeny nad zobrazovacími poli, opět nadpisy „Levý“ a „Pravý“. Tlačítkem „Další“ potvrdíme a uložíme hodnocení. V poli „Časové parametry“, můžeme nastavit pauzu mezi reprodukovánými snímky (šedá pauza místo reprodukováných snímků). Po skončení testu je naše hodnocení uloženo do matic (pokud je daný snímek preferován, je uložena 1 pokud ne je uložena 0) a připraveno pro práci s BT. Fialové tlačítko „Konec“ opět ukončí celý program a výsledky se neuloží. Více teoretických informací o této metodě nalezneme v kapitole PC.

## Metoda SC

Tato metoda je v podstatě podobná jako PC s tím rozdílem, že zde nehodnotíme, co se nám líbí více, ale k dispozici máme sedmi bodovou stupnici. S touto hodnotíme levý snímek vůči pravému. Výsledky se pak zpracovávají jako v metodě PC pomocí BT. Každý snímek s každým je zobrazován na obou stranách. Po stisku tlačítka „Spustit test“ se zobrazí okno na obr. 26.

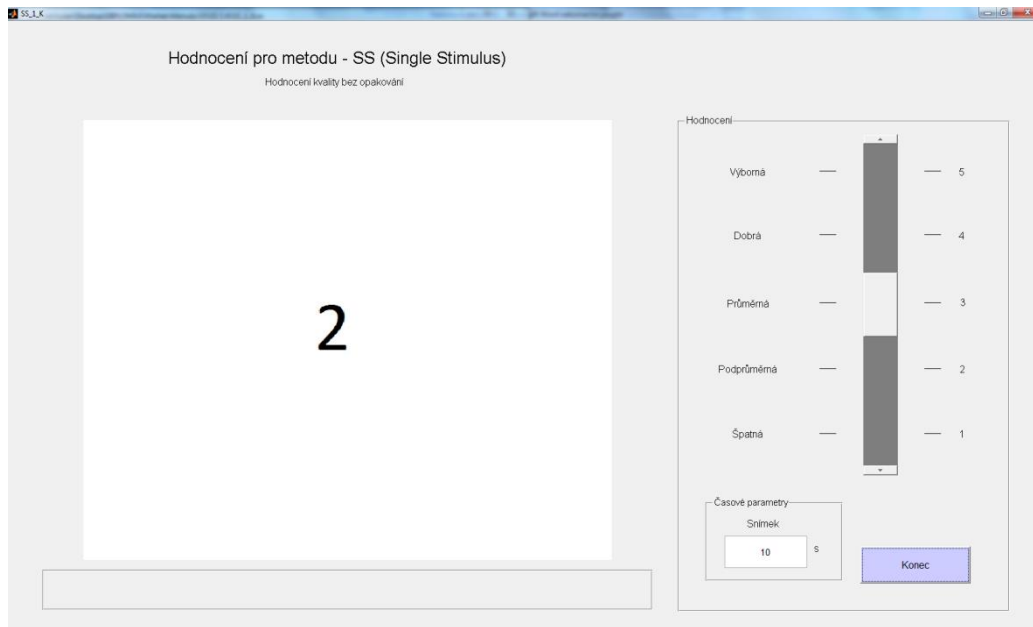


Obr. 26 – Okno pro hodnocení pomocí metody SC (screen vytvořeného programu)

V hlavní části toho okna pro metodu SC, jsou opět dvě zobrazovací pole. Oproti metodě PC je zde však reprodukován každý snímek s každým dokonce i stejný se stejným (například snímek 1 vlevo a snímek 1 i vpravo). V pravé části je pak opět umístěn panel pro hodnocení tentokrát sedmi bodový (od „O hodně horší“ přes „Stejně“ až po „O hodně lepší“). V panelu „Časové parametry“ nastavujeme dobu, po kterou budou dané snímky reprodukovány. Po uplynutí času dojde ke zmizení a začne se reprodukovat šedá barva (defaultně je tento čas nastaven na 10s). Dále je zde umístěno tlačítko „Další“ (na obr. 26 není vidět, protože právě dochází k reprodukci daných snímků a tlačítko „Další“ je po tuto dobu zneviditelněné), díky němuž můžeme pokračovat v hodnocení a fialové tlačítko „Konec“, které opět ukončuje celý program. Celý test probíhá následovně: Stiskem tlačítka „Spustit test“ se začnou reprodukovat snímky, které budou reprodukovány po dobu nastavenou v buňce „Snímek“. Dále je prováděno hodnocení pomocí slideru, poté potvrzením tlačítkem „Další“, zobrazíme další páry snímků. Po dokončení testu se výsledky uloží ve stejném formátu (do matice). Více teoretických informací o této metodě najdete v kapitole SC.

## Metoda SS\_1\_K, SS\_1\_Z, SS\_2\_K a SS\_2\_Z

Tyto čtyři varianty se liší v tom, co hodnotíme a v počtu posloupností. Pokud je jako poslední písmeno „K“ jedná se o variantu, která hodnotí kvalitu. Pokud je poslední písmeno „Z“, jde o variantu, kde se hodnotí zhoršení. Číslo v názvech značí počty hodnocení stejných snímků (ty jsou pak průměrovány). Vysvětlení těchto variant nalezneme i v základním menu programu.



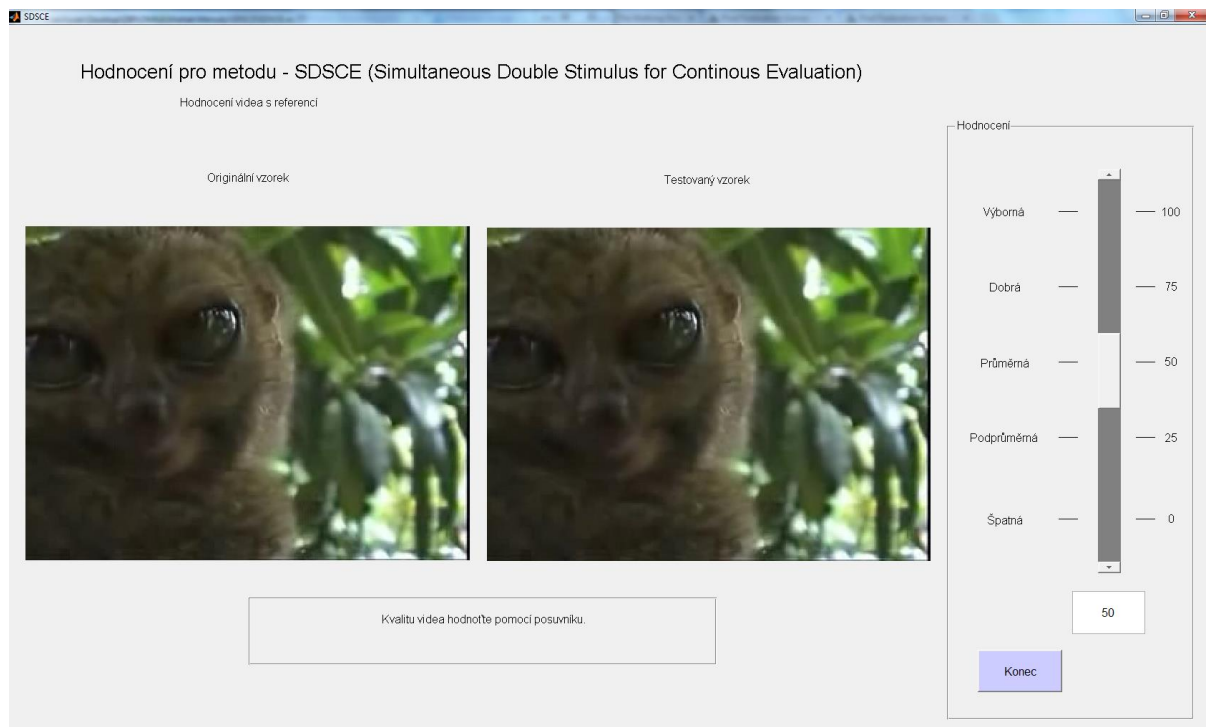
Obr. 27 – Okno pro hodnocení pomocí metody SS (screen vytvořeného programu)

