

Влияние высоко ярких объектов на обнаружение периферийных целей в условиях сумеречного зрения¹

Д. ДЖЕНГИЗ, М. МАКСИМАЙНЕН, М. ПУОЛАККА, Л. ХАЛОНЕН

Университет Аалто, Эспоо, Финляндия
E-mail: can.cengiz@aalto.fi

Аннотация

Проведено исследование зрительной реакции на распределение яркости адаптации в пределах поля зрения. Были реализованы два разных условия адаптации к уличному освещению, для исследования влияния которых в лабораторных условиях обеспечивалась адаптация наблюдателей к разным фоновым изображениям. Фоновые изображения отличались друг от друга тем, что одно из них содержало уличные светильники и другие яркие точки, а на втором изображении эти объекты отсутствовали. В эксперименте участвовали 10 наблюдателей (средний возраст – 30 лет). Наблюдатели должны были сообщать об обнаружении целей, появляющихся при разных эксцентриситетах (от -75° до 75°). Полученные результаты показали, что высоко яркие объекты влияют на обнаружение периферийных целей в условиях сумеречного зрения. Значения порогового контраста в случае периферийных (20° , 30° , 45° и 60°) целей, расположенных рядом с высоко яркими объектами, и неоднородных окрестностей уменьшались при отсутствии фоновых уличных светильников и других ярких точек.

Ключевые слова: фотометрия в условиях сумеречного зрения, адаптация, пороговый контраст, периферийное зрение.

1. Введение

Для использования фотометрии в условиях сумеречного зрения (УСЗ) [1], которая применима в диапазоне яркости $0,005\text{--}5\text{ кд/м}^2$, необходимо знать размеры и форму поля зрительной адаптации. На зрительную работоспособность в УСЗ влияет распределение фоновой яркости, к которой адаптируется зрение. Предыду-

щие исследования показали, что локальная яркость цели – более важный фактор при обнаружении периферийных целей на неоднородном фоне, чем средняя яркость фона [2–4]. Это подкрепляет основанный на локальной адаптации подход [5], который исходит из того, что каждый участок сетчатки настраивает свою чувствительность к свету независимо от других участков.

Восприятие объектов на неоднородном фоне зависит от местоположения объекта и распределения яркости фона [6]. В данной работе обнаружение периферийных целей при разных яркостях фона исследовалось с целью выявления влияния распределения яркости и эксцентриситета цели на зрительную работоспособность.

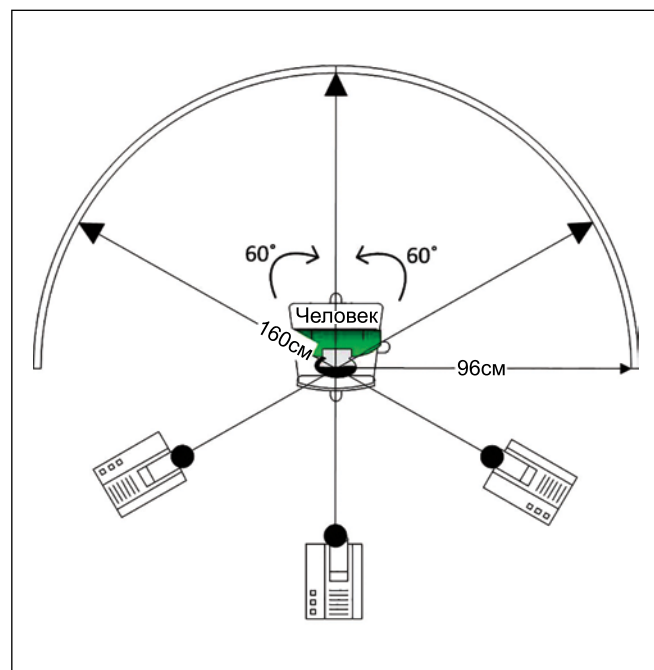
При проведении исследований, связанных со зрительной адаптацией, используются измерения порогового контраста и пороговой разности яркостей [6–10]. Это полезный метод исследования чувствительности зрения.

При управлении автомобилем поле зрения содержит объекты как малой (например, неосвещённые участки за пределами дороги), так и большой (уличные светильники и создающие дискомфортную блёккость фары встречных автомобилей) яркости. Влияние блёккости на обнаружение периферийных целей исследовалось в целом ряде работ [11–14], в которых было показано, что находящийся в поле зрения источник блёккости влияет на зрительную работоспособность, так как приводит к уменьшению видимости цели.

