

LIGHTING RESEARCH - CURRENT WORK IN THE U.S.A.

Terry K McGOWAN

Lighting Research Office, Electric Power Research Institute

Abstract

Current U.S. lighting research is primarily involved in describing and defining the variety of ways that light affects people. An example is a new report that outlines the relationships between visual performance and human performance. Such research, while not specific as to product or market, has value in linking the lighting industry to the needs of society. One way of successfully transforming such research work into lighting practice is described.

Research in progress

The electric lighting industry in the U.S. has now been providing products and services for more than 120 years. Research work carried out around the world as well as in the U.S. during this period has answered fundamental and applied questions about how the eye sees, the nature of light, how light can be generated and controlled and numerous application questions involving the complicated interaction between human beings and the lighted environment. Indeed, the so-called "human factors" aspect of lighting has dominated lighting research programs now for more than 40 years. But, this should not be a surprise. As with other branches of technology, when knowledge is gained, more questions are raised and there is always more to be discovered. There is also an element of timeliness. What subjects are of immediate interest to research planners and funders? In the U.S., during the 1970s and 80s, and in most other industrialized countries as well, energy conservation was at the top of the list. That is no longer the case although lighting energy use and efficiency remain a strong influence.

An important subject at the moment is how light affects human health. Interest in this subject intensified recently when two studies reported that female night-shift workers had increased chances of contracting breast cancer.

One study quantified the risk as "up to 60% higher" [1]. It is thought that the link to light is via the hormone melatonin. Obviously, more information is needed; but the potential effects involving how light is used in daily life in modern society may be significant and underscores how little is known in this area.

Some other important areas of lighting research (not a complete list) currently include:

- Mesopic vision – are there practical lighting applications where a mesopic lumen should be defined and used?
- Lighting for the elderly – the growing population of older people has raised issues of home and institutional facility design, health and quality of life.
- Germicidal UV applications for air, water and materials purification and decontamination – long-term research has confirmed the value of germicidal UV for the control of tuberculosis and other diseases. Recent events and concern about biological terrorism have renewed interest in this subject.
- Lighting quality – what factors significantly affect the quality of lighting, how important are they and how should they be defined and incorporated into lighting designs? One approach was developed for the latest edition of the **IESNA Lighting Handbook** [2]. See particularly Chapter 10. There is also work being done in the CIE especially through Division 3 and TC3-34.
- Light trespass/light pollution – originally brought to the attention of the public and the lighting industry by professional astronomers, light pollution is now of growing concern to those involved in other ecological and environmental issues because of light's effects on migrating birds, sea turtles and plants. Light trespass concerns have similarly become more important because of the growth of commercial outdoor, roadway and security lighting.

