

آزمایشگاه تحقیقات راه و ترابری

وزارت حمل و نقل

عنوان مقاله: دقت بینایی (دید) با چراغ جلوی زرد

مالکیت آزمایشگاه تحقیقات حمل و نقل در تاریخ آوریل ۱۹۹۶ از اداره حمل و نقل به یک شرکت تابعه بنیاد تحقیقات حمل و نقل منتقل شد.

این گزارش با اجازه کنترل کننده HMSO تهیه شده است. متن های موجود در این نوشتار را می توان به استثنای اهداف تجاری ، به شرط ذکر منبع ، باز نشر کرد.

Her Majesty's Stationery Office

انتشارات دولتی مقام سلطنتی (ملکه انگلستان)

چکیده

در فرانسه ادعا شده است که استفاده از چراغهای جلوی زرد ، دقت بینایی (توانایی دیدن جزئیات ریز) در نور لامپهای رشته ای (حبابی) دارای فیلتر زرد رنگ حدود ۸٪ افزایش می یابد، در عین اینکه ۱۵٪ از کل نور از دست می رود. این ادعا در آزمایشگاه مورد آزمایش قرار گرفته و نتیجه ی آزمایش از دست دادن حدود ۲٪ دقت بینایی بوده است. البته، وقتی نور از دست رفته در فیلتر با افزایش قدرت لامپ جبران شد، مشخص شد که میزان دید در نور زرد حدود ۳٪ بیشتر از نور سفید است. در این آزمایش ها ظاهراً سن بیننده بر نتیجه تأثیری نداشته است.

نتیجه گیری شد که اگر لامپ های سفید (یا لنزها) به زرد تغییر کنند ، تغییر بسیار اندکی در دقت دید (بین ۱٪ فقدان و ۱٪ افزایش) در شرایط قدرت الکتریکی برابر، ایجاد خواهد شد. اما در شرایط شدت نور برابر، دقت دید به میزان بسیار اندکی (حدود ۳٪) حاصل می شود. سایر اثرات تغییر رنگ در آزمایشگاه مورد مطالعه قرار نگرفته است (به عنوان مثال ، اثرات آن بر حساسیت کنتراست یا حساسیت به تابش خیره کننده).

۱-مقدمه

استفاده از چراغ جلوی زرد در فرانسه در سال ۱۹۳۹ اجباری شد. طبق گفته های دو (۱) شواهد تایید کننده ی این ابلاغیه در مقالاتی مندرج بود که توسط مونیخ و موتون منتشر شده است ، (۲) که اعتبار آنها از جانب ریچاردز و دیگران زیر سوال رفت.

با این حال ، Devaux ادعا کرد که نتایج تحقیقات قبل از جنگ طی نتایج تحقیقات آزمایشگاهی پس از جنگ توسط Pages و Fleury ، نیز تایید شده است. آنها دریافتند که وقتی یک فیلتر زرد انتخابی بین چشم داوطلبان و یک نمایشگر نور سفید قرار گرفت، این نتایج بدست آمد:

(۱) بهبود ۸ درصدی دقت بینایی علی رغم از دست دادن نور در فیلتر زرد (البته نه در هنگام تابش از منبع تابش خیره کننده)

(۲) کاهش ۲۶ درصدی در زمان انطباق دید با منبع تابش خیره کننده ، و

(۳) کاهش ۲۴ درصدی در زمان انطباق مجدد دید پس از حذف منبع تابش خیره کننده.

مروری بر گزارش این آزمایش اخیر ، تعدادی از ویژگیهایی را نشان داد که ظاهراً باعث عدم رضایت بودند که احتمالاً به یک نتیجه اشتباه منجر شده است.

به عنوان مثال ، اشاره شد که هر مشاهده گر فقط یک مجموعه مشاهدات با نور هر رنگ را انجام داده و در هر بار آزمایش ابتدا نور سفید و سپس نور زرد را مشاهده کرده است. بنابراین امکان دارد عملکرد بهتر داوطلبان در جلسه دوم به دلیل تمرین (تکرار تمرین) بوده نه به دلیل تغییر رنگ نور.

