

České vysoké učení technické v Praze  
Fakulta elektrotechnická  
katedra radioelektroniky

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: **Tomáš Pokorný**

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

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

Pokyny pro vypracování:


Podějte přehled doporučení pro subjektivní hodnocení kvality obrazu. Na základě těchto doporučení navrhnete systém pro automatizovaný sběr soudů od pozorovatelů a následné statistické vyhodnocení výsledků. Navrhnete a realizujete zařízení pro kontinuální hodnocení kvality videa skupinou pozorovatelů.

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 poděkovat vedoucímu své bakalářské práce Ing. Karlu Fliegelovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a připomínky při tvorbě této práce. Dále děkuji Ing. Miroslavu Čapkovi a doc. Ing. Pavlu Hazdrovi, Ph.D. za pomoc při vývoji softwaru a odborné konzultace.

V neposlední řadě chci poděkovat také svým rodičům za podporu ve studiu.

## **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 .....

Tomáš Pokorný

## **Abstrakt**

Tato práce se zabývá subjektivním hodnocením kvality obrazu, respektive videosekvencí. Byla provedena rešerše doporučení, norem a článků zabývajících se metodami hodnocení. Na jejich základě bylo vytvořeno hodnotící zařízení, které komunikuje s programem vytvořeným v MATLABu, kde se přehrává testované video. Dále byl vytvořen program pro statistické vyhodnocení naměřených dat od skupiny pozorovatelů.

## **Abstract**

This thesis is focused on subjective assessment of the quality of images or video sequences. The research of recommendations, standards and articles focused on the assessment methods was performed. On this basis the assessment device was built. This device communicates with the program built in MATLAB, where the tested video is playing. Further, the program for statistical evaluation of measured data by a group of observers was created.

# Obsah

<b>1. Úvod a cíl práce .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Kompresce .....</b>	<b>4</b>
2.1 <i>Nejpoužívanější standardy kompresí.....</i>	4
2.1.1. JPEG.....	4
2.1.2. H.263.....	5
2.1.3. MPEG (MPEG 1, 2, 4).....	5
<b>3. Objektivní hodnocení kvality videa.....</b>	<b>6</b>
3.1. <i>Metody objektivního hodnocení kvality videa.....</i>	6
3.1.1. Metoda Mean Squared Error (MSE).....	6
3.1.2. Metoda Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR) .....	6
<b>4. Subjektivní hodnocení kvality videa .....</b>	<b>8</b>
4.1. <i>Přehled doporučení pro subjektivní hodnocení .....</i>	10
4.2. <i>Výběr vhodných pozorovatelů.....</i>	11
4.2.1. Barvovit .....	11
4.2.2. Ostrost zraku.....	12
4.3. <i>Metody subjektivního hodnocení kvality videa .....</i>	13
4.3.1. Metoda double-stimulus impairment scale (DSIS).....	13
4.3.2. Metoda double-stimulus continuous quality-scale (DSCQS) .....	15
4.3.3. Metoda single-stimulus (SS) .....	17
4.3.4. Metoda stimulus-comparison (SC).....	17
4.3.5. Metoda single stimulus continuous quality evaluation (SSCQE).....	18
4.3.6. Metoda simultaneous double stimulus for continuous evaluation (SDSCE).....	19
4.3.7. Metoda pair-comparison (PC).....	20
4.4. <i>Statistické vyhodnocování výsledků .....</i>	21
4.4.1. Průměrné skóre .....	21
4.4.2. Směrodatná odchylka.....	22
4.4.3. Interval spolehlivosti .....	22
4.4.4. Korigovaný průměr.....	23
<b>5. Realizace hodnotícího zařízení.....</b>	<b>24</b>
5.1. <i>Hardware.....</i>	24
5.2. <i>Software .....</i>	27

<b>6. Software pro hodnocení a komunikaci s PC .....</b>	<b>30</b>
6.1. <i>Popis programu</i> .....	30
6.2. <i>Návod k použití programu</i> .....	32
<b>7. Statistické vyhodnocení naměřených dat .....</b>	<b>33</b>
7.1. <i>Popis programu</i> .....	33
7.2. <i>Návod k použití programu</i> .....	36
<b>8. Ukázka hodnocení .....</b>	<b>37</b>
<b>9. Závěr .....</b>	<b>39</b>
<b>Literatura .....</b>	<b>40</b>
<b>Přílohy na CD.....</b>	<b>42</b>

# 1. Úvod a cíl práce

V době analogového vysílání byl charakter vysílání stále stejný, to se začalo měnit s rozšiřováním digitálního přenosu, kdy začala snaha zmenšit datový tok. Proto se začaly užívat nejrůznější komprese obrazu, videa, hudby atd. S příchodem komprese se musela začít využívat také zpětná odezva na zhoršení kvality. Bylo zapotřebí, aby se zhodnotilo, jak moc se dá kvalita pomocí komprese zhoršit, aby se na obraz dalo stále ještě dívat. Další poškození mohlo nastat ještě před samotnou kompresí, při snímání obrazu kamerou, kdy se může objevit šum. K tomuto hodnocení se využívá hodnotících metod a to buď objektivních, nebo subjektivních.

Tato práce se zabývá subjektivním hodnocením kvality videosekvencí. K vyhodnocení se využívají metody pro subjektivní hodnocení kvality obrazu. Všechny metody jsou popsány v této práci, přičemž jen některé z nich budou použity v praktické části.

Cílem mé práce je vytvoření funkčního zařízení pro kontinuální hodnocení kvality videa, které se u některých metod využívá a podává tak přesnější výsledek. Toto hodnocení je výhodnější, jelikož kvalita videa se v průběhu může měnit. Zařízení bude zaznamenávat a poté přenášet do počítače změřený průběh hodnocení, ze kterého můžeme získat významné parametry potřebné k vyhodnocení.

## 2. Komprese

Kompresa neboli komprimace je způsob jak zmenšit datový tok a také velikost samotného souboru. Rozděluje se na bezeztrátovou a ztrátovou. U bezeztrátové se pixely nechávají nezměněné a výsledkem je tedy stále stejný obraz. Tento typ ale neumožňuje příliš velký rozsah kompresního poměru, a tak i datový tok zůstává stále vysoký. Z tohoto důvodu byla vytvořena ztrátová komprese, při níž se využívá nedokonalosti lidského vnímání, v případě obrazu hlavně nedokonalosti oka. Dochází ke snížení datového toku barevných složek, omezují se detaily a ostrost hran. Největší snížení datového toku dochází díky střídání plnohodnotných snímků se snímky rozdílovými. Každý komprimační kodek užívá různou účinnost komprese a odolnost vůči přenosu dat. Důležitým parametrem komprese je kompresní poměr, který je udáván jako poměr velikosti komprimovaného souboru k velikosti originálního. [1] [2]

### 2.1 Nejpoužívanější standardy kompresí

Kompresní standardy jsou odlišné pro statické obrázky a pro videosekvence. Pro statické obrázky se nejčastěji používá standard JPEG. Pro video jsou to standardy MPEG, H.263 nebo například Motion JPEG.

#### 2.1.1. JPEG

Zkratka JPEG znamená Joint Photographic Experts Group a dnes je to asi nejčastěji užívaný kompresní standard používaný ke kompresi statických obrázků. Z tohoto důvodu je podporován velkým množstvím programů. Obrovský vliv na subjektivní hodnocení kvality obrázku ve formátu JPEG má kromě kompresního poměru také samotný obrázek a to hlavně množství detailů. Obecně platí, že při větším množství detailů musí být kompresní poměr menší než u obrázku s méně detaily, tak aby se nám zdály stejně kvalitní. [2]

Jistou obdobou formátu JPEG pro videosekvence je **Motion JPEG**, který využívá posloupnosti obrázků ve formátu JPEG. Každý obrázek je komprimován zvlášť, takže by jednotlivé snímky sekvence měly mít stejnou kvalitu. Nejvíce se využívá u síťového videa. [4]



### 2.1.2. H.263

H.263 je typ komprese určené pro videa se stálou bitovou rychlostí. To znamená, že se vždy přenáší stejný počet bitů za stejný čas. Tím je ovšem vyvolán velký rozdíl mezi kvalitou statického obrazu a rychle se pohybujícími scénami. Původně byl navržen pro videokonference, kde naprosto plní svůj účel. [5] [6]

### 2.1.3. MPEG (MPEG 1, 2, 4)

Standard MPEG je zkratkou k anglickému termínu Moving Picture Experts Group. Tento standard byl vytvořen v roce 1988 a používá se především ke kompresi audia a videa. V případě audia je nejznámější kodek MP3. Komprimace MPEG se provádí pomocí rozdělení obrazu do bloků (4 jasové a 4 barevné signály) a v každém bloku se poté provede diskrétní kosinová transformace (DCT), která způsobuje nezávislost jednotlivých vzorků. Princip MPEG se zakládá na porovnávání snímků, ze kterých se poté bere jeden jako referenční a u dalšího se používá pouze ta část, která se od referenčního liší. Program, který MPEG formát přehrává, skládá videosekvenci z referenčních snímků a tzv. dat o rozdílech. Tímto způsobem lze radikálně snížit velikost originálu. Další snížení velikosti souboru může nastat také díky predikci pohybu. Takže se nezískávají data jen zpětně, ale i z budoucích snímků. Existuje několik MPEG standardů, které byly postupně vyvíjeny. [2] [3]

V roce 1992 byl vytvořen formát **MPEG-1**. Hlavním úkolem tohoto formátu bylo ukládání videa na CD. Z tohoto důvodu se rychlost přenosu pohybovala mezi 0,9 až 1,5 Mbit/s.

Z tohoto formátu vycházel formát **MPEG-2** vytvořený v roce 1994. Používá se k ukládání a přenosu dat na DVD nebo také k přenosu digitálního televizního signálu pomocí DVB-T. Od MPEG-1 se nejvíce liší tím, že dokáže pracovat s tzv. proměnlivým datovým tokem a také dokáže pracovat s prokládáním (půlsnímky).

Velmi často se v dnešní době používá **MPEG-4** formát, který opět vychází z předchozích standardů MPEG-1 a MPEG-2. Od MPEG-2 se liší především proměnlivou velikostí bloků, ve kterých se provádí DCT. Obsahuje ale daleko více možností jak snížit bitovou rychlost k dosažení požadované kvality obrazu. Od jeho schválení v roce 1998 je stále ve vývoji. [1] [5]

## 3. Objektivní hodnocení kvality videa

Objektivní metody hodnocení kvality videa jsou založené na matematických popisech vlastností obrazu. Mohou být prováděné analyzátořem softwarovým, hardwarovým nebo kombinovaným. Testuje se kvalita komprimovaného (znehodnoceného) videa oproti originálu. Velmi významnou výhodou oproti subjektivnímu hodnocení je nižší cena, menší časová náročnost a rychlejší vyhodnocování. Nevýhodou může být rozdílnost výsledků oproti subjektivnímu hodnocení, takže i dobré hodnocení pomocí objektivních metod se nemusí shodovat s hodnocením subjektivním. [8]

### 3.1. Metody objektivního hodnocení kvality videa

Objektivní hodnocení se stejně jako subjektivní rozděluje na referenční a bez referenčního obrazu. Navíc se zde objevují metody pracující jen s určitými vlastnostmi referenčního obrazu. Existuje pět základních modelů, které můžeme rozdělit na metody pracující na porovnávání jednotlivých pixelů a na metody využívající algoritmy, při nichž dochází k simulaci lidského zraku a vnímání. Nejznámější jsou ale pixelově orientované metody - MSE a PSNR, ale jsou také nejméně přesné. [7] [8]

#### 3.1.1. Metoda Mean Squared Error (MSE)

Tato metoda popisuje průměrnou kvadratickou chybu. Je to nejjednodušší a i z tohoto důvodu nepoužívanější metoda objektivního hodnocení.