V hlavním poli ve vytvořeném okně pro hodnocení dochází k reprodukci námi zadaných snímků. V první variantě (SS\_1\_X) hodnotíme každý snímek pouze jednou. Ve druhé variantě (SS\_2\_X) hodnotíme snímky ve třech posloupnostech. První slouží, aby si pozorovatelé ujasnili názor, jak budou hodnotit a do hodnocení se neukládá. V dalších dvou posloupnostech již dochází k vlastnímu testování a přepočtu pouze na jednu hodnotu pro každý snímek. V pravé části je slider, který je určen k hodnocení. Pozorovatel zde přepne na požadovanou hodnotu a po stisku tlačítka „Další“ provede hodnocení (tlačítko se zobrazí opět po uplynutí 10 sekund). Parametrem „Snímek“, který se nastavuje pomocí zápisu čísla, nastavujeme délku trvání snímku. Tlačítkem „Konec“ ukončíme běh programu. Data jsou po uložení zapsána ve tvaru první sloupec číslo snímku, druhý sloupec hodnocení, které bylo provedeno. Více teoretických informací o této metodě najdete v kapitole SS.



## Metoda SDSCE

Metoda SDSCE je jednou ze dvou metod pro testování kvality videa. Na rozdíl od předešlých uživatelských rozhraní toto musí odečítat každé dvě sekundy (podle normy ITU BT-500.13). Důvodem toho je, že video může být v různých okamžicích jinak degradováno. V okně probíhá hodnocení testovaného vzorku, kde máme k dispozici referenci (vlevo originální vzorek videa vpravo testovaný vzorek videa).



Obr. 28 – Okno pro hodnocení pomocí metody SDSCE (screen vytvořeného programu)

Hodnocení probíhá opět na slideru (vpravo), kde je pětistupňová škála od špatné až po výborná (hodnotí se kvalita). Hodnocení probíhá ihned po stisknutí zeleného tlačítka „Spustit test“ (na obr. 28 není zobrazeno z důvodu toho, že po spuštění testu dojde k jeho zneviditelnění, je však umístěno nad tlačítkem „Konec“). Fialové tlačítko „Konec“ opět ukončuje celý program. Více teoretických informací o této metodě najdete v kapitole SDSCE.

## Metoda SSCQE


Metoda SSCQE je téměř totožná jako předešlá metoda SDSCE. Jediným rozdílem je, že k porovnání nemáme k dispozici originální vzorek videa. Ovládání je totožné, v hlavním okně se zobrazuje testovaný vzorek videa. Spuštění testu provedeme pomocí zeleného tlačítka „Spustit test“ (zde není zobrazeno, protože při spuštění je toto tlačítko zneviditelněno). Hodnocení je prováděno na slideru (5 bodová stupnice od „Špatné“ do „Výborné“ kvality), hodnota se odečítá každé dvě sekundy. Ukončení testu se provede pomocí fialového tlačítka „Konec“. Více teoretických informací naleznete v kapitole SSCQE.

SSCQE

### Hodnocení pro metodu - SSCQE (Single Stimulus Continuous Quality Evaluation)

Hodnocení videa bez reference

Testovaný vzorek



Kvalitu videa hodnotte pomocí posuvníku.

Hodnocení

Výborná	—	100
Dobrá	—	75
Průměrná	—	50
Podprůměrná	—	25
Špatná	—	0

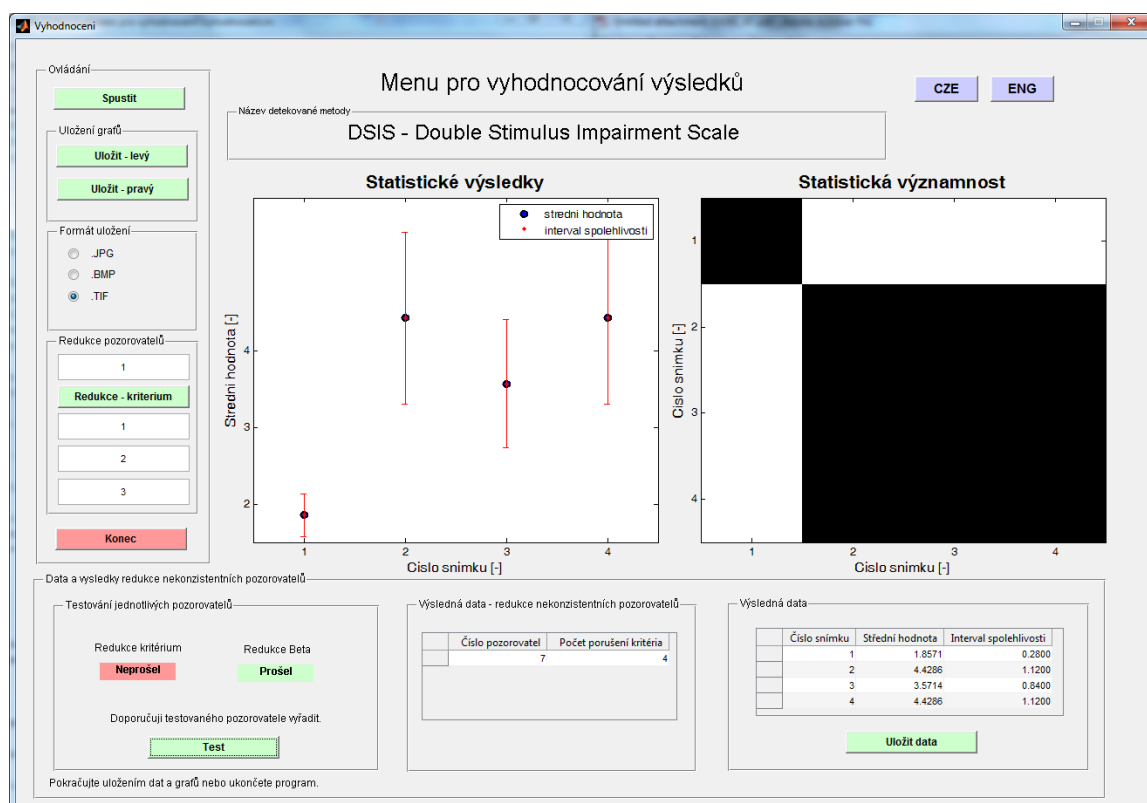
75

Konec

Obr. 29 – okno pro hodnocení pomocí metody SSCQE (screen vytvořeného programu)

