

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МЕТРИК ЦВЕТОВОСПРИЯТИЯ ПРИ ЗРИТЕЛЬНОЙ НАГРУЗКЕ ЦИФРОВЫМИ УСТРОЙСТВАМИ

В. В. Антонов • З. И. Харисова • А. А. Байболдина

Аннотация. В статье рассмотрено воздействие пролонгированного использования электронного дисплея на цветоощущение пользователя, при этом в качестве метрики, сигнализирующей изменения в центральных механизмах зрения, использовалась латентность волн N75, P100 и N145 с различных электродов после зрительной стимуляции. Выполнена предобработка исходных данных с целью приведения структур, содержащих интересные метрики и факторы к форме, позволяющей применять к ним выбранные математические инструменты анализа в используемой программной среде – R-Studio. По результатам проведенных тестов, построенным дисперсионной и DiD-моделям сделаны выводы о статистически значимых сдвигах в показателях латентности зрительных потенциалов, даны рекомендации по работе с электронными устройствами.

Ключевые слова: статистический анализ; описательные статистики; прогнозирование рисков; DiD-модель; дисперсионный анализ; компьютерный зрительный синдром; цветовосприятие; зрительные вызванные потенциалы; латентность; компьютерный зрительный синдром.

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире роль компьютера сложно переоценить, он вторгается во многие сферы нашей жизни и есть уже там, где даже было представить себе это сложно [1]. Различные приборы с электронным дисплеем стали важными инструментами на предприятиях, в учебных заведениях, офисах, домах и даже автомобилях. Компьютеры, планшеты, смартфоны есть сегодня практически у каждого человека, и, бесспорно, это очень удобные изобретения. Однако кроме удобства они создали множество рисков для здоровья человека [2], например, компьютерный зрительный синдром (КЗС). КЗС – это группа глазных зрительных расстройств, возникающих при длительной работе за устройством с электронным дисплеем [3–4]. Симптомы КЗС включают в себя сухость и раздражение глаз, чрезмерное напряжение зрения, размытое зрение, красные глаза, жжение в глазах, эксцессивную секрецию слёз, двойное зрение, головную боль, эксцессивную чувствительность к свету, дискомфорт при ношении контактных линз, замедленную смену фокуса, изменения в цветовосприятии, боль в шее и плечах [5]. Симптомы КЗС возникают при увеличении зрительной нагрузки до степени, которая превышает способность человека обрабатывать визуальную информацию [2]. Кроме того, появление симптомов КЗС может быть объяснено уменьшением моргательного рефлекса при просмотре экрана.

Несмотря на то, что большинство симптомов КЗС имеют временный характер и никакие перманентные изменения не были зафиксированы в предыдущих исследованиях, некоторые работники испытывают трудности со зрением и после завершения рабочего дня [6]. Зрительный дискомфорт, ассоциированный с КЗС, может приводить к сокращению продуктивности в случае 40% пользователей электронных гаджетов. Кроме того, отмечено, что больше 70% студентов вынуждены прерывать деятельность из-за симптомов КЗС [7]. В связи с этим существует необходимость выработать рекомендации [8] по работе с гаджетами, позволяющие минимизировать возможные негативные последствия, в частности вред для цветовосприятия, ассоциированный с КЗС. В связи с этим необходимо выработать рекомендации по работе с устройствами с электронным дисплеем, что предполагает выявление наличия и отсутствия статистически значимых различий в метриках цветовосприятия в зависимости от продолжительности воздействия электронного дисплея.

ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА

Для получения данных была проведена регистрация зрительных вызванных потенциалов. Зрительные вызванные потенциалы представляют собой электрические потенциалы головного мозга, регистрируемые с поверхности головы при зрительной стимуляции [9].

На голову обследуемого накладываются электроды с последующей стимуляцией и записью результатов с каждой пары.

Всего электродов 8 пар: F3-A1, F4-A2, C3-A1, C4-A2, P3-A1, P4-A2, O1-A1, O2-A2.

