



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**Fakulta elektrotechnická
Katedra radioelektroniky**

Stereoskopické displeje

Stereoscopic displays

bakalářská práce

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

Vedoucí práce: Ing. Stanislav Vítek, Ph.D.

Jan Jílek

Praha 2013

Orig. Zadaní

original zadni

ANOTACE:

Cílem této práce bylo seznámit se blíže s různými druhy stereoskopických displejů a metodami jejich subjektivního hodnocení. Následné provedení testu závislosti nastavení displeje na dojmu ze stereoskopické projekce a statistické zpracování výsledku testu.

Klíčová slova:

Stereoskopie, Subjektivní hodnocení, historie 3D

SUMMARY:

The aim of this work was to acquaint me with different types of stereoscopic displays and methods of their subjective evaluation. Followed by the performance subjective test of depending display settings on stereoscopic projections and statistical processing of test results..

Keywords:

Stereoscopy, subjective evaluation, the history of 3D

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem zadanou bakalářskou práci zpracoval sám s přispěním vedoucího práce a konzultanta a používal jsem pouze literaturu v práci uvedenou. Dále prohlašuji, že nemám námitek proti půjčování nebo zveřejňování mé bakalářské práce nebo její části se souhlasem katedry.

Datum:

.....

podpis autora

Poděkování

Chtěl bych poděkovat vedoucímu bakalářské práce panu Ing Stanislavu Vítkovi, Ph.D za podnětné rady a odborný dohled. Dále bych chtěl poděkovat všem, co se účastnili mého statistického subjektivního výzkumu. Poděkování také mým rodičům za toleranci v průběhu psaní této práce, Barboře Sochorové za korekci a Dilyaře Akhatové za podporu.

OBSAH

1	Úvod.....	8
2	Zrak.....	8
2.1	Oko.....	9
2.2	Vznik obrazu	10
2.3	Jednoduché binokulární vidění.....	10
2.4	Horopter	Error! Bookmark not defined.
2.5	Vnímání hloubky	11
3	Stereoskopické zobrazování.....	13
3.1	Historie	13
3.2	Technologie zobrazování	14
4	Způsoby Hodnocení.....	22
4.1	Způsob hodnocení kvality.....	22
4.2	Subjektivní hodnocení kvality obrazu	22
4.3	Metody hodnocení barev	25
5	Hodnocení výsledků hodnocení.....	28
5.1	Aritmetický průměr	28
5.2	Směrodatná odchylka.....	28
5.3	Interval spolehlivosti	28
5.4	Korigovaný průměr	28
6	Chyby v zobrazení Stereoskopie	29
6.1	Stereoskopické chyby	29
7	Praktická část	31
7.1	Příprava.....	31
8	Závěr	37
	Zdroje	43

1 ÚVOD

Stereoskopie je technologie, díky které, jsme schopni vnímat prostorový zrakový vjem. Ten je založen na principu vnímání obrazu lidskýma očima, kdy každé oko vidí mírně odlišný obraz.

Stereoskopická technologie, tj. technologie, která toto vidění umožní, se začala na začátku nového století velmi rozvíjet. Její využití je široké. Nejznámější jsou 3D filmy, ale také je možné použití ve vědě, např. při zobrazování molekul, ale i ve zdravotnictví – v robotické chirurgii.

Navodit stereoskopický vjem je poměrně jednoduché. Nejjednodušší je navodit prostorový vjem za pomoci dvou dvourozměrných obrazů. Problémové je to, že co se může jevit jako dokonalý vjem jednomu člověku nemusí platit na druhého. Proto je subjektivní hodnocení pozorovatelů důležité. Neboť každý člověk reaguje na stereoskopické podněty různě, a proto je nutné věnovat této technologii a hodnocení její kvality velkou pozornost.

Cílem této bakalářské práce je seznámit se s různými způsoby, jak lidské oko zpracovává obrazovou informaci; jaké jsou současné možnosti stereoskopických displejů, jejich výhody a nevýhody a možnosti jejich subjektivního hodnocení.

V teoretické části je popsána funkce lidského oka a shrnutí stereoskopických metod, které jsou dnes používány i jejich možné nevýhody.

Úkolem praktické části bylo vytvořit poničený trojrozměrný obraz a zjistit jak moc se tato vada projeví na hodnocení pozorovatelů

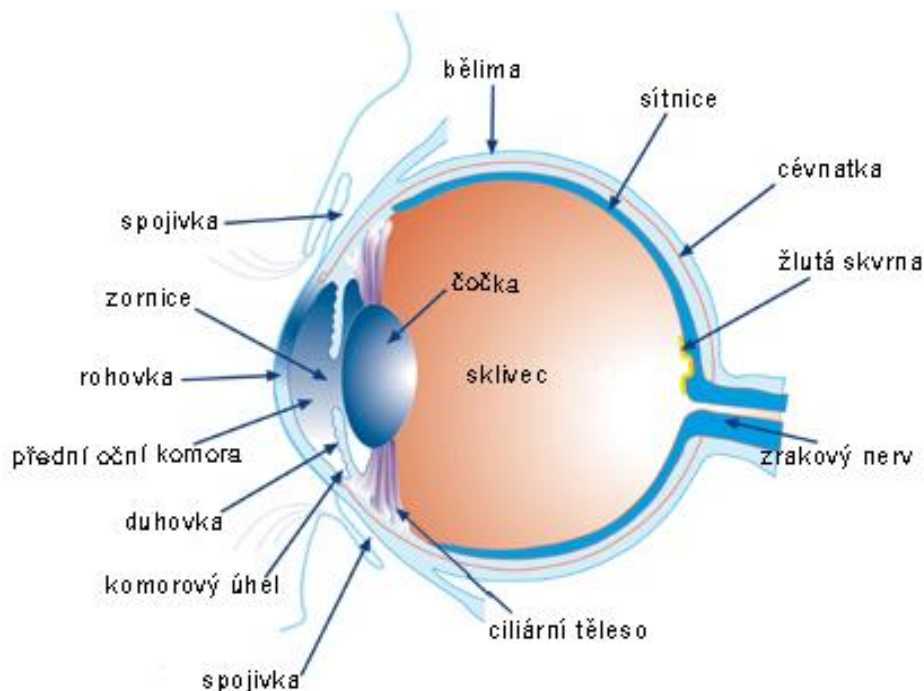
Pomocí fotoaparátu a fotografické konzole jsem vytvořil sadu obrázků, některé i barevně upravené jak pro levé tak i pro pravé oko. Vytvořenou prezentaci zhlédli jednotliví členové pokusné skupiny. Z jejich subjektivního hodnocení jsem určoval vliv barevnosti na vznik ideálního 3D snímku.

2 ZRAK

Zrak patří mezi nejpotřebnější a nejdůležitější smysly člověka, který nám dává možnost vizuálního poznání okolního světa, tedy světla, barev a tvarů, což je asi 80% všech vnímaných informací. Zdravý člověk ho používá každý den. Vidění, neboli zrakové vnímání, je výsledkem spolupráce celého zrakového analyzátoru na všech jeho stupních tj. oka, zrakové dráhy a mozkových zrakových center včetně asociačních oblastí.

2.1 Oko

Základním smyslovým orgánem zraku je oko, které je složeno z mnoha jednotlivých částí.



Obr. 1 Oko a jeho části [1]

Světlo proniká optickými prostředími oka (rohovka, komorová voda, čočka, sklivce) na sítnici, kde vzniká obraz pozorovaného předmětu. Optická prostředí světelné paprsky nejen propouštějí, ale i lámou přes pravidelně zakřivené plochy rohovky a čočky. V místě, kam dopadlo na sítnici světlo, dojde k podráždění a vzniklý vzruch je převeden zrakovou dráhou do zrakového centra.

2.2 Vznik obrazu

Mechanismus vzniku obrazu je založen na přeměně okem viditelné světelné energie, v rozmezí vlnových délek přibližně 400-720nm, na akční potenciály vláken zrakového nervu, které jsou vybudeny receptorovými potenciály v tyčinkách a čípcích.

Tyčinky – Buňky, které umožňují vnímání kontrastů

Čípky – Buňky, které umožňují vnímat barvy. Zelená (525nm) modrá (439nm) a červená 622nm)

Tyto vzruchy putují zrakovým nervem do mozku, kde vyvolají zrakový vjem. Zorná pole obou očí zabírají odlišnou oblast. Tyto oblasti se ovšem částečně překrývají. Stereoskopické vidění je umožněno právě v oblasti tohoto průniku.

2.3 Jednoduché binokulární vidění

(JBV) je koordinovaná senzomotorická činnost obou očí, která zajišťuje, aby obraz dopadl na indetická místa na sítnici a umožnil nám tak vidět předmět jednoduše. Takto vzniklé spojení obrazu levého a pravého oka v jeden zrakový vjem nazýváme jednoduché binokulární vidění. JBV není vrozené, ale vyvíjí se od narození (spolu s dozráváním sítnice) až do jednoho roku dítěte. Poté následuje proces upevnění a stabilizace JBV, který probíhá až do šesti let dítěte.

2.3.1 Předpoklady JBV

Ty mohou být rozděleny do dvou skupin, motorické a sensorické.

Mezi motorické předpoklady patří:

- Paralelní postavení očí na hlavě a jejich vzdálenost
- Schopnost akomodace a s ní spojené konvergence
- Koordinovaná spolupráce obou očí
- Nepoškozené okohybní svaly a jejich nervy
- Synchronizace a intenzita impulsů pro svaly odpovědné za pohyb očí, jinak hrozí šilhání

Mezi sensorické předpoklady řadíme

- Dobrý stav sítnice
- Nepoškozená zraková dráha
- Nepoškozená část mozku zpracovávající signály z očí
- Schopnost fúze.

Když jsou všechny předpoklady splněné, dochází k vývoji JBV ve třech stupních.

Simultánní vidění - schopnost překrýt oběma očima dva různé obrázky

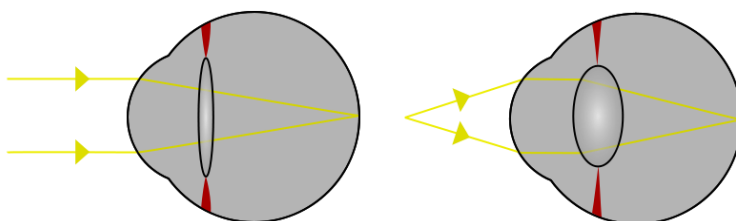
Fúze - schopnost spojit stejné obrazy pravého a levého oka do jednoho vjemu

Stereopsese - schopnost spojení lehce disparátních obrazů z levého a pravého oka do jednoho vjemu

2.4 Vnímání hloubky

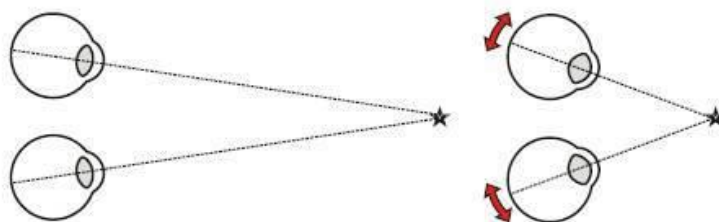
Hloubka vjemu je chápána jako vzdálenost objektu od pozorovatele. Mechanismus vnímání hloubky prostoru je založen především na skutečnosti, že člověk vidí prostor oběma očima. Zrak však disponuje možností rozeznat hloubku prostoru i monokulárně, a to hlavně pomocí zkušenosti.

