

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY
ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY

Ing. Petr Baxant

**ANALÝZA JASOVÝCH POMĚRŮ S VYUŽITÍM
DIGITÁLNÍ FOTOGRAFIE**

**LUMINANCE DISTRIBUTION ANALYSIS USING
DIGITAL PHOTOGRAPHY**

Teze disertační práce

Obor: Elektroenergetika a silnoproudá elektrotechnika

Školitel: Doc. Ing. Jiří Plch, CSc.

Oponenti: Prof. Ing. Karel Sokanský, CSc.

Doc. Ing. Alfonz Smola, CSc.

Datum obhajoby: 28. března 2000

Brno 2000

ISBN 80-214-1585-1

OBSAH

ABSTRACT	5
ÚVOD	9
1. SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	9
2. CÍLE PRÁCE	11
3. POUŽITÁ METODIKA	11
4. HLAVNÍ VÝSLEDKY PRÁCE	12
4.1. Zrakové vnímání	12
4.2. Oslnění	13
4.2.1. Výpočty a hodnocení oslnění	13
4.3. Digitální fotografie	16
4.4. Analýza jasových poměrů s využitím digitální fotografie	17
4.5. Praktická aplikace	20
5. ZÁVĚR	21
5.1. Praktické využití metodiky	22
5.2. Nástin dalšího řešení	23
6. LITERATURA	25
ŽIVOTOPIS	28

ABSTRACT

Modern technologies often interfere with, as well as aid, various spheres of human activities. An important part of technical progress, which we can meet in everyday life, is artificial lighting. The mastering of the conversion of electrical energy into the energy of visible radiation is connected with the beginning of the mass production of electric bulbs that represented the first easily usable electric source of light. Since then new and superior luminous sources—having a longer lifetime, higher luminous efficiency and wider range of applications—have been developed, along with suitable luminaries for these sources significant changes have been made in light fixtures by many manufacturers. The luminous efficiency of the light sources has risen to at least the order of hundreds and the total values of luminous flux of recent efficient sources exceed 100,000 lumens (lm). Thus, lighting can provide illumination similar to daylight; but most applications of artificial lighting also have problems.

Each light source appears brighter than its surrounding background, not only visually, but also photometrically. Areas with greater reflection are brighter too and they, together with the light sources and background, are the basis of luminance distribution in space. This distribution is a key factor in affecting sight. Recently there has been a trend to use qualitative requirements on illuminating systems instead of quantitative ones. Eye physiology begins to play a main role in determining the requirements of luminance distribution. This should determine the design of qualitative parameters of a lighting system and its environment for visual activity. To get objective results it is necessary to perform a suitable analysis of luminance conditions.

If surfaces with luminance higher than the value which the eye has just been adapted to, appear in a visual field, it is seen as glare. This may result in problems for visual activities, such as instant eyestrain and decreased visual input. The level of the problem then depends on the level of glare. There are two basic types of glare—physiological and psychological. Physiological glare, the worse case, can be divided into restrictive glare and blinding glare and is caused by the real physiological overload on human eye retinas or on parts thereof. This type of glare should not occur in illuminating systems at all.

It is also necessary to avoid discomfort glare, which is the psychological type. The problem with this type of glare is that it does not affect directly the physiological function of eyesight and in many cases we do not even realize its presence. It can be long-lasting and cause problems ranging from eyestrain to total-organism fatigue. To design a solution to this problem, it is necessary to quantify the amount of glare.

At present, the calculation of glare is limited to interiors and in most cases is focused on direct glare.

Discomfort glare is analysed by the statistical processing of the results of observation and the evaluation of the total lighting environment for various activities

by a large number of observers in many pattern rooms. There are several methods of glare evaluation, two of which are in principle used in European countries. It is also necessary to mention the Czech national standard using the results of J. Netusil's research, the U.S. standard, the methodology of the Australian standard, and the former Soviet Union standard. Each standard has its particular application possibilities, simplifications, and limitations, and therefore also gives different results.

This variety itself brings many questionable aspects in designing illuminate systems, especially inaccuracy caused by the simplification of a given situation. There have been efforts to unify the standards and work out a universal methodology, e.g. the UGR method recommended by the International Commission for Lighting (CIE). The worldwide solution of the problem thus lies in the quite far future. Let us mention the main drawbacks of recent methods for the evaluation of discomfort glare:

- limitation to direct glare
- limitation of indoor glare without the consideration of daylight
- statistically few significant groups of observers used for establishing a given methodology
- limited range of background luminance
- limited range of the solid angle (spatial) of glare sources
- fixed range of the directions of view
- limitation to specific types of luminaries and their configurations
- limitation of the character of the test space—the reflection factors of walls, ceiling, floor, and in many cases also the dimensions of a room.

With this listing we can end the brief summary the current situation in the field of glare evaluation of lighting systems.

Selection of the most suitable method of evaluating glare is very important, it is also very complex because of the great variety of measuring instruments, techniques. Only objective luminance meters of high accuracy can be used, if highly accurate of luminance evaluation is required. Naturally, the luminance distribution analysis in space by means of such instruments is very complicated and slow, due to a great deal of measuring that must be performed. If we surrender high accuracy during measuring and respect natural abilities of the eye concerning the resolution of luminance levels, we can replace a large set of measurements with only one measurement—making a photographic record. Though classic photography could be used, it is possible to utilize a more progressive and quickly developing technology—digital photography. This technology also allows the significant advantage of successive processing of whole luminance distribution analysis on a computer without further complicated conversions of measured values to a suitable form. Although photography has certain limitations, it has been applied because of its current state reached by long development and because of adapting its sensitivity to the sensitivity of the human eye.

Use of digital photography especially involves spectral sensitivity to radiation in the range of visible light and adapting camera processes that more or less imitate human eye behaviour. The human eye, which is the only light-sensitive element in glare situations, is the most important element and the reason for even needing analysis of glare at all.

That is why photography, especially digital, appears to be a highly appropriate data source for further processing in the analysis of luminance conditions and subsequent conclusions in the field of discomfort glare.

Another fact that supports the idea of the application of digital photography is its possible connection with artificial intelligence systems. The successful application of these systems in automation and control processes was enabled by the utilization of computing technology. The analysis of luminance conditions can extend this application field with measuring and analysis. Applying expert systems or neural networks would mean a totally different approach to the calculation of a very complicated problem—discomfort glare. Using expert analysis allows comparing in relatively short time the test results with the specified. Also it enables highly successful and reliable results. Applying expert systems and extensive knowledge bases would be another tool in the processes of evaluating lighting systems from the point of view of ergonomics of visual activities that are directly related to glare.

Avoiding fixed mathematical algorithms, that will probably never be able to completely classify discomfort glare, would mean a significant improvement in computing methodology. Moreover, the inverse analysis for the internal structure of intelligent systems could bring a great deal of important knowledge about the psychology of visual reception.

Some practical applications of this technology have been mentioned, yet the contribution for practice has not been emphasised. First, it is necessary to understand that the effort to provide optimum luminous conditions in lighting rooms—especially in rooms with higher visual demands—can be limited by some problems. Providing a certain specific illumination level for a given visual activity is not sufficient for providing suitable luminous conditions in every room. It is also necessary to provide lighting that creates conditions for optimum visual comfort, which should not adversely affect workers or lower their performance.

The work of a lighting technician currently is very difficult, as he usually has to rely on the parameters guaranteed by a producer of luminaries. In most cases he has to get along with basic computing software that allows him to design lighting systems in such a way that it provides a needed illumination level of a comparative plane. The evaluation of glare mostly assumes that the luminary has a set of defined luminance curves that are drawn in a graph with limit curves determining the applicability of the luminary. The assumptions of such data have major limitations described in the theoretical part of this thesis. Moreover a lighting technician usually cannot count even know the effects of basic room equipment (as furniture, tables, and windows) and sometime he does not even know where the final working room will be. Then the result design can be affected by unsuitable layout or shade of

furniture, unsuitable location of a working room, human discomfort from reflections or installation of excessive luminaries.

If we want to avoid the inconvenience and discomfort of glare, we need to perform a check measurement. It is a very difficult problem in a complicated system with many light fittings and reflecting surfaces, it can be very discouraging. Even if we are able to analyse the space, we cannot be sure that the analysis is true (possible omission of some of the glare sources, incorrect determination of position or dimensions, and especially the potential limitations of the method itself). If we find a defect in a given lighting system we will probably try to correct it. We will perform certain steps leading to the elimination of glare (light coverings, increasing background luminance by illuminating it, removing local glare sources etc.). Then it is necessary to reanalyse the system and, in case the correction has not been successful, to repeat the whole process. It is a very complicated, expensive, and mainly time-consuming operation.

