

Útvilágítás és mezopos fotometria

Némethné Vidovszky Ágens¹ és Schanda János²

1. Budapesti Műszaki Egyetem; 2 Pannon Egyetem

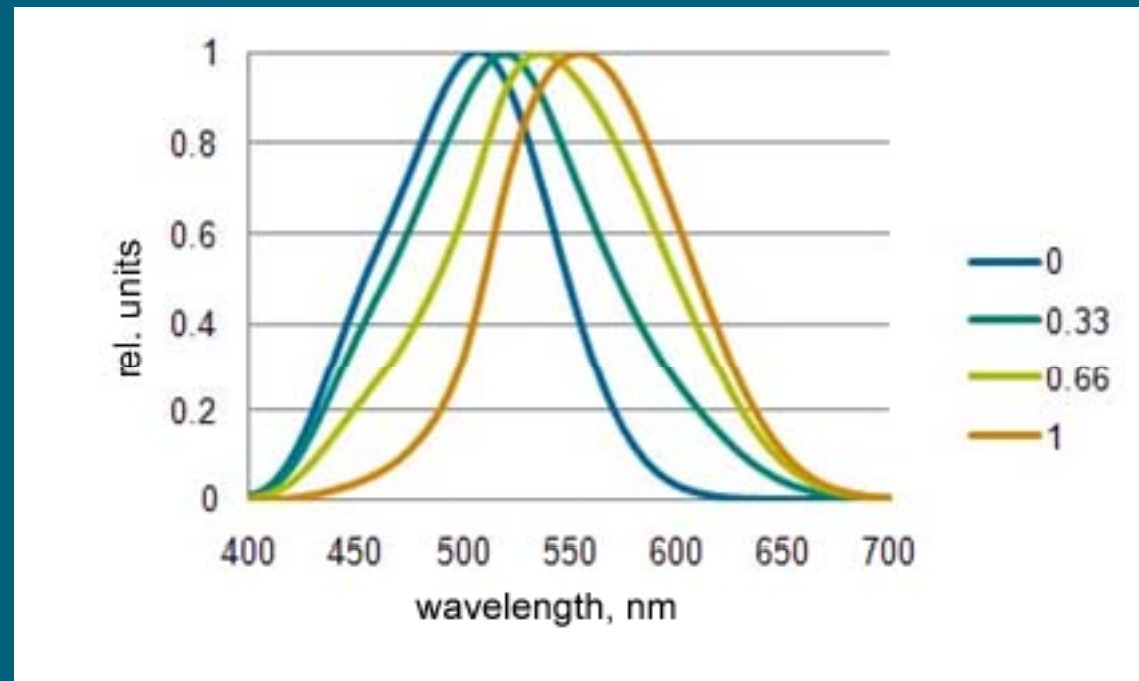
Áttekintés

- A fotometria két rendszere:
 - Vizuális teljesítmény alapú
 - Világosság – egyenértékű fénysűrűség alapú
 - A két rendszer szerepe az útvilágításban
- Az adaptációs fénysűrűség mint a vizuális teljesítmény alapú fotometria alapja
 - Összetett fénysűrűség eloszlás problémája
 - Időben változó fénysűrűség eloszlások
 - Fénysűrűség és az öregedő szem
- Javaslat az összetett fénysűrűség kép hatásának vizsgálatára

A vizuális teljesítmény alapú fotometria, 1

- Csap látás (fotopos) spektrális fényhatásfok görbéje: $V(\lambda)$
- Pálcika látás (szkotopos) spektrális fényhatásfok görbéje: $V'(\lambda)$
- Átmeneti tartomány: mezopos látás, folyamatos átmenet a két görbe között:

$$M(m)V_{\text{mes}}(\lambda) = mV(\lambda) + (1-m)V'(\lambda)$$



A vizuális teljesítmény alapú fotometria, 2

- Additív és multiplikatív, így

$$\Phi_v = P = K_m \sum_{380\text{nm}}^{780\text{ nm}} \Phi(\lambda)V(\lambda)\Delta\lambda$$

$$\Phi'_v = S = K'_m \sum_{380\text{nm}}^{780\text{ nm}} \Phi(\lambda)V'(\lambda)\Delta\lambda$$