В этой работе использовались в лабораторных условиях два фоновых изображения для измерения пороговых контрастов для появляющихся целей с тем или иным эксцентриситетом. Фоновые изображения отличались друг от друга тем, что одно из них содержало уличные светильники и другие яркие точки, а на втором изображении эти объекты отсутствовали.

Использовавшиеся в исследовании яркости уличных светильников были меньше встречающихся в реальных условиях дорожного движения. Тем не менее они оказывают влияние на распределение яркости в поле зрения. Целью работы было выявление влияния уменьшения диапазона изменения яркости в поле зрения на обнаружение периферийных целей в УСЗ. Ожидается, что полученные результаты помогут в деле определения поля зрительной адаптации в части его протяжённости.

Рис. 1. Экспериментальная установка. Расстояние между наблюдателем и точкой фиксации зрения – 96 см. Расстояние между проектором и соответствующей центральной проекцией – 160 см. Угол между проекторами – 60°



¹ Перевод с англ. Е.И. Розовского



Рис. 2. Фоновые изображения:
а – с яркими точками (со светильниками с СД); б – без ярких точек (без светильников с СД)



Рис. 3. Местоположения пронумерованных целей на фоновом изображении улицы при наличии (а) и отсутствии (б) ярких точек (светильников с СД)

2. Методы

Для формирования фона поля зрения и стимулов использовался большой экран, освещаемый тремя проекторами «BenQ 1007» (рис. 1). Размеры создаваемого на экране поля зрения – $180^\circ \times 44^\circ$.

При проведении исследований наблюдателям демонстрировались два изображения улицы. Оба они представляли собой варианты исходного изображения улицы Отаранта в Эспоо, Финляндия. Отаранта – пригородная тихая улица, освещаемая светильниками со светодиодами (СД). Исходное изображение было получено при помощи фотокамеры «Canon 60D» с объективом «рыбий глаз», расположенной между передними фарами автомобиля. Фары работали в режиме ближнего света.

Первое использовавшееся при проведении исследований изображение улицы совпадало с описанным выше исходным изображением. Это изображение не подвергалось редактированию, за исключением обрезки его до нужных размеров. Соотношение сторон исходного изображения отличалось от соотношения сторон экрана, что и обусловило необходимость обрезки.

Второе использовавшееся в исследованиях изображение улицы было обрезано так же, как и первое. Кроме того, это изображение было отредактировано таким образом, чтобы затемнить на нём маленькие яркие точки. Большинство последних представляли собой уличные светильники и светящиеся участки расположенных на горизонте зданий. В результате мы получили изображение с яркими точками и изображение без ярких точек, позволявшие произвести сравнительное исследование способности наблюдателей обнаруживать демонстрируемые цели. Большие освещённые участки (поверхность дороги) были одинаковыми на обоих изображениях. Второму изображению соответствовало не отсутствие уличного освещения, а отсутствие ярких точек при наличии освещённых участков.

Редактирование изображений осуществлялось при помощи программы «Adobe Photoshop», версия 13.0.1. Используемые изображения приведены на рис. 2.

В 25 разных точек фона проецировались круглые цели размером $1,5^\circ$. Местоположения целей находились в пределах кольцевых полей зрения размером 10 и 20° и содержали точки с горизонтальным эксцентрисис-

тетом $-75, -60, -45, -30, 30, 45, 60$ и 75° (рис. 3).

Каждый фон имел два уровня яркости. Яркость фона регулировалась при помощи нейтральных светофильтров. Для формирования высоко яркого изображения использовались светофильтры с оптической плотностью 0,6, а для формирования низко яркого – с оптической плотностью 0,9. Значения яркости измерялись с помощью спектрофотометра «ЛМК» и яркомера «ЛМТ 1009». Измерение яркости фона для демонстрации целей осуществлялось при размере поля фона, на который проецировались цели, равном $1,5^\circ$. Яркость цели увеличивали до тех пор, пока она не становилась вдвое большей, чем яркость фона, на котором эта цель демонстрировалась. Наблюдатели должны были сообщить, обнаружили они цель или нет. В данном исследовании под «контрастом» понималось отношение

$$C = (L_b - L_t) / L_b,$$

где C – контраст, L_b – яркость фона в пределах $1,5^\circ$ -поля, на которое проецируется цель, L_t – яркость цели размером $1,5^\circ$.