Systems using digital photography as a data source, described in the thesis, would allow one to simplify and, as much as possible, automate the whole process of system optimization from the point of view of providing optimum visual comfort. Let us imagine the example above when we perform a check measurement in an already existing lighting system. This time let us use digital photography. After installation of the evaluation equipment, we place a sensing camera at the position of a work place and, we define the direction of the tested view. The measuring system performs analysis from the measured digital photograph and calculates glare index. We may for example, find that discomfort glare in a given direction is greater than the value allowed by the standard. We will know this quickly without tiring measurements and calculations—we can say “in real time”. Because we have the digital photo in the computer memory now we can try to perform the correction there. Though this solution does not thoroughly correspond with reality (shading a glaring source can change luminous conditions in the whole photo), it allows us to eliminate useless steps which otherwise would be performed with real luminaries. After this correction simulation we can, for example, learn whether the glare now complies with a given requirement. Then we can achieve the correction in practice and perform check measurements to confirm the results.

If an expert system is engaged in the process, it itself—using a knowledge base created by an expert during the creation of the system—can decide which steps should be done for correction.

We have a means that enables one almost in real time and real environment, to optimise room and lighting system layouts to achieve maximum visual comfort. The results are the improvement of working conditions, increasing and improvement of visual load, and the satisfaction and lower fatigue of workers; all of these contribute to the increase of production efficiency. This is the main objective of lighting technology and the effective inhibition of discomfort glare is one of the means that can achieve it.

ÚVOD

Moderní technologie zasahují do nejrůznějších oborů lidské činnosti. Významným prvkem technického pokroku, se kterým se setkáváme v každodenním životě, je umělé osvětlení. Osvojení technologie přeměny elektrické energie na energii viditelného záření je spjato se zahájením sériové výroby elektrických žárovek, které představovaly první jednoduše použitelný elektrický zdroj světla. Od té doby se vyvíjely stále nové a kvalitnější světelné zdroje disponující větší životností, měrným výkonem a rozsahem aplikačních možností. Současně s elektrickými zdroji světla se vyvíjely i vhodná svítidla pro tyto zdroje. I zde byly zaznamenány značné změny a v současné době je nabízeno řadou výrobců nepřehledné množství svítidel od aplikací nejběžnějšího osvětlování domácností, pracovišť, ulic, veřejných místností a prostranství až po speciální svítidla ke zvláštním účelům. Měrné výkony světelných zdrojů vzrostly minimálně o dva řády a absolutní hodnoty světelného toku dnešních výkonných světelných zdrojů přesahují hranici 100 000 lm, což vytváří předpoklady k jejich nasazení při osvětlování rozlehlých prostor, kterými mohou být velké výrobní haly, sportovní stadiony a významná veřejná prostranství. Osvětlení tak může zabezpečit podobné podmínky jako denní světlo, ovšem jako většina aplikací skrývá i umělé osvětlení problematická místa.

Každý zdroj světla se v prostoru jeví jasnější než jeho okolí - pozadí, a to nejen vizuálně ale i fotometricky. Jasnější jsou i plochy s větším činitelem odrazu a ty spolu se zdroji světla a pozadím vytváří základ rozložení jasu v prostoru. Toto rozložení je rozhodujícím činitelem při hodnocení jeho dopadu na zrakovou činnost. Trendem dnešní doby je přechod od kvantitativních požadavků na osvětlovací soustavy k požadavkům kvalitativním. Hlavní roli začíná hrát fyziologie zraku a rozložení jasů tvoří výchozí podklady právě pro stanovení kvalitativních parametrů osvětlovací soustavy a prostoru pro zrakovou činnost obecně. K získání objektivních závěrů je bezpodmínečně nutné provést vhodnou analýzu jasových poměrů.

1. SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Rozložení jasu ploch v zorném poli pozorovatele hraje velice důležitou roli v celém procesu zrakového vnímání. Byla vypracována řada studií, jejichž závěry jasně definují některé základní požadavky na rozložení jasu v místě pracovního úkolu, jeho blízkém a vzdáleném okolí, velikosti kritických detailů při různých hodnotách kontrastů, mezní hodnoty kontrastů a jiné. Všechny uvedené požadavky vycházejí z fyziologických možností zraku a jsou dostatečně prozkoumány. V literatuře je možné nalézt množství informací o možnostech zraku z hlediska vidění, rozlišování detailů, rozlišování kontrastů jasu či barev. Důvodem je relativně snadná realizace testovacích měření, která jsou nutná ke zjištění daných vlastností. Tato část je tedy méně zajímavá z hlediska dalšího výzkumu, nicméně postupy, které budou popsány dále, lze aplikovat i zde.

Zajímavější a zatím nedořešenou oblastí je část analýzy jasových poměrů, která naráží na problematiku psychologie zrakového vnímání a to především rušivého oslnění. Přestože se danému jevu v historii věnovala řada vědců, nebyla problematika dosud jednoznačně uzavřena a existuje stále mnoho pochybností, které znemožňují aplikovat současně používané metody výpočtů na určité typy prostorů, resp. na prostory, které výrazněji vybočují od těch, pro které byla daná metodika odvozena.

V současné době se oslnění (jeho výpočet) omezuje na interiéry a ve většině případů se zaměřuje na oslnění přímé. Je založeno na výsledcích výzkumů rušivého oslnění. Rušivé oslnění se vyšetřuje statistickým zpracováním výsledků pozorování a hodnocení situace při nejrůznějších činnostech většího počtu pozorovatelů v četných modelových laboratorních prostorech. Existuje několik způsobů hodnocení oslnění a v evropských zemích se k hodnocení oslnění využívají v zásadě dva. Pokud se budeme zabývat problémem celosvětově, je nutné navíc vzpomenout českou národní normu vycházející z prací J. Netušila, standard USA, metodiku australské normy a bývalého Sovětského svazu. Každá norma má své specifické aplikační možnosti, zjednodušení, omezení, a tím pádem i jiné výsledky.

Už tato nejednotnost zanáší do celého problému řadu nejasností při vlastním návrhu osvětlovacích soustav a hlavně nepřesností, které se zanášejí do systému zlehčováním a zjednodušováním situace. Projektant tedy většinou bere v úvahu metodiku zakotvenou v té či oné národní normě, aniž by uvažoval možné komplikace při jejím použití. Zatím ani v evropském měřítku neexistuje jednotný standard. Jsou zde sice snahy o jakési sjednocení a vypracování univerzální metodiky řešení, viz. metoda UGR, doporučená mezinárodní komisí pro osvětlování. Chvilu, kdy se problém podaří vyřešit celosvětově je zatím poměrně vzdálená. Existuje stále řada nejasností o celém problému a malý počet odborníků zapojených ve výzkumech v této oblasti jen stěží zaznamenává přijatelné výsledky.

Pro ilustraci uvedme nejzákladnější nedostatky v dnešní době používaných metod hodnocení rušivého oslnění. Patří k nim zejména následující body:

- omezení na oslnění přímé
- omezení na oslnění v interiérech bez uvažování denního světla
- statisticky málo významné skupiny pozorovatelů při sestavování dané metodiky
- omezený rozsah jasů pozadí
- omezený rozsah prostorového úhlu oslňujících zdrojů
- pevně stanovený rozsah směrů pohledu
- omezení na určitý typ svítidel a jejich uspořádání
- omezení charakteru prostoru, co se týče činitelů odrazu stěn, podlahy a stropu, mnohdy i rozměrů místnosti.

Tímto výčtem lze zakončit stručný přehled současného stavu v oblasti hodnocení oslnění v osvětlovacích soustavách.

2. CÍLE PRÁCE

V předchozí kapitole byla navozena řada témat, jejichž řešení by znamenalo sjednocení celé problematiky do univerzální metody aplikovatelné na jakoukoliv modelovou situaci bez omezení a tím zvládnutí celého problému kolem oslnění při libovolné zrakové činnosti. Je však nemožné jedinou prací tohoto typu dosáhnout podobných výsledků, které by byly odbornou veřejností bez připomínek akceptovány. Lze alespoň učinit významné kroky k vylepšení dnešní situace.

Cíle práce lze rozdělit do několika základních částí. V první řadě bylo třeba zhodnotit současný stav problematiky hodnocení rušivého oslnění a vytvořit ucelený souhrn poznatků v této oblasti, neboť v současné době není k dispozici dostupný materiál, ze kterého by bylo možné získat dostatečné množství informací v ucelené podobě pro další případný výzkum.

Dalším cílem bylo poukázat na perspektivní metody měření nejen samotného oslnění ale i obecných jasových poměrů. V návaznosti na principy měření jasů a jeho rozložení, byla popsána digitální fotografie, jako jedna z možných a velice perspektivních metod analýzy jasu. Jelikož vlastnosti digitální fotografie se jeví jako příznivé, byla problematika digitální fotografie věnována samostatná kapitola a cílem bylo popsat možnosti této technologie při nasazení v procesu měření. Hlavním cílem však bylo položit vhodné teoretické podklady pro praktické využití a možnosti nasazení této technologie při procesu hodnocení oslnění, ať už s využitím stávajících metod či s metodami novými, které by mohla přinést budoucnost. Posledním úkolem bylo prakticky vyzkoušet a zhodnotit některé postupy při práci s digitální fotografií a dostupným přístrojovým vybavením.

