

Санкт-Петербургский государственный университет

На правах рукописи

Жукова Ольга Викторовна

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПЕРЕСТРОЙКИ КРУПНОМАСШТАБНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ
ГОЛОВНОГО МОЗГА ЧЕЛОВЕКА ПРИ РАСПОЗНАВАНИИ ЛИЦ В УСЛОВИЯХ
НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ**

19.00.02 — Психофизиология

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата психологических наук

Научный руководитель

доктор медицинских наук
профессор **Шелепин Юрий Евгеньевич**
Санкт-Петербургский государственный университет

Санкт-Петербург– 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
Глава 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	11
1.1 Психофизиологические механизмы распознавания лица.....	11
1.1.1 Роль первичных каскадов обработки информации в задачах распознавания лиц.....	11
1.1.2 Роль высших каскадов обработки информации в задачах распознавания лиц.....	17
1.2 Проблема неопределенности в задачах распознавания лиц.....	23
Глава 2 МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	29
2.1 Психодиагностический метод.....	29
2.2 Психофизический метод.....	31
2.3 Метод функциональной магнитно-резонансной томографии.....	41
2.3.1 Первая серия фМРТ-исследования.....	42
2.3.2 Вторая серия фМРТ-исследования.....	48
2.3.3 Третья серия фМРТ-исследования.....	52
2.4 Метод моделирования с помощью искусственной нейронной сети распознавания мимики в условиях неопределенности	56
Глава 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	60
3.1 Результаты психологической серии исследования.....	60
3.2 Результаты психофизической серии исследования.....	65
3.2.1 Особенности распознавания изображений лиц в различных условиях неопределенности сигнала.....	66
3.2.2 Особенности распознавания изображений лиц в условиях высокой степени неопределенности сигнала	78
3.3 Результаты фМРТ-серии исследований.....	80
3.3.1 Результаты первой серии фМРТ-исследований.....	80
3.3.2 Результаты второй серии фМРТ-исследований.....	84
3.3.3 Результаты третьей серии фМРТ-исследований.....	92
3.3.4 Оценка изменения BOLD-сигнала.....	95
3.4 Результаты моделирования с помощью искусственной нейронной сети распознавания мимики в условиях неопределенности	100

Глава 4	ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ	103
4.1	Обсуждение психологической и психофизической серии исследования.....	103
4.2	Обсуждение результатов фМРТ-исследований.....	104
4.2.1	Обсуждение влияния инструкции на перестройку крупномасштабной нейронной сети при распознавании лиц.....	104
4.2.2	Обсуждение влияния эффекта вероятности повтора стимулов на перестройку крупномасштабной нейронной сети при распознавании лиц.....	109
	ВЫВОДЫ	112
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	113
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	114
	ПРИЛОЖЕНИЕ	131

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Исследование механизмов распознавания мимики в системе межличностной коммуникации является важнейшей фундаментальной проблемой когнитивных наук (Барабанщиков, 2002-2014; Михайлова, 2005; Bruce, 2000, 2012; Jenkins, 2008, 2011; Korolkova, 2014-2016; Babenko, 2015, 2016; Burton, 2015, 2016; Freiwald, 2016; Young, 2016; Chernorizov, 2016). В нашем исследовании акцент сделан на распознавание лица в пороговых условиях наблюдения (Кемпбелл, Шелепин, 1990; Campbell, Shelepin, 1989, 1992). Решение этой задачи имеет как теоретический, так и прикладной аспект. Уже несколько веков улыбка Джоконды Леонардо да Винчи - яркий пример мимических деформаций лица на пороге восприятия - представляет интерес для широкого круга специалистов.

Необходимо отметить, что принятие решения о лице обеспечивается сложным взаимодействием «первичных» и «последующих, высших» уровней обработки информации в зрительной системе человека. Различная информация о наблюдаемой сцене или объекте, от механизмов рецепции до принятия решения и организации двигательного ответа, передается по разным каналам. Между всеми каналами на разных уровнях происходит взаимодействие, а не обычная передача сигнала с каскада на каскад. Эти связи множественные и они оказывают важнейшее влияние на процессы классификации, распознавания, принятия решений и организацию двигательного ответа. Изменение целей, поставленные перед наблюдателем в задачах распознавания отдельных свойств изображения, вероятно, приводит к перераспределению активности в каналах, представленных в мозгу нейронными сетями. При рассогласовании взаимодействия каналов в зрительной системе могут наблюдаться различные нарушения. Так, пациенты с прозопагнозией могут распознавать только локальные признаки лица и уже на основе данной информации идентифицировать человека, но интеграцию отдельных признаков в единый образ проводить не могут (Bouvier, 2005). При рассогласовании взаимодействия каналов зрительной системы, когнитивных и эмоциональных путей обработки информации о лице может возникнуть синдром Капгра (Capgras, 1923) – избирательное отсутствие эмоционального отклика на знакомое лицо при сохранении функций его распознавания.

Представляет интерес исследование закономерностей перестройки активности каналов, нейронных сетей при распознавании лиц в условиях неопределенности. На семантическом уровне примером неопределенности может служить паттерн слабых мимических проявлений эмоций, например, мимика Джоконды. На физическом уровне примером неопределенности может служить помеха различной степени интенсивности, наложенная на изображение. Исследования распознавания в условиях неопределенности направлены на развитие

современных нейротехнологий, которые представляют собой новый класс искусственных нейронных сетей глубокого обучения, решающих практические задачи распознавания лиц. Данное направление находится на стадии своего активного развития, что требует решения ряда задач широким фронтом, с привлечением психологических, психофизических, психофизиологических и нейротехнологических методов исследования.

Степень разработанности проблемы. В середине 1960-хх гг. была разработана концепция о гностических нейронах, локализованных в нижневисочной коре и избирательно реагирующих на целостные объекты и (Konorski, 1967; Gross, 1972, 1973, 1992). В начале 1980 гг., в области дна верхней височной борозды мозга обезьян, были зарегистрированы отклики группы клеток на изображения лиц. Было показано, что на целые лица и переменчивые аспекты, данные группы клеток отвечали активнее в сравнении с другими типами изображений. Данные ответы изменялись и в случае наличия помех, которые сильно ухудшали возможность восприятия лиц (Perret et al., 1982, 1985; Rolls, 1986, 1987, 1992). Далее, экспериментально было показано, что активность нейронов в данной области, определяется не только наличием в поле зрения изображения лица, а весьма чувствительна к лицевой мимике. Было высказано предположение, что эти нейроны оценивает направление взгляда, положение уголков губ, глаз, бровей, степень их изгиба и взаимного расположения частей лица, что важно для опознания мимики (Haxby et al., 2000, 2011; Sarkheil et al., 2013). В области нижневисочной коры были также зарегистрированы специфичные реакции на изображения лиц, отличавшиеся по своей топографии от реакций на изображения домов, мебели или букв (Tanaka et al., 1991, 1996, 1997, 1998). На основании полученных данных была построена схема строения нижневисочной коры, состоящей из сверхколонок нейронов, которые реагируют на разные вариации в изображении одного объекта. Исследован механизм адаптации нейронов к изображению лица в нижневисочной коре (Танака et al., 1991, 1993, 2003; Tsunoda, 2001). Показано, что происходит адаптация к семантике изображения, аналогично тому, как и на предыдущих уровнях зрительной системы, происходит адаптация к физическим признакам изображения, таким как яркость, цвет, ориентация, контраст, пространственная частота. В дальнейшем, к основным зонам мозга, отвечающим за распознавание лиц, была включена так называемая «затылочная область лица» (occipital face area) в нижней затылочной извилине. В ней найдены статистически значимые отличия ответов нейронов при восприятии изображений лиц, в сравнении с другими объектами (Haxby et al., 2000, 2011; Ishai, 2008). Значительное внимание исследователей было направлено также на изучение тех областей мозга, которые демонстрируют синхронное изменение кровотока в различных условиях стимуляции (Raichle, 2007). На этом основании получило развитие представление о крупномасштабных нейронных сетях головного мозга человека. Были выявлены и описаны различные крупномасштабные

паттерны, которые играют важную роль в задачах распознавания лиц: «сеть зеркальных нейронов», «ментальная сеть», «сеть эмпатии» (Михайлова, 2005; Raichle et al., 2001; Rizzolatti et al., 2001, 2010; Iacoboni, 2005; Panakhova, 2016). Нейрофизиологические основы понимания организации данных сетей были заложены Б. П. Бабкиным, который разработал концепцию о «временной связи» в нейронных сетях живых организмов (Бабкин, 1904). Результаты, полученные Б.П. Бабкиным, стали основой для развития современных нейротехнологий, которые представляют собой новый класс искусственных нейронных сетей (LeCun, 2004; Krizhevsky, 2012; Cadieu, 2014), технологий, являющихся продолжением работ середины 20 века (Розенблатт, 1965; Hebb, 1949; Fukushima, 1982; Hopfield, 1982; Kohonen, 1982; Von der Malsburg, 2010).

Цель исследования: психофизиологическими методами изучить пороги изменения мимики и поворота головы и закономерности перестройки крупномасштабных нейронных сетей головного мозга человека при распознавании лиц в условиях неопределенности.

Задачи:

1. Провести теоретический анализ распределения активности крупномасштабных нейронных сетей головного мозга человека, обеспечивающих распознавание мимики в пороговых условиях.

2. Психофизическими методами выявить пороги распознавания человеком мимических выражений и поворота головы в зависимости от градации выраженности признака, уровня аддитивной некоррелированной помехи и количества измененных пикселей изображения.

3. Психологическими методами оценить роль тревоги как ситуативной переменной у испытуемых при оценке изображений лиц в условиях высокой степени неопределенности сигнала.

4. Психофизиологическими методами (функциональной магнитно-резонансной томографии - фМРТ) определить структуру и функциональные особенности крупномасштабной нейронной сети, обеспечивающей распознавание лиц; изучить закономерности перестройки крупномасштабных нейронных сетей в зависимости от градаций выраженности мимики, при изменении инструкции и адаптации к повторным предъявлениям одного и того же лица.

5. Сопоставить данные, полученные в психологической, психофизической и психофизиологической сериях исследования. Провести с помощью искусственной нейронной сети глубокого обучения моделирование распознавания мимики в пороговых условиях наблюдения.

Объект исследования: крупномасштабная нейронная сеть головного мозга человека.

Предмет исследования: закономерности перестройки крупномасштабной нейронной сети при распознавании лиц в условиях неопределенности.

Гипотезы исследования:

1. Пороги распознавания мимики и поворотов головы будут отличаться в зависимости от количества измененных пикселей изображения.

2. В задачах распознавания лиц, в условиях высокой степени неопределенности, испытуемые будут ощущать эмоциональную напряженность и беспокойство, что найдет отражение в шкалах психологического интегративного теста на определение тревоги.

3. Число измененных вокселей в сравниваемых картах откликов мозга, по данным фМРТ, на изменение мимики и поворотов головы, может быть связано с порогом распознавания, выявленными в психофизической серии исследования.

4. Принятие решения о различных свойствах стимулов осуществляется путем перераспределения активности между областями мозга. Структуры мозга, обеспечивающие важнейшие когнитивные процессы, взаимодействуют по принципу синхронности и оппонентности, т.е. осуществляют решения по множественным критериям и по конфликтующим оценкам.

5. Существенными факторами неопределенности, вызывающими значительную перестройку крупномасштабной нейронной сети, является смена инструкции и низкая вероятность повтора стимула. В условиях высокой вероятности повтора стимула эффект привыкания к мимике будет выражен сильнее в сравнении с условиями предъявления с низкой вероятностью повтора тестовых изображений.

Теоретическую и методологическую основу исследования составили: психофизические законы и принципы (П. Бугер, Э. Вебер, Г. Фехнер, С. Стивенс), принципы переработки информации в сенсорных системах (Дж. Эдриан, Н. В. Barlow., Ф.В. Кемпбелл, Д. Хьюбел, В.Д. Глезер, И.И. Цуккерман, Н.Н. Красильников), учение о системном характере высших психических функций и их динамической локализации в головном мозге (И.П. Павлов, Б.П. Бабкин, Е. Кононова, А.А. Ухтомский, Д.Х. Джексон, Е.П., В. М. Бехтерев, Кок, А.Р. Лурия, Н.П. Бехтерева, П.К. Анохин), подход к исследованию восприятия (Б.Ф. Ломов, В.А. Барабанщиков, В.Н. Носуленко, Е.С. Самойленко), теоретические и методологические представления психологии эмоций (К. Изард, П. Экман, У. Фризен), концепция восприятия и распознавания выражений лица (В.А. Барабанщиков, Е. С. Михайлова, Е. Г. Хозе, В.В. Бабенко, О.А. Королькова, К.И. Ананьева), теория нейронных сетей (Хебб, Ф. Розенблатт, Fukushima, Дж. Хопфилд, Von der Malsburg, Т.Кохонен), технология глубокого обучения искусственных нейронных сетей (К. Fukushima, А. Krizhevsky, Y. LeCun, С. F. Cadieu).

Методы исследования. Выборку составили 119 испытуемых в возрасте от 19 до 44 лет, средний возраст $26,4 \pm 4,7$ лет. В основном, выборку составили студенты СПбГУ, ИТМО, СПбПУ.

В психологической и психофизиологической серии приняло участие 29 испытуемых (13 мужчин и 16 женщин), возрастной диапазон и мужчин и женщин от 22 до 29 лет (средний возраст мужчин $26,1 \pm 1,2$ года, средний возраст женщин $24,9 \pm 1,9$, средний возраст по группе $25,4 \pm 1,7$).

В первой серии фМРТ-исследования приняло участие 14 испытуемых (10 мужчин и 4 женщины), возрастной диапазон и мужчин и женщин от 21 до 27 лет (средний возраст мужчин $24,4 \pm 2,1$ года, средний возраст женщин $22,5 \pm 1,3$ средний возраст по группе $23,9 \pm 2,1$).

Во второй серии исследования приняло участие 24 испытуемых (8 мужчин и 16 женщин), возрастной диапазон и мужчин и женщин от 19 до 33 лет (средний возраст мужчин $24,5 \pm 2,8$ года, средний возраст женщин $24,8 \pm 3,2$, средний возраст по группе $24,7 \pm 3$).

В третьей серии исследования приняло участие 23 человека (13 мужчин и 10 женщин), возрастной диапазон и мужчин и женщин от 22 до 44 лет (средний возраст мужчин $30 \pm 7,9$ года, средний возраст женщин $30,4 \pm 6,2$, средний возраст по группе $30,2 \pm 7,1$).

Исследование проводили несколькими методами. Для оценки и обобщения современного состояния проблемы провели анализ существующей литературы. Для оценки порогов восприятия мимических выражений лиц и градаций поворота головы использовали традиционные психофизические методы измерения порогов (Бардин, 1976). Для выявления уровня тревоги у испытуемых использовали психодиагностический метод «Интегративный тест тревожности» (Бизюк, 1995). Распределение активности в головном мозге человека при наблюдении лиц определяли с помощью метода функциональной магнитно-резонансной томографии (Friston, 1994-1997). Для решения задачи моделирования выбрали архитектуру глубокой нейронной сети VGG Face (Parkhi et al., 2015), обученной задаче распознавания лиц на датасете из 2,6 млн. изображений, собранных в интернете.

Научная новизна исследования. Впервые в комплексном исследовании, с привлечением психофизических, психологических, фМРТ и нейротехнологических методов, изучены закономерности перестройки крупномасштабных нейронных сетей головного мозга человека при пороговых изменениях мимики лица и поворотов головы. Показано, что наблюдается одновременный значимый рост показателей правильных ответов испытуемых, числа измененных пикселей изображения, и числа активированных вокселей головного мозга в зависимости от градаций выраженности признаков. Впервые, методом фМРТ, определен минимум информации, необходимый для распознавания мимики. Показано, что в пороговых

условиях наблюдается статистически значимое увеличение уровня BOLD-сигнала практически во всех областях головного мозга человека, обеспечивающих распознавание, принятие решения и организацию двигательного ответа. Данное увеличение сопровождается усилением ситуативной тревоги у испытуемых. Исследована перестройка сети при изменении инструкции и адаптации к повторным предъявлениям одного и того же тестового изображения. Методом анализа BOLD-сигнала показано, что структуры мозга, обеспечивающие важнейшие когнитивные процессы, взаимодействуют по принципу оппонентности, т. е. осуществляют решения по множественным критериям и по конфликтующим оценкам. На основе полученных результатов проведено моделирование распознавания мимики в условиях неопределенности с помощью искусственной нейронной сети VGG Face.

Теоретическая и практическая значимость исследования. Результаты исследования имеют фундаментальное междисциплинарное значение. В теоретическом плане полученные результаты могут быть применимы для решения задач в области психологии и психофизиологии. В практическом плане - для разработки искусственных нейронных сетей глубокого обучения, способных эффективно проводить распознавание в пороговых условиях наблюдения. Особое значение, данное направление имеет в области разработки систем визуального контроля, осуществляющих мониторинг потока людей на стратегических объектах наблюдения, в эргономике при профессиональном отборе, в психиатрической клинике для создания новых маркеров, а также в реаниматологии при разработке нейротехнологий альтернативной коммуникации.

Положения диссертации, выносимые на защиту

1. Наблюдаются отличия порогов распознавания мимики и порогов распознавания поворота головы от количества измененных пикселей в тестовом изображении. Отмечается одновременный значимый рост показателей правильных ответов испытуемых, измененных пикселей в тестовых изображениях и числа активированных вокселей головного мозга в зависимости от градаций выраженности признаков.

2. В задачах распознавания лиц в условиях высокой степени неопределенности испытуемые ощущают эмоциональную напряженность и беспокойство, что отражено в шкалах психологического интегративного теста определения тревоги.

3. Инструкция и адаптация к конкретной форме лица оказывают существенное влияние на перестройку крупномасштабной нейронной сети распознавания лиц. Перестройка нейронной сети определяется инструкцией, стимулами-изображениями, их физическими, геометрическими и семантическими характеристиками, обеспечивающими восприятие, узнавание, понимание и планирования ответных действий. Структуры мозга, обеспечивающие

распознавание лиц, взаимодействуют по принципу синхронности и оппонентности, т. е. осуществляют решения по множественным критериям и по конфликтующим оценкам.

Апробация и внедрение результатов исследования. Основные положения диссертационного исследования были представлены и обсуждены на российских и международных конференциях: «Нейробиология интегративных функций мозга» (Санкт-Петербург, Россия 2013), «Шестая и седьмая международная конференция по когнитивной науке» (Калининград, Светлогорск, Россия 2014, 2016), «Прикладная оптика» (Санкт-Петербург, 2014, 2016), «Нейронаука в психологии, медицине, образовании» (Санкт-Петербург, Россия 2014), «Лицо человека в науке, искусстве и практике» (Москва, Россия 2014), «Естественно-научный подход в современной психологии» (Москва, Россия 2014), «Технологическая перспектива в рамках Евразийского пространства: новые рынки и точки экономического роста» (Санкт-Петербург, 2015, 2016), «BNA2015» (Эдинбург, Шотландия, 2015), «Нейронаука для медицины и психологии» (Санкт-Петербург, Россия 2015), «Лицо человека в пространстве общения» (Москва, Россия 2016), «Ананьевские чтения-2016. Психология – вчера, сегодня, завтра» (Санкт-Петербург, Россия 2016), «Video and audio signal processing in the context of Neurotechnologies» (Санкт-Петербург, Россия, 2016).

Материалы работы и ее результаты реализованы при выполнении двух грантов Российского научного фонда: «Психофизиологические и нейролингвистические аспекты процесса распознавания вербальных и невербальных паттернов» (Санкт-Петербургский государственный университет, проект № 14-18-0213) и «Технологии оптимизации и восстановления когнитивных функций человека виртуальной средой (Институт физиологии им. И.П. Павлова Российской академии наук, проект № 14-15-00918).

Публикации. По теме диссертационного исследования опубликовано 22 работы, в том числе 7 в изданиях, рекомендованных ВАК для опубликования результатов диссертационных исследований.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы и приложение. Основной текст диссертации изложен на 130 страницах, содержит 27 таблиц и 49 рисунков.

Глава 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Психофизиологические механизмы распознавания лица

Способность зрительной системы по «мельчайшим», то есть находящимся на пороге распознавания лица, точно определить эмоциональное состояние человека кажется удивительной, но происходит повседневно. Чтобы разобраться в механизме этой способности, необходимо рассмотреть особенности распознавания лица на «первичных» и «высших» звеньях зрительной системы (Кемпбелл, Шелепин 1990; Вахрамеева и др. 2013). Важно подчеркнуть, что не существует четкого деления на первичные и высшие каскады обработки информации в зрительной системе, это деление условно, так как принятие решение о лице может приниматься на разных уровнях зрительной системы.

1.1.1 Роль первичного каскада обработки информации в задачах распознавания лиц

Рассмотрим роль низшего каскада обработки информации в задачах распознавания лиц.

В данном разделе рассмотрим несколько ключевых моментов. Во-первых, разрешающую способность глаза, под которым обычно понимают способность зрительной системы отличить два объекта, которые находятся на максимально близком расстоянии друг от друга. Данный аспект важен, так как позволяет понять, сколько пикселей изображения необходимо, чтобы распознать лицо. Необходимо отметить, что впервые проблема распознавания и идентификация объектов в технических системах была решена Дж. Томпсоном в 1958 г. (Johnson, 1958). В своих работах исследователь не просто рассчитал необходимую разрешающую способность оптической матрицы камеры, которая была способна распознать объект, но разработал перечень уровней различений, необходимых для распознавания объектов (самолетов, танков), их идентификации, различения, вплоть до выявления намерений. Так, например, было показано, что для распознавания «свой-чужой» необходима матрица десять на десять элементов. В целом, данная матрица способна различить и лицо человека. Но на данном уровне будет видно только очень условное схематичное изображение (смайлик). Мимику на таком уровне распознать невозможно. Интересные нейрофизиологические исследования были проведены Кэмпбеллом и Шелепиным в области остроты зрения. Так, исследователям удалось рассчитать количество рецепторов, которые активизируются при засвечивании сетчатки «бесконечно малой точкой» (Шелепин и др., 2015). Было показано, что для этого достаточно всего 7 рецепторов, которые образуют правильный шестиугольник (Campbell et al., 1989; Кемпбелл и др., 1990). Данная совокупность рецепторов получила название «функциональный

элемент дискретизации». Как отмечают исследователи, такими, более крупными, чем рецепторы элементами, сопоставимыми с размером функции рассеяния точки при оптимальных условиях освещенности сетчатки, и производится описание изображений и дальнейшая передача информации на более высокие уровни зрительной системы (Шелепин и др., 1995). Представить себе изображение при этом можно как двумерный массив со значениями, равными усредненной яркости по группе из 7 рецепторов. Необходимо отметить, что «функциональный» элемент дискретизации не исключает роль фоторецепторов как основных анатомических элементов дискретизации, необходимых для передачи оптического изображения, сформированного на сетчатке, в нейронные сети зрительной системы. Функциональные пространственные элементы — это не связанные жестко между собой группы рецепторов, а мобильные их объединения, формирующие сигнал на последующие уровни зрительной системы, под воздействием самого изображения.

Во-вторых, представляет интерес работы, направленные на измерение минимального количества пикселей, необходимых для узнавания объектов различной степени сложности (Кемпбелл и др., 1990; Шелепин и др., 2002). На рисунке 1 приведены примеры измерения минимальных угловых размеров черно-белых изображений различных объектов на пределе четкого видения. Показано, что изображения разной сложности воспринимаются при различных угловых размерах. Шкала сложности демонстрирует, что, чем сложнее изображение, тем больше минимальных пикселей необходимо для узнавания данного объекта.

угл. мин	тест		распознавание
1 - 2	••		
3	С	Е	Распознавание простых геометрических фигур
5	□	Ш	Чтение букв
8	❄		Чтение простых иероглифов
13	✂	币	Распознавание фигуры отдельного человека и всадника Чтение иероглифов
21		金	Распознавание выражения лиц Чтение сложных иероглифов
			

Рисунок 1 – «Шкала сложности» в угл. мин диаметра объекта и, соответственно, размер матрицы в пикселях зрительной системы для распознавания разных объектов вплоть до лица человека (Шелепин и др., 2002)

В соответствии с представленными данными, различение одной от двух точек происходит при размерах, несколько больших 1 угл. мин. Различение простых геометрических фигур (треугольники, квадраты, круги) происходит при их угловых размерах, равных 3 угл. мин, букв - около 5 угл. мин. Стилизованные фигуры большинства окружающих нас объектов распознаются при 8–16 угл. мин, а лицо конкретного человека и наиболее важные детали эмоционального выражения – при 21–30 угл. мин. Это означает, что для распознавания лица и мимических деформаций необходима матрица с радиусом 6 элементов дискретизации. Если лицо представлено на матрице с радиусом меньше 5 элементов дискретизации, то распознать лицо невозможно. Проведены интересные исследования распознавания двух лиц с минимальными изменениями в чертах лица. Так, одно изображение отличалось от другого несколькими функциональными пикселями. Результаты показали, что данные отличия большинство наблюдателей способно уловить. Более того, в данных условиях возможно не только распознавание (лицо не лицо), но и идентификация объекта (кто есть кто) (Кемпбелл и др., 1990; Campbell et al., 1989).

Было показано, что типичное расстояние для успешного распознавания лица составляет 35 метров (Шелепин и др., 2014). Необходимо подчеркнуть, что если бы требовалась матрица для распознавания вдвое больше, то расстояние до объекта, необходимое для успешного распознавания, уменьшилось и составило бы всего 17 метров. С такого расстояния невозможно быстро отличить друга от врага, а соответственно и принять своевременное правильное решение.

Важные результаты были получены в работах Гасовского и Никольской. Исследователи определили, в каких пределах колеблется глаз при фиксации взора на точке. Так, было показано, что колебание происходит в пределах ± 12 угл. мин (это радиус фовеолиты), либо в пределах $\pm 2,5$ угл. мин, это радиус рецептивного поля (Гасовский и др., 1941). Характер этих движений можно исследовать, регистрируя направление взора. В целом, исследование направление взора в задачах распознавания лица является очень актуальным. Согласно опубликованным данным при распознавании лица при больших его угловых значениях таким способом можно получить Т-образные «карты внимания», при которых наибольшее количество фиксаций и их средняя длительность наблюдается в зонах глаз, носа (переносицы) и губ. Так, Барабанщиков выделяет зону лица, где наблюдается максимальное количество и длительность фиксаций - правый глаз (322 мс). Минимальное, наоборот, находится в области носа (174 мс) и рта (175 мс) (Барабанщиков, 2012).

В исследовании Ананьевой, Барабанщикова и Харитоновой в 2010 г. (Ананьева и др., 2010) были выделены пять возможных типов осмотра лица:

- «линейный горизонтальный» - области интереса данного паттерна приходятся на левый и правый глаза человека (4,5 %);

- «линейный вертикальный» - области интереса группируются в районе носа и рта (7,5 %);

- «треугольный» - области интереса при данном паттерне включают зоны глаз и рта, иногда с фиксацией области носа (70 %);

«диагональный» - области интереса приходятся только на один из глаз (правый или левый), а также зоны носа и рта (4,5 %);

«топический» – группировка фиксаций (11,5 %).