Akomodace – Je přizpůsobení optické mohutnosti čočky díky svalům kolem ní, které se buď napínají nebo uvolňují, a tím umožňují zaostřit už od vzdálenosti kolem 9ti cm



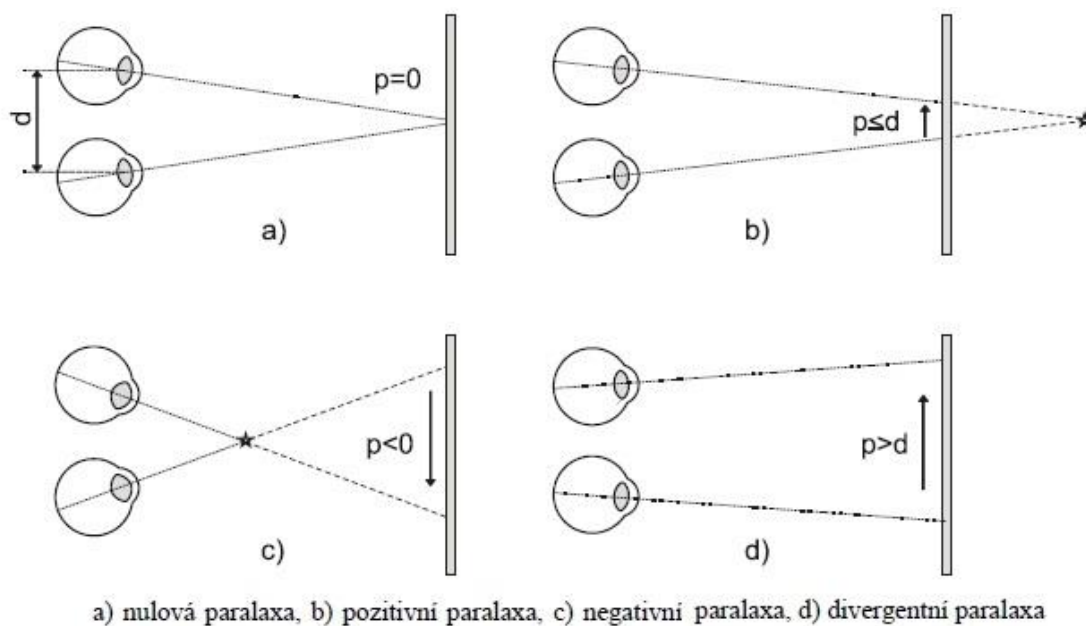
Obr. 3 Akomodace[3]

Konvergence – Je schopnost natáčet oči a tím měnit úhel mezi osami očí a vrcholem na pozorovaném objektu. Při pohledu na hodně vzdálený předmět dochází k teoretické divergenci, kdy jsou osy očí rovnoběžné. Reálně však k takovému jevu nedochází.



Obr 4. Konvergence [4]

Pohybová paralaxa - Pomáhá významným způsobem k určení hloubky vjemu, a to i za použití jediného oka. Vzdálenost objektu od pozorovatele se zjišťuje podle rychlosti pohybu jeho obrazu na sítnici. Tento jev je způsoben pohybem objektu i pozorovatele. Vzdálenější objekty se nám jeví jako pomalejší oproti těm vzdáleným. Z tohoto jevu mozek určuje hloubku objektu.



Obr. 5 paralaxa [4]

Obrazová paralaxa - Vzdálenost mezi obrazem bodu pro levé a pravé oko se nazývá paralaxa. Tato vzdálenost se pak mění se vzdáleností objektu, načež dochází k rozdílnému vjemu pro jednotlivé oči, viz Obr. 3

U lidského zraku může docházet jen k horizontální paralaxi.

3 STEREOSKOPICKÉ ZOBRAZOVÁNÍ

3.1 Historie

Stereoskopické zobrazování lze vysledovat až k počátku fotografování. První stereoskop sestrojil v roce 1838 anglický vynálezce Charles Wheatstone. V roce 1844 tento stereoskop dále vylepšil David Brewster. Tento nový vynález, který umožňoval zobrazovat 3D fotografie znovu vylepšil Louis Jules Duboscq. Novějším stereoskopem tehdy vyfotil královnu Viktorii a její fotografii vystavil na Velké Výstavě v roce 1851. Stereoskopy se ale staly běžným osobním zařízením až v době druhé světové války.

V roce 1855 byl vynalezen Kinematoskop, který byl schopen zaznamenávat video. V roce 1891 si Louis Ducos du Hauron patentoval princip anaglyfických brýlí, i když tato metoda byla známa již dříve. V roce 1915 vznikl první 3D film pomocí technologie Anaglyfu, ale až o sedm let později se lidé dočkali prvního veřejného promítání stereoskopického filmu. První barevný 3D film ale vznikl až v roce 1935. Tato technologie se pak používala další desetiletí.

Roku 1950 došlo v oblasti 3D technologie k velkému zlomu. Jednou z nejvýznamnějších věcí bylo rozšíření televizorů do běžných domácností. O velký „boom“ se v roce 1952 postaral film "Bwana devil". Díky použití nové jednodušší technologie Natural Vision se film dočkal promítání po celých Spojených státech. Sovětský svaz vydali svůj první celovečerní 3D film "Robinson Crusoe" již v roce 1947.

V roce 1960 byla spuštěna nová 3D technologie s názvem Space-Vision. Jedná se o technologii, při které se dva obrazy vytisknou na sebe na jeden film. Na rozdíl od předchozích 3D technologií je potřeba jen jeden projektor se speciálním objektivem. Tato nová technologie odstranila nutnost používat dvě kamery pro natočení 3D filmu. Dvougamerové systémy bylo obtížné používat, protože se obě kamery musí perfektně sesynchronizovat. První film za použití této technologie se nazývá "The Bubble". Film byl kritizován kritiky, ale přinesl 3D zážitek obrovskému publiku. Film se stal ziskový, takže nová technologie byla brzy připravena pro podporu jiných filmových studií.

V sedmdesátých letech dvacátého století se Allan Silliphant a Chris Condon začali zabývat rozvojem stereonátáčení. To dalo vzniknout nové 3D technologii, která umožňuje stlačit dva obrázky dohromady vedle sebe na jeden pás filmu o šířce 35mm. Tato technologie používá speciální anamorfní objektiv, který obraz rozšíří pomocí řady filtrů.

Na začátku roku 1980 bylo mnoho filmů promítáno ve 3D opět pomocí Space Vision technologie. V polovině roku 1980 začal IMAX produkovat dokumentární filmy ve 3D. IMAX 3D technologie byla zaměřena na matematickou správnost a tím eliminovala únavu očí. V roce 1986 přišla Kanada s filmem *Transitions*, který jako první 3D film v historii využívá polarizační brýle. Film byl vytvořen specialně pro Expo 86. V roce 1990 IMAX uvedl film *Echoes of the Sun*, kde byla poprvé použita technologie zatmívání brýlí.

V roce 2004 byl vydán první celovečerní animovaný 3D film "The Polar Express". Tento snímek byl ve 3D tak úspěšný, že vyvolal velký zájem studií o tvorbu 3D animovaných filmů. V roce 2010 Sky UK udělal velký krok směrem k 3D televizi. Prvního ledna se v Jižní Koreji začal vysílat první 3D kanál, který zobrazuje hlavně vzdělávací pořady a sport.

3.2 Technologie zobrazování

Největším problémem stereografie je její zobrazení. To závisí na dvou nezbytných faktorech. Doručení obrazu do každého oka zvlášť a s tím spojenou fyziologii lidského oka.

Když pozorujete vzdálený objekt v reálné scéně, oči mají rovnoběžné osy a akomodují do nekonečna, ale při prohlížení stereografických obrázků lidské oči zaostřují na monitor nebo na obraz na projektoru. Tento problém se dá časem a cvičením očí odstranit, ale na začátku může být prohlížení stereofotografií nepříjemné a může vést k bolestem hlavy a nevolnosti.

3.2.1 Stereoskop

Stereoskop je zařízení pro zobrazování stereoskopické dvojice samostatných obrazů zachycující pohledy pro levé a pravé oko na stejné scéně za vzniku jednoho trojrozměrného obrazu.



Obr.6 Obrázek stereoscopu [6]

3.2.2 Anaglyf

Technologie za použití filtrace barevnými filtry pro oddělení jednotlivých obrazů pro každé oko. Barevný filtr, tedy jakákoliv látka průsvitná nebo průhledná, která má schopnost propouštět jenom světlo určité vlnové délky. K tomuto účelu se nejčastěji používají brýle s filtrem red-cyan, tedy s červeným a modrým. Tyto barvy byly vybrány, jejich překrytím vzniká černá barva. A obrazová informace se tak dostane jen do jednoho oka, kde se stává úplný opak. Obrazová informace projde filtrem stejné barvy. Pozorovateli pak vzniká stereoskopický jev.

Každý člověk má typicky dominantní jedno oko. Většinou je to pravé oko a proto se modrý filtr umísťuje právě před pravé oko, protože filtrace světla přes azurový filtr je méně deformativní než filtrace přes červený filtr.

I když má anaglyf nejhorší výsledky a trpí na ztrátu barevnosti, tak díky nízkým nákladům na výrobu a jednoduchosti je v hodná hlavně pro tištěná media.



Obr. 7 Anaglyficke brýle [7]

3.2.3 Aktivní zatmívací systém

Tento systém funguje na principu otevření clony brýlí a umožnění vidění obrazu určeného pro levé oko na jedné straně a zároveň blokuje vidění pravého oka zavřením clony brýlí na straně druhé. Poté se ihned přenastaví na obraz pro pravé oko při zablokování levého oka. To se opakuje tak rychle, že přerušení nejsou vnímána a dochází k fúzi dvou obrazů do jediného obrazu 3D vjemu.

Tato technologie obecně používá závěrku z tekutých krystalů na brýlích (zkratka "LCS" - liquid crystal shutter). Každé sklo obsahuje vrstvu z tekutých krystalů, které má tu vlastnost, že se pod el. napětím zatemní, ale je jinak transparentní. Takové brýle jsou časovány signály, které umožňují, aby se skla střídavě ztmavovala přes jedno oko a pak přes druhé, spolu se synchronizací obrazovky. Časování synchronizace monitoru a brýlí může být dosaženo prostřednictvím kabelového signálu nebo bezdrátově za použití infračerveného, vysokofrekvenčního, Bluetooth nebo optického vysílače.