## Manuál k programu pro vyhodnocování výsledků

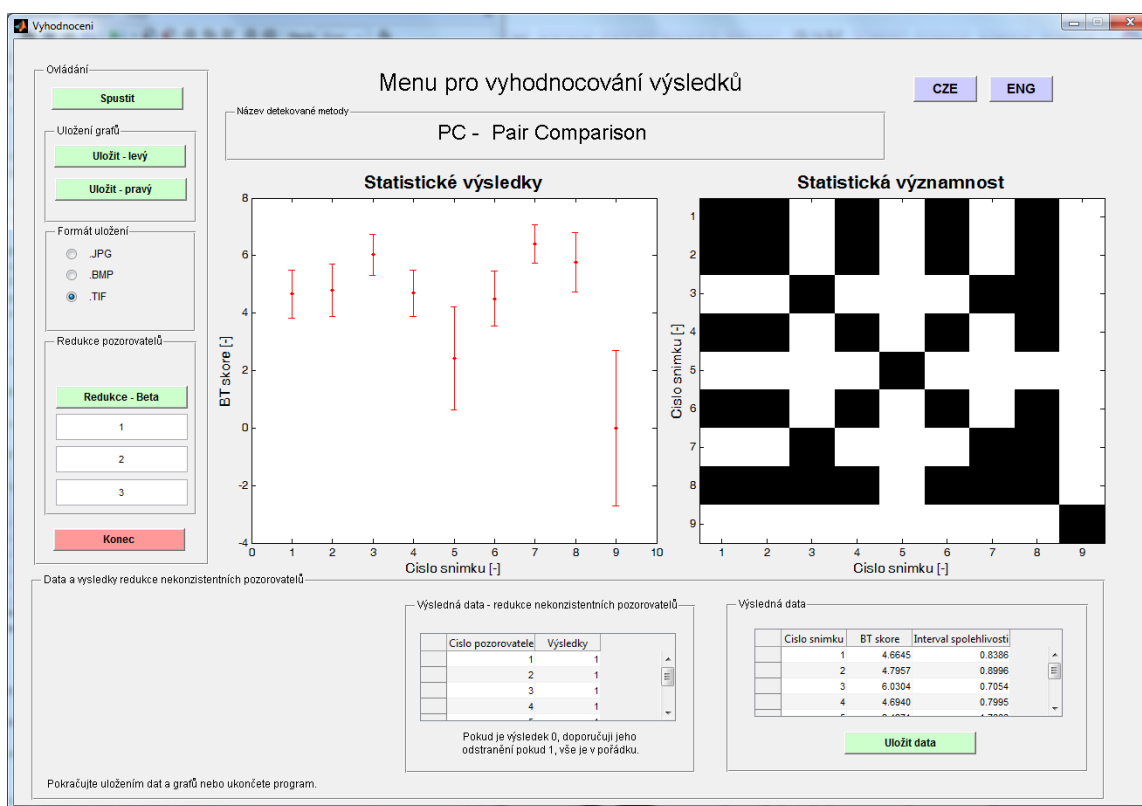
Program spustíme pomocí m-filu: Vyhodnoceni.m. Po spuštění máme na výběr pouze ze čtyř tlačítek, na levé straně je tlačítko „Spustit“ to spustí celé vyhodnocení, „Konec“ toto ukončuje celý program a dvě tlačítka v pravém horním rohu, kterými můžeme změnit jazyk z češtiny na angličtinu a opačně. Vybereme tedy jazyk a pokračujeme stiskem tlačítka „Spustit“ (v levém dolním rohu máme vždy textovou nápovědu, abychom věděli, co přesně mačkat). Po stisknutí tlačítka se zobrazí okno pro načtení dat. Vybereme tak data, která chceme vyhodnocovat a stiskneme „Otevřít“. Díky stisku toho tlačítka načteme soubory a dojde k vyhodnocování. Výsledkem vyhodnocení jsou dva grafy, z nichž jeden zobrazuje statistické výsledky (střední hodnotu a interval spolehlivosti) a druhý statistickou významnost výsledků. Dále se také zobrazí tabulka s výslednými daty. Oba dva grafy i data můžeme uložit. Pro grafy zvolíme na levé straně formát, pod kterým chceme uložit daný graf a stiskneme tlačítka „Uložit – levý“ nebo „Uložit – pravý“, podle toho který z nich chceme uložit. Po stisku příslušného tlačítka jsme požádáni o název pro uložení. Poté stačí tento název potvrdit a graf se způsobem, že se zobrazí a zmizí nové okno s grafem, uloží. Pro data je tato možnost umístěna pod tabulkou a tlačítkem „Uložit data“ pak daná data uložíme do souboru s příponou \*.mat.



Obr. 30 – Zpracování výsledků 1 (screen vytvořeného programu)

Po té co jsme vše uložili, se můžeme pokusit výsledky zpřesnit a vyřadit nekonzistentní pozorovatele. Tato možnost je rozdělena do dvou případů. První variantu pro

metody DSIS, DSCQS, SS, SSCQE a SDSCE můžeme vidět na obr. 31 na levé straně je umístěno v poli: „Redukce pozorovatelů“ ovládání pro vypočtení dat pro redukci. Pro tyto metody zadáme do editovatelných polí kritérium (kolikrát se může pozorovatel dostat mimo interval spolehlivosti), J (počet zkušebních podmínek včetně odkazů), K (počet zkušebních snímků nebo sekvencí) a R (počet opakování). Poté stiskneme tlačítko: „Redukce – kritérium“ a zobrazí se nám pozorovatelé, které dané kritérium nesplňují. Pokud si pak stále nejsme jisti, můžeme daného pozorovatele otestovat i pomocí beta parametru, který je popsán v této práci a vychází z normy [1]. Po stisku tlačítka „Test“ dojde k výběru daného pozorovatele a po potvrzení k výpočtu parametrů. Výsledky jsou pak indikovány červenou nebo zelenou (neprošel nebo prošel) pod příslušným nadpisem typu redukce.

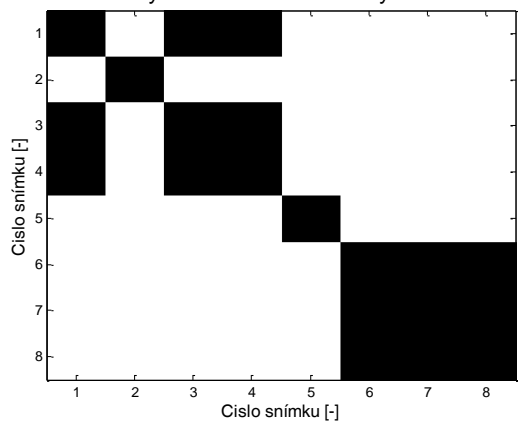


Obr. 31 – Zpracování výsledků 2 (screen vytvořeného programu)

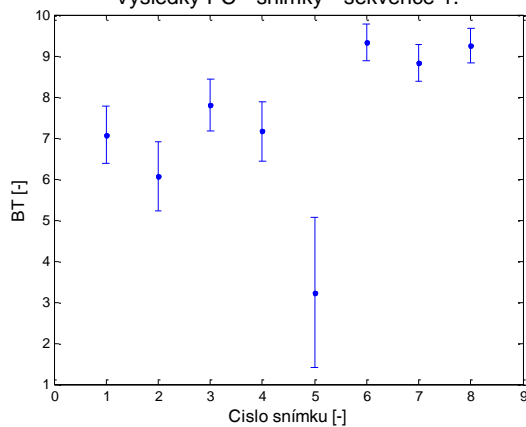
Druhá varianta je varianta pro metody PC a SC, kdy využíváme BT model. Tuto variantu můžeme vidět na obr. 30. Pro tyto metody zadáme do editovatelných polí tyto parametry: J (počet zkušebních podmínek včetně odkazů), K (počet zkušebních snímků nebo sekvencí) a R (počet opakování). Po stisku tlačítka „Redukce – beta“ se vypočte indikátor, jestli je příslušný pozorovatel nekonzistentní. 1 – značí v pořádku, 0 – že je pozorovatel nekonzistentní a je doporučeno daného pozorovatele vyřadit. Pro tyto testy používáme pouze vyhodnocení pomocí bety.

## Příloha B

Statistická významnost PC - snímky - sekvence 1.

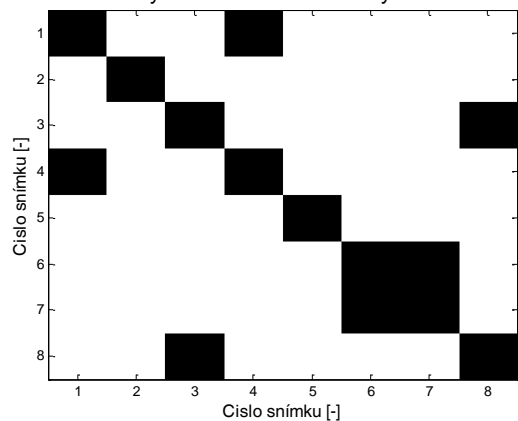


Výsledky PC - snímky - sekvence 1.