Таким образом, исходя из представленных данным, самым популярным из выделенных типов является треугольный тип осмотра лица. Необходимо отметить, что выбор типа паттерна зависит от психологических факторов. Например, более продолжительный просмотр правой стороны лица говорит о том, что испытуемый ориентируется на важные и значимые качества собеседника. Более длительный просмотр верхней части лица указывает на потребность в установлении зрительного контакта взглядом, посредством которого происходит «проникновение» в психическое состояние другого человека (Baron-Cohen et al., 1992).

Интересно, что в условиях высокой степени семантической неопределенности правая сторона натурщика рассматривается более продолжительное время. Так, согласно Барабанщикову, средние значения продолжительности рассматривания левой стороны лица составляют 1004 мс, правой – 1542 мс. Большая продолжительность рассматривания достигается за счет увеличения числа фиксаций при их неизменной длительности (Барабанщиков, 2012). При анализе областей интереса были проанализированы предпочтения людей также и в вертикальной проекции. Так, при рассматривании лиц со слабой выраженной экспрессией средние значения продолжительности рассматривания верхней части лица составили 1538 мс, а нижней – 1067 мс. При этом, необходимо отметить, что ни в одной из представленных работ не было выявлено прямой связи выбранного паттерна осмотра с точностью распознавания лица. В то же время, были получены данные о влиянии особенностей паттернов просмотра и их влиянии на распознавание мимической экспрессии. Результаты показали, что испытуемые, при оценке эмоций радости и отвращения, больше ориентируются на нижнюю часть лица, а при распознавании печали и горя - наоборот, на верхнюю. Эти особенности просмотра позволяют получать более точные результаты распознавания (Барабанщиков, 2002). Важно подчеркнуть, что согласно опубликованным данным, короткие фиксации, в сравнении с более длительными, также приводят к более точным ответам (Гиппенрейтер, 1978; Ikeda, et al., 1975; Mackworth, 1976).

В-третьих, разрешающая способность в центре и на периферии сильно отличается. С увеличением расстояние от фовеолы, разрешение значительно падает. Данная особенность привела к развитию пространственно-частотной теории работы зрительной системы. Так, в 1964-1968 гг. Кэмпбеллом и Робсоном было сделано предположение, что в зрительной системе есть разные пространственно-частотные каналы (Campbell et al., 1968, 1974, 1985). Данное открытие оказалось чрезвычайно важным, так как изображения, передаваемые разными пространственно-частотными каналами, воспринимается и распознается по-разному (Шелепин и др., 1985). Блок-схема этого процесса представлена на рисунке 2. Важная особенность данной блок-схемы в том, что с одной стороны она пригодна для программирования обработки изображения на ЭВМ, а, с другой стороны, эта схема привязана к определенным структурам мозга. На схеме существенным является демонстрация структурных элементов мозга и соответствующий алгоритм модели, обеспечивающий сравнение на разных уровнях высокочастотной и низкочастотной пространственной информации.

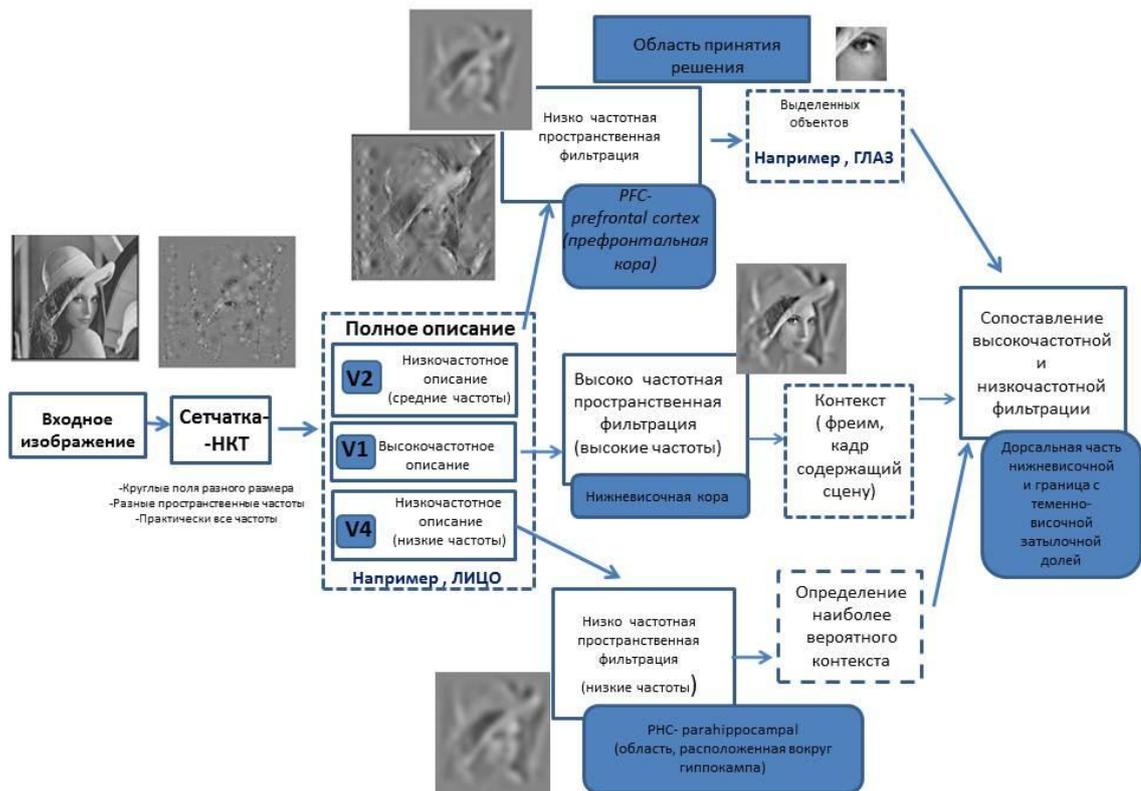


Рисунок 2 – Блок-схема передачи пространственно-низкочастотной и пространственно-высокочастотной информации по разным каналам зрительной системы

Необходимо отметить, что оптимальная чувствительность зрительной системы человека соответствует уровню средних пространственных частот, а именно 2-6 цикл/угл. град. Если на изображении изобразить либо только низкочастотные, либо только высокочастотные

рецептивные поля, то будет получено два разных типа изображений. Так, согласно опубликованным данным изображения, отфильтрованные в области низких пространственных частот, плохо распознаются из-за размытия, но несут сильную эмоциональную нагрузку. Изображения, отфильтрованные в области высоких пространственных частот, наоборот, распознаются значительно лучше, особенно в области мимики, так как подчеркивают мелкие детали лица и позволяют осознанно оценить мимическую экспрессию (Шелепин и др., 1985).

Активно ведутся дискуссии о приоритетности временной обработки частот. Так, современные представления можно разделить на несколько групп. Сторонники первого направления предполагают, что частотная информация извлекается последовательно. При этом, большинство исследователей считают, что приоритетная роль в данном процессе отводится средним частотам. Предполагается, что именно они обеспечивают необходимый минимум для распознавания лица (Rolls et al., 1987; Bachmann, 1991; Gold et al., 1999; Costen et al., 1996; Collin et al., 2006). Результаты проведенных исследований показали, что при использовании частот среднего диапазона происходит качественный скачок в распознавания лица. Сторонники второго направления предполагают, что информация обрабатывается одновременно (Vogel et al., 2001, 2008; Eng et al., 2005; Awh et al., 2007; Scolari et al., 2008). В эту же группу попадают теории, описывающие обработку зрительной информации как соответствующую закону «все или ничего» (all-or-none) (Sergent et al., 2004; Zhang et al., 2008). Сторонники третьего направления считают, что приоритетность выделения частот определяется экспериментальными факторами и может меняться (Collin et al., 2004, 2006).

Необходимо отметить, что границы между выявленными группами являются размытыми. Так, существуют исследования, которые частично подтверждают правоту каждой из теорий. Например, в рамках проведенного эксперимента Д. С. Алексеевой, Д. В. Явна, В. В. Бабенко были выявлены следующие закономерности, касающиеся сравнительной значимости обработки различных пространственных частот в распознавании лиц. Во-первых, было показано, что не наблюдается выраженного приоритета в использовании определенных пространственных частот при распознавании лиц, если эти частоты относятся к диапазону от 1 до 8 цикл/град. Во-вторых, пространственные частоты 0,5 и 16 цикл/град менее эффективны в задаче распознавания лиц. В третьих, лица, отфильтрованные в среднем диапазоне частот с полосой фильтрации 2 октавы, распознаются с той же точностью, что и неотфильтрованные (реальные) лица (Алексеева и др., 2015). Таким образом, вопрос о значении различных пространственных частот в распознавании лиц до сих пор остается открытым.

В-четвертых, важно отметить, что каждый компонент спектра изображения, кроме амплитуды и фазы, характеризуется также и ориентацией (Цуккерман, 1978; Филд, 1999; Campbell et al., 1968;). Между нейронами и нейронными сетями, выделяющими разные

ориентации, установлены оппонентные взаимоотношения (Шелепин, 1981). Ранее было показано, что для распознавания лица очень важны горизонтальные и вертикальные составляющие пространственно-частотного спектра изображения. Так, например, горизонтальные составляющие очень хорошо выделяют разные части лица: глаза, нос, губы. Причем данные составляющие очень устойчивы к различным манипуляциям со стимулами, что позволило ряду ученых выдвинуть понятие о так называемом «штрих-коде» лица (Мурыгин, 2003; Dakin et al., 2009). Вертикальные составляющие, наоборот, лучше передают очертания фигуры человека. Это важно для идентификации человека, например, на большом расстоянии, когда лицо еще распознать невозможно. При этом, необходимо отметить, что для распознавания мимики, горизонтальных и вертикальных составляющих пространственно-частотного спектра часто бывает недостаточно. В современных исследованиях было показано, что мимические особенности усиливаются в случае использования диагональных составляющих (Логунова и др., 2014, 2015). Более того, применение данного типа фильтрации не просто усиливали впечатление о лице, а придавали ему оттенок гротеска.

1.1.2 Роль высших каскадов обработки информации в задачах распознавания лиц

Рассмотрим нейрофизиологические механизмы высших каскадов обработки информации, на которых, как было сказано выше, осуществляется сравнение изображений с «динамическими шаблонами» и принятие решений. За последнее время накопилось значительное количество экспериментальных данных по основным структурам мозга, которые традиционно связываются с распознаванием лиц. В середине 1960-х гг. была разработана концепция о гностических нейронах, локализованных в нижневисочной коре и избирательно реагирующих на целостные объекты и (Konorski, 1967; Gross, 1972, 1973, 1992). В начале 1980 гг., в области дна верхней височной борозды мозга обезьян, были зарегистрированы отклики группы клеток на изображения лиц. Было показано, что на целые лица и переменчивые аспекты, данные группы клеток отвечали активнее в сравнении с другими типами изображений. Данные ответы изменялись и в случае наличия помех, которые сильно ухудшали возможность восприятия лиц (Perret et al., 1982, 1985; Rolls, 1986, 1987, 1992). Далее, экспериментально было показано, что активность нейронов в данной области, определяется не только наличием в поле зрения изображения лица, а весьма чувствительна к лицевой мимике. Было высказано предположение, что эти нейроны оценивают направление взгляда, положение уголков губ, глаз, бровей, степень их изгиба и взаимного расположения частей лица, что важно для опознания мимики (Naxby et al., 2000, 2011; Sarkheil et al., 2013). В области нижневисочной коры были также зарегистрированы специфические реакции на изображения лиц, отличавшиеся по своей

топографии от реакций на изображения домов, мебели или букв (Tanaka et al., 1991, 1996, 1997, 1998). На основании полученных данных была построена схема строения нижневисочной коры, состоящей из свёрхколонок нейронов, которые реагируют на разные вариации в изображении одного объекта. Исследован механизм адаптации нейронов к изображению лица в нижневисочной коре (Танака et al., 1991, 1993, 2003; Tsunoda, 2001). Показано, что происходит адаптация к семантике изображения, аналогично тому, как и на предыдущих уровнях зрительной системы, происходит адаптация к физическим признакам изображения, таким как яркость, цвет, ориентация, контраст, пространственная частота. В дальнейшем, к основным зонам мозга, отвечающим за распознавание лиц, была включена так называемая «затылочная область лица» (occipital face area), в которой найдены статистически значимые отличия при восприятии изображений лиц, в сравнении с другими объектами (Haxby et al., 2000, 2011; Ishai, 2008; Mikhailova, 1997). Необходимо отметить, что вопрос о роли, которую играет данная область, до сих пор остается открытым, хотя, большинство исследователей сходятся на предположении, что данная область более чувствительна к отдельным признакам, а не общей конфигурации стимулов (Liu et al., 2010; Harris et al., 2008; Betts et al., 2010).

К дополнительным зонам мозга, активация которых зависит от экспериментальных условий входят следующие структуры: миндалина и островковая кора, которые участвуют в обработке эмоциональной выразительности лица (Breiter et al., 1996; Morris et al., 1996, Fusar-Poli et al., 2009), нижняя лобная извилина, которая участвует в обработке семантической информации (Leveroni et al., 2000; Ishai et al., 2002), орбитофронтальная кора и вентральная часть стриатума, которые обеспечивают описание привлекательности лица (Aharon et al., 2001; O'Doherty et al., 2003). Сведения о характере активационных сдвигов в других областях мозга человека при распознавании лиц весьма разнообразны, что связано со спецификой экспериментальных условий. Так, например, в исследовании Collins J.A. (Collins et al., 2014) рассматривается роль вентральной части височных долей (vATLs) - как специфической области восприятия лица.

Важно подчеркнуть, что между всеми структурами происходит тесное взаимодействие, а не обычная передача сигнала с каскада на каскад. Таким образом, различные структуры объединяются в сложные динамические мозговые паттерны активации, которые на глобальном уровне представляют крупномасштабные отдельные, но в тоже время, тесно взаимодействующие сети. Данное предположение отражает системно-динамический подход в организации психических функций, подразумевающий взаимозаменяемость в определенных пределах одних звеньев функциональной системы другими, а также то, что одно и то же звено может вовлекаться в реализацию нескольких различных функций. В задачах распознавания лиц принимают участие большое количество областей мозга, которые характеризуются

синхронным изменением уровня оксигенации крови во время стимуляции (Raichle et al., 2001). Нейрофизиологические основы понимания организации крупномасштабных нейронных сетей были заложены еще Бабкиным, который в 1904 г. в своей диссертационной работе разработал концепцию о временной связи в нейронных сетях живых организмов (Бабкин, 1904). Было оказано, что установление данной связи происходит по «проторенному пути», который при угасании разрывается. Необходимо отметить, что в данной работе не только были заменены старые термины, например, «психический» на новые – «сложно-нервный», но установлены фундаментальные факты, касающиеся процессов угасания и восстановления пищевого процесса. Исследования Бабкина установили фундаментальные факты, касающиеся процессов угасания и восстановления пищевого процесса.

Необходимо отметить, что выбор областей мозга, между которыми будет установлена временная связь, зависит от инструкции и других экспериментальных условий. Роль инструкции в экспериментальных исследованиях показана неоднократно (Шелепин и др., 2009, 2010). В связи с этим актуальным становится использование методов нейроиконики - науки, позволяющей выделять структуры головного мозга, активированные в результате избирательного воздействия различных тестовых стимулов (Шелепин, 2011).

Рассмотрим вариации нейронных паттернов, которые могут быть активированы в задачах распознавания лиц. Так, в современных исследованиях часто можно встретить такие названия, как сеть «зеркальных нейронов», «сеть наблюдения действий», «ментальная сеть» (сеть сознания), «сеть эмпатии» и др. Роль данных паттернов, которые относятся к расширенной части сети распознавания лиц, связана с тем, что при восприятии значимых эмоциональных стимулов (лицо, движение), человек автоматически моделирует в своем сознании психическое состояние другого. Понимание того, что делают другие, как они себя чувствуют в определенной социальной ситуации, какие эмоции испытывают - все это является необходимым условием для того, чтобы успешно ориентироваться в сложном и постоянно меняющемся мире. Данные представления нашли свое отражение в коммуникативном подходе изучения особенностей восприятия лиц, а именно ОН-концепции. Как было отмечено Барабанщиковым, воспринимая другого, мы не просто считываем начертанный в выражении лица «текст», но и одновременно порождаем его, нагружая системой оценок, отношений и смыслов (Барабанщиков, 2012).

Нейрофизиологической основой данного процесса погружения является работа «зеркальных нейронов» – групп нейронов, которые возбуждаются при выполнении какого-либо действия, а также при наблюдении за движениями другого индивидуума (DiPellegrino et al., 1992; Gallese et al., 1996). Первоначально они были обнаружены в нижней лобной извилине, затем в нижней теменной доле и верхней височной борозде. Впоследствии в данную сеть был

включен регион премоторной коры. Принято считать, что система «зеркальных нейронов» в первую очередь связана с сенсорным невербальным взаимодействием и участвует в построении мимики, позы и жестов в основном при взаимодействии субъектов (Gallese et al., 2004; Iacoboni, 2005a, Keysers, 2004; Rizzolatti et al., 2001; 2004; 2008; Lewis et al., 2006; Niedenthal, 2007). Однако существует другое предположение, что данная функция – лишь верхушка айсберга. В действительности, наблюдаемый многими отклик зеркальных нейронов, является функцией обучения нейронной сети на основе перепроверки правильности принятого решения (Шелепин, 2015). Важно подчеркнуть, что функционирование данной системы также зависит от инструкции и экспериментальных условий. Так, исследования, проводимые на приматах, показали, что разные нейроны активируются в случае, когда макака тянется к еде и подносит ее ко рту, и когда она перемещает еду в сторону (Fogassi, 2005).

Необходимо отметить, что области мозга, активирующиеся в решении задач наблюдения и подражания, можно разделить на две различные сети (Grafton, 2009; Ortigue et al., 2009). Первая сеть - это сеть наблюдения действий (AON – action observation network), которая состоит из трех основных структур (Rizzolatti et al., 2004; 2010): вентральной части премоторной коры (PMV), передней части нижней теменной доли (anterior inferior parietal lobule - aIPL) и дна верхней височной борозды (STS). Недавние исследования выявили ряд дополнительных областей, которые входят в «расширенную» часть AON (Caspers et al., 2010). Эта система считается особенно важной для интеграции сенсорно-моторной информации о действиях другого человека (Rizzolatti et al., 2004), а также для понимания взаимодействия объектов (Grafton, 2009; Iacoboni et al., 2004; Rizzolatti et al., 2008). Чаще всего эта сеть активируется в экспериментальных задачах, связанных с наблюдением и представлением различных моторных действий: стрельбы из лука (Kim et al., 2011), игры в бадминтон и баскетбол (Abreu et al., 2012) и т.д.

Вторая сеть – это сеть сознания (theory of mind, mentalizing system, social network). Она включает в себя медиальную префронтальную кору, височно-теменной стык (TPJ), реже предклинье и заднюю поясную извилину (Черниговская, 2008, 2010; Van Overwalle, 2009; Amodio et al., 2006; Brass et al., 2007; De Lange et al., 2008;). Данные зоны участвуют в социальном познании и взаимодействии, представлении себя и других (Grafton, 2009; Canessa et al., 2012). В литературе паттерн, характерный для сети сознания, определяют, как «сеть по умолчанию» или «сеть базового режима» (Gusnard et al., 2001; Raichle et al., 2001; McKiernan et al., 2003; Fransson et al., 2006). Исследователи установили, что данные области демонстрируют высокий уровень активности во время так называемого «покоя» - периода отдыха испытуемых от активного решения экспериментальной задачи (фаза Baseline).

Принято выделять еще одну крупномасштабную нейронную сеть, которая участвует в распознавании лиц – сеть эмпатии. Главное отличие данной сети от «зеркальных» нейронов состоит в том, что в нее включены области мозга, отвечающие за эмоциональное восприятие лиц. Лимбическая система, ядро сети эмпатии, имеет ряд особенностей: замкнутую структуру и устойчивые нейронные связи, которые обеспечивают длительное поддержание нервного возбуждения в клетках. Согласно опубликованным данным, в данную систему включают порядка 12 анатомических структур, важнейшими из которых для моделирования психического состояния другого субъекта, являются миндалевидное тело, островковая доля конечного мозга, нижняя лобная извилина и дно верхней височной борозды. В то же время, вопрос о роли каждой из них активно обсуждается (Rizzolatti, 2010; Dinstein et al., 2008; Mahon et al., 2008; Hickok, 2009; Turella et al., 2009).

Представление о том, что восприятие эмоций в изображении лиц включает различные стадии обработки информации и взаимодействие разнесенных в пространстве областей мозга, позволяет предположить, что эти процессы могут быть разделены также и во времени. В последние годы проблеме изучения временных характеристик распознавания эмоциональных выражений лиц посвящено множество исследований с помощью ЭЭГ и магнитной энцефалографии (МЭГ). Согласно существующим представлениям, специализированные нейронные системы в нижневисочной области активируются через 150-200 мс после предъявления лиц, что отражается в волне вызванного потенциала N 170 (Bentin et al., 1996; George et al., 1996). Аналогичные данные были получены на пациентах с вживленными электродами в нижнюю латеральную височную область (Allison et al., 1994, 2000; McCarthy et al., 1999). Предполагается, что эти ответы отражают активацию ранних процессов описания, восприятия и категоризации лиц (Bentin et al., 2002; Schweinberger et al., 2002). При этом, важно подчеркнуть, что компоненты P100 и P170 оказались устойчивыми и не менялись в зависимости от типа стимулов (Кануников и др., 2015). Полученный результат подтверждает тот факт, что P100 и P170 компоненты отражают идентификацию лица. В соответствии с этой точкой зрения многие исследования показали, что на волну N 170 не влияет выражение лица (Eimer et al., 2002), но влияет ориентация (Ashley et al., 2004). Аналогичные результаты получены Балкони и Луччиари (Balconi et al., 2003, 2005), которые при сопоставлении испуганных, счастливых, печальных и нейтральных лиц не обнаружили различий в N170 в отношении эмоционального содержания. Однако некоторые данные все же указывают на эмоциональную модуляцию волны N 170. Так, была показана чувствительность волны N 170 к выражению ужаса (Campanella, 2002), отвращения и счастья (Ashley et al., 2004). В итоге, большинство исследователей сходятся в том, что восприятие эмоционального выражения лиц происходит на более поздних этапах. Так, различия в восприятии нейтральных и эмоционально

окрашенных изображений лиц были обнаружены в волне вызванного потенциала P300, регистрируемой в центрально-теменных областях через 300 мс после предъявления стимула (Campanella et al., 2002; Schupp et al., 2004). Причем, некоторые поздние реакции вызванных потенциалов на эмоциональные лица продолжались в течение относительно долгого времени - до 1 с. Такие продолжительные реакции, вероятно, отражают сложные когнитивные процессы, запускаемые эмоциональными стимулами, после процессов первичной сенсорной обработки зрительных стимулов. Однако остается неясным вопрос, являются ли эти эффекты специфичными только к эмоциональному выражению лиц или могут отражать эмоциональное содержание любых других изображений.

Представляет интерес исследования пространственно-временной локализации процесса категоризации объектов, подвергнутых вейвлетной фильтрации. Так, в работе Моисеенко Г.А. (Моисеенко и др., 2014; Moiseenko, 2015) были обнаружены различия в амплитуде при распознавании двух групп изображений, подвергнутых вейвлетной фильтрации. В качестве стимулов выбраны значимые («живые») и не значимые («неживые») объекты. Было сделано предположение, что возможность использовать одни и те же изображения, но в разном пространственно-частотном диапазоне, позволит игнорировать роль отдельных физических свойств изображений и выделить их семантическое значение. В ходе исследования были выявлены отличия по семантическим (компонент P200 в лобных, затылочных и центральных отведениях), а также физическим (на ранних компонентах – 100 мс – во всех областях мозга) характеристикам стимулов. Латентный период ранних волн вызванных потенциалов (до 300 мс) был меньше при предъявлении стимулов, отфильтрованных по низкой пространственной частоте, по сравнению с предъявлением стимулов, отфильтрованных на высокой пространственной частоте в пределах от 8 до 16 мс. Эта разница в значениях изменялась в направлении от затылочных к лобным областям головного мозга человека. При сравнении корреляционных связей между экспериментами с 2-мя различными инструкциями было показано, что семантическое содержание изображений влияло только на корреляционные связи латентных периодов вызванных потенциалов в нижневисочном отведении левого полушария (отведение T5, компонент N170), в центральном отведении Cz (компонент N100). Пространственно-частотные характеристики изображений влияли на изменение корреляционных связей латентных периодов вызванных потенциалов в височном отведении T5 (компонент N170), в затылочном отведении Oz (компонент N170), в центральном отведении Cz и в лобном отведении Fz (компонент N100). Таким образом, было показано, что в каждом эксперименте на латентные периоды ранних компонентов (до 170 мс) вызванных потенциалов больше влияют пространственно-частотные характеристики изображений, а латентные периоды поздних компонентов (450-500 мс) зависят от инструкции наблюдателю. Это говорит о том, что

в зависимости от поставленной перед наблюдателем задачи происходит согласованное перераспределение нейронных сетей в различных областях мозга.

1.2 Проблема неопределенности в задачах распознавания лиц

В данном разделе рассмотрим роль неопределенности в задачах распознавании лиц. Под неопределенностью мы будем понимать такие условия, когда вероятности различных вариантов развития событий неизвестны. Исследование влияния неопределенности сигнала на принятие решений началось достаточно давно. Наибольший интерес представляет работа известного швейцарского математика и механика Даниила Бернулли «Specimen theoriae novae de mensura sortis», опубликованной в «Комментариях Санкт-Петербургской Академии» (Бернулли, 1993; Bernoulli, 1954). В данной работе автор на примере «Санкт-Петербургского парадокса» наглядным образом продемонстрировал расхождение математического ожидания выигрыша с его «здравой» оценкой людьми. Так, он пишет: «...оценка измеряется не ценой вещи, а выгодой, которую каждый из нее извлекает» (Bernoulli, 1954). Другими словами, присутствует целый ряд факторов, которые играют важную роль при принятии решения в условиях неопределенности. Особый интерес представляет принятие решения в условиях конкретной неопределенности, связанной со структурой предъявляемого изображения.

Примером неопределенности в структуре изображения лица может выступать слабое мимическое выражение. Нейтральное лицо, как было показано ранее, является эмоциональным стимулом. Эмоциональный фон стимулу придают его собственные конфигуративные признаки – расположение глаз, ушей, носа, подбородка и т.д. (Brunswik, 1956). Меняя положение рта, можно оказать существенное влияние на оценку испытуемых. Например, чем выше расположен рот у натурщика, тем более радостнее кажется лицо. Важно подчеркнуть, что данные исследования в основном проводились на схематичных изображениях, по сути – смайликах. Более интересными представляются исследования с изображениями реальных людей. Так, в исследовании Барабанщикова и Хозе было показано, что высота расположения рта усиливает вероятность восприятия радости от лица натурщика (Барабанщикова др., 2012).

Необходимо отметить, что в структуре нейтрального лица отражаются мимические проявления других эмоций. Так, например, используя любое программное обеспечение по распознаванию лица с нейтральной мимикой можно получить следующие данные (рисунок 3).



