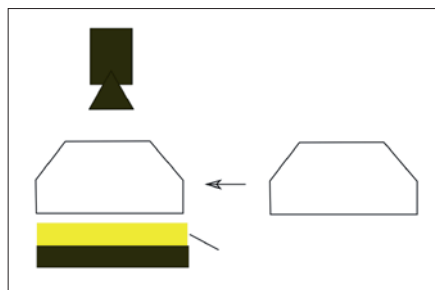
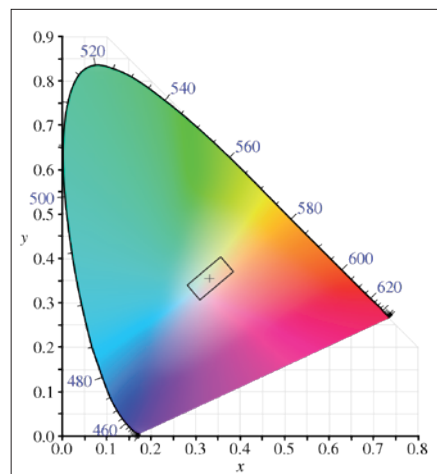


# Kontrola barevného odstínu světlovodičů automobilového reflektoru

Osvětlení moderních automobilů využívá téměř výhradně optické díly vyrobené lisováním z plastu. Týká se to i světlovodů pro vytváření tvarovaných nebo jinak efektních světel. Výrobu optických komponent z plastu umožnily nové materiály a nové technologie vícefázového lisování. Přesto je výroba plastových optických komponent stále velmi náročná a ve výsledném výrobku se mohou objevit různé druhy vad. Jednou z těchto vad je i změna spektrální propustnosti materiálu vylisku. Projevuje se nejčastěji zežloutnutím



Obr. 1. Princip komparačního měření světlovodiče



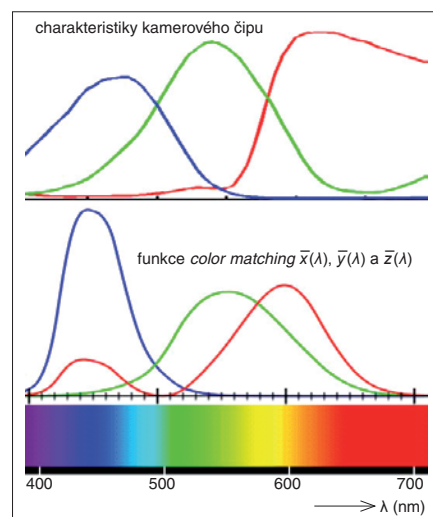
Obr. 2. Diagram CIE s vyznačeným kalibračním bodem a povolenou tolerancí barvy (vlnová délka  $\lambda$  v nm)

způsobeným oxidací organických složek materiálu při nedodržení teplotně-časového diagramu lisovacího procesu.

Nepatrné zežloutnutí nemá na funkci reflektoru žádný vliv, jde pouze o estetický nedostatek, který je však viditelný tím spíše, když se projeví na jednom z páru reflektorů. Cílem kontroly tedy není změřit spektrální propustnost absolutně, ale udržet výrobu světlovodů tak, aby jejich spektrální propustnost zůstala v definovaném okolí propustnosti kalibračního normálu.

Princip měření ukazuje obr. 1. Měřením kalibračního světlovodu na standardním LED modulu se získá referenční bod v chromatickém diagramu podle CIE. Kolem něj je vytvořeno toleranční pole, např. ve tvaru obdélníku. Je-li barva světla vycházejícího ze světlovodu nasazeného na stejném LED modulu mimo toto toleranční pole, klasifikuje se světlovod jako neshodný – NOK (obr. 2).

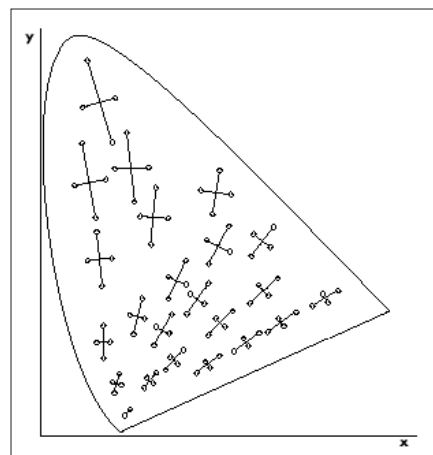
Vytyčení tolerančního pole v diagramu CIE je výhodné z hlediska jednoduchosti a názornosti; je zde přímo vidět změnu barevného odstínu. Tato výhoda má však i odvrácenou stranu: diagram CIE je pouze indikátorem shody barev, jak je vidí lidské oko. Jde tedy o jistý druh převodu subjektivního vjemu na objektivní hodnotu, založený na skutečnosti, že stejného barevného vjemu lze v lid-



Obr. 3. Funkce color matching a charakteristiky kamery

ském oku dosáhnout různými kombinacemi spektrálních (čistých) barev (metamerismus).