Lze poměrně jednoduše spočítat dle:

$$MSE = \frac{1}{TMN} \sum_t \sum_m \sum_n [X_o(m, n, t) - X_r(m, n, t)]^2 \quad [-] \quad (3.1)$$

$X_o$  je vstupní testovaná videosekvence,  $X_r$  je referenční videosekvence.  $M$  a  $N$  udává rozměry snímků a  $T$  představuje index snímků. [7] [9]

#### 3.1.2. Metoda Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR)

Další velmi významná pixelově orientovaná metoda vychází z MSE. Udává špičkový poměr odstupu signálu od šumu.

Vypočítat se může podle vzorce:

$$PSNR = 10 \log_{10} \left( \frac{l^2}{MSE} \right) \quad [-] \quad (3.2)$$

kde  $l$  je maximální hodnota, kterou může daný pixel nabývat. [7] [9]

## 4. Subjektivní hodnocení kvality videa

Subjektivní hodnocení kvality videa je založeno na hodnocení kvality skupinou pozorovatelů. Toto hodnocení je v mnoha ohledech přesnější nebo spíše věrohodnější než hodnocení pomocí objektivních metod, jelikož každý rušivý vliv může být vnímán odlišně. Výhodou je možnost popsání kvality videa, tak jak je vnímána člověkem. Lze tedy zjistit, jak moc se mohou omezit informace, které nejsou postřehnutelné lidskými smysly. Nevýhodou tohoto typu hodnocení je vyšší cena a také větší časová náročnost hodnocení. Z těchto důvodů je snaha vytvořit na základě výsledků subjektivního hodnocení model lidského vnímání.

K subjektivnímu hodnocení se vztahuje norma ITU-R BT.500, která definuje několik možných měření. Podle této normy jsou také určeny parametry, které se musí splnit před samotným měřením. Dodržení správných laboratorních podmínek je důležité z hlediska reprodukovatelnosti výsledků, dále aby bylo možné porovnávat výsledky z jednotlivých měření, ale také z různých laboratoří. Tyto podmínky jsou uvedeny v tabulce 4.1. Laboratorní podmínky jsou převzaté z doporučení ITU-R BT.500 a ITU-R BT.1788.

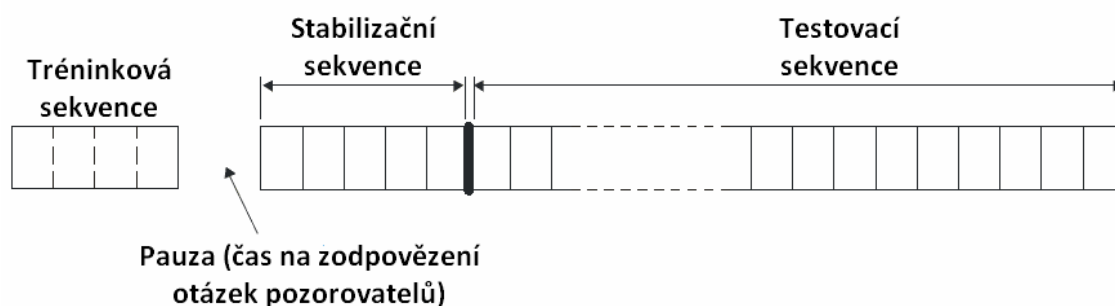
Parametr	Hodnota
Jas obrazovky	70 – 250 $cd/m^2$
Poměr minimálního a maximálního jasu obrazu	$\leq 0,02$
Poměr jasu obrazu, v temné místnosti, černé a bílé barvy	$\approx 0,01$
Maximální pozorovací úhel vztahovaný ke kolmici ( u CRT monitorů)	30°
Poměr jasu pozadí za obrazem monitoru k maximálnímu jasu monitoru	$\approx 0,15$
Barva pozadí	bílá D65
Osvětlení místnosti	nízké ( $\leq 20 lux$ )

Tabulka 4.1 - Laboratorní podmínky [10] [16]

Hodnocení musí být prováděno s minimální účastí 15 pozorovatelů. Pozorovatelé by neměli být experti v dané problematice, jelikož chceme hodnocení na základě celkového vjemu. Není účelem, aby se pozorovatel předem zaměřil jen na

hledání poškození, ale aby hodnotil celkovou kvalitu. Výběrem vhodného pozorovatele pro subjektivní hodnocení se zabývá další kapitola. [10]

Testování by dle uvedené normy mělo mít pevnou strukturu a nemělo by přesahovat maximální vymezený čas stanovený na 30 minut. Na úplném počátku je tréninková sekvence, která se nezapočítává do uvedeného času. V této sekvenci se pozorovatelé mohou naučit pracovat s hodnotící metodou, hodnotícím zařízením a mohou si otestovat průběh hodnocení. Poté následuje přestávka, během které se pozorovatel může případně dotázat na nejasnosti. Samotné hodnocení začíná sérií pěti videosekvencí, které slouží ke stabilizaci názorů pozorovatele. Vyskytují se v ní všechna možná poškození videosekvence použité v hlavním testování. Tato část se ještě nevyhodnocuje. V části testovací sekvence by měly být videosekvence uspořádány naprosto náhodně. U každé metody subjektivního hodnocení je testovací sekvence uspořádána odlišně. Obecná struktura hodnocení je uvedena na obrázku 4.1. [10] [16]



Obrázek 4.1 - Obecná struktura testovací prezentace dle ITU-R BT.500 [10]

## 4.1. Přehled doporučení pro subjektivní hodnocení

Existuje několik norem popisujících problematiku subjektivního hodnocení kvality obrazu, případně kvality videa. Nejpoužívanější jsou doporučení ITU-R BT.500-13, ITU-T P.910 a ITU-R BT.1788.

Doporučení ITU-R BT.500 popisuje převážně metody používané k subjektivnímu hodnocení kvality videa, hodnotících škál, laboratorních podmínek nutných pro správné hodnocení a jeho následnou reprodukovatelnost. Definuje také pozorovatele, jejich počet a výběr vhodných pozorovatelů na základě kvality jeho zraku a je zde popsáno i statistické vyhodnocení získaných hodnot od pozorovatelů. Toto doporučení obsahuje nejčastěji používané metody Double-Stimulus Impairment Scale (DSIS), Double-Stimulus Continuous Quality-Scale (DSCQS) a dále alternativní metody Single-Stimulus (SS), Stimulus-Comparison (SC), Single-Stimulus Continuous Quality Evaluation (SSCQE) a Simultaneous Double Stimulus for Continuous Evaluating (SDSCE).[10]

Doporučení ITU-T P.910 popisuje metody subjektivního hodnocení pro posuzování celkové kvality multimediálních aplikací, jako jsou například videokonference nebo telemedicínské aplikace. V tomto doporučení jsou popsány metody Pair Comparison (PC) a znovu také metoda SS, zde však pojmenovaná jako Absolute Category Rating (ACR) a metoda DSIS, u této normy pojmenovaná Degradation Category Rating (DCR). Popisuje znovu také laboratorní podmínky a vhodné pozorovatele. Norma také obsahuje ukázky a popis jednotlivých hodnotících stupnic jednotlivých metod a jejich různé úpravy jako použití devíti namísto pěti kategorií hodnocení u video kodeků s nízkým bit-rate či použití dalších otázek nutných k ohodnocení, ať již na stupnici, nebo jen zaškrtnutím možnosti. [15]

Doporučení ITU-R BT.1788 popisuje metody subjektivního hodnocení kvality videa v multimediálních aplikacích. V normě je nově popsána metoda Subjective Assessment of Multimedia Video Quality (SAMVIQ), která popisuje hodnocení videosekvence pozorovatelem, který může zastavit video i hodnocení, vrátit se a hodnocení změnit. Metoda obsahuje referenční video, hodnocení probíhá kontinuálně a hodnotí se na stupnici od 0 do 100 stejně jako u metody DSCQS. Jinak je metoda velmi podobná metodě SS, ale pozorovatel se může podívat na referenci

kdykoli chce. To z ní dělá metodu podobnou jedné z metod využívající referenční video. Znovu jsou i v tomto doporučení popsány testovací podmínky a jsou zde uvedeny příklady prezentace a analýzy dat včetně dotazníků o konfiguraci multimediálního testovacího systému, tabulky s informacemi o použité metodě a stávajících podmínkách a ukázky prostředí pro testování metodou SAMVIQ. [16]

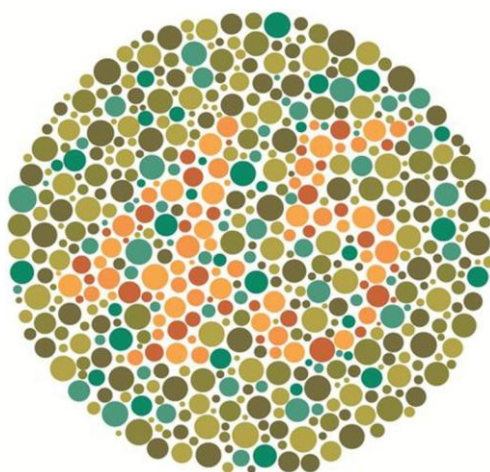
## 4.2. Výběr vhodných pozorovatelů

Také na samotný výběr pozorovatelů musí být kladen důraz. Pozorovatelé musí splňovat podmínky nutné k účasti při testování. Tyto podmínky se týkají převážně profesního zaměření pozorovatelů. Obvykle je snaha vybírat pozorovatele, kteří se profesně nezaobírají danou tematikou. V takovém případě by totiž mohli místo hodnocení celku hledat jen samotné chyby a hodnotit na základě nich a ne na celkové kvalitě, což je požadováno. Z tohoto důvodu je snaha vybírat pozorovatele, kteří k dané tématice nemají žádný vztah.

Další podmínky pro výběr vhodných pozorovatelů se týkají převážně zraku. Z pohledu testování kvality videosekvencí je nejdůležitější, aby každý pozorovatel měl dobrý barvocit a ostrý zrak. [10]

### 4.2.1. Barvocit

Barvocit je schopnost rozeznávání barev. Tato schopnost je velmi důležitá pro jakoukoli činnost a nezbytná pro výkon mnoha profesí, stejně tak jako pro naše testování. Nejčastěji se prověřuje Ishiharovými obrazy. Podoba jednoho z obrazů je uvedena na obrázku 4.2. [11]

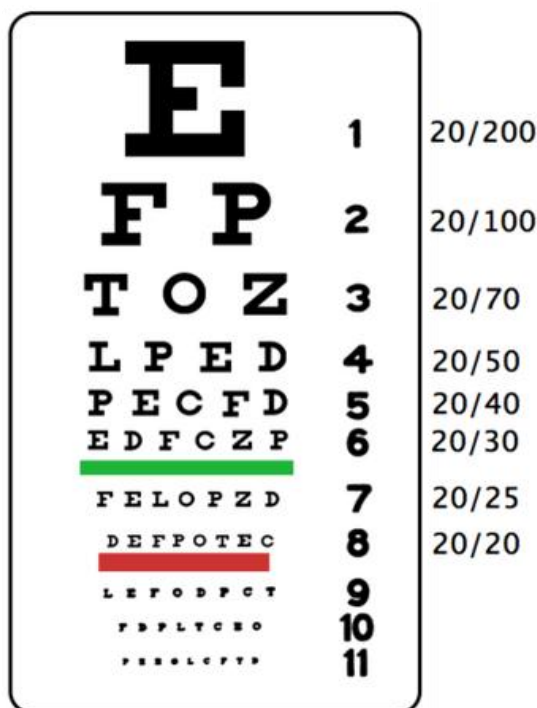


Obrázek 4.2 - Ishiharův test (č.45) [12]

#### 4.2.2. Ostrost zraku

Testování ostrosti zraku vychází z rozlišovací schopnosti oka. Tou označujeme schopnost identifikace dvou prostorově oddělených objektů. Pro vyšetřování ostrosti zraku se využívá znaků, tzv. ortotypů. Nejznámější a nejvyužívanější je Snellenův test, který je uvedený na obrázku 4.3. Při vyšetření se zakrývá jedno oko a druhým se pokouší číst znaky. Postupně se posouvá směrem dolů po tabuli. Největší znak je vysoký 88mm (řádek 1). Lidé s průměrným zrakem by měli být schopni ze vzdálenosti 6 metrů (20 stop) přečíst znaky velikosti 8,8 mm (řádek 8). Čítec zlomků uvedených vedle testu uvádí pozorovací vzdálenost a jmenovatel vzdálenost (obě ve stopách), ze které je znak pozorován pod úhlem 1 minuty. [13]

Další možné testy jsou Landoltovy kruhy nebo například Pflügelovy háky.