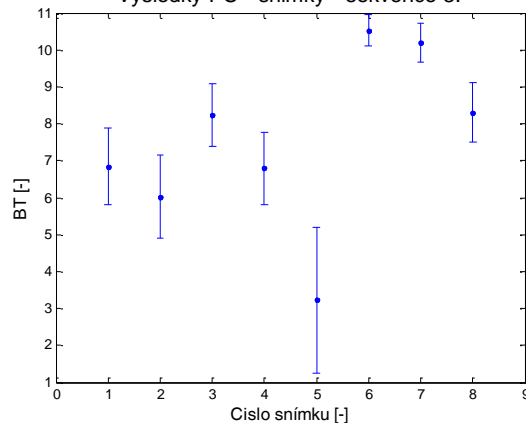


Obr. 32 – Výsledky pro snímky ze sekvence 1 s aplikací různých metod pro vyvážení bílé (výsledné grafy)

Statistická významnost PC - snímky - sekvence 3.

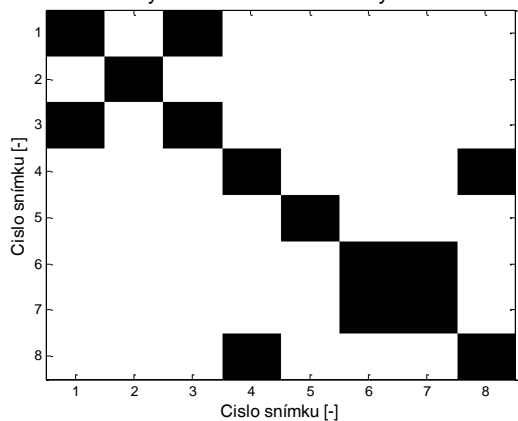


Výsledky PC - snímky - sekvence 3.

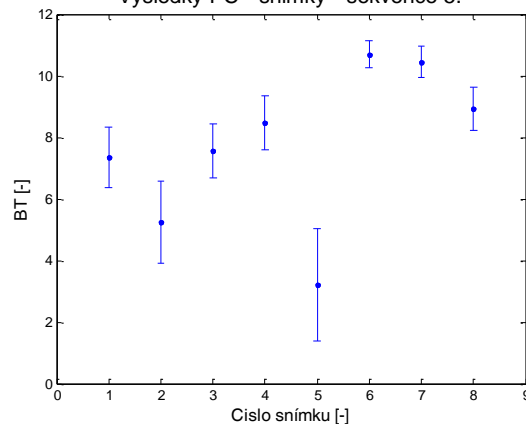


Obr. 33 – Výsledky pro snímky ze sekvence 3 s aplikací různých metod pro vyvážení bílé (výsledné grafy)

Statistická významnost PC - snímky - sekvence 5.

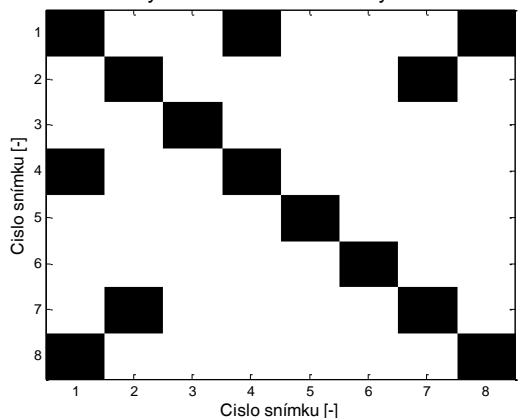


Výsledky PC - snímky - sekvence 5.

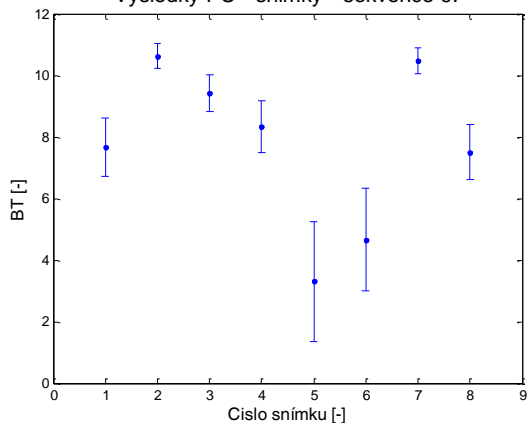


Obr. 34 – Výsledky pro snímky ze sekvence 5 s aplikací různých metod pro vyvážení bílé (výsledné grafy)

Statistická významnost PC - snímky - sekvence 9.

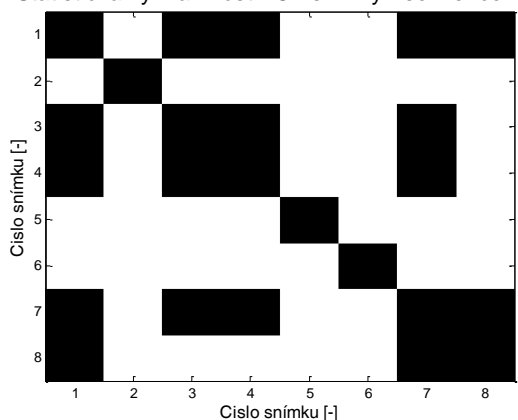


Vysledky PC - snímky - sekvence 9.

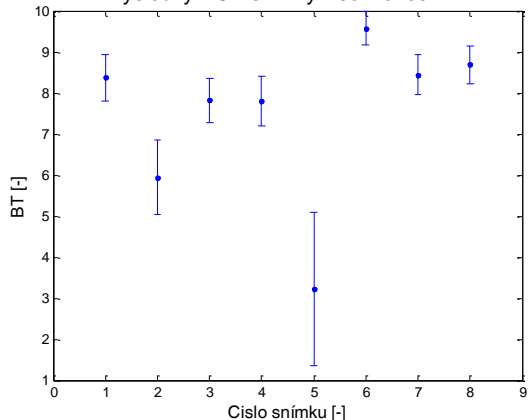


Obr. 35 – Výsledky pro snímky ze sekvence 9 s aplikací různých metod pro vyvážení bílé (výsledné grafy)

Statistická významnost PC - snímky - sekvence 11.

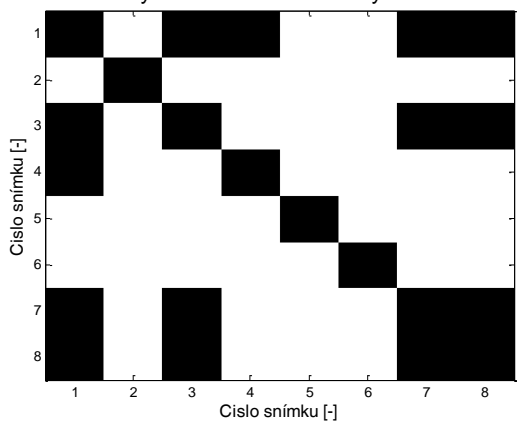


Vysledky PC - snímky - sekvence 11.

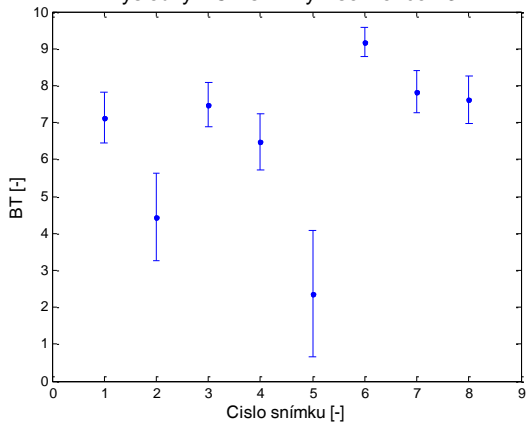


Obr. 36 – Výsledky pro snímky ze sekvence 11 s aplikací různých metod pro vyvážení bílé (výsledné grafy)

Statistická významnost PC - snímky - sekvence 13.