K dobrému zobrazovacímu efektu je pak nutných alespoň 60Hz obnovovací frekvence pro jedno oko, tj. 120Hz pro monitor. Většina z uživatelských monitorů této frekvence bohužel nedosahuje. Na druhou stranu LCS brýle většinou dokáží eliminovat přeslechy, což je problém u jiných 3D zobrazovacích technologiích, jako jsou lineárně polarizované brýle. Také, na rozdíl od anaglyfu, jsou LCS brýle barevně neutrální, což umožňuje 3D zobrazení v plně barevném spektru. LCS jsou navíc poněkud tmavší. Výsledkem je podobný efekt jako sledování televizi se slunečními brýlemi, což způsobuje pozorovateli tmavší obraz. Nicméně, tento nežádoucí účinek lze redukovat vyšším kontrastem displeje.

Vzhledem k jejich integrované elektronice a baterii, jsou brýle těžší a dražší. Nicméně vylepšení designu vyústilo v novější modely, které jsou levnější a lehčí. Nově také umožňují nošení přes kontaktní čočky.



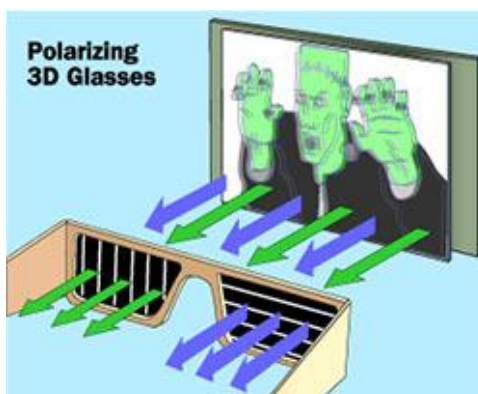
Obr. 8 LCS brýle od nVidia s vysílačem [8]

3.2.4 Pasivní polarizační systém

Stereoskopický obraz je tvořen dvěma různými obrazy, které se navzájem překrývají na jedné obrazovce pomocí různých polarizačních filtrů. Divák musí použít levné brýle, které také obsahují druhou dvojici polarizačních filtrů. Existují dva způsoby polarizace. První je ve směru a protisměru hodinových ručiček, tj kruhová polarizace. Druhý způsob je pootočení o 90° u lineární polarizace. Každým filtrem projde pouze světlo, které je stejně polarizované a filtr pak blokuje světlo polarizované jinak. Díky tomu každé oko vidí jiný obraz. To se používá k dosažení trojrozměrného efektu. Navíc, protože obě čočky mají stejnou barvu, tak i lidé s jedním dominantnějším okem jsou schopni vidět 3D efekt.

Kruhová polarizace má výhodu oproti lineární polarizaci v tom, že divák nemusí mít hlavu vzpřímeně a sladěnou s obrazovkou, aby polarizace fungovala správně. S lineární polarizací i mírné natočení brýlí na stranu způsobuje ztrátu polarizace filtru a tím i zeslábnutí obrazu a ztrátu 3D efektu. Při kruhové polarizaci pracuje stereoskopický efekt bez ohledu na to, jak je divák natočen hlavou k obrazovce. Proto může naklonit hlavu na stranu, nebo se dokonce dívat vzhůru nohama. Levé oko stále uvidí pouze obraz určený pro něj a naopak, bez vyblednutí a přeslechů.

Všechny typy polarizace budou mít za následek ztmavnutí zobrazeného obrazu a horší kontrast ve srovnání bez 3D. Světlo z lamp je normálně vyzařováno jako náhodná skupina polarizace, zatímco polarizační filtr předává pouze zlomek světla. Výsledkem je, že obraz je tmavší. Toto ztmavnutí může být kompenzováno zvýšením jasu světelného zdroje projektoru. Pokud je počáteční polarizační filtr vložen mezi lampu a generovaný obraz, intenzita světla obrázku bude stejná jako bez polarizačního filtru a celkový kontrast obrazu tak není ovlivněn.

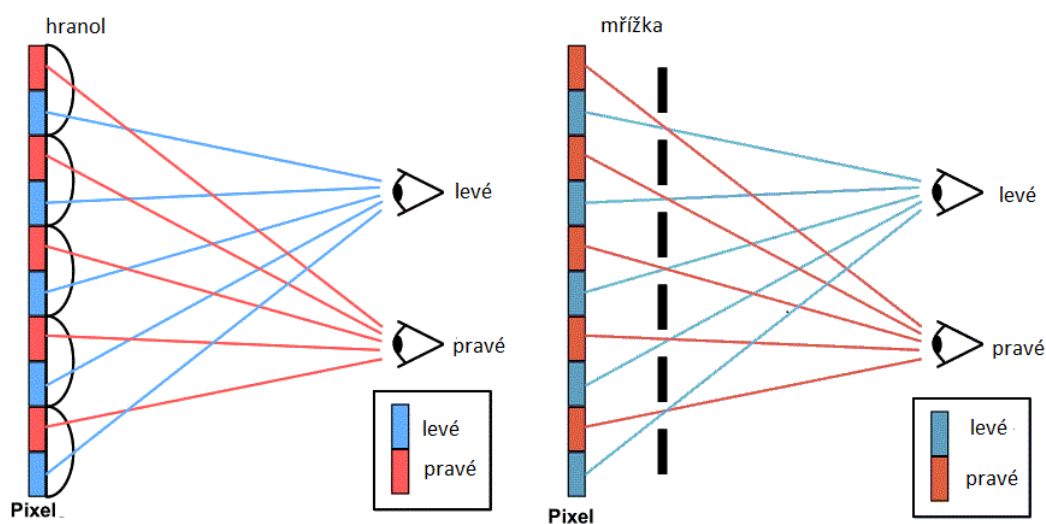


Obr.9 Funkce polarizačního displeje [9]

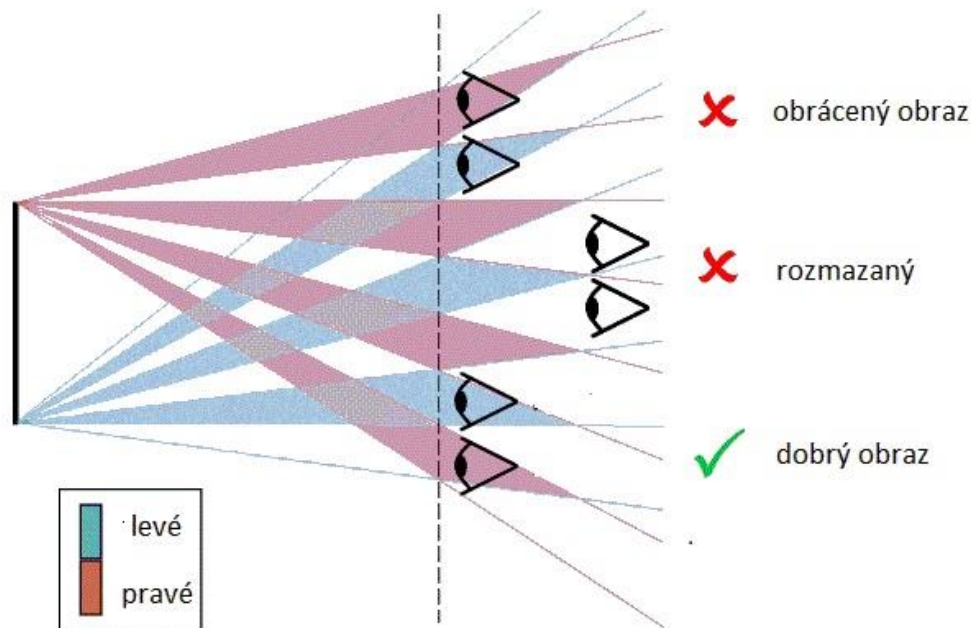
3.2.5 Autostereoskopické monitory

Monitory založené na tomto principu mají před sebou umístěnou hranolovou masku, speciální folii, která láme různé sloupce pixelů. Každý vždy jiným směrem, lichý sloupec pro levé oko a sudý pro pravé oko. Divák tak získává opravdový 3D zážitek i bez použití brýlí. Hlavní nevýhodou takového systému je to, že divák musí stát přesně ve vyhrazeném prostoru, kde se paprsky sbíhají. Jinak ke kýženému výsledku nedochází. Místo hranolové masky se pak dá také použít mřížka, která plní stejnou funkci, zabraňuje obrazové informaci pro levé oko dostat se na pravé oko a naopak. Další jasnou nevýhodou takového displeje je, že maska před monitorem sníží vertikální rozlišení monitoru na polovinu. Tato hranolová vrstva je většinou tvořena LCD krystaly, která mohou být v případě potřeby plně průhledný a zajistit tak 2D obraz ale v plném rozlišení.

Existují, ale i aktivní systémy řízené zabudovanou kamerou, která natáčí hranoly podle pohybu diváka a on se může volně pohybovat.



Obr. 10 Způsob zobrazení „parallaxová bariera“ a „lentikulární čočka“ [10]



Obr. 11 Úhel pozorování na autostereoskopické systému [10]

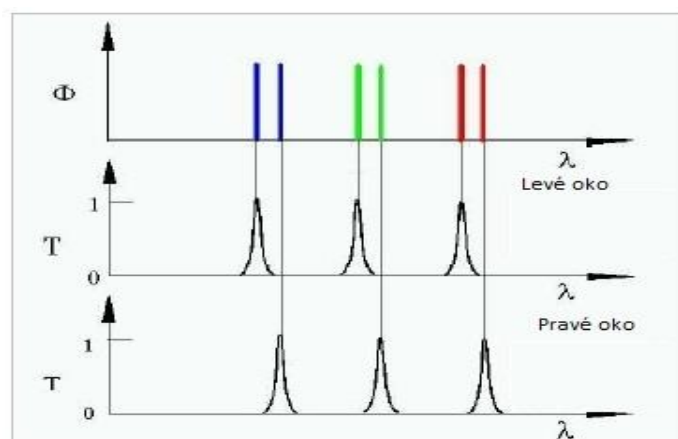
3.2.6 Integrální display

Tato metoda stejně jako v předchozím případě využívá vrstvy čoček v tenké vrstvě nad monitorem. Výsledný efekt také nevyžaduje použití brýlí. Místo obvyklého 2D obrázku je ale produkováno světelné pole, které vytváří stereo obrázky. Výsledný efekt pak vykazuje paralaxu. Pozorovatel vidí výsledný objekt z různého úhlu v jiném směru. Koncept byl navržen v roce 1908 Gabrielem Lippmannem.

Integrální obraz jako takový je generován jako obrovské množství malých obrázků, které pozorovatel vidí přes soustavu čoček. Jak už název napovídá jednotlivé malé snímky se spojí (integrují) do jednoho většího celku. Čočky také způsobí, že obraz který pod daným úhlem vidí jedno oko druhé nevidí. Pokud vše proběhlo správně výsledný efekt se vyrovná efektu hologramu.