Obrázek 4.3 - Snellenův test [14]



## 4.3. Metody subjektivního hodnocení kvality videa

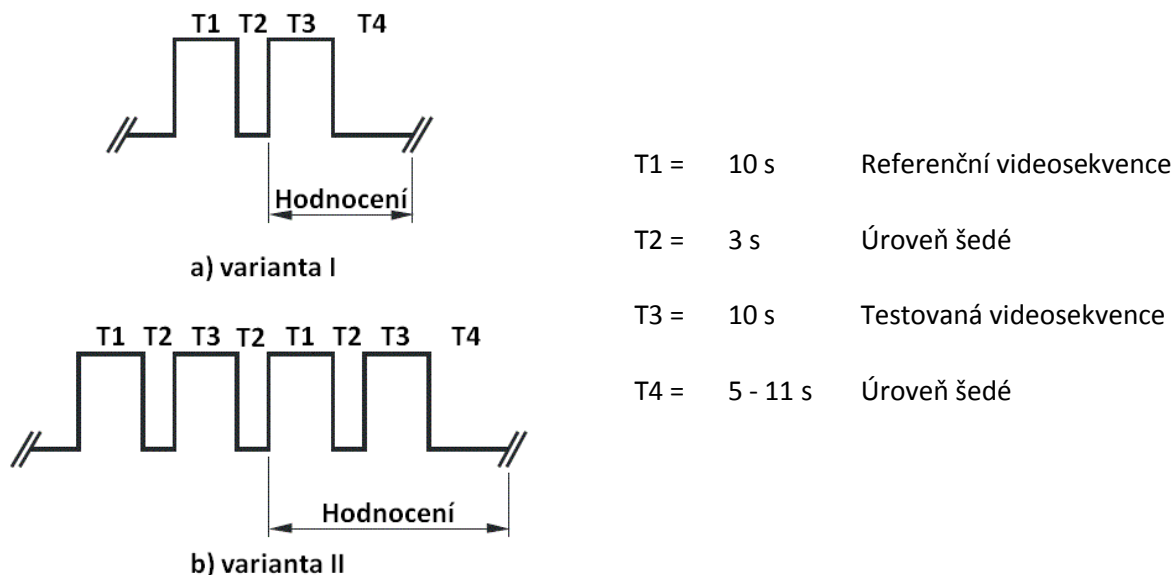
Existuje několik metod subjektivního hodnocení, z nichž je v této práci popsáno sedm nejčastěji používaných. První dvě metody jsou základní, kdy jedna je používána pro kontinuální hodnocení a druhá pouze pro kategorické hodnocení na závěr sekvence. Další metody jsou alternativní, kterých je vhodné využít za určitých okolností. Stejně jako u objektivních metod se i zde u subjektivních metod hodnocení vyskytují metody využívající referenční video i metody pracující bez reference. Každá metoda je podrobněji popsána v následujících kapitolách.

### 4.3.1. Metoda double-stimulus impairment scale (DSIS)

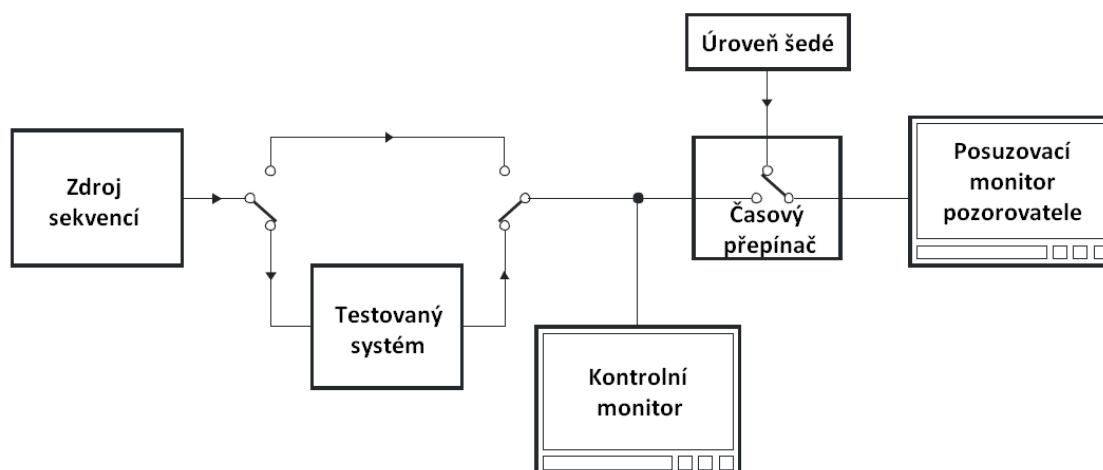
Metoda hodnotící poškození videa vůči referenci. Pozorovatelům je u této metody po přesně stanovené časové úseky zobrazována originální (referenční) videosekvence a poté sekvence, která je zkreslena testovacím systémem. Po skončení testovací sekvence ji pozorovatel hodnotí, přičemž má ještě na paměti originál. Videosekvence jsou od sebe odděleny zobrazením střední úrovně šedé barvy na obrazovce. Stejná testovací sekvence by se neměla objevovat hned po sobě, ať už se stejným nebo i odlišným poškozením. Rozsahy poškození by měly být zvoleny tak, aby byly využity všechny stupně hodnocení pozorovatelů. [15] [16]

Existují dvě varianty uspořádání této metody - v první se referenční i poškozené video použije jen jednou, u druhé varianty se obě videa použije dvakrát po sobě. Pozorovatelé by se měli na sekvence dívat po celou dobu trvání referenčního i testovaného videa (T1 a T3). Přesnějších výsledků se dosahuje, pokud je hlasování povoleno až po skončení obou videí (během T4). [10]

Znázornění časového uspořádání obou variant této metody je uvedeno na obrázku 4.4, schématické uspořádání samotného testovacího systému je na obrázku 4.5. [10] [15]



Obrázek 4.4 - Časové uspořádání obou variant metody DSIS [10]



Obrázek 4.5 - Schématické znázornění metody DSIS [10]

Po skončení ukázek se provádí hlasování o poškození videa oproti originálnímu videu. Stupnice takového hodnocení je uvedena v tabulce 4.2. Přesnější výsledky se získají druhou variantou této metody, která ale trvá dvojnásobek času. Na konci celé série se vypočítává průměrné skóre pro každou testovací podmínku a sekvenci. Více o statistickém vyhodnocování výsledků je popsáno v samostatné kapitole. [10] [15]

Hodnota	Popis
5	nepostřehnutelný rozdíl
4	postřehnutelný rozdíl, ale neruší
3	mírně ruší
2	rušivé
1	velmi rušivé

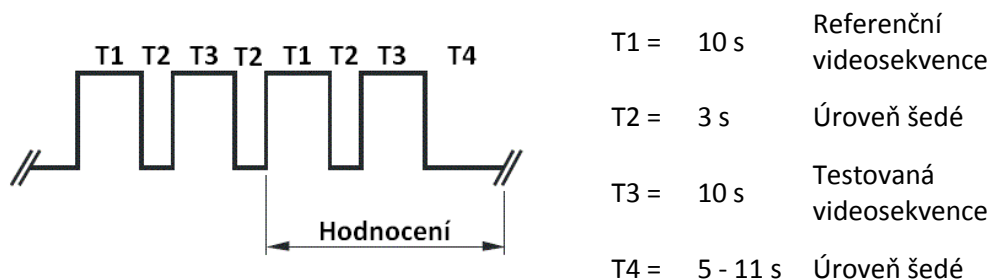
Tabulka 4.2 - Stupnice hodnocení metody [10]

#### 4.3.2. Metoda double-stimulus continuous quality-scale (DSCQS)

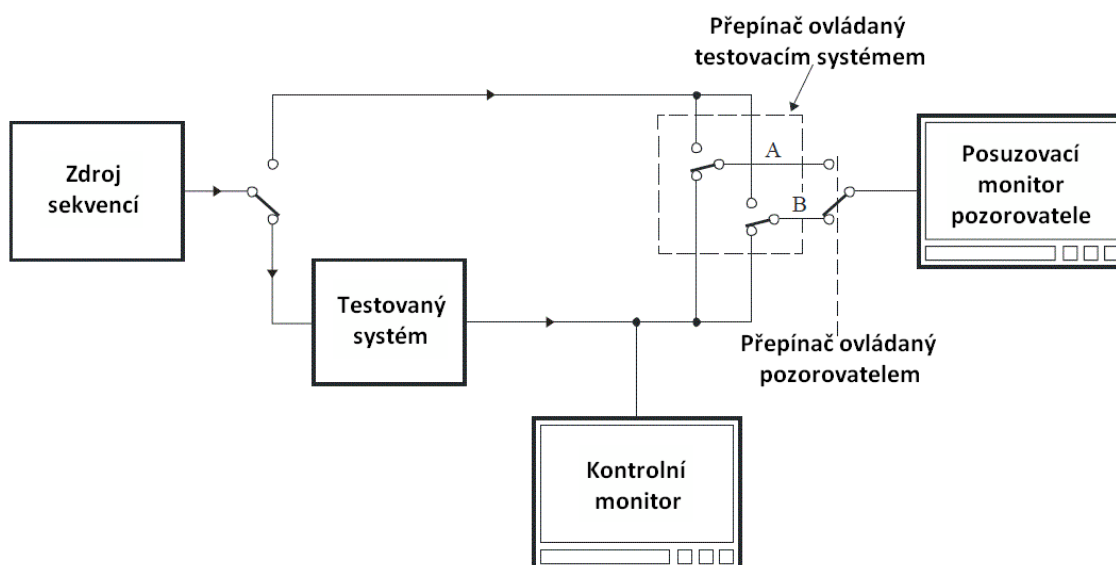
Metoda kontinuálního hodnocení kvality dvou podnětů je velmi podobná metodě DSIS. Pozorovateli je zobrazováno referenční (nepoškozené) video a druhé video může, ale nemusí mít zhoršenou kvalitu. Pozorovateli také není známo, které z videí je referenční. Videá navíc náhodně mění polohu na výstupech. Nejde se tedy spoléhat na to, že referenční video bude vždy na stejné straně. Obě videa jsou přivedena na výstupy A a B, mezi kterými může pozorovatel přepínat (obvykle dvakrát až třikrát). [16]

Druhá varianta této metody využívá více pozorovatelů současně. Videá jsou přehrávána jedenkrát nebo vícekrát, aby pozorovatelé získali určitou představu s videi spojenou a poté se dvojice přehrává znovu jednou či vícekrát a zaznamenávají se výsledky. [10]

Počet opakování hodnocení závisí především na délce testovací sekvence. Časový sled prezentací je zobrazen na obrázku 4.6. Pro videa se nejčastěji používá 10 sekundová sekvence s dvěma opakováními a během druhého cyklu se hodnotí obě dvě videa. Schématické uspořádání testovacího systému je na obrázku 4.7. Hodnotí se průběžně v rozsahu 0 až 100. Stupnice je zobrazena na obrázku 4.8. [10] [15]



Obrázek 4.6 - Časové uspořádání metody DSCQS [10]



Obrázek 4.7 - Schématické znázornění metody DSCQS [10]

Pozorovatelé zapíší značku na svislou stupnici nebo v jiných případech na toto místo najedou pomocí hodnotícího zařízení, ať už softwarového nebo hardwarového. Stupnice jsou většinou v párech, jedna stupnice pro referenci a druhá pro testované video. K usnadnění orientace jsou stupnice rozděleny do pěti dílů stejné délky. Stupnice odpovídá normám ITU-R BT. 500 a ITU-T P.910. [10] [15]

	1	2	3	4	5
	A B	A B	A B	A B	A B
Výborná					
Dobrá					
Uspokojivá					
Nízká					
Špatná					

Obrázek 4.8 - Část formuláře hodnocení pro metodu DSCQS [10]

### 4.3.3. Metoda single-stimulus (SS)

Metoda velmi podobná metodě DSIS, která ale na rozdíl od ní využívá pouze jednoho podnětu. Pozorovatel tedy nemá k dispozici zároveň s testovaným videem i originální video jako referenci. Existují opět dvě varianty této metody - u obou metod se střídá testovaná sekvence se šedou barvou. Největší rozdíl je daný počtem opakování testovací sekvence.