В качестве зрительной стимуляции испытуемым предлагались различные по частоте и цвету шахматные паттерны, изображенные на рис. 4. Всего 6 частот и 4 цвета – черный, голубой, зеленый, красный. Программа предъявления паттернов идет по аналогии с визоконтрастометрией.

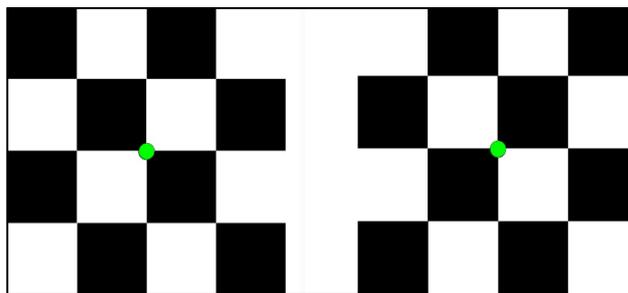


Рис. 1 Чёрно-белый шахматный паттерн

Часть испытуемых, состоящая из шести человек, находилась под внешним воздействием – непрерывное пользование электронными устройствами (девайсами). Другая часть, также состоящая из шести человек, составляет контрольную группу – на них не проводилось воздействие. Замеры проводились до начала воздействия, на 15-й минуте после воздействия, 30-й минуте, 45-й минуте и 60-й минуте после воздействия.

В таблице Excel были представлены результаты исследования – латентность волн N75, P100 и N145 с различных электродов в различных частотах шахматного паттерна.

После получения результатов исследования была произведена обработка данных в среде R-studio. Цель обработки данных – найти различия в латентности по цветам и частотам в различных временных срезах, тем самым выявить, есть ли изменения в центральных механизмах зрения вследствие использования девайса.

ОПИСАТЕЛЬНЫЕ СТАТИСТИКИ

Перед тем как приступить к анализу данных и выполнению тестов на вид распределения [10], были рассчитаны описательные статистики (среднее, медиана и квартили).

Статистики по нескольким элементам из набора полученных данных по электроду C3-A1 представлены в табл. 1.

На основании описательных статистик, а именно – на основании величины разностей между вторым и первым квартилем, третьим и вторым, можно сделать вывод о том, что в то время как некоторые наборы наблюдений имеют коэффициент асимметрии [11, 12], близкий по модулю к нулю, в то же время другие смещены положительно или отрицательно, то есть не наблюдается однородной картины по всем наборам наблюдений.

Для того чтобы определиться, какой из тестов для связанных выборок использовать (Вилкоксона или Стьюдента), были проведены тесты Шапиро и Колмогорова на соответствие выборки нормальному распределению [13].

Таблица 1

**Элементы описательных статистик по исходным данным
в случае электрода С3-А1**

Цвет	Частота	Электрод	Волна	Среднее при $t=0$	Первый квартиль при $t=0$	Второй квартиль при $t=0$	Третий квартиль при $t=0$
Red	1	C3-A1	N145	205,33	207	218	232
Black	1	C3-A1	N145	245,33	245	254	272
Blue	1	C3-A1	N145	168,67	128	158	197
Green	1	C3-A1	N145	225,33	200	210	247
Red	2	C3-A1	N145	226,67	230	242	248
Black	2	C3-A1	N145	225,33	194	212	263
Blue	2	C3-A1	N145	256,00	247	256	265
Green	2	C3-A1	N145	182,00	129	186	234
Red	3	C3-A1	N145	224,00	192	238	254
Black	3	C3-A1	N145	212,00	175	222	251
Blue	3	C3-A1	N145	210,67	175	194	252
Green	3	C3-A1	N145	216,67	183	234	261
Red	4	C3-A1	N145	233,60	224	252	256
Black	4	C3-A1	N145	170,67	122	134	221
Blue	4	C3-A1	N145	216,00	206	214	222
Green	4	C3-A1	N145	194,00	156	200	211
Red	5	C3-A1	N145	227,33	200	224	260
Black	5	C3-A1	N145	194,67	182	200	224
Blue	5	C3-A1	N145	188,00	169	178	226
Green	5	C3-A1	N145	192,00	161	188	221
Red	6	C3-A1	N145	222,67	181	240	260
Black	6	C3-A1	N145	225,33	212	254	263
Blue	6	C3-A1	N145	234,67	202	244	268
Green	6	C3-A1	N145	190,67	151	180	227
Red	1	C3-A1	N75	104,00	65	120	136
Black	1	C3-A1	N75	119,33	91	124	157
Blue	1	C3-A1	N75	63,33	56	56	65
Green	1	C3-A1	N75	102,67	56	124	141
Red	2	C3-A1	N75	90,67	36	60	129
Black	2	C3-A1	N75	80,00	72	86	91
Blue	2	C3-A1	N75	136,67	106	162	176
Green	2	C3-A1	N75	58,67	38	58	63
Red	3	C3-A1	N75	62,00	36	66	75
Black	3	C3-A1	N75	91,33	56	88	105
Blue	3	C3-A1	N75	67,33	46	64	85