V praxi se již od 30. let minulého století využívá trojice spektrálních barev, červená (R), zelená (G) a modrá (B), které umožňují srovnávací měření v komparačním kolo-



Obr. 4. Perceptuální rozdíly mezi barvami v chromatickém diagramu

rimetru. Protože pro část barevného vjemu je nutné použít složku R zápornou (červené světlo se musí přidávat ke světlu měřenému, nikoliv referenčnímu), byl zaveden přepočtení složek RGB funkcemi color matching  $\bar{x}(\lambda)$ ,  $\bar{y}(\lambda)$  a  $\bar{z}(\lambda)$ . Pomocí těchto funkcí lze pro libovolnou barvu vypočítat XYZ tristimulus, tedy hodnoty X, Y, Z, které barvu jednoznačně určují (obr. 3).

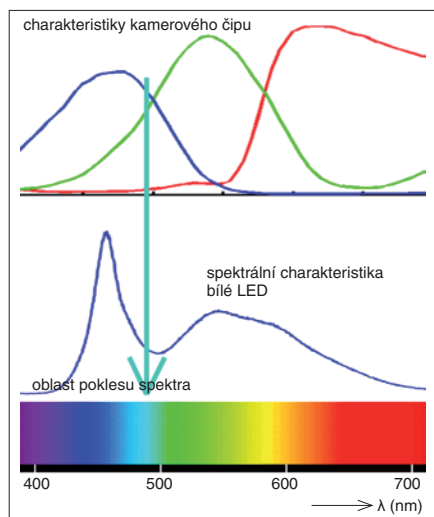
Grafickým vyjádřením normalizovaného XYZ tristimulu je právě chromatický diagram. Normalizace umožňuje převést trojrozměrný prostor XYZ tristimulu do dvojrozměrného grafu. Z něj lze určit všechny

## Co znamená zkratka CIE?

CIE, *Commission Internationale de l'Éclairage*, mezinárodní sdružení pro osvětlení, je nezisková a nezávislá organizace, která umožňuje celosvětovou spolupráci a výměnu vědeckých a technických informací v oblastech nauky o světle, světelných zdrojích, osvětlování, měření barev, vidění, fotobiologie a technik zpracování obrazu. Sdružení CIE bylo založeno v roce 1913 a v současné době sídlí ve Vídni. Více lze najít na webové stránce <http://www.cie.co.at/>.

V roce 1931 vytvořilo sdružení CIE matematicky definovaný barevný prostor nazývaný CIE 1931 nebo CIE XYZ. Pomocí funkcí color matching přepočítává souřadnice prostoru RGB na XYZ tristimulus.

Barevných prostorů však existuje velký počet. Například barevný prostor CIELAB vychází z CIE XYZ a z Munsellova barevného systému. Souřadnice CIELAB se ze souřadnic CIE XYZ vypočítávají nelineární transformací a umožňují jednodušeji popsat rozdíly barev. Lidské oko totiž není schopné rozlišit rozdíly některých barev, ale z obr. 4 je patrné, že tyto oblasti, nazývané MacAdamovy elipsy (v obrázku jsou zakresleny jejich hlavní a vedlejší osy), mají v diagramu CIE 1931 různou velikost a orientaci, což při posuzování a kvantifikaci rozdíly barev činí potíže.



Obr. 5. Oblast poklesu spektra světla prosvětlovací LED po průchodu zežloutlým plexisklem

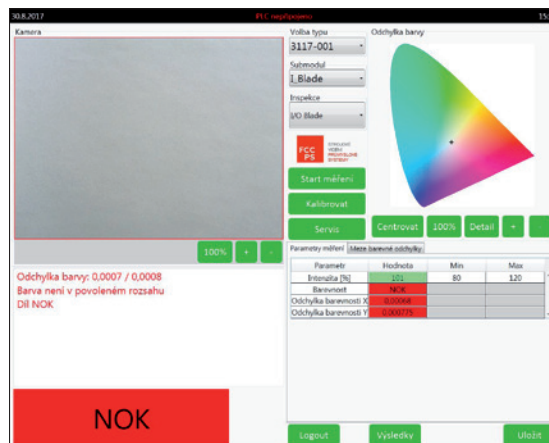
potřebné informace charakteristiky zobrazeného světla, a navíc ve své nejrozšířenější podobě barvu i znázorňuje.

Cesta od pohledu do komparačního kolorimetru k zobrazení barvy v chromatickém diagramu je tedy poměrně komplikovaná. Jak ji lze realizovat pomocí barevné kamery?

Problém by byl elegantně vyřešen, kdyby charakteristiky barevné citlivosti buněk RGB kamery odpovídaly funkcím *color matching*. Výstupní signály RGB kamery by pak představovaly přímo XYZ tristimulus, neboť hodnota signálů RGB je úměrná integrovanému množství světla dopadajícího na světlocitlivou buňku pro příslušnou barvu. Charakteristiky kamery se ale obecně od funkcí *co-*

*lor matching* liší (obr. 3). Naštěstí se v této úloze měří v oblasti blízké bílé barvě, kde lze pro komparační měření uplatnit některá zjednodušení.