U první varianty se každý obraz zobrazuje pouze jednou, na rozdíl od druhé varianty, která se skládá ze tří prezentací. Ty obsahují stejná videa, ale musí se měnit jejich pořadí. Žádné video nesmí být na stejném místě a nesmí mít ani stejné sousední video jako v předchozí prezentaci. Jednotlivé prezentace jsou od sebe zřetelně oddělené. První slouží k ustálení názoru pozorovatele a hodnotí se až druhá a třetí prezentace.

U hodnocení záleží, jestli je požadován kategorický posudek nebo kontinuální hodnocení. V případě kontinuálního hodnocení je opět použita stupnice jako v metodě DSCQS uvedena na obrázku 4.8. U kategorického posudku se hodnotí v pěti váhových stupních. Někdy se používají i půl stupně. Nejčastěji používaná kategorická stupnice podléhající doporučení ITU je uvedena v tabulce 4.3. [10] [15] [17]

Hodnota	Kvalita	Poškození
5	výborná	nepostřehnutelné
4	dobrá	patrné, ale nerušivé
3	průměrná	mírně obtěžující
2	nízká	rušivé
1	špatná	velmi rušivé

Tabulka 4.3 - Kategorická stupnice hodnocení metody SS [10]

### 4.3.4. Metoda stimulus-comparison (SC)

Metoda porovnávání podnětu, jak již vypovídá její název, porovnává mezi sebou dvě videosekvence s rozdílnou kvalitou (poškozením), ale stejného základu. Ani jedno z nich přitom nemusí být originální.

K pozorování lze použít jeden nebo dva sladěné monitory. Postup je poté shodný s postupem u metody SS, jen s rozdílem, že videa jsou přehrávána po dvojicích. Postupně jsou vystřídány všechny možné dvojice. Metoda SC je z tohoto hlediska velmi

časově náročná, což se někdy omezuje rozdělením pozorování mezi více pozorovatelů nebo použitím jen určitého vzorku ze všech možných kombinací.

Rozdílné je také hodnocení videosekvencí. Existují tři varianty hodnocení této metody. První metoda používá kategorické hodnocení. Porovnávány jsou obě dvě videa ve dvojici a na závěr je hodnocen rozdíl mezi nimi dle stupnice uvedené v tabulce 4.4. V další variantě je hodnocen rozdíl kvality jednotlivých sekvencí podle stejné stupnice jako u hodnotící metody SS (tabulka 4.3). V třetí variantě je kontinuálně zaznamenávána kvalita každého videa zvlášť a to na stupnici od 0 do 100, uvedené na obrázku 4.8. [10] [15] [17]

Hodnota	Popis
-3	Mnohem horší
-2	Horší
-1	Mírně horší
0	Stejně
+1	Mírně lepší
+2	Lepší
+3	Mnohem lepší

Tabulka 4.4 - Kategorická stupnice hodnocení metody SC [10]

#### 4.3.5. Metoda single stimulus continuous quality evaluation (SSCQE)

Metoda kontinuálního hodnocení kvality jediného podnětu (bez referenčního videa) je nejčastěji používána pro hodnocení kvality digitální televize. Pozorovatel sleduje pouze testovací sekvenci, u které je kvalita kontinuálně měněna podle sledovaných parametrů. Metoda byla vyvinuta pro měření kvality delších videosekvencí, jelikož artefakty jsou silně prostorově i časově závislé a bylo velmi těžké vybrat desetisekundový reprezentativní vzorek.

Pozorovatel podle vjemu hodnotí na stupnici od 0 do 100, naznačené na obrázku 4.8. Nejčastěji se k hodnocení používá pevně upnuté hodnotící zařízení s jezdcem s lineárním rozsahem posunu 10 centimetrů. Pozice tohoto jezdce je snímána 2 krát za sekundu.

Norma ITU-R BT.500 určuje několik způsobů testování - PS (Programme Segment), TS (Test Session) a TP (Test Presentation).

- U programové sekvence (PS) odpovídá videosekvence jednomu druhu pořadu (dokument, zpravodajství, ...), u kterého je měněn jeden parametr kvality (QP) videosekvence (například přenosová rychlost). Délka každého PS by měl být alespoň 5 minut.
- Testovací relace (TS) je série jedné nebo více kombinací PS při různých QP, které od sebe nejsou oddělené a mají pseudonáhodné pořadí. Každá TS obsahuje minimálně jednu kombinaci PS a QP a její délka by měla být od 30 do 60 minut.
- Testovací prezentace (TP) představuje plný rozsah testování. Obsahuje několik TS, při nichž jsou využity veškeré kombinace PS a QP.

Při hodnocení kvality může být zaveden i zvuk, jemuž by se poté během testování měla přikládat stejná důležitost jako hodnocení obrazu. Nejjednodušší formát testování je při použití jedné PS a jediného QP. Výsledky jsou zaznamenávány do jediného grafu průměrné kvality pro posloupnost všech prezentací od všech pozorovatelů zvláště pro každý PS a QP. [10] [15] [18]

#### **4.3.6. Metoda simultaneous double stimulus for continuous evaluation (SDSCE)**

Metoda současného dvojitého stimulu s kontinuálním hodnocením vychází z metody SSCQE, ke které je přidáno referenční video. To může být zobrazováno na stejném nebo i jiném monitoru než testované video. Pozorovatel ví, které z videí je referenční. Původně byla metoda navržena pro hodnocení odolnosti MPEG s velmi nízkou přenosovou rychlostí, ale postupně se začala využívat pro všechny hodnocení videosekvencí, kdy je vizuální informace ovlivněna nízkofrekvenční degradací.

Existuje více verzí zkušebního protokolu, které jsou shodné jako u metody SSCQE a jsou už u této metody popsány. Pozorovatelé sledují obě videa a posuzují jejich rozdílnost. Hodnocení probíhá kontinuálně a hodnotí se věrnost degradovaného videa oproti referenci. Hlasování probíhá na stejném zařízení jako v předchozí metodě (SSCQE). Hodnota 100 na stupnici odpovídá maximální věrnosti a 0 odpovídá minimální věrnosti. Stupnice je zobrazena na obrázku 4.8. a v tabulce 4.5.

Hodnota	Kvalita	Poškození
100 - 80	výborná	nepostřehnutelné
79 - 60	dobrá	patrné, ale nerušivé
59 - 40	průměrná	mírně obtěžující
39 - 20	nízká	rušivé
19 - 0	špatná	velmi rušivé

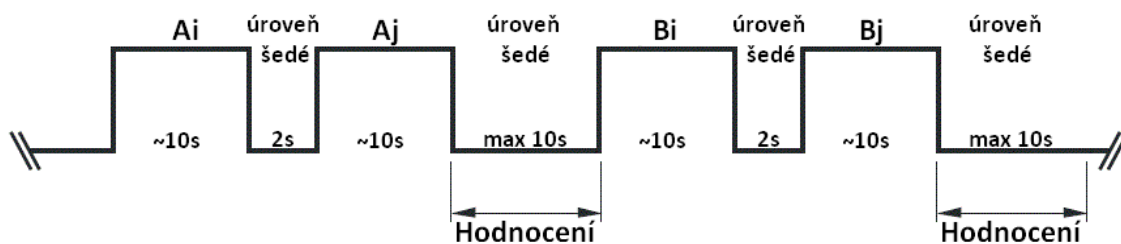
Tabulka 4.5 - Stupnice hodnocení metody SSCQE a SDSCE [10]

Navíc se zde vyskytuje segment z hlasů (SOV - Segment Of Votes), který je složen z 10 sekundového hlasování, tedy 20 vzorků. Zpracování výsledků z dat získaných pomocí této metody je náročnější právě o tyto segmenty hlasů, jelikož se pro každý SOV vypočítává hodnocení i směrodatná odchylka stejně jako u samostatných hlasů. Více o statistickém vyhodnocení výsledků je popsáno v následující kapitole. [10] [15] [18]

#### 4.3.7. Metoda pair-comparison (PC)

Metoda porovnávání párů mezi sebou srovnává dvojice sekvencí, které mají stejný základ. Postupně se vždy po dvojicích přehrává jedna testovaná sekvence a poté druhá. Druhou možností je současné přehrávání obou sekvencí na jedné obrazovce, které je výhodné zvláště při testování poškození videa.

V naprosté většině případů se testují všechny možné kombinace sekvencí. Všechny dvojice sekvencí by tedy měly být přehrány v obou možných pořadích. Doba trvání jednotlivých prezentací by měla být 10 s, může se ale zvýšit či snížit vzhledem k obsahu testovaných sekvencí. Není potřeba opakování, jelikož samotná metoda opakuje prezentace za shodných podmínek, avšak v různých párech. Časové uspořádání metody PC je znázorněno na obrázku 4.9. Kde  $A_i$  a  $A_j$  je označena sekvence A pro  $i$ -tou a  $j$ -tou testovací podmínku, pro  $B_i$  a  $B_j$  podobně se sekvencí B.



Obrázek 4.9 - Časové uspořádání metody PC [10]



Po přehrání každého páru se hodnotí, které video je pozorovatelem preferováno v rámci testovacího scénáře. Hodnocení pomocí metody PC obvykle využívá kategorickou stupnici pro hodnocení rozdílů mezi sekvencemi v páru. [10] [15]

#### 4.4. Statistické vyhodnocování výsledků

Při subjektivním hodnocení se vytváří poměrně velké množství dat. Data mohou být zaznamenána v různých podobách. Dříve byly převážně na hlasovacích lístcích, dnes jsou většinou v elektronické podobě, avšak v případě malého množství výsledků jsou stále používány hlasovací lístky. Takto zaznamenaná data je potřeba shrnout pomocí určitých statistických metod. Použitím těchto metod se dochází k výsledkům, které jsou vypovídající o kvalitě obrazu a dají se prezentovat. Samotná data z hodnocení bez statistického vyhodnocení nemají žádnou výpovědní hodnotu. Každá videosekvence se vyhodnocuje zvlášť. Poté dochází k porovnávání výsledků jednotlivých sekvencí, z nichž se poté dají vyvozovat rozdíly.

Analýza výsledků je použitelná pro výsledky všech metod, které dávají jako výsledek celočíselné hodnoty. Mohou být použity pro hodnocení na stupnici 0 až 100, u kategorických stupnic 0 až 5 i u stupnic porovnávacích rozdílů -3 až 3.

Z výsledků poté můžeme zjistit například jaký je minimální datový tok, který byl pozorovateli akceptován jako přijatelný, rozdíly použitých hodnotících metod, rozdíly mezi různými kodeky, vlivy různých druhů znehodnocení videa nebo další parametry. Typicky je hodnocení předem zaměřené na jeden vliv, na němž je pozorována změna kvality a má tedy vypovídající výsledky.