Práce má být nejen souhrnem poznatků současného stavu ale také návodem a ukazatelem možného budoucího vývoje. Záleží však na odborné veřejnosti, zda bude problematika oslnění, nejen u nás ale i celosvětově, v blízké budoucnosti sjednocena. Doufejme, že tato práce přispěje k hlubší diskusi, která se na toto téma snad brzy v budoucnu povede.

3. POUŽITÁ METODIKA

Výběr vhodného postupu řešení je v dnešní době, kdy existuje velké množství měřicích přístrojů, metod měření a jejich vyhodnocování, je nelehkým a závažným rozhodnutím. Ve fotometrii při měření jasu, lze v případě požadujeme-li zvýšenou přesnost měření, použít výhradně objektivních jasoměrů vyšší třídy přesnosti. Ovšem analýza rozložení jasu v prostoru pomocí podobných přístrojů je velice pracná a zdlouhavá, vzhledem k velkému množství měření, které je třeba provést. Vzdáme-li se určité přesnosti při měření, přičemž budeme respektovat přirozené schopnosti oka, co se týče rozlišení počtu hladin jasu, pak velký soubor měření můžeme nahradit pouze měřením jediným a to pořízením fotografického záznamu. I když by se dala využít i klasická fotografie, naskýtá se zde možnost sáhnout po technologii v dnešní době velice progresivní a rychle se rozvíjející - digitální fotografii. Pro tuto technologii hovoří i možnost následného zpracování celé analýzy

jasových poměrů na počítači bez dalších složitých konverzí naměřených hodnot do vhodného tvaru. Přestože má fotografie jistá omezení, je její použití odůvodněno jejím dlouhodobým vývojem a přizpůsobováním do tvaru citlivosti podobnému citlivosti lidského oka. To se týče hlavně spektrálních citlivostí na optické záření v oblasti viditelného světla a adaptačních mechanismů fotoaparátů, které více či méně kopírují mechanismy lidského oka. A právě lidské oko, které je jediným světlocitlivým prvkem v procesu oslnění, je nutné brát jako prvek, kterému je vhodné celé měření přizpůsobit, včetně následné analýzy.

Z toho důvodu se fotografie, zvláště pak digitální, jeví jako velice perspektivní zdroj dat pro další zpracování v procesu analýzy jasových poměrů a následném vyvození závěrů v oblasti rušivého oslnění.

Další fakt, který utvrzuje myšlenku použití digitální fotografie, je možnost jejího výhodného spojení se systémy umělé inteligence. Tyto systémy mohly být nasazeny v procesech automatizace a řízení se solidními výsledky až s využitím výpočetní techniky. Analýza jasových poměrů může tuto aplikační oblast rozšířit o oblast měření a analýzy fotometrických veličin. Nasazení expertních systémů, či popř. neuronových sítí, by znamenalo zcela jiný přístup k výpočtům tak složitého problému, jakým rušivé oslnění je. S využitím expertní analýzy je možné totiž v relativně krátkém čase porovnávat právě měřené parametry s výsledky již dříve změřenými a v praxi či laboratorních testech potvrzenými. To dává předpoklad k velké úspěšnosti a spolehlivosti takto získaných výsledků. Nasazení expertních systémů a kvalitních znalostníchází by proto bylo další zajímavou metodou v procesech hodnocení osvětlovacích soustav z hlediska ergonomie zrakové činnosti, se kterou oslnění přímo souvisí.

Oproštění se od pevných matematických algoritmů, které pravděpodobně nikdy nebudou moci klasifikovat rušivé oslnění do důsledku, by znamenalo významný krok ve výpočtové metodice. Navíc zpětná analýza vnitřní struktury inteligentních systémů, by mohla vnést řadu významných poznatků o psychologii zrakového vnímání.

4. HLAVNÍ VÝSLEDKY PRÁCE

V této kapitole jsou shrnuty nejdůležitější poznatky ve stejném pořadí jako ve vlastní práci.

4.1. Zrakové vnímání

Zrakový systém je velice složitý smysl a pochopení základních principů vyžaduje znalost hlavních funkcí oka, sítnice a vyšších zrakových center. Aby bylo možné vysvětlit některé pojmy týkající se mezních stavů zraku, je třeba uvést nejdůležitější mechanismy spojené s činností zraku. Oko, jako čidlo zraku, je samo velice složitý orgán a hlavně pak sítnice, která zajišťuje nejen detekci světelného záření ale z velké části zpracování obrazové informace a úpravu signálu pro následný přenos do mozku. Zajišťuje také hlavní adaptační mechanismy pro možnost zrakového

vnímání v širokém rozmezí osvětlení. Dá se říci, že oko pozorovatele se v každém prostředí přizpůsobuje jasů zorného pole tak, aby množství informace bylo maximální. Úroveň jasů, která odpovídá optimálnímu stavu zraku, je nazývána adaptačním jasnem. Přesná definice velikosti adaptačního jasů však zatím chybí a v různých literaturách je i různě interpretována, většinou brána jako průměrný jas pozadí či zorného pole. Obecně lze tvrdit, že adaptační jas je závislý nejen na absolutní hodnotě průměrného jasů pozadí ale i na poloze jednotlivých jasných ploch, ze kterých se průměr počítá, na celkovém rozložení jasů v zorném poli, na rozložení jasů v místě největší zrakové ostrosti, tj. v místě pracovního úkolu ale zpětně na celkové úrovni adaptace, která podmiňuje přechody mezi skotopickým a fotopickým viděním, kdy se mění skladba a citlivost receptorů na sítnici.

S adaptačním jasnem jsou úzce spjaty i některé mezní stavy zraku. Vyskytuje-li se totiž v zorném poli plocha či plochy s vyšším jasnem, který výrazněji překračuje jas adaptační, může vzniknout oslnění jako nepříznivý stav zraku zhoršující kvalitu vidění.

4.2. Oslnění

Podle stupně působení dělíme oslnění na několik typů. V nejzákladnějším dělení hovoříme o oslnění pozorovatelném a rušivém (psychologické složky oslnění), omezujícím a oslepujícím (fyziologické složky oslnění).

Rušivé oslnění subjektivně narušuje zrakovou pohodu a přitom zdánlivě není zhoršeno nebo omezeno vidění. Oslňující zdroj poutá pozornost na úkor místa, na které by se měl zrak soustředit. Důsledkem je rozptýlení pozornosti, pocit nepřijemného stavu apod.

Při omezujícím oslnění je již měřitelné narušení některých funkcí zraku, je ztíženo rozeznávání, vidění se stává namáhavé, vzniká pocit nejistoty, únavy a tím pádem klesá produktivita práce.

Oslepující oslnění je tak intenzivní, že znemožňuje vidění a trvá někdy i určitou dobu po zániku příčiny oslnění. V mnoha případech, zvláště v dopravě, je tento stav velmi nebezpečný. Z toho důvodu by se oslepující a omezující oslnění nemělo v osvětlovacích soustavách vyskytovat vůbec, ale je třeba zabránit i vzniku oslnění rušivého.

4.2.1. Výpočty a hodnocení oslnění

Jako jeden z prvních vědců se problémem oslnění začal zabývat Američan Percy G. Nutting již v roce 1914. O deset let později Holladay na úrovni tehdejších fyziologických znalostí zrakového systému kvantifikoval fyziologické oslnění. Jedná se o výpočty založené na znalostech fyziologických schopností fotoreceptorů zpracovávat rozdíly jasů při dané úrovni adaptace. Ty se dají poměrně snadno experimentálně ověřit s minimální chybou a dá se říci, že metodika výpočtu je v tomto směru jednoznačně daná základním vztahem s obecnou platností.

Jiná situace je u rušivé složky oslnění, kdy podstata jevu není dána fyziologicky ale hraje zde hlavní roli psychologie zrakového vnímání. Ta pak u jednotlivých pozorovatelů může být i velice rozdílná a je třeba provádět rozsáhlé statistické experimenty k vytvoření základních vztahů kvantifikujících tuto složku oslnění. V historii se právě těmito statistickými experimenty zabývaly skupiny vědců v různých částech světa. V té době se rovněž vytvořily podklady pro standardy jednotlivých zemí, které většinou pojaly i jednotlivé národní normy pro výpočty oslnění. V práci jsou podrobněji popsány ty nejdůležitější, které měly vliv na pozdější vývoj nebo které jsou svým výkladem zajímavé.

Pokud bychom chtěli stručně shrnout poznatky metodik výpočtu, lze je rozdělit do dvou základních skupin. První skupina výpočtů vychází z určení činitele či indexu oslnění a celkové hodnocení je pak dáno tabulkovými předpisy mezních hodnot těchto veličin. Druhá skupina hodnotí oslnění podle jasů svítidel a k nim stanoveným mezním hodnotám jasů nebo závěsných výšek.

