

NORMAREA NIVELULUI DE ILUMINARE ÎNTR-UN PERCEPȚIA VIZUALĂ ȘI CONFORTUL UTILIZATORULUI

Mihaela POP

Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca

1. Contrastul și percepția vizuală

Detectarea contrastului este o sarcină vizuală de bază de la care derivă multe alte comportamente vizuale. Sistemul vizual oferă informații nesemnificative atunci când retina este iluminată uniform, dar este în mod deosebit specializat de a produce informații despre discontinuitățile și variațiile luminoase din câmpul vizual.

Contrastul se definește cu ajutorul relației $C = \frac{L_f - L_o}{L_f}$, unde L_o este luminanța detaliului și L_f - luminanța fondului. Dacă contrastul unui disc test este mărit, probabilitatea de observare crește până la 100%, la o anumită valoare a contrastului. Contrastul la care probabilitatea de detecție este de 50% este denumit "contrast de prag".

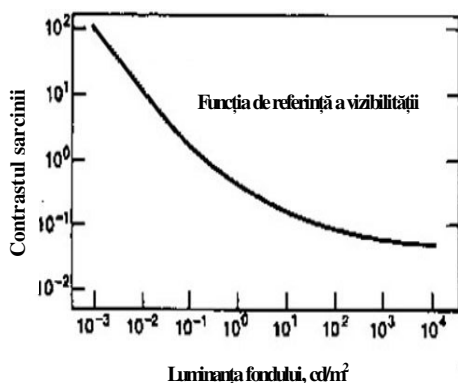


Figura 1 Funcția de referință a vizibilității (VL1)

Modificarea contrastului de prag pentru un disc test ca funcție de luminanța fondului este prezentată în figura 1. Funcția de referință a vizibilității reprezintă contrastul necesar la diferite niveluri ale luminanței fondului pentru a realiza o vizibilitate de prag pentru un disc luminos de 4 min, expus 0,2 s și este denumită funcția VL1. Această curbă a fost utilizată de IESNA pentru a ilustra relația fundamentală

dintre detectarea unui obiect și luminanța fondului.

Pentru un disc luminos cu luminanța L_o situat în mediul luminos cu luminanța fondului L_f , se obține contrastul C . Pentru a determina contrastul de prag, se adaugă luminanța de voal L_v și, simultan, se reduce atât L_o cât și L_f cu un factor $K < 1$:

$$\bar{C} = \frac{L_v + KL_f - L_v - KL_o}{L_v + KL_f} = KC$$

Nivelul de vizibilitate prezent în mediul luminos este $VL = 1/K$.

Contrastul echivalent - [3]. Unul dintre factorii importanți care afectează vizibilitatea unei sarcini vizuale într-un mediu dat este reflexia de voal. Acest efect are loc când cea mai mare parte din razele emise de sursa de lumină, de obicei amplasată pe tavanul încăperii, se reflectă din sarcina vizuală direct în ochii noștri, o parte mai mică fiind absorbită sau reflectată difuz. Rezultatul este că detaliile sarcinii vizuale sunt parțial sau câteodată total în obscuritate. Reflexiile de voal pot fi cuantificate ca o reducere efectivă de contrast între sarcină și fond. În dezvoltarea acestui concept, se definește contrastul echivalent C_o al sarcinii actuale ca și contrast al unei sarcini de referință luminoase de 4 minute, astfel încât sarcina de referință să aibă aceeași vizibilitate cu sarcina actuală când ambele sarcini sunt privite timp de 0,2 s în aceleași condiții de prag, în centrul unei sfere luminoase difuze.

Cunoscând contrastul echivalent, se poate afla luminanța fondului necesară L_r utilizând curba VL8 (probabilitate de observare de 90%) și apoi se găsește E_r . Deci, E_r reprezintă iluminarea necesară sarcinii

studiate în sferă, la un nivel de vizibilitate VL8 în condiții de referință.

Se poate aplica același raționament și pentru sarcina studiată în determinarea iluminării necesare într-un mediu luminos real.