Рисунок 3 – Результат распознавания нейтрального лица с помощью программы Emotion API (Microsoft, США)

Справа представлен текстовый файл с указанием вероятности принадлежности к одной из восьми эмоций. Видно, что, хотя программа правильно распознает, что в мимике в основном представлена нейтральная экспрессия, в тоже время, указаны вероятности представленности и других эмоций. Абсолютного нуля нет.

На физическом уровне примером неопределенности может быть помеха различной степени интенсивности. Начиная с 50-х годов 20 века при исследованиях зрительной системы человека стали интенсивно применяться методы теории статистических решений (Красильников, 1958; Байдаков и др., 1970; Svets et al., 1961; Barnard, 1971). В результате была разработана группа функциональных моделей зрения, известных как «модели согласованной фильтрации» (Красильников и др., 1999; Burgess, 1985; Rovamo et al., 1994). Эти модели позволили получить аналитическим путем ряд известных ранее законов психофизики зрения (Красильников, 1997), а также производить оценку вероятностей правильного обнаружения и опознания объектов на статических зашумленных изображениях при неограниченном времени наблюдения (Красильников, 1986). Согласно опубликованным данным модель включает в себя несколько блоков: внешнюю помеху, внутренний шум, блок принятия решения (Красильников, 1986; Красильников и др., 1996, 1997; Krasilnikov, 1997, 1999). В процессе принятия решения возможны ошибки, но они, как правило, имеют экологически обусловленный смысл. Так, например, в работе Шелепина приведен пример подобной ошибки (Шелепин и др., 2014). Показаны изображения двух кадров, заполненных одной и той же реализацией белого шума. Изображения лиц в обоих кадрах отсутствует. Испытуемые, получив инструкцию определить, есть ли в первом кадре изображение лица, с затруднением, но находят это изображение в том или ином участке кадра. На втором изображении была подготовлена подсказка – обведен

участок изображения, на котором, теоретически, находилось изображение лица. Важно подчеркнуть, что выбор места был определен случайно. В то же время, большинство испытуемых именно в отмеченном месте видели изображение лица.

В другом исследовании были показаны закономерности распознавания лица в условиях максимальной степени неопределенности сигнала (Жукова и др., 2015). Цель исследования - влияния пространственных частот стимулов на принятие решения о наличии иллюзорного объекта в условиях неопределенности. В качестве иллюзорного объекта было выбрано лицо человека. Испытуемым была дана инструкция, согласно которой необходимо было определить, присутствует ли тестовый объект (лицо) в шуме или отсутствует. Важно подчеркнуть, что шумы не содержали изображения лиц. Это были «пустые» стимулы (рисунок 4).

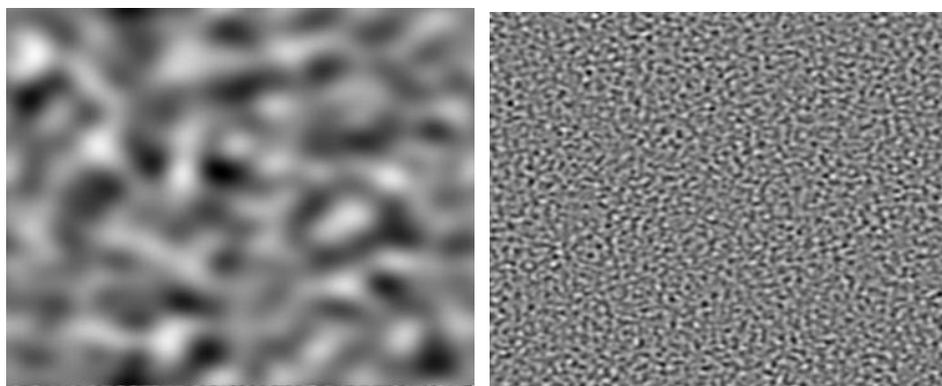


Рисунок 4 – Примеры помех, отфильтрованных в области высоких и низких пространственных частот

Показано, что фильтрация шума в области высоких и низких пространственных частот по-разному влияет на вероятность распознавание «иллюзорного» объекта. Так, при высокочастотном шуме был активирован парвоцеллюлярный путь, передающий высококонтрастную информацию. Благодаря данному каналу осуществляется локальный анализ изображения, который определяет возможность распознавания объекта. В данных условиях более 70% испытуемых уверенно указали на отсутствие изображения лица в стимулах. А вероятность наличия изображения лица, соответственно, составила не более 30%. Размытая структура низкочастотного шума, предъявляемая в нашем исследовании, вероятно, активировала магноцеллюлярный путь передачи зрительной информации, что увеличило вероятность нахождения тестового объекта в стимуле примерно до 50%. Благодаря данному каналу, осуществляется глобальный анализ изображения, который предполагает меньшую точность, но более высокую скорость распознавания.

Необходимо подчеркнуть, что в процессе онтогенеза зрительная система развивается так, чтобы оптимизировать сигнал/шум. Внешняя помеха присутствует всегда, даже если

тестовое изображение предъявляется на однородном фоне без специальных добавочных мешающих восприятию фрагментов изображения. Нельзя точно задать число фотонов в проецируемом на сетчатку пространственно-временном континууме стимула, возможно, определить лишь некоторое среднее значение этого распределения. Фотонный шум, присутствующий в изображении на сетчатке, является по своей природе внешней помехой. Его величина меняется в зависимости от яркости стимула и фона, как корень квадратный от числа поглощенных фотонов. У новорожденных же даже фотопические рецептивные поля велики - им надо компенсировать плохую способность рецепторов к поглощению фотонов. Квантовые флуктуации могут не только влиять на порог зрительного восприятия, но и определять остроту зрения при высоких яркостях (Луизов, 1983).

Дополнительно следует рассмотреть влияние внутреннего шума на распознавание и принятие решения о стимулах. Рассмотрим один из наиболее изученных источников внутреннего шума - шум рецепторов. Особенность этого типа шума в том, что его можно увидеть в повседневной жизни. Так, если человек находится в полной темноте, темное поле зрения ему будет казаться наполненным видимыми вспыхивающими точками разной яркости. В основе этих кажущихся человеку вспышек не воздействие света на сетчатку глаза и не его последствие. Эффект сохраняется даже после многодневной темнотой адаптации. Природа данного явления в самопроизвольном разложении зрительного пигмента в рецепторах.

В результате хорошо изученной цепи биохимических процессов, во внешнем сегменте фоторецептора поглощенный квант света вызывает электрический отклик, являющийся началом зрительного ответа на внешний раздражитель. Ощущение света возникает при любом виде раздражения первичной зрительной системы. Примером подобного шума могут являться фосфены – зрительное ощущение, возникающее без воздействия света.

Помимо самопроизвольного распада зрительных пигментов внутренний шум может возникать в результате взаимодействия между клетками зрительной системы, это так называемый синаптический шум. Его возникновение обусловлено тем, что потенциал покоя клетки в действительности постоянно меняется, так как зависит от случайного выброса медиатора в синаптических щелях, и от других факторов, меняющих случайным образом проницаемость синаптической мембраны исследуемой клетки и самопроизвольным разрядам клеток. Измерения внутреннего шума осуществляют косвенно как эквивалентного. Эти явления можно не только измерить, но и промоделировать (Красильников и др., 1996). Выше было показано, что средние пространственные частоты являются оптимальными для восприятия объектов. Величина внутреннего шума также зависит от полосы пространственных частот. Так, именно в области средних частот находится минимум величины внутреннего шума.

Особый интерес в условиях неопределенности, вызванной различными факторами, представляет динамика взора наблюдателя, так или иначе проявляющаяся в параметрах движений глаз. Ранее при исследовании особенностей распознавания фрагментированных изображений было показано, что взор остается в предполагаемом центре фигуры, а не мечется вслед за случайно появляющимися фрагментами контура (Шелепин, 2014). Это результат показывает наиболее экономное положение глаза при наблюдении сцены в условиях неопределенности. А расчет центра тяжести фигуры и расположение там фовеолы обеспечивает стандартизацию условий наблюдения. Аналогичные результаты были получены при изучении работы глазодвигательной системы в условиях неопределенности при просмотре статичных и динамичных изображений (Shelepin et al., 1989).

Принцип минимизации усилий является крайне важным в задачах распознавания лиц в условиях неопределенности. Остановимся на нем подробнее. Принцип наименьшего действия обычно в работах ученых 18 века был направлен на изучение физических процессов. Однако уже и Ньютон и Ломоносов занимались исследованием определения минимума участков видимого спектра для описания всей цветовой палитры из этих ограниченных по числу элементов. Оказалось, что минимум равен трем, и эта гениальная догадка, представленная в механической модели М.В. Ломоносова (ядра, пули, дробь) в дальнейшем определила все технические способы синтеза цвета: от пленочной цветной фотографии и аналогового телевидения до цифровых дисплеев. Эта догадка получила полное подтверждение в нейрофизиологических исследованиях спектральных характеристик колбочек человека. Потом, уже в 20 веке появляется закон Ципфа, который получил свое название по фамилии первооткрывателя. Данный закон был разработан для применения в области лингвистики и гласил, что частота употребления слов обратно пропорциональна его порядковому номеру в тексте. Особый интерес представляет закон Парето, который заключается в том, что только меньшая часть усилий в различных областях (20%) дает желаемые результаты. Все остальные усилия (80%) тщетны.

Необходимо отметить роль временных параметров предъявления стимулов, которые также оказывают непосредственное влияние на уровень неопределенности при распознавании лиц. Ранее было показано, что при уменьшении длительности предъявления лица точность идентификации снижается. Согласно опубликованным данным, достаточно всего несколько десятков мс для формирования представления о лице. Причем в дальнейшем, при увеличении длительности предъявления до нескольких десятков секунд, сформированное представление уже не меняется. Видимо, поэтому говорят, что так важно первое впечатление о человеке. Более того, как отмечает Барабанщиков, большинство характеристик личности в условиях

длительности до 100 мс дается более точно, чем при более длительной экспозиции (Барабанщиков и др., 2008).

Таким образом, в данной главе были рассмотрены основные факторы неопределенности, влияющие на перестройку крупномасштабной нейронной сети при распознавании лиц. Во-первых, подробно рассмотрена роль первичного каскада обработки информации в задачах распознавания лиц. Приведены данные по измерению минимального количества пикселей, необходимых для узнавания объектов различной степени сложности. Показано, что типичное расстояние для успешного распознавания лица составляет 35 метров. Описан пространственно-частотный подход к объяснению работы зрительной системы. Подчеркнуто, что низкочастотное описание оказывает более выраженное эмоциональное воздействие на наблюдателя, и зачастую это воздействие даже не осознается. Подробно показана роль ориентационной составляющей в распознавании лиц. Раскрыто понятие «штрих-код» лица.

Во-вторых, рассмотрены нейрофизиологические механизмы высших каскадов обработки информации, на которых, осуществляется сравнение изображений с «динамическими шаблонами» и принятие решений. Подробно рассмотрены основные области мозга, которые могут включаться в задачу распознавания лиц: фузиформная извилина, дно верхней височной борозды и нижняя затылочная извилина. Показано, что различные структуры объединяются в сложные динамические мозговые паттерны активации, которые на глобальном уровне представляют крупномасштабные, отдельные, но в тоже время, тесно взаимодействующие сети («зеркальных нейронов», «эмпатии»). Раскрыты нейрофизиологические основы организации крупномасштабных нейронных сетей.

В-третьих, рассмотрена роль основных факторов, которые могут вызвать неопределенность при распознавании лица. Показано, что на семантическом уровне примером неопределенности может выступать слабая мимика, а на физическом – помеха различной степени интенсивности. Отмечена роль нейтрального лица. Подробно рассмотрена модель согласованной фильтрации. Показано, что в процессе принятия решения возможны ошибки, но они, как правило, имеют экологически обусловленный смысл.

Глава 2 МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Психодиагностический метод

Цель данной серии исследования - психологическими методами оценить роль тревоги как ситуативной переменной при оценке лиц в условиях высокой степени неопределенности сигнала. Ранее было показано, что одним из наиболее существенных факторов, влияющих на работу испытуемых, является невротоподобные расстройства, среди симптомов, которых более чем в 50% случаев, выделяются тревожные, астенические состояния, нарушения активного внимания, умственной работоспособности и психической активности в целом (Бизюк и др., 2005). Особый интерес представляет проявление тревоги в пороговых условиях наблюдения.

Испытуемые. В исследовании приняли участие 29 добровольцев с остротой зрения не менее 1, праворуких, без неврологических патологий. Данные по испытуемым приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика добровольцев по полу и возрасту

Характеристика	Группа добровольцев
Мужской пол, %	44,8
Женский пол, %	55,2
Средний возраст, годы	25,4±1,7

Методика оценки тревоги-тревожности. В качестве основного психодиагностического метода выбрана стандартизованная (тестовая) многошкальная методика «Интегративный тест тревожности» (далее по тексту ИТТ), разработанный в лаборатории клинической психологии Психоневрологического института им. В.М. Бехтерева (Бизюк и др., 1991). Особенность данного метода заключается в том, что он направлен на выявление уровня тревоги как ситуативной переменной и тревожности как личностно-типологической характеристики. Как отмечает А.П. Бизюк, использование данной методики позволило перейти за рамки традиционной для психофизики схемы, контроля физических характеристик стимуляции, к анализу поведенческих мер эффективности обнаружения сигнала (Бизюк и др., 2005).

В состав ИТТ входит шесть дополнительных шкал: эмоциональный дискомфорт (далее по тексту - ЭД), астенический (далее по тексту - АСТ) и фобический (далее по тексту - ФОБ) компоненты, тревожная оценка перспектив (далее по тексту - ОП) и социальная защита (далее по тексту - СЗ). Оценка показателей по дополнительным компонентам дают возможность рассматривать тревогу и тревожность как сложные и неоднозначные понятия (таблица 2)

Таблица 2 – Описание дополнительных шкал ИТТ согласно (Бизюк и др., 2005)

Наименование	Сокращенное название	Описание
эмоциональный дискомфорт	ЭД	Наибольшие факторные нагрузки в этой шкале легли на вопросы, смысл которых напрямую или косвенно связан с наличием эмоциональных расстройств, сниженным эмоциональным фоном или неудовлетворенностью жизненной ситуацией, эмоциональной напряженностью, элементами ажитации.
астенический компонент тревожности	АСТ	Факторные нагрузки по шкале и опыт общения с лицами, имеющими по ней повышенные показатели, свидетельствуют о преобладании в структуре тревожности усталости, расстройств сна, вялости и пассивности, быстрой утомляемости.
фобический компонент	ФОБ	В картине эмоционального фона испытуемых с пиком по данной шкале преобладают ощущения непонятной угрозы, неуверенности в себе, собственной бесполезности. Такие лица не всегда могут сформулировать источник своих тревог и в беседе апеллируют главным образом к феноменологии “хронических” страхов, периодически возрастающих в зависимости от внутреннего состояния или обострения внешней ситуации.
тревожная оценка перспективы	ОП	Факторные нагрузки по шкале показывают проекцию страхов не на текущее положение дел, а в перспективу, свидетельствуют об общей озабоченности будущим на фоне повышенной эмоциональной чувствительности.
социальные	СЗ	Факторные нагрузки связаны с проявлением тревожности в сфере социальных контактов или с

Наименование	Сокращенное название	Описание
реакции защиты		попытками испытуемого рассматривать социальную среду как основной источник тревожных напряжений и неуверенности в себе.

Оборудование и процедура. Классическое материально-техническое обеспечение методики состоит из регистрационного бланка шкалы самооценки тревоги ситуативной – СТ-С с краткой инструкцией, регистрационного бланка шкалы самооценки тревоги личностной – СТ-Л с краткой инструкцией, таблицы №1 для перевода показателей общей тревоги (тревожности) в станайны, таблиц №2 и №3 для перевода в станайны показателей дополнительных шкал для взрослых, юношей и девушек.

Методика предполагала последовательное заполнение двух анкет. Первая ориентировала его на оценку себя на текущий момент, а вторая - на оценку своего состояния на протяжении длительного времени. Соответственно, в первом случае, варианты ответов отражали степень выраженности признака: «совсем нет», «слабо выражено», «выражено», «очень выражено», а во втором - отражали частоту встречаемости признака: «почти никогда», «редко», «часто», «почти все время».

Статистическая обработка данных. В диссертационной работе применили автоматизированный вариант теста, который много лет используется в «Петербургском онкологическом центре» (Санкт-Петербург, пос. Песочный, ул. Ленинградская, д. 4) для оценки показателей социально-психологического стресса онкологических больных. Необходимо отметить, что оценка по шкале общей тревоги ниже 4 станайнов соответствует низкому уровню тревожности, равная 4,5 или 6 станайнам соответствует нормальному уровню, а оценка от 7 станайнов и выше свидетельствует о высоком уровне тревожности, о наличии дезадаптации и дисгармонии со средой в целом (Бизюк и др., 1997).

2.2 Психофизический метод

Целью данной серии исследования являлось изучение влияния фактора неопределенности сигнала на восприятие визуальной информации испытуемыми, а также эффективность их работы. Более узкая задача состояла в том, чтобы психофизическими методами выявить пороги распознавания мимических выражений и поворота головы в зависимости от градации выраженности признака, уровня аддитивной помехи и количества

измененных пикселей изображения. Как было показано в главе 1 данной работы примером подобного рода неопределенности может служить семантика самого изображения, например, слабые мимические деформации. Так, в оценках нейтрального лица обнаруживается присутствие и эмоций радости, и горя, и отвращения, и удивления, зависящее от морфотипа (особенностей конфигурации) лица натурщика (Барабанщиков и др., 2014). Также классическим примером неопределенности может служить помеха различной степени интенсивности.

Испытуемые. В исследовании приняли участие 29 добровольцев (13 мужчин и 16 женщин) с остротой зрения не менее 1, праворуких, без неврологических патологий. Участие в тесте принимала та же группа добровольцев, которая проходила психологическое исследование (ИГТ).

Методика непрерывного 3D морфинга. В рамках данного исследования все манипуляции с изображением выполнены на базе программного обеспечения (далее по тексту ПО) - FaceGen (Singular Inversions, Canada). Валидность реализованных программных алгоритмов морфинга была неоднократно доказана в многочисленных психологических исследованиях (Oosterhof et al., 2008; Todorov et al., 2008; Potter et al., 2008; Freeman; Roesch et al., 2010). Данная программа зарекомендовала себя как надежный инструмент 3D морфинга с большим набором инструментов для моделирования различных мимических выражений лица. 3D морфинг - технологии компьютерной анимации, создающий впечатление плавной трансформации одного объекта в другой. Сам термин происходит от слова *metamorphosing* - проведение преобразования, в котором один образ постепенно преобразуется в другой.

Необходимо отметить, что образы - 3D модели головы - представлены с помощью полигональной сетки и натянутой текстуры. Размещая в программе два образа, например, с минимальной и максимальной степенями выраженности эмоции, можно синтезировать их промежуточные варианты. Таким образом, осуществляется непрерывной морфинг лица. Важно подчеркнуть, что для осуществления преобразований, нет необходимости работать непосредственно с полигональной сеткой. В программе реализован специальный программный интерфейс для графических устройств OpenGL 1.1. Он включает в себя более 150 команд, с помощью которых пользователь может определять различные объекты и производить рендеринг. Другими словами, графический ускоритель позволяет определять объекты, их возраст, пол, расовую принадлежность, задавать их местоположение в трехмерном пространстве, осуществлять повороты, наклоны, накладывать цвет, текстуру посредством движения специальных указателей. Таким образом, можно считать, что данное программное обеспечение является одним из наиболее перспективным в классе средств создания и обработки трехмерной графики. В тоже время, следует отметить, что модели оптоклонов еще далеки от изображений реальных людей. В моделях отсутствует корректное анатомическое описание

висцерального черепа, прилегающих его мышечных и кожных покровов. Однако, не смотря на этот недостаток программы, во многих исследованиях отмечается валидность применения методов морфинга лица, реализованных в FaceGen. Например, в исследовании Roesch (Roesch et al., 2010) приводятся данные о корреляции шкалы экспрессии, сгенерированной в FaceGen, с так называемыми единицами действия (action units), которые являются неотъемлемой частью методики FACS – «системы кодирования активности лицевых мышц», разработанной в 70-е гг. (рисунок 5).

FG: Anger		.971	AU 9 + 16 + 25
FG: Anger + AU 25	Anger	.968	AU 9 + 25 + 26 (+ 16)
FG: Disgust		.988	AU 9 + 25 (+ 4 + 10)
FG: Fear		.978	AU 1 + 25 + 26 (+ 4 + 7 + 10)
FG: Sadness		.986	AU 4 + 7 (+ 24)
FG: Surprise		.985	AU 1 + 2 + 5 + 25
FG: Fear + AU 1 + 2 + 5 + 25 + 26	Fear	.994	AU 1 + 2 + 5 + 25 + 26
FG: Hap + AU 1 + 2 + 6 + 12 + 25	Happiness	.992	AU 1 + 2 + 6 + 12 + 25

Рисунок 5 – Результат связи морфинга экспрессий, реализованных в FaceGen (на рисунке отмечено FG), с единицами действия AU по методике FACS (Roesch et al., 2010)

Анализ выполнен специалистами по распознаванию (кодировщиками FACS) на примере 180 сгенерированных лиц в FaceGen. Результаты показали, что у мимики радости и грусти (по шкале FaceFen) обнаружена корреляция с такими «единицами действия» (AU) (по методу FACS), как медиальная и латеральная часть лобной мышцы (AU1, AU2), мышцей, опускающей бровь (AU4), круговой мышцей глаза (глазничная и вековая часть) (AU6, AU7), большой скуловой мышцей (AU12), круговой мышцей рта (AU24) и мышцей, опускающей нижнюю губу (AU25), то есть основными группами мышц, отвечающих за генерацию мимики радости и грусти. Подобные деформации не могут передать все разнообразие мимических экспрессий, но являются контролируемыми параметрами, подходящими для цели данного исследования.

Стимулы. Для решения поставленной задачи методами нейроиконики были синтезированы изображения с аддитивной некоррелированной помехой различной степени интенсивности. В качестве зрительных стимулов синтезировали черно-белые изображения одного лица виртуального человека - оптоклона. Для анализа «эмоциональной» и «когнитивной» составляющих процесса распознавания лиц, синтезировали два оппонентных вида эмоции (радость и грусть) и два типа поворота (направо и налево). Методика синтеза стимулов включала несколько этапов.

На первом этапе были сформированы основные признаки лица: раса, пол и возраст (рисунок 6). Согласно методике, оптоклон был усреднен по полу (во вкладке «gender» указатель

пола выставлен на среднее значение между мужчиной и женщиной) и расе (во вкладке «race morphing») указатель стоит на позиции - «all races»). Возраст указан 30 лет.

На втором этапе генерировали два вида эмоции (радость - грусть) и два типа поворота (поворот направо и поворот налево). На рисунке 7 представлено изменение мимики лица на примере эмоции радости (пункт 5 - «SmileClosed»).

Общую шкалу эмоции от «0» до «1» разбивали на 10 градаций: 0 – «отсутствие» признака (лицо нейтральное) – 0,1 – 0,5 – 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 7 – 10. Таким образом, получали набор стимулов выраженности эмоции радости и грусти низкой степени интенсивности, так как большинство градаций смещено в область минимальных значений.

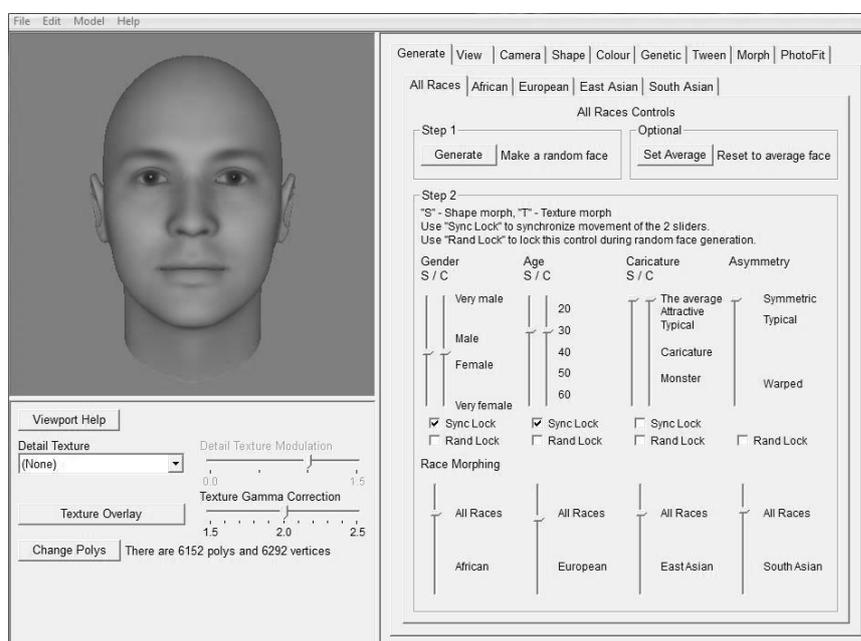


Рисунок 6 - Основные признаки оптоклона лица

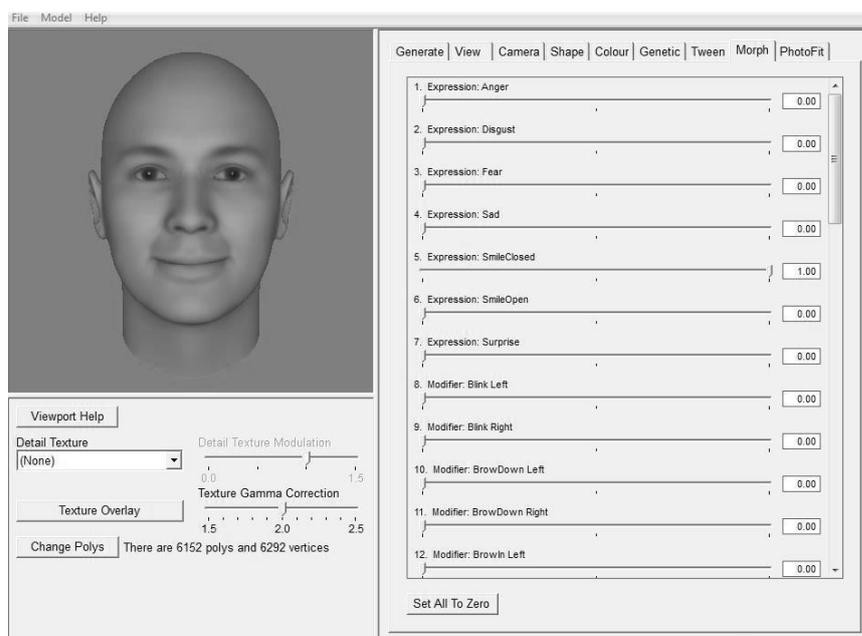


Рисунок 7 - Генерация мимики оптоклона на примере прямо смотрящего человека (максимальная степень выраженности эмоции радости)

На рисунке 8 представлено изменение степени поворота головы оптоклона. Шкалу поворота («Yaw Angle») также, как и для эмоции, разбивали на 10 градаций, где минимум это 0 - отсутствие поворота, а максимум - 10 градусов смещения. Остальные степени выраженности признака были такими же, как в шкале выраженности признака эмоции. Выбор максимального значения выраженности признака поворота осуществляли методом экспертных оценок на основе предварительно проведенного пилотного исследования. Примеры поворота и эмоции представлены на рисунках 9-10.