3.2.7 Interference Filters Technologie (Infitec)

Infitec je technologie v základu velice podobná anaglyfu. Místo aby byl obraz promítán přes jeden velký filtr jsou použity 3 selektivní filtry s rozsahem blízkým základním trichromatickým barvám RGB. Pro levé oko se vyzaří trochu menší frekvenci a pro pravé ve větší. Pasivní brýle které jsou nutné u této metody pak propustí do oka jen obraz který mu náleží. Tato metoda netrpí skoro žádnou ztrátou na barvě, protože posun je velice malý.



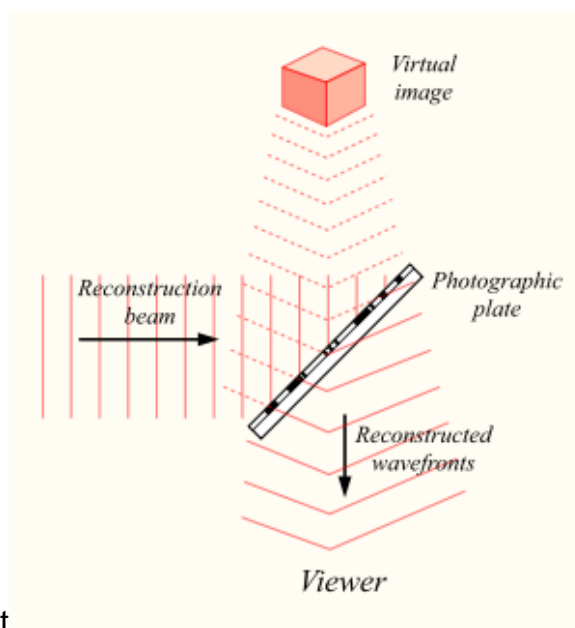
Obr. 12 vyzařování Infitec [11]

3.2.8 Holografie

Tato technologie umožňuje zachytit vyzářené světlo a jeho opětovné složení tak, že výsledný obraz se nachází se na chází na stejném místě vůči mediu, které scenu nahrálo. Tento proces umožní nahrát troj rozmerný objekt na na medium. Podobně jako klasická fotografie zaznamenává intenzitu světla v bodě. Holografie navíc uchovává i informaci o fázy. Fakt že polovodičové lasery jsou široce dostupné pomáhá této technologii v rozvoji, protože koherentní svazek světla je vyžadován k zapsu i k následnému přehrání.

K zapsu je potřeba přes polopropustná zrcadlo rozdelit světlo laseru na dva stejná svazky, referenční a osvětlovací. Po dopadu osvětlovacího svazku a jeho následném odražení od snímaného předmětu vznikne objektový svazek. Díky interferenci referenčního svazku a objektového svazku(který nese informaci i o fázy) se zznam ukládá na připravené medium.

Pro reprodukci stačí zasvitit stejným laserem na medium a obraz se začne znova rozkláda



Obr. 13 holografické zobrazení [12]

3.2.9 Aktivní nahlavový systém (HMD)

Většinou známé jako Virtuální realita, je zobrazovací zařízení, které se nosí na hlavě nebo jako součást helmy, v současné době i v podobě brýlí. HMB obsahuje dva malé LCD displeje, před každým okem jeden. Proto je lehké dosáhnout stereoskopického vidění. Může obsahovat i senzory pro sledování pohybu hlavy, a tím dosáhnout ještě vyššího stupně realističnosti.



Obr.14 HMD od firmy Sony [13]

4 ZPŮSOBY HODNOCENÍ

4.1 Způsob hodnocení kvality

Při zobrazení fotografie nebo videa je velmi důležitá zpětná vazba, tedy hodnocení kvality obrazu. Dnes jsou v multimediální oblasti používané dva hlavní pojmy.

Quality of Service (QoS) – Hodnocení kvality služby.

Ta se určuje pomocí dvou způsobů, subjektivního a objektivního. Hranice mezi nimi není pevně stanovena, protože požadavky lidí na kvalitu se stále zvětšují, a z toho důvodu musí být velmi adaptivní. U subjektivního hodnocení kvality se skupině vybraných lidí pustí testovací ukázka a ta je následně touto skupinou lidí hodnocena. Výsledky z testovací ukázky se potom statisticky vyhodnotí. Při objektivním hodnocení dochází ke sledování konkrétních systémových parametrů, které ovlivní výsledný snímek. Mezi tyto parametry mohou patřit například datový tok, chybovost, odstup signálu od šumu atd.

Quality of Experience (QoE) - Hodnocení kvality vnímání.

Moderní systém zaměřený především na spotřebitele, proto je tento druh hodnocení velmi důležitý. Při hodnocení QoE je nejčastěji využíváno subjektivního hodnocení kvality obrazu. Při sledování stereoskopických snímků je vnímaná kvalita omezena nejenom přenosem nebo ztrátovou kompresí, ale také způsobem snímání a reprodukce obrazu.

4.2 Subjektivní hodnocení kvality obrazu

Při subjektivním hodnocení se vždy využívá skupina dobrovolníků, která na základě vlastních pocitů hodnotí stereoskopický snímek. Jejich výsledky se zaznamenávají a následně se statisticky zpracovávají. To je zejména velice výhodné k ohodnocení videí nejčastěji poničených přenosem a nebo komprimací, v některých případech i špatným natočením videa.

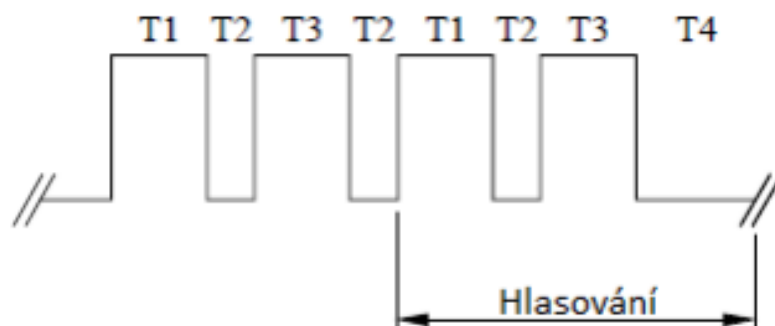
Aby se hodnoty na měřené po různých pracovištích bylo možné porovnat, musí mít všichni pozorovatelé stejné podmínky. A to jak laboratorní podmínky tak i podmínky samotného měření. Podle doporučení by mělo hodnocení provádět minimálně 15 lidí bez technického vzdělání, expert by svými znalostmi mohl ohrozit celkový dojem z prezentace.

Každá testovací video musí obsahovat stabilizační sekvenci, která zachytí hodnocení kdy pozorovatel není ještě plně koncentrovaný na prezentaci.

Pro subjektivní hodnocení se dají použít tyto metody:

4.2.1 Double Stimulus Continuous Quality Scale (DSCQS)

Je subjektivní metoda hodnocení kvality, jsou divákům uvedeny sekvence více párů fotek, které se často skládají z referenční fotografie a testované fotografie. Tato metoda je pro pozorovatele velice náročná, protože předem nevědí, který obrázek je změněný a který referenční. Všechny sekvence se zobrazí 2x aby se zajistilo, že si ji pozorovatel dobře prohlédl. Zároveň při druhém zobrazení ohodnotí obě fotografie. pozorovatel hodnocení na numerické stupnici 0 - 100. Zajímavý je právě rozdíl těchto dvou hodnot. Ten odstraní rozdíl hodnotící nejistoty způsobené charakterem obsahu a zkušenostmi pozorovatele.



Obr.15 Varianta časování DSCQS(přezato a upraveno[5])

T1 = 10s Testovací sekvence A

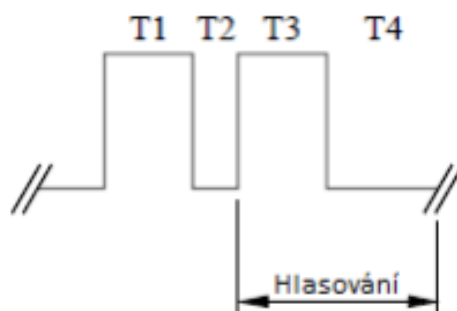
T2 = 3s Šedá úroveň(mid grey)

T3 = 10s Testovací sekvence B

T4 = 5 – 11s Šedá úroveň

4.2.2 Double Stimulus Impairment Scale (DSIS)

Na rozdíl od DSCQS je v této metodě referenční sekvence vždy předložena před testovací sekvencí a není proto potřeba, aby páry byly zobrazeny dvakrát. Stupnice je 5ti bodová v rozmezí od velmi nepříjemné do nepostřehnutelné. Tato metoda je vhodná pro posouzení jasně viditelných chyb, jako jsou například patrné chyby způsobené kódováním. Dalším omezením je nutnost použití krátkých testovacích sekvencí. To se stává problémem, když máme zájem o vyhodnocení digitálního videa. Tyto procesy pak generují velké kvalitativní rozdíly, které nesmí být rovnoměrně rozloženy.



Obr. 16 Varianta časování DSIS (přezato a upraveno[5])

T1 = 10s Referenční obraz

T2 = 3s Šedá úroveň(mid grey)

T3 = 10s Testovaný obraz

T4 = 5 – 11s Šedá úroveň

DSCQS a DSIS metoda nebyla navržena pro hodnocení kvality přenosu videa přes paketové sítě jako je internet. z důvodu tohoto nedefinovatelného chování. To z uživatelského hlediska znamená, že se vnímání kvality může výrazně lišit během doby testu.

5	Bez viditelného rozdílu
4	Nerušivý rozdíl
3	Trochu rušivé
2	Rušivé
1	Velice rušivé

Obr. 17 Vzor stupnice prometudu DSIS

4.2.3 Single Stimulus Continuous QualityEvaluation (SSCQE)

Z důvodu zachycení časové změny kvality jsou pozorovatelé zdrženi déle. Program trvá typicky 20 až 30 minut. Reference není předložena a pozorovatelé okamžitě zaznamenávají vnímanou kvalitu stejným způsobem tím, že nepřetržitě nastavují boční posuvník na stupnici ze špatný na vynikající. Posuvník může být

proveden buď jako hardwarové zařízení nebo jako software. Okamžité hodnoty kvality se získávají pravidelným odběrem hodnot z posuvníku, obvykle každé 1-2 sekundy. V této metodě mohou být rozdíly v alternativní přenosové konfiguraci analyzovány více informativním způsobem. Nevýhodou této metody je nepřesnost posuvníku za neustálého pohybu.

4.2.4 Single Stimulus (SS)

Tato metoda je podobná metodě DSIS, ale není v ni použito referenční fotografie nebo videa. Cyklus prezentace jí taky obdobný, šedivou plochu střídá testovaná sekvence. Po jejím konci zase následuje šedá plocha

Metodu SS je možné provádět ve dvou variantách:

A) Každý obraz nebo video k ohodnocení se zobrazí pouze jednou

B) V této variantě se pak celá prezentace skládá ze 3 dílčích prezentací, které jsou odděleny číslem. Všechny 3 prezentace se skládají ze stejných obrazů nebo videí, ale nesmí být v každé prezentaci na stejném místě nebo mít stejného „sousedá“. Hodnotí se pouze druhé dvě prezentace, první je pouze referenční.