برای ارائه بررسی در مورد یافته های مربوط به دقت بینایی ، دو آزمایش تحت دو مجموعه شرایط نسبتاً متفاوت در آزمایشگاه انجام شده است، همانطور که در بند شماره ۲ در زیر توضیح داده شده است. نتایج بدست آمده همراه با برخی از آزمایشات جدیدتر در فرانس، مورد بحث قرار گرفته است.

۲- مبنای مقایسه

منحنی انتقال طیفی نشان داده شده به صورت (a) در شکل ۱ توسط Devaux (۱) برای نشان دادن این عبارت: "توسط فیلتر زرد انتخابی"، استفاده شده است.

اثر سودمند ادعا شده چنین فیلتری به حذف تقریباً کامل نور آبی با طول موج کمتر از $m u 480$ و کاهش نور سبز-آبی در باند طول موج $m u 510-480$ نسبت داده می شود.

لازم به ذکر است که نور مفید با طول موج های طولانی تر (سبز ، زرد و قرمز) نیز از بین می رود ، بخشی از آن به دلیل بازتاب های غیر انتخابی در سطوح فیلتر است.

عملکرد فیلتر بر روی نور از منبع نور استاندارد C.I.E (به عنوان مثال نور حاصل از دمای رنگ ۲۸۵۴ درجه کلوین (تقریباً معادل نور چراغ های سفید) در شکل ۲ نشان داده شده است.

نواحی سایه دار مقدار نور آبی و سبز آبی حذف شده را نشان می دهد در حالی که باقی مانده منطقه بین دو منحنی نشان دهنده ی فقدان ناخواسته نور مفید است.

انتقال کامل ۸۳ درصد است و تقریباً نیمی از نور از دست رفته نتیجه ی بازتاب های فیلتر است. فیلترهای مورد استفاده در تست های آزمایشگاهی مشابه آنچه توسط Devaux (شکل ۱ و ۳-۴ را ببینید) توصیف شده است ، انتخاب شدند.

اگر این فرض وجود داشته باشد که انتقال فیلتر مورد استفاده Pagas و Fleury ۸۵٪ بوده و نیمی از کل افت نور به دلیل بازتاب های سطح بوده است ، می توان برآوردی از دقت نسبی دید در نور زرد و نور سفید در سطح نوردهی (درخشندگی) مساوی بدست آورد. این کار با استفاده از داده های Shlaer (۷) از تغییرات دقت دید درخشندگی صورت می گیرد، هنگامی که هیچ تغییری در ترکیب طیف نور ایجاد نمی شود.

با ادامه این روش مشخص می شود که اگر نتایج Pagas و Fleury صحیح بود ، در سطح مساوی درخشندگی، دقت بینایی برای نور زرد باید ۱۶ درصد بیشتر از نور سفید باشد. بدیهی است که تغییر یکی از اجزای شیشه شفاف موجود در یک چراغ جلو به یک جزء زرد انتخابی مشابه، یک روش

کارآمد تر برای تغییر از چراغ های سفید به زرد است که با قرار دادن فیلتر شیشه ای زرد صورت می گیرد. زیرا بدین ترتیب می توان از بازتاب اضافی سطح جلوگیری کرد.

این همان کاری است که در فرانسه انجام می شود: شیشه زرد به جای شیشه شفاف یا برای لامپ چراغ یا لنز چراغ جلو استفاده می شود. چنین چراغهای جلویی حدود ۹۲,۵ درصد از شدتی معادل چراغهای سفید را نشان می دهند.