##### 4.4.1. Průměrné skóre

Výpočet průměrného skóre videosekvence je první a nejdůležitější úkol statistického vyhodnocování. Pomocí něj se poté dají vypočítat další parametry videa jako například interval spolehlivosti nebo standardní odchylka hodnocení. [10]

Vypočítá se dle vzorce:

$$\overline{u_{jkr}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N u_{ijkr} \quad [-] \quad (4.1)$$

kde:

$\overline{u}_{jkr}$  - průměrné skóre videosekvence

$u_{ijkkr}$  - skóre videosekvence

$N$  - počet pozorovatelů

$i$  - pozorovatel

$j$  - testovaná podmínka

$k$  - testovací sekvence

$r$  - počet opakování kombinace sekvence a poškození

#### 4.4.2. Směrodatná odchylka

Jelikož se mohou hodnoty jednotlivých pozorovatelů velmi lišit od průměrného skóre, je třeba tuto odchylku statisticky vyjádřit. Vypočtená směrodatná odchylka poté může sloužit k ustálení výsledků. Při takové úpravě výsledků jsou brány v potaz jen ty hodnoty pozorovatelů, které se liší od průměrného skóre o interval spolehlivosti. Ten se vypočítává právě ze směrodatné odchylky. [10]

Směrodatná odchylka se vypočítá dle vzorce:

$$S_{jkr} = \sqrt{\sum_{i=1}^N \frac{(\overline{u}_{jkr} - u_{ijkkr})^2}{N - 1}} \quad [-] \quad (4.3)$$

#### 4.4.3. Interval spolehlivosti

Při prezentování výsledků by všechna průměrná skóre měla být dle doporučení ITU-R uvnitř intervalu spolehlivosti. Použitím intervalu spolehlivosti se odstraní výsledky pozorovatelů, jejichž hodnocení se odlišuje od průměrného hodnocení. Dle normy ITU-R BT.500 by se v intervalu spolehlivosti mělo vyskytovat 95 % výsledků, z tohoto důvodu je směrodatná odchylka násobena 1,96. [10]

Interval spolehlivosti je poté je definován:

$$[u_{jkr} - \delta_{jkr} ; u_{jkr} + \delta_{jkr}] \quad (4.4)$$

kde:

$$\delta_{jkr} = 1,96 \frac{S_{jkr}}{\sqrt{N}} \quad [-] \quad (4.5)$$

#### **4.4.4. Korigovaný průměr**

Vypočítává se na závěr prezentace výsledků hodnocení. Je určený k zpřesnění dosažených výsledků odebráním výsledků pozorovatelů s odchylkou od průměrného hodnocení větší, než je interval spolehlivosti. Počítá se obdobně jako průměrné skóre hodnocení, ale hodnocení pozorovatele se musí nacházet v intervalu spolehlivosti. [10]

## 5. Realizace hodnotícího zařízení

Součástí této bakalářské práce byl návrh a sestavení zařízení pro subjektivní kontinuální hodnocení kvality videa. Takové zařízení je popsáno výše v tomto dokumentu a podléhá normám ITU, zejména ITU-R BT.500. Hodnotící zařízení je založené na hardwaru, do kterého je nahráný software. Obě tyto části zařízení jsou popsány v následujících kapitolách. Hodnotící zařízení je zachyceno na obrázku 5.4.

### 5.1. Hardware

Hodnotící zařízení má být dle normy ITU-R BT.500 opatřené posuvníkem pro určování hodnoty s délkou posuvu 10 cm a zařízení může být pevně připevněné ke stolu, případně může být i volně položené. Pozice jezdce je běžně snímána 2 krát za vteřinu.

Jako vývojovou desku, na níž je nahráný software pro hodnocení, byl po konzultaci s vedoucím práce vybrán vývojový kit Arduino založený na mikroprocesoru ATmega328. Tento vývojový kit byl vybrán pro svou univerzálnost, jednoduchost, poměrně malé rozměry a možnost programování v jazyce podobném jazyku C. Velkou výhodou vývojového kitu Arduino, která hrála určitou roli při výběru, jsou zabudované A/D převodníky v analogových vstupech, kdy není nutné provádět tento převod samostatně a také možnost on-line komunikace s PC přes USB. Z mnoha možností, které Arduino nabízí, bylo vybráno Arduino UNO, které má dostatečný počet analogových i digitálních vstupů/výstupů, přiměřenou velikost a zároveň je z dostupných produktů nejlevnější. [19] [20]

Další možnosti Arduino Mega a Arduino Nano se liší hlavně velikostí, pamětí a počtem vstupů/výstupů. Arduino UNO nabízí 13 digitálních vstupně-výstupních pinů a 6 analogových vstupů a z uvedených možností se jeví jako nejvhodnější z hlediska velikosti a ceny. [20]



Obrázek 5.1 - Vývojový kit Arduino UNO [20]

K účelu hodnocení, jak již bylo popsáno v teoretické části, má být použito posuvníku o délce posuvu 100 mm s lineárním posuvem. Za tímto účelem byl pro svoji jednoduchost, nejmenší rozměry a nejnižší cenu vybrán potenciometr s hodnotou proměnného odporu 1 k $\Omega$  a délkou posuvu právě 100 mm.

Dalšími možnými senzory polohy, které mohly být vybrány, jsou například kapacitní senzory polohy, indukční či indukčnostní senzory nebo i optické senzory polohy. Tyto senzory jsou oproti potenciometru přesnější. Jelikož je ale měřena subjektivní veličina, dopouští se daleko větší nepřesnosti při hodnocení, než je nepřesnost proměnného rezistoru. Odporové senzory polohy jsou také nejjednodušší na vyhodnocování, jelikož není potřeba mít žádný další vyhodnocovací obvod a i tímto vlivem jsou cenově nejpříznivější. Důležitým faktorem je i velikost senzoru, jelikož je vhodné, aby hodnotící zařízení bylo co možná nejmenších rozměrů. Tuto podmínku nejlépe splňuje právě tahový potenciometr.

Hodnota potenciometru 1 k $\Omega$  byla vybrána z daných možností 1 k $\Omega$ , 5 k $\Omega$  a 10 k $\Omega$  na základě několika hledisek. Všechny tři hodnoty velikosti potenciometru sice teoreticky splňují požadované podmínky, nicméně byla vybrána hodnota nejnižší. Dle prvního hlediska je vybraná hodnota vhodná vzhledem k zatěžování zdroje (5 mA), které jen nepatrně zvýší odběr Arduina. Oproti 0,5 A dodávané pomocí USB je při použití odporu této hodnoty zatížení jím zanedbatelné.

Další hledisko rozhodující při výběru potenciometru bylo, aby se jeho hodnota příliš neblížila velikosti vstupního odporu analogových vstupů A0 - A5. Ten je dle oficiálních webových stránek Arduina 100 M $\Omega$  a je zde také přímo doporučované, aby

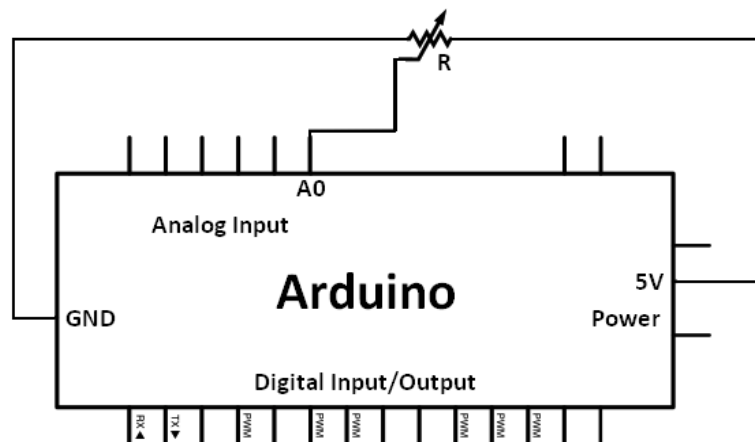
se k A/D převodníku připojovaly součástky či zařízení s impedancí maximální hodnoty 10 k $\Omega$  pro dosažení nejvyšší přesnosti.

Samotný tahový potenciometr s požadovanou délkou posuvu je zaznamenán na obrázku 5.2.

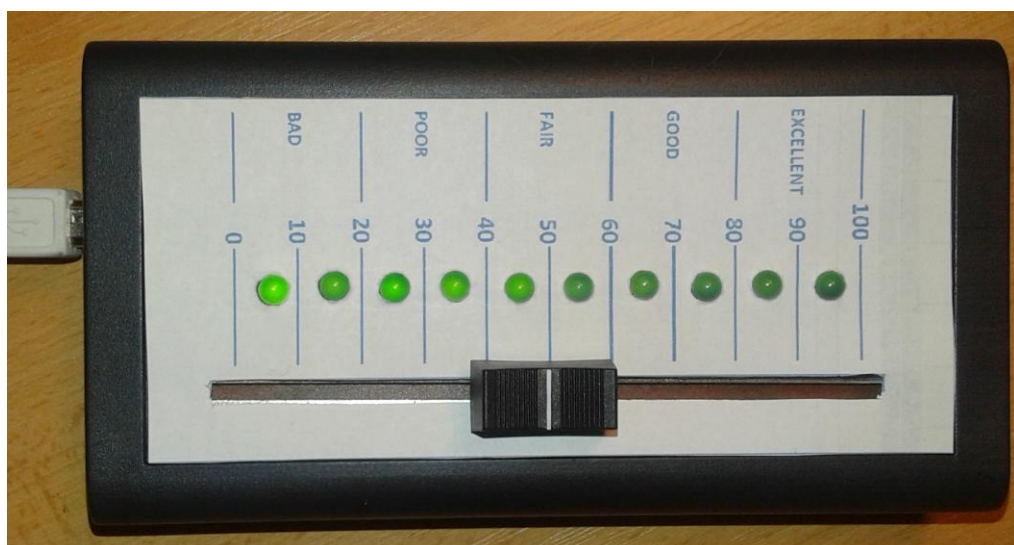


Obrázek 5.2 - Tahový potenciometr

Tento potenciometr je na desce Arduino připojen k 5V, GND a přímo k analogovému vstupu (např. A0). Změnou hodnoty odporu je měněno napětí mezi 0 až 5 V. Převodník v analogovém vstupu Arduino má rozsah 10 bitů a vrací celá čísla od 0 do 1023. Zapojení je zakresleno na obrázku 5.3.