- ezzel

$$M(m)V_{\text{mes}}(\lambda) = mV(\lambda) + (1-m)V'(\lambda)$$

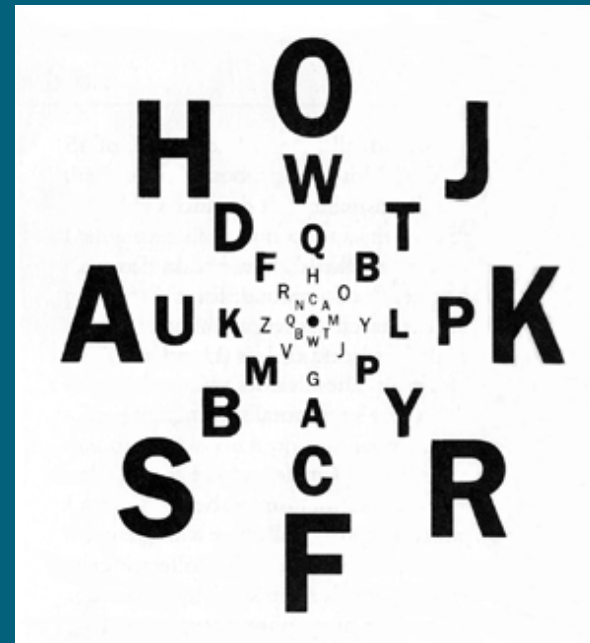
- ahol $m_n = 0.7670 + 0.3334 \log_{10}(L_{\text{mes},n})$ ahol $0 \leq m_n \leq 1$

- és

$$L_{\text{mes},n} = \frac{m_{(n-1)}L_p + 0,401765(1 - m_{(n-1)})L_p \frac{S}{P}}{m_{(n-1)} + 0,401765(1 - m_{(n-1)})}$$

A vizuális teljesítmény alapú fotometria, 3

- L_{mes} adaptációs fénysűrűség
- Kérdés:
 - Hogyan határozzuk meg az adaptációs fénysűrűséget?
- A fovea mindig fotoposan érzékeny
 - Milyen határ kontraszt érzékenységgel kell számolni, ha a környezet mezopos érzékenyséű, de fotoposan látjuk az akadályt?
- A látásélesség a foveán kívül gyorsan csökken
 - Azonos alakfelismerés Anstis szerint*:



*Anstis, S. (1974). A chart demonstrating variation in acuity with retinal position, *Vision Research*, 14, 589-592.

Világosság érzékelés alapú fotometria, 1

- Egyenértékű fénysűrűség:
 - Olyan összehasonlító mező fénysűrűsége, amelyben a sugárzás relatív spektrális eloszlása megfelel az 540×10^{12} Hz-es sugárzásnak és világossága ugyanaz, mint a figyelembe vett mezőé, meghatározott fotometriai mérési feltételek mellett; az összehasonlító mező meghatározott méretű és alakú legyen, amely azonban eltérhet a figyelembe vett mező méretétől és alakjától.
 - Egysége: $\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$
 - Megjegyzés:
 - Az 540×10^{12} Hz-es sugárzás hullámhossza 555,016 nm szabványos levegőben.
 - Az összehasonlító mező lehet más spektrális eloszlású is, ha annak azonos körülmények között ismert az egyenértékű fénysűrűsége.
- Ismert, hogy azonos fénysűrűségű felületek világossága eltérő lehet, ha
 - színük eltérő: Helmholtz-Kohlrausch hatás
 - mezopos tartományban világítjuk meg azokat: Purkinje hatás.

Világosság érzékelés alapú fotometria, 2

- CIE 200:2011 – A CIE kiegészítő fotometriai rendszere
 - Helmholtz-Kohlrausch hatás figyelembe vétele a színességi koordináták nem-lineáris függvényeként
 - Purkinje hatás figyelembe vétele pálcika kölcsönhatás segítségével