В исследовании участвовали 10 наблюдателей (средний возраст – 30 лет). Наблюдатели имели нормальное цветовое зрение, что было определено при помощи теста Исихары. Перед началом исследований наблюдателям давалось 5 минут на адаптацию, после чего им требовалось поместить крест в центр экрана и нажать кнопку при обнаружении цели. Зрение было бинокулярным. Интервал между появлениями целей (от 500 до 2000 мс) и порядок следований местоположения целей выбирались случайным образом. Для исключения интуитивного обнаружения целей из результатов удалялись случаи крайне малого контраста (меньше среднего минус два среднеквадратичных отклонения).

Для проверки фиксации глаз наблюдателя на кресте, расположенном в центре изображения, глаза наблюдателей «отслеживались» при помощи ИК-камеры. При смещении взгляда наблюдателю говорилось об этом. Цели демонстрировались в случайном порядке, причём каждое местоположение цели повторялось три раза. Во избежание утомления глаз

Средние значения порогового контраста (CT) для целей на дороге, пронумерованных (№) в соответствии с рис. 3, в условиях низкой яркости при наличии и отсутствии светильников с СД. Местоположения точек определяются значениями их горизонтального (h) и вертикального (v) эксцентриситетов. L – яркость 3°-поля зрения, в которое была помещена цель размером 1,5°; Std – среднеквадратичное отклонение среднего значения порогового контраста; $Miss$ – процент пропущенных целей

№	Низкая яркость		При наличии светильников				При отсутствии светильников			
	h , град.	v , град.	L , кд/м ²	CT	Std	$Miss$, %	L , кд/м ²	CT	Std	$Miss$, %
1	-75	0	0,1	1,0	0,00	100	0,09	0,94	0,15	79,17
2	-60	0	0,1	0,79	0,25	48,15	0,09	0,62	0,29	24,14
3	-45	0	0,12	0,71	0,26	25,93	0,12	0,42	0,20	0,00
4	-30	0	0,09	0,46	0,17	0,00	0,08	0,30	0,07	0,00
5	-20	0	0,28	0,72	0,26	33,33	0,12	0,48	0,32	3,33
6	-12	-16	1,56	0,19	0,08	0,00	1,3	0,17	0,06	0,00
7	-12	16	0,06	0,30	0,08	0,00	0,06	0,26	0,09	0,00
8	-10	0	0,26	0,52	0,18	0,00	0,12	0,73	0,20	14,29
9	-6	-8	1,6	0,17	0,05	0,00	1,3	0,19	0,07	0,00
10	-6	8	0,08	0,30	0,10	0,00	0,07	0,27	0,12	0,00
11	-2	-20	2,8	0,12	0,07	0,00	2,4	0,09	0,05	0,00
12	0	-10	2,8	0,08	0,03	0,00	2,7	0,06	0,01	0,00
13	0	0	0,14	0,43	0,16	3,45	0,11	0,32	0,13	0,00
14	1	10	0,09	0,22	0,08	0,00	0,08	0,22	0,08	0,00
15	0	20	0,08	0,60	0,29	25,00	0,06	0,39	0,35	6,67
16	6	-8	1,05	0,61	0,19	3,85	0,93	0,41	0,14	0,00
17	6	8	0,07	0,24	0,10	0,00	0,06	0,21	0,06	0,00
18	10	0	0,11	0,56	0,19	0,00	0,1	0,44	0,19	0,00
19	12	-16	2,75	0,33	0,19	16,67	2,24	0,14	0,11	3,33
20	12	16	0,07	0,24	0,16	0,00	0,07	0,17	0,07	0,00
21	20	0	0,08	0,21	0,07	0,00	0,07	0,22	0,16	0,00
22	30	0	0,07	0,29	0,10	0,00	0,06	0,27	0,10	0,00
23	45	0	0,09	0,28	0,11	0,00	0,08	0,21	0,04	0,00
24	60	0	0,1	1,01	0,00	100,00	0,09	0,59	0,29	23,33
25	74	-2	0,1	1,01	0,00	100,00	0,08	0,96	0,12	76,92

повторы осуществлялись с интервалом в 60 с.

3. Результаты

Оба фоновых изображения (при наличии и при отсутствии светильников) демонстрировались с двумя уровнями яркости, которые далее будем называть низкой и высокой яр-

костями. Местоположения целей на фоновых изображениях отождествляются по их номерам (рис. 3). Местоположения целей, выраженные при помощи значений горизонтального и вертикального эксцентриситетов цели относительно точки фиксации зрения (точка 13 на рис. 3), приведены в табл. 1. Точки 8, 9, 10, 12, 14, 16, 17 и 18 соответству-

ют целям, находящимся в пределах 10°-поля зрения, а точки 5, 6, 7, 11, 15, 19 и 20 – 20°-поля зрения. Остальные номера соответствуют точкам с горизонтальным эксцентриситетом -75°, -60°, -45°, -30°, 30°, 45°, 60° и 75°. Местоположения целей №№ 11 (20°), 14 (10°) и 25 (75°) немного смещались, чтобы не перекрывать присутствующие на изображении яркие объекты.