Obrázek 5.3 - Připojení potenciometru k Arduino



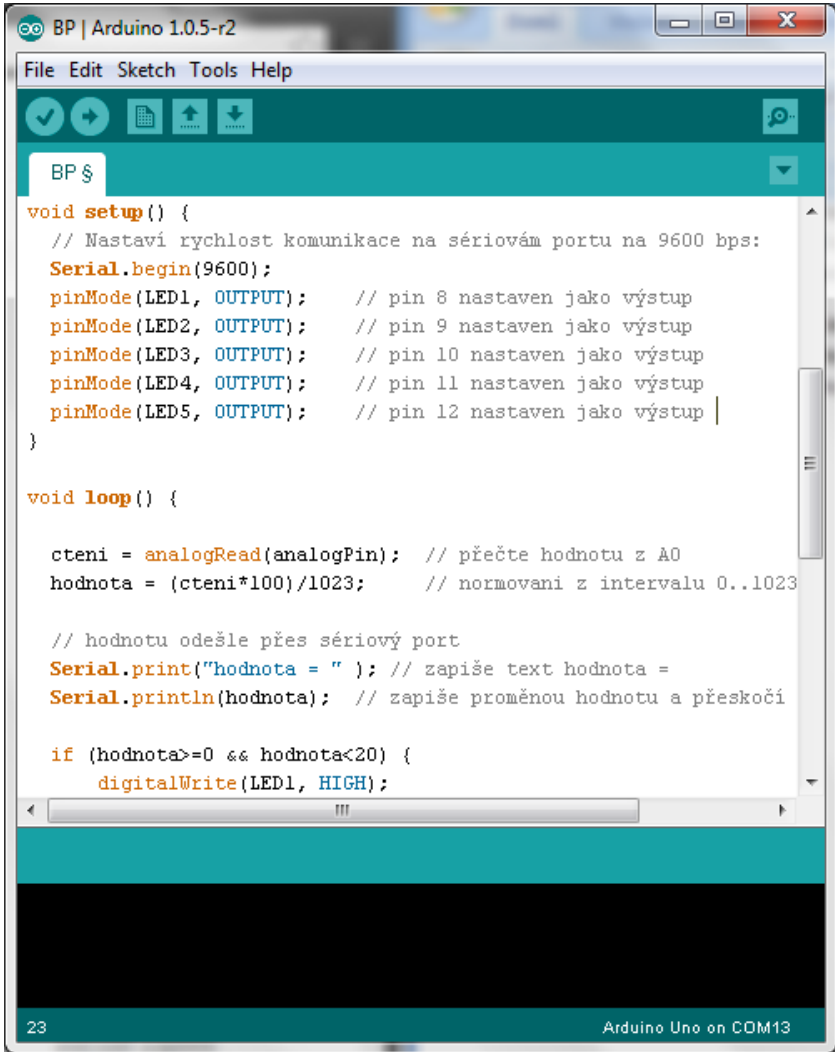
Obrázek 5.4 - Hodnotící zařízení

## 5.2. Software

Arduino nabízí také vývojové prostředí pro tvorbu programů nazývané Arduino IDE. Toto vývojové prostředí je velmi přehledné a jednoduché na ovládání. Je volně stažitelné z webu Arduina.

Arduino IDE je psáno v jazyce Java a díky tomu je multiplatformní. Spustit tedy lze pod libovolným operačním systémem, pro který existuje Java Virtual Machine. Arduino tedy můžeme programovat ze systémů MS Windows, Linux i Mac OS X. Jazyk používaný pro psaní programů, v případě Arduino IDE označované jako sketch, je podobný C a C++. [21]

Vývojové prostředí nabízí celou řadu návrhů programů, včetně právě čtení analogového vstupu nebo například blikání LED. Vývojové prostředí a částí zdrojového kódu programu pro čtení analogového vstupu Arduina je zaznamenané na obrázku 5.4.



```
BP | Arduino 1.0.5-r2
File Edit Sketch Tools Help
BP $
void setup() {
  // Nastaví rychlost komunikace na sériovém portu na 9600 bps:
  Serial.begin(9600);
  pinMode(LED1, OUTPUT); // pin 8 nastaven jako výstup
  pinMode(LED2, OUTPUT); // pin 9 nastaven jako výstup
  pinMode(LED3, OUTPUT); // pin 10 nastaven jako výstup
  pinMode(LED4, OUTPUT); // pin 11 nastaven jako výstup
  pinMode(LED5, OUTPUT); // pin 12 nastaven jako výstup
}

void loop() {

  cteni = analogRead(analogPin); // přečte hodnotu z A0
  hodnota = (cteni*100)/1023; // normování z intervalu 0..1023

  // hodnotu odešle přes sériový port
  Serial.print("hodnota = "); // zapiše text hodnota =
  Serial.println(hodnota); // zapiše proměnou hodnotu a přeskočí

  if (hodnota >= 0 && hodnota < 20) {
    digitalWrite(LED1, HIGH);
  }
}
```

23 Arduino Uno on COM13

Obrázek 5.4 - vývojové prostředí Arduino IDE

Samotný program pro čtení analogového vstupu je v plném znění uložen na příloženém CD. Je rozdělen do třech částí a to deklarace, setupu (nastavení) a části tvořené loopem (smyčkou).

Začíná se deklarací proměnných v tomto případě "cteni" typu float, kvůli následné úpravě dělením, kdy vyjde neceločíselná hodnota a proměnné hodnota typu int. Dále je třeba také definovat pozici použitého analogového vstupu, který je definován na A0. Jako signalizace nastavené hodnoty je zde umístěn diodový sloupec z 10 diod. Ty jsou definované pozicí pinu, na kterém jsou připojené. Zde od 3 do 12 pinu.

V další části programu tzv. setupu se nastavují důležité parametry běhu programu. Napřed je zde nastavována rychlost komunikace na sériovém portu na 9600 bitů za sekundu. Poté je možné nastavit pomocí příkazu pinMode piny jako vstupní nebo výstupní. Jelikož diody mají fungovat jako ukazatele, jsou piny 3 až 12 nastavené jako výstup (output).

Poslední část tvoří smyčka s nastaveným opakováním každých 500 ms, tedy 0,5 s což splňuje požadavky doporučení ITU-R BT.500. Tohoto opakování se dosáhne na samotném konci programu příkazem delay, kdy proběhnou všechny příkazy z části loop a poté je program na definovanou dobu pozdržen, než se znovu rozběhne celá smyčka.

Nejdůležitějším řádkem programu je řádek s čtením analogového vstupu. Ten je proveden příkazem analogRead, kdy při každém běhu načte do proměnné cteni hodnotu od 0 do 1023. Hned na následujícím řádku je upravený rozsah z 0 do 1023 na 0 až 100 pomocí vydělení proměnné "cteni" číslem 1023, představující maximální hodnotu rozsahu a následné vynásobení 100 k získání námi požadovaného rozsahu hodnot. Poté pomocí příkazu Serial.println se odesílá naměřená hodnota přes sériovou linku a přeskakuje se na nový řádek.

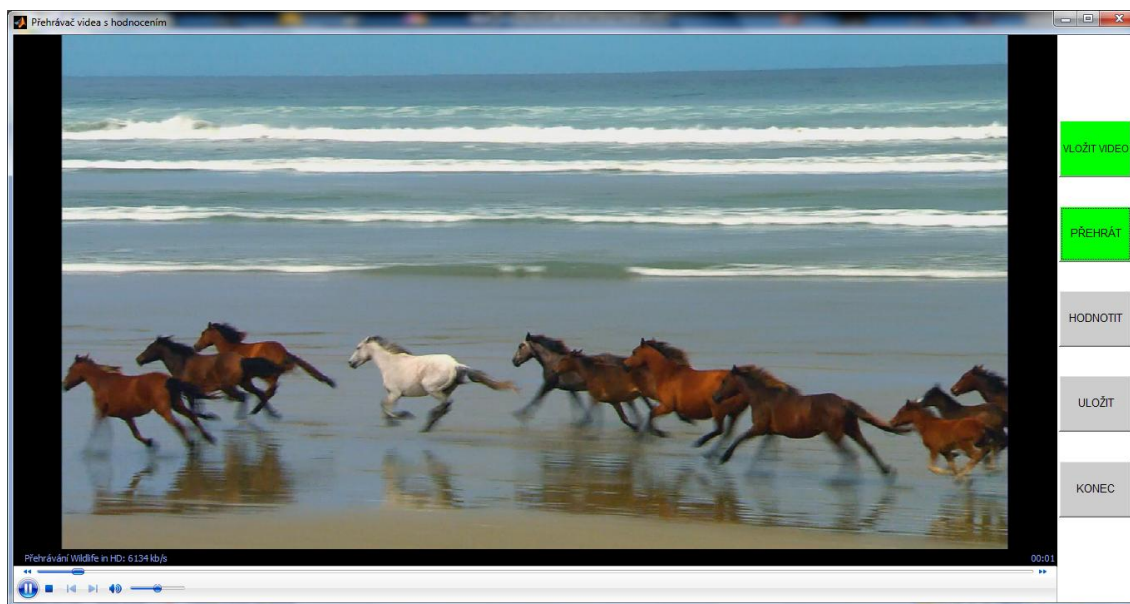
V dalším běhu programu je definován ukazatel nastavené hodnoty za pomoci 10 diod fungující jako sloupec. Při nastavené nulové hodnotě je všech deset diod zhaslých. Při jakékoli hodnotě mezi 1 a 9 je nastavena na úroveň HIGH pouze první dioda, takže jako jediná svítí. Ostatní diody jsou na úrovni LOW a jsou tedy zhaslé. Při hodnotě v intervalu 10 až 19 svítí první 2 diody od spodu, v intervalu 20 až 29 svítí



první 3 diody, v intervalu 30 až 39 svítí 4 diody od spodu, je-li nastavena hodnota mezi 40 až 49, pak svítí 5 diod, v intervalu 50 až 59 svítí 6 diod, při hodnotě 60 až 69 svítí 7 diod, při 70 až 79 8 diod, při 80 až 89 9 diod a při hodnotě větší než 90, tedy 90 až 100, jsou rozsvícené všechny diody. Rozsvěcení a zhasínání diod probíhá ve stejný okamžik s hodnocením, tedy vždy po 500 ms, což ale znamená, že při posuvu se diody nerozsvěčí okamžitě při posunu táhlem, nýbrž vždy společně s okamžikem hodnocení. Uživatel tedy pozná, v jakém intervalu se nalézá nastavená hodnota v čase odebrání vzorku z hodnocení.

## 6. Software pro hodnocení a komunikaci s PC

Pro přehrávání videa a komunikaci hodnotícího zařízení s počítačem byla vytvořena program "prehravac". Kód programu je v plném znění na přiloženém CD. Tato funkce vytváří grafické uživatelské prostředí s video přehrávačem. Dále je v GUI obsaženo pět tlačítek ("NAČÍST", "PŘEHRÁT", "HODNOTIT", "ULOŽIT" a "KONEC") s definovanými funkcemi.



Obrázek 6.1 - GUI Přehrávač videa s hodnocením

### 6.1. Popis programu

Celý program začíná hlavní funkcí "prehravac", ve které se v prvním kroku zjišťuje velikost aktuální obrazovky. Poté co jsou rozměry zjištěny, je vytvořeno okno (figure) pojmenované "Přehrávač videa s hodnocením". Okno má definovanou bílou barvou pozadí a velikost o trochu menší než je velikost obrazovky. Dále jsou do okna vložena tlačítka pro načtení videa, přehrání videa, jeho hodnocení, uložení hodnocení a ukončení programu s přehrávačem. Také je zde vytvořen kontrolér Windows Media Playeru.

Dále již hlavní funkce komunikuje s uživatelem, který pomocí input dialogu zadává číslo COMu, ke kterému je připojené hlasovací zařízení. Je ověřeno správné zadání, kdy lze zadat pouze číslo. Do proměnné "port" je poté uložen string COM a k němu je přidáno číslo převedené pomocí int2str taktéž na string. Potom je ve funkci definována a zahájena komunikace po sériové lince přes námi uvedený port se

shodnou rychlostí, jako je nastavena v Arduinu. Následně je po spuštění programu uživatelem vybráno pomocí funkce `uigetfile` video, je zjištěna jeho délka a je vytvořen mediální objekt pro media player. Pokud není nic vybráno, objeví se chybové hlášení a je nutné vybrat video pomocí tlačítka "VLOŽIT VIDEO". To obsahuje funkci s načtením videa do programu a zjištěním jeho parametrů.

Tlačítkem přehrát se zavolá funkce "prehrat" se vstupy handle tlačítka "PŘEHRÁT", kontrolérem WMP a videem. Kliknutím na tlačítko se funkce spustí, pozadí tlačítka změní barvu na zelenou a začne se přehrávat video.

Stiskem tlačítka "hodnotit" se aktivuje callback funkce tlačítka hodnotit se vstupními parametry handle tlačítek a okna a kontrolérem WMP. K dosažení správné funkce hodnocení videa je nutné stisknout 2 krát krátce po sobě tlačítko "HODNOTIT", tím se zároveň spustí funkce "prehrat" a spustí se video. Na začátku funkce "hodnot" je vytvořen vektor, do nějž bude později ukládáno hodnocení. Tento vektor má všechny prvky nulové a počet prvků v řádku je roven dvojnásobku doby trvání videa v sekundách zaokrouhleném na celé číslo. Nulová sekunda je vynechána a hodnocení začíná až po spuštění videa, jelikož v nulové sekundě není nic přehráváno a pouze by se tak načítala hodnota nastavená před začátkem videa.