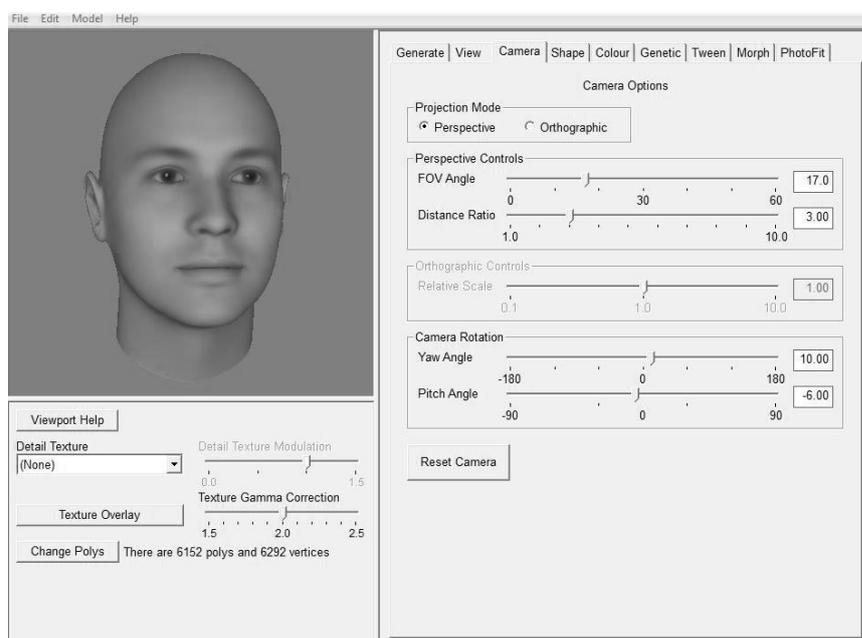


Рисунок 8 - Генерация поворота оптоклона на примере нейтрального лица с поворотом налево

0 0,1 0,5 1 2 3 4 5 7 10

морфинг эмоции грусти на примере прямо ориентированного лица



морфинг эмоции радости на примере прямо ориентированного лица



Рисунок 9 - Степень выраженности эмоции радости и грусти на примере прямо ориентированного лица

0 0,1 0,5 1 2 3 4 5 7 10

морфинг поворота налево на примере нейтрального лица



морфинг поворота направо на примере нейтрального лица

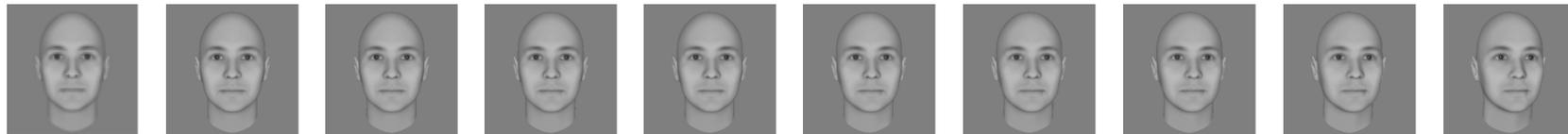


Рисунок 10 - Степень выраженности поворота направо и налево на примере нейтрального лица

Использовали три варианта предъявления изображения с аддитивной некоррелированной помехой с амплитудой 30%, 50% и 70% от средней яркости изображений. Примеры предъявления стимулов с разным уровнем помехи представлены на рисунке 11.

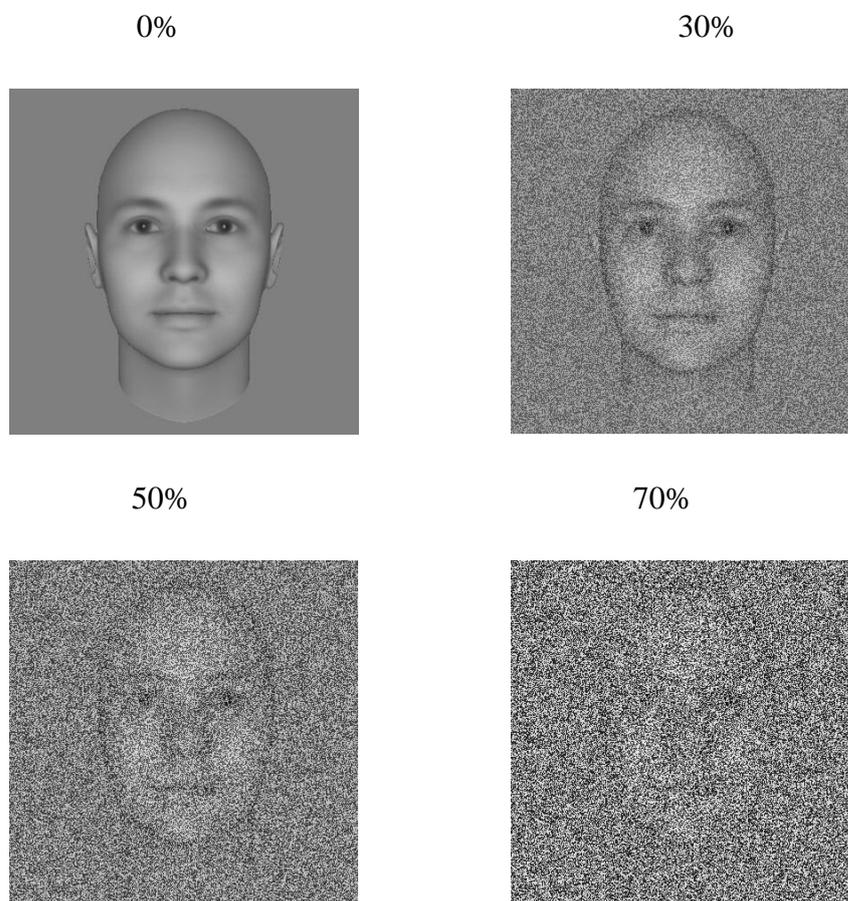


Рисунок 11 - Уровни аддитивной некоррелированной помехи на примере предъявления нейтрального прямо смотрящего лица

Для каждой градации виртуального оптоклона был рассчитан процент изменённых пикселей по параметру RGB. Размер пикселя сгенерированного изображения составил 0,27 мм. На рисунках 12-13 приведён пример изменения количества пикселей по каждой градации в сравнении с нейтральным прямо смотрящим лицом (градация «0»). Видно, что количество изменённых пикселей больше при изменении поворота, так как с увеличением каждой градации все большему изменению подлежит индифферентная часть лица: лоб, нос, положение глаз. В ситуации поворота лица на максимальную выбранную нами степень в 10° по шкале FaceGen процент изменённых пикселей достигает 60%. В случае с изменением выраженности мимических экспрессий мы наблюдаем отличную картину. Общие конфигуративные признаки лица не меняются, оптоклон всегда смотрит прямо,

изменения происходят только в мимических лицевых мышцах. Так, в ситуации выраженности максимальной степени мимических экспрессий процент изменённых пикселей по шкале FaceGen не превышает 40%.

Поворот налево
градация выраженности признака - 7



Мимика радости
градация выраженности признака - 7



Поворот направо
градация выраженности признака - 7



Мимика грусти
градация выраженности признака - 7



Рисунок 12 - Количество изменённых пикселей тестовых изображений в максимальной степени выраженности признаков в сравнении с нейтральным прямо смотрящим лицом. Прокрашены только измененные пиксели.

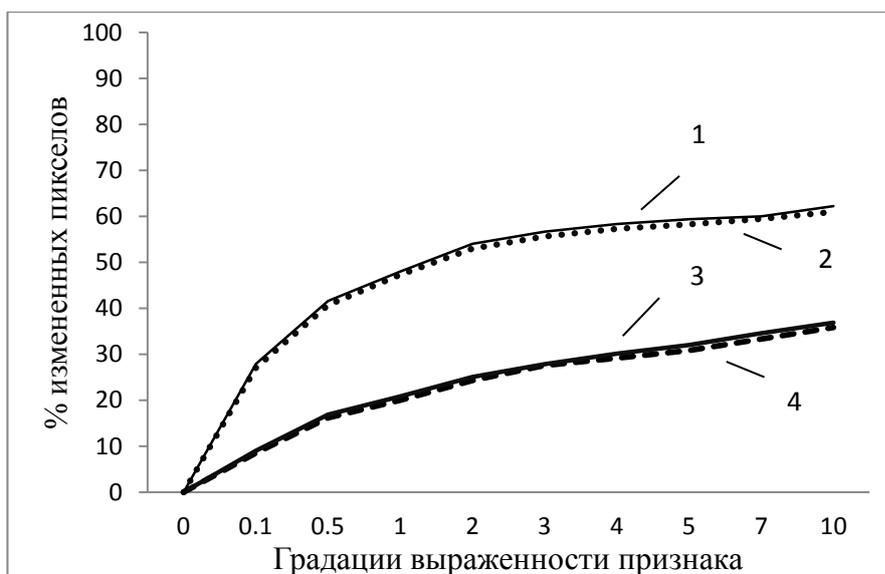


Рисунок 13 - Процент изменённых пикселей изображения оптоклона по всем градациям в сравнении с градацией «0» (нейтральным прямо смотрящим лицом): 1 – в условиях поворота направо; 2 – в условиях поворота налево; 3 – в условиях мимики радости; 4 – в условиях мимики грусти. В ситуации изменения поворота лицо было нейтральным, а в ситуации изменения выраженности эмоций – прямо ориентированным.

Изменения считали в среде Matlab

Оборудование и процедура. Стимульные изображения предъявлялись на экране ноутбука (Sony Vaio VPC-F13S1R/B, тактовая частота 2667 МГц), в условиях отсутствия освещенности, окно было закрыто светонепроницаемыми шторами, свет выключен. Испытуемые располагались на расстоянии 2,75 м. от экрана и смотрели на изображение бинокулярно. Угловые размеры изображений с учетом расположения добровольца составляли 2,5°. Компьютерную мышь человек держал в правой руке. Длительность предъявления стимулов составлял 500 мс. Межстимульный интервал – 500 мс (рисунок 14). Выбор частоты предъявления стимулов обусловлен попыткой создания более естественных условий работы операторов, осуществляющих постоянный мониторинг потока людей на стратегических объектах наблюдения с помощью систем визуального контроля. Выбор регистрировали по нажатию испытуемым левой или правой клавиши мыши.

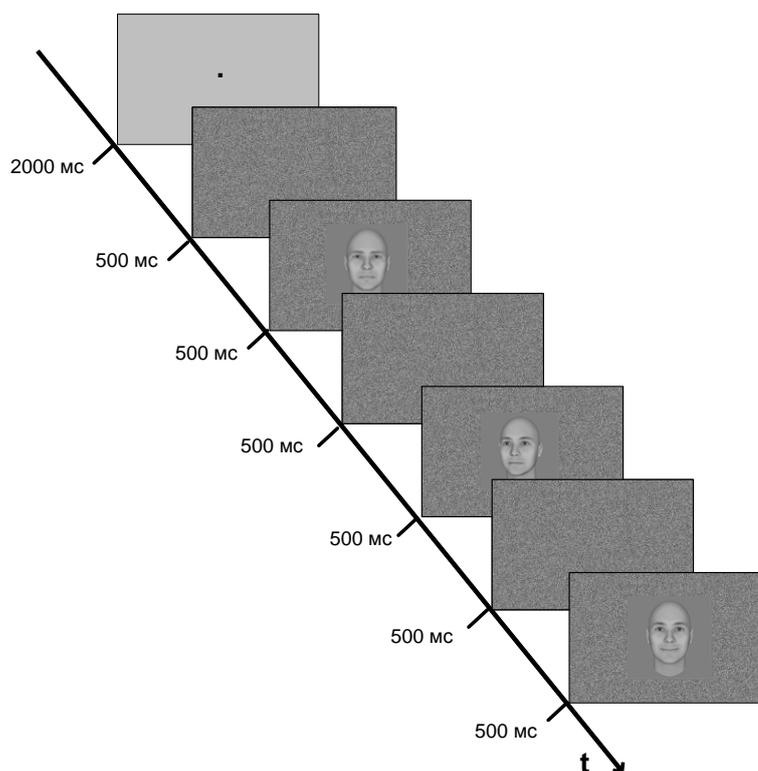


Рисунок 14 - Временные параметры разработанной стимуляции

Инструкция. Исследование включало две экспериментальные серии, отличающиеся друг от друга только инструкцией. Испытуемый фиксировал взор в центре экрана и был проинструктирован, в задаче определения поворота головы, нажимать левую клавишу мыши в случае его решения о доминировании левого поворота и правую – в случае его решения о доминировании правого поворота оптоклона. В задаче определения эмоции необходимо было нажимать на правую клавишу мыши в случае решения о доминировании эмоции радости и левую – при доминировании эмоции грусти. Использовали случайный характер предъявления стимулов. Половина группы начинала с эмоции, половина - с поворота. Между выполнениями разных инструкций был организован перерыв в 10 минут. Важно подчеркнуть, что использовали один и тот же набор стимулов в условиях выполнения разных инструкций.

Статистическая обработка данных. Обработка проводилась на базе пакета SPSS Statistics 20. Анализировалось влияние изучаемых факторов на точность и скорость распознавания градаций выраженности признаков эмоций и поворота головы. Верными ответами считали совпадение выбранной в каждой пробе категории эмоции и поворота с теми признаками, которые отображали оптоклоны. В случае предъявление нейтральных прямо ориентированных оптоклонов считывали количество нажатий на правую и левую клавиши мыши. Необходимо отметить, что испытуемые работали в напряженных условиях: 500 мс не всегда хватало для моторного ответа, особенно в условиях

распознавания минимальных градаций выраженности признака. Поэтому, при подсчете правильных ответов за 100% были взяты только те ответы, на которые испытуемый успевал дать ответ на стимул (нажать на клавишу мыши).

2.3 Метод функциональной магнитно-резонансной томографии

Проведено несколько серий фМРТ-исследований. Общая схема с указанием основных параметров стимуляции указана в таблице 3.

Таблица 3 – Общая схема проведения фМРТ-исследований

Характеристика	Первое	Второе	Третье	
Гипотеза	Оценка активности мозга в зависимости от градаций выраженности признака и инструкции	Оценка активности мозга в зависимости от инструкции	Исследование эффекта привыкания к структуре изображения	
Фазы	8	4	2 + 2	2+ 2
Градации выраженности признака	8 для эмоции: 0-2-4-7 для поворота: 0-2-4-7	2 для эмоции: 0-10 для поворота 0-10	2 для эмоции: 0-10 для поворота 0-10	2 для эмоции: 0-10 для поворота 0-10
Инструкция	2 распознавание эмоции распознавание поворота	2 распознавание эмоции распознавание поворота	2 распознавание эмоции распознавание поворота	2 распознавание эмоции распознавание поворота
Стимулы	лицо одного оптоклона	лица 36 оптоклонов	лица 36 оптоклонов	лицо одного оптоклона
Сканы	3 сек	3 сек	3.7 сек	3.7 сек
Длительность предъявления стимула	1 сек	1 сек	0,5 сек	0,5 сек

2.3.1 Первая серия фМРТ-исследования

Целью данной серии исследования являлось определение структуры и функциональных особенностей крупномасштабной нейронной сети, обеспечивающей распознавания лиц, в зависимости от градаций выраженности признаков, процента правильных ответов и количества измененных пикселей в тестовых изображениях.

Испытуемые. В эксперименте приняли участие 14 испытуемых с остротой зрения не менее 1, праворуких, без неврологических патологий. Исключающим критерием являлось наличие патологических анатомических особенностей головного мозга, черепно-мозговые травмы и заболевания нервной системы. Все испытуемые дали согласие на участие в эксперименте. Данные по испытуемым представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Характеристика добровольцев по полу и возрасту

Характеристика	Группа добровольцев
Мужской пол, %	71,4
Женский пол, %	28,6
Средний возраст, годы	23,9±2,1

Методика измерения BOLD-сигнала фМРТ. Основная задача МРТ – получить контрастное изображение, в котором одно вещество можно отличить от другого. В случае фМРТ применяют особую методику нейровизуализации, использующую оксигемоглобин и дезоксигемоглобин в кровеносных сосудах как эндогенный контрастный агент – метод BOLD (blood oxygenation leveldependent contrast). Методика BOLD основана на следующем принципе: повышение нейрональной активности вызывает местное увеличение потребления кислорода. Это ведет к увеличению уровня парамагнетика дезоксигемоглобина, который снижает уровень сигнала фМРТ. Но через несколько секунд нейрональная активность вызывает также увеличение церебрального кровотока и объема крови, что ведет к увеличению притока артериальной крови и, следовательно, к увеличению оксигемоглобина. По неизвестным пока причинам количество оксигенированной крови, которая поступает в ответ на активность нейронов, сильно превышает метаболическое потребление кислорода. Эта, своего рода, сверхкомпенсация оксигемоглобина ведет к изменению в соотношении оксигемоглобина и дезоксигемоглобина, что измеряется и является основой для BOLD - фМРТ сигнала. (Ogawa et al., 1990; Logothetis et al., 2004).

Стимулы. Алгоритм синтеза стимулов была аналогичной способу, описанному в психофизической серии исследования. Разработанный ранее набор стимулов использовали частично. Так, применили три степени выраженности признака эмоции

(грусть-радость) - 2, 4, 7 оптоклона, который был прямо ориентированным, то есть признак поворота по шкале FaceGen отсутствовал. А также три степени выраженности признака поворота головы (направо-налево) - 2, 4, 7 - оптоклона, который выражал нейтральную экспрессию, то есть признак эмоции по шкале ПО FaceGen отсутствовал. Дополнительно использовали нейтральное прямо ориентированное лицо - «начало координат всех экспрессий» (Барабанщиков, 2012). Так как восприятие изображения лица часто происходит в условиях шума и помех, все стимулы предъявлялись на фоне аддитивного некоррелированного шума с амплитудой 50% от средней яркости изображения. Образцы стимулов представлены на рисунке 15.

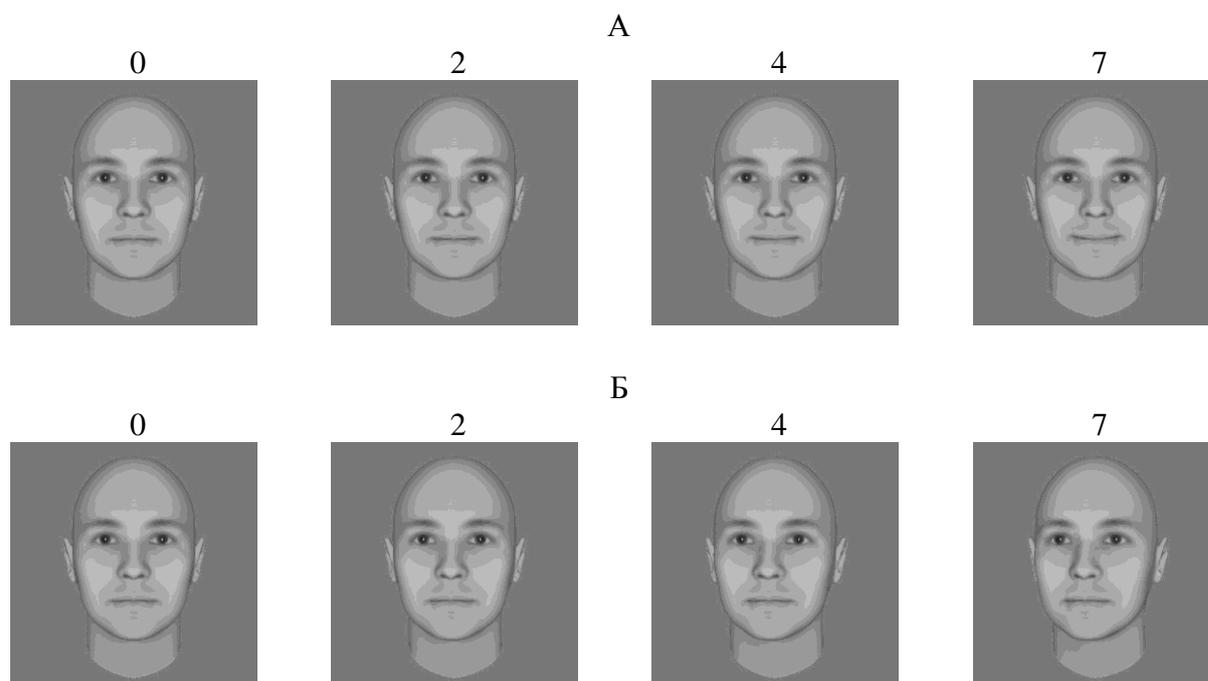


Рисунок 15 - Примеры стимулов, использованных в первой серии фМРТ исследований: А - морфинг эмоции на примере экспрессии радости; Б - морфинг ориентации на примере поворота налево. Все лица предъявляли на фоне аддитивной некоррелированной помехи, с амплитудой 50% от средней яркости изображения

Оборудование и процедура. Зрительные стимулы предъявляли с помощью мультимедийного проектора BENQ PB 8250 XGA, размещенный вне камеры (частота кадровой развертки 85 Гц) на полупрозрачный экран, находящийся на расстоянии 3.72 м от глаз испытуемого. Использовали высокопольный магнитно-резонансный томограф “Siemens-Symphony” (1,5 Тл), с градиентами 40 мТл/м. Исследование проводили с использованием приемно-передающей матричной радиочастотной головной катушки. Для оценки степени активации того или иного участка коры головного мозга использовали методику измерения уровня оксигенации гемоглобина - BOLD (Blood Oxygenation Level Dependent).

Лёжа в томографе, испытуемые могли наблюдать изображения на экране с помощью системы зеркал, закрепленных на катушке над его головой. Фотографии размером 2.5 угловых градуса находились в центре экрана. Данный размер стимулов был выбран, чтобы минимизировать движения глаз во время прохождения исследования. Компьютерную мышь испытуемые держали в правой руке (рисунок 16). Для получения изображений карт активации использовали методику эхопланарной томографии (echoplanarimaging - EPI), которая позволяла получить изображение всего головного мозга (36 срезов) с матрицей 64x64 пикселя в течение 3 секунд.



Рисунок 16 - Методика проведения фМРТ исследования

Длительность предъявления стимулов составляла 1000 мс, что было в два раза медленнее, чем в психофизической серии исследования (рисунок 17). Временные параметры предъявления обусловлены спецификой проведения фМРТ (соотношения сигнал/шум). Выбор регистрировали по нажатию испытуемым левой или правой клавиши мыши.

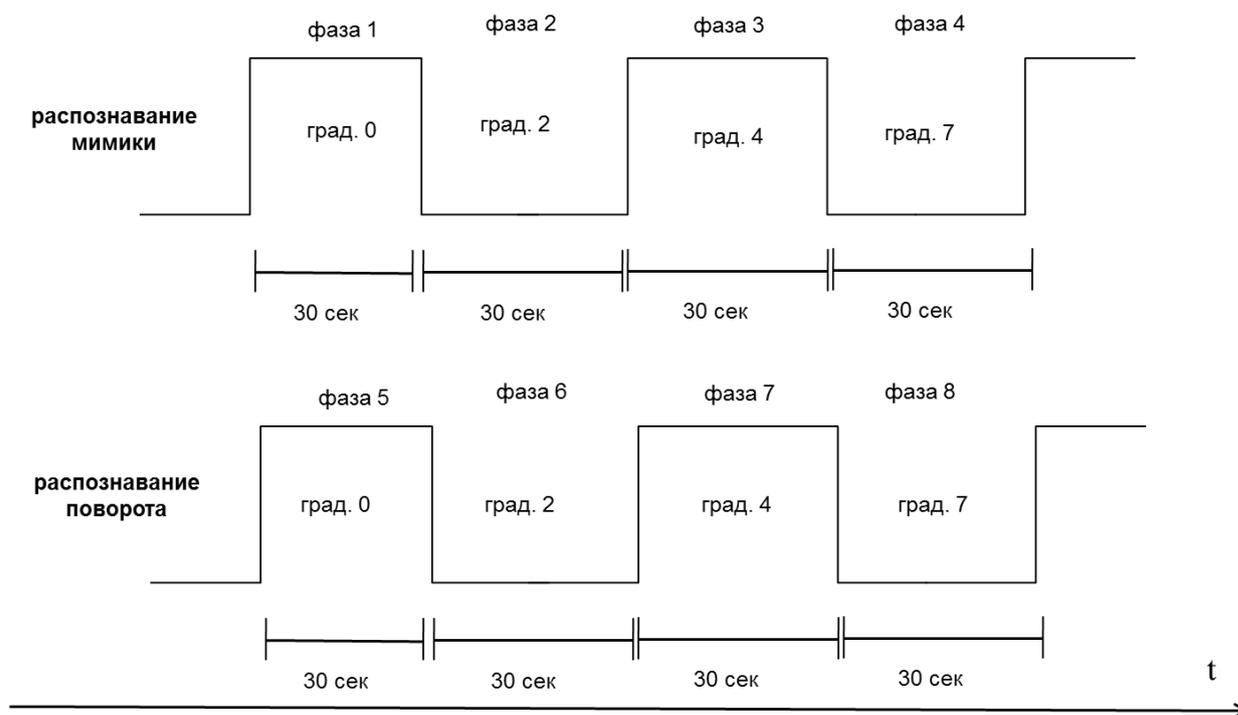


Рисунок 17 - Параметры стимуляции фМРТ исследования

Все стимулы были сгруппированы в фазы в зависимости от степени выраженности признака и инструкции. Особенности группировки стимулов по фазам представлены в таблице 5. В условиях предъявления фазы 1, а также 3-5, испытуемые получали инструкцию определения поворота оптоклона; в условиях предъявления фазы 2, а также 6-8 – инструкцию определения эмоции. Каждая фаза состояла из 10-и сканирований по 3 секунды и была равна 30 секундам.

Таблица 5 – Описание стимулов в зависимости от фазы стимуляции

№ фазы	Описание стимулов
1	Нейтральное прямо ориентированное лицо
2	Нейтральное прямо ориентированное лицо
3	Нейтральное лицо, повернуто направо или налево с градацией выраженности признака – 2 по шкале FaceGen
4	Нейтральное лицо, повернуто направо или налево с градацией выраженности признака – 4 по шкале FaceGen
5	Нейтральное лицо, повернуто направо или налево с градацией выраженности признака – 7 по шкале FaceGen

№ фазы	Описание стимулов
6	Прямо ориентированное лицо с экспрессией радости или грусти с градацией выраженности признака – 2 по шкале FaceGen
7	Прямо ориентированное лицо с экспрессией радости или грусти с градацией выраженности признака – 4 по шкале FaceGen
8	Прямо ориентированное лицо с экспрессией радости или грусти с градацией выраженности признака – 7 по шкале FaceGen

Каждое исследование начиналось с предъявления слайда с точкой фиксации. Через 30 секунд происходила смена стимуляции – предъявление одной из восьми фаз. Первый слайд каждой фазы – инструкция. Со второго по десятый слайд – предъявляли изображения оптоклонов. Для того чтобы выявить статистические различия между фазами, каждую фазу повторяли по 10 раз. Все фазы предъявлялись в случайном порядке. Таким образом, при вычитании фаз с разными степенями выраженности признака, мы должны наблюдать соответствующие отличия. Другие переменные, определяемые физическими характеристиками стимула (яркость, контраст, размер) оставались неизменными. Основной метод сравнения фаз стимуляции – вычитание одной фазы из другой.