На основании полученных значений был сделан вывод том, что есть основания предполагать несоответствие данных выборки нормальному распределению, поэтому для проверки статистической значимости разницы значений латентности волн до и после воздействия целесообразно применить тест Вилкоксона.

ТЕСТ ВИЛКОКСОНА

По всем наборам экспериментальных данных был проведён тест Вилкоксона, проводилось сравнение латентности между периодами времени 15 мин, 30 мин, 45 мин, 60 мин и 0 мин (до воздействия). По результатам проведенного теста были выявлены следующие статистически значимые смещения:

- по электроду С3-А1 и волне N145 в латентности по синему цвету во второй и красному цвету в пятой частоте в момент времени $t = 30$ мин;

- по электроду С3-А1 и волне N75 в латентности по синему цвету на третьей частоте в момент времени $t=30$ мин;
- по электроду С4-А2 и волне N145 в латентности по красному цвету на второй и пятой частотах после 30 мин воздействия;
- по электроду С4-А2 и волне P100 в латентности по чёрному цвету на шестой частоте после 30 мин воздействия;
- по электроду F3-А1 и волне P100 в латентности по чёрному цвету на пятой частоте после 30 мин воздействия;
- по электроду F4-А2 и волне N145 в латентности по зелёному цвету на пятой частоте и в чёрном цвете на шестой частоте после 30 мин воздействия;
- по электроду O2- А2 и волне P100 в латентности по синему цвету на шестой частоте после 30 мин воздействия;
- по электроду P3-А1 и волне N145 в латентности по синему цвету на четвёртой частоте после 30 мин воздействия;
- по электроду P3-А1 и волне N75 в латентности по зелёному цвету на пятой частоте после 30 мин воздействия;
- по электроду P4-А2 и волне P100 в латентности по синему цвету на пятой частоте после 30 мин воздействия.

ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ С ФАКТОРОМ ВРЕМЕНИ

В табл. 2 представлены p -value и доли вариации фактора времени и взаимодействий времени с другими факторами (электрод/волна/частота).

Таблица 2

Результаты дисперсионного анализа

Цвет	p -value (время)	Доля вариации (время)	p -value (частота/время)	Доля вариации (частота/время)	p -value (электрод/время)	Доля вариации (электрод/время)	p -value (волна/время)	Доля вариации (волна/время)
Red	0.000	0.004	0.000	0.020	0.000	0.011	0.014	0.003
Black	0.000	0.004	0.000	0.011	0.000	0.010	0.059	0.002
Blue	0.001	0.003	0.000	0.030	0.041	0.007	0.109	0.002
Green	0.000	0.015	0.000	0.045	0.000	0.012	0.632	0.001

В ходе проведения дисперсионного анализа с участием фактора времени и взаимодействий времени с другими факторами (электрод/волна/частота) обнаружено статистически важное смещение значения латентности ЗВП, ассоциированное с этими факторами: $p < 0.05$ для фактора времени для всех цветов, $p < 0.001$ для взаимодействия частоты и времени для всех цветов, $p < 0.05$ для взаимодействия электрода и времени для всех цветов и $p < 0.05$ для взаимодействия волны и времени (только в случае красного цвета, статистически незначимый фактор для всех остальных).