با استفاده از داده های شلایر ، مانند قبل ، مشخص شد که اگر شدت بینایی در نور زرد و در سطح درخشندگی مساوی، واقعاً ۶ درصد بیشتر از نور سفید باشد ، انتظار می رود تغییر از شیشه شفاف به زرد، به حدود ۱۲ درصد افزایش دقت و قدرت دید راننده منجر شود. انتظار می رود (بر اساس فرض های بالا) که کارایی بیشتر نور زرد (تا آنجا که به دقت دید مربوط می شود) بیش از جبران از دست دادن نور باشد.

آزمایش A اساساً تکرار آزمایش پاکز و فلوری بود ، به عنوان مثال تعیین تأثیر بر میزان دقت بینایی با یک فیلتر زرد انتخابی، بدون جبران از دست دادن نوری که فیلتر ایجاد می کند. آزمایش B تلاشی بود برای تعیین تأثیر بر میزان دقت بینایی هنگام تغییر از نور سفید به زرد و در عین حال ثابت نگه داشتن سطح (نور دهی یا درخشندگی) روشنایی.

۳-نمایشگر

۳/۱ ترتیب (چیدمان) کلی

در هر دو آزمایش ، صفحه نمایش اساساً شامل یک شفافیت عکاسی (اسلاید شفاف) بود که دارای ردیف هایی از حلقه های لندولت سیاه بود که از پشت به آن نور تابانده شده بود؛ البته جزییات ترتیب (چیدمان) در این دو آزمایش کمی متفاوت بود. در آزمایش B (اما نه در آزمایش A) یک میدان انطباقی اضافی میدان آزمایش را احاطه کرده بود که توسط این اسلاید شفاف شکل گرفته بود. اندازه ها و روشنایی های میدان آزمایش و محیط در بند ۳,۳ بحث شده است.

۳,۲ شفافیت ها (ورقه اسلاید)

چهار ورقه (یا اسلاید شفاف) وجود داشت که روی هر کدام دوازده حلقه لندولت به ترتیب کاهش اندازه در دو ردیف قرار گرفته بود. هدف این بود که هر حلقه از نظر اندازه ۵٪ کمتر از حلقه قبلی باشد که بزرگترین آن دارای شکاف ۳,۷۱ میلی متر (۰,۱۴۶ اینچ) و کوچکترین دارای شکاف ۲,۱۱ میلی متر (۰,۰۸۳ اینچ) است. در واقع اندازه حلقه ها به میزان ۲,۵ درصد از مقادیر اسمی خارج شدند. از آنجا که این خروج از اندازه های لازم در مقایسه با تفاوت بین حلقه های پی در پی قابل توجه بود، آزمایش باید طوری طراحی می شد تا تأثیر آنها بر نتایج را از بین ببرد.

۳,۳ سیستم های روشنایی (نوردهی)

۳,۳,۱ سیستم روشنایی (نوردهی) مورد استفاده در آزمایش B

این سیستم از جعبه ای با دو محفظه استفاده می کرد که هر دو از داخل با رنگ سفید رنگ آمیزی شده بودند. محفظه ی کوچکتر حاوی یک لامپ ۶ وات ۱۲ ولت چراغ های کناری اتومبیل و دارای یک دیافراگم کوچک بود که باعث میشد نور منعکس شده به محفظه بزرگتر وارد شود. این محفظه دارای انتهای باز بود که می توان قاب اسلاید (ورقه) شفافیت (همراه با فیلتر زرد هنگام مشاهده در نور زرد) را روی آن نصب کرد. بنابراین اسلاید (ورقه) شفافیت در پس زمینه ای که توسط دیواره های داخلی محفظه بزرگتر جعبه تشکیل شده بود، قابل مشاهده شد. اگرچه رنگ سفید مورد استفاده در فضای داخلی جعبه از نوع توصیه شده برای استفاده در کره های تلفیقی فتومتریک (Integrating sphere) بود، و به گونه ای طراحی شده بود که تا حد ممکن خنثی باشد، اما به دلیل تعدد بازتاب ها، جذب انتخابی قابل توجهی از نور آبی نسبت به قرمز وجود داشت. بنابراین جریان الکتریکی لامپ از حد مورد انتظار فراتر رفت (۱۷ ولت) تا دمای رنگ نور خارج شده از جعبه حدود ۲۸۵۰ درجه کلوین شود؛ مقدار دمایی بین آنچه که از چراغ جلوهای بریتانیایی دارای لامپ های شفاف بدست می آید: دمای پایین (۲۸۲۰ درجه کلوین) و دمای کامل (۲۸۹۰ درجه کلوین).