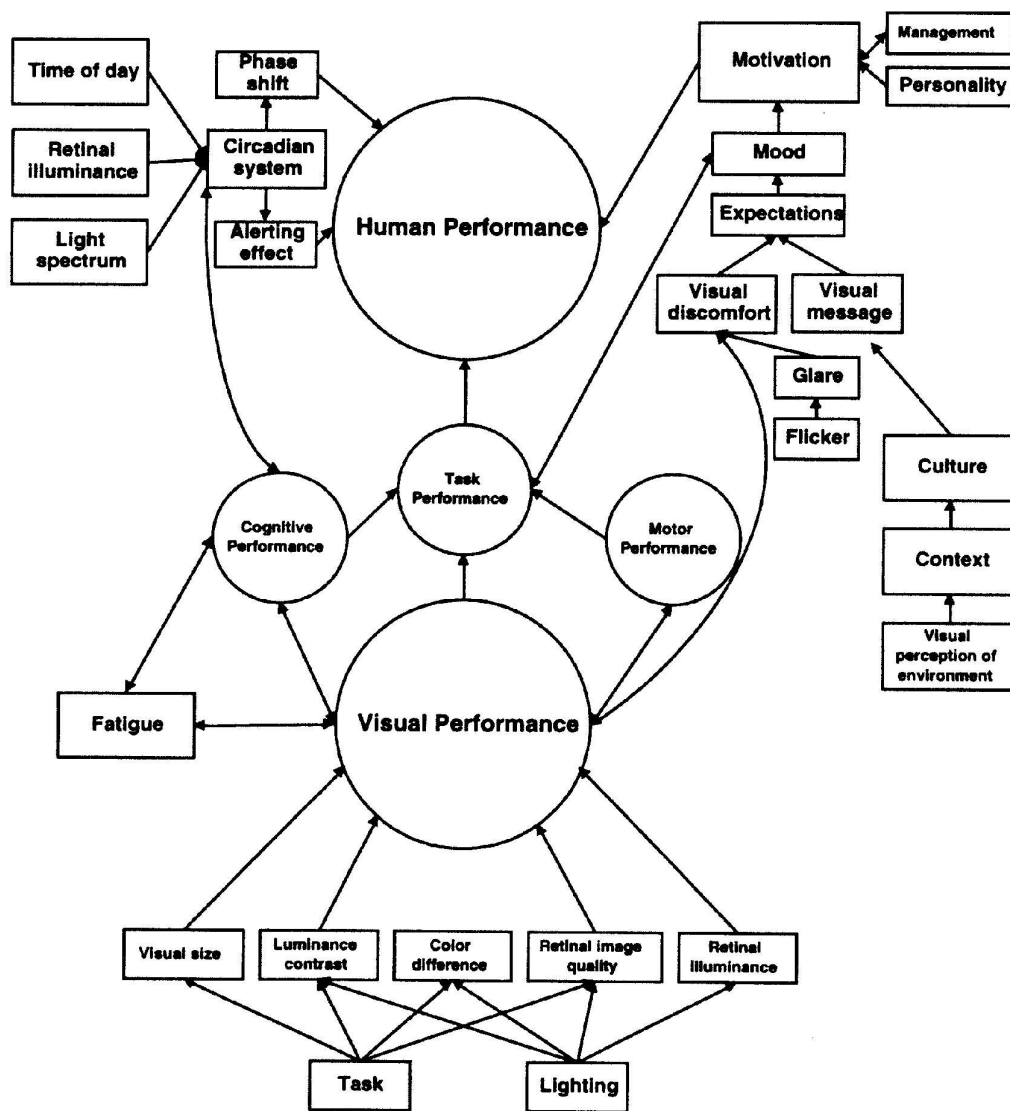


Figure 1 Three routes by which lighting can influence human performance. Visual performance is fairly well understood. How light affects the Circadian Systems and Motivation (with a few exceptions) is not.

An illustration of lighting research that has had long-term significance and remains of critical interest with visual, productivity, cost, energy and business implications is research involving lighting and visual performance. A new report, **Lighting and Human Performance II – Beyond Visibility Models Toward a Unified Human Factors Approach To Performance** by Dr. Peter Boyce and Dr. Mark Rea [3] suggests the history of the subject. The report updates and extends a previous report published in 1989, but the subject goes back to the early days of lighting. It deals with one of

the fundamental questions: how much light is required to visually perform specific visual tasks?

Early work resulted in illuminance values for tasks based primarily upon consensus judgement. But in 1959 the results of a major research effort were published indicating that visibility models could, with proper input values, determine the required illuminance for certain "visibility level" conditions. This was the so-called "Blackwell" work that became, for a time, the basis for lighting recommendations in North America and which was later adopted in part by the CIE as well.

Subsequent work, however, indicated that a comprehensive visibility model was more complicated than expected. Rea, Ouellette, Tiller and several others reported on attempts to refine and develop visibility models and the 1989 report mentioned above entitled, **Lighting and Human Performance: A Review** [4] documents the progress of that effort. But, as the title suggests, there was a growing realization that a model for visual performance was not enough to predict how light affects human performance leading to productivity. Other factors had to be included. The new report is therefore intended not only to update the earlier report, but also to indicate what these factors might be, what is currently known about them and their relationship to each other.

Figure 1 (taken from the new report) [3] suggests the conceptual framework. As indicated, lighting influences human performance directly via Task Performance and indirectly via Motivation (psychological factors) and the Circadian Systems (photobiology). The arrows in the diagram indicate the direction of the effects.

The risk with such definitive diagrams is that they suggest linkages and effects which are really not known or for which there may be very limited data. There is value, however, in using the ideas as a research “road map” that can be discussed, debated and eventually worked into research planning and funding cycles. This was done in the new report.