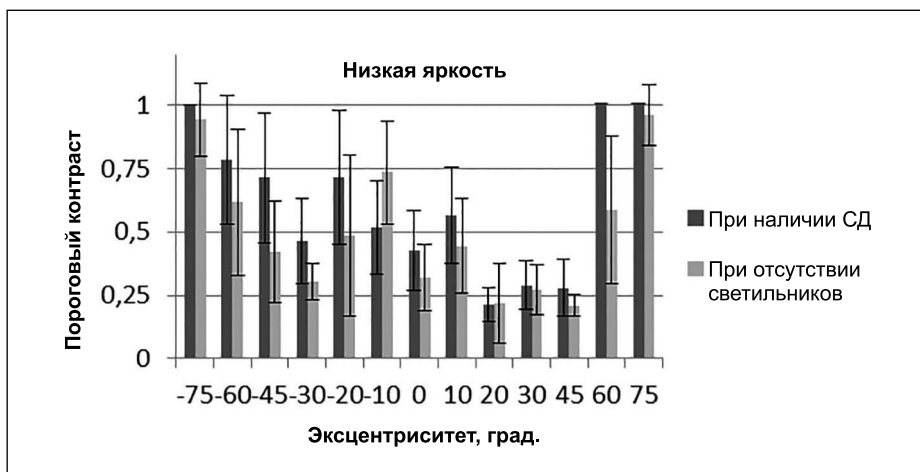


Рис. 4. Пороговые контрасты расположенных вдоль горизонтальной оси целей №№ 1, 2, 3, 4, 5, 8, 13, 18, 21, 22, 23, 24 и 25 на рис. 3 в случаях изображений низкой яркости и наличия светильников с СД. «Усы» – среднеквадратичные отклонения от средних значений

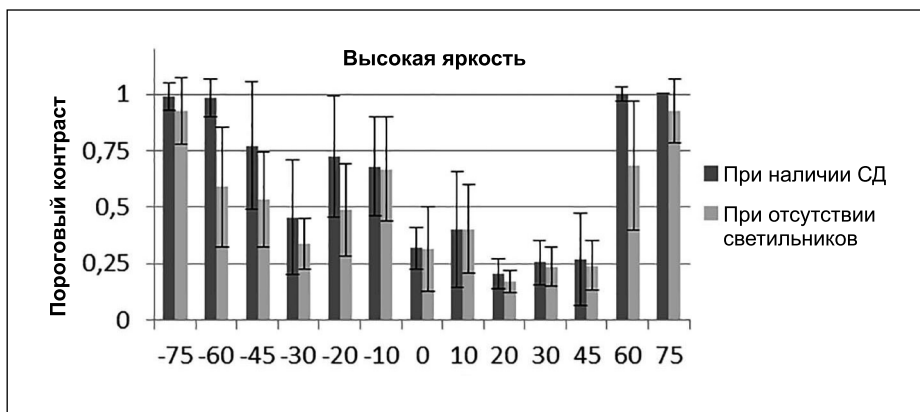


Рис. 5. Пороговые контрасты расположенных вдоль горизонтальной оси целей №№ 1, 2, 3, 4, 5, 8, 13, 18, 21, 22, 23, 24 и 25 на рис. 3 в случаях изображений высокой яркости и наличия светильников с СД. «Усы» – среднеквадратичные отклонения от средних значений

3.1. Низкая яркость

Уровни яркости фоновых изображений регулировались при помощи нейтральных светофильтров. Для получения фонового изображения низкой яркости использовались светофильтры с оптической плотностью 0,9. Уровни яркости фоновых изображений со светильниками и без них составляли 0,05–19 кд/м² (средняя яркость экрана в целом – 9,03 кд/м²) и 0,05–7 кд/м² (средняя яркость экрана в целом – 2,9 кд/м²) соответственно.