Výpočty činitelů oslnění vychází z empirického, různě modifikovaného vzorce, který vychází z následující úvahy. Stupeň oslnění je tím vyšší, čím vyšší je jas oslňujícího zdroje L_z (ve směru ke kontrolnímu místu) a čím větší je prostorový úhel Ω , pod nímž je z kontrolního místa oslňující zdroj vidět a naopak, stupeň oslnění klesá s rostoucím jasnem pozadí L_p . Pro jeden oslňující zdroj lze zmíněný vztah zapsat ve tvaru

$$G = \frac{L_z^a \cdot \Omega^b}{L_p^c \cdot p^d} \quad (4.1)$$

kde p je činitel polohy oslňujícího zdroje, určovaný nejčastěji podle grafů Luckieshe a Gutha. V českých normách [26], [27] se pracuje s činitelem polohy označeném K , který je v čitateli vztahu (4.1) odvozeným J . Netušilem.

a, b, c, d jsou exponenty, jejichž nejčastější hodnoty jsou v tabulce 4.1.

Tab. 4.1. Exponenty ze vztahu 4.1 dle některých autorů

autor	exponent			
	a	b	c	d
Netušil	1	0,4	0,5	1 ^{*)}
Harison	2	1	0,6	1
Arndt, Bodman, Muck	1	0,33	0,66	1
Hopkinson	1,6	0,8	1	1,6
Sörensen	2	1	1	2

^{*)} exponent je u činitele polohy K v čitateli

Existuje-li více zdrojů oslnění, pak se dílčí hodnoty činitelů oslnění, vypočtené pro jednotlivé zdroje, buď prostě sčítají nebo autoři metod na podkladě statistického

zpracování výsledků experimentů předepisují složitější postupy. V našich předpisech se výsledný činitel oslnění stanovuje ze vztahu

$$G_N = \sqrt{\sum_{i=1}^n G_i} \quad (4.2)$$

Někteří autoři k hodnocení oslnění využívají osminásobku nebo desetinásobku logaritmického vyjádření činitele oslnění, neboť takto získané číselné hodnoty, uváděné obvykle jako index oslnění (Glare Index GI), umožňují objektivně lépe vystihnout subjektivní změny pocitu pozorovatelů o stupni oslnění. V této nové stupnici totiž změna o jednu jednotku vyvolává u průměrného pozorovatele pozorovatelné změny v pocitu stupně oslnění. Z různých přístupů je zřejmé, že dovolené hodnoty činitele či indexu oslnění jsou u každé metody většinou jiné.

Další systém hodnocení podle jasu svítidel, používaný v zemích střední Evropy a v Japonsku, je německý systém omezení oslnění, který byl převzat i do mezinárodního doporučení CIE pro osvětlování vnitřních prostorů a je v podstatě zakotven i v naší kmenové normě [26] pod názvem „Metoda hodnocení oslnění podle jasu svítidel“. Tento způsob, odvozený Sölnnerem v šedesátých letech jako potřeba hodnotit nová zářivková svítidla, umožňuje globálně posoudit celou osvětlovací soustavu. Platnost metody je však omezena na hodnocení celkového osvětlení s jediným typem svítidel v pravidelném uspořádání při převážné vodorovném směru pohledu v prostorech s činitelem odrazu stropu nejméně 0,5 a stěn (resp. zařízení místnosti) alespoň 0,25. Hodnocená osvětlovací soustava se zařadí do dané třídy omezení oslnění a podle jmenovité hodnoty průměrné osvětlenosti srovnávací roviny se s využitím definovaných diagramů ověřuje, zda jasy použitých svítidel nepřekračují stanovené maximální hodnoty jasů. To by mělo zajistit, že alespoň polovina pozorovatelů bude osvětlovací soustavu hodnotit z hlediska oslnění jako vyhovující.

Mezinárodní komise pro osvětlování CIE přijala o řadu let později metodiku spojující oba systémy v jediný univerzální postup, který by měl být použitelný v nejběžnějších osvětlovacích soustavách. Jedná se o UGR (Unified Glare Rating) systém hodnocení. Vztah vychází z prací Einhorna a Hopkinsona, které Sørensen přepracoval do podoby převzaté pro výpočet UGR hodnot oslnění. Pro jednoduchost výpočtů byly vypracovány tabulky nekorigovaných hodnot UGR pro typová svítidla (s křivkami rozdělenými do tříd podobně jako je tomu v britské normě) a různé velké místnosti s různými činiteli odrazu stěn, stropu a podlahy. Z tabulek se relativně jednoduše stanoví hodnoty korigované pro daný typ svítidla a je možné určit výsledné hodnoty indexu oslnění, které pro daný prostor musí vyhovovat předepsané normě. Dalším způsobem je použití mezních křivek jasů, podobně jako v metodice hodnocení podle jasu svítidel a stanovit tak přípustné hodnoty jasů hodnoceného svítidla.

Všechny metody, které byly v práci rozebrány mají určité výhody i nevýhody. Obecné shrnutí hlavních nedostatků bylo uvedeno již v úvodu. Obecně lze metody použít jak ve fázi návrhu, tak i při provozním měření. Je však třeba si uvědomit, že

reálné osvětlovací soustavy se někdy výrazně liší od návrhových a mnohdy neplatí řada předpokladů, které je nutné splnit pro použitelnost metodiky (umístění pracoviště, směr pohledu, činitelé odrazu povrchů, průměrné jasy pozadí aj.). V takovém případě neexistuje metoda, která by problém řešila.

Značná složitost měření a výpočtu oslnění prováděná manuálně se základním přístrojovým vybavením běžně používaným ve fotometrii, odrazuje od dalšího možného výzkumu v této oblasti. Výrazným pokrokem by byla automatizace měření a výpočtů oslnění, popřípadě analýza jasových poměrů jiným způsobem např. s využitím prvků umělé inteligence. K tomu je zapotřebí technologie, umožňující kvantitativně zvládnout část měřicí s přijatelnými nároky na přístrojové vybavení.

Jako velice perspektivní se ukázala technologie digitální fotografie a proto jí byla věnována velká část práce s důrazem na vysvětlení hlavních principů pořízení, zpracování a využití digitálního záznamu obrazu ve fotometrii, při analýze rozložení jasu.

4.3. Digitální fotografie

Cílem fotografické techniky je zachytit obraz reálného světa na záznamovém médiu, odkud může být zpětně reprodukován a předložen oku k získání zpětné informace o daném prostoru. Aby mohl systém fungovat, musí vycházet z podobných principů jako lidské oko, tzn. že hlavní důraz je kladen na světelnou citlivost a přizpůsobení se celkovému množství světla tak, aby zachycený obraz obsahoval maximální množství informace. Transport informace o jasových hodnotách rozložených v prostoru zajišťuje světelný tok, jehož svazky jsou systémem optiky směřovány na světlocitlivou vrstvu, kde vyvolá patřičné reakce na příslušných částech média. Podstatným rozdílem od jiných typů receptorů (sítěnice, fotočlánky) je „jednorázovost“ fotografického snímáče. Zatímco oko a fotoelektrické články reagují na okamžitý výkon světelného záření, fotografický senzor (klasický film i CCD snímáč) registrují celkovou zářivou energii tj. součin výkonu a času. Nicméně při statických scénách a při relativně krátkých a konstantních expozičních časech, můžeme reakci fotografických senzorů vztáhnout přímo k velikosti jasu snímané scény i s jejím prostorovým rozložením. To je první předpoklad umožňující využití techniky při snímání či měření rozložení jasu.

I když by bylo v principu možné použít k analýze běžnou fotografickou techniku, pro automatizaci měření a především počítačové zpracování, je mnohem perspektivnější technologie digitální. Výsledný efekt pak závisí na několika specifických parametrech snímáčího zařízení, jako jsou celková dynamika snímáče, linearita, spektrální citlivost, zkreslení optiky, rozlišovací schopnost. Většina těchto parametrů je dána vlastnostmi snímáčího prvku, který tak hraje nejdůležitější roli v procesu pořizování digitálního snímku.

Dnešní systémy snímání obrazu téměř výlučně využívají technologii CCD (Charge Coupled Device) snímáčů, která je známa již více než 20 let a dá se říci, že je v dnešní době poměrně dobře zvládnuta. Parametry, které lze od technologie očekávat, plně postačují ke konstrukci zařízení pro snímání rozložení jasu

s dostatečnou přesností. Problémem je pak spíše komerční dostupnost zařízení osazených potřebnými typy snímačů s vhodnými vlastnostmi využitelnými ve fotometrii. Běžně se v praxi můžeme setkat se třemi základními typy snímacích zařízení použitelnými pro pořizování digitální fotografie - digitální fotoaparáty, videokamery a skenery, přičemž poslední jmenované jsou spíše doplňkovým zařízením pro nenáročné a experimentální testy při pořizování digitální fotografie z fotografie klasické.