$$L_{\text{eq}} = (L)^a \cdot (L')^{(1-a)} \cdot 10^c$$

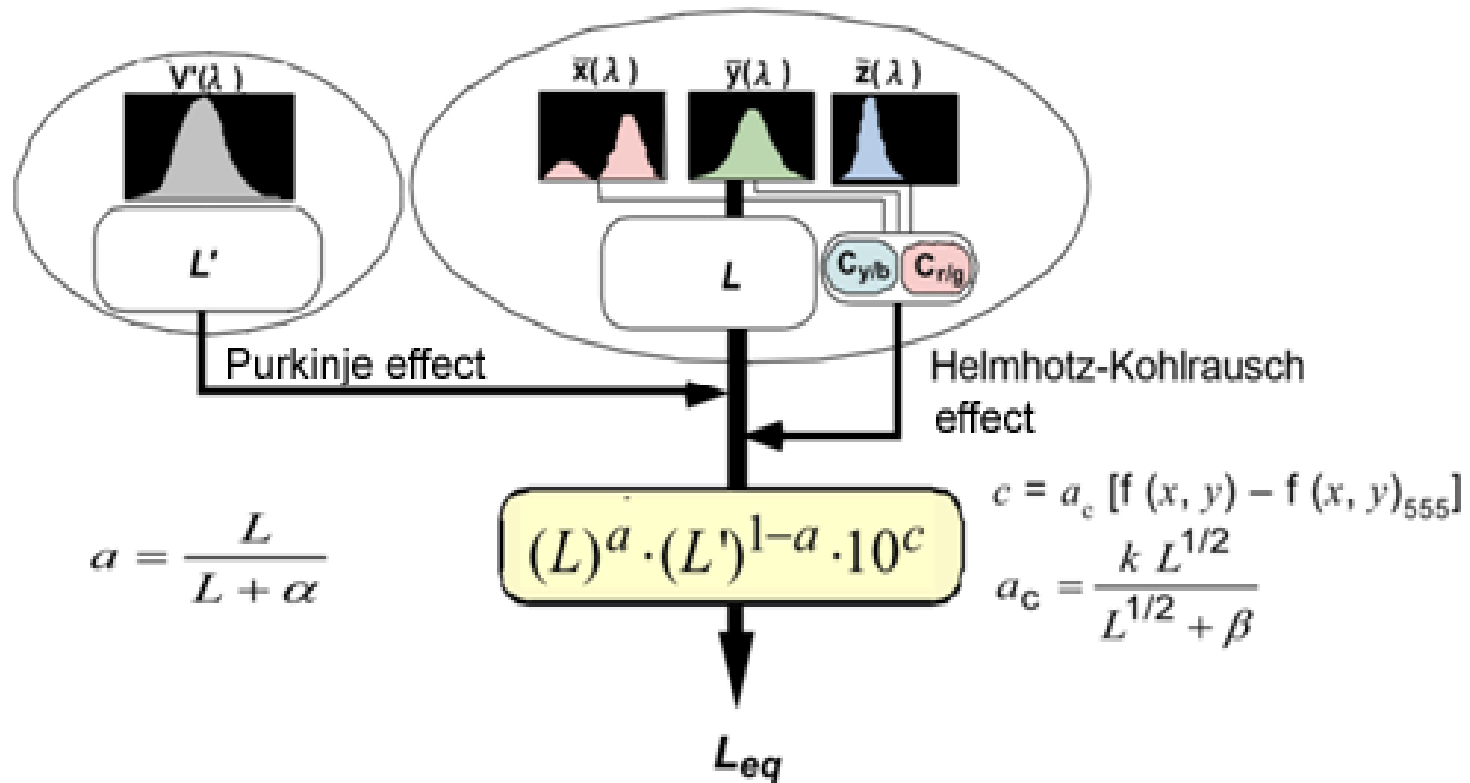
ahol $a = \frac{L}{L + 0,05}$

$$c = a_c [f(x, y) - f(x, y)_{555}]$$

$$a_c = \frac{1,3L^{1/2}}{L^{1/2} + 2,24}$$

$$f(x, y) = \frac{1}{2} \log \left[-0,00054 - 0,21x + 0,77y + 1,44x^2 - 2,97xy + 1,59y^2 - 2,11(1-x-y)y^2 \right]$$