Измеренные средние значения порогового контраста приведены в табл. 1. Средние значения порогового контраста для целей, расположенных вдоль горизонтальной оси (№№ 1, 2, 3, 4, 5, 8, 13, 18, 21, 22, 23, 24 и 25), приведены на рис. 4. Из табл. 1 видно, что наименьшие значения порогового контраста были

получены для целей, расположенных на поверхности дороги (№№ 6, 9, 11 и 12), где высоко яркие объекты не оказывали никакого влияния на обнаружение целей. В случае фона низкой яркости наличие или отсутствие высоко ярких объектов практически не влияло на значения пороговых контрастов целей с эксцентриситетами 20 и 30° (№№ 21 и 22). В то же время в случае целей с эксцентриситетами 60, 10, –20, –30, –45 и –60° пороговые контрасты при отсутствии светильников оказались ниже (рис. 4). У цели № 8, с эксцентриситетом –10°, пороговый контраст оказался выше, чем у всех остальных целей в пределах 10°-поля зрения, что связано с распределением яркости в окрестности этой цели. Последняя окружена яркими точками и небольшими деревьями, что делает её фон более сложным по сравнению с другими его участками. Как

бы то ни было, если фон не содержит светильники, пороговый контраст цели растёт. Это не объяснимо только низкой локальной яркостью, 0,12 кд/м², так как фон цели № 5, с эксцентриситетом –10°, имеет ту же яркость. Это неожиданный результат! В случае фона без светильников пороговые контрасты для целей, расположенных по краям дороги, ниже, чем при наличии светильников. Для целей, появляющихся вблизи светильников (№№ 14 и 15), полученные различия в пороговых контрастах при изменении фонового изображения относятся лишь к обнаружению цели № 15.

3.2. Высокая яркость

Для получения фонового изображения высокой яркости использовались светофильтры с оптической плотностью 0,6. Уровни яркости фоновых изображений со светильниками и без них составляли 0,1–37 кд/м² (средняя яркость экрана в целом – 14,65 кд/м²) и 0,1–15 кд/м² (средняя яркость экрана в целом – 7 кд/м²) соответственно.

Средние пороговые контрасты целей, демонстрировавшихся на высоко ярких фоновых изображениях, приведены в табл. 2, а целей, расположенных вдоль горизонтальной оси (№№ 1, 2, 3, 4, 5, 8, 13, 18, 21, 22, 23, 24 и 25) – на рис. 5. Как и для изображений низкой яркости, наименьшие значения порогового контраста были получены для целей, появляющихся на поверхности дороги (№№ 6, 9, 11 и 12). При демонстрации целей с эксцентриситетом 20, 30 и 45° (№№ 21–23) не наблюдалось почти никаких различий между пороговыми контрастами, полученными при двух разных высоко ярких фоновых изображениях (табл. 2). Кроме того, при эксцентриситетах –10, 0 и 10° средние значения порогового контраста оказались примерно одинаковыми. В то же время, как и в случае низкой яркости, у целей с эксцентриситетами 60, 10, –20, –30, –45 и –60° пороговые контрасты при отсутствии светильников оказались ниже (рис. 5).

Цели №№ 14 и 15 располагались около светильников, находящихся в пределах 10- и 20-градусного поля зрения соответственно. У цели № 14 пороговый контраст оказался ниже в случае изображения без

Средние значения порогового контраста (CT) для целей на дороге, пронумерованных (№) в соответствии с рис. 3, в условиях высокой яркости при наличии и отсутствии светильников с СД. Местоположения точек определяются значениями их горизонтального (h) и вертикального (v) эксцентриситетов. L – яркость 3°-поля зрения, в которое была помещена цель размером 1,5°; Std – среднеквадратичное отклонение среднего значения порогового контраста; $Miss$ – процент пропущенных целей