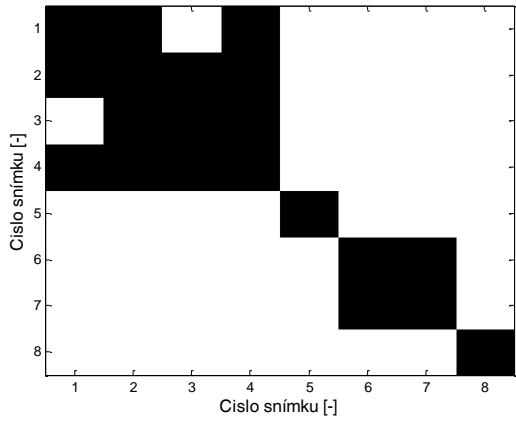


Vysledky PC - snímky - sekvence 13.

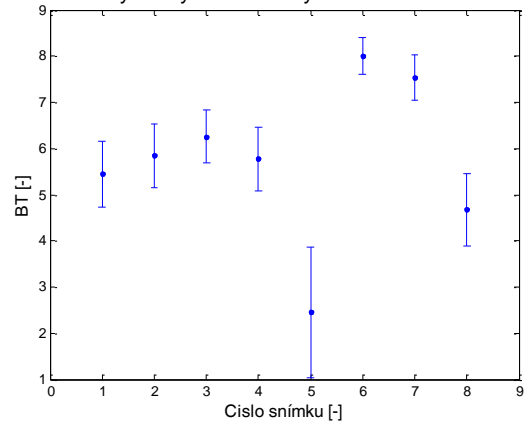


Obr. 37 – Výsledky pro snímky ze sekvence 13 s aplikací různých metod pro vyvážení bílé (výsledné grafy)

Statistická významnost PC - snímky - sekvence 15.

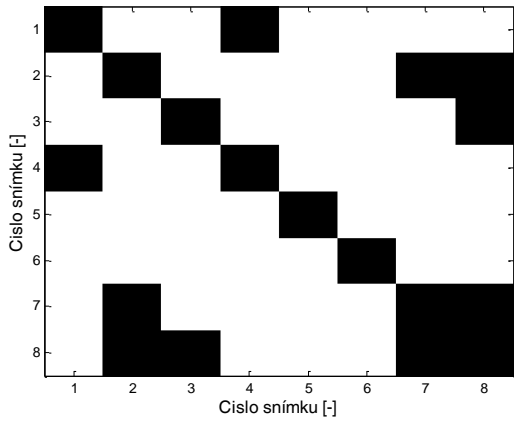


Vysledky PC - snímky - sekvence 15.

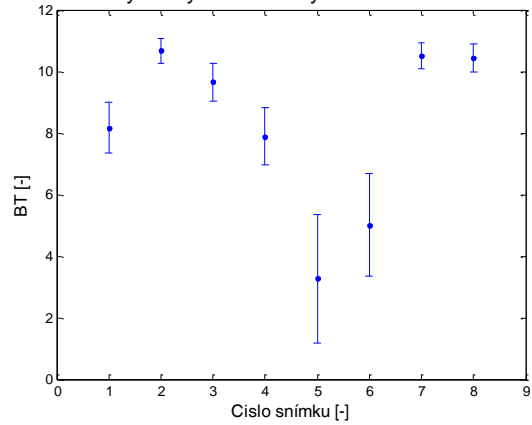


Obr. 38 – Výsledky pro snímky ze sekvence 15 s aplikací různých metod pro vyvážení bílé (výsledné grafy)

Statistická významnost PC - snímky - sekvence 17.

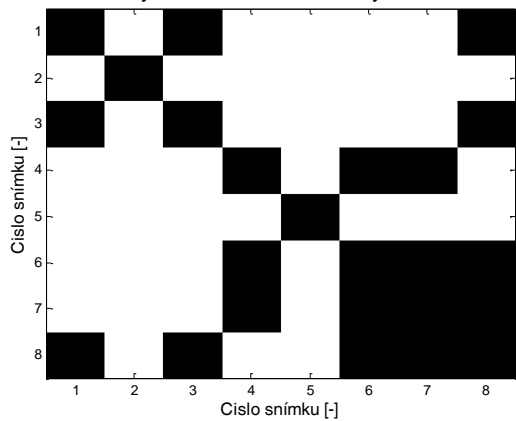


Vysledky PC - snímky - sekvence 17.

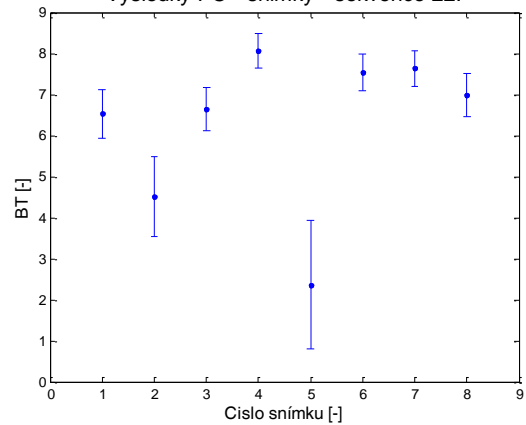


Obr. 39 – Výsledky pro snímky ze sekvence 17 s aplikací různých metod pro vyvážení bílé (výsledné grafy)

Statistická významnost PC - snímky - sekvence 22.

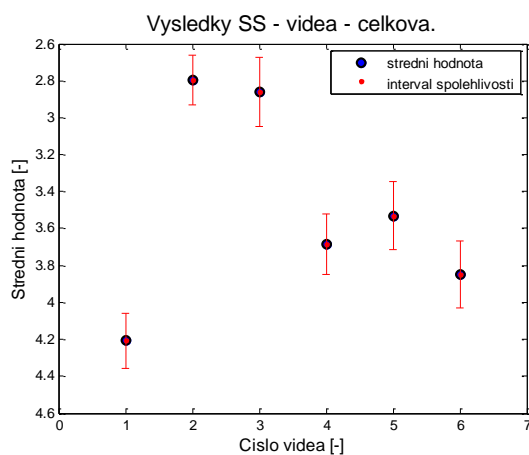
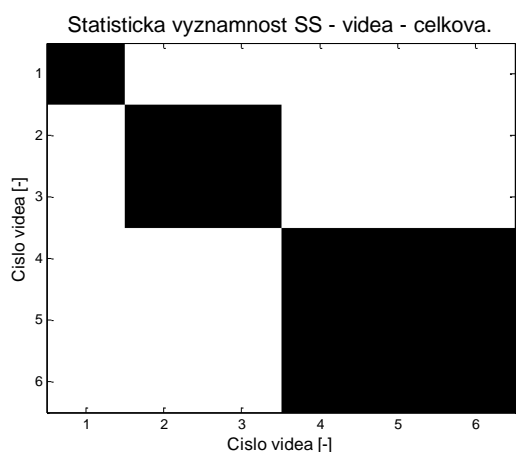


Vysledky PC - snímky - sekvence 22.

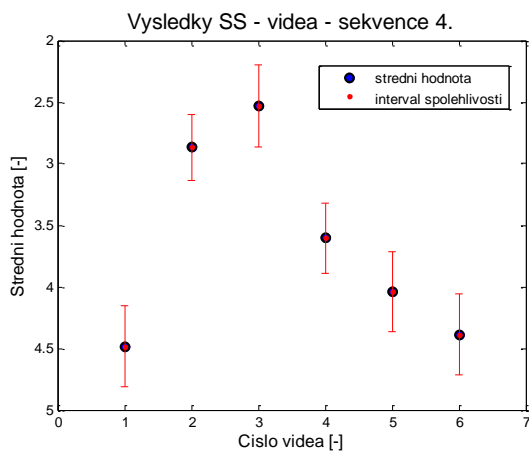
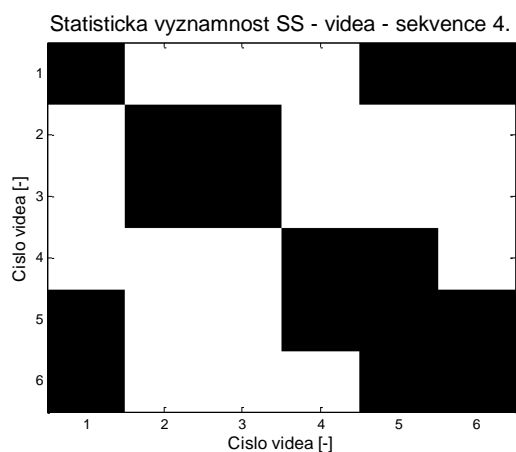