میانگین درخشندگی قسمتهای واضح اسلاید (ورقه شفاف) بدون فیلتر زرد (۰,۱۵ ۰,۰۴۵) cd/m^2 (Foot-Lambert) بود که حدود ۶ درصد بالاتر از این مقدار در ابتدای آزمایش و ۶ درصد زیر آن در پایان آزمایش بود. در هر یک از این دو مقطع زمانی تغییر درخشندگی نسبت به قسمتهای واضح شفافیت کمتر از مثبت و منفی ۵٪ بود.

۳,۳,۲ سیستم روشنایی مورد استفاده در آزمایش B

این سیستم نیز شامل یک جعبه با دو محفظه بود که هر دو از داخل با رنگ کره ی تلفیقی سفید رنگ شده بودند. (شکل ۳)

محفظه ی کوچکتر، حاوی لامپ چراغ جلو شفاف W1۲۷۶۰ و دارای شکافی برای ورود فیلتر بین این لامپ و دیافراگم به محفظه بزرگتر بود.

یک ورقه opal Perspex در ابعاد چهار فوت مربع، کناره ی محفظه ی بزرگتر را که در مقابل دیافراگم محفظه ی کوچکتر قرار داشت، تشکیل می داد. یک قاب، برای نگه داشتن شفافیت (ورقه ی شفاف)، در مرکز قسمت خارجی صفحه نمایشگر نصب شد. به منظور پخش نور حتی الامکان یکنواخت بر روی صفحه نمایشگر opal Perspex یک مخروط سفید توخالی مات (غیر شفاف) در محفظه بزرگ بین دیافراگم و صفحه نمایش نصب شده بود (به شکل ۳ و صفحه ۲ مراجعه کنید).

لامپ همانند آزمایش اول، تا ۱۴ ولت افزایش بار داده شد تا دمای رنگ نور خارج شده از جعبه به حدود ۲۸۵۰ درجه کلوین برسد. میانگین درخشندگی قسمتهای واضح اسلاید های شفاف ۰,۱۲ cd/m^2 و ۰,۰۳۵ (Foot-Lambert) بود. و میانگین درخشندگی پیرامونی صفحه نمایشگر ۰,۱۷ cd/m^2 و ۰,۰۴۹ (Foot-Lambert) بود. میزان تغییرات در این میانگین درخشندگی در طول آزمایش مثبت و منفی ۵٪ بود. در هر یک از این دو مقطع زمانی، میزان تغییر درخشندگی نسبت به قسمتهای واضح شفافیت $+ 1$ درصد و در فضای پیرامونی صفحه نمایشگر حدود مثبت و منفی ۱۰ درصد بود.

۳, ۴ فیلترها

از آنجا که سیستمهای روشنایی در دو آزمایش متفاوت بودند ، فیلترهایی در اندازه های مختلف مورد نیاز بودند. آنها همچنین از نظر خصوصیات انتقال طیفی اندکی تفاوت داشتند.

۳, ۴, ۱ فیلترهای مورد استفاده در آزمایش A

داشتن چهار عدد قاب برای نصب بر روی قسمت باز درانتهای جعبه روشنایی و همچنین داشتن یک جفت فیلتر زرد برای افزودن به قاب ها مناسب بود. (شکل ۳ را ببینید) منحنی های انتقال طیفی این دو فیلتر تقریباً یکسان بودند - یکی از آنها در شکل ۱ با منحنی ارائه شده توسط Devaux مقایسه شده است تا شیشه زرد انتخابی مورد استفاده برای لامپ های چراغ جلو فرانسوی را نشان دهد.