№	Высокая яркость		При наличии СД				При отсутствии СД			
	h , град.	v , град.	L , кд/м ²	CT	Std	$Miss, \%$	L , кд/м ²	CT	Std	$Miss, \%$
1	-75	0	0,22	0,99	0,06	91,7	0,18	0,93	0,15	66,67
2	-60	0	0,22	0,99	0,08	87,5	0,18	0,59	0,27	20,00
3	-45	0	0,27	0,77	0,28	46,2	0,24	0,54	0,21	6,67
4	-30	0	0,2	0,46	0,25	7,4	0,17	0,34	0,11	0,00
5	-20	0	0,66	0,72	0,27	33,3	0,26	0,49	0,21	3,33
6	-12	-16	3,83	0,22	0,13	0,0	3,34	0,18	0,08	0,00
7	-12	16	0,15	0,29	0,14	0,0	0,13	0,23	0,07	0,00
8	-10	0	0,61	0,68	0,22	13,3	0,26	0,67	0,23	3,33
9	-6	-8	4,24	0,20	0,15	0,0	3,2	0,17	0,05	0,00
10	-6	8	0,2	0,29	0,10	0,0	0,18	0,23	0,09	0,00
11	-2	-20	6,4	0,16	0,11	23,8	6,12	0,09	0,05	0,00
12	0	-10	7	0,07	0,03	0,0	6,32	0,07	0,02	0,00
13	0	0	0,39	0,32	0,09	0,0	0,26	0,32	0,19	0,00
14	1	10	0,21	0,31	0,15	0,0	0,19	0,22	0,08	0,00
15	0	20	0,17	0,54	0,29	24,1	0,14	0,31	0,12	0,00
16	6	-8	2,3	0,58	0,23	3,6	2,11	0,41	0,15	0,00
17	6	8	0,17	0,23	0,11	0,0	0,15	0,19	0,09	0,00
18	10	0	0,28	0,40	0,26	0,0	0,22	0,40	0,19	3,33
19	12	-16	5,75	0,27	0,13	42,9	5,36	0,16	0,09	0,00
20	12	16	0,16	0,23	0,18	0,0	0,15	0,17	0,07	0,00
21	20	0	0,21	0,21	0,07	0,0	0,19	0,17	0,05	0,00
22	30	0	0,16	0,25	0,10	0,0	0,14	0,24	0,09	0,00
23	45	0	0,2	0,27	0,20	3,6	0,18	0,24	0,11	0,00
24	60	0	0,23	1,00	0,03	96,2	0,19	0,69	0,29	33,33
25	74	-2	0,25	1,01	0,00	100,0	0,2	0,93	0,14	56,67

светильников, что противоречит результатам, полученным при низкой яркости. Более того, при удалении из фона высоко ярких объектов для цели № 15 процент пропущенных целей оказался нулевым. Различия в значениях порогового контраста, соответствующего этой точке, также оказалось выше при высокой яркости фона.

3.3. Статистический анализ

Для определения влияния местоположения цели и её яркости на пороговый контраст был применён двухфакторный дисперсионный анализ. Полученные результаты продемонстрировали большое влияние местоположения цели, её яркости и их совокупности на пороговый контраст

(табл. 3). Кроме того, для выявления влияния на пороговый контраст яркости фона и наличия в нём высоко ярких объектов были применены t -тесты Стьюдента. Уровень яркости фона не оказывает сколько-нибудь существенного влияния на пороговый контраст: $t(998) = 0,14$; $p = 0,89$. В то же время t -тесты продемонстрировали существенное влияние на по-

Таблица 3

Результаты применения двухфакторного дисперсионного анализа к полученным значениям порогового контраста. Существенные параметры выделены жирным шрифтом ($p < 0,05$)

Причина изменения	Пороговый контраст	
	<i>F</i>	Значения <i>p</i>
Местоположение цели	68,25	0,00
Яркость цели	4,84	0,00
Местоположение цели × яркость цели	4,84	0,00

роговый контраст высоко ярких объектов: $t(998) = -5,04$; $p = 0,00$.

Результаты статистического анализа подтвердили влияние высоко ярких объектов на пороговый контраст. Использование нейтральных светофильтров приводило к двукратному уменьшению или увеличению яркости. Однако результаты *t*-тестов не демонстрируют сколько-нибудь существенного влияния уровня яркости фона на пороговый контраст, что противоречит нашим предположениям. При этом сильное повышение яркости может иметь статистически значимое влияние на чувствительность зрения.

4. Обсуждение

Сцены, воспринимаемые при управлении автомобилем в ночное время, содержат объекты разной яркости. Распределение яркости в поле адаптации влияет на зрительную работоспособность. Источники блёскости формируют блёскость эквивалентной вуали, которая затрудняет обнаружение целей. Однако реализованные в этом исследовании яркости объектов, названных высоко яркими (37 кд/м^2), значительно уступают яркостям источников блёскости, встречающихся в реальных условиях дорожного движения, что связано с невозможностью обеспечения требуемых яркостей посредством использовавшихся нами проекторов. Поэтому яркость эквивалентной вуали, создаваемая светильниками, присутствующими на фоновом изображении, оказалась пренебрежимо мала. Однако при этом ещё остаётся возможность выявления влияния высоко ярких объектов фона на обнаружение целей.

Удаление светильников из фона влияет на обнаружение периферий-

ных целей. В случае расположенных справа (20 , 30 и 45°) периферийных целей пороговый контраст оказался ниже, чем в случае имеющих тот же эксцентриситет расположенных слева целей, что обусловлено равномерностью распределения яркости фона в его правой периферийной части. С другой стороны, участки фона, окружающие левые периферийные цели, содержат деревья в обоих вариантах фона и небольшие яркие точки в случае фона со светильниками. Так что распределение яркости фона в ближайших окрестностях цели влияет на обнаружение периферийных целей. Пороговые контрасты для левых периферийных целей меньше в случае фона без светильников.