Transforming research into practice

There is, of course, long-term intrinsic value to lighting research; but, according to current thinking, the time between the research and unlocking its value must be shortened. Funders are particularly interested in that aspect of research and often build “realization” or “market transformation” plans into research projects. In other cases, organizations, such as government bodies, concerned about overall

development or implementation may sponsor transformation efforts to educate, disseminate or speed the integration of research into practice. A good example of this kind of effort is the **Advanced Lighting Guidelines** [5] or ALG. It is not a research report, but rather seeks to encourage the use of leading-edge energy-effective lighting technologies by making available complete, high-quality data and information to lighting designers and specifiers. First developed in 1991 and then revised in 1993 and now again in 2001, the ALG is sponsored by a group of electrical utilities and federal and state energy organizations. While the earlier editions were printed and made widely available at low or no cost, a unique aspect of the current edition is that the whole document (about 400 pages) may be downloaded from the World Wide Web at no charge. During the first 6 months of availability, there have been over 26,000 viewers of the material and some 1,000 downloads with about 10% of those being non-U.S. Clearly, the information is of interest.

Summary

This brief look at U.S. lighting research activities and issues has not included the major product research efforts of those companies directly involved in the lighting industry. Those efforts which result in new and improved lamps, luminaires and other lighting equipment are essential and focused on the sale of goods and services. However, the objective of this article is to emphasize the foundation of lighting - that broad research that deals with basic issues such as those described above. There is a need to understand these basic issues since they involve people and their relationship to light before companies can develop and market products needed to respond to that relationship.

References

1. **Journal of the National Cancer Institute**, Vol. 93, No. 20, 1511, October 17, 2001
<http://www.jnci.oupjournals.org/>
2. Rea, Mark S., Editor. **The IESNA Lighting Handbook**, 9th. Edition 2000. Illuminating Engineering Society of North American. New York. <http://www.iesna.org>
3. Boyce, P.R. and Rea, M.S., **Lighting and Human Performance II – Beyond Visibility Models Toward a Unified Human Factors Approach To Performance**. This research was managed by the Lighting Research Office of the Electric Power Research Institute (EPRI/LRO) and was published as EPRI Report 1006415, October, 2001.
<http://www.lightingresearchoffice.org>
4. Boyce, P.R., Berman, S.M., Collins, B.L., Lewis, A.L., and Rea, M.S., **Lighting and Human Performance: A Review**, National Electrical Manufacturers Association (NEMA) and Lighting Research Institute, Washington D.C., 1989.
<http://www.nema.org>
5. **Advanced Lighting Guidelines 2001**, EPRI Report 1005992. Palo Alto, California 2001.
<http://www.epri.com> A project of the New Buildings Institute, White Salmon, WA.
Electronic copies are also available for download via: <http://www.newbuildings.org>

Terry K McGOWAN

EPRI/LRO

3574 Atherstone Rd.

Cleveland Hts., OH 44121 USA

Tel: +1-216-291-1884

Fax: +1-216-382-6424

e-Mail: lighting@ieee.org



Terry K. McGOWAN, FIES, LC is the Executive Director of the Lighting Research Office of the Electric Power Research Institute (EPRI). The Lighting Research Office (LRO) funds, manages and reports on significant lighting research work conducted in laboratories throughout the world.

Received at 26.11.2001

CERCETAREA ÎN ILUMINAT – SUBIECTE ACTUALE ÎN S.U.A.

Rezumat

Cercetarea în domeniul iluminatului din S.U.A. este, în prezent, orientată, în principal, spre descrierea și definirea diverselor moduri în care lumina influențează oamenii. Un exemplu în acest sens este un nou raport care prezintă relațiile dintre performanțele vizuale și performanța umană. Astfel de cercetări, care nu sunt specifice unui produs sau unei piețe, sunt valoroase prin legătura pe care o fac între industria de iluminat și necesitățile societății. În continuare este descrisă o modalitate de a transforma, cu succes, aceste cercetări în practică de iluminat.