فرض بر این است که فیلتر مورد استفاده توسط Pages و Fleury نیز مشابه آن فیلتری است که توسط Devaux توصیف شده است ، اما هیچ اطلاعاتی در این مورد نمی دهند. انتقال سراسر فیلتر مورد استفاده در آزمایش A ، ۸۵ درصد بود، در مقایسه با ۸۳ درصد برای فیلتر ارائه شده توسط Devaux.

۳, ۴, ۲ فیلترهای مورد استفاده در آزمایش B

یک فیلتر زرد کوچکتر برای متناسب کردن شکاف در سیستم روشنایی آزمایش B مورد نیاز بود. منحنی توزیع طیفی آن ، که در شکل ۱ نیز نشان داده شده است ، با فیلترهای استفاده شده در آزمایش A اندکی تفاوت دارد. انتقال کلی این فیلتر ۸۳ درصد بود.

برای مشاهدات با نور سفید ، یک فیلتر خنثی از شیشه آسیاب شده تولید شد تا درخشندگی صفحه perspex در نور سفید و زرد یکسان باشد.

۳, ۵ مقایسه چیدمان این آزمایش با آزمایش فرانسوی

در آزمایش های کنونی تفاوت های متعددی بین چیدمان و ترتیبات به کار رفته توسط پاگز و فلوری وجود دارد.

(i) در آزمایش فرانسه فاصله مشاهده ۸,۳ متر (۲۷,۹ فوت) بود. در حالیکه در لابراتوار این فاصله ۴,۶ متر (۱۵ فوت) بود.

(ii) در آزمایش فرانسه یک میدان انطباقی در اطراف میدان آزمون وجود داشت، اما فقط در آزمایش دوم لابراتوار به کار رفت.

(iii) درخشندگی میدان آزمایش در آزمایش فرانسوی (۲۰,۱ cd/m^۲) تقریباً برابر بود درخشندگی آزمایش دوم، و کمی کمتر از آزمایش اول لابراتوار.

(iv) در آزمایش فرانسوی، فیلتر به جای اینکه بین منبع نور و میدان آزمایش قرار داده شود، در مقابل چشمان داوطلب قرار داده شد.

۴- طراحی تجربی

در هر جلسه آزمایش از دو شفافیت (اسلاید یا ورقه ی شفاف) با فیلترهای زرد و دو عدد بدون فیلتر استفاده شد به طوری که نیمی از مشاهدات در نور زرد و نیمی در نور سفید انجام شد. به فرد داوطلب در هر چهار چیدمان (وضعیت) هر چهار اسلاید شفاف نشان داده شد. یعنی فرد ناظر، هدف را در نور زرد و نور سفید به صورت متناوب مشاهده کرد.

این کار برای رفع اثرات ناشی از یادگیری، خستگی و غیره در افراد داوطلب (مشاهده گرها) و نیز برای جلوگیری از افت آهسته ی نور خروجی لامپ ضروری بود. هر بار از فرد خواسته شد که موقعیت شکاف را در هر حلقه ی روی آرایه نشان دهد. برای هر فرد (مشاهده گر) یک چیدمان تصادفی متفاوت از آرایه ها استفاده شد. نیمی از افراد با مشاهده در نور زرد شروع کردند و نیمی دیگر در نور سفید.

به منظور از بین بردن تأثیر تفاوت های کوچک ذکر شده در اندازه حلقه ها بر روی شفافیت های مختلف، هر ناظر در دو جلسه آزمایشی شرکت کرد. دو شفافیت که در جلسه اول با نور سفید نشان داده شدند در جلسه دوم با نور زرد نشان داده شدند.

از آنجا که در واقع ۱۶ چیدمان مختلف از موقعیت حلقه وجود داشت، بعید به نظر می رسد که عملکرد فرد (داوطلب مشاهده گر) در جلسه دوم تحت الشعاع حافظه ی او از آن چیزی باشد که در جلسه اول دیده بود. معمولاً جلسات آزمایش در روزهای مختلف برگزار می شد.