У целей, находящихся в пределах 10° - и 20° -полей зрения и демонстрируемых на участках фона с равномерным распределением яркости, не наблюдалось никаких различий в пороговой яркости. Однако при низкой яркости фона удаление светильников и прочих ярких точек меняло пороговые контрасты целей с эксцентриситетами 0 и 10° (№№ 13 и 18). Это может быть связано с увеличением чувствительности зрения при более низкой яркости адаптации.

Цель, расположенную в 20° -поле зрения около самого большого светильника (№ 15), обнаружить трудно. В этом случае хорошо заметно влияние удаления светильника из фона. Для этого местоположения процент пропущенных целей также оказался большим по сравнению с другими целями, расположенными недалеко от точки фиксации зрения (эксцентриситеты 10 и 20°) (табл. 1 и 2). После удаления светильников из фона распределение яркости становится равномерным, пороговый контраст уменьшается, а процент

пропущенных целей становится нулевым. Другая цель, располагавшаяся около светильника, находится в 20° -поле зрения (№ 14). Однако влияние удаления расположенных вблизи этой точки светильников заметно только при высокой яркости фона.

Удаление светильников не влияло на яркость поверхности дороги. Поэтому использовавшееся фоновое изображение можно считать результатом моделирования, не отражающим реальные дорожные условия, так как в модели дорога освещена светильниками, отсутствующими в наблюдаемой сцене. Однако удаление светильников и прочих ярких точек в основном влияет на пороговые контрасты целей, расположенных на дальней периферии (-60 , -45 , 45 и 60°). Результаты статистического анализа также говорят о том, что высоко яркие объекты существенно влияют на обнаружение периферийных целей. Поэтому можно считать: если в реальных дорожных условиях принимать во внимание яркость источников блёскости, то уменьшение блёскости приводит к увеличению поля зрительной адаптации.

5. Заключение

В данной работе в условиях вождения автомобиля в тёмное время суток были измерены пороговые контрасты периферийных целей с разными эксцентриситетами. Удаление высоко ярких объектов влияет на чувствительность зрения к целям, расположенным как рядом с этими объектами, так и на дальних периферийных участках с неравномерным распределением яркости. Ожидается, что исследования с использованием реальных источников блёскости продемонстрируют более значительные различия в обнаружении периферийных целей. Предлагается учитывать источники блёскости при определении размеров поля адаптации в реальных дорожных условиях.

Авторы благодарны Академии Финляндии (проект № 251791) и Программе исследований в области энергоэффективности Университета Аалто (проект «*Light Energy*») за финансирование этой работы. Авторы выражают свою признательность магистру Эско Аалто за его вклад в про-

ектирование и изготовление экспериментальной установки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Commission Internationale de l'Éclairage. Recommended System for Mesopic Photometry Based on Visual Performance. CIE Central Bureau CIE191, 2010, b.
2. Akashi, Y., Rea, M.S., Bullough, J.D. Driver decision making in response to peripheral moving targets under mesopic light levels // *Lighting Research and Technology*. – 2007. – Vol. 39. – P. 53–67.
3. Uchida, T., Ohno, Y. Defining visual adaptation field for mesopic photometry: Does surrounding luminance affect peripheral adaptation? // *Lighting Research and Technology*. – 2014. – Vol. 46. – P. 520–533.
4. Cengiz, C., Puolakka, M., Halonen, L. Reaction time measurements under mesopic light levels: Towards estimation of the visual adaptation field // *Lighting Research and Technology*. – 2014; 0: 1–17. URL: <http://lrt.sagepub.com/content/early/2014/10/17/1477153514554494> DOI: 10.1177/1477153514554494.
5. Illuminating Engineering Society of North America. *Spectral Effects of Lighting on Visual Performance at Mesopic Lighting Levels*. IES TM-12–12. – New York, NY: IESNA, 2012.
6. Narisada, K. Visual perception in non-uniform fields // *Journal of Light and Visual Environment*. – 1992. – Vol. 16, No. 2. – P. 81–88.
7. Narisada, K. Visual perception in non-uniform fields // *Journal of Light and Visual Environment*. – 1995. – Vol. 19, No. 2. – P. 5–14.
8. Howard, C.M., Tregear, S.T., Werner, J.S. Time course of early mesopic adaptation to luminance decrements and recovery of spatial resolution // *Vision Research*. – 2000. – Vol. 40. – P. 3059–3064.
9. Plainis, S., Murray, I.J., Charman, W.N. The role of retinal adaptation in night driving // *Optometry and vision science*. – 2005. – Vol. 82, No. 8. – P. 682–688.
10. Matesanz, B.M., Issolio, L., Arranz, I., de la Rosa, C., Menedez, J.A., Mar, S., Aparico, J.A. Temporal retinal sensitivity in mesopic adaptation // *Ophthalmic & physiological optics*. – 2011. – Vol. 31. – P. 615–624.
11. Aguirre, R.C., Colombo, E.M., Baraza, J.F. Effect of glare on reaction time for peripheral vision at mesopic adaptation // *J. Opt. Soc. Am. A*. – 2011. – Vol. 28, No. 10. – P. 2187–2191.
12. Uchida, T., Ohno, Y. Effect of high luminance sources to peripheral adaptation state in mesopic range // *Proc. of CIE Centenary Conference: Towards a New Century of Light*, Paris, France, April 15–16 2013. – P. 529–536.