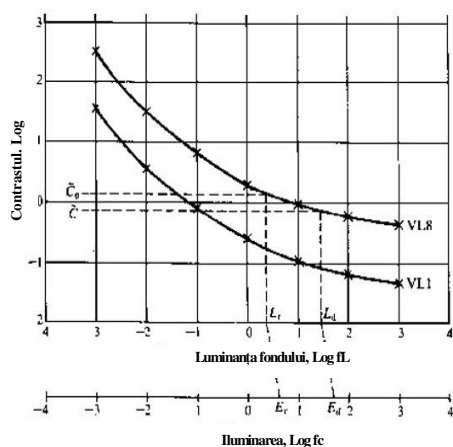


Figura 2 Contrast echivalente

Noua valoare, mai scăzută, a contrastului echivalent este notată C și dacă se introduce pe curba VL8 – figura 2, se obține valoarea luminanței fondului necesară proiectării L_d și valoarea iluminării actuale E_d . Se poate compara apoi E_d cu valoarea iluminării actuale prezente în mediu luminos real pentru a vedea dacă funcționează criteriul VL8.

Efectul reflexiilor de voal a redus contrastul echivalent de la C_o la C . Această trecere de la condițiile sferei la cele ale mediului luminos real este reprezentată de *factorul de redare a contrastului (CRF)* $CRF = \tilde{C}/\tilde{C}_o$.

O schimbare mică a contrastului echivalent duce la modificări mari ale iluminării cerute, dacă se păstrează același nivel de vizibilitate. De exemplu o reducere de contrast de 46% duce la o creștere a luminanței și, ca urmare, a iluminării de 1090% pentru aceeași vizibilitate a sarcinii. O descreștere de 10% a contrastului necesită a creștere a iluminării de 100% pentru aceeași vizibilitate.

2. Caracterul dinamic al recomandărilor nivelurilor de iluminare - [2]

Tendențele proiectării sistemelor de iluminat sunt foarte dinamice. Nivelul de iluminare recomandat reprezintă doar unul dintre parametrii ce trebuie luați în considerare la proiectarea sistemelor de iluminat, dar el este

întotdeauna determinant pentru un sistem. Un studiu de comparație internațional arată că nu există un consens în definirea “nivelului de iluminare corect”.

Începând cu anul 1930, nivelul de iluminare a cunoscut o schimbare rapidă în majoritatea țărilor. În prima fază a crescut, după care a scăzut din nou, variația nivelului de iluminare de la o țară la alta fiind foarte mare. În Tabelul 1 este prezentată o comparație între nivelurile de iluminare pentru sarcini selectate în birouri, folosind date din 20 țări – [2].

Nivelurile de iluminare recomandate necesare desfășurării activităților din birouri prezintă variații de 10-15 ori în cele 20 țări. În plus există variații de 6-10 ori pentru școli, de 15-20 ori pentru magazine și de 25-40 ori pentru fabrici. Printre activitățile pentru care nivelurile de iluminare prezintă variații extreme sunt citirea (75-1000 lx), proiectarea detaliilor (200-3000 lx), testarea și asamblarea componentelor electronice (200-5000 lx), tricotarea și brodarea de mare finețe (50-2000 lx). De asemenea, variații mari ale iluminării se înregistrează și în saloanele din spitale (30-300 lx).

Cele mai înalte niveluri de iluminare pentru diferitele sarcini și tipuri de clădiri apar în Belgia, Brazilia și Japonia, iar cele mai scăzute niveluri de iluminare sunt Australia, China, Mexic, fosta Uniune Sovietică și Suedia. America de Nord are niveluri de iluminare medii recomandate.

Au existat variații mari ale nivelurilor de iluminare recomandate de-a lungul anilor. Asemenea schimbări pot fi parțial explicate prin schimbarea concepției de proiectare a sistemelor de iluminat. În 1970, o singură valoare a fost recomandată pentru citire și pentru iluminatul general, în timp ce în 1993, recomandările iluminării birourilor de lucru și a citirii se tratau separat. Diferența între cei 1000 lx recomandați în 1970 (incluzând și citirea) și 500 lx recomandați în 1992 este, totuși, destul de mare.