Cercetări în derulare

Industria de iluminat electric din S.U.A. oferă produse și servicii de mai mult de 120 de ani. Cercetările efectuate în această perioadă în întreaga lume, și în S.U.A. de asemenea, au

găsit răspunsuri la întrebări fundamentale și practice despre modul în care funcționează ochiul, natura luminii, modul în care lumina poate fi generată și controlată, și numeroase probleme aplicative care implică interacțiunea complicată dintre ființele umane și mediul luminos. Astfel, aspectul denumit “factorii umani” în iluminat a dominat programele de cercetare de mai mult de 40 de ani. Aceasta, însă, nu ar trebui să surprindă. Asemeni altor ramuri ale tehnologiei, descoperirile determină apariția unor noi întrebări, și întotdeauna este tot mai mult de descoperit. Mai este și elementul *timp*. Care sunt subiectele de interes imediat pentru cei care planifică, respectiv cei care finanțează cercetările? În S.U.A., în anii '70 și '80, și de asemenea în majoritatea țărilor industrializate, conservarea energiei s-a aflat în fruntea listei. Situația actuală este alta, dar utilizarea și randamentul energetic în iluminat își păstrează, totuși, un interes ridicat.

Un subiect important al momentului este modul în care lumina influențează sănătatea umană. Interesul asupra acestui subiect s-a intensificat

recent, când două studii au arătat faptul că femeile care lucrează în ture de noapte au mai multe șanse de a contracta cancer mamar. Unul dintre studii a cuantificat riscul ca fiind de “60% și mai mare” [1]. Se crede că legătura cu iluminatul se realizează prin hormonul melatonină. Este evident că sunt necesare mai multe informații, dar efectele potențiale ale iluminatului asupra vieții cotidiene din societatea modernă pot fi semnificative și evidențiază cunoștințele reduse din acest domeniu.

Alte domenii importante ale cercetării în iluminat (fără a fi o listă completă) includ în prezent:

- Vederea mezopică – există aplicații practice de iluminat în care ar trebui definit și utilizat un flux mezopic?
- Iluminatul pentru persoanele în vârstă – creșterea ponderei persoanelor în vârstă în rândul populației a pus problema proiectării facilităților casnice și instituționale, a sănătății și calității vieții.
- Aplicațiile dezinfectante ale UV pentru purificarea și decontaminarea aerului, apei și materialelor – cercetarea pe termen lung a confirmat valoarea antimicrobiană a ultravioletelor pentru controlul tuberculozei și a altor maladii. Evenimentele recente și temerile față de terorismul biologic au readus interesul asupra acestui subiect.
- Calitatea iluminatului – care sunt factorii care afectează în mod semnificativ calitatea iluminatului, cât sunt de importanți, și care este modul în care trebuie definiți și încorporați în proiectarea iluminatului? Una din abordări a fost dezvoltată în ultima ediție a **IESNA Lighting Handbook**[2]. A se vedea în special Capitolul 10. Se lucrează, de asemenea, și în cadrul CIE, în special prin Divizia 3 și TC3-34.
- Poluarea luminoasă/lumina pierdută – inițial adusă în atenția publicului și a industriei iluminatului de către astronomii profesioniști, poluarea luminoasă este în prezent o preocupare tot mai intensă a celor implicați în alte probleme ecologice și de mediu, din cauza efectelor pe care lumina le are asupra păsărilor migratoare, a peștelor marine și a plantelor. Lumina pierdută (“Light trespass”) a devenit importantă în mod similar datorită dezvoltării iluminatului comercial, rutier și de siguranță.

O ilustrare a cercetării în iluminat care a fost importantă timp îndelungat și care rămâne o problemă de interes, cu implicații vizuale, în productivitate, costuri, energie și comerciale sunt cercetările care implică iluminatul și performanțele vizuale. Un raport nou, **Iluminatul și performanțele umane II – după modelele de vizibilitate, spre o abordare unificată a factorilor umani ai performanței**, de Dr. Peter Boyce și Dr. Mark Rea [3] sugerează istoria acestui subiect. Raportul actualizează și extinde un raport anterior publicat în 1989, dar subiectul se întoarce până la începuturile iluminatului. Este abordată o chestiune fundamentală: câtă lumină este necesară pentru efectuarea unor acțiuni specifice vizuale? Primele cercetări au determinat valori ale iluminatului adoptate în primul rând prin consens. În 1959, însă, s-au publicat rezultatele unei cercetări ample, care indicau faptul că modelele de vizibilitate pot determina, cu ajutorul unor date de intrare corespunzătoare, iluminarea necesară pentru anumite condiții de “nivel de vizibilitate”. Aceasta a fost cercetarea denumită “Blackwell” care, pentru o vreme, a fost baza de recomandare pentru iluminat în America de Nord și care a fost mai târziu adoptată și de CIE.