13. Puell, M.C., Palomo, C., Sanchez-Ramos, C., Villena, C. Mesopic contrast sensitivity in the presence or absence of glare in a large driver population // *Graefe's Arch Clin Exp Ophthalmol*. – 2004. – Vol. 242. – P. 755–761.

14. Akashi, Y., Rea, M. The effect of oncoming headlight glare on peripheral detection under a mesopic light level / *2001 PAL – Progress in Automobile Lighting Proceedings of the Symposium*, September 25–26, 2001. Darmstädter Lichttechnik, no. 9. – Munich, Germany: Herbert Utz Verlag Wissenschaft.



Джан Дженгиз (San Cengiz), М. Sc. Аспирант Университета Аалто. Область научных интересов: зрительная адаптация в условиях сумеречного зрения



Микко Максимаинен (Mikko Maksimainen), М. Sc. Аспирант Университета Аалто. Область научных интересов: светотехника и зрительные процессы



научных интересов: наружное освещение и видимость при низких уровнях освещения

Марьюкка Пуолакка (Marjukka Puolakka), Dr. Sc. Старший научный сотрудник Светотехнического блока Университета Аалто. Область

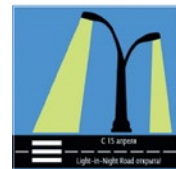


научных интересов: наружное освещение и видимость при низких уровнях освещения

Лииса Халонен (Liisa Halonen), Dr. Sc., профессор. Руководитель Светотехнического блока Университета Аалто. Отвечает за преподавательскую и научно-ис-

«Light-in-Night Road» – открыта!

15 апреля 2016 г. – день 15-летия «Light-in-Night», профессионального инструмента для проектирования наружного утилитарного освещения. Программа бесплатна, общедоступна, русскоязычна, удобна в работе, постоянно обновляется и имеет оперативную техническую поддержку.



С этого времени мы переходим на модель развития сервиса, делая программу и её возможности общедоступной площадкой для всех производителей.

С 15 апреля 2016 г. любой производитель светильников может разместить свою продукцию в базе программы. Мы отказались от полностью открытой модели, как в некоторых зарубежных программах. Результаты расчёта в «Light-in-Night» должны быть достоверны, и это часть нашей философии. Поэтому все светильники, загруженные в программу, пройдут фотометрические измерения в Испытательном центре ООО «ВНИСИ».

Это даёт возможность пользователю программы в «Light-in-Night»:

применять в проектах светильники любого производителя, заключившего с нами договор на включение его светильников в базу программы;

быть уверенным в качестве и защите от недостоверных IES-файлов, сделанных вручную и без измерения параметров светильников, а также в том, что средства, полученные от договоров с производителями, пойдут на развитие программы, включая: расширение области применения, удобство пользования, повышение качества визуализации сцен, расширение нормативной базы программы и т.д.

В свою очередь, производитель светильников может заключить договор о создании своего плагина по принципу «абонентской платы», что сделает последний доступным всей аудитории пользователей программы и позволит производителю закладывать в проекты новых осветительных установок свои светильники. Площадка «Light-in-Night» становится общедоступной.

Узнать о программе больше можно здесь – www.l-i-n.ru. Контактное лицо: Ходырев Дмитрий Михайлович, lin@vnisi.ru, тел. 8 (903) 964–18–24.

<http://galad.ru/about/news/>
08.02.2016