Фактор времени и его взаимодействия объясняют до 6% вариации в значениях латентности ЗВП, при этом модель с учётом всех факторов объясняет 90% вариации.

Таким образом можно сделать вывод: время воздействия по-разному влияет на электромагнитную деятельность мозга и соответственно латентность электродов для различных уровней факторов (рассматриваемая волна, частота дискретизации, электрод).

МЕТОД DiD

При построении DiD-моделей для всех комбинаций факторов времени / электрода / волны / цвета / частоты часть моделей оказалась статистически значима при $p < 0.05$ со статистически

значимым эффектом воздействия, такие модели существуют для всех цветов, всех частот и шести электродов из восьми, латентность ЗВП которых измерялась в ходе эксперимента, при этом преимущественно при продолжительности непрерывного воздействия 30 и 45 минут, что подтверждает гипотезу о воздействии продолжительного использования электронного экрана на центральные механизмы зрения.

По результатам для электродов С3-А1 и F3-А1, приведенным в табл. 3, можно сделать вывод, что смещения за счёт группы нет, смещение за счет периода также не наблюдается. При этом в периодах времени 15 и 30 минут воздействие влияет на метрику с отрицательным знаком, в периоде 45 минут – с положительным, то есть увеличивает латентность.

Таблица 3
Результаты оценки DiD-регрессий латентности ЗВП (электроды С3-А1 и F3-А1)

Регрессоры	С3-А1, N145, Ч1, зелёный, 15 мин	С3-А1, N145, Ч1, зелёный, 45 мин	С3-А1, P100, Ч3, чёрный, 45 мин	F3-А1, N145, Ч3, чёрный, 30 мин
Группа воздействия	-16.66±17.40 $p = 0.35$	-16.67±19.02 $p = 0.39$	-24.00±22.98 $p = 0.310$	8.67±22.68 $p = 0.707$
Период	6.00±17.40 $p = 0.735$	-52.67±19.02 $p = 0.012^*$	-55.33±22.98 $p = 0.027^*$	2.00±22.68 $p = 0.931$
Did	-66.00±27.51 $p = 0.028^*$	84.13±27.56 $p = 0.007^{**}$	102.67±34.47 $p = 0.008^{**}$	-77.73±32.87 $p = 0.029^*$
$F(p)$	5.65 ($p = 0.007^{**}$)	4.40 ($p = 0.016^*$)	3.65 ($p = 0.032^*$)	4.27 ($p = 0.018^*$)
R^2	0.5	0.41	0.38	0.40

*, **, *** — статистическая значимость факторов влияния при $p < 0.05$, $p < 0.01$, $p < 0.001$ соответственно.

Результаты по электроду O1-А1, приведённые в табл. 4, также показывают отсутствие влияния группы и периода воздействия на метрику. При этом для всех периодов времени коэффициент при воздействии отрицательный, то есть со временем идёт уменьшение латентности.

Таблица 4
Результаты оценки DiD-регрессий латентности ЗВП (электроды O1-А1 и F3-А1)

Регрессоры	F3-А1, P100, Ч5, чёрный, 30 мин	O1-А1, N145, Ч1, чёрный, 45 мин	O1-А1, N145, Ч1, синий, 30 мин	O1-А1, N145, Ч3, красный, 15 мин
Группа воздействия	20.67±22.47 $p = 0.369$	5.33±18.12 $p = 0.772$	30.67±22.20 $p = 0.182$	6.00±22.91 $p = 0.796$
Период	42.67±22.47 $p = 0.072$	-11.33±18.12 $p = 0.540$	74.67±22.20 $p = 0.003^{**}$	27.33±22.91 $p = 0.248$
Did	-102.00±31.78 $p = 0.004^{**}$	-80.67±28.64 $p = 0.012^*$	-79.33±31.39 $p = 0.020^*$	-98.92±34.37 $p = 0.010^*$
$F(p)$	4.74 ($p = 0.012^*$)	4.34 ($p = 0.019^*$)	3.90 ($p = 0.024^*$)	4.60 ($p = 0.015^*$)
R^2	0.42	0.43	0.37	0.43

*, **, *** — статистическая значимость факторов влияния при $p < 0.05$, $p < 0.01$, $p < 0.001$ соответственно.