Obr. 40 – Výsledky pro snímky ze sekvence 22 s aplikací různých metod pro vyvážení bílé (výsledné grafy)

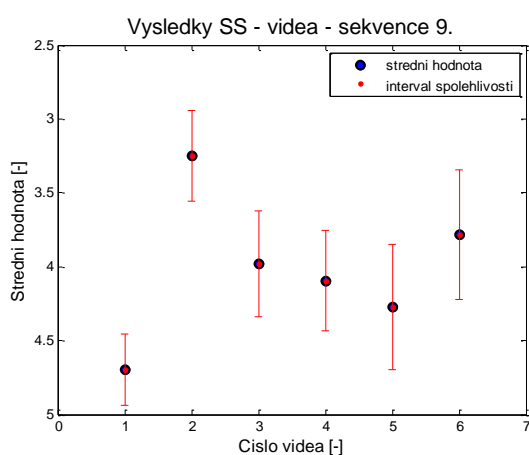
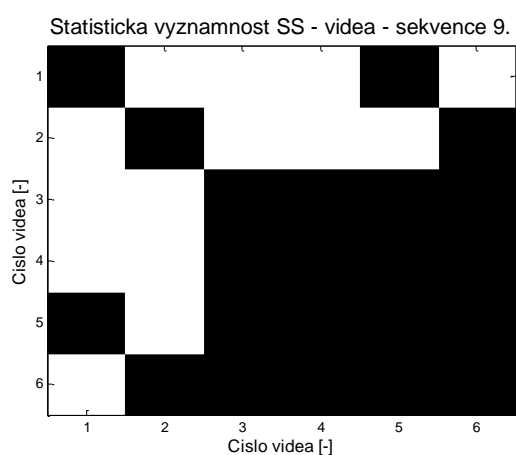
## Příloha C



Obr. 41 – Výsledky pro všechna videa s aplikací různých metod pro vyvážení bílé (výsledné grafy)

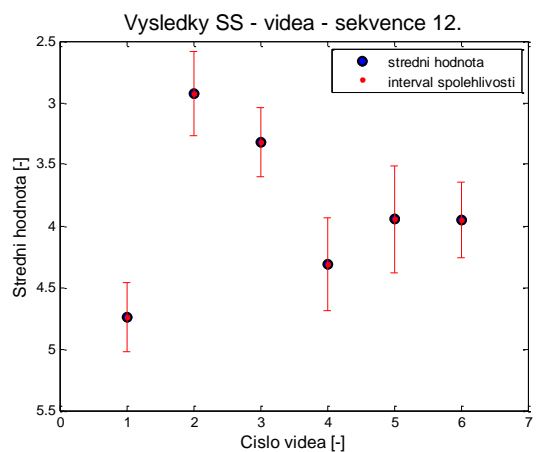
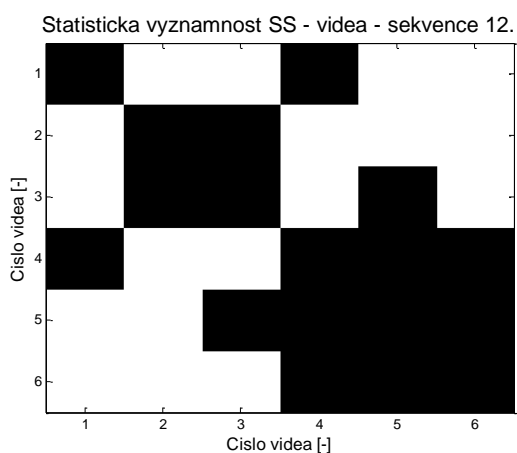


Obr. 42 – Výsledky pro videa ze sekvence 4 s aplikací různých metod pro vyvážení bílé (výsledné grafy)

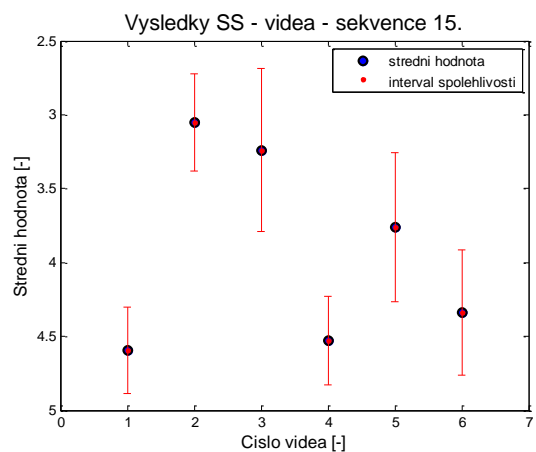
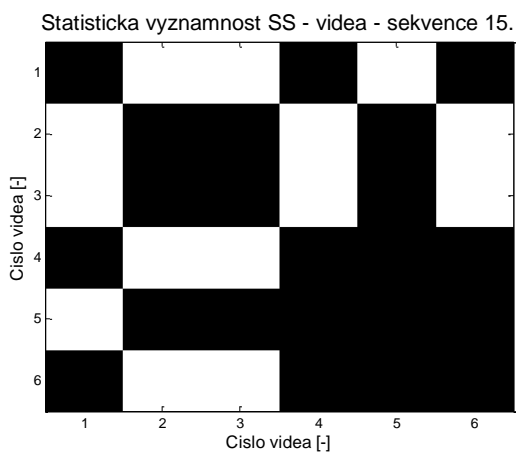


Obr. 43 – Výsledky pro videa ze sekvence 9 s aplikací různých metod pro vyvážení bílé (výsledné grafy)

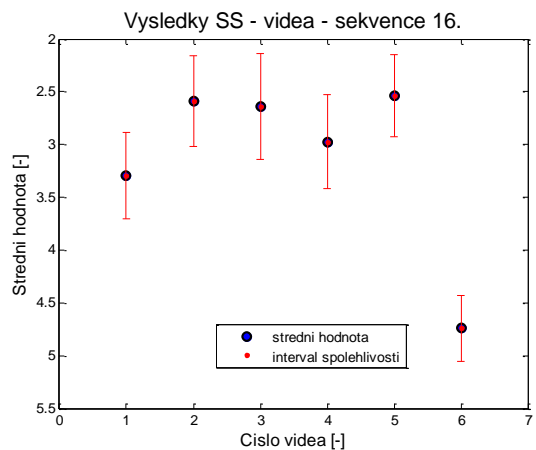
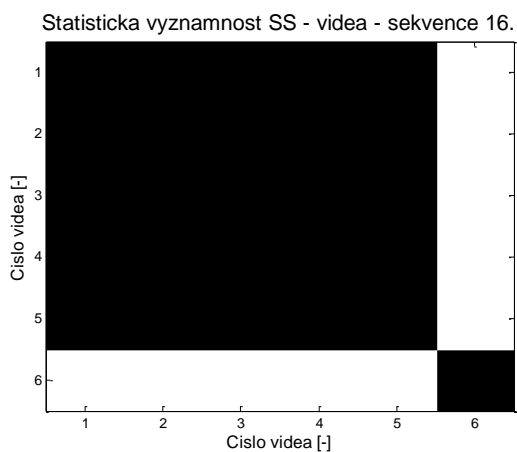