Je nutné si uvědomit, že uvedené přístroje jsou určeny k jinému účelu, čemuž odpovídají i jejich parametry využitelné jen v omezené míře, nicméně při prvních pokusech plně postačující. Technologie CCD ani samotná digitální fotografie rozhodně není těmito parametry limitována a pro přesnou analýzu se dá zhotovit přístroj plně pokrývající požadavky měření.

Pořízení digitální fotografie je pouze vstupní část analýzy. Vlastní zpracování digitálního snímku, jako sady naměřených hodnot, je podstatně složitější a vyžaduje hlubší znalosti nejen v oblasti fotometrie ale hlavně pak v oblasti zpracování obrazových signálů, matematiky, statistiky a programování. V práci jsem popsal základní principy analýzy v takové míře, které umožnily moje studijní možnosti z hlediska zaměření oboru. Přesto je lze považovat za nové poznatky v dané oblasti, neboť v souvislosti s analýzou jasových poměrů jsem nenalezl žádné publikace pojednávající o využití digitální fotografie.

4.4. Analýza jasových poměrů s využitím digitální fotografie

V první řadě byly zkoumány možnosti nasazení technologie ve spojení se stávajícími metodami hodnocení oslnění. Jelikož existují vztahy pro výpočet oslnění (nehledě na jejich nedostatky), problém analýzy se zúžil na separaci dílčích hodnot pro jednotlivé výpočty. Jde o výběr užitečných informací z pořízených snímků tak, aby korespondovali s požadavky algoritmů výpočtu.

Vstupními hodnotami výpočtových vztahů jsou jas pozadí, počítaný buď bez nebo s příspěvkem oslňujících zdrojů, jas oslňujících zdrojů, prostorový úhel, který zdroje v zorném poli zaujímají a činitel polohy určený ze souřadnic polohy zdroje. Všechny uvedené veličiny lze z digitální fotografie separovat. Pro zjištění hodnoty jasu je však nutné provést kalibrační měření objektivním jasoměrem či použít jasový normál umístěný v zorném poli během měření. Obě tyto možnosti byly vyzkoušeny.

Nejsložitější problém celé analýzy je detekce a oddělení oslňujících zdrojů a jejich indexace. V první části je nutné stanovit hranici jasu pro oslňující zdroje. Poté se provede jednoduchá transformace převádějící hodnoty jasu pod hranici na index 0 a hodnoty jasu nad hranicí na index 1. Vznikne mapa rozložení a polohy oslňujících zdrojů. Každá uzavřená plocha s indexem 1 přitom definuje jeden oslňující zdroj. Pro další výpočet je nutné provést preindexaci jednotlivých zdrojů kvůli jejich pozdější identifikaci a přiřazení odpovídajících hodnot při stanovování průměrů. Každý bod snímku dostane index podle příslušnosti k dané ploše. Index je číslo v rozmezí 0 až n , kde n je celkový počet oslňujících zdrojů a index 0 mají body

náležící pozadí. K dosažení cíle vede jistě několik cest, jejichž efektivita je různá. Je možné použít funkcí grafických editorů nebo matematických programů.

Výhodou grafického editoru je transparentní přítomnost řady výkonných funkcí pro transformace obrazu, přičemž není třeba znát jejich vnitřní strukturu a důležitý je pouze výsledný efekt. K nejběžnějším využitelným funkcím patří prahová transformace, filtrace šumu, zaoblení hran (vhodné pro eliminaci detailů a zjednodušení ploch), násobení obrazů, jasové vyrovnání pro korekci převodní charakteristiky citlivosti jasu, vylévání ohraničených ploch se stejnou hodnotou jasu jinou úrovní jasu (použitelné pro indexaci), hledání hran aj.

Naopak u matematického zpracování se manipuluje s maticemi číselných hodnot, reprezentujícími daný snímek, přímo za použití různých analytických postupů. Nevýhodou je nutnost znalosti těchto postupů k dosažení žádaného výsledku a nutnost znalosti struktury programovacího jazyka dané aplikace. V práci jsem využil možností aplikace MATLAB, umožňující práci i s velkými maticemi (zde řádově se statisíci prvky) při přijatelné rychlosti zpracování a relativní jednoduchosti programovacího jazyka.

V práci jsem použil pro indexaci souvislých ploch algoritmus vlastní konstrukce, který používá hledání souvislých částí řádků s hodnotou indexu 1, určenou v prvním kroku při prahové transformaci a přiřazení nového indexu zdola sousedícího pásu nebo nového indexu, pokud takový pás ještě neexistuje. Analýza probíhá ve směru z levého dolního rohu snímku (souřadnice 0,0) do pravého horního rohu snímku (souřadnice M, N). Problém nastává u nekonvexních tvarů ve vodorovném směru. Zde je nutné provést indexaci ještě jednou v opačném pořadí řádků. Některé indexy přitom zůstanou nevyužity a je nutné provést přeindexaci. Algoritmus byl ověřen na řadě testovacích obrazů, nebyly shledány žádné nekorektní detekce ploch a indexace probíhala podle očekávání. Uvedený způsob samozřejmě není jediný možný, ale pro účely práce plně postačující, nevyžadující složité konstrukce v programu.

Získáním matice indexů označující body příslušející k oslňujícím zdrojům, je další separace hodnot relativně jednoduchá. Stačí procházet jednotlivé body obrazu a vypočítat dílčí příspěvky a přičíst je podle indexu k příslušnému zdroji. Tak lze určit průměrný jas, prostorový úhel, geometrický střed a z něj činitel polohy. Pro určení činitele polohy bylo nutné napsat v MATLABu funkci, která převádí poměry vzdáleností na činitel polohy. Nakonec program vypočte hodnotu indexu oslnění dle vztahu metodiky UGR. Podobně by se počítali hodnoty činitelů a indexů oslnění dle jiných metodik.

V další části byly úvahy zaměřeny na možnost využití digitální fotografie ve spojení se systémy umělé inteligence. Dva základní přístupy, syntetický u expertních systémů a analytický u neuronových sítí, byly podrobněji rozebrány v samostatných kapitolách. Oba dva přístupy se jeví jako perspektivní a bylo by možné je využít. To však vyžaduje hlubší teoretické i praktické znalosti v oboru umělé inteligence, což vytváří další téma pro budoucí výzkum.

U expertních systémů lze využít pro analýzu jasových poměrů (z hlediska kvalitativních požadavků) diagnostických systémů. Základem systému je řídicí mechanismus, který s využitím báze znalostí a báze dat po každé odpovědi odvozuje a upřesňuje aktuální model konzultovaného případu. Řídicí mechanismus je pak zodpovědný za výběr dotazu, od jehož zodpovězení systém očekává největší přínos k upřesnění aktuálního modelu, a za úpravu modelu po obdržení odpovědi. Bázi dat tvoří přímé odpovědi uživatele nebo hodnoty automaticky odečítané z měřicích a kontrolních přístrojů. Aktuální model je prezentací současného řešení úlohy - bázi dat a znalostmi ze znalostní báze. Model se může měnit přidáním dalšího poznatku do báze dat nebo odvozením nového poznatku na základě aktuálního modelu. Postupné zpřesňování modelu řešení vede k určitému cíli, který nemusí být nutně výsledkem optimálním ale alespoň rozumně použitelným pro danou situaci. Expertní systémy se obecně používají pro řešení úloh, které nemají přesné analytické vyjádření, což je i případ rušivého oslnění. Digitální fotografie umožní expertnímu systému získávat potřebné vstupní údaje. Systém se tak stane kompaktním hodnotícím nástrojem s minimálními nároky na znalosti uživatele a maximálními vypovídacími schopnostmi, vycházejícími z dat znalostní báze, pokud se jí podaří naplnit správnými znalostmi.

Bez znalosti přesného analytického vyjádření pracují i neuronové sítě, které nejsou zatím tak rozšířené jako expertní systémy ale řada vlastností vypovídá při hodnocení oslnění v jejich prospěch. V první řadě je to absence znalostní báze, kterou je nutné složitě a pracně naplnit. Neuronová síť je schopna si dané postupy osvojit v procesu učení. Neuronová síť se skládá z několika vrstev neuronů (zpravidla stačí dvě až tři), vnitřních buněk vykonávajících elementární výpočty na základě vstupů ohodnocených vahami podle důležitosti. Výsledky z jednotlivých neuronů jsou předávány do vstupů další vrstvy nebo ven ze systému. Učením se rozumí přizpůsobování vnitřních vah jednotlivých spojů mezi neurony do takové optimální hodnoty, aby odpovědi na předkládané vzory byly co nejblíže skutečnosti. Dobře naučená síť dokáže rychle a poměrně přesně reagovat na předkládané vzory a dokonce i na ty, které v procesu učení nebyly ale jsou v množině podobných.