Lucrările ulterioare, însă, au indicat faptul că un model curpinzător de vizibilitate este mult mai complicat decât se preconiza. Rea, Ouellette, Tiller și alții au prezentat încercările lor de a rafina și dezvolta modelele de vizibilitate, iar raportul din 1989 menționat mai sus, cu titlul “Iluminatul și performanțele umane” [4] documentează progresele realizate. Dar, după cum sugerează titlul, s-a realizat faptul că un model pentru performanța vizuală nu este suficient pentru a prezice modul în care lumina afectează performanțele umane productive. Trebuie incluși și alți factori. Noul raport nu are numai intenția de a actualiza raportul anterior, dar arată și care ar putea fi acești noi factori, ce se cunoaște în prezent și care sunt relațiile între ei.

Figura 1 (preluată din raportul nou) [3] sugerează cadrul conceptual. După cum este prezentat, iluminatul influențează performanța umană în mod direct, prin Executarea activității și indirect, prin Motivație (factori psihologici)

și sistemele circadiene (fotobiologie). Săgețile din diagramă indică direcția efectelor. **Figura 1** Trei căi prin care lumina poate influența performanțele umane. Performanța vizuală este destul de bine înțeleasă. Modul în care lumina afectează sistemele circadiene și motivația (cu câteva excepții) nu este înțeles.

Riscul acestor diagrame definitorii este că sugerează legături și efecte care în realitate sunt cunoscute prea puțin sau chiar deloc. Ideile sunt, totuși, utile pe post de “ghid de cercetare” care poate fi discutat, dezbătut și apoi utilizat în planificarea și finanțarea cercetărilor, ceea ce s-a și realizat în acest raport nou.

Aplicarea cercetărilor în practică

Cercetarea în iluminat are, desigur, o valoare intrinsecă pe termen lung; însă, conform concepției actuale, trebuie redus intervalul de timp dintre desfășurarea cercetării și aplicarea ei. Finanțatorii sunt în mod deosebit interesați de acest aspect al cercetării și deseori concep planuri de “realizare” sau de “transformare de piață” a proiectelor de cercetare. În alte cazuri, organizațiile, cum ar fi agențiile guvernamentale, preocupate de dezvoltarea sau implementarea generală, pot sponsoriza acțiunile de transformare pentru a educa, disemina sau accelera integrarea cercetării în practică. Un exemplu potrivit pentru aceasta este **Advanced Lighting Guidelines** [5] sau ALG. Acesta nu este un raport de cercetare ci, mai degrabă, încearcă să încurajeze utilizarea tehnologiilor de vârf în iluminat, eficiente

energetic, punând la dispoziția proiectanților de iluminat date complete, de calitate înaltă. Editat prima oară în 1991 și apoi revizuit în 1993 și respectiv 2001, ALG este sponsorizat de un grup de utilități electrice și organizații energetice federale și de stat. Primele ediții au fost tipărite și distribuite pe scară largă la un preț mic sau gratuit, un aspect special al ediției curente este faptul că întregul document (de circa 400 de pagini) poate fi descărcat de pe Internet în mod gratuit. În primele 6 luni de la publicare s-au înregistrat 26.000 de cititori ai materialelor și aproximativ 1000 de descărcări, din care 10% au fost din afara SUA. În mod evident, aceste informații sunt de mare interes.

Sumar

Această scurtă trecere în revistă a activităților și problemelor din cercetarea și problemele de iluminat nu a inclus cercetările majore ale companiilor implicate direct în industria de iluminat. Acele eforturi care rezultă în echipamente noi și îmbunătățite de iluminat sunt orientate spre vânzarea bunurilor și serviciilor. Obiectivul acestui articol, în schimb, este de a evidenția bazele iluminatului – acele cercetări de larg interes care abordează elementele de bază, cum sunt cele enumerate mai sus. Este necesară înțelegerea acestor probleme de bază, deoarece acestea implică persoanele și relația lor cu lumina, înainte ca firmele producătoare să dezvolte și să vândă produsele necesare care să răspundă nevoilor acestei relații.