K hodnocení je pak možné použít spojitě hodnocení od 0 bodů do 100 nebo 5ti bodové (obr. 15).

5	Excelentí
4	Dobré
3	Průměrné
2	podprůměrné
1	špatné

Obr. 18 Vzor stupnice pro metodu SS

4.3 Metody hodnocení barev

Z fyzikálních zákonů je známo, že pokud dopadá světelné záření na kterýkoliv objekt, musí se část záření odrazit, absorbovat nebo propustit. Většina věcí se kterými se v hodnocení barev můžeme setkat, záření buď absorbuje nebo odrazí.

Když se řekne zelená, každý z nás si určitě představí jinou barvu, proto abychom se snáze domluvili, je nutné k popisu barev použít barvové prostory. V každém takovém systému je každá barva popsána jednoznačnými souřadnicemi.

4.3.1 Trichromatická soustava

Tento k hodnocení barev nejčasteji používaný prostor byl definován už v roce 1931 Mezinárodní komisí pro osvětlování CIE a od té doby je dále rozšiřován. Je založen na faktu že jakoukoliv barvu je možné nasimulovat pomocí tří dobře zvolených světél ze základních barev. Tito trichromatičtí činitelé X, Y, Z byli nalezeni experimentálně.

Vyjádření odchylky mezi dvěma barvami v tomto prostoru je velice problematické, proto je nutné je matematicky transformovat

4.3.2 Barvový prostor Lab

Také znám jako CIELAB je hojně používán zejména proto že více odpovídá tomu jak lidské oko vnímá barvy. Tento systém je taky navíc uniformní, to znamená že barevný rozdíl dává stejný vizuální požitek bez ohledu na to kde se barva v prostoru nachází.

Prostor CIELAB je definován jako:

$$L = 116 \left(\frac{y}{y_n} \right)^{\frac{1}{3}} - 16$$

$$a = 500 \left\{ \left(\frac{x}{x_n} \right)^{\frac{1}{3}} - \left(\frac{y}{y_n} \right)^{\frac{1}{3}} \right\}$$

$$b = 200 \left\{ \left(\frac{y}{y_n} \right)^{\frac{1}{3}} - \left(\frac{z}{z_n} \right)^{\frac{1}{3}} \right\}$$

Kde x_n, y_n, z_n je hodnota referenční bíle [96,422 100 82,521]

Lab je také tří dimenzionální systém se třemi navzájem kolmými osami

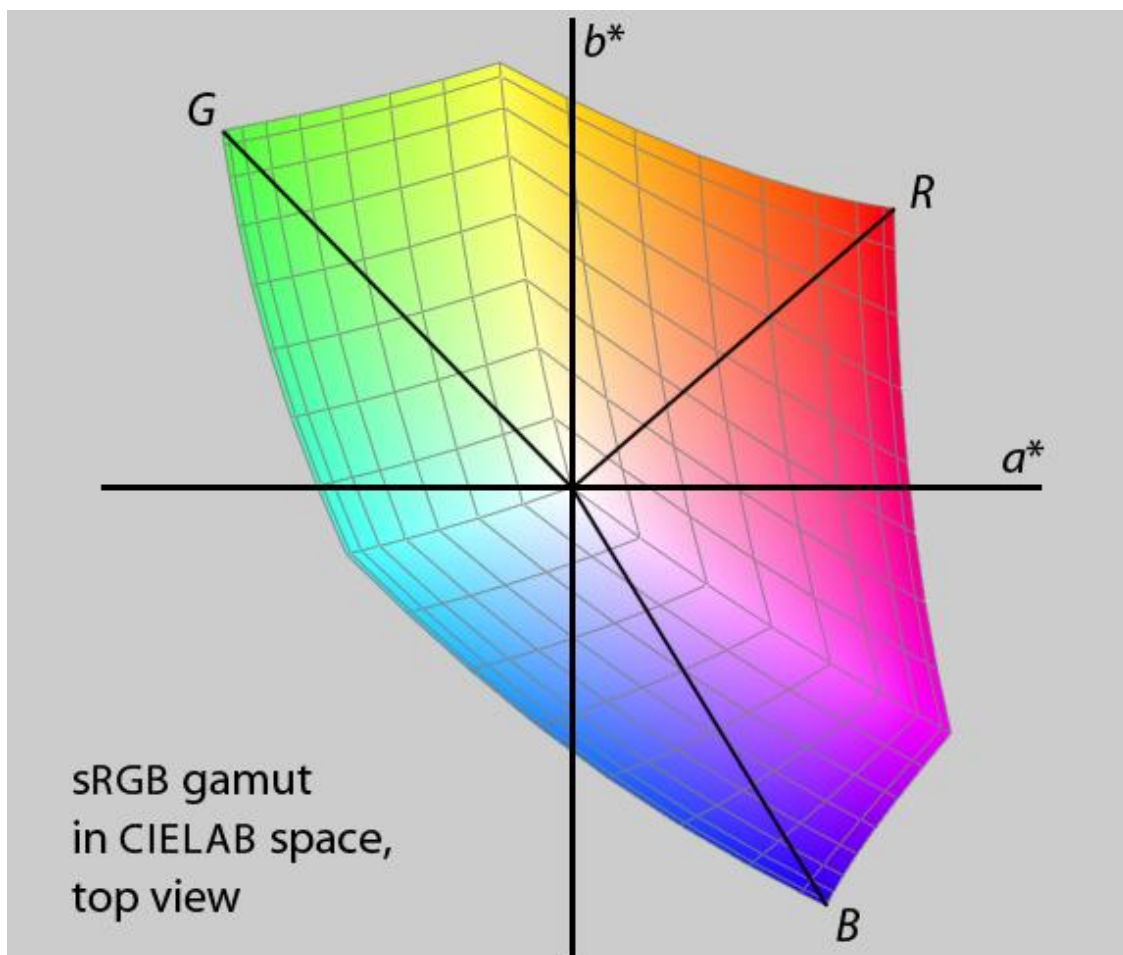
Osa L jde od černé (0) do bílé a určuje světlost barvy

Na osu a jsou vyneseny barevné odstíny červené po zelenou na osu B jsou pak odstíny od žluté po modrou. Stejným způsobem člověk také vnímá barvy. Čípky sice zachycují krátká, střední a dlouhé vlnové délky (barvy RGB), ale před výstupem z oka jsou transformovány do jasové složky, červenozelené složky a žlutomodré složky. Proto je tento systém více podobný lidskému oku.

Díky uniformnosti systému je pak výpočet rozdílu barvy velice jednoduchý:

$$\Delta E = \sqrt{(L2 - L1)^2 + (a2 - a1)^2 + (b2 - b1)^2}$$

Dalším zkoumáním bylo zjištěno, že číslu $\Delta E \approx 2.3$ odpovídá právě minimální okem patrný rozdíl.



Obr. 19 rozložení barev v Lab prostoru z pohledu osy L

5 HODNOCENÍ VÝSLEDKŮ HODNOCENÍ

Vyhodnocení výsledků je nejdůležitější částí hodnocení, kdy se hodnotí každý test zvlášť a výsledky se vládají do souvislostí a grafů. Z výsledků se dá určit celá řada parametrů, jako například nejlepší nastavení pro jednotlivá displeje a nebo vliv různých druhů poškození.

5.1 Aritmetický průměr

Průměrné hodnocení testu je první krok., Dle tohoto výsledku se počítají další parametry (důvěrný interval a standardní odchylka)

Průměrné hodnocení se spočítá jako průměr všech hodnocení pro daný test.

$$\bar{u}_i = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N u_{ik}$$

Kde u_{ik} je skóre za pozorovatele k v testu i a N je počet pozorovatelů.

5.2 Standardní odchylka

Vypovídá o tom, jak moc se od sebe navzájem liší.

$$S_i = \sqrt{\sum_{k=1}^N \frac{(\bar{u}_i - u_{ik})^2}{N - 1}}$$

5.3 Interval spolehlivosti

Při prezentaci výsledky testů, by všechna průměrná skóre měla ležet v intervalu spolehlivosti, který je odvozený ze standardní odchylky. Ten zaručí, že se do testu započítají jen ti hodnotitelé, kteří nehodnotili daný test příliš odlišně od průměru. To se může stát například vlivem nepozornosti pozorovatele.

$$\left[\bar{u}_i - 1,96 \frac{S_i}{\sqrt{N}}, \bar{u}_i + 1,96 \frac{S_i}{\sqrt{N}} \right]$$

5.4 Korigovaný průměr

Poslední krok k výsledku subjektivního hodnocení je určit korigovaný průměr, ten se počítá jako průměr normální s použitím výsledků z důvěrného intervalu. Tim se odstraní hodnocení vzniklá z nepozornosti pozorovatele.

6 CHYBY V ZOBRAZENÍ STEREOSKOPIE

6.1 Stereoskopické chyby

6.1.1 Zarovnání

- Chyba vzniklá nesprávným zarovnáním levého a pravého snímku
- Vzniká při použití rozdílných kamer/optik pro pravé a levé oko.
- Dá se opravit úpravou geometrie snímku.

6.1.2 Barevnost a jas

- Jeden snímek je světlejší nebo má jinou barevnost než druhý
- Způsobeno odlišným nastavením kamer
- Oprava úpravou nastavení barev a jasu

6.1.3 Hloubka ostrosti

- Rozdílná ostrost levého a pravého snímku
- Způsobená rozdílným nastavením clony nebo ohniskové vzdálenosti
- Oprava jedine složitou postprodukcí nebo rozmazáním obou snímků

6.1.4 Synchronizace

- Snímky nejsou správně synchronizovány
- Způsobeno špatnou synchronizací kamer
- Oprava postprodukční úpravou synchronizace

6.1.5 Záměna snímků

- Levý snímek se zobrazuje jako pravý a naopak
- Způsobeno hlavně špatnou editací
- Oprava prohozením snímků

6.1.6 Hyperkonvergence

- Objekty jsou v přílišné blízkosti, aby byly správně zobrazeny
- Způsobeno špatným nastavením a umístěním objektů
- Oprava změnou konvergence

6.1.7 Hyperdivergence

- Objekty jsou v příliš vzdálené poloze, aby byly správně zobrazeny
- Způsobeno špatným nastavením a umístěním objektů
- Oprava změnou konvergence

6.1.8 Rozdílné ohraničení snímků

- Snímky nemají stejně velká okna
- Nepromítají se správně na sebe
- Oprava odstraněním přebytečných oken

6.1.9 Záměna vrstev snímku

- Vrstvy kompozice jsou prohozeny
- Většinou způsobeno špatnou kompozicí
- Oprava přehozením vrstev v postprodukci

6.1.10 Špatná hloubka objektů

- Objekty se nacházejí ve špatné hloubce scény
- Většinou způsobeno špatnou kompozicí
- Odstranění úpravou v postprodukci

6.1.11 Vizualní rozdíl

- Objekt na jednom snímku se nenachází na druhém
- Způsobeno špatnou kompozicí
- Oprava v postprodukci

7 PRAKTICKÁ ČÁST

7.1 Návrh testovacích fotografií

K dosažení kýženého cíle je nutné použít kvalitní digitální zrcadlovku. Právě možnosti nastavení a široká stupnice chromatičnosti fotoaparátu včetně kvalitní optiky a výměnných objektivů představují zásadní rozdíl od fotoaparátů kompaktních. Tyto levnější přístroje přednastavitelnými úrovněmi chromatičnosti disponují, avšak velmi omezeně. A sice prostřednictvím určitých „módů“ pro tvorbu fotografií v interiérech i exteriérech. Samostatně stupně kelvinů nastavit ovšem nelze. Při realizaci tohoto projektu byla použita profesionální digitální zrcadlovka Nikon D200 a k vytvoření stereoskopické fotografie nutná posuvná lišta od firmy Manfrotto model 454, která umožňuje vertikální posun až od 12cm, kterou mi zapůjčil vedoucí práce.