Primitivní napodobení činnosti mozku je dalším důvodem využití neuronové sítě k hodnocení jasových poměrů, neboť psychologické oslnění vychází rovněž z určitých zákonitostí vznikajících ve vyšších zrakových centrech v mozku a jistá podobnost s neuronovou sítí zde určitě je i když třeba relativně vzdálená.

Digitální fotografie sehraje u neuronové sítě podobnou roli jako oko u zrakového systému. Z pořízeného obrazu se vyberou nejdůležitější informace a předloží se jako vzor - vstupní vektor neuronové sítě. V procesu učení budou pokusné osoby statistickým zpracováním svých dojmů na stejné vzory z reálného světa definovat optimální výstupy. Jakmile síť začne odpovídat stejně jako pozorovatelé, pak lze říci že je naučena a osvojila si základní mechanismy lidského vnímání oslnění. Navíc zpětnou analýzou vnitřní struktury naučené sítě můžeme lépe pochopit mechanismy skutečného procesu, který síť napodobuje. A to je velice důležitý fakt při výzkumu takových jevů, jakým rušivé oslnění je.

4.5. Praktická aplikace

Tato kapitola popisuje praktické zkušenosti při práci s digitální fotografií a jejím zpracování pro hodnocení rušivého oslnění.

Přístrojové vybavení ústavu umožnilo některé základní manipulace při pořizování digitálních fotografií a jejich následném zpracování. Videokameru mi zapůjčil školitel a některé materiály byly pořízeny během praktických měření na reálných prostorech.

V první řadě byla zkoumána možnost využití skeneru a klasické fotografie k získání digitálních snímků pro analýzu. Tento způsob se nakonec ukázal jako poměrně nevhodný, neboť celková chyba se zbytečně zvyšuje vřazenými postupy zpracování. Chyba vlastního skenování je pak menší než chyby fotografické.

Snímky byly pořízeny fotoaparátem NIKON F 60 na fotografický čtyřvrstvý film FUJI Superia s citlivostí 200 ASA. Vyvolání filmu a zhotovení fotografií bylo provedeno v běžném fotolabu na matný fotografický papír FUJI. Následné skenování bylo provedeno skenerem Hewlett Packard typ HP ScanJet II cj.

Dalším postupem byla digitalizace signálu z videokamery. K tomu byla zakoupena speciální karta v provedení PCMCIA typu II/III. Karta VideoPort MRT umožňuje digitalizovat videosignály v normě PAL nebo NTCS a to jak kompozitní tak S-VIDEO signál. K měření byly použity notebook TOSHIBA s procesorem Pentium II 233 MHz a paměti 32 MB s PCMCIA slotem. Ovládací software VideoPort Imager a VideoPort Editor byl součástí karty. Ke kartě byla připojena videokamera VHS-C PANASONIC NV R50 osazená CCD čipem 1/4 palce s 320 000 obrazovými body, ohnisková vzdálenost objektivu 4,6 až 46 mm. Kamera byla umístěna na stativ HAMA k zajištění maximální stability a definované polohy snímání. Z naměřených digitalizovaných snímků bylo zjištěno, že čip CCD pracuje s omezenou dynamikou s převodníkem 7 bitů tj. počtem 128 úrovní jasu, což je běžný parametr u spotřební elektroniky tohoto typu. Snímky přesto byly použitelné pro základní testy a vyhovovaly požadavkům tohoto typu měření.

Zpracování naměřených dat bylo ověřeno v první části v grafickém programu Adobe Photoshop, který nabízí výkonné funkce pro transformace obrazu a bylo o nich hovořeno již dříve. Tato část analýzy byla použita v prvních krocích, kdy ještě nebylo zřejmé, jaké algoritmy se dají použít a také kvůli jednoduchosti použití a snadnému ovládní. Podařilo se korigovat např. nelinearitu snímání jasu, filtrovat plochy s vyšším jasnem, hledat a indexovat objekty, potlačit nežádoucí šumy.

V další části byly poznatky využity při tvorbě základní aplikace pro výpočetní analýzu digitální fotografie. Byl použit program MATLAB, kde se podařilo vytvořit základní analytický program, umožňující nalezení a indexaci ploch s vyšším jasnem, výpočty základních hodnot průměrů jasu, prostorových úhlů a činitelů polohy. Cílem bylo pouze ukázat, že zpracování digitální fotografie, za účelem získání údajů o jasových poměrech, je možné a prakticky poměrně jednoduše realizovatelné s přijatelnými náklady. Nebyla zde snaha vytvořit aplikaci pro praxi, se všemi ošetřeními chodu programu a uživatelsky přijatelným rozhraním, neboť to by

vyžadovalo hlubší znalosti z programování a určitě i použití vyššího programovacího jazyka.

5. ZÁVĚR

Práce shrnuje poznatky z relativně málo publikované a u nás velice skromně přístupné problematiky rušivého oslnění. Přestože oblast výzkumu vidění a mechanismů zrakového vnímání, především pak výzkumy ve fyziologii oka jako čidla zraku, jsou velice rozšířeným tématem řady publikací, rušivému oslnění se věnuje pouze nepatrná část do dnešní doby publikovaných prací na toto téma. Uvedený stav lze vysvětlit malou znalostí o fungování lidského mozku, vědomí, myšlení či psychice. Nehledě na tento stav pokusil jsem se shrnout a uceleně uspořádat základní znalosti o oslnění, zejména pak rušivém, představit nejpopulárnější metody výpočtu, i když se některé již nepoužívají, a shrnout jejich výhody a nevýhody. Případný zájemce zde tedy nalezne všechny potřebné základní informace, aniž by musel procházet velké množství literatury a skládat informace z částí, popisujících problém většinou pouze okrajově.

Na základě některých nedostatků současných principů, zejména pak složitosti a časové náročnosti výpočtů a měření, byla navržena metodika, která by řadu podobných problémů mohla výrazně zredukovat. Jedná se o digitální fotografii, která se dnes prosazuje v řadě oblastí. Problematika hodnocení jasových poměrů, jako výchozí podklad pro určení rušivého oslnění, může rovněž digitální fotografii využít a jak bylo v příslušných kapitolách popsáno, pro základní manipulace není třeba vyvíjet žádné složité a nákladné měřicí zařízení. Technologie digitální fotografie a fotografie vůbec, už od svého vzniku v mnohém respektovala vlastnosti lidského zraku a řada parametrů je v podstatě „šitá na míru“ právě lidskému oku. Fotometrie a fotometrická měření jako svůj základ také berou lidské oko, což možnost použití digitální fotografie jenom utvrzuje.

Digitální fotografii nelze považovat za přesnou metodu měření jasu či jeho rozložení. V oblasti hodnocení rušivého oslnění to však není překážkou, neboť přesnost, kterou můžeme očekávat od současných metod hodnocení oslnění je určitě nižší než přesnost samotného měření jasu prostřednictvím digitální fotografie.

V práci byly popsány také způsoby jak využít digitální fotografii při integraci do systémů umělé inteligence jako jsou expertní systémy či neuronové sítě. I zde je třeba hovořit o významném přínosu, neboť systém bez tak významného vstupu, jakým je digitální fotografie, by byl prakticky nepoužitelný a dá se říci, že i zbytečný. Nasazení prvků umělé inteligence lze považovat rovněž za významný poznatek, neboť v souvislosti s hodnocením oslnění jsem se s tímto nikde nesešel. Vlastnosti expertních systémů i neuronových sítí, jak bylo v teoretické části ukázáno, jejich použití v procesu hodnocení oslnění v zásadě nevylučují a zdá se, že jejich nasazení by mohlo být velice výhodné, neboť není nutné znát přesné algoritmy, které mohou narážet na jistá omezení.

Praktické experimenty s technologií digitální fotografie doplňují nové poznatky definované v teoretickém základu. Ukázalo se, že vhodným zařízením na pořizování digitálních snímků může být videokamera s digitizérem nebo digitální fotoaparát. Naopak jako méně vhodné je pořizování digitálních snímků prostřednictvím skenování klasické fotografie, neboť tento postup zanáší do systému zbytečnou přídavnou chybu. Videokamera s digitizérem má na rozdíl od digitálního fotoaparátu velkou výhodu v tom, že snímáný obraz je prakticky okamžitě k dispozici v paměti počítače a je tak připraven k okamžitému zpracování. Takto by bylo možné vytvořit systém, který bude oslnění hodnotit téměř v reálném čase, což výrazně zvyšuje jeho užitnou hodnotu. Digitální fotoaparát naopak představuje velice kompaktní řešení snímacího zařízení, se kterým je možné provést měření v patřičných prostorech a vlastní vyhodnocení potom později provést až na stolním výkonném počítači. Do terénu s sebou tedy bereme pouze malé a lehké zařízení nenáročné na přenášení.

Nových poznatků je tedy celá řada a bude záležet na dalším vývoji, které z nich se uplatní v praktickém nasazení.