نکته مهم در این آزمایش ها این است که به افراد داوطلب (مشاهده گرها) گفته نشد که آنها برای مقایسه ی نور زرد و نور سفید در این آزمایش شرکت می کنند. بلکه فقط به آنها گفته شد که این یک تست بینایی است.

در آزمایش اول اکثریت مشاهده گرها متوجه تغییر رنگ نشدند. گرچه، در مرحله دوم که محیط نورانی بزرگتر بود، بیشتر مشاهده گرها متوجه تغییر رنگ شدند، اما هیچ کسی هدف واقعی این آزمایش را حدس نمی زد.

۳۲ نفر در آزمایش A و ۲۰ نفر در آزمایش B شرکت کردند. سن داوطلبان بین ۱۶ تا ۶۷ ساله بود.

همه افراد با توجه به عملکرد خود در آزمون ishihara دید طبیعی رنگ داشتند.

نتایج

در این آزمون (که در آن هیچ جبرانی برای از دست دادن نور در فیلتر زرد وجود نداشت) به دلیل تغییر از نور سفید به نور فیلتر شده زرد، افت قدرت و دقت بینایی مشاهده شد.

Pags و Fieury از بین چند گزینه که پیشنهاد شده بود، آن موردی را مطالعه کردند که به یک چراغ جلوی سفید یک فیلتر زرد انتخابی اضافه می کردند. البته نتایج موارد دیگر در مجموع می توانست نشان دهد که :

- (i) فیلتر منجر به کاهش ۱۵ درصدی نور می شود.
- (ii) نیمی از این کاهش نور به دلیل بازتاب سطح است.

لازم به تاکید است که دقت بینایی (visual acuity) تنها یکی از معیارهای ممکن برای عملکرد است و لزوماً مهمترین نیست: پاکز و فلوری همچنین معیارهای دیگری را که ممکن است از اهمیت بیشتری برخوردار باشند، بررسی کردند، به عنوان مثال زمان انطباق (دید) با منبع نور هنگام انطباق مجدد پس از حذف منبع تابش خیره کننده. و آنها نتیجه گرفتند که این کاهش یا تاخیر زمانی انطباق ها هنگام استفاده از نور زرد رخ می دهد نه نور سفید.

نتیجه گیری ها:

نتایج دو آزمایش انجام شده در آزمایشگاه کاملاً با هم توافق دارند.

آنها نشان می دهند که:

- ۱- اگر در پس زمینه ی روشن نور تنگستن فیلتر زرد به اشیای سیاه تابانده شود دقت دید حدود ۳ درصد افزایش می یابد، به شرط آنکه روشنایی (شدت تابش نور) در هر دو رنگ یکسان باشد. (یعنی کاهش نور ناشی از فرآیند فیلتر کردن با افزایش قدرت لامپ جبران شود).
- ۲- این که، وقتی مقایسه ای بین چراغ های جلو با توان مصرف برابر انجام می شود، که یکی از آنها دارای یک لامپ زرد و دیگری دارای لامپ سفید است، تفاوت در دقت بینایی بسیار ناچیز است، چیزی در حد ۱ درصد افت دید و ۱ درصد افزایش دید.
- ۳- و سوم اینکه به نظر نمی رسد اثر نسبی نور سفید و زرد با سن مشاهده گر ارتباط داشته باشد.

قدردانی و تشکر

نویسندگان این مقاله، از آقایان J.B. de Boer و آقای J.J. Balder از کمپانی N.V. فیلیپس هلند، بابت بحث و گفتگوهای مفیدشان در مورد این مشکل تشکر و قدردانی می کنند. همچنین مراتب تشکر خود را از بسیاری از اعضای آزمایشگاه که در این آزمایش ها کمک کردند ابراز می دارم به خصوص برای کمک ارزشمندشان در زمینه طراحی تجهیزات و اندازه گیری های نورسنجی.