Инструкция. Испытуемый исследования фиксировал взор в центре экрана и был проинструктирован в задаче распознавания поворота нажимать левую клавишу мыши, в случае его решения о доминировании левого поворота, и правую – в случае его решения о доминировании правого поворота головы оптоклона. В задаче определения эмоции необходимо было нажимать на правую клавишу мыши в случае решения о доминировании эмоции радости и левую – при доминировании эмоции грусти.

Регистрация и анализ фМРТ изображений. Распределение активности в головном мозге человека при наблюдении лиц определяли с помощью метода функциональной магнитно-резонансной томографии. Для цифрового анализа изображений отклика мозга использовали и развили современные методы обработки BOLD сигнала. Получаемые карты активации обрабатывали в программе SPM8 - Statistical parametric mapping (Wellcome Trust Centre of Neuroimaging, London, UK), работающей в среде Matlab 8.0 (2012b) и CONN: functional connectivity toolbox (NITRC, USA). 200 EPI-последовательностей, полученных со сканера, в формате DICOM, были конвертированы в формат NiFTI. Чтобы скорректировать движения головы между отдельными сканами на первой стадии обработки, все полученные изображения были сведены к первому скану, после чего получили усредненное EPI-изображение (realigning), которое нормировали к

стандартному EPI-изображению, предоставленному Монреальским нейрологическим институтом (MNI-пространство). Далее проводили сегментацию, пространственное сглаживание, так, нормированные изображения с размером вокселя $2 \times 2 \times 2$ мм размывали Гауссовой функцией диаметром 8 мм. Эту процедуру применяли независимо к данным каждого испытуемого.

Статистическая обработка данных.

На первом этапе в рамках статистического анализа фМРТ-данных использовали несколько стандартных методик, которые являются общепринятыми в мире и наиболее распространенными, что дает возможность статистически корректно выявлять наборы областей мозга, вовлекаемые в обеспечение исследуемой деятельности. Использовали стандартный статистический метод обработки фМРТ-данных – метод множественной регрессии в рамках основной линейной модели (GLM). Данный метод позволяет выявлять параметры регрессии для каждого вокселя изображения, которые являются статистической мерой соответствия между появлением пробы и соответствующими изменениями зарегистрированного BOLD сигнала. В качестве регрессоров выступали параметры регистрируемого сигнала (тип пробы и его длительность), а также параметры смещения положения головы и некорректные пробы. Далее осуществляли коррекцию на множественность сравнений методом FDR на базе SPM8 (Statistical parametric mapping (Wellcome Trust Centre of Neuroimaging, London, UK), работающей в среде Matlab 8.0 (2012b)). Цель данного этапа – статистическое параметрическое картирование. На данном этапе проводится проверка гипотезы о случайном распределении данных. Нулевая гипотеза гласит, что все пиксели изображения распределены случайно. Оценку локальной активности относительно целого мозга проводили методом двухкомпонентного t-теста (t-критерий Стьюдента, $p < 0.001$).

На втором этапе проводили анализ HRF – функции гемодинамического ответа, которая отражает поведение вокселя во время исследования. В стандартной методике измерения HRF предполагается измерение отклика на единичный импульс, в нашем исследовании – на множественные импульсы согласно методике эксперимента. Вид стандартной HRF напоминает функцию Пуассона или гамма-функцию (Friston et al., 1994). Необходимо отметить, что пик данной кривой приходится на 5 сек с момента предъявления стимула (Friston et al., 1994). В последнее время накоплен обширный фактический материал о взаимосвязи HRF с глиально-нейронной активностью мозга (Logothetis et al., 2004).

2.3.2 Вторая серия фМРТ-исследования

Целью данной серии исследования являлось исследование фактора инструкции на закономерности перестройки крупномасштабных нейронных сетей при распознавании лиц.

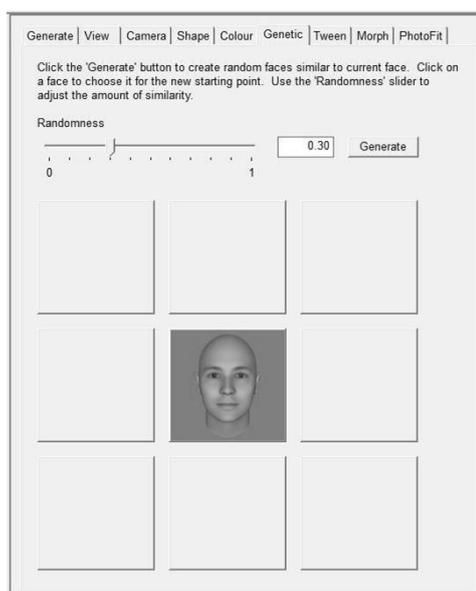
Испытуемые. В эксперименте приняли участие 24 испытуемых с остротой зрения не менее 1, праворуких, без неврологических патологий. Исключающим критерием являлось наличие патологических анатомических особенностей головного мозга, черепно-мозговые травмы и заболевания нервной системы. Все испытуемые дали согласие на участие в эксперименте. Данные по испытуемым представлены в таблице 5.

Таблица 6 – Характеристика добровольцев по полу и возрасту

Характеристика	Группа добровольцев
Мужской пол, %	33,3
Женский пол, %	66,7
Средний возраст, годы	24,7±3

Стимулы. Для решения поставленной задачи методами нейроиконики были синтезированы изображения 36 оптоклонов. Для этого использовали функцию «Genetic» в ПО FaceGen, клонирование изображений оптоклонов с заданным процентом изменения конфигурации лица относительно первоначального образа. Изменения регулировались шкалой «randomness» от 0 до 1. Клонирование включало в себя несколько этапов. На первом этапе помещали первоначальный образец, примененный в психофизическом исследовании в середину матрицы. На втором этапе задавали необходимый процент изменений морфотипа лица – 0,3%. На третьем – проводили клонирование (рисунок 18).

А



Б

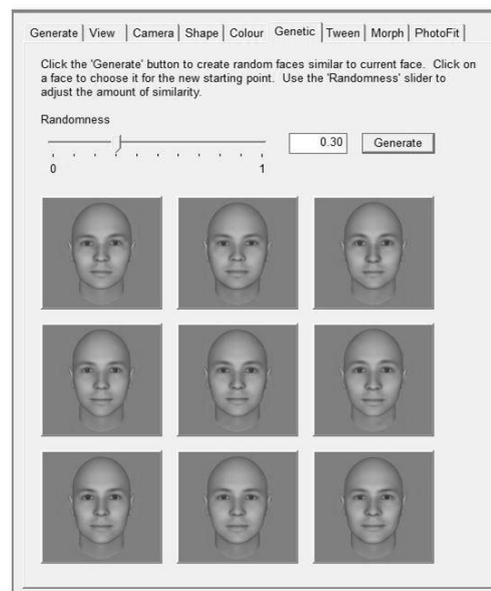


Рисунок 18 – Алгоритм клонирования оптоклонов по этапам: А – первый и второй этапы, Б – третий этап синтеза изображений

Данную последовательность действий повторяли несколько раз со случайно сгенерированными лицами из матрицы до достижения необходимого количества оптоклонов. Далее, для каждого лица, генерировали два вида эмоции (радость-грусть) и два типа поворота головы (направо-налево) аналогично способу, указанному в предыдущих исследованиях. Использовали максимальную градацию выраженности признака для эмоции – 10, а для поворота – 5° по шкалам FaceGen. В качестве контрольных тестов применили изображения тех же 36 оптоклонов, но ориентированных прямо с нейтральным выражением лица. Так как восприятие изображения часто происходит в условиях шума и помех, все стимулы предъявлялись на фоне аддитивной некоррелированной помехи со степенью перекрытия 50%. Примеры лиц, предъявляемых в различных фазах стимуляции, приведены на рисунке 19.

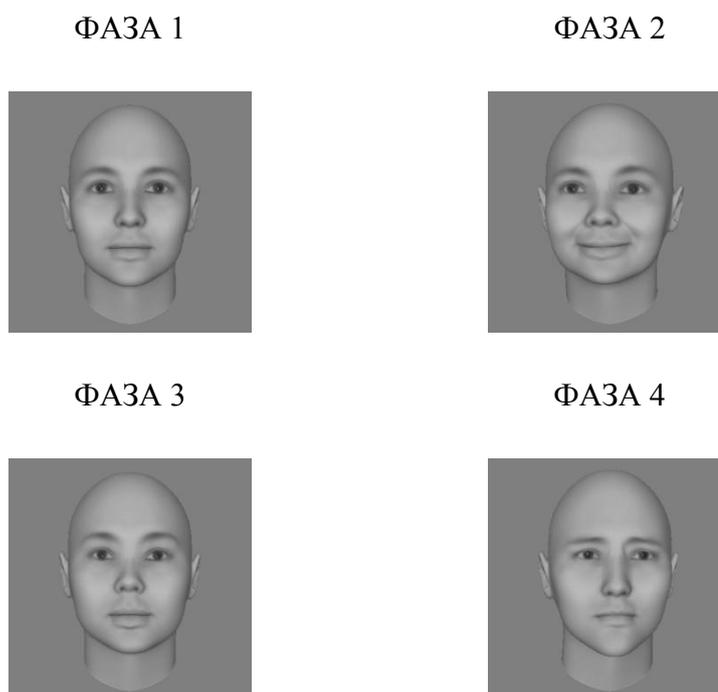


Рисунок 19 – Схема стимуляции: фаза 1 и 3 - предъявление нейтральных прямо ориентированных лиц, фазы 2 и 4 - предъявление лиц с различной мимической экспрессией и повернутых в разные стороны. Инструкция в фазах 1 и 2 - распознавание поворота, а 3-4 – распознавание мимики

Процедура и оборудование. Оборудование полностью было идентичным тому, которое применяли в первом фМРТ исследовании. Процедура стимуляции включала предъявление четырех фаз стимуляции (таблица 7).

Таблица 7 – Описание стимулов в зависимости от фазы стимуляции

№ фазы	Описание стимулов	Инструкция
1	Изображение 36 разных лиц с нейтральным выражением лица и прямо ориентированного	Задача распознавания поворота головы
2	36 разных лиц, повернутых направо-налево с экспрессией радости или грусти и градацией выраженности признака – 10 по шкале FaceGen	Задача распознавания поворота головы
3	Изображение 36 разных лиц с нейтральным выражением лица и прямо ориентированного	Задача распознавания мимики лица
4	36 разных лиц, повернутых направо-налево с экспрессией радости или грусти и градацией выраженности признака – 10 по шкале FaceGen	Задача распознавания мимики лица

В фазе 1 и 3 многократно предъявляли изображения 36 нейтральных оптоклонов, ориентированных прямо. В фазе 2 и 4 – предъявляли изображения 36 разных людей, но

изображения лица давались в разных поворотах (направо-налево), при разных выражениях эмоции (радость-грусть). Межстимульный интервал составлял 1000 мс. Выбор регистрировали по нажатию добровольцами левой или правой клавиши мыши. На рисунке 20 приведен пример смены фаз стимуляции.

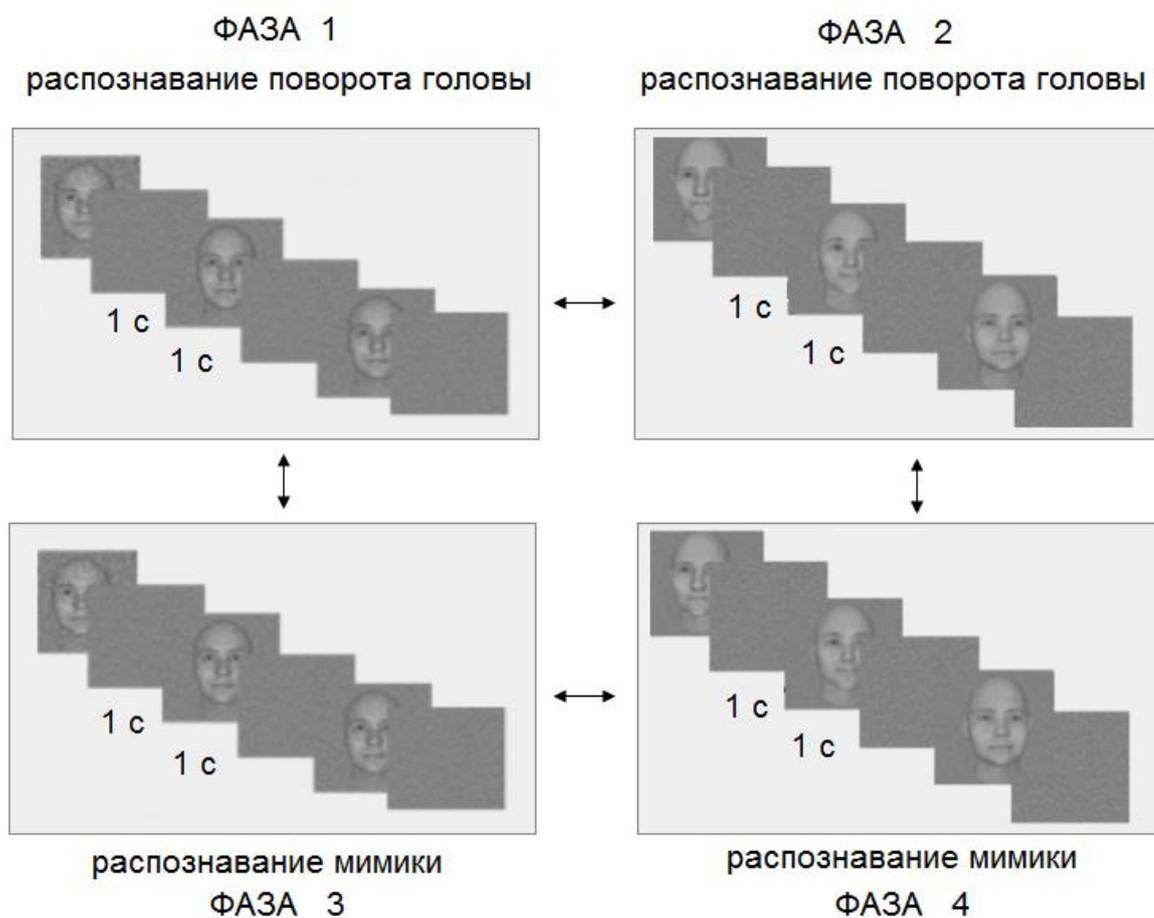
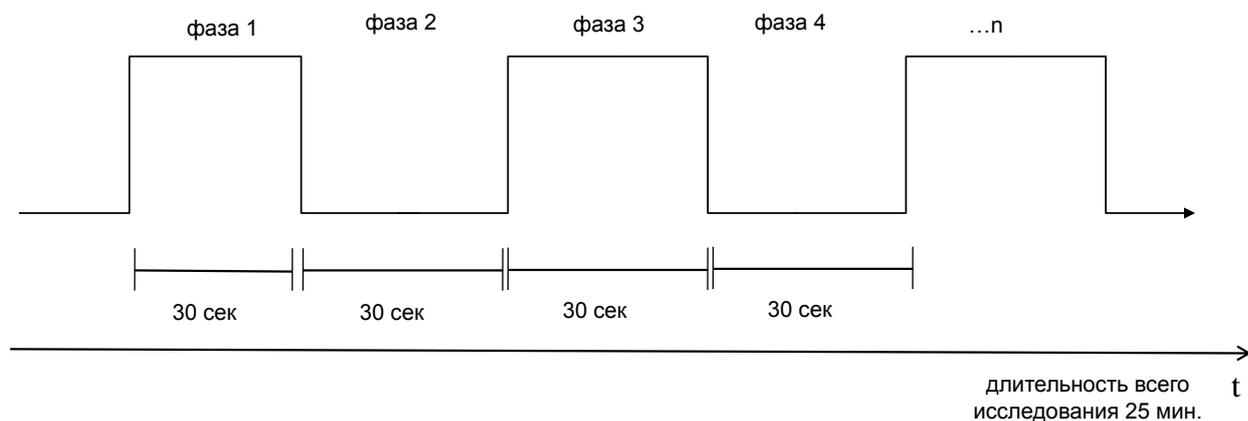


Рисунок 20 - Параметры стимуляции и возможные типы вычитания 4 фаз фМРТ на примере парадигмы предъявления разных лиц

Каждая фаза состояла из 10 сканирований по 3 секунды и была равна 30 секундам. Каждое исследование начиналось с предъявления слайда с точкой фиксации. Через 30 секунд происходила смена стимуляции – предъявление в случайном порядке одной из четырех фаз. Первый слайд каждой фазы – инструкция. Далее – изображения оптоклонов. Каждую фазу предъявляли по 10 раз. Длительность всего сканирования составила 25 мин.

Инструкция. Испытуемый исследования фиксировал взор в центре экрана и был проинструктирован в задаче определения поворота головы нажимать на левую клавишу мыши, в случае его решения о доминировании левого поворота, и правую – в случае его решения о доминировании правого поворота головы оптоклона. В задаче определения эмоции необходимо было нажимать на правую клавишу мыши в случае решения о доминировании эмоции радости и левую – при доминировании эмоции грусти. Испытуемый не был проинструктирован о наличии нейтральных прямо ориентированных лиц. Данный стимульный материал воспринимался как лица с «незаметной для глаза» минимальной степенью выраженности мимики и поворота.

Статистическая обработка данных была проведена аналогично первому фМРТ-исследованиям.

2.3.3 Третья серия фМРТ-исследования

Целью данной серии исследования являлось исследование фактора вероятности повтора стимулов на перестройку крупномасштабных нейронных сетей при распознавании лиц.

Испытуемые. В эксперименте приняли участие 23 испытуемых с остротой зрения не менее 1, праворуких, без неврологических патологий. Исключающим критерием являлось наличие патологических анатомических особенностей головного мозга, черепно-мозговые травмы и заболевания нервной системы. Все испытуемые дали согласие на участие в эксперименте. Данные по испытуемым представлены в таблице 8.

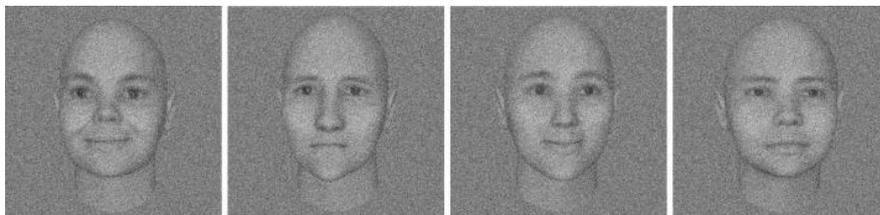
Таблица 8 – Характеристика добровольцев по полу и возрасту

Характеристика	Группа добровольцев
Мужской пол, %	56,5
Женский пол, %	43,5
Средний возраст, годы	30,2±7,1

Стимулы. Для решения поставленной задачи были использованы изображения оптоклонов, синтезированных на предыдущих этапах исследования. Все стимулы были

разбиты на две группы. В первую группу вошло изображение лица одного оптоклона с разными мимическими выражениями и поворотами головы. Во вторую группу – 36 разных лиц. Примеры стимулов представлены на рисунке 21.

А



Б

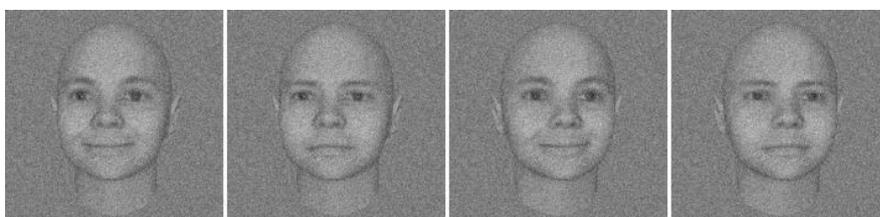


Рисунок 21 – Примеры предъявляемых стимулов: А – первая парадигма – предъявление 36 лиц разных оптоклонов. Б – вторая парадигма – предъявление лица одного оптоклона

Процедура и оборудование.

Оборудование полностью было идентичным тому, которое применяли в первом фМРТ исследовании. Процедура стимуляции включала две экспериментальные серии, отличающиеся друг от друга только инструкцией. Между тестами был организован перерыв – 10 минут.

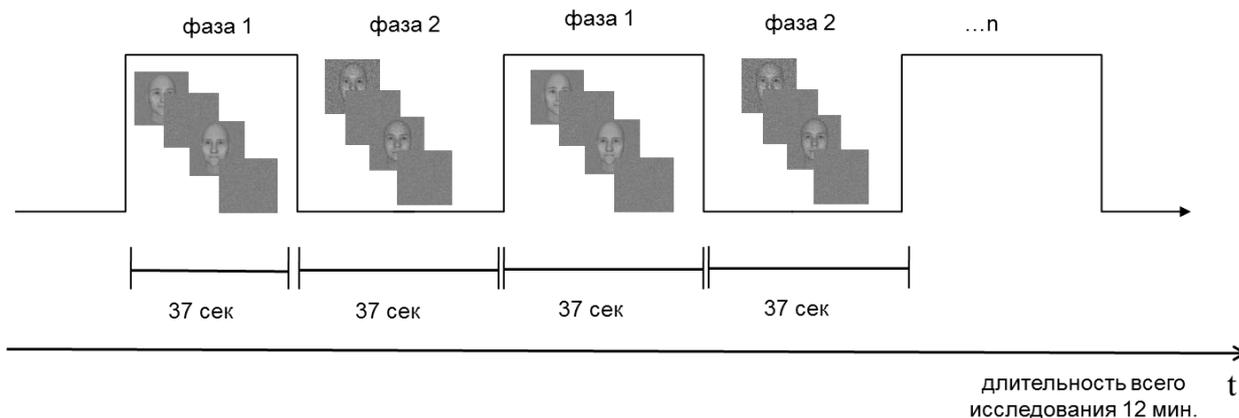
В фазе 1 использованы две экспериментальные парадигмы выполнения задачи активного выбора. В первой парадигме для одной группы испытуемых (11 добровольцев) многократно предъявлялись изображения лица одного виртуального человека, но изображения лица этого человека давались в разных поворотах, при разных выражениях эмоций. Во второй парадигме другой группе испытуемых (12 добровольцев) предъявлялись изображения лиц 36 разных виртуальных людей. Предъявляли их при тех же поворотах, выраженности эмоций и столько же раз, как и в первой парадигме (таблица 9).

Таблица 9 – Описание стимулов в зависимости от фазы стимуляции

№ фазы	Описание стимулов	Инструкция
предъявление лица одного и того же оптоклона – первая группа добровольцев (N-11)		
1	Изображение лица одного оптоклона, повернутого направо-налево с экспрессией радости или грусти и градацией выраженности признака – 10 по шкале FaceGen	Задача распознавания эмоции лиц
2	Изображение лица одного оптоклона с нейтральным выражением лица и прямо ориентированного (градация выраженности признака– 0 по шкале FaceGen)	Задача поочередно нажимать на правую и левую клавишу мыши на каждое предъявление стимулов
предъявление разных лиц оптоклонов – вторая группа добровольцев (N-12)		
1	Изображение лица 36 разных оптоклонов, повернутых направо-налево с экспрессией радости или грусти и градацией выраженности признака – 10 по шкале FaceGen	Задача распознавания эмоции лиц
2	Изображение лица 36 разных оптоклонов с нейтральными выражениями лица и прямо ориентированных (градация выраженности признака– 0 по шкале FaceGen)	Задача поочередно нажимать на правую и левую клавишу мыши на каждое предъявление стимулов

В фазе 2 предъявлялись нейтральные лица, ориентированные прямо: в первой парадигме, многократно повторялось одно лицо, во второй – 36 разных лиц. Межстимульный интервал составлял 500 мс, что предполагало достаточно интенсивный темп выполнения задачи испытуемым. Выбор регистрировался по нажатию испытуемым левой или правой клавиши мыши. На рисунке 22 приведен пример смены фаз стимуляции в случае предъявления одного и разных лиц.

А



Б

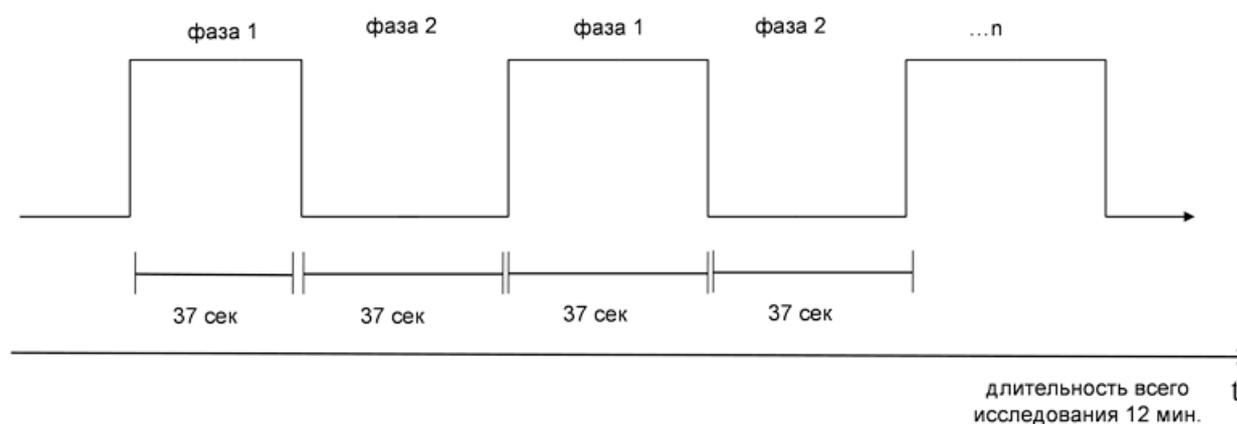


Рисунок 22 - Временные параметры стимуляции фМРТ исследования на примере парадигмы предъявления: А – разных лиц и Б – одного и того же лица

В соответствии со спецификой фМРТ измерений каждое исследование начиналось с предъявления контрольных изображений – нейтральных оптоклонов, ориентированных прямо – так называемая фаза 2. Через 37 сек происходила смена фазы стимуляции. На экране предъявляли изображения оптоклонов, ориентированные в разные стороны и выражающие разные эмоции – фаза 1. Через 37 с снова предъявляли нейтральные лица, ориентированные прямо, и цикл повторялся. Для того чтобы выявить статистические различия между фазами, вышеописанный цикл «фаза 2 – фаза 1» повторяли 10 раз. Длительность всего сканирования составила 12,5 минут для каждой экспериментальной парадигмы. Процедура второго теста была аналогична первой, менялась только инструкция. Полное время исследования составила 35 минут.

Инструкция. В течение выполнения экспериментальных тестов в обеих парадигмах испытуемые выполняли задачу распознавания мимики оптоклона. В фазе 1 испытуемые получали инструкцию оценивать эмоцию: радость или грусть. Если они считали, что лицо выражает мимику радости, то они должны были нажать на правую клавишу мыши, если

грусть, то левую клавишу. В фазе 2 в обеих парадигмах испытуемые получали инструкцию поочередно нажимать на правую и левую клавишу мыши на каждое предъявление стимулов. Важно подчеркнуть, что инструкции существенным образом отличались друг от друга. Так, инструкция в фазе 2 исследования значительно легче в сравнении с инструкцией в фазе 1: принимать решение и распознавать эмоцию в данном случае не требовалось, что создавало условия для возможности отвлечения внимания «испытуемого» от выполнения поставленной задачи.