Po dvojkliku na tlačítko je spuštěné video a společně s jeho začátkem začíná i načítání hodnocení. Ke každé hodnotě je načten také čas od spuštění videa. Na konci funkce je přerušena komunikace a dále je jako guidata k tlačítku připojený vektor s hodnocením videa, pro možnost přístupu i v jiné části programu.

Ve chvíli, kdy je provedeno přehrání videa s hodnocením, je nutné toto hodnocení uložit pro možnost další práce s ním, například pro statistické vyhodnocování naměřených dat. Toto uložení je prováděno díky callback funkci tlačítka "ULOŽIT", která ukládá hodnocení do textového souboru.

Tato funkce ověří přítomnost hodnocení, tj. není-li tlačítko stisknuto před přehráním a hodnocením. Pokud jsou data přítomna, je možné jejich uložení. Funkcí `uiputfile` je vybrána cesta a jméno námi vytvořeného souboru a poté je hodnocení uloženo. Správný průběh funkce se pozná podbarvením tlačítka zelenou barvou,

naopak chybný průběh se pozná hlášením o chybě a také tlačítko změní barvu pozadí na červenou. V takovém případě je nutné opakovat proces uložení znovu.

Posledním funkčním tlačítkem se program ukončuje. Stiskem tohoto tlačítka je aktivována funkce "konec". Ta zobrazí dialogové okno s dotazem na vypnutí programu. V případě vypnutí se ukončuje komunikace přes serial a serial je smazán.

## 6.2. Návod k použití programu

Program pro hodnocení kvality videosekvencí se spouští přímo z MATLABu. Ihned po spuštění se objeví dialog, kam je nutné zadat číslo portu, na kterém je připojené hodnotící zařízení. Okamžitě po zadání portu je zahájena komunikace se zařízením. Tato komunikace se zahajuje delší časový úsek, obvykle v řádu desítek sekund.

Ihned po zahájení komunikace se objeví okno s výběrem videa. Toto okno se objeví pouze při spuštění programu a video zůstává dokud není změněno výběrem jiného videa. Pro výběr jiného videa je nutné stisknout tlačítko "VLOŽIT VIDEO".

Ve chvíli, kdy je vloženo video je možné tlačítkem "PŘEHRÁT" spustit přehrávání. Tlačítkem se spouští pouze přehrávání bez hodnocení videa. Tato funkce je vhodná například pro přehrávání referenčního videa, které se nehodnotí.

Dvojklikem na tlačítko "HODNOCENÍ" je spuštěno hodnocení kvality videa pomocí hodnotícího zařízení. Poté je úkolem pozorovatele aby sledoval video a hodnotil jej pomocí posuvníku.

Následně by měl pozorovatel uložit své hodnocení. To se udělá pomocí tlačítka "ULOŽIT". Pozorovatel vybere cestu a zadá název textového dokumentu, do kterého se hodnocení uloží. Pro další práci s daty je vhodné vytvořit pro každý soubor hodnocení a dané video novou složku. Pokud tedy bude například 15 pozorovatelů hodnotit videa s názvem X a Y, vytvoří složky pojmenované datem hodnocení a názvem videa.

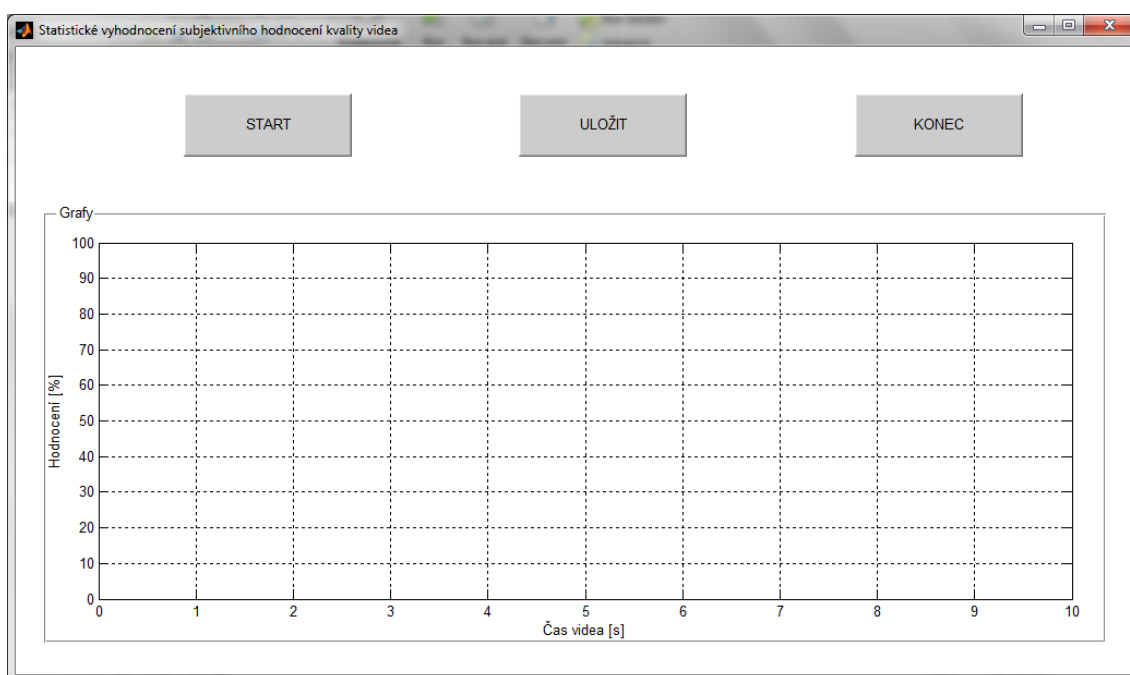
Ukončením programu stisknutím tlačítka "KONEC" se ukončí komunikace s hodnotícím zařízením. Z tohoto důvodu je nutné ukončení programu pomocí tohoto tlačítka. Při jiném ukončení běhu programu není ukončena komunikace a při dalším spuštění programu není možné komunikaci zahájit a je třeba restartovat MATLAB.

## 7. Statistické vyhodnocení naměřených dat

Součástí mé bakalářské práce je i statistické vyhodnocení naměřených dat ze subjektivního hodnocení kvality videa. Statistické vyhodnocení podléhá doporučení ITU-R BT.500 a veškeré jeho části jsou popsány i v teoretické části této práce. Mnou vytvořené vyhodnocení je napsané v programu MATLAB. Kompletní kód programu je k nalezení na příloženém CD. Program byl nejprve napsán jako skript a později byl, stejně jako v případě přehrávače, doplněn o uživatelské prostředí (GUI) s více možnostmi komunikace s uživatelem.

### 7.1. Popis programu

Program tvoří funkce hlavní s názvem "statistika" a poté několik podfunkcí. V hlavní funkci je na začátku zjištěna velikost obrazovky a poté je vytvořeno okno (figure) s názvem Statistické vyhodnocení subjektivního hodnocení kvality videa o velikosti 75% velikosti displeje, přičemž je docíleno, aby se okno otevíralo vždy uprostřed obrazovky. Součástí grafického uživatelského prostředí jsou tři tlačítka s definovanými funkcemi ("START", "ULOŽIT" a "KONEC"). Ve spodní části GUI je vytvořen panel, do kterého je umístěn grafický objekt axes, do kterého se budou vykreslovat jednotlivé grafy (plots).



Obrázek 7.1 - GUI Statistické vyhodnocení subjektivního hodnocení kvality videa

Po otevření programu se začíná stiskem tlačítka START. To má nastavenou callback funkci "vypocti" se vstupními parametry handle tlačítka, tedy "tlacitko1" a handle grafického objektu axes, tedy "graf1". Stiskem tohoto tlačítka se tedy běh programu přesune do funkce "vypocti".

Tato funkce začíná zadáním počtu pozorovatelů pomocí input dialogu, který akceptuje pouze čísla. Je ošetřen proti chybnému zadání (písmena či vypnutí dialogu) tím, že se vrátí zpět do hlavní funkce a vše musí být znovu spuštěno. To se pozná dle vypsané chybové zprávy a také zčervenáním tlačítka. Dále se pomocí uigetfile a load načítá dle zadaného počtu pozorovatelů stejný počet souborů s hodnocením. Opět i v tomto kroku je ošetření proti chybnému výběru a to jak vypnutí okna, kdy tedy není nic načteno, tak i výběru odlišného počtu souborů od zadaného počtu pozorovatelů. V případě chyby se i v tomto případě zobrazí chybová zpráva, vrací se zpět do hlavní funkce s nutností opakování postupu a tlačítko je opět červeně podbarveno. Hodnocení pozorovatelů je potom pomocí for cyklu ukládáno do jednotlivých řádků matice "skore" a časy běhu videa připadající k hodnocení do matice "casy".

V dalším kroku jsou pomocí for cyklu počítány průměrné hodnoty a směrodatné odchylky hodnot. Průměry i odchylky se počítají vždy z hodnot od všech pozorovatelů ve shodný časový úsek (např. první vzorek v čase  $t = 0s$ ). V tomto zmiňovaném for cyklu jsou procházena data od prvního až po poslední časový úsek a k nim připadající naměřené hodnoty. Průměrné hodnoty počítané dle funkce MATLABu mean i směrodatné odchylky počítané podle funkce std jsou ukládány do předem definovaných vektorů

Dalším velmi důležitým krokem statistického vyhodnocení je určení intervalu spolehlivosti. Ten je definován jako interval od průměrného skóre mínus sigma až do průměrného skóre plus sigma. Sigma je definována jako směrodatná odchylka dělená odmocninou z počtu pozorovatelů a násobená hodnotou požadovanou pro teoretický procentuální obsah výsledků v intervalu spolehlivosti. Dle normy je tato hodnota rovna 1,96 což odpovídá 95 % výsledků obsažených v intervalu spolehlivosti.

Poté se již přechází ke korekci skóre. Korekce je nutná ve chvíli, kdy se výsledky některého pozorovatele nebo více pozorovatelů výrazně liší od průměrného skóre

a nejsou tak obsažené v intervalu spolehlivosti. Tato korekce se v programu provádí procházením matice "skore" dvěma cykly. První for cyklus prochází postupně jednotlivé pozorovatele. Do tohoto cyklu je vnořený druhý for cyklus, který prochází jednotlivé časové úseky hodnocení. Hodnocení v těchto úsecích je porovnáváno s intervalem spolehlivosti a zjišťuje se, zda-li je uvnitř. Pokud ano, hodnocení je ponecháno, pokud ne, celý soubor hodnocení od daného pozorovatele je přeměněn na NaN (Not-a-Number). Korigované skóre je uloženo do matice "skore\_korig".

Po provedení korekce hodnocení je nutné znovu spočítat průměrné skóre hodnocení, tentokrát tedy již korigované průměrné hodnocení. Toho se dosahuje stejně jako v předchozím kroku při výpočtu průměrného skóre a směrodatných odchylek pomocí jednoho for cyklu, který postupně prochází matici korigovaného hodnocení. V jednotlivých sloupcích matice se vypočítají pomocí funkce nanmean průměrné hodnoty, přičemž tato funkce nepracuje s NaN, které vynechává. Funkci nanmean je z tohoto důvodu nutné mít uloženou společně s funkcí statistika.