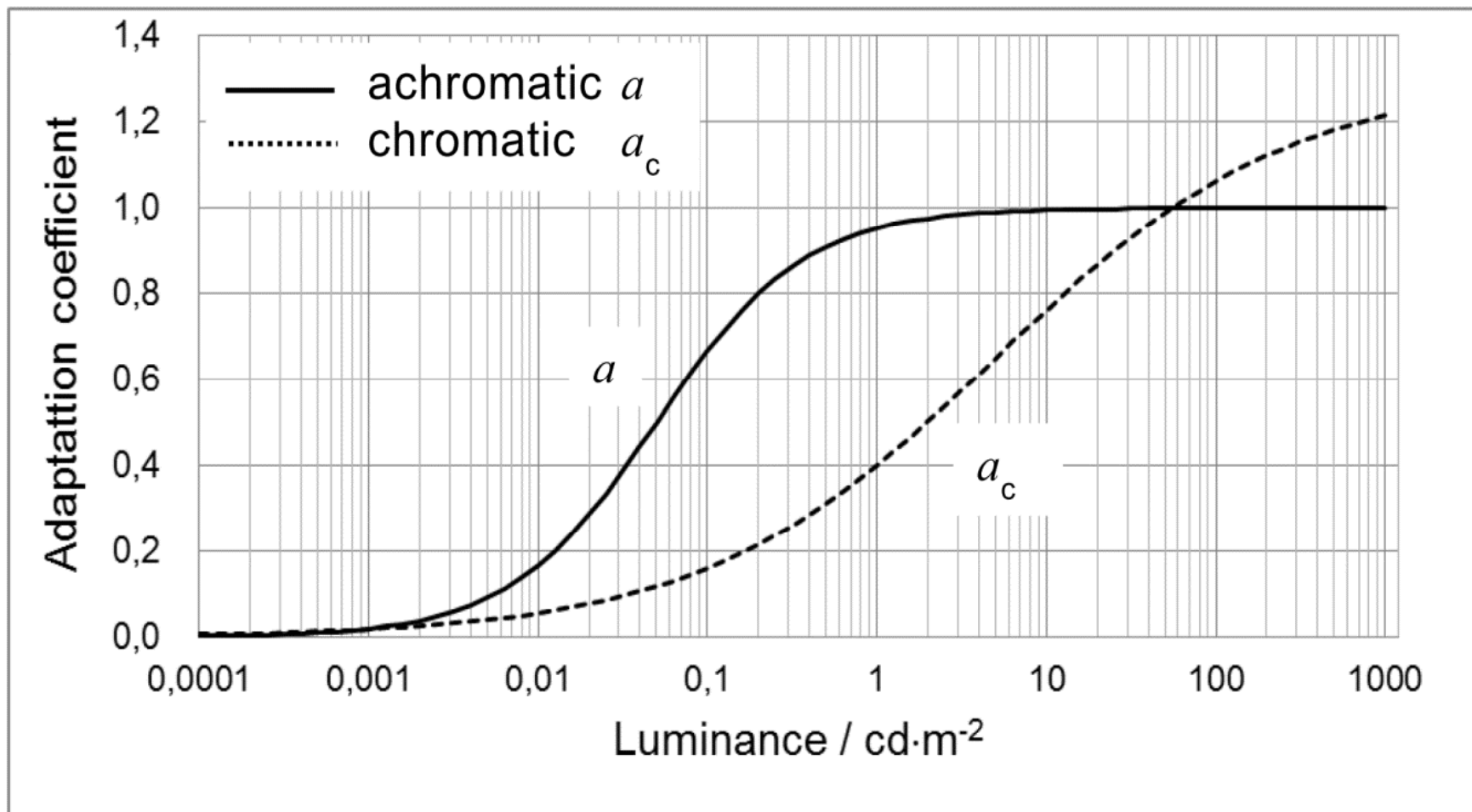
Világosság érzékelés alapú fotometria, CIE 200 modell



Parameters:

$$\alpha = 0,05 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}; \quad \beta = 2,24 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}; \quad k = 1,3;$$

A két skálázó kitevő fényűréség függése



$$a = \frac{L}{L + \alpha}$$

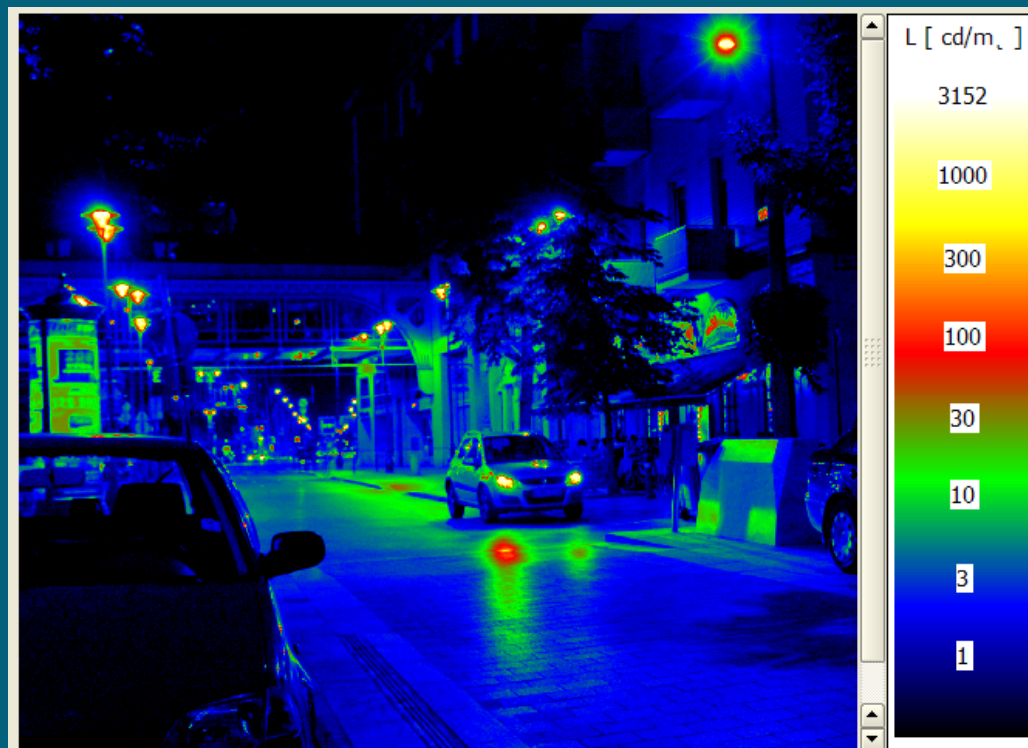
$$a_c = \frac{k L^{1/2}}{L^{1/2} + \beta}$$