Регистрация и анализ фМРТ изображений был аналогичен первому фМРТ исследованию. Для оценки работы механизма привыкания в условиях многократного предъявления стимулов 200 EPI-последовательностей были разделены на две части – первую и вторую половину исследования по 6,25 минут каждая. Оценка локальной активности относительно целого мозга проводилась методом двухкомпонентного t-теста (t-критерий Стьюдента, $p < 0.001$).

2.4 Метод моделирования искусственной нейронной сети

Целью данного исследования являлось моделирование условий распознавания искусственной нейронной сетью мимики изображений лица в условиях неопределенности.

Моделирование выполнено в ИФ РАН совместно с научным сотрудником лаборатории физиологии зрения Малаховой Екатериной. В качестве базовой архитектуры выбрана глубокая нейронная сеть VGG Face (Parkhi et al., 2015), обученная задаче распознавания знаменитостей на датасете из 2,6 млн. изображений, собранных в интернете. Данная сеть была выбрана из-за относительной релевантности идентификации лиц в задаче распознавания мимических экспрессий. Было проведено переобучение нейронной сети на специализированном датасете меньшего размера, включающем в себя фотографии и изображения лиц с различными эмоциями.

Построенная архитектура нейронной сети состоит из 13 сверточных и 3 полносвязных слоев. Сверточные слои обрабатывают изображение фильтрами небольшого размера. Каждый фильтр кодирует какой-либо графический признак в виде матрицы, например, если говорить о первом слое, это может быть наличие наклонной линии под определенным углом, цветового градиента и т.д. Суть операции свертки заключается в умножении изображения на фильтр (ядро) свертки (рисунок 23). Так как размер фильтра существенно меньше размера изображения, он применяется последовательно с небольшим шагом ко всему изображению, а результат суммируется и записывается в аналогичную позицию выходного изображения. Таким образом,

формируется карта активации (рисунок 24), которая отражает соответствие данного изображения фильтру (Малахова, 2017).

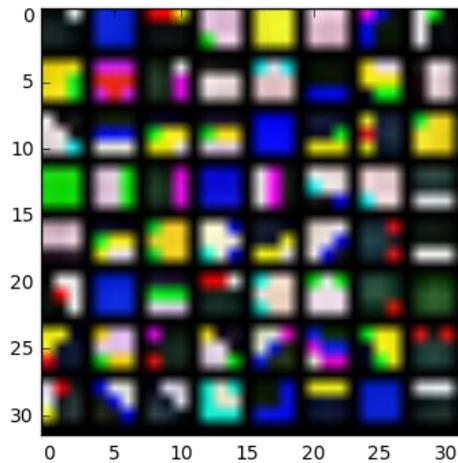


Рисунок 23 - Фильтры первого сверточного слоя нейронной сети VGG Face. Размер фильтров 3x3 пикселя (3 цветовых канала)

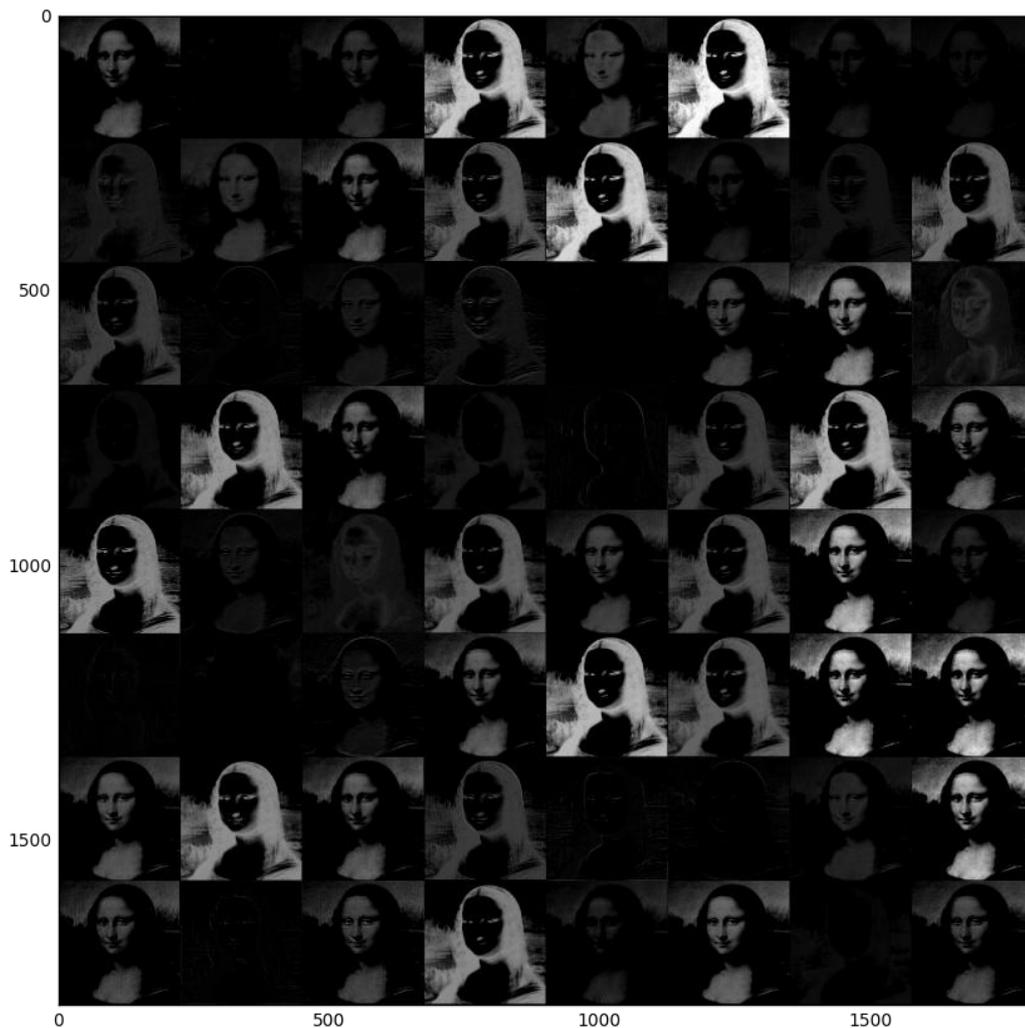


Рисунок 24 - Карты активации первого сверточного слоя, соответствующие приведенным выше фильтрам. Отсутствие активации обозначается черным цветом

Фильтры первого сверточного слоя выделяют простые признаки вроде цвета и наклона линии - они универсальны практически для всех сетей, работающих с изображениями, вне зависимости от выполняемой задачи. Изображения, вызывающие максимальную активацию в нейронах данного слоя, представляют из себя фрагменты небольшого размера, содержащие линии, углы, решетки и т.д. Фильтры второго слоя не выглядят настолько же легко интерпретируемыми, размер рецептивного поля увеличивается и изображения, подобранные для визуализации максимальной активации, содержат менее тривиальные формы.

Нейроны последующих сверточных слоев охватывают все большую часть изображения и реагируют на все более сложные формы объектов, вплоть до выделения различных категорий объектов. Тем не менее, в указанных слоях сохраняется зависимость реакции нейрона от пространственного расположения признака. И только в полносвязных слоях сети достигается инвариантное - независимое от положения и размера - распознавание образов. Каждый нейрон полносвязного слоя получает информацию от всех нейронов предыдущего слоя, что позволяет учитывать все возможные пространственные локации объектов. Для некоторых нейронов возможно определить признаки/объекты, выделяемые ими на изображениях, для других же это сделать довольно затруднительно (Малахова, 2017). Последний из полносвязных слоев содержит количество нейронов, равное количеству классов в исходной задаче классификации, т.е. в случае задачи распознавания мимики лица на изображении, этот слой будет состоять из двух нейронов: один, представляющий категорию «улыбка», другой - представляющий категорию «не улыбка».

Стимулы. Обучающее множество состояло из изображений реальных людей, полученных из сети Интернет. Вся выборка обучающих стимулов была сгруппирована в две группы по 500 стимулов в каждой. В первую группу вошли изображения лиц людей с мимикой радости. Во вторую группу – с мимикой грусти или нейтральным выражением лица. Примеры стимулов приведены на рисунке 25. Выборка изображений была разбита на две группы: тренировочное множество, которое использовалось для переобучения сети и тестовое, необходимое для контроля качества обучения.

Мимика радости



Мимика грусти или нейтральные лица

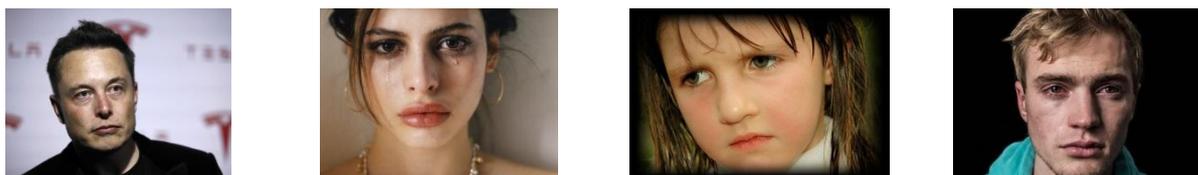
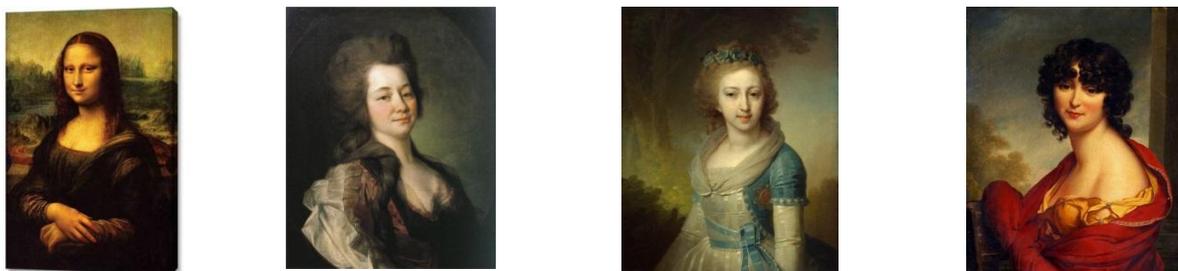


Рисунок 25 – Обучающая выборка для искусственной нейронной сети

В качестве контрольной выборки методом экспертной оценки были отобраны изображения мировой живописи, например, изображение Джоконды (Леонардо да Винчи), а также фотографии деятелей культуры (рисунок 26).

минимальные изменения выраженности улыбки в живописи



минимальные изменения выраженности улыбки на фотографиях



Рисунок 26 – Контрольная выборка для искусственной нейронной сети

Глава 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1 Результаты психологической серии исследования

В разделе приводятся результаты психологического исследования испытуемых с помощью, стандартизованной многошкальной методики «Интегративный тест тревожности», разработанный в лаборатории клинической психологии Психоневрологического института им В.М. Бехтерева (Бизюк и др., 1991). Гипотеза исследования состояла в том, что в задачах распознавания нейтральных лиц в условиях помехи, испытуемые будут испытывать элементы эмоциональной напряженности и беспокойства, что найдет отражение в шкалах психологического интегративного теста на определение тревоги.

Результаты кластерного анализа по методу межгрупповых связей показали, что выборку испытуемых можно разбить на три группы по уровню тревоги/тревожности. Использовали данные по общим баллам (станайнам) в двух группах: СТ-С и СТ-Л. В первую группу вошли испытуемые (12 человек) с низкими (нормальными) уровнями личностной тревожности и ситуационной тревоги. Во вторую (12 человек) – с высоким уровнем личностной тревожности и низким (нормальным) уровнем ситуационной тревоги. А в третью (5 человек) – с высоким уровнем по обеим шкалам ИТТ. Дальнейший анализ с использованием непараметрического критерия Краскала-Уоллиса (попарные множественные сравнения) показал отсутствие статистически значимого отличия между второй и третьей группой испытуемых, что явилось основанием для объединения данных групп в один кластер ($p > 0,05$). Таким образом, в дальнейшем анализе принимали участие две группы по 12 и 17 человек соответственно. Распределение по полу и возрасту испытуемых по группам представлено в таблице 10.

Таблица 10 – Распределение по полу и возрасту испытуемых

Характеристика	Группа 1 n=12	Группа 2 n=17
Мужской пол, %	66,7	23,5
Женский пол, %	33,3	76,5
Средний возраст, годы	25,2	26,4

Для проверки условия о нормальности распределения применили описательные статистики, графические методы и статистические критерии. Статистический критерий

Шапиро-Уилка (более подходящий для оценки малых выборок) для оценки распределения по шкалам ИТТ в каждой из групп показал, что нулевую гипотезу об отсутствии различий между распределением, полученным в исследовании и нормальным распределением нельзя отвергнуть лишь частично. Таким образом, ввиду сильного отклонения от нормального, для сравнения уровня тревожности/тревоги применили критерий Манна-Уитни. За нулевую, принималась гипотеза об отсутствии различий в уровне тревоги/тревожности между группами.

Результаты сравнительного межгруппового анализа по двум основным шкалам ИТТ представлены на рисунке 27 и таблице 11.

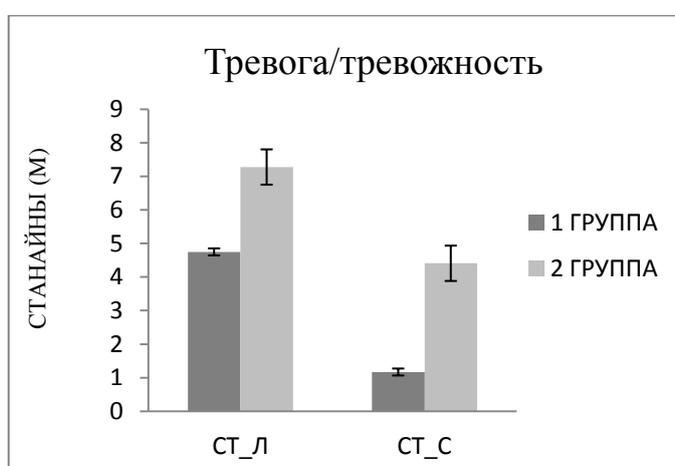


Рисунок 27 – Результаты сравнительного анализа по шкалам СТ_С и СТ_Л в двух группах добровольцев. По оси абсцисс представлены шкалы анализа. По оси ординат – средние значения (M) станайнов с указанием ошибки среднего (SE)

Таблица 11 – Сравнительный анализ общих шкал ИТТ

Компоненты ситуационной тревоги	Среднее значение по всей выборке	Группа 1 n=12	Группа 2 n=17	Значимость различий (критерий Манна-Уитни)
СТ_С	3,07±0,41	1,17±0,10	4,41±0,53	p=0,000**
СТ_Л	6,38±0,37	4,75±0,43	7,28±0,23	p=0,000**

Примечание: * – p<0,05; ** - p<0,01.

Согласно полученным данным, во-первых, видно, что вне зависимости от группы общий уровень личностной тревожности выражен сильнее в сравнении с ситуативной тревогой. Так, среднее значение по шкале СТ-Л составило 6,38±0,37, а по шкале СТ-С в два раза ниже - 3,07±0,41. Данные приводятся с указанием стандартной ошибки среднего (SE). Во-вторых, показатели по группе 2 статистически значимо выше в сравнении с

группой 1 по обеим шкалам опросника ($p < 0,05$). Использовали непараметрический критерий U Манна-Уитни для независимых выборок.

Результаты межгруппового анализа по отдельным компонентам СТ-С представлены на рисунке 28 и в таблице 12.

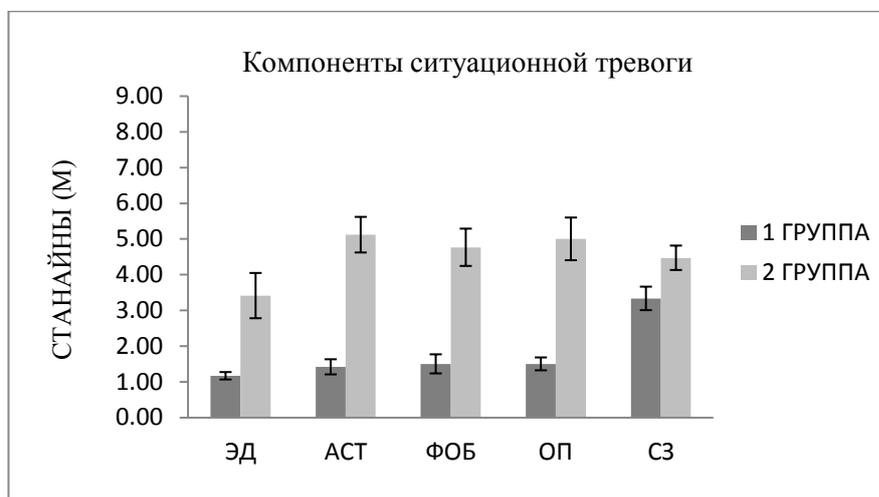


Рисунок 28 – Особенности выделенных кластеров по субшкалам ситуационной тревоги. По оси ординат представлены среднее значение станайнов. По оси абсцисс – компоненты ситуационной тревоги. Указана станд. ошибка среднего (SE)

Таблица 12 – Сравнительный анализ компонентов ситуационной тревоги

Компоненты ситуационной тревоги	Среднее значение по всей выборке	Группа 1 n=12	Группа 2 n=17	Значимость различий (критерий Манна-Уитни)
	M±SE			
Эмоциональный дискомфорт	2,48±0,39	1,17±0,10	3,41±0,63	p=0,002**
Астенический компонент тревожности	3,59±0,44	1,42±0,21	5,12±0,50	p=0,000**
Фобический компонент	3,41±0,42	1,50±0,27	4,76±0,52	p=0,000**
Тревожная оценка перспективы	3,55±0,46	1,50±0,18	5±0,60	p=0,000**
Социальные реакции защиты	4±0,25	3,33±0,33	4,47±0,34	p=0,027*
Общий уровень тревоги	3,07±0,41	1,17±0,10	4,41±0,53	p=0,000**

Примечание: * – $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$.

Согласно представленным данным, показатели соответствуют низкому и нормальному уровню выраженности ситуационной тревоги в обеих группах. Группы статистически значимо отличаются по всем указанным компонентам, так как достигнутый

уровень значимости ниже критического уровня ($p < 0,05$). Необходимо отметить, что в первой группе наблюдается небольшое увеличение показателей по компоненту СЗ. Во второй группе – по компонентам АСТ, ФОБ и ОП. В целом, можно сказать, что в структуре тревоги не выявлены признаки психической дезадаптации.

Представляет интерес анализ структуры и идентификация компонентов личностной тревожности. Результаты межгруппового анализа по отдельным компонентам СТ-Л представлены на рисунке 29 и таблице 13.

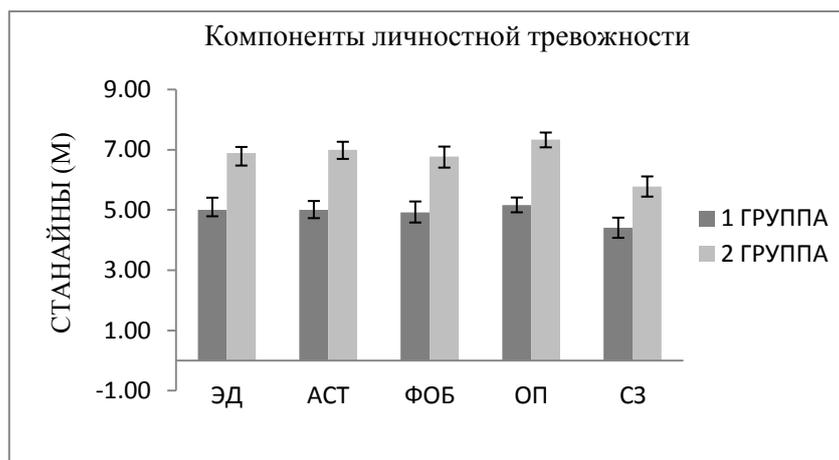


Рисунок 29 – Особенности выделенных кластеров по субшкалам личностной тревожности. По оси ординат представлены среднее значение станайнов. По оси абсцисс – компоненты личностной тревожности. Данные приведены с указанием ошибки среднего (SE)

Таблица 13 – Сравнительный анализ компонентов личностной тревожности

Компоненты личностной тревожности	Среднее значение по всей выборке	Группа 1 n=12	Группа 2 n=17	Значимость различий (критерий Манна-Уитни)
		M±SE		
Эмоциональный дискомфорт	6,34±0,3	5±0,41	6,89±0,21	p=0,000**
Астенический компонент тревожности	6,41±0,3	5±0,30	7±0,27	p=0,000**
Фобический компонент	6,24±0,32	4,92±0,37	6,78±0,33	p=0,000**
Тревожная оценка перспективы	6,69±0,3	5,17±0,25	7,33±0,24	p=0,000**
Социальные реакции защиты	5,41±0,28	4,42±0,33	5,78±0,34	p=0,002**
Общий уровень тревожности	6,48±0,33	4,75±0,32	7,28±0,23	p=0,000**

Примечание: ** - $p < 0,01$.

Согласно представленным данным группы статистически значимо отличаются по всем указанным компонентам. Показатели первой группы соответствуют нормальному уровню тревожности. У второй группы большинство значений свидетельствует о наличии возможной дезадаптации как в личностной сфере, так и со средой в целом.

Рассмотрим подробнее данные субшкал в группе 2. Наибольшее количество станайнов приходится на компонент ОП ($7,33 \pm 0,24$), который традиционно связывают с проекцией страхов, но не на текущее положение дел, а на перспективу. В структуре страха, согласно ФОБ ($6,78 \pm 0,33$), доминирует ощущение непонятной угрозы, неуверенности в себе, собственной бесполезности. Данные психические явления протекают на фоне повышенной эмоциональной чувствительности, о чем свидетельствуют высокие пограничные значения по ЭД ($6,89 \pm 0,21$). Вероятно, подобный симптомокомплекс вызывает увеличение показателей и по компоненту АСТ ($7 \pm 0,27$), который характеризуется расстройствами сна, вялостью, пассивностью и усталостью. При этом, важно подчеркнуть, что проекция страхов не связана с тревожностью в сфере социальных контактов или с попытками добровольцев рассматривать социальную среду как основной источник тревожных напряжений и неуверенности в себе, так как показатели по шкале СЗ ($5,78 \pm 0,34$) соответствуют норме. Необходимо отметить, что все шкалы являются взаимодополняющими и представляют разные стороны одного и того же психического явления, отличающиеся у разных лиц балансом представленных компонентов.

Результаты корреляционного анализа с помощью коэффициента Спирмена (ρ) компонентов ИТТ и пола испытуемых выявили одну достоверную связь с компонентом ФОБ в структуре личностной тревожности на уровне $p < 0,05$. Результаты сравнения групп с помощью критерия Манна-Уитни показывают, что уровень фобических страхов у женщин ($M = 6,76$), был в среднем выше, чем у мужчин ($M = 5,50$), причем эти различия были значимы на уровне тенденции ($U = 146$, $Z = 1,983$, $p = 0,053$). Можно предположить, что женщины, по данной выборке, больше мужчин испытывали чувство страха, в структуре которого часто преобладают ощущения непонятной угрозы, неуверенности в себе и чувстве собственной бесполезности. Согласно опубликованным данным, такие люди не всегда могут сформулировать источник своих тревог и в беседе апеллируют главным образом к феноменологии «хронических» страхов, периодически возрастающих в зависимости от внутреннего состояния или обострения внешней ситуации (Бизюк и др., 2005). Зависимость компонентов ИТТ и возраста добровольцев выявлены не были.

3.2 Результаты психофизической серии исследования

В разделе приводятся результаты психофизической серии исследования по особенностям распознавания выраженности признака от уровня аддитивной некоррелированной помехи, градации выраженности признака и количества измененных пикселей в тестовых изображениях. Гипотеза исследования состоит в том, что ответы испытуемых будут зависеть от уровня неопределенности сигнала. Чем выше будет уровень неопределенности сигнала (минимальный уровень экспрессии и поворота оптоклона и помеха высокой степени интенсивности), тем ниже будет процент правильных ответов и выше время принятия решения. Пороги распознавания отличий в мимике и поворота лиц будут отличаться в зависимости от количества измененных пикселей изображения. Результаты оценок стимулов в условиях высокой степени неопределенности на примере нейтральных прямо смотрящих лиц будут зависеть от уровня ситуационной тревоги.

Необходимо отметить, что испытуемые работали в напряженных условиях: 500 мс не всегда хватало для моторного ответа, особенно в условиях распознавания минимальных степеней градации выраженности признака. Поэтому, при подсчете правильных ответов, за 100% были взяты только те ответы, на которые испытуемый успевал дать ответ на стимул (нажать на клавишу мыши). В статистическом анализе использовали следующие независимые переменные: градации выраженности изучаемого признака и разные интенсивности помехи (далее по тексту - П) в задачах распознавания мимики радости и грусти (далее по тексту ЭР и ЭГ) и ориентации оптоклона направо и налево (далее по тексту ПП и ПЛ) относительно наблюдателя. В качестве зависимых переменных использовали количество правильных ответов и время реакции испытуемых.

Для проверки условия о нормальности распределения применили описательные статистики, графические методы и статистические критерии. Статистический критерий оценки распределения правильных ответов и времени реакции в зависимости от инструкции (ЭГ-ЭР, ПП-ПЛ) и помехи (с 0 до 70%) показывает, что нулевую гипотезу об отсутствии различий между распределением, полученным в исследовании и нормальным распределением отвергнуть нельзя. Коэффициенты критериев Колмогорова-Смирнова и Шапиро-Уилка в большинстве случаев соответствуют величине $p > 0,05$.

3.2.1 Особенности распознавания изображений лиц в различных условиях неопределенности сигнала.

На первом шаге анализа рассматривали общие закономерности восприятия изображений лиц оптоклонов в различных условиях неопределенности сигнала по ответам испытуемых.

Результаты, отражающие зависимость правильных ответов от помехи разной степени интенсивности, представлены в таблице 14. Данные приводятся с указанием стандартной ошибки среднего (SE).

Таблица 14 – Средние значения распознавания лица в зависимости от интенсивности помехи

Инструкция	Средние значения по всей выборке	Интенсивность помехи			
		0%	30%	50%	70%
		M±SE			
ЭР	62,04±3,38	64,95±4,83	64,17±4,51	61,83±3,45	57,23±0,92
ЭГ	55,32±1,14	60,92±2,06	58,92±1,55	53,12±1,15	48,31±0,59
ПП	75,01±5,33	76,58±5,87	76,40±5,68	76,16±5,35	70,92±4,56
ПЛ	71,64±5,41	75,03±5,64	73,20±6,01	72,29±5,17	66,05±5,03

Согласно представленным данным испытуемые лучше всего распознают признак поворота головы вне зависимости от типа помехи. Среднее значение правильных ответов в задачах определения поворота даже в условиях максимальной интенсивности помехи выше показателей распознавания мимики лица. При этом помеха в задачах ПП и ПЛ оказывает значительное влияние на процент правильных ответов только на уровне амплитуды 70% от средней яркости изображения. Отметим, что даже в этих условиях показатели не снижаются до уровня случайного угадывания.