Na závěr skriptu přichází na řadu nejpřehlednější část interpretace statistického vyhodnocení a to vykreslení grafů. Všechny použité grafy jsou vykreslené pomocí funkce plot a dále upravované nastavováním dalších parametrů, jako je styl vykreslování čar, zobrazení bodů, jejich barva a měřítko os. V grafu je poskládáno více grafů do jednoho grafického objektu pomocí příkazů hold all a hold off. Grafy interpretují hodnocení jednotlivých pozorovatelů, vykreslované pomocí příkazu plot uvnitř for cyklu, kde jsou indexem k označené jednotlivé řádky matice "skore", tedy jednotlivá hodnocení od pozorovatelů. Dále jsou v tomto grafu umístěné křivky průměrného skóre z hodnocení, korigovaného průměrného skóre a intervalu spolehlivosti. Pokud všechny příkazy bez problému proběhly, v GUI se zobrazí grafy, v Command Window MATLABu se objeví výsledné průměrné skóre a výsledné korigované skóre videosekvence a nakonec se tlačítko "START" zeleně podbarví.

Další tlačítko ULOŽIT má nastavenou callback funkci "uloz". Vstupem této funkce jsou handle "tlacitko2" a "graf1". Pomocí uiputfile je vybrána cesta a je zadán název souboru. Poté je opět ověřena podmínka správného zadání. Ověřuje se, jestli nebylo okno vypnuto a pokud je podmínka splněna je GUI uložen pomocí load jako obrázek ve formátu jpeg a správný průběh funkce se pozná i dle zelené barvy pozadí tlačítka.

Pokud podmínka splněna nebyla, objeví se chybová hláška, tlačítko ULOŽIT změní barvu na červenou a běh programu se vrací zpět do hlavní funkce a uložení se musí opakovat.

Poslední tlačítko "KONEC" slouží k ukončení programu statistického vyhodnocení. Kliknutím na tlačítko se spouští funkce "konec" se vstupním parametrem handle "tlacitko3". Pomocí quest dialogu o vypnutí se vybírá odpověď ze dvou možností ANO a NE, přičemž ANO je přednastavená možnost. Poté je zde umístěn switch s možnostmi ANO - vypnutí programu a NE - vrácení zpět do hlavní funkce.

## **7.2. Návod k použití programu**

Pro správnou funkci programu je důležité mít zároveň ve stejné složce i funkci "nanmean". Program statistického vyhodnocení naměřených dat se spouští stejně jako předchozí program z MATLABu.

Poté je nutné zadat počet pozorovatelů, kteří hodnotili dané video. V dalším kroku se vybírá stejný počet souborů s hodnocením jako je zadaný počet pozorovatelů. V případě chybného zadání či výběru souborů s hodnocením se musí postup opakovat znovu. Poté je již spuštěna funkce se statistickým vyhodnocením, která na úplném závěru vykreslí grafy. Zároveň se v Command Window MATLABu zobrazí celkové průměrné skóre a korigované průměrné skóre videosekvence, které je vhodné si pro další vyhodnocení také poznamenat.

Tlačítkem "ULOŽIT" se uloží současné otevřené okno, včetně grafů. Musí být vybrána cesta a poté je okno uloženo jako obrázek ve formátu jpg.

Stisknutím tlačítka "KONEC" se v tomto případě pouze ukončuje program.



## 8. Ukázka hodnocení

Na závěr práce bylo uskutečněno ukázkové hodnocení kvality videa. Ukázka nicméně neodpovídá doporučení ITU-R BT.500, jelikož se jí zúčastnili pouze čtyři pozorovatelé.

Bylo použito video "Divočina", které se vyskytuje jako ukázka videa v systému Windows. Video bylo zkrácené z 30 vteřin na 10. První část videa zůstala nezměněna a druhé části byla radikálně změněna kvalita. Ukázky jsou zobrazeny na obrázcích 8.1 a 8.2.. Úkolem pozorovatelů bylo kontinuálně hodnotit kvalitu tohoto videa.

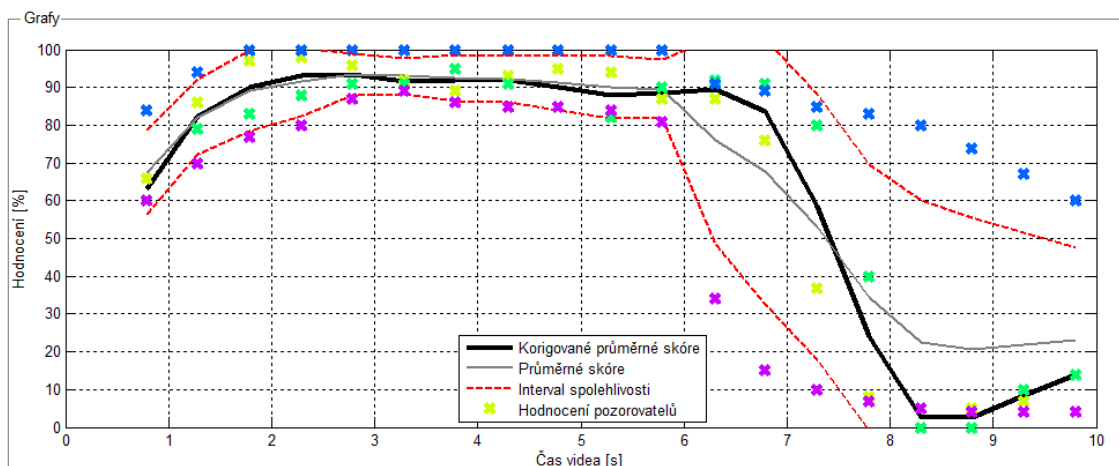


Obrázek 8.1 - Ukázka z referenčního videa



Obrázek 8.2 - Ukázka z videa se zhoršenou kvalitou

Z naměřených průběhů hodnocení kvality je velmi dobře poznat rozdíl kvality videa, kdy se hodnocení po páté vteřině razantně snižuje. Grafy z ukázkového hodnocení jsou zachyceny na obrázku 8.3.



Obrázek 8.3 - Graf s naměřenými hodnotami

Dva pozorovatelé byli při korekci odebráni z důvodu odlišného hodnocení. Nejspíše se na hodnocení plně nesoustředili nebo jen měli odlišný názor na kvalitu videa, než jaký měli ostatní pozorovatelé. K ustálení názoru při hodnocení by měly sloužit různé tréninkové sekvence. V těch si pozorovatelé mohou vyzkoušet samotnou metodu testování, ale i ustálit svůj názor při hodnocení.

Dalším důvodem odlišného hodnocení pozorovatelů může být právě jediné hodnocení poškození. Někteří si například mohli nechávat rezervu pro ještě větší poškození videa.

Hlavním důvodem odlišnosti výsledků je ale malý počet pozorovatelů hodnotící kvalitu videa. V případě většího počtu pozorovatelů by se výsledky daly již považovat za věrohodnější. Ovšem jako ukázkové hodnocení funkčnosti hodnotícího zařízení a programů pro přehrávání s hodnocením a statistického vyhodnocení plně postačuje.

## 9. Závěr

Tématem této práce byla automatizace subjektivního hodnocení kvality obrazu. Byl podán přehled doporučení pro subjektivní hodnocení. Na jejich základě byl navržen systém pro automatizovaný sběr hodnocení a následné statistické vyhodnocení výsledků. Součástí zadání bylo také návrh a realizace zařízení pro kontinuální hodnocení kvality videa skupinou pozorovatelů.

Byly prozkoumány doporučení týkající se subjektivního hodnocení a podán jejich stručný přehled. Dále byly popsány jednotlivé hodnotící metody a z nich zjištěny nutné parametry hodnotícího zařízení. Na základě těchto parametrů byly vybrány jednotlivé součásti zařízení, zařízení bylo sestaveno a byl do něj nahrán software pro komunikaci s PC.

Dále byl v MATLABu vytvořen software pro přehrávání a hodnocení videa. Software zvládá samostatně přehrávat video a také přehrávat video se současným příjmem dat ze zařízení s hodnocením videa. Program je funkční, nicméně synchronizace se kvůli nemožnosti dalšího procesu během práce se serialem dle mého názoru nedá přesněji realizovat. V dalším průběhu práce na daném tématu bych doporučoval vyzkoušet realizaci hodnocení pomocí jiného softwaru.

Poslední částí této práce je program se statistickým vyhodnocením výsledků. Tento program byl vytvořen taktéž v MATLABu. Program je funkční včetně uživatelského prostředí, výpočtů a vykreslování grafů.

# Literatura

- [1] Winkler, S.: Digital Video Quality Vision Models and Metrics, Wiley, 2005
- [2] Vlček, K.: Komprese a kódová zabezpečení v multimediálních komunikacích, BEN-Technická literatura, Praha, 1999.
- [3] Klíma, M., Bernas, M., Hozman, J., Dvořák, P.: Zpracování obrazové informace, Vydavatelství ČVUT, Praha, 1996.
- [4] Bovik, A.C., Handbook of Image and Video Processing, Elsevier Academic Press, New York, 2005.
- [5] Prchal, J., Šimák, B: Digitální zpracování signálů v telekomunikacích, Vydavatelství ČVUT, Praha, 2001.
- [6] Erol, B., Gallant, M., Côté, G., Kossentini, F.: The H.263+ Video Coding Standard: Complexity and Performance, British Columbia University, Vancouver, 1998.
- [7] Recommendation ITU-R BT.1683. Objective Perceptual Video Quality Measurement Techniques for Standard Definition Digital Broadcast Television in the Presence of a Full Reference, Geneva: ITU, 2004.
- [8] Report ITU-R BT.2020-1. Objective Quality Assessment Technology in a Digital Environment, Geneva: ITU, 1999-2000.
- [9] Furht, B., Marqure, O.: kapitola 41 Objective Video Quality Assessment v knize The Handbook of Video Databases: Design and Applications, stránky 1041 - 1043, CRC Press, USA, 2004.
- [10] Recommendation ITU-R BT.500-13. Methodology for the Subjective Assessment of the Quality of Television Pictures, Geneva: ITU, 2012.
- [11] Barvocit [online] - [citováno 19.1.2014], Dostupné na: <http://www.ocnioptik.eu/oko-a-videni/barvocit/>.
- [12] Vyšetření barvocitu [online] - [citováno 19.1.2014], Dostupné na: <http://www.ocnioptik.eu/oko-a-videni/barvocit/vysetreni-barvocitu/>.

- [13] Zraková ostrost (Vizus) [online] - [citováno 19.1.2014], Dostupné na: <<http://www.ocnioptik.eu/oko-a-videni/zrakova-ostrost/>>.
- [14] Snellenova tabule [online] - [citováno 19.1.2014], Dostupné na: <[http://cs.wikipedia.org/wiki/Snellenova\\_tabule](http://cs.wikipedia.org/wiki/Snellenova_tabule)>.
- [15] Recommendation ITU-T P.910. Subjective Video Quality Assessment Methods for Multimedia Applications, Geneva: ITU, 2008.
- [16] Recommendation ITU-R BT.1788. Methodology for the subjective assessment of the video quality in multimedia applications, Geneva: ITU, 2007.
- [17] Montero, P., Polák, L., Taibo, J., Krotchvíl, T.: Subjective Quality Assessment of the Impact of Buffer Size in Fine-Grain Parallel Video Encoding, časopis Radioengineering 21/04, stránky 1226 - 1235, Prosinec 2012
- [18] Alpert T., Evain J.-P.: Subjective quality evaluation - The SSCQE and DSCQE methodologies, EBU Technical Review, 1997.
- [19] Arduino [online] - [citováno 14.4.2014], Dostupné na: <<http://arduino.cc/>>.
- [20] Arduino UNO [online] - [citováno 14.4.2014], Dostupné na: <<http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>>.
- [21] Arduino IDE [online] - [citováno 14.4.2014], Dostupné na: <<http://arduino.cc/en/Main/Software>>.

# **Přílohy na CD**

## **Příloha 1**

Program pro čtení analogového vstupu Arduina v Arduino IDE (BP)

## **Příloha 2**

Program s přehrávačem a hodnocením videa v MATLABu (prehravac)

## **Příloha 3**

Program pro statistické vyhodnocení výsledků v MATLABu (statistika)