5.1. Praktické využití metodiky

Některé prakticky použitelné poznatky již byly řečeny. Nebylo však zdůrazněn hlavní přínos pro praxi. V první řadě je nutné si uvědomit, že snaha o dosažení optimálních světelných podmínek v osvětlovaných prostorech, zvláště pak na pracovištích s vyšší zrakovou náročností, může narazit na některé problémy. Pokud budeme chtít zajistit vhodné světelné podmínky v daném prostoru, nestačí zajistit určitou hladinu osvětlení pro danou zrakovou činnost. Je také nutné zajistit takové osvětlení, které vytvoří podmínky pro optimální zrakovou pohodu, při které je velká jistota, že nedojde k předčasné únavě zraku pracovníků a tím zhoršení jejich výkonnosti.

Světelný technik v dnešní době má situaci velice těžkou a mnohdy se musí spolehnout na parametry, které garantuje výrobce svítidel. Většinou se musí spokojit se základními výpočtovými programy, které mu umožní navrhnout osvětlovací soustavu tak, aby zajistil potřebnou hladinu osvětlení srovnávací roviny. Hodnocení oslnění se pak většinou spoléhá na to, že svítidlo má definovány křivky jasů, které zakresleny spolu s mezními křivkami určují jeho použitelnost. Tento předpoklad má značná omezení popsané v teoretické části. Navíc světelný technik nemůže počítat většinou ani se základním vybavením prostoru, jako je nábytek, stoly a někdy ani neví, kde bude konečné pracoviště. Celý systém hodnocení pak může narušit nevhodně zvolené rozložení či odstín nábytku, nevhodné umístění pracoviště, existence rušivých odrazných ploch, či instalace přídavných svítidel pro místní osvětlení.

Pokud budeme chtít zabránit vzniku nepříznivého rušivého oslnění, musíme provést kontrolní měření. V členité soustavě s řadou svítidel a odrazných ploch je to problém velice složitý a většinou od vlastního úmyslu doslova odradí. I když se nám podaří prostor analyzovat, nemáme stoprocentní jistotu, že analýza odpovídá skutečnosti (možnost opomenutí některého zdroje oslnění, chyba určení polohy či

rozměrů, ale hlavně potenciální omezení vlastní metody). Zjistíme-li nedostatek v dané osvětlovací soustavě, budeme se pravděpodobně snažit o nápravu. Provedeme určité kroky, které povedou k eliminaci oslnění (clonění, zvýšení jasu pozadí přisvětlováním, odstranění lokálních zdrojů oslnění atd.). Poté je nutné soustavu opět přehodnotit a v případě, že nebylo dosaženo patřičného efektu celý proces opakovat. To je velice složitá, nákladná a hlavně časově náročná operace.

V této práci popsané systémy, využívající digitální fotografie jako zdroje dat, by umožnily celý proces optimalizace osvětlovací soustavy, z hlediska zajištění optimální zrakové pohody, zjednodušit a maximálně zautomatizovat. Představme si předchozí příklad, kdy budeme provádět kontrolní měření v již realizované osvětlovací soustavě. Po instalaci a zapojení systému umístíme snímací kameru do místa, kde bude předpokládané pracoviště a určíme směr testovaného pohledu. Měřicí systém provede analýzu z naměřeného digitálního snímku a vrátí výsledek v podobě indexu oslnění. Zjistíme např., že v daném směru je rušivé oslnění větší než povoluje norma. Toto budeme vědět velice rychle bez únavného měření a výpočtů dá se říci v reálném čase. Jelikož máme snímek v paměti počítače, můžeme nyní provést nápravu nejprve pokusně zde. I když je to řešení, které zcela nekoresponduje se skutečností (zaclonění oslňujícího zdroje se může projevit změnou světelných podmínek v celém snímku), přesto umožní se z části vyvarovat zbytečných kroků, které by se prováděly se skutečnými svítidly. Po této simulaci nápravy např. zjistíme, že nyní již oslnění splňuje daný požadavek a můžeme tedy provést nápravu ve skutečnosti. Provedeme kontrolní měření, které by mělo tento krok potvrdit.

Zapojíme-li do procesu expertní systém, může tento sám rozhodnout, které kroky učinit pro sjednání nápravy, na základě znalostí ve znalostní bázi naplněné expertem ve fázi tvorby systému.

Důsledkem všeho je pak prostředek umožňující v reálném prostředí optimalizovat uspořádání prostoru a osvětlovací soustavy k dosažení maximálního zrakového komfortu. Výsledkem je v každém případě zlepšení pracovních podmínek, zvýšení a zlepšení zrakového výkonu, spokojenost pracovníků, jejich menší únava, což vše přispívá k zvýšení efektivnosti výroby a vizuální činnosti jakéhokoliv druhu obecně. To je hlavním cílem osvětlovací techniky a efektivní zábrana rušivého oslnění je jedním z prostředků jak toho dosáhnout.

5.2. Nástin dalšího řešení

Prvotním zájmem v budoucnu by mělo být vytvoření výpočetního programu, který by využil všechny zde uvedené informace a poznatky o rušivém oslnění, digitální fotografii, zpracování digitálního obrazu a základních systémech hodnocení. Je možné, že se podaří vytvořit program, který spojí i několik způsobů hodnocení do jednoho celku, a který bude poskytovat volbu dané metody při měření. Byl by to velice užitečný systém, neboť vypovídací schopnost výsledků by se tím podstatně zvýšila.

Velikým přínosem by byla integrace hodnotícího systému do programů pro návrh osvětlovacích soustav. Ideální by bylo modelovat celou reálnou soustavu (resp. celý osvětlovaný prostor) v paměti počítače a obraz tohoto virtuálního světa by se potom hodnotil stejně jako obraz světa reálného. K optimálnímu řešení by se tak dalo dojít ještě před vlastní realizací soustavy, což je stav ideální. Podmínky k takovým postupům může vytvořit virtuální realita a zvyšující se výkony počítačů, kde bude možné věrně modelovat skutečnost s minimem odchylek od ní. Je však otázkou času, kdy tyto systémy využije beze zbytku i osvětlovací technika.

6. LITERATURA

- [1] Plch, J.: Analýza jasových poměrů osvětlovaných prostorů, Mezinárodní školení, Brno 1997.
- [2] Plch, J.: Vztah mezi celkovým a místním osvětlením pracovišť, Seminář osvětlovací techniky, Ostrava 1997
- [3] Plch, J.: Moderní koncepce osvětlování, Seminář s mezinárodní účastí, Brno 1997
- [4] Plch, J.: Zrakové vnímání řidiče, Učební text PGS USI, Brno 1997
- [5] Plch, J.: Adaptační procesy, Mezinárodní konference "SVETLO 96", Bratislava 1996
- [6] Plch, J.: Adaptace zrakového systému, Odborný seminář SSVTS, Krpáčovo 1996
- [7] Plch, J.: Metodika měření umělého osvětlení při revizích, KART BRNO – XXIII, MSE – Sborník přednášek, Brno 1996, str. 67-85
- [8] Plch, J.: Strukturální problémy osvětlovacích soustav, Sborní SME, Ostrava 1994
- [9] Plch, J.: Jasové poměry oslnění, Kurz osvětlovací techniky, Ostrava 1994
- [10] Plch, J.: Jas a hodnocení jasových poměrů, Mezinárodní konference světelné a osvětlovací techniky, Bratislava 1993
- [11] Plch, J.: Jasové poměry v prostoru a hodnocení jasu, bulletin České spol. pro osvětlování, č. 1
- [12] Plch, J.: Výpočtová metodika řešení denního osvětlení, Učební pomůcka kurzu Osvětlování 1993
- [13] Baxant, P., Plch, J.: Zvyšování měrných výkonů světelných zdrojů pro všeobecné osvětlování, Elektroenergetika na počátku XXI. století, Brno 1997, str. 81 – 91.
- [14] Baxant, P., Plch, J.: Analýza jasových poměrů s využitím digitální fotografie, Mezinárodní konference SVĚTLO '98, Ostrava 1998, str. 183 – 185
- [15] Baxant, P.: Možnosti využití digitální fotografie při hodnocení jasových poměrů z hlediska zrakového vnímání, zpráva ke kurzu Počítačové vidění v technických aplikacích, Brno 1998, 10 stran,
- [16] Baxant, P.: Využití digitální fotografie ve fotometrii, Sborník prací studentů a doktorandů FEI VUT vol. V.(1999), ISBN 80-214-1155-4, str. 45 - 46