Отличная картина наблюдается в ситуации опознания признаков, которые несут сильную эмоциональную нагрузку. Во-первых, согласно представленным данным, задача опознания экспрессии грусти представлялась для испытуемых более трудной в сравнении с задачей определения радости. Так, даже в условиях отсутствия помехи порог распознавания экспрессии грусти не превысил 60,92±2,06, а для радости 64,95±4,83. Существенное снижение показателей правильных ответов наблюдается при опознании

радости при использовании помехи 50%, а грусти – уже с 30%. В условиях 70% распознавание мимики грусти достигает порога случайного угадывания.

Результаты, отражающие зависимость правильных ответов испытуемых от градации выраженности признака (эмоции и поворота), в условиях разных типов помех представлены на рисунке 30. Чем сильнее выражен признак, тем более определенным по содержанию является стимул, и тем легче испытуемому опознать его. И, наоборот, чем слабее (неопределеннее) выражен признак, тем вероятность правильного распознавания объектов уменьшается, достигая порога случайного гадания в условиях предъявления объектов с минимальной выраженностью признака (нейтральное прямо смотрящее лицо).

Психофизические кривые распознавания поворота головы и эмоции оптоклонов статистически значимо отличаются друг от друга. Для того, чтобы показать отличия между средними значениями в отдельных градациях выраженности признака в условиях каждой инструкции, применили парный критерий Стьюдента (paired t-test) для сравнения средних величин двух связанных выборок (таблица 15).

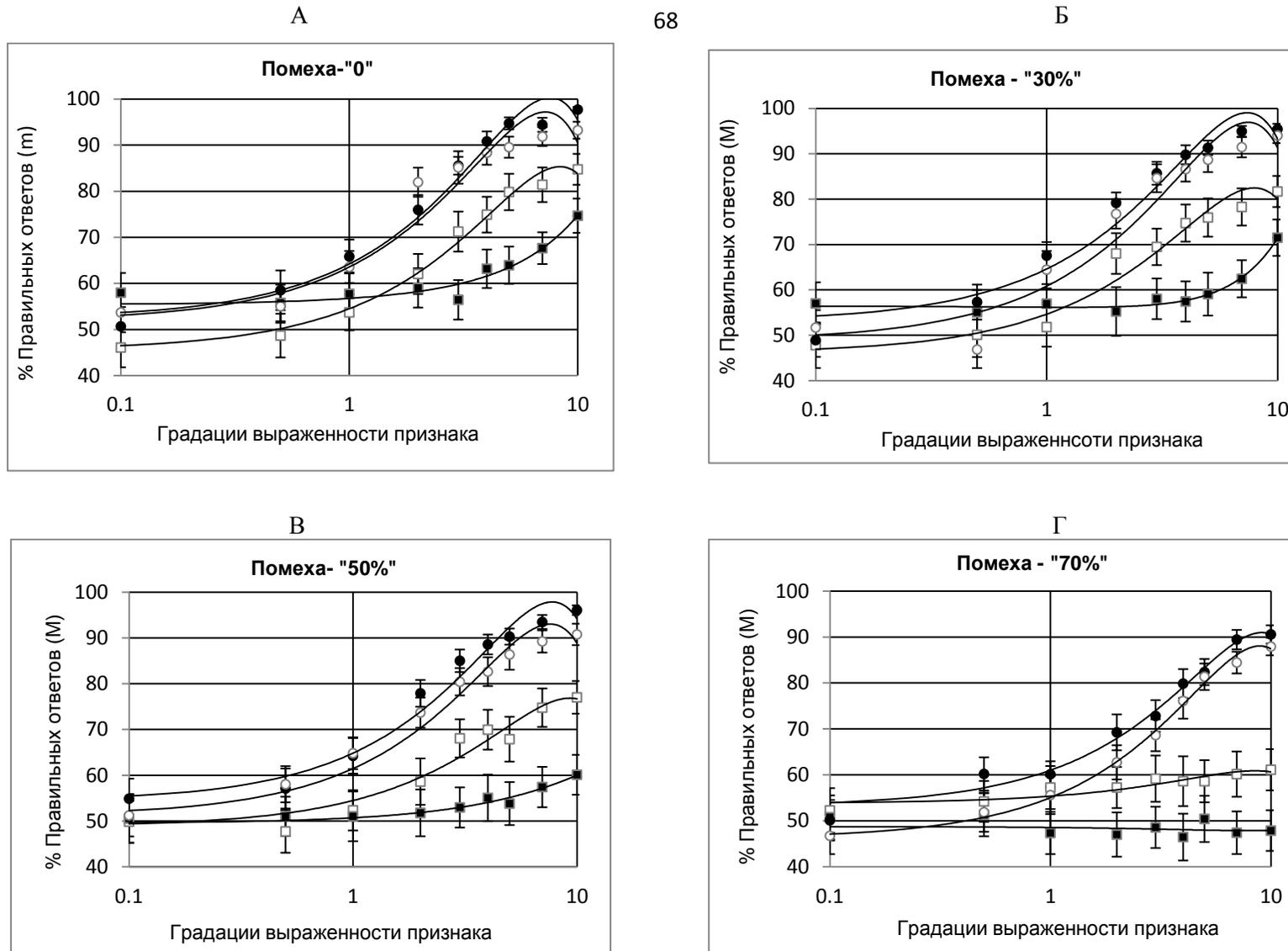


Рисунок 30 - Зависимость правильных ответов от градации выраженности признака в различных условиях предъявления стимулов: А – в условиях отсутствия аддитивной некоррелированной помехи, Б – в условиях помехи амплитудой 30% от средней яркости изображения, В – 50%, Г – 70% с указанием ошибки среднего значения (SE)

Таблица 15 – Парный критерий Стьюдента (paired t-test) для сравнения средних величин связанных пар выборок

	Градации выраженности признака									
	0	0,1	0,5	1	2	3	4	5	7	10
	Помеха- 0%									
ЭР_ПЛ				T	**	*	**	*	*	*
ЭГ-ПП					**	**	**	**	**	**
ЭР -ПП				*	**	**	**	**	**	**
ЭГ-ПЛ					**	**	**	**	**	**
ЭР-ЭГ						*	T	*	*	*
ПП-ПЛ								*		*
	Помеха- 30%									
ЭР_ПЛ				*		**	*	*	*	**
ЭГ-ПП				T	**	**	**	**	**	**
ЭР -ПП				**	*	**	**	**	**	**
ЭГ-ПЛ					**	**	**	**	**	**
ЭР-ЭГ							*	*	*	T
ПП-ПЛ										
	Помеха- 50%									
ЭР_ПЛ				*	*	*	*	**	**	**
ЭГ-ПП				T	**	**	**	**	**	**
ЭР -ПП				*	**	**	**	**	**	**
ЭГ-ПЛ				*	**	**	**	**	**	**
ЭР-ЭГ						T	T		*	*
ПП-ПЛ										*
	Помеха- 70%									
ЭР_ПЛ							*	**	**	**
ЭГ-ПП				*	**	**	**	**	**	**
ЭР -ПП					*	**	**	**	**	**
ЭГ-ПЛ					**	**	**	**	**	**
ЭР-ЭГ										
ПП-ПЛ										

Примечание: * – $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$, T – отличия на уровне тенденции: $p < 0,1$

Результаты парного сравнения показывают, что распознавание признаков эмоции и поворота (ЭР-ПЛ, ЭГ-ПП, ЭР-ПП, ЭГ-ПЛ) статистически значимо отличаются, начиная с 2 градации вне зависимости от типа помехи. Сравнение признаков только поворота (ПП-ПЛ), в основном, не выявило статистически значимых отличий, за исключением градации 5 в условиях помехи амплитудой 0% и градации 10 в условиях помехи амплитудой 0% и 50%. Сравнение признаков эмоции показало, что в условиях отсутствия помехи или небольших его значениях (амплитудой 30%) происходит статистически значимое расхождение кривых на уровне 4 и 5 градации выраженности признака. С увеличением помехи до амплитуды 50% отличия выявлены только на уровне тенденции. На уровне амплитуды 70% статистически значимые отличия между кривыми отсутствуют.

Для оценки динамики каждой кривой сравнили средние значения ответов испытуемых по десяти градациям выраженности признака. Применили дисперсионный анализ повторных измерений. Выбор сделан в пользу дисперсионного, а не регрессионного анализа, так как первый метод позволяет выявлять любую динамику, в том числе и не линейную. Необходимо отметить, что помимо проверки соблюдения условий применения парного критерия Стьюдента для проведения дисперсионного анализа повторных наблюдений было дополнительно проверено соблюдение условия сферичности (частного случая сложной симметрии) (Гржибовский, 2008).

Результаты дисперсионного анализа приведены в таблице 16. Применена поправка Грингауза – Гайссера для коррекции отклонения от сферичности.

Таблица 16 – Критерии внутригрупповых эффектов

Категория стимулов	Интенсивность помехи			
	0%	30%	50%	70%
	поправка Грингауз-Гайссера			
ЭР	,000**	,000**	,000**	,014**
ЭГ	,000**	,000**	,015**	
ПП	,000**	,000**	,000**	,000**
ПЛ	,000**	,000**	,000**	,000**

Примечание: * – $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$, Т – отличия на уровне тенденции: $p < 0,1$

Результаты показывают высокую степень значимости изменения хода кривой в зависимости от градации выраженности признака в каждой инструкции. Единственно, кривая ЭГ в условиях помехи амплитудой 70% не показала статистическое изменение средних значений в исследуемых градациях признака. Таким образом, можно сказать, что

степень неопределенности сигнала по градациям выраженности признака значимо влияла на ответы испытуемых. Чем неопределеннее был сигнал, тем меньше правильных ответов давали испытуемые. С увеличением интенсивности помехи психофизическая кривая в условиях ПП и ПЛ сглаживается, становится более пологой. В условиях помехи амплитудой 70% кривые ЭР и ЭГ практически остаются на одном уровне (для определения радости приблизительно на уровне 60%, а для грусти – на уровне случайного угадывания).

Необходимо подчеркнуть, что в ходе кривых наблюдается небольшой скачок показателей между градацией 1-2 выраженности признака. Апостериорные сравнения с поправкой Бонферрони градации 1-2 в каждой инструкции и типе помехи представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Апостериорные сравнения с поправкой Bonferroni градаций 1-2 выраженности признака

Категория стимулов	Интенсивность помехи			
	0%	30%	50%	70%
	поправка Бонферрони			
ЭР		,005**		
ЭГ				
ПП		,020*	,041*	
ПЛ	,000**		,036*	

Примечание: * – $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$

Результаты попарного сравнения показали, что в условиях помехи амплитудой 0% статистически значимые отличия между градацией 1 и 2 представлены только в инструкции ПЛ. В условиях 30% - при выполнении инструкции ЭР и ПП, а в условиях 50% - при ПП и ПЛ. В условиях 70% значимых отличий не найдено. Единственная кривая, в ходе которой не зафиксирован скачок, ни в одном из типов помех – ЭГ.

Проведен сравнительный анализ данных, полученных в психофизической серии исследования, с количеством измененных пикселей изображения. Регрессионный анализ показал значимый рост кривых в зависимости от градаций выраженности признака ($p < 0,001$). Аппроксимация данных выполнена прямой, квадратичной и кубической параболой. Выявлено, что во всех случаях регрессии значимы, что говорит о достоверном росте кривых в зависимости от градаций выраженности признака. По результатам

проведенного анализа можно сказать, что рост одной кривой статистически значимо сопровождается рост другой кривой.

Проверили гипотезу о пропорциональности изменений пикселей и правильных ответов в зависимости от градаций выраженности признаков. Результат регрессионного анализа показал, что это утверждение справедливо в отношении поворота ($\text{sig}=0,968$). Для эмоций получаем значимую регрессию ($\text{sig}=0,015$), а именно, отношение пикселей к ответам растет (пиксели растут быстрее ответов). В начале процесса пиксели растут быстрее, потом кривая выходит на плато, то есть, появляется пропорция (рисунок 31). Подробный анализ приведен в Приложении.

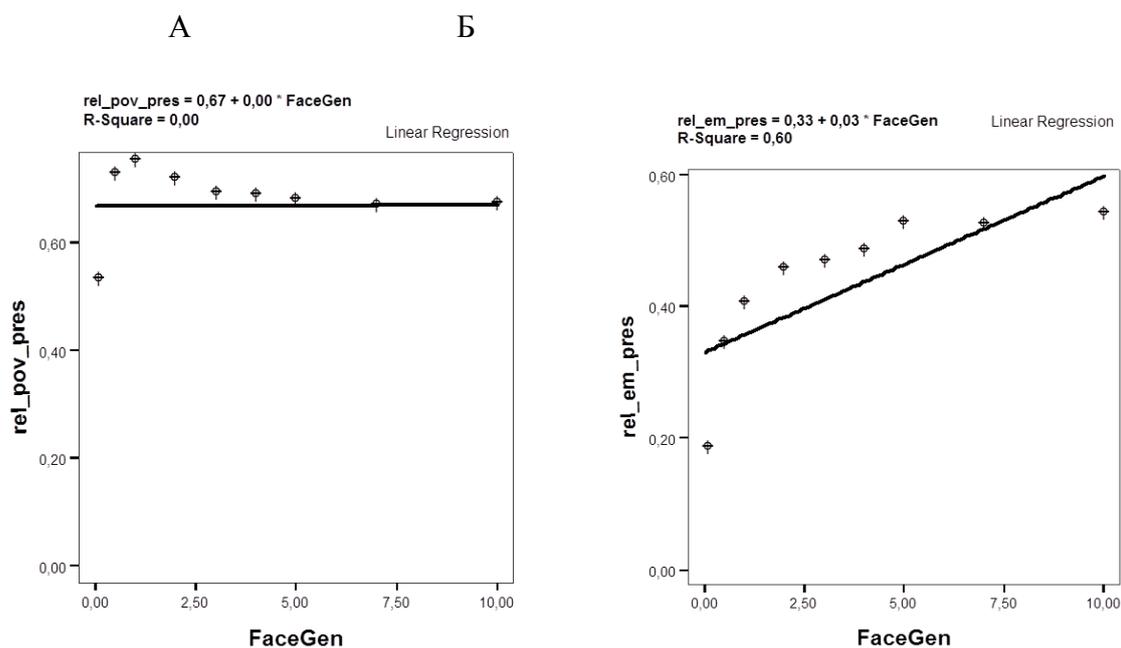


Рисунок 31 – Зависимость изменений пикселей и правильных ответов в зависимости от градаций выраженности признаков в задаче распознавания поворота (А) и эмоции (Б)

На втором шаге анализа рассматривали общие закономерности распознавания изображений лиц оптоклонов в различных условиях неопределенности сигнала по времени реакции добровольцев. Пороги распознавания признаков изображений в условиях помехи разной интенсивности приведены в таблице 18. Данные приводятся с указанием стандартной ошибки среднего (SE).

Таблица 18 – Пороги распознавания лица в зависимости от помехи

Категория стимулов	Средние значения по всей выборке	Интенсивность помехи			
		0%	30%	50%	70%
		M±SE			
ЭР	461,74±3,86	479,00±4,45	456,43±3,29	455,95±3,10	455,57±4,58
ЭГ	472,16±2,06	493,98±2,60	470,69±2,46	459,69±1,25	464,31±1,91
ПП	433,99±4,96	442,52±7,06	427,05±4,99	426,81±5,42	439,56±2,38
ПЛ	434,80±5,15	448,23±8,25	427,98±5,25	423,33±4,38	439,68±2,73

Согласно представленным данным средние значения времени реакции в задаче определения мимики: ЭР (461,74±3,86) и ЭГ (472,16±2,06) выше показателей в задаче определения ориентации: ПП (433,99±4,96) и ПЛ (434,80±5,15).

Динамика всех кривых показывает снижение средних значений с увеличением интенсивности помехи. При этом, максимальный спад в задаче определения поворота, приходится на шум интенсивностью 50%, а в задачах определения эмоции – на 50-70%. Результаты, отражающие зависимость времени реакции респондентов от градации выраженности признака (эмоции и поворота), в условиях разных типов помех представлены на рисунке 32.

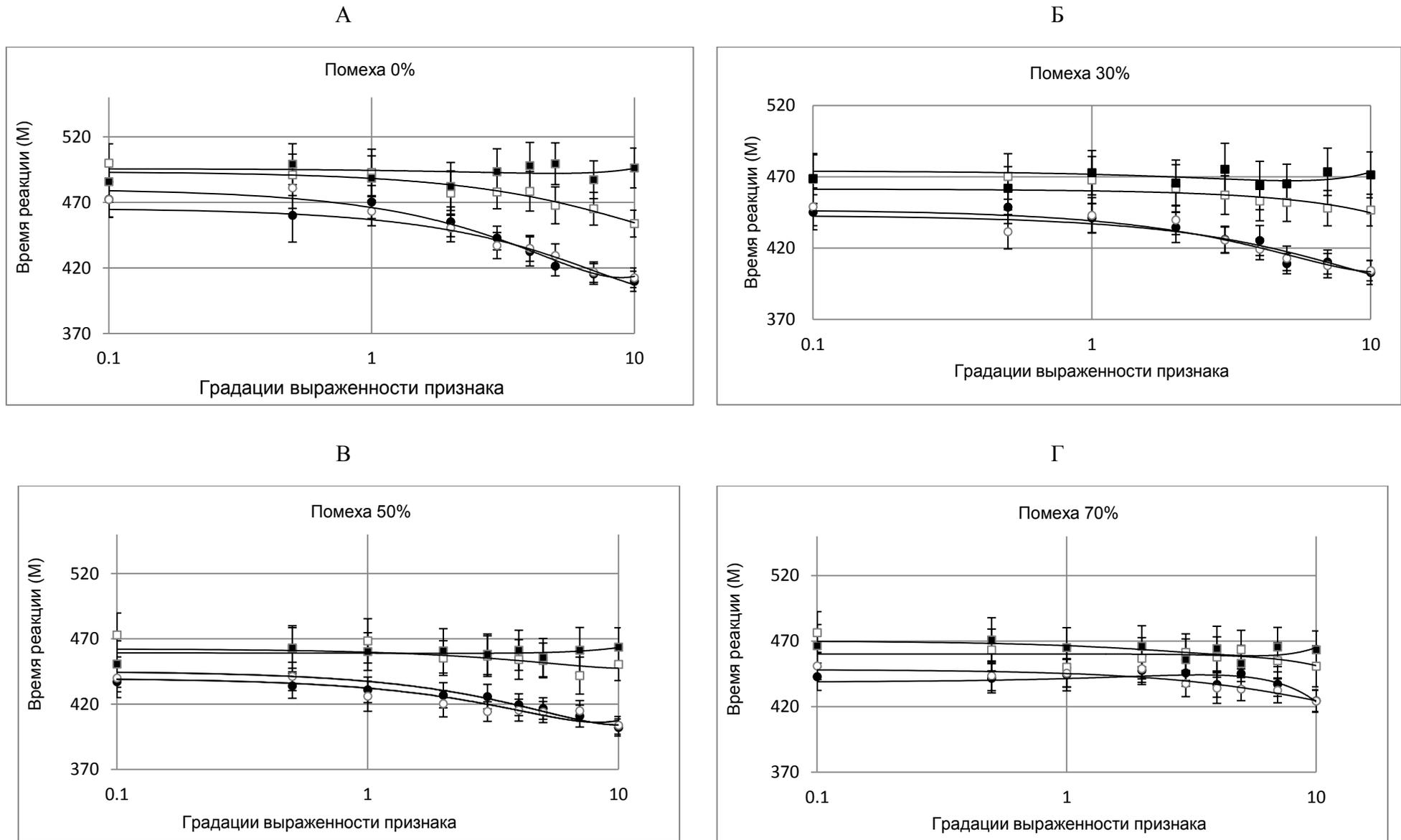


Рисунок 32 - Зависимость времени реакции от градации выраженности признака: А – в условиях отсутствия помехи, Б – в условиях помехи амплитудой 30%, В – 50%, Г – 70% с указанием ошибки среднего значения (SE)

Для того, чтобы показать отличия между средними значениями в отдельных градациях выраженности признака в условиях каждой инструкции, применили парный критерий Стьюдента (paired t-test) для сравнения средних величин двух связанных выборок (таблица 19).

Таблица 19 – Парный критерий Стьюдента (paired t-test) для сравнения средних величин связанных пар выборок

Помеха- 0%	Градации выраженности признака									
	0	0,1	0,5	1	2	3	4	5	7	10
ЭР_ПЛ						**	**	**	**	**
ЭГ-ПП	*					**	**	**	**	**
ЭР -ПП		*				*	**	**	**	**
ЭГ-ПЛ					*	**	**	**	**	**
ЭР-ЭГ		*				*		*	*	**
ПП-ПЛ	T									
Помеха- 30%										
ЭР_ПЛ			*			*	**	**	**	**
ЭГ-ПП	*			*	T	*	*	**	**	**
ЭР -ПП						*	T	**	**	**
ЭГ-ПЛ				*		*	*	**	**	**
ЭР-ЭГ	*								*	**
ПП-ПЛ			**							
Помеха- 50%										
ЭР_ПЛ		*		**	**	**	*	**	T	**
ЭГ-ПП			*	*	T	T	**	*	**	**
ЭР -ПП		*	T	*	T	*	*	**	*	**
ЭГ-ПЛ				**	**	**	**	**	*	**
ЭР-ЭГ		*								
ПП-ПЛ										
Помеха- 70%										
ЭР_ПЛ										
ЭГ-ПП	*									*
ЭР -ПП		*								
ЭГ-ПЛ									*	**
ЭР-ЭГ										
ПП-ПЛ										

Примечание: * – $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$, T – отличия на уровне тенденции

Результаты парного сравнения показывают, что распознавание признаков эмоции и поворота (ЭР-ПЛ, ЭГ-ПП, ЭР-ПП, ЭГ-ПЛ) статистически значимо отличаются, начиная с 3 градации вне зависимости от типа шума. Сравнение признаков только поворота (ПП-ПЛ), не выявил статистически значимых отличий. А сравнение признаков эмоции (ЭР-ЭГ) показало, что в условиях отсутствия шума или небольших его значениях (30%) происходит статистически значимое расхождение кривых на уровне 5 и 7 градации выраженности признака. В остальных условиях значимые отличия не выявлены.

Для оценки динамики хода каждой кривой применили дисперсионный анализ повторных измерений. Результаты приведены в таблице 20.

Таблица 20 – Критерии внутригрупповых эффектов

Категория стимулов	Интенсивность помехи			
	0%	30%	50%	70%
	поправка Грингауз-Гайссера			
ЭР	,002**			T
ЭГ				
ПП	,007 **	,031 **	,000 **	,448 **
ПЛ	,000 **	,000 **	,007 **	,038 **

Примечание: * – $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$, T – отличия на уровне тенденции: $p < 0,1$

Результаты проведенного дисперсионного анализа сводных показателей с поправкой Greenhouse-Geisser, выявил статистически значимые различия по всем уровням помех только в условиях определения поворота головы оптоклона. В условиях опознания эмоции радости наблюдаются статистически значимые отличия только в условии предъявления изображения без помехи (0%); в условиях помехи амплитудой 70% отличия выявлены только на уровне тенденции. А в условиях определения эмоции грусти нулевая гипотеза по всем уровням помех принимается, так как критерий выше уровня значимости ($p > 0,05$).

Полученные данные согласуются с результатами распознавания мимических экспрессий, полученными на базе существующих автоматизированных систем: FaceReader (Noldus, Нидерланды) и Emotion API (Microsoft, США). Результат распознавания мимики радости и грусти прямо ориентированного лица представлен на рисунке 33.

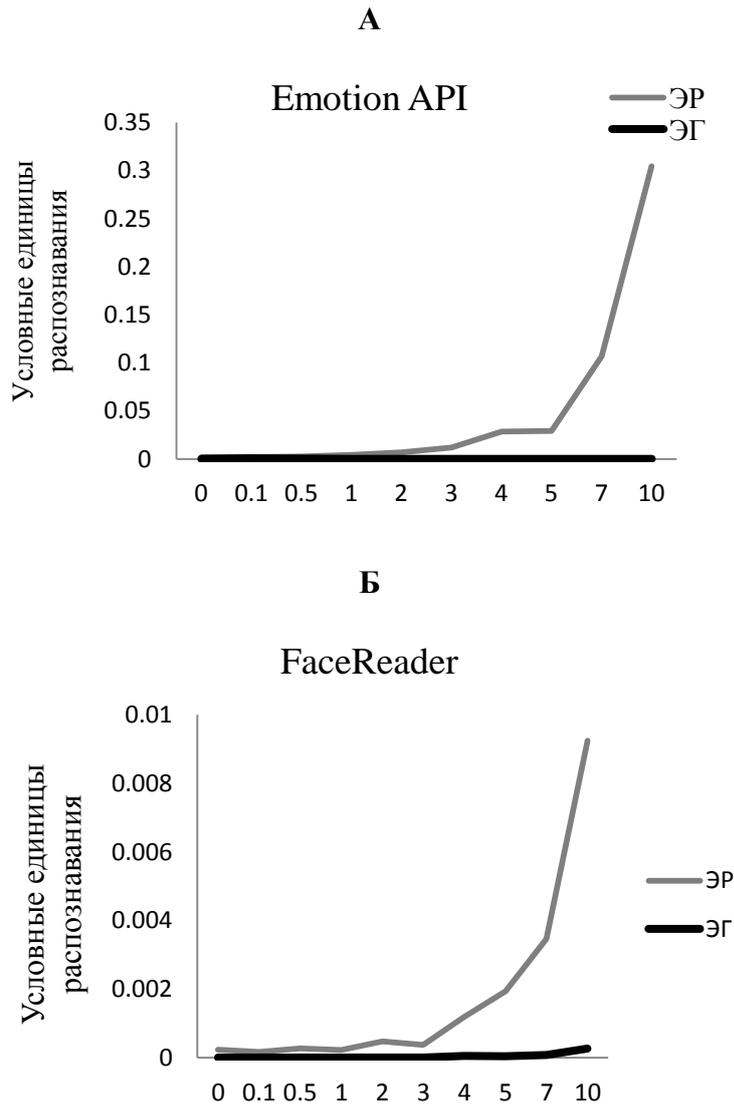


Рисунок 33 – Результат распознавания мимики радости и грусти проведенный на базе автоматизированных систем: А - Emotion API (Microsoft, США) и Б -FaceReader (Noldus, Нидерланды)

Видно, что автоматизированные программы распознают эмоцию радости, начиная с 5-ой градации, а эмоция грусти даже на максимальных уровнях выраженности мимической экспрессии практически не распознаётся.

3.2.2 Особенности распознавания изображений лиц в условиях высокой степени неопределенности сигнала

На первом этапе проведен корреляционный анализ показателей тревоги и восприятия нейтральной мимики оптоклонов по всей выборке испытуемых. Учитывали количество нажатий на правую (радость) или левую (грусть) клавиши мыши (далее по тексту – ОР) при восприятии изображений лиц и время реакции (далее по тексту – ВР).

Результаты приведены в таблице 21. По горизонтальной оси представлены шкалы по уровню тревоги испытуемых. По вертикальной оси - категории стимулов. Группы делятся на стимулы с определенным уровнем помехи (П0 - отсутствие помехи; П50 - помеха 50% и П70 - помеха 70%), ответы респондентов (ОР) и время реакции (ВР) добровольцев при оценивании эмоции радости (ЭР) или грусти (ЭГ) лица. Анализ взаимосвязей проводился с помощью метода ранговой корреляции Спирмена с использованием ρ -критерия.