Caracterul dinamic al nivelurilor de iluminare recomandate este rezultatul mai multor factori, incluzând opiniile ce privesc cantitatea de lumină necesară pentru realizarea sarcinii dorite. În desemnarea și aplicarea nivelului de iluminare se împletește

Tabel 1 – Niveluri de iluminare recomandate în 20 țări (iluminare medie de întreținere, în lx) – [2]

Țara	Anul	Plan general	Sarcini VDT	Masa de scris	Sarcini de citire	Proiectare de detalii
Australia	1990	160	160	320	320	600
Austria	1984	500	500	-	-	750
Belgia	1992	300-750	500	500-1000	500-1000	1000
Brazilia	1990	750-1000	-	-	200-500	3000
China	1993	100-150-200	150-200-300	150	75-100-150	200-300-500
Cehia		200-500	300-500	300-500	500	750
Danemarca		200-500	200-500	-	500	1000
Elveția	1997	500	300-500	300	500	1000
Finlanda	1986	150-300	150-300	500-1000	500-1000	1000-2000
Franța	1997	425	250-425	425	425	850
Germania	1990	500	500	500	-	750
Japonia	1989	300-750	300-750	300-750	300-750	750-1500
Marea Britanie	1994	500	300-500	500	300	750
Mexic	Prop	200	-	600	900	1100
Olanda	1991	100-200	500	400-500	400	1600
România	1988	150-300-400	-	300-400	300	400
Rusia	1995	300	200	300	300	500
Suedia	1994	100	300-500	300	500	1500
USA/Canada	1993	200-300-500	300	200-300-500	200-300-500	1000-1500-2000
Ghid CIE	1996	500	500	500	500	750

proiectarea iluminatului cu analiza energetică. Nivelul de iluminare este doar unul dintre parametrii relevanți ce descriu sistemul de iluminat și performanța acestuia. În ambele cazuri însă, nivelul de iluminare are o funcție importantă în procesul de cuantificare a rezultatelor din punct de vedere al iluminatului și al energiei. Standardele pentru iluminare pot fi utilizate pentru încurajarea economisirii energiei electrice, cum este cazul Austriei, Germaniei, Elveției, Olandei și Rusiei, țări în care se utilizează la maximum lumina naturală. Măsurătorile nivelurilor de iluminare existente, urmate de ajustările nivelurilor de iluminare actuale pentru a respecta recomandările, vor duce la semnificative economii de energie electrică. Acest fapt este evidențiat într-un studiu efectuat de Departamentul Energiei din SUA; din 86.000 de lămpi fluorescente incluse în studiu, 32.000 (62%) au putut fi eliminate fără ca nivelul de iluminare să scadă sub 500 lx.

3. Influența nivelului de iluminare asupra performanței vizuale - [1]

Performanța vizuală este componenta pe care modificarea condițiilor de iluminat o afectează direct. Caracteristicile vizuale ale sarcinii se schimbă de-a lungul duratei de viață a instalației de iluminat. Variația inerentă a

cerințelor vizuale în locurile de muncă face nerealistă ideea specificării exacte a caracteristicilor iluminatului pe baza optimizării performanței sarcinii și, implicit, a performanței vizuale. Modelele performanței vizuale dezvăluie efectele pe care le are iluminatul asupra componentei vizuale a performanței sarcinilor. Recomandările nivelurile de iluminare se bazează pe realizarea unui nivel minim al performanței vizuale, fiind justificate prin afirmația că funcția iluminatului este să facă lucrurile vizibile, nu să maximizeze performanța sarcinii. Aceasta este o datorie a managementului.

Modelul performanței vizuale relative (RVP) reprezintă un model cuprinzător al performanței vizuale. RVP este folosit pentru a determina iluminarea necesară pentru realizarea unui nivel de performanță specificat. Modelul poate fi utilizat pentru a justifica multe dintre nivelurile de iluminare recomandate. În Tabelul 2 sunt prezentate nivelurile de iluminare necesare pentru a realiza un RVP de 0,98 în activitatea de citire, pentru mărimilor literelor de la 6, 8 și 10 puncte, contrast de tipărire de 0,7, reflectanța hârtiei (fondului) de 0,7, vârsta observatorilor de 20 și 60 de ani, distanța de observare de 40,5 cm, în comparație cu iluminările recomandate de IESNA.