Obr. 20 stereoskopická lišta

Tvorba fotografií v interiéru proběhla za snížených světelných podmínek. Použití stativu tak bylo nevyhnutelné. Hlavními zdroji světla byly klasické pokojové žárovky. Stejná úroveň chromatičnosti těchto zdrojů přispěla k hladšímu pracovnímu postupu. Různé druhy osvětlení by hledání optimálního teplotního středu pouze zkomplikovaly. Při samotném snímání byl fotoaparát umístěn do stejné výškové úrovně s fotografovanými objekty v zájmu redukce optického zkreslení. Fotografie byly exponovány po dobu 13 sekund s nastavením clony s hodnotou 36. Toto nastavení tak výrazně dopomohlo maximálnímu prokreslení snímaného objektu vzhledem k účelovosti celého projektu. V průběhu realizace byla série fotografovaného objektu snímána různými stupni kelvinů od nejvyšších hodnot po nejnižší. Fotoaparát byl před zahájením procesu uchycen na stereoskopickou lištu. První série snímků byla pořízena pro pravé oko a poté, při zachování stejných

hodnot a nastavení, pro oko levé. Z hledem malé vzdálenosti scény od fotoaparát byl posun na liště velice malý a to 2cm.



Obr. 21 Focení v interieru

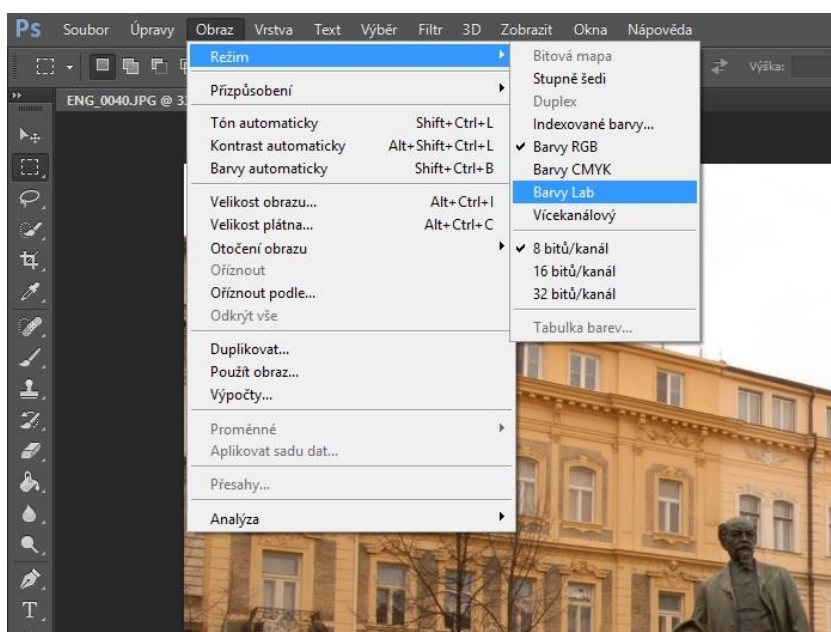
Pořizování snímků v exteriéru proběhlo podobným způsobem. Světelné podmínky byli zcela vyhovující, díky většímu množství světla bylo možné expozici nastavit na 1/4s při zaclonění objektivu na clonu 22. Pro objekt snímání byla vybrána socha na Arbesově náměstí. Pozadí fotografie doplňuje a podporuje plastické vnímání žádoucího 3D efektu. V první linii socha, poté křoví a v dáli domy. Při focení současně hrál velkou roli fakt, že křoví přesně zakrývá rušnou silnici, protože viz 6.1.11 vznikl veliký problém. Na jednom snímku by se objevil objekt například auto, které by na druhém snímku nebylo. Tato oprava by při velkém množství fotografií zabrala spoustu času. V době focení nefoukal vůbec žádný vítr tudíž ani stromy v pozadí nenaruší výsledný stereoskopický vjem. V tomto případě velikost scény umožnila posun na liště o 6,5cm, tedy stejný rozestup objektivu jako jsou od sebe i lidské oči. Samotná váha fotografického aparátu (a ne zcela profesionální stativ) způsobila vychýlení posuvné lišty v horizontální rovině. Tato skutečnost se stala jednou z překážek samotného procesu. V obou případech fototafii byla nastavena citlivost na hodnotu 100 ISO pro dosažení maximalní citlivosti tedy i kvality snímků.



Obr. 22 focení exteriuru

7.2 Zpracování testovacích fotografií

Z pořízených fotografií bylo nejprve nutné získat informaci o barvě. Rozhodl jsem se použít program Photoshop od firmy Adobe, tento software je zdarma pro první měsíc používání. Photoshop standardně otevírá fotografie v barvovém prostoru RGB. Tento prostor není vhodný pro porovnání barevnosti viz 4.3. Proto je nutné přepnout Photoshop do prostoru Lab.



Obr. 23 Nastavení programu Photoshop – Lab

Pomocí nástroje kapátko byla indetifikována barva každého snímku v určitém místě. Informace o barvách se následně zanesly do Excelu. Fotografie s nejvyváženější teplotou chromatičnosti představovala referenční vstup. Data plynoucí z toho snímku poskytly možnost srovnání s ostatními obrázky.

Do šablony o velikosti 2 obrázků posazených vedle sebe jsou vloženy párové obrázky pro levé a pravé oko zvlášt s různými teplotami chromatičnosti. Stereosnímky byly uloženy do formátu JPEG. Stereoskopický formát JPS není vhodný k dalšímu zpracování v programu Adobe Premiere Pro. Vložení snímků do videa je zvláště výhodné, protože fotografie se mohou snáze otestovat na televizoru, který disponuje vlastním programem na zobrazení 3D videa. Ovšem prezentace, s proměnlivou délkou zobrazení pro jeden snímek, by nebylo možné vytvořit.

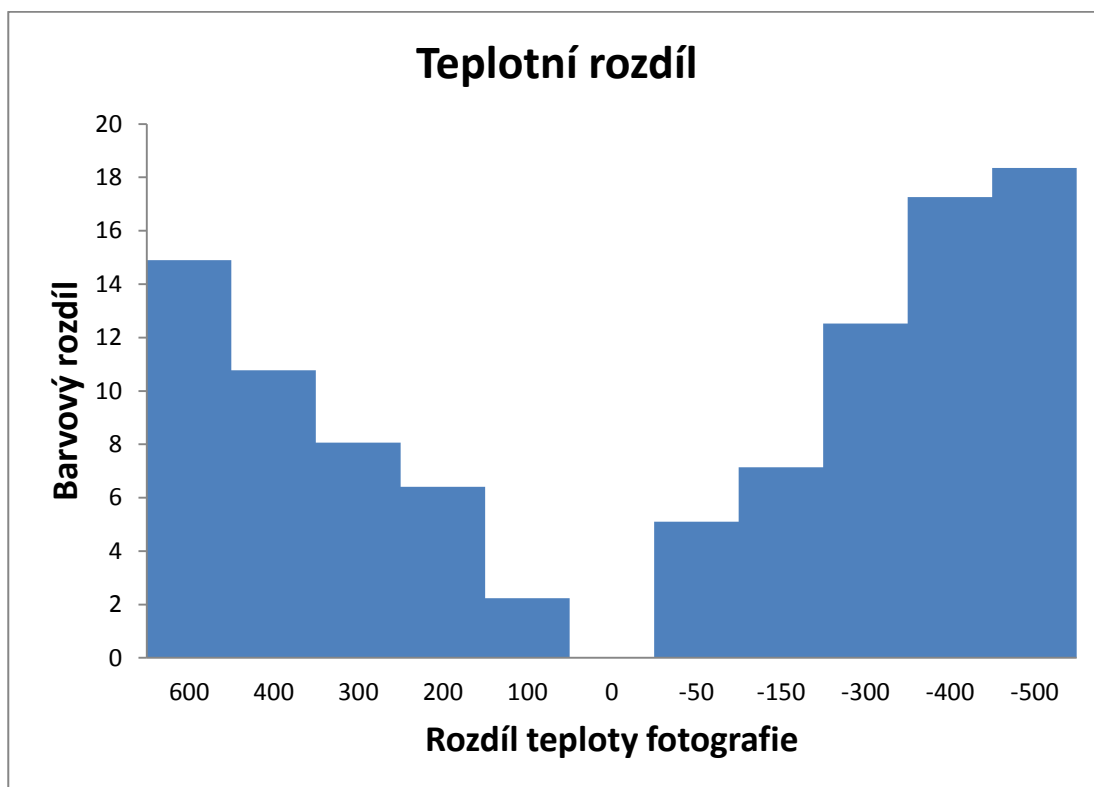
Poslední snímek je šablona vyplněna střední šedivou barvou (Mid grey). Ta je v Lab barvovém prostoru reprezentována hodnotami $L=50$, $a=0$, $b=0$



Obr 24 Fotografie pořízená v exteriuru - velký teplotní rozdíl



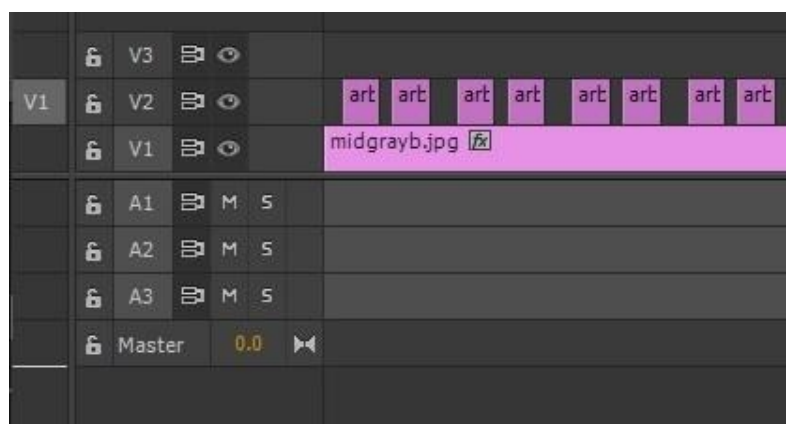
Obr 25 Fotografie pořízená v exteriuru – stejná teplota