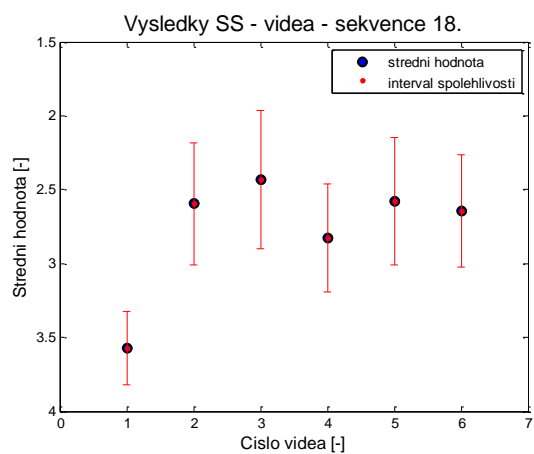
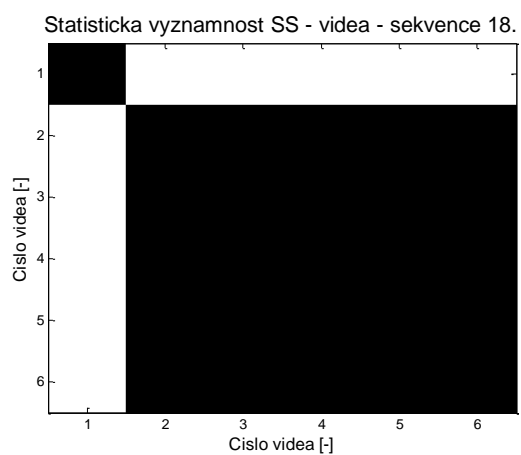
Obr. 44 – Výsledky pro videa ze sekvence 12 s aplikací různých metod pro vyvážení bílé (výsledné grafy)



Obr. 45 – Výsledky pro videa ze sekvence 15 s aplikací různých metod pro vyvážení bílé (výsledné grafy)



Obr. 46 – Výsledky pro videa ze sekvence 16 s aplikací různých metod pro vyvážení bílé (výsledné grafy)



Obr. 47 – Výsledky pro videa ze sekvence 18 s aplikací různých metod pro vyvážení bílé (výsledné grafy)

## Příloha D

### Obsah přiloženého DVD

- Použité obrázky
  - Obrázky v textu
  - Výsledné grafy pro snímky
  - Výsledné grafy pro videa
- Vytvořené programy
  - Jednorázové rozhraní pro testování snímků pomocí PC
    - Vlastní program a funkce
    - Snímky pro hodnocení
    - Výsledná data
  - Jednorázové rozhraní pro testování videa pomocí PC
    - Vlastní program a funkce
    - Video pro hodnocení
    - Výsledná data
  - Jednorázové rozhraní pro testování videa pomocí SS
    - Vlastní program a funkce
    - Video pro hodnocení
    - Výsledná data
  - Rozhraní pro provádění subjektivních testů
    - Hlavní menu
    - Funkce podporující testování, míchání a rovnání
    - Testovací snímky pro screening
  - Software pro vyhodnocení
    - Hlavní program
    - Podporující funkce pro vyhodnocení
- Text práce
  - Text práce ve formátu \*.pdf
  - Text práce ve formátu \*.docx

## Zdroje

- [1] ITU-R Recommendation BT.500-13, Methodology for the subjective assessment of the quality of television pictures, 01/2012, dostupné z www: [http://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/bt/R-REC-BT.500-13-201201-I!!PDF-E.pdf](http://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bt/R-REC-BT.500-13-201201-I!!PDF-E.pdf)
- [2] ITU-R Recommendation BT.500-11, Methodology for the subjective assessment of the quality of television pictures ITU-R BT.500-11, dostupné z www: [http://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/bt/R-REC-BT.500-11-200206-S!!PDF-E.pdf](http://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bt/R-REC-BT.500-11-200206-S!!PDF-E.pdf)
- [3] ITU-R Recommendation P.910, Subjective video quality assessment methods for multimedia applications, 04/2008, dostupné z www: <https://www.itu.int/rec/T-REC-P.910-200804-I/en>
- [4] ITU-R Recommendation BT.1788, Methodology for the subjective assessment of video quality in multimedia applications, 2007, dostupné z www: [http://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/bt/R-REC-BT.1788-0-200701-I!!PDF-E.pdf](http://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bt/R-REC-BT.1788-0-200701-I!!PDF-E.pdf)
- [5] ITU-R Recommendation BT.710-4, Subjective assessment methods for image quality in high-definition television, dostupné z www: [http://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/bt/R-REC-BT.710-4-199811-I!!PDF-E.pdf](http://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bt/R-REC-BT.710-4-199811-I!!PDF-E.pdf)
- [6] R. A. BRADLEY a M. TERRY. „Rank analysis of incomplete block designs: I. the method of paired comparisons“. *Biometrick*, 39(3/4):324 – 345, 1952.
- [7] L. KRASULA. Master thesis, Quality Assessment of Sharpened Images, May 2013.
- [8] F. WICKELMAIER and C. SCHMID. A matlab function to estimate choice model parameters from paired-comparison data, *Behavior Research Methods*, 36:29 – 40, 2004.
- [10] J. LI, M. BARKOWSKY, P. L. CALLET. Analysis and improvement of a paired comparison method in the application of 3DTV subjective experiment, 978-1-4673-2533-2/12, 2012
- [11] J. LI, M. BARKOWSKY, P. L. CALLET. Boosting paired comparison methodology in measuring visual discomfort of 3DTV: performances of three different designs, LUNAM Université, Université de Nantes, IRCCyN UMR CNRS 6597 Polytech Nantes, rue Christian Pauc BP 50609 44306 Nantes Cedex 3, France, 2012
- [12] B. FRASER, CH. MURPHY, F. BUNTING. Správa barev – průvodce profesionála v grafice a pre-pressu, ISBN 80-722-6943-7, Computer Press, Brno, 2003
- [13] M. RUTRLE. Příkladová optika, Učební texty pro oční optiky a oční techniky, optometristy a oftalmology, Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví v Brně, ISBN – 80 – 7013 – 301 – 5, Brno, 2000

- [14] M. ANTON. Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody, Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví v Brně, ISBN 80 -7013 -148 -9, Brno, 1993
- [15] S. ZDVIHAL. Bakalářská práce, Měření a kalibrace barevných zobrazovačů Measurement and calibration of color displays, Praha, 2012
- [16] J. ŠTĚPÁNOVÁ. Diplomová práce, Korekce vyvážení bílé v digitálním videu, White balance correction in digital video, Praha, 2014
- [17] CH. CHIH; CHEN, H.; CH. S. FUH. A novel automatic white balance method for digital still cameras, Circuits and Systems, ISCAS 2005. IEEE International Symposium on, Print ISBN: 0-7803-8834-8, 2005
- [18] E.Y. LAM. Combining gray world and retinex theory for automatic white balance in digital photography - Consumer Electronics, ISCE 2005. Proceedings of the Ninth International Symposium on, Print ISBN:0-7803-8920-4, 2005
- [19] S. WANG, Y. ZHANG, P. DENG, F. ZHO. Fast automatic white balancing method by color histogram stretching, Image and Signal Processing (CISP), 4th International Congress on (Volume:2 ), Print ISBN: 978-1-4244-9304-3, 2011
- [20] S. CH. TAI, T. W. LIAO, Y. Y. CHÁNY, CH. P. YEH. Automatic White Balance algorithm through the average equalization and threshold, Information Science and Digital Content Technology (ICIDT), 8th International Conference on (Volume:3 ), Print ISBN: 978-1-4673-1288-2, 2012
- [21] R. LUKAC. Refined automatic white balancing, Electronics Letters (Volume:43, Issue: 8), ISSN: 0013-5194
- [22] Pseudochromatické tabulky, dostupné z www: <http://www.colour-blindness.com/cs/colour-blindness-tests/ishihara-colour-test-plates/>, import snímků, 2014
- [23] F. D. SIMONE, L. GOLDMANN, V. BARONCINI, T. EBRAHIMI. Subjective evaluation of JPEG XR image compression. Rome, Italy, 2009
- [24] WU, H. R., RAO, K. R.: Digital Video Image Quality and Perceptual Coding, CRC Press, 2006.
- [25] Snímek optotypů, dostupný z www: <http://www.polymed.eu/lcd-optotyp-19-rv-do-kolorimetr>, import snímku, 2014
- [26] Návod pro kalibraci zobrazovačů a snímky sondy, <http://blog.colorconfidence.com/2011/07/13/an-introduction-to-using-i1display-pro/>, import snímku, 2014