Komerční kamery obvykle poskytují funkci „vyvážení bílé“, která upraví zesílení složek tak, aby se výstupní signály v průměře-



Obr. 6. Rozhraní aplikace pro měření zežloutnutí světlovodiče

ném okolí vzorku bílé barvy blížily hodnotám funkcí *color matching*. Charakteristiky kamery jsou také nastaveny tak, aby v okolí bílé barvy chromatický diagram nevykazoval oproti standardnímu diagramu natočení. Natočení by totiž způsobilo zkreslení barev, které lidské oko vnímá jako nepřírozené. Výrobce kamery tedy zařídil, že se uživatel při transformaci charakteristik kamery do barevného prostoru funkcí *color matching* nemusí starat o posunutí a natočení. Měřitko se získá

kalibrací s normálem OK světlovodu, neboť prováděné měření je komparační.

Další výhodou je, že právě v okolí bílé barvy je subjektivní citlivost oka na barevné změny poměrně malá. Na obr. 4 jsou ukázány relativní perceptuální rozdíly mezi barvami v chromatickém diagramu (úsečky spojují barvy, mezi kterými člověk ještě nevnímá rozdíl). Je zřejmé, že právě na změnu bílé ve žlutou je oko málo citlivé. Kamera v této oblasti naopak dosahuje velké citlivosti. Žloutnutí světlovodu má za následek pokles původního spektra prosvětlovací LED v levé části, tedy v oblasti azurové barvy (obr. 5). Právě v této oblasti je však křivka modré barvy (B) nejstrmější a i malá změna azurové vyvolá velkou změnu výstupního signálu B.

Na základě těchto úvah byla vytvořena aplikace pro kontrolu žloutnutí materiálu světlovodičů. Citlivost aplikace k měření barevného posuvu ke žluté barvě autoři testovali zajímavým způsobem.

Jeden ze dvou kancelářských papírů nechal v temnotě, druhý vystavil na dvanáct hodin slunečnímu záření. Přestože okem nebylo zežloutnutí tohoto papíru viditelné, běžná kamera od firmy Basler je ve spojení s vytvořenou aplikací spolehlivě detekovala. Na obr. 6 je ukázáno rozhraní aplikace při detekci zežloutnutí papíru při kalibraci neosvětleným papírem.

Otto Havle, FCC průmyslové systémy

## ► Matlab a Simulink - Release 2018a

Humusoft s. r. o., výhradní zástupce společnosti MathWorks®, uvádí na trh České republiky a Slovenska nové vydání výpočetního, vývojového a simulačního prostředí Matlab R2018a, přinášející zejména efektivnější učení hlubokých neuronových sítí v oboru *deep learning*, generování zdrojového kódu CUDA z hlubokých neuronových sítí s rozvětvenou architekturou, nové algoritmy pro návrh systémů ADAS, grafický modul *Econometric Modeler*, určený k analýze a modelování časových řad, a zcela nové nadstavby *Predictive Maintenance Toolbox* a *Vehicle Dynamics Blockset*.

V základním modulu Matlab je mj. grafický nástroj Live Editor rozšířen o vkládací grafických ovládacích prvků (posuvníky, roletkové výběry), které umožní interaktivně

měnit hodnoty v dokumentech, a jsou přidány: tvorba automatizovaných testů pro grafické aplikace vytvořené v nástroji App Designer a přístup k webové kameře uživatele z prostředí Matlab Online. Novinkou v nástroji pro modelování a simulaci dynamických systémů Simulink je mj. předvolba *Simulation Pacing*, umožňující zpomalit simulaci pro účely vizualizace a popř. také ručních zásahů do simulace.

K podpoře metod *deep learning* jsou v nástroji Neural Network Toolbox zařazeny jak nové funkce umožňující využít sítě LSTM (*Long Short-Term Memory*) k řešení regresních úloh a klasifikaci textových dat ve spolupráci s nástrojem Text Analytics Toolbox, tak také nástroje k efektivnějšímu trénování hlubokých neuronových sítí různými metodami.

Nadstavba *Predictive Maintenance Toolbox* obsahuje sadu nástrojů k označování dat, návrhu indikátorů stavu zařízení a odhadu zbývajících doby provozního života stroje

(RUL) při analýze dat importovaných z lokálních souborů, cloudových úložišť a distribuovaných sad souborů; lze využít simulovaná data z poruchových stavů generovaná modely v prostředí Simulink. Druhá z nových nadstaveb, označená *Vehicle Dynamics Blockset*, je knihovna bloků a referenčních modelů k simulaci jízdních manévrů automobilu ve 3D prostředí a rovněž komponent k interaktivnímu modelování pohonu, řízení, závěsů, karoserie, brzd a pneumatik vozidel.

Výčet ještě dalších mnoha zajímavých novinek v systému Matlab R2018 zcela přesahuje rámec této zprávy. Samozřejmě jsou u nové verze také aktualizace všech dosavadních aplikačních knihoven. Podrobné informace o systému Matlab R2018a i o celkové nabídce společnosti Humusoft lze nalézt na [www.humusoft.cz](http://www.humusoft.cz).

[Tisková zpráva Humusoft s. r. o., 2. 5. 2018.]

(sk)