- [17] Baxant, P.: Digitální fotografie v systému hodnocení osvětlovacích soustav, Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika na přelomu tisíciletí, EPVE '99, Brno 1999, 2. díl, ISBN 80-214-1419-7
- [18] Habel, J. a kol.: Osvětlovací technika, Praha 1995
- [19] Špiřík, V.: Možnost použití fotografické techniky k vyhodnocení místních jasových poměrů, Ročníkový projekt, Brno 1973
- [20] Dreyer, K.: Grafické formáty, Chip 2/1998, str. 104-106
- [21] Málek, M.: Test digitálních fotoaparátů, Chip 9/98, str. 52-70
- [22] Zelinka, I.: Umělá inteligence, hrozba či naděje?, Chip 1/1999, str. 42-44
- [23] Maňák, V.: Zrak, GŘ Vlnářského průmyslu, Brno 1977
- [24] Šula, O.: Příručka světelné techniky, Praha, SNTL 1979
- [25] Schröder, G.: Technická optika, Praha, SNTL 1981
- [26] ČSN 36 0450 Umělé osvětlení vnitřních prostorů. 1986
- [27] ČSN 36 0008 Oslnění, jeho hodnocení a zábrana. 1962
- [28] Šesták, F., Dufka, J.: Světelně technické výpočty jasů a oslnění, Centroprojekt 1976
- [29] IES Lighting Hand Book 5th edition, Part A, B, Illuminating Engineering New York, Society of North America, 1981
- [29] MacAdam, D.L.: Sources of Color Science, The MIT Press, 1970
- [30] Waymouth, J.F.: Electric Discharge Lamps, The MIT Press, 1971
- [31] Hewitt, H., Vause, A.S.: Lamps and Lighting, Edward Arnold Ltd. London 1966
- [32] Sjöstrand, F. S.: The synaptology of the retina, CIBA Found. Symp. on Colour Vision. Boston 1965, Little a. Co. pp. 110-144
- [33] Dowling, J.E., Boycott, B.B.: Neural connections of the retina: Fine structure of the inner plexiform layer. Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol. 1965, pp. 393-402
- [34] Wald, G.: The structure of the Eye., New York - London, Acad. Press 1961, pp. 101-115
- [35] Hubbard, R., Kropf, A.: The action of light on rhodopsin. Proc. National Science Academy 1958, pp. 130-139
- [36] Rushton, W. A. H.: Review lecture. Pigments and signals in colour vision. J. Physiology, London 1972, pp. 1-31
- [37] Volná, E.: Neuronové sítě a genetické algoritmy, Ostravská univerzita 1998, ISBN 80-7042-762-0, 141 s.

- [38] An Introduction to Scientific Imaging Charge-Coupled Devices, SITE CCD Technology for Superior Performance, 1994 Scientific Imaging Technologies, Inc.
- [39] Matlab users guide, Matlab reference manual, Natick, Math Works Inc. 1992
- [40] VideoPort MRT, User Manual, MRT Micro AS 1994 & Media Cybernetics, Inc. 1991, 1992
- [41] Publikace CIE No. 22, Standardisation of luminance distribution on clear skies (1972)
- [42] Publikace CIE No. 29.2, Guide on interior lighting, 2nd ed. (1986)
- [43] Publikace CIE No. 31, Glare and uniformity in road lighting installations (1976)
- [44] Publikace CIE No. 55, Discomfort glare in the interior working environment (1983)
- [45] Publikace CIE No. 95, Contrast and visibility (1992)
- [46] Publikace CIE No. 96, Electric light sources - State of the art (1992)
- [47] Publikace CIE No. 108, Guide to recommended practice of daylight measurement (1994)
- [48] Publikace CIE No. 110, Spatial distribution of daylight - Luminance distributions of various reference skies (1994)
- [49] Publikace CIE No. 112, Glare Evaluation System for use within Outdoor Sports and Area Lighting (1994)
- [50] Publikace CIE No. 117, Discomfort glare in interior lighting (1995)
- [51] Publikace CIE No. 122, The Relationship Between Digital and Colorimetric Data for Computer-Controlled CRT Displays (1996)

ŽIVOTOPIS

Narodil jsem se 21. 3. 1973 v Novém Městě na Moravě. Po absolvování Střední průmyslové školy elektrotechnické v Brně jsem nastoupil na FEI VUT rovněž v Brně, kde jsem studoval obor elektronika a sdělovací technika. Studium jsem zakončil státní závěrečnou zkouškou v roce 1996 a ve stejný rok jsem nastoupil jako doktorand na Ústav elektroenergetiky FEI VUT.

Pod vedením školitele Doc. Ing. Jiřího Plcha, CSc. jsem se specializoval na oblast světelné a osvětlovací techniky. Součástí studia byla nejen práce na vlastním tématu disertační práce ale i činnost související se světelnou technikou v širším rozsahu. Velká část byla věnována experimentálním měřením provozních elektrických vlastností světelných zdrojů, měření světelně technických parametrů svítidel a spolupráce při jejich vývoji s řadou firem v tomto oboru.

Během studia jsem se aktivně zapojil do vědecké činnosti, publikoval a osobně prezentoval příspěvky se světelnou tematikou na vědeckých konferencích a seminářích.

Od roku 1998 jsem členem České společnosti pro osvětlování a na zasedání rady společnosti v červnu téhož roku jsem byl jmenován členem revizní komise ČSO.

Mimo oblast světelné a osvětlovací techniky se věnuji i elektronice a elektronickým obvodům, zvláště pak technologiím automatizace a řízení malých kogeneračních jednotek s využitím jednočipových mikroprocesorů a výpočetní techniky a to jak v oblasti teoretické tak i praktické.

Seznam prací

Baxant, P.: Hodnocení osvětlení pomocí digitální fotografie, Rukověť elektrotechnika 2/1999, MSE Brno, str. 27 - 29

Plch, J., Baxant, P.: Nová generace kompaktních zářivek firmy GE Lighting, časopis SVETELNÁ TECHNIKA, Bratislava 1999, č.3

Plch, J., Baxant, P.: Nová generace kompaktních zářivek firmy GE Lighting, časopis SVĚTLO, Praha 1999, č.3, str. 12 - 14

Baxant, P.: Využití digitální fotografie ve fotometrii, Sborník prací studentů a doktorandů FEI VUT vol. V.(1999), ISBN 80-214-1155-4, str. 45 - 46

Baxant, P.: Digitální fotografie v systému hodnocení osvětlovacích soustav, Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika na přelomu tisíciletí, EPVE '99, Brno 1999, 2. díl, ISBN 80-214-1419-7

Plch, J., Baxant, P.: Posouzení elektrických parametrů kompaktních zářivek, pro GE Lighting, Brno 1999, 15 stran

Baxant, P.: Měření elektrických veličin u výbojových zdrojů, VII. Mezinárodní konference o měření, Brno, Praha 1999, str. 61 - 66

Baxant, P., Plch, J.: Hodnocení osvětlení operačního sálu okresní nemocnice v Novém Městě na Moravě, EPI s.r.o. Rožnov pod Radhoštěm, Brno 1999, 10 stran

Baxant, P.: Specifické problémy při měření účinnosti svítidel, Vědecký seminář elektroenergetika '98, Brno, FEI VUT 1998, str. 22 - 27

Baxant, P.: Vliv žhavicího proudu na životnost zářivek, Sborník prací studentů a doktorandů FEI VUT IV. (1998), ISBN 80-214-1141-4, str. 13 - 14

Baxant, P.: Neharmonický proud v sítích s kompaktními zářivkami, IX. mezinárodní vědecká konference Elektroenergetika 98, Stará Lesná 1998, str. 123 - 126

Baxant, P., Plch, J.: Analýza jasových poměrů s využitím digitální fotografie, Mezinárodní konference SVĚTLO '98, Ostrava 1998, str. 183 - 185

Baxant, P.: Možnosti využití digitální fotografie při hodnocení jasových poměrů z hlediska zrakového vnímání, zpráva ke kurzu Počítačové vidění v technických aplikacích, Brno 1998, 10 stran,

Baxant, P.: Rozbor kvality startu zářivkových svítidel, Světelná technika '98, Pardubice 1998, str. 62 - 68

Baxant, P., Plch, J.: Měření náběhových proudů zářivek, II. odborný seminář s mezinárodní účastí, Brno 1997, str. 3 - 10

Plch, J., Baxant, P.: Energetické rušení v průmyslové síti a dopady na elektronická zařízení, Moravské strojírny Olomouc, Brno 1997, 8 stran + 11 příloh

Plch, J., Baxant, P.: Zvyšování měrných výkonů světelných zdrojů pro všeobecné osvětlování, Elektroenergetika na počátku XXI. století, Brno 1997, str. 81 - 91.

Plch, J., Baxant, P.: Analýza napájení OD Kotva Praha, Brno 1997, 15 stran + 84 příloh

Ostatní vědecká a odborná činnost

Spolupráce při vývoji svítidel, měření světelně - technických parametrů, firma
- Beghelli-Elplast, a.s. Brno

Měření světelně - technických parametrů svítidel, firem

- OLLI Elektro s.r.o. Brno,
- Elektroprof spol. s r.o. Tábor,
- DL-Systém s.r.o. Buchlovice,
- EPI s.r.o. Rožnov pod Radhoštěm,
- Elektromont a.s. Brno,
- DEOS s.r.o. Zlín.