A két metrika szerepe az útvilágításban

- Vizuális teljesítmény alapú fénysűrűség:
 - Közlekedésbiztonsági feladatok ellátása:
 - Gyors akadály-felismerés
 - Útkövetés
 - Közlekedési partnerek mozgásának megfigyelése
- Világosság érzékelés alapú egyenértékű fénysűrűség
 - Környezet világossága
 - Épület homlokzatok fénysűrűsége
 - Gyalogos megfigyelése
 - Környezet világossága

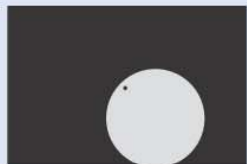



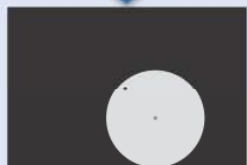

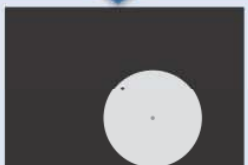
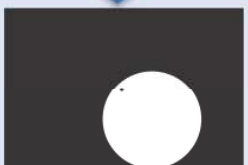
Adaptációs fényűrűség, 1

- Összetett fényűrűség eloszlású utcakép:
 - Előtérben LED-es lámpatest
 - Háttérben nagynyom. Na-lámpás
 - Gépkocsi izzólámpás fényszóróval
- Az utca fényűrűség eloszlás képe.
 - Kérdés pl. a gépkocsi előtt 5-10 méterre a kb. 1 cd/m^2 fényűrűségű területen milyen adaptációs fényűrűséggel kell számolni