Obr. 26 Graf závislosti teploty fotografie na rozdíl barev

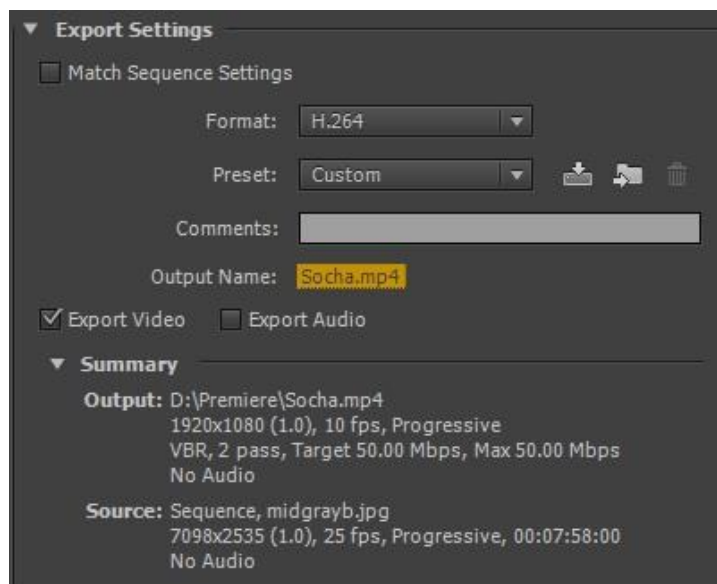
7.3 Vytvoření testovacího videa

Program Adobe Premiere umožňuje vkládat vstupy do různých video kanálů. Proto byl první kanál využit pro vytvořenou stěnu šedivou barvu. Testovací snímky jsou vkládány do druhého kanálu tak, aby vyhovovali testovací metodě DSIS. Pauza, která odděluje jednotlivé testované páry je nastavena na 7s z důvodu jednodušší orientace po časové ose videa.



Obr. 27 Rozložení časové osy v Adobe Premiere

K dosažení co nejlepší kvality videa při renderování byl zvolen HD kodek H.264 s rozlišením 1920 x 1080. U kterého je dobré snížit FPS na 10 snímků za sekundu. Ušetřené snímky se projeví ve zvýšeném průměrném počtu bitů na jeden obrázkový bod při zachování stejného datového toku. Double pass se zase podepíše na jemnějších detailech videa.



Obr. 28 Nastavení renderování v Adobe Premiere

7.4 Vlastní subjektivní hodnocení

Hodnocení, které probíhalo na monitoru ASUS VG236 s úhlopříčkou 24“, se zúčastnilo 15 lidí ve věku od 20ti do 28 let. Hodnotila se dvě vzniklá videa.

Na Televizoru SAMSUNG PDP550 hodnotilo 8 respondentů jedno video na se dvěma nastavení barev televizoru a sice ve standardním režimu a v režimu „film“

Hodnocení probíhalo v režimu fullscreen a za standardního osvětlení.

Při testování monitoru bylo vždy video připraveno ve fullscreen režimu programu NVIDIA 3D Vision Video Player. Po stisknutí klavesy mezerník se pustilo hodnocení. Pozorovatel hodnotil pomocí stupnice na obr. 15. Výsledné hodnocení bylo manuálně zaznamenáno do předem připravené Excelové tabulky. Hodnocení probíhalo v samostatném pokoji, takže žádný z respondentů nemohl zaslechnout nebo zahlédnout hodnocení jiného pozorovatele. Slider není možné použít, protože by narušoval stereoskopický obraz na monitoru a u potenciometru by mohli mít někteří pozorovatelé problém orientovat se na stupnici za snížené viditelnosti, z důvodu použití stereoskopických brýlí.(3.2.3)

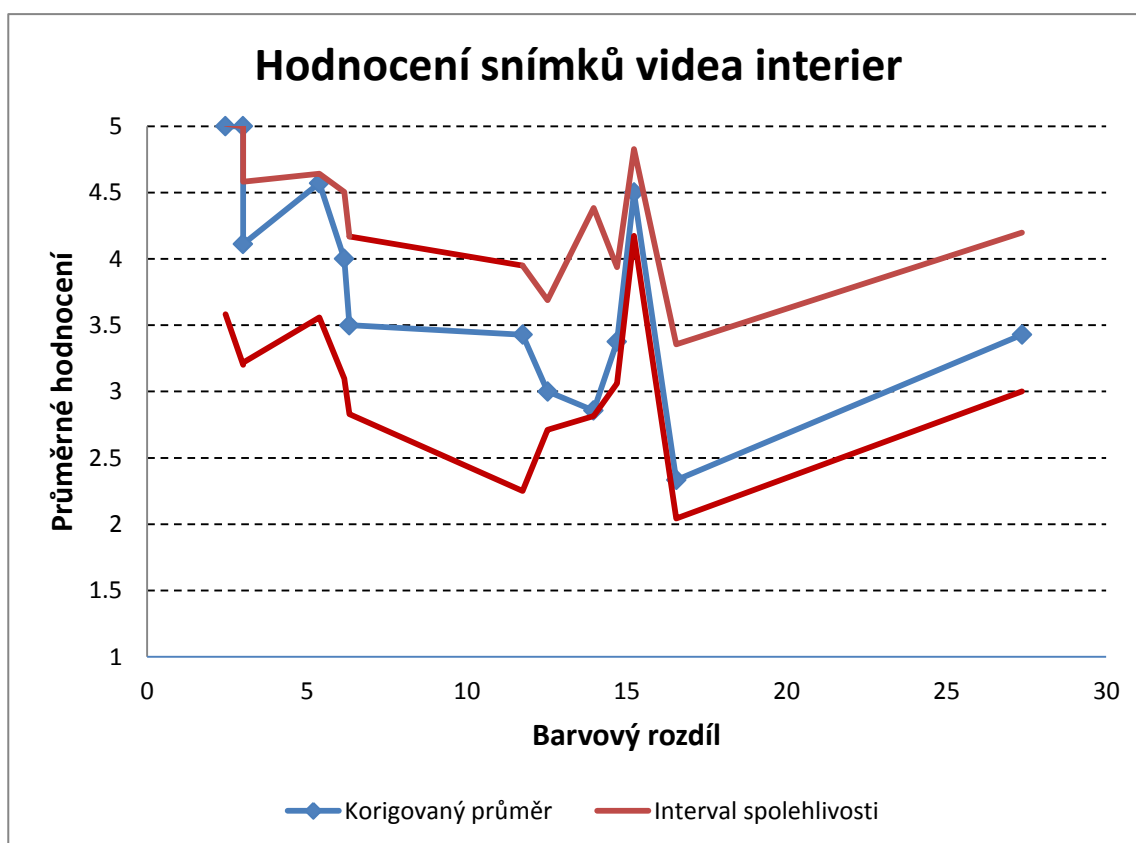
V každém videu jsou vždy 3 první snímky testovací a do závěrečného hodnocení se nezapočítávají.

7.5 Výsledek hodnocení

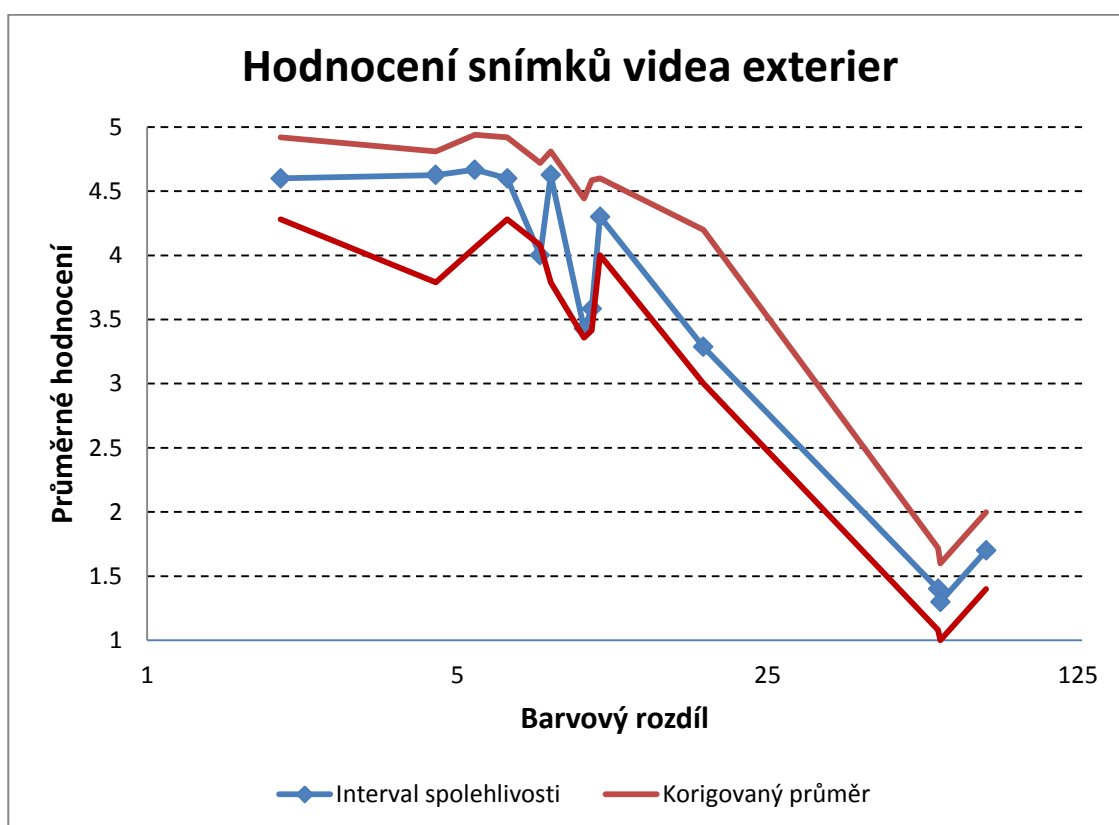
Pořízené hodnoty bylo nutné seřadit podle rozdílu chromatičnosti v jednotlivých fotografiích, to velmi usnadní jejich organizaci a další zpracování ve grafech. Z dat se pomocí vztahu (5.1) vypočítá průměrné skóre jednotlivého snímku. A také standardní odchylka (5.2) ta se využije k výpočtu intervalu spolehlivosti (5.3). Pro výpočet standardní odchylka je možné využít funkci STDEVA, která je součástí MS Excel. Získané výsledky jsou zaneseny do grafů.

7.5.1 Hodnocení monitoru ASUS

Graficky zobrazené výsledky hodnocení fotografií poničených špatným teplotním vyvážením bílé je možné vidět na následujících obrázcích.