В табл. 5 приведены результаты оценки DiD-регрессии для оставшихся электродов: O2-А2, P3-А1 и P4-А2. Для момента времени 15 мин в их случае наблюдаем статистическую значимость эффекта воздействия с отрицательным коэффициентом, для временных срезов 30

и 45 минут – вхождение с положительным коэффициентом (то есть увеличение латентности на электроде, что говорит о негативном влиянии на цветоощущение).

Таблица 5

**Результаты оценки DiD-регрессий латентности ЗВП
(электроды O2-A2, P3-A1 и P4-A2)**

Регрессоры	O1-A1, N75, Ч5, синий, 15 мин	O2-A2, N75, Ч5, зеленый, 45 мин	P3-A1, N75, Ч3, синий, 30 мин	P4-A2, N75, Ч3, красный, 30 мин
Группа воздействия	-11.33±18.69 <i>p</i> = 0.552	2.00±18.78 <i>p</i> = 0.916	-15.33±22.46 <i>p</i> = 0.503	-74.67±25.76 <i>p</i> = 0.010*
Период	58.67±18.69 <i>p</i> = 0.006**	-14.67±18.78 <i>p</i> = 0.444	6.00±22.46 <i>p</i> = 0.792	-63.33±25.76 <i>p</i> = 0.024*
Did	-65.33±29.55 <i>p</i> = 0.041*	72.93±27.22 <i>p</i> = 0.015*	72.67±31.77 <i>p</i> = 0.033*	88.00±38.64 <i>p</i> = 0.035*
<i>F</i> (<i>p</i>)	6.32 (<i>p</i> = 0.004**)	5.44 (<i>p</i> = 0.007**)	4.69 (<i>p</i> = 0.012*)	3.26 (<i>p</i> = 0.046*)
<i>R</i> ²	0.53	0.46	0.41	0.35

*, **, *** — статистическая значимость факторов влияния при $p < 0.05$, $p < 0.01$, $p < 0.001$ соответственно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Построенные дисперсионная и DiD-модель, а также проведенные тесты позволяют сделать вывод о статистически значимых сдвигах в показателе латентности ЗВП, обусловленные пролонгированным воздействием электронного устройства [14], в определенных комбинациях электрода/частоты/волны/цвета, указанных выше, что говорит об изменениях в центральных механизмах зрения вследствие использования устройства с электронным дисплеем.

Все обнаруженные статистически значимые сдвиги интересующей метрики в большую сторону происходят после 30 минут воздействия (при срезе времени 15 минут обнаружили лишь уменьшение латентности, что не влияет на зрение негативным образом и говорит об адаптации зрения к нагрузке). Следовательно, чтобы предотвратить нежелательное негативное влияние на цветоощущение, ассоциированное с использованием электронных экранов, необходимо ограничить время непрерывного их использования в промежутке 20–30 минут (так как негативное воздействие не было выявлено после первых 15 минут).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Portello J. K., Rosenfield M., Bababekova Y., Estrada J. M., Leon A. Computer-related visual symptoms in office workers // *Ophthalmic and Physiological Optics*. 32. 375–382 (2012). DOI: 10.1111/j.1475-1313.2012.00925.x.
2. Ellahi A., Khalil M. S., and Akram F. Computer users at risk: health disorders associated with prolonged computer use // *Journal of Business Management and Economics*. 2011. Vol. 2. No. 4. Pp. 171–182.
3. Hassan H. M. J., Ehsan S., and Arshad H. S. Frequency of computer vision syndrome & ergonomic practices among computer engineering students // *International Journal of Science & Research*. 2016. Vol. 5. No. 5. Pp. 121–125.
4. Hassan A., Muhammad K., and Zubair M., Eds. Prevalence of computer vision syndrome (CVS) amongst the students of Khyber Medical University // *Proceedings of the Islamabad Congress of Ophthalmology*, A. Hassan, K. Muhammad, and M. Zubair, Eds. Peshawar, Pakistan, 2017.
5. Gangamma M. P., Poonam, Rajagopala M. A clinical study on "Computer vision syndrome" and its management with Triphala eye drops and Saptamrita Lauha. *Ayu*. 2010 Apr.; 31(2):236-9. doi: 10.4103/0974-8520.72407. PMID: 22131717; PMCID: PMC3215371.
6. Жумажанова С. С., Сулавко А. Е., Ложников П. С. Распознавание психофизиологического состояния субъектов-операторов на основе анализа термографических изображений лица с применением сверточных нейронных сетей // *Системная инженерия и информационные технологии*. 2023. Т. 5. № 2(11). С. 41-55. DOI 10.54708/2658-5014-SIIT-2023-no2-p41. EDN NNZWLTV. [[Zhumazhanova S. S., Sulavko A. E., Lozhnikov P. S. "Recognition of the psychophysiological state of subject-operators based on the analysis of thermographic images of the face using convolutional neural networks" // *System Engineering and Information Technologies*. 2023. Vol. 5, No. 2(11), pp. 41-55. DOI 10.54708/2658-5014-SIIT-2023-no2-p41. EDN NNZWLTV. (In Russian).]]