Tabel 2. Nivelurile de iluminare determinate pe baza modelului RPV și recomandate de IESNA – [1]

Mărimea literelor (puncte)	Contrast	Iluminare (lx)		Iluminare recomandată IESNA (lx)
		20 ani	60 ani	
6	0,7	79	302	500-750-1000
8	0,7	38	148	200-300-500
10	0,7	27	101	200-300-500

Având în vedere că cele mai multe materiale sunt scrise în mărimea de 10 puncte sau mai mari, într-un contrast mai puternic și pe hârtie albă, datele de mai sus sugerează dificultatea justificării oricărei iluminări peste 100 lx, pe baza performanței vizuale.

Baza reală a recomandărilor nivelurilor de iluminare. Un inginer care ar proiecta într-un birou o instalație de iluminat care produce numai 100 lx poate fi considerat îndrăzneț – [1]. Numeroase studii au arătat că o iluminare de 100 lx produce o ambianță întunecată, neconfortabilă și, prin urmare, inacceptabilă. În 1917, o asemenea iluminare ar fi fost considerată excesivă. Douăzeci de ani mai târziu, iluminarea medie recomandată pentru birouri a fost de 1000 lx., ajungând azi la 500 lx. Întrebarea este de ce cerințele nivelurilor de iluminare recomandate pentru desfășurarea activității în birouri se modifică așa de mult de-a lungul anilor. Un posibil răspuns este dat de schimbarea capacității performanței vizuale a oamenilor în ultimul secol, dar acesta pare nepotrivit având în vedere că sistemul vizual uman s-a dezvoltat pe o perioadă mult mai lungă de timp. Introducerea în birouri a tehnologiilor moderne a dus la creșterea

calității materialelor tipărite. Copiile la indigou sunt acum foarte rar folosite. Cel mai potrivit răspuns ar fi că recomandările iluminării sunt determinate atât pe baza performanței vizuale, cât și a altor factori de natură practică și politică. Factorii practici sunt legați de tehnologie. Nu are rost să se recomande niveluri de iluminare ce nu pot fi realizate imediat și în condiții economice în clădirile existente și cu tehnologiile actuale. Factorii politici sunt de natura financiară și emoțională. Factorul financiar reprezintă costul de instalare al unei iluminări stabilite, raportat la beneficiile obținute. Factorul emoțional este mărimea ce caracterizează iluminatul din punct de vedere al confortului utilizatorului. Recomandările iluminărilor date de o anumită țară, într-o anumită perioadă de timp, variază în funcție de balanța dintre acești factori. În Tabelul 3 sunt prezentate nivelurile de iluminare recomandate de IESNA pentru iluminatul general în birouri, la fiecare ediție a ghidului “Lighting Handbook”, tehnologia utilizată la acea data și situația economico-politică din SUA.

Tabel 3 – Nivelurile de iluminare recomandate de normele IESNA – [1]

Anul	Sarcina vizuală: citirea	Iluminarea (lx)	Tipul lămpii	Situația economică și politică
1947	Obișnuit Cu dificultate	300 500	Incandescentă	Dezvoltare moderată
1954	Obișnuit Cu dificultate	300 500	Incandescentă/ Fluorescentă	Dezvoltare puternică
1959	Obișnuit Cu dificultate	1000 2000	Fluorescentă	Dezvoltare puternică
1966	Obișnuit Cu dificultate	1000 1500	Fluorescentă	Dezvoltare puternică
1972	Obișnuit Cu dificultate	1000 1500	Fluorescentă	Dezvoltare
1981	Obișnuit Cu dificultate	200-300-500 500-750-1000	Fluorescentă	Criză energetică
1987	Obișnuit Cu dificultate	200-300-500 500-750-100	Fluorescentă	Criză energetică
1993	Obișnuit Cu dificultate	200-300-500 500-750-1000	Fluorescentă	Preocupări privind mediul inconjurator