[27] ITU-R Recommendation BT.1683, Objective perceptual video quality measurement techniques for standard definition digital broadcast television in the presence of a full reference, 2004, dostupné z www: [http://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/bt/R-REC-BT.1683-0-200406-!!!PDF-E.pdf](http://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bt/R-REC-BT.1683-0-200406-!!!PDF-E.pdf)

## Seznam tabulek

<i>Tab. 1 - Všeobecné podmínky pro subjektivní hodnocení v laboratorních podmínkách [1].....</i>	<i>5</i>
<i>Tab. 2 - Všeobecné podmínky pro subjektivní hodnocení v domácích podmínkách [1] .....</i>	<i>5</i>
<i>Tab. 3 - Podmínka pro pozorovací vzdálenost (PVD)[1] .....</i>	<i>6</i>
<i>Tab. 4 - Definované pozorovací podmínky podle normy ITU-R BT.1788 [5].....</i>	<i>6</i>
<i>Tab. 5 - Definované pozorovací podmínky podle normy ITU-R BT.710-4 pro HD [5] .....</i>	<i>7</i>
<i>Tab. 6 – Legenda k Obr.3 (metoda DSIS)[1] .....</i>	<i>10</i>
<i>Tab. 7 - Stupnice pro hodnocení metody DSIS[1] .....</i>	<i>10</i>
<i>Tab. 8 - Pětistupňová stupnice pro hodnocení[1].....</i>	<i>12</i>
<i>Tab. 9 - Varianta adjektivního kategorického úsudku („Adjectival categorical judgement method“) [1] .....</i>	<i>13</i>
<i>Tab. 10 – Výsledky subjektivních testů pro statické snímky .....</i>	<i>31</i>
<i>Tab. 11 - Číslo snímku v závislosti na použité metodě .....</i>	<i>32</i>
<i>Tab. 12 - Výsledky testů vyvážení bílé - videa - metoda SS .....</i>	<i>34</i>
<i>Tab. 13 – Číslo videa v závislosti na použité metodě .....</i>	<i>34</i>

## Seznam obrázků

Obr. 1 – Optotypy [25].....	2
Obr. 2 - Pseudoisochromatické tabulky pro měření barvocitu [22].....	3
Obr. 3 – Sekvence pro testování (Překresleno a upraveno z [1]).....	8
Obr. 4 – Uspořádání pracoviště pro metodu DSIS (Překresleno a upraveno z [1]).....	9
Obr. 5 – Popis variant pro metodu DSIS (Překresleno a upraveno z [1]).....	9
Obr. 6 – Schéma metody DSCQS (Překresleno a upraveno z [1]) .....	10
Obr. 7 – DSCQS hodnocení (Překresleno a upraveno z [1]) .....	11
Obr. 8 – SD způsob vytváření trojic (ilustrační matice) .....	15
Obr. 9 - Diagram metody adaptive square design [11].....	16
Obr. 10 – Menu pro globální systém hodnocení kvality (screen vytvořeného programu) .....	24
Obr. 11 - Test na barvocit (screen vytvořeného programu) .....	25
Obr. 12 - Software pro vyhodnocení výsledků (screen vytvořeného programu) .....	26
Obr. 13 - i1display pro - kalibrační sonda [26] .....	27
Obr. 14 - Celkové výsledky pro snímky s aplikací různých metod pro vyvážení bílé (výsledné grafy) .....	32
Obr. 15 - Testované video sekvence - sekvence 4, sekvence 6, sekvence 9, sekvence 12, sekvence 15, sekvence 16 a sekvence 18 (zleva doprava zeshora dolu) [16].....	35
Obr. 16 - Statistická významnost testů PC (vlevo) a SS (vpravo)(výsledné grafy) .....	35
Obr. 17 - Bradley-Terry skóre PC (vlevo) a střední hodnota SS (vpravo)(výsledné grafy) .....	36
Obr. 18 – Menu pro globální systém hodnocení kvality (screen vytvořeného programu) .....	39
Obr. 19 - Okno pro vkládání snímků (screen vytvořeného programu) .....	40
Obr. 20 - Výběr jazykové verze (screen vytvořeného programu) .....	40
Obr. 21 - Okna pro ukládání informace (screen vytvořeného programu) .....	41
Obr. 22 - Průběh Screeningu a výsledné vyhodnocení testu (screen vytvořeného programu) .....	41
Obr. 23 - okno pro hodnocení pomocí DSCQS_1 (screen vytvořeného programu) .....	43
Obr. 24 - Okno pro hodnocení pomocí metody DSIS_1 (screen vytvořeného programu) .....	44
Obr. 25 - Okno pro hodnocení pomocí metody PC (screen vytvořeného programu) .....	45
Obr. 26 - Okno pro hodnocení pomocí metody SC (screen vytvořeného programu).....	46
Obr. 27 - Okno pro hodnocení pomocí metody SS (screen vytvořeného programu).....	47
Obr. 28 - Okno pro hodnocení pomocí metody SDSCE (screen vytvořeného programu) .....	48
Obr. 29 - okno pro hodnocení pomocí metody SSCQE (screen vytvořeného programu).....	49
Obr. 30 - Zpracování výsledků 1 (screen vytvořeného programu) .....	50
Obr. 31 - Zpracování výsledků 2 (screen vytvořeného programu) .....	51
Obr. 32 - Výsledky pro snímky ze sekvence 1 s aplikací různých metod pro vyvážení bílé (výsledné grafy) .....	52
Obr. 33 - Výsledky pro snímky ze sekvence 3 s aplikací různých metod pro vyvážení bílé (výsledné grafy) .....	52



<i>Obr. 34 - Výsledky pro snímky ze sekvence 5 s aplikací různých metod pro vyvážení bílé (výsledné grafy) .....</i>	52
<i>Obr. 35 - Výsledky pro snímky ze sekvence 9 s aplikací různých metod pro vyvážení bílé (výsledné grafy) .....</i>	53
<i>Obr. 36 - Výsledky pro snímky ze sekvence 11 s aplikací různých metod pro vyvážení bílé (výsledné grafy) .....</i>	53
<i>Obr. 37 - Výsledky pro snímky ze sekvence 13 s aplikací různých metod pro vyvážení bílé (výsledné grafy) .....</i>	53
<i>Obr. 38 - Výsledky pro snímky ze sekvence 15 s aplikací různých metod pro vyvážení bílé (výsledné grafy) .....</i>	54
<i>Obr. 39 - Výsledky pro snímky ze sekvence 17 s aplikací různých metod pro vyvážení bílé (výsledné grafy) .....</i>	54
<i>Obr. 40 - Výsledky pro snímky ze sekvence 22 s aplikací různých metod pro vyvážení bílé (výsledné grafy) .....</i>	54
<i>Obr. 41 - Výsledky pro všechna videa s aplikací různých metod pro vyvážení bílé (výsledné grafy) .....</i>	55
<i>Obr. 42 - Výsledky pro videa ze sekvence 4 s aplikací různých metod pro vyvážení bílé (výsledné grafy) .....</i>	55
<i>Obr. 43 - Výsledky pro videa ze sekvence 9 s aplikací různých metod pro vyvážení bílé (výsledné grafy) .....</i>	55
<i>Obr. 44 - Výsledky pro videa ze sekvence 12 s aplikací různých metod pro vyvážení bílé (výsledné grafy) .....</i>	56
<i>Obr. 45 - Výsledky pro videa ze sekvence 15 s aplikací různých metod pro vyvážení bílé (výsledné grafy) .....</i>	56
<i>Obr. 46 - Výsledky pro videa ze sekvence 16 s aplikací různých metod pro vyvážení bílé (výsledné grafy) .....</i>	56
<i>Obr. 47 - Výsledky pro videa ze sekvence 18 s aplikací různých metod pro vyvážení bílé (výsledné grafy) .....</i>	57