7. Исакова Е. В. Работа с компьютером и компьютерный зрительный синдром // Вятский медицинский вестник. 2011. № 3-4. С. 32-35. EDN ТКОТИТ. [[Isakova E. V. "Working with a computer and computer visual syndrome" // Vyatka Medical Bulletin. 2011. No. 3-4, pp. 32-35. EDN ТКОТИТ. (In Russian).]]
8. Бухарбаева Л. Я., Франц М. В., Кондрова Н. С. Информационные технологии оценки бремени болезней и формирования оптимальных профилактических программ // Системная инженерия и информационные технологии. 2020. Т. 2. № 1(3). С. 67-72. EDN UFNOJX. [[Bukharbaeva L. Ya., Franz M. V., Kondrova N. S. "Information technologies for assessing the burden of disease and forming optimal preventive programs" // System Engineering and Information Technologies. 2020. Vol. 2, No. 1(3), pp. 67-72. EDN UFNOJX. (In Russian).]]
9. Кошелев Д. И., Галаутдинов М. Ф., Вахмянина А. А. Опыт применения зрительных вызванных потенциалов на вспышку в оценке функций зрительной системы // Вестник ОГУ. 2014. №12 (173). [[Koshelev D. I., Galautdinov M. F., Vakhmyanina A. A. "Experience in using visual evoked flash potentials in assessing the functions of the visual system" // Bulletin of OSU. 2014. No. 12 (173). (In Russian).]]
10. Панарина С. Н., Сапожникова А. В., Яковлева Н. Л. Проверка статистических гипотез и оценка параметров распределений на базе эталонных выборок // Успехи современной науки. 2017. Т. 5. № 1. С. 211-213. EDN XXERHP. [[Panarina S. N., Sapozhnikova A. V., Yakovleva N. L. "Testing statistical hypotheses and estimating distribution parameters based on reference samples" // Advances in Modern Science. 2017. Vol. 5, No. 1, pp. 211-213. EDN XXERHP. (In Russian).]]
11. Loh K., Redd S. Understanding and preventing computer vision syndrome // Malays Fam Physician. 2008;3(3):128-130. Published 2008 Dec. 31.
12. Шахмаметова Г. Р., Христодуло А. Д., Береговая С. П. Анализ эндокринологических данных на основе моделей классификации // Системная инженерия и информационные технологии. 2022. Т. 4. № 2(9). С. 30-36. EDN LBZVZL. [[Shakhmamatova G. R., Christodoulo A. D., Beregovaya S. P. "Analysis of endocrinological data based on classification models" // System Engineering and Information Technologies. 2022. Vol. 4, No. 2(9), pp. 30-36. EDN LBZVZL. (In Russian).]]
13. Зиновьев М. С., Нургаянова О. С. Оценка индивидуального риска развития сахарного диабета второго типа и возможных осложнений // Системная инженерия и информационные технологии. 2023. Т. 5. № 4(13). С. 101-110. DOI 10.54708/2658-5014-SIIT-2023-no5-p101. EDN HIXFH. [[Zinoviev M. S., Nurgayanova O. S. "Assessment of the individual risk of developing type 2 diabetes mellitus and possible complications" // System Engineering and Information Technologies. 2023. Vol. 5, No. 4(13), pp. 101-110. DOI 10.54708/2658-5014-SIIT-2023-no5-p101. EDN HIXFH. (In Russian).]]
14. The Effects of Computer Use on Eye Health and Vision. American Optometric Association, St. Louis, MO, USA, 1997.