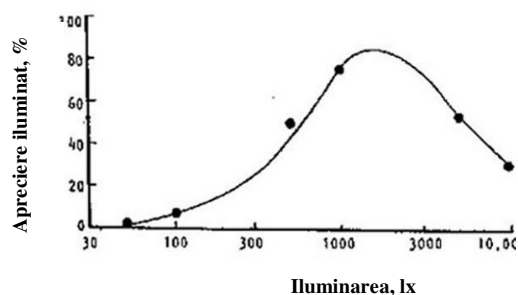
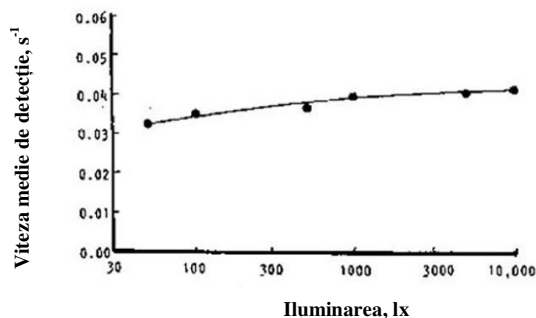


Figura 3 - Variația performanței vizuale și a confortului vizual cu iluminarea – [4]

Influența tehnologiei și a situației economice este recunoscută în multe domenii, dar diferența dintre performanța sarcinii și confortul vizual este mai puțin cunoscută. Figura 3 prezintă rezultatele unui studiu – [4] ce măsoară performanța sarcinii ce constă din găsirea unui număr cu 2 cifre din 99 astfel de numere, așezate aleatoriu pe o masă, pentru diferite iluminări ale mesei. O dată cu creșterea nivelului de iluminare se observă o creștere monotonă a vitezei performanței, dar procentajul subiecților ce consideră iluminatul confortabil prezintă un optim clar. Ceea ce demonstrează figura 3 este faptul că performanța vizuală și confortul vizual nu sunt doi factori sinonimi. Este posibil ca un nivel de iluminare anumit să permită o performanță vizuală înaltă, dar în același timp să producă disconfort. Diferența este determinată de deosebirile între modurilor lor de evaluare. Performanța vizuală măsoară ceea ce poate fi făcut, în timp ce confortul vizual măsoară ceea ce este mai ușor de făcut. Aceasta sugerează că performanța vizuală și confortul vizual reprezintă două cerințe obligatorii, succesive în stabilirea nivelurilor de iluminare recomandate. În societatea modernă, asigurarea iluminatului este considerată o chestiune tehnică simplă, astfel că numai iluminatul care asigură îndeplinirea ușoară a sarcinilor este acceptat. Un alt factor determinant în stabilirea iluminărilor recomandate îl reprezintă așteptările utilizatorilor (people's expectations). Acestea sunt de fapt ceea ce sperăm, dorim de la viață, iar modificarea, schimbarea așteptărilor în timp este parte din viață. Pretențiile oamenilor privind calitatea mașinilor, a mobilierului de birou, a

calculatoarelor etc. a crescut în ultimii ani. Nu există nici un motiv ca sistemul de iluminat să facă excepție de la acest proces. Iluminările bazate pe performanța vizuală reprezintă *necesitățile vizuale*; iluminările bazate pe preferința utilizatorilor reprezintă *dorințele vizuale*. Se poate afirma cu certitudine că doar *iluminatul care nu limitează performanța vizuală, nu produce disconfort vizual și răspunde așteptărilor va fi acceptat de utilizatori*.

Abstract

A discussion about level of illumination from the visual perception to the norms passing through the optimal values for users is work-out following some literature information.

Bibliografie

- [1]: Boyce, P.R., 1996, Illuminance Selection Based on Visual Performance - and Other Fairy Stories, *Journal of the IES*, Summer, 41-49
- [2]: Mills, E., Borg, N., 1998, Rethinking Light Levels, *IAEEL newsletter*, 1:4-7
- [3]: Murdoch, J.B., Illumination Engineering, From Edison's Lamp to the Laser, Macmillan Publishing Company, New York, 1985

Mihaela POP, ing., doctorand
 Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca
 E-mail: Mihaela.Pop@eps.utcluj.ro

- [4]: Muck, E. , Bodmann, H.W., 1961, Die Bedeutung die beleuchtungs-niveaus bei praktische sehtätigkeit, *Lichttechnik*, 13:502