Obr. 29 Hodnocení snímků videa „interier“



Obr. 30 Hodnocení snímků videa „exterieu“

Na těchto obrázcích je vidět opakující se fenomén: některé fotografie, s velice podobným barevným rozdílem, jsou hodnoceny s výrazně lepším skóre. Při bližším porovnání fotografií okolo barevného rozdílu 15 (obr. 29) je tento jev nejlépe vidět. Existuje jedna fotografie s nadstandradně vysokým ohodnocením vůči ostatním fotografiím v okolí. Jedná se o fotografe nafocené při nastavené teplotě chromatičnosti 3600K, 2950K a 2850K. Fotografi o teplotě 3600K je hodnocená lépe než druhé dvě. Tento rozdíl je větší než 1.

Na obr. 30 se výrazné hodnotící skoky nalézají v rozmezí od 7 do 11 barevného rozdílu. A to fotografie foceně při 5000K, 4500K, 6700K a fotografii vyfocenu na přednastaveném profilu „Slunce“. Tohle nastavení by mělo odpódat hodnotě kolem 5200K. I v tomto případě fotografie s větší teplotou chromatičnosti dosahují lepšího ohodnocení než studenější obrázky.



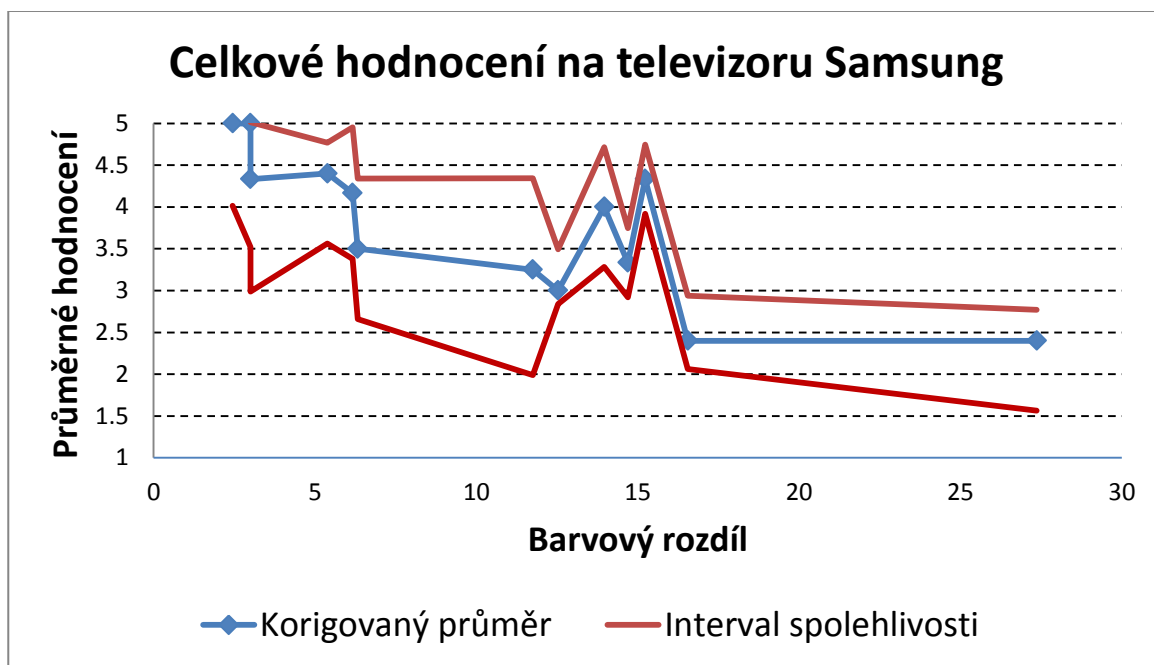
Obr 31. Fotografi o teplotě chromatičnosti 2950K



Obr 32. Fotografi o teplotě chromatičnosti 3600K

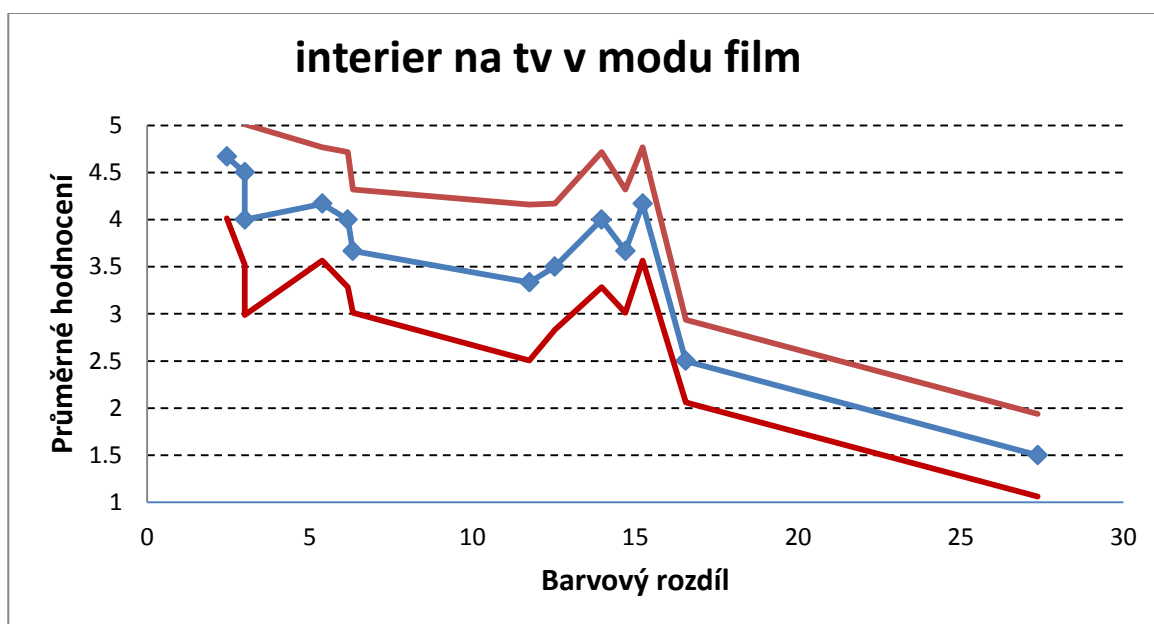
7.5.2 Hodnocení monitoru Samsung

Poničené fotografie na standardní nastavení



Obr. 33 hodnocení v modu standard

Výsledný graf zhruba odpovídá grafu na obr 29.



Obr. 33 hodnocení v modu standard

7.6 Zhodnocení výsledků

Hodnocení pozorovatelů odpovídá předpokladu, že stereoskopické zobrazení je velice náchylné k poškození při špatně nasnímané scéně a nesprávně nebo nestejně nastaveném snímacím zařízení. Stereoskopický vjem vzniká i při extrémních situacích, kdy obraz pro levé oko a obraz pro pravé oko nemá společnou žádnou barvu scény. To je asi důvod proč ani nejvíce poničené fotografie úplně nepropadly.

Získaná data byla vyhodnocena a zanesena do grafů. Zajímavým zjištěním bylo, že při stejném barevném rozdílu poškození jsou studené barvy daleko agresivnější a pozorovateli dělají daleko větší potíže obrázek vidět správně.

Po skončení hodnocení větší množství respondentů přiznalo, že menší barevná poškození nenarušovala pohodlné sledování 3D fotografie. Avšak po delším sledování monitoru se necitili moc dobře a občas pociťovali i nepříjemné omámení nebo točení hlavy.

Při hodnocení této prezentace na TV Samsung jsem zjistil, že přepnutím barevného módu (ze standardního na filmový) dojde ke zlepšení barevného vnímání u všech pozorovatelů. Toto platí pouze pro malé a střední barvové rozdíly, při větších rozdílech je výsledný vjem mnohem horší než u standardního nastavení.

8 ZÁVĚR

V této práci jsem se měl podrobně seznámit s metodami tvorby stereoskopického obrazu a jejich následného subjektivního hodnocení. Zjistil jsem, že spoustu možností jak vytvořit 3D vjem. Tyto technologie už mají více než 150letou tradici. Dosáhnout kvalitního 3D obrazu je ale už daleko náročnější, protože každý člověk má jiné nároky na kvalitu a zprostředkovávání vjemu. Z tohoto důvodu je subjektivní hodnocení velice důležité a pomáhá nám k vytvoření nastavení, které bude pohodlné pro co možná největší počet lidí.

K tomu bylo nafoceno víc než 20 párů fotografií o různé teplotě chromatičnosti. Jejich vzájemnou kombinací vznikla 2 testovací videa, používají metodu DSIS.

Podle předpokladu v subjektivním hodnocení vyhrála fotografie s nejmenším barvovým rozdílem. Naopak nejhůře byla hodnocena fotografie se studenými barvami a vysokým barvovým rozdílem.

ZDROJE

- [1] lidké oko [online], [Vid 20.4.2013] Dostupné na: <http://lidske-smysly.wbs.cz/zrak/dfvgbnm.jpg>
- [2] The History of Integral Print Methods [online], [Vid 20.11.2013] Dostupné na: <ftp://ftp.umiacs.umd.edu/>
- [3] Focus in Eye [online], [Vid 20.4.2013] Dostupné na: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File: Focus_in_an_eye.svg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Focus_in_an_eye.svg)
- [4] Konvergence a Paralaxa [internet] [Vid 15.5.2013] <https://vyuka.iim.cz/a4m39mma:15>
- [5] TU-R Recommendation BT.500-13. Methodology for the Subjective Assessment of the Quality of Television Pictures. Geneva: ITU, 2012.
- [6] Holmes_stereoscope [internet] [Vid 10.4.2013] http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Holmes_stereoscope.jpg
- [7] Plastic 3d glasses [int] [Vid 10.4.2013] [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/30/ Plastic_3d_glasses.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/30/Plastic_3d_glasses.jpg)
- [8] nvidia-3d-vision-pro-hardware [internet] [Vid 11.5.2013] <http://www.engadget.com/2010/08/04/nvidia-3d-vision-pro-technology-uses-rf-syncing-to-woo-professio/>
- [9] polarized-glasses [internet] [Vid 20.8.2013] <http://www.best-3dtvs.com/guides/how-3d-tvs-work/>
- [10] parallax barrier & lenticular lens& optimum distance[internet] [Vid 20.4.2013] <http://www.3d-forums.com/threads/autostereoscopic-displays.1/>
- [12] 300px-Holography_reconstruction [internet] [Vid 20.4.2013] <http://nl.wikipedia.org/wiki/Holografie>
- [13] sony-hmz-t1 [internet] [Vid 20.4.2013] <http://3dvision-blog.com/wp-content/uploads/2013/02/sony-hmz-t1-t2-hmzs.jpg>
- [14] infitecfilters2 [internet] [Vid 20.8.2013] <http://www.lhup.edu/~dsimanek/14/stereo.htm>
- [15] [internet] [Vid 13.4. 2013] <http://www.visionnw.com/history-of-3d-technology.html>