Поступила в редакцию 15 января 2024 г.

МЕТАДААННЫЕ / METADATA

Title: Statistical analysis of color perception metrics with visual stress from digital devices.

Abstract: The article examines the impact of prolonged use of an electronic display on the user's color perception, while the latency of N75, P100 and N145 waves from various electrodes after visual stimulation was used as a metric signaling changes in the central mechanisms of vision. Pre-processing of the initial data was carried out in order to bring the structures containing the metrics and factors of interest to a form that allows the selected mathematical analysis tools to be applied to them in the software environment used R Studio. Based on the results of the tests, the constructed dispersion and DiD models, conclusions were drawn about statistically significant shifts in the latency indicators of visual potentials, and recommendations were given for working with electronic devices.

Key words: statistical analysis; descriptive statistics; risk forecasting; DiD model; analysis of variance; computer vision syndrome; color perception; visual evoked potentials; latency; computer vision syndrome.

Язык статьи / Language: русский/ Russian.

Об авторах / About the authors:

АНТОНОВ Вячеслав Викторович

ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», Россия.
Зав. каф. автоматизированных систем управления. Дипл. математик (Башкирск. гос. ун-т, 1979). Д-р техн. наук по мат. и прогр. обеспечению выч. машин, комплексов и компьютер. сетей (Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т, 2015). Иссл. в обл. методологии проектирования аналит. прогр. систем на основе формальных моделей предметной области.
E-mail: antonov.v@bashkortostan.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5402-9525>
URL: https://elibrary.ru/author_profile.asp?authorid=530537

ANTONOV Vyacheslav Viktorovich

Ufa University of Science and Technologies, Russia.
Head of the Automated Control Systems Dept. Dipl. in Mathematics (Bashkir State University, 1979). Dr of Tech. Sci. in mathematical and software support of computers, complexes and networks (Ufa State Aviation Tech. University, 2015). Research in the field of design methodology of analytical software systems based on formal models of the subject area.
E-mail: antonov.v@bashkortostan.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5402-9525>
URL: https://elibrary.ru/author_profile.asp?authorid=530537

ХАРИСОВА Зарина Ирековна

ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», Россия.
Доц. каф. биомедицинской инженерии. Дипл. инженер
(Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т, 2014). Канд. техн. наук
по управлению в техн. системах (там же, 2018). Иссл. в обл.
статист. анализа биомед. данных.

E-mail: zarinaid@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3902-3459>

URL: https://elibrary.ru/author_profile.asp?authorid=819031

БАЙБОЛДИНА Александра Александровна

ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», Россия.
Магистрант каф. биомедицинской инженерии. Готовит дис-
сертацию в обл. стат. анализа биомед. данных.

E-mail: bayboldinaa@mail.ru

KHARISOVA Zarina Irekovna

Ufa University of Science and Technologies, Russia.
Associate Professor, Department of Biomedical Engineering.
Dipl. engineer (Ufa State Aviation Technical University, 2014).
Cand. Tech. Sci. in control in technical systems (ibid., 2018). Re-
search in the field of statistical analysis of biomedical data.

E-mail: zarinaid@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3902-3459>

URL: https://elibrary.ru/author_profile.asp?authorid=819031

BAYBOLDINA Aleksandra Aleksandrovna.

Ufa University of Science and Technologies, Russia.
Master's student, Biomedical Engineering Dept. Dissertation
in the field of statistical analysis of biomedical data.

E-mail: bayboldinaa@mail.ru