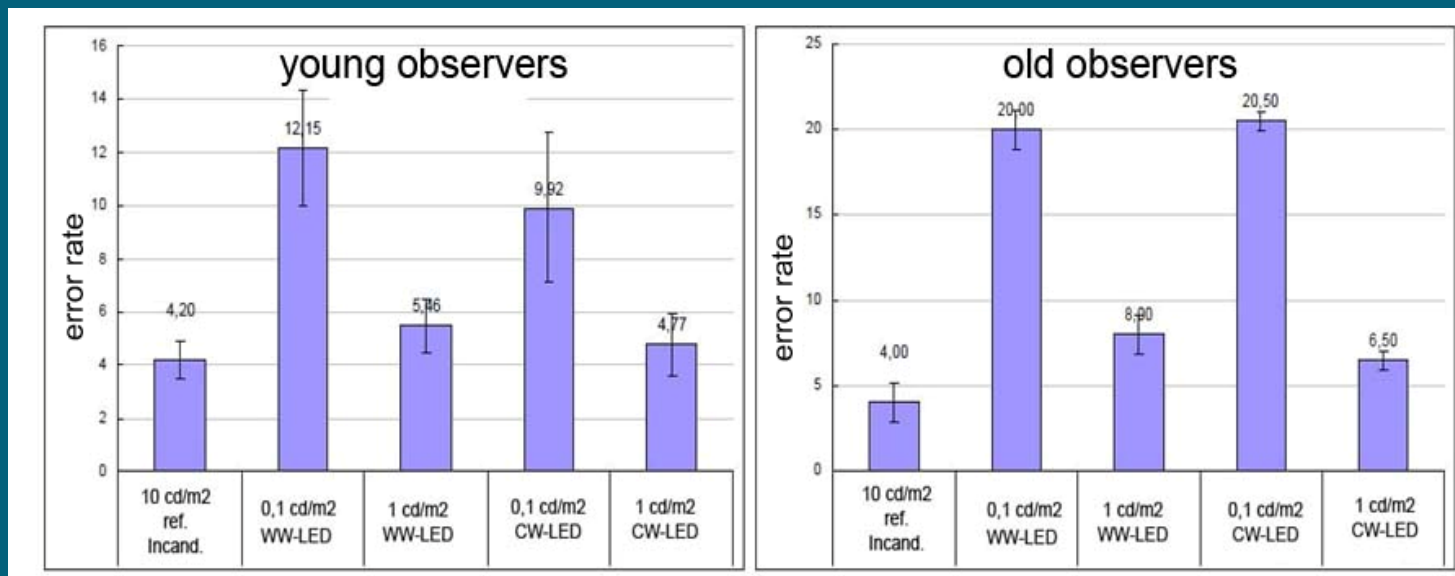
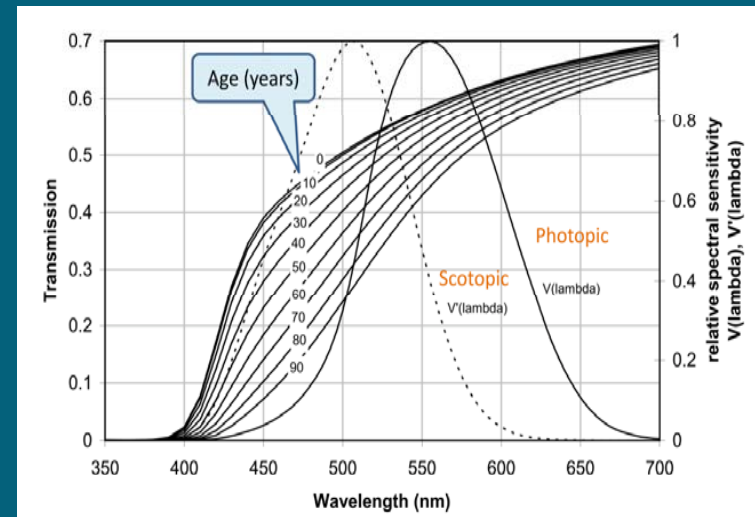
Adaptációs fényűrűség, 2

- Uchida és Ohno szerint a kérdéses hely környezete a döntő:

Pattern	Condition A Circle	Condition B Uniform	Condition C Circle	Condition D Circle
Adaptation 5min. Adaptation Lum.	 $L_a = 0.42\text{cd/m}^2$	 $L_a = 0.42\text{cd/m}^2$	 $L_a = 2.1\text{cd/m}^2$	 $L_a = 2.1\text{cd/m}^2$
Task 0.6sec. Background Lum.	 $L_b = 0.42\text{cd/m}^2$	 $L_b = 0.42\text{cd/m}^2$	 $L_b = 0.42\text{cd/m}^2$	 $L_b = 2.1\text{cd/m}^2$

Adaptációs fénysűrűség, 3

- Tisztázandó még
 - a nagyobb fénysűrűségű világítótestek okozta fátyol-fénysűrűség hatása
 - szemmozgásból származó hatások, időfüggések
 - különböző korú úthasználók



Javaslat új kísérletre

- Valós környezetet utánozó vetített kép, melyben
 - adott helyen mind pozitív mind negatív kontraszt hozható létre, kontrasztküszöb meghatározásához,
 - nagyfelületű egyenletes adaptációs fényűrűség biztosítása,
 - adott területeken kiemelő világítás (fátyol-fényűrűséget okozó) hozható létre.
- Vizsgálatok első sorban fekete-szürke-fehér környezetben, az adaptációs háttér fényűrűség, a lokális határ-kontraszt és a fátyol-fényűrűség hatásának vizsgálatára

Összefoglalás

- Mezopos tartományra két fotometriai rendszerünk van:
 - Vizuális teljesítmény (gyors reakcióidőn alapuló) fotometria
 - Egyenértékű fénysűrűség alapú világosságot becslő fotometria
- A vizuális teljesítmény alapú fotometria használhatóságának előfeltétele az adaptációs fénysűrűség meghatározása
 - Lokális adaptáció?
 - Időfüggés?
 - Megfigyelő életkorától való függés
- A (lokális) adaptáció vizsgálható, a többi nehezen közelíthető
 - Új kísérlet a adaptációs fénysűrűség vizsgálatára

Köszönjük szíves figyelmüket!