Таблица 21 – Взаимосвязь компонентов ИТТ с ответами/реакцией испытуемых при восприятии нейтрального прямо ориентированного оптоклона

Категории стимулов	СТ-С		СТ-Л
	СЗ	ЭД	ЭД
П0_ОР_ЭР	-0,502 **		
П0_ОР_ЭГ	0,502**		
П0_ВР_ЭГ		0,372*	
П50_ВР_ЭГ		0,467*	0,436*
П70_ВР_ЭГ		0,519**	0,377*
П70_ВР_ЭР		0,407*	

Примечание: * – $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$.

Во-первых, по ответам респондентов с помощью коэффициента Спирмена (ρ) была получена достоверная связь между компонентом СЗ и восприятием положительной (радость) и отрицательной (грусть) мимики в структуре нейтрального лица на уровне $p < 0,01$. Так, чем чаще испытуемые принимали решение в пользу преобладания в мимике лица оптоклона экспрессии радости, тем слабее в группе был выражен компонент СЗ, связанный с проявлением ситуативной тревоги.

Во-вторых, по времени реакции респондентов получены достоверные связи между компонентом ЭД и восприятием положительной (радость) и отрицательной (грусть) мимики в структуре нейтрального лица на уровне $p < 0,05$. Все связи имеют положительную

направленность. Так, в условиях предъявления стимула без аддитивной некоррелированной помехи, чем больше времени требовалось испытуемым для определения мимики грусти, тем выше показатели по шкале ЭД, связанной с проявлением ситуативной тревоги. В условиях аддитивной помехи амплитудой 50% наблюдается такая же зависимость, но показатели по шкале ЭД распространяются не только на ситуативную, но и личностную тревожность. В условиях аддитивной помехи 70% зависимость времени реакции и показателей по шкале ЭД распространяется также и на определение в лице оптоклона мимики радости. Таким образом, можно предположить, что в напряженных условиях работы, с увеличением интенсивности помехи, время реакции увеличивается, что вызывает чувство эмоциональной напряженности и беспокойства у испытуемых.

На втором этапе провели корреляционный анализ по всем градациям выраженности признаков эмоции и поворота в условиях отсутствия помехи. Установлена статистически значимая связь между шкалами ситуационной тревоги: «эмоциональный дискомфорт», «астенический компонент» «фобический компонент» и «социальная реакция защиты» и ответами испытуемых при выполнении задач распознавания мимики и поворота головы. В таблице 22 приведены градации выраженности признаков, в которых была установлена статистически значимая связь со шкалами теста.

Таблица 22 – Взаимосвязь компонентов ИТТ с ответами испытуемых: ЭР-мимика радости, ЭГ – мимика грусти, ПП – поворот направо, ПЛ – поворот налево

Градация	Ситуационная тревога			
	ЭД	АСТ	ФОБ	СЗ
0				0,502**(ЭГ); -0,502**(ЭР)
0,1		0,396*(ПП)		
0,5		0,428*(ПП)		-0,468*(ЭР)
1		0,436*(ПП)		0,372*(ЭГ)
4	0,443*(ЭР)	0,426*(ЭР)	0,375*(ЭГ)	0,441**(ЭГ); 0,407*(ПЛ)

Примечание: * – $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$.

В условиях порогового наблюдения, для поворота головы (градации по шкале FaceGen – 1) и для эмоции (градации по шкале FaceGen – 4), наблюдается усиление тревоги. В надпороговых условиях статистически значимых зависимостей не выявлено.

Можно предположить, что в сложной неоднозначной обстановке (в условиях неопределенности) происходит «внутренняя мобилизация» состояния организма, выраженное в виде увеличения показателей тревоги. Как только ситуация становится определенной, уровень тревоги уменьшается.

Двухфакторный многомерный дисперсионный анализ по двум группам испытуемых, выявленных в психологической серии исследования, не выявил отличий в восприятии нейтральных лиц (результаты представлены в Приложении).

3.3 Результаты фМРТ-серии исследований

В разделе приводятся результаты серии фМРТ-исследований по закономерностям перестройки крупномасштабной нейронной сети головного мозга человека при распознавании лиц в условиях неопределенности. Гипотезы исследования:

1. Число измененных вокселей в сравниваемых картах откликов мозга, по данным фМРТ, на изменение мимики и поворотов головы, может быть связано с порогами распознавания, выявленными в психофизической серии исследования.

2. Принятие решения о различных свойствах стимулов осуществляется путем перераспределения активности между областями мозга. Структуры мозга, обеспечивающие важнейшие когнитивные процессы, взаимодействуют по принципу синхронности и оппонентности, т.е. осуществляют решения по множественным критериям и по конфликтующим оценкам.

3. Существенными факторами неопределенности, вызывающими значительную перестройку крупномасштабной нейронной сети, является смена инструкции и низкая вероятность повтора стимула. В условиях высокой вероятности повтора стимула эффект привыкания к мимике будет выражен сильнее в сравнении с условиями предъявления с низкой вероятностью повтора тестовых изображений.

3.3.1 Результаты первой серии фМРТ-исследований

По результатам анализа определены области с максимальным уровнем активации для каждой экспериментальной парадигмы. В данном разделе акцент был сделан на сравнении количественных показателей вокселей головного мозга с пикселями изображения лица и правильными ответами добровольцев. Исследовали динамику активацию вокселей при увеличении градации выраженности признака. Было сделано предположение, что кривые в психофизической и фМРТ-серии будут похожи.

Методом статистического параметрического картирования были построены индивидуальные карты активации для каждого испытуемого. На рисунке 34-35 приведены примеры индивидуальных карт активации головного мозга при распознавании поворота головы и эмоции оптоклонов. Результаты представлены на одном и том же испытуемом. Использовали вычитания фаз стимуляции, в которых были представлены разные градации выраженности поворота и эмоции с фазой, в которой предъявляли нейтральное прямо ориентированное лицо.

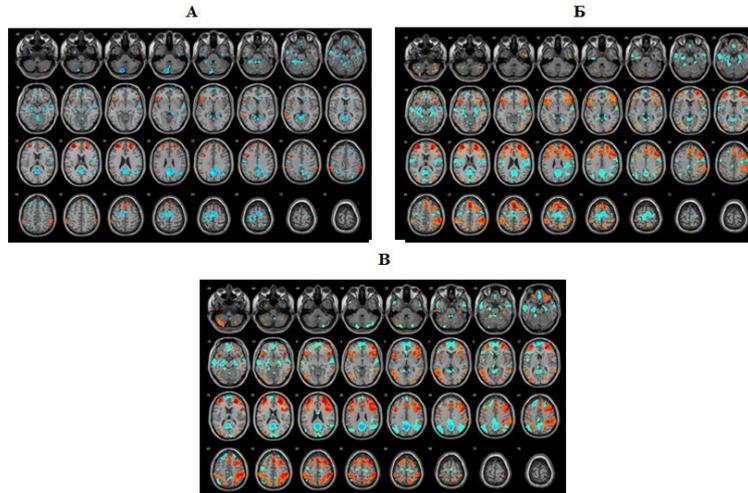


Рисунок 34 – Индивидуальные карты активации, полученные при вычитании фаз с различной степенью выраженности поворота головы по шкале FaceGen в сравнении с прямо ориентированным лицом: А – показана активация при вычитании «фаза 0 – фаза 2»; Б – при вычитании «фаза 0 – фаза 4»; В – при вычитании «фаза 0 – фаза 7», где цифры обозначают степень выраженности признака поворота головы (без FDR-corr., $p < 0.001$)

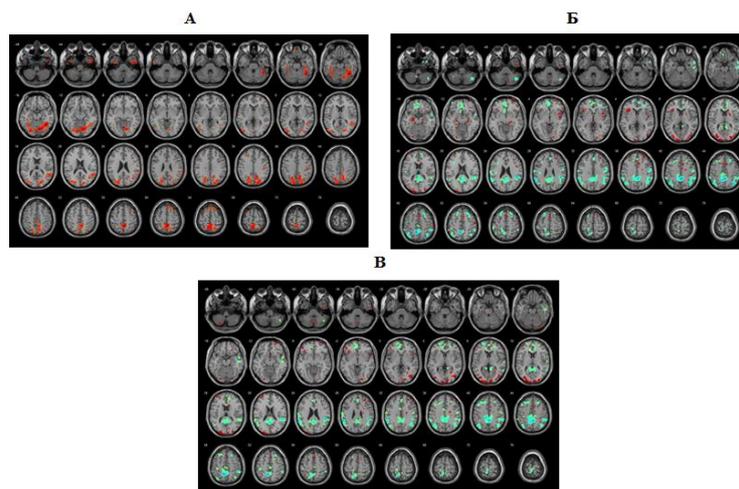


Рисунок 35 – Индивидуальные карты активации, полученные при вычитании фаз с различной степенью выраженности признака эмоции лица по шкале FaceGen в сравнении с нейтральным лицом: А – показана активация при вычитании «фаза 0 – фаза 2»; Б – при вычитании «фаза 0 – фаза 4»; В – при вычитании «фаза 0 – фаза 7», где цифры обозначают степень выраженности признака эмоции (без FDR-corr., $p < 0.001$)

Видно, что с увеличением степени выраженности поворота, активация возрастает. Полученные данные согласуются с опубликованными ранее исследованиями. Так, в работе по измерению порогов восприятия пространственной частоты оптотипов было показано, что при остроте зрения 0,1 испытуемые без коррекции различают предъявляемые тест-изображения с пространственной частотой элементов Габора лишь 4 цикл/град (Шелепин, 2014; Коскин и др., 2009). При использовании более высокочастотных стимулов без коррекции активацию не удавалось зарегистрировать, так как испытуемые не различали смены ориентации (вращения) элементов Габора в матрицах. Соответственно, можно предположить, что существует взаимосвязь между характеристиками стимула и процентом активированных вокселей в головном мозге человека. При распознавании мимики лица зависимость уровня активации от степени неопределенности сигнала отличается от распознавания поворота.

Данные, полученные у одного человека, частично соответствуют результатам измерений активности мозга для группы испытуемых. На рисунке 36 представлены карты активации по группе в максимальной степени выраженности признака (градация 7) при распознавании поворота головы (рисунок 36, А) и эмоции (рисунок 36, Б).

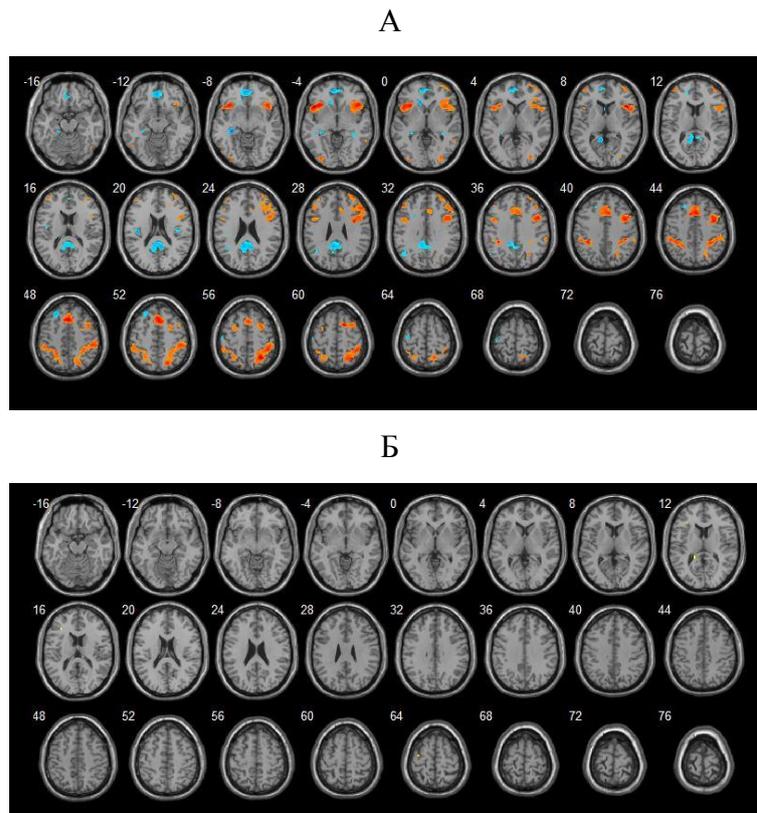


Рисунок 36 - Карты активации головного мозга, усредненные на группе испытуемых N=14, соответствующие распознаванию градации 7 выраженности признака поворота головы (А) и эмоции (Б) (без FDR-corr., $p < 0.001$)

Результаты при усреднении данных не показали статистически значимой активации в условиях распознавании мимики лица. Хотя, на индивидуальных картах, активация есть и на

высоком уровне статистической значимости ($p < 0.001$). Данный результат позволяет предположить большую вариативность в активации зон при распознавании мимики.

На следующем этапе анализа использовали данные по количеству вокселей по индивидуальным картам активации. На рисунке 37 представлен количественный анализ суммарной активации по всему головному мозгу. За 100% принято общее количество вокселей в головном мозге. Различия по вокселям являются значимыми на уровне $p < 0,01$ (без коррекции на множественные сравнения). Напомним, что в фМРТ-исследовании предъявляли изображения лиц с помехой 50%. Если усреднить психофизические кривые ПП и ПЛ, а также ЭР и ЭГ в две кривые поворота и эмоции и оставить только 3 точки, то получим кривые со схожей динамикой в данных, полученных в фМРТ-исследовании.

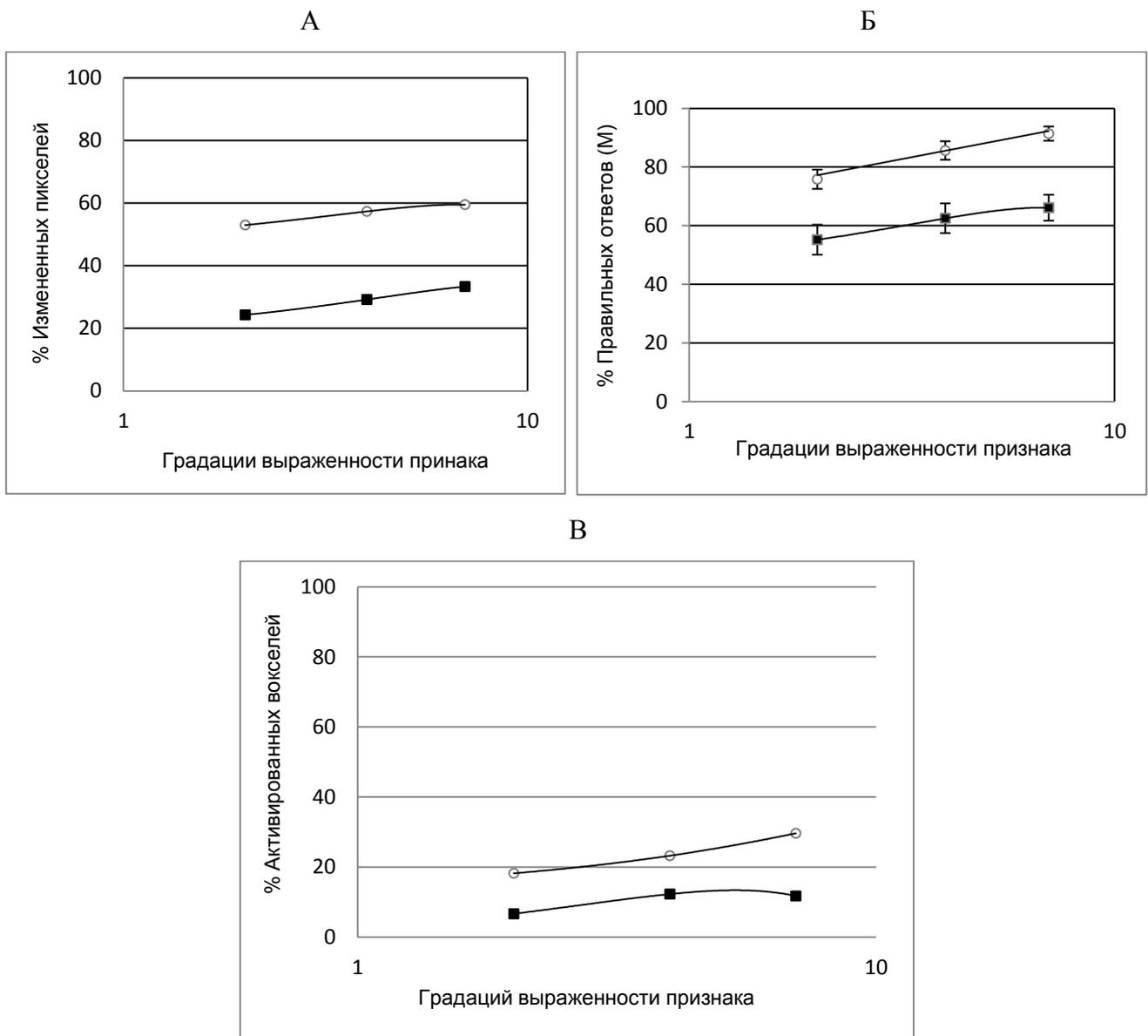


Рисунок 37 – Сравнительная характеристика нескольких параметров стимуляции: А - % измененных пикселей; Б- % правильных ответов и В -% активированных вокселей (указаны средние значения по группе наблюдателей с указанием стандартной ошибки среднего значения (SE). Приведены полиномиальные линии тренда

Методом регрессионного анализа проверили значимость роста значений в зависимости от значений градаций выраженности признака по каждой кривой. Результаты значимостей углов наклона прямых, аппроксимирующих данные по трем градациям выраженности признака – 2, 4, 7, представлены в сводной таблице 23 и Приложении.

Таблица 23 – Сводная таблица значимостей регрессионного анализа

Наименование	p
% правильных ответов_ поворот	<,001***
% правильных ответов_ эмоция	,001**
% измененных пикселей_ поворот	,212
% измененных пикселей_ эмоция	,101+
% активированных вокселей_ поворот	,029*
% активированных вокселей_ эмоция	,463

Таким образом, психофизическая и фМРТ-серии исследований на группе испытуемых показали, что, действительно, существует статистически значимая зависимость роста значений по пикселям, правильным ответам и вокселям от значений градаций выраженности признака. Можно сказать, что кривые «идут в параллель». В большей степени данная зависимость выражена в отношении распознавания поворота, в меньшей степени – в отношении эмоции, что, видимо, связано с вариабельностью параметров по испытуемым в данной задаче.

3.3.2 Результаты второй серии фМРТ-исследований

Гипотеза данной серии исследования заключалось в том, что существенными фактором неопределенности, вызывающим значительную перестройку крупномасштабной нейронной сети, является смена инструкции.

Рассмотрим карты активации, полученные путем вычитания результатов в различных фазах стимуляции. Первая рассматриваемая экспериментальная парадигма – это сравнение двух условий (фаз стимуляции), при которых инструкция оставалась одной и той же, но менялся тип изображения: предъявляли либо нейтральные прямо ориентированные лица, либо оптоклонов с мимической экспрессией, повернутых в разные стороны (рисунок 38). Таким образом, менялась структура изображения, но не инструкция.

В задаче определения поворота (фаза 1- фаза 2) мы наблюдаем два паттерна активации, обозначенные на рисунке разными цветами. Красным цветом отмечена активация в условии вычитания фаза 1 – фаза 2, а голубым – обратное вычитание: фаза 2 – фаза 1. В первом случае мы наблюдаем специфический паттерн сети распознавания лиц: активация классических, ответственных за распознавание изображений лиц (например, фузиформная извилина, ВА37), и

дополнительных зон мозга, которые зависят от инструкции и других экспериментальных условий (Нахбу, 2000). В наших условиях стимуляции - это области во фронтальной (ВА10, ВА9, ВА8, ВА32), теменной (ВА40, ВА7) и премоторной (ВА6) коре. Важно подчеркнуть, что представленный метод позволяет видеть только разницу в активации областей в режиме предъявления изображений в фазах 1 и 2. Поэтому на рисунке области, активируемые одинаково в обоих режимах, не видны, и поэтому не окрашены. Например, не видно активации первичной зрительной коры. Очевидно, что это является фундаментальным ограничением метода.

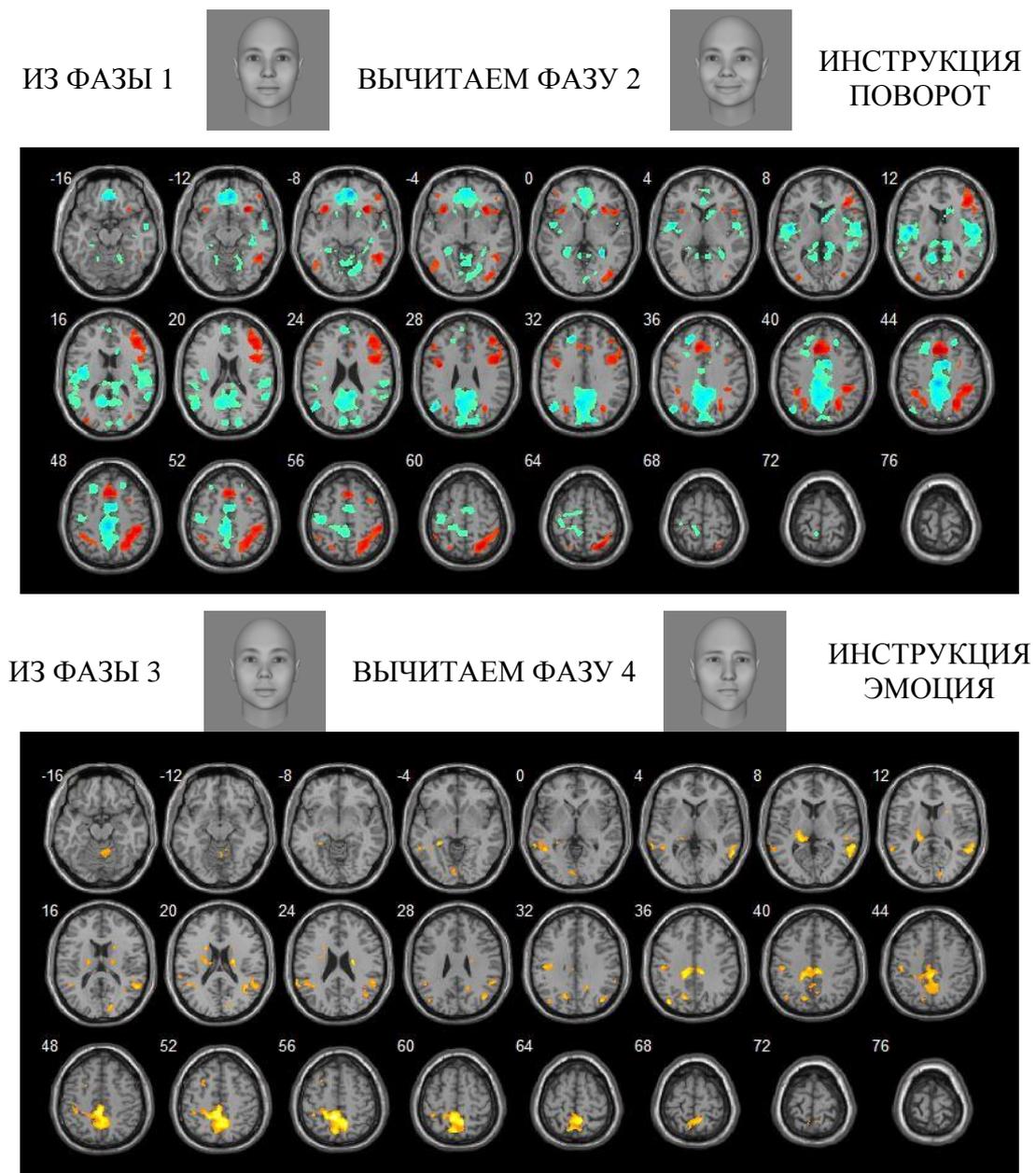


Рисунок 38 –Карты активации, полученные при вычитании двух фаз стимуляции: в задаче определения поворота (фаза 1- фаза 2) и мимической экспрессии лица (фаза 3-фаза 4). Данные усреднены на группе добровольцев, N=24 (без FDR-corr., $p < 0.001$)

Во втором случае, мы наблюдаем отличный паттерн активации, который включает медиальную префронтальную кору (BA9, BA10, BA11, BA24), височно-теменной стык (BA39, BA40, BA22), предклинье и заднюю поясную извилину (BA23, BA29, BA30, BA31) (Van Overwalle, 2009; Amodio et al., 2006; Brass et al., 2007; De Lange et al., 2008). В современных исследованиях данный паттерн определяют, как «сеть по умолчанию» или «сеть базового режима» (Raichle et al., 2001). Основная особенность данной сети заключается в том, что она наиболее активна при отсутствии внешних раздражителей, в состоянии относительного покоя. В наших экспериментальных условиях покоя не было, но стимулы, предъявляемые в фазе 2 (оптоклоны с выраженной мимической экспрессией и поворотом) казались добровольцам более очевидной, а значит, можно предположить, и более простой задачей в сравнении с фазой 1, когда предъявлялись нейтральные прямо ориентированные оптоклоны. Напомним, что испытуемые не были уведомлены об отсутствии изучаемых признаков (поворота и эмоции) в изображениях, что делало задачу крайне сложной в решении. Подтверждением данного предположения могут служить данные по ответам и времени реакции испытуемых, представленные на рисунках 39-40.

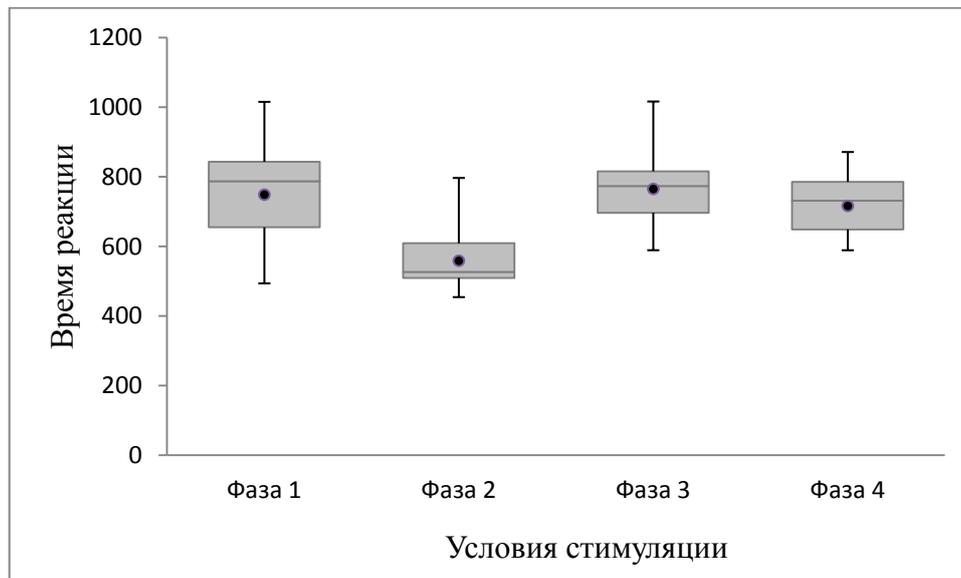


Рисунок 39 – Диаграмма размаха по времени реакции испытуемых при распознавании поворота и эмоции в 4 фазах стимуляции. По оси ординат указаны отклонения данного параметра от среднего значения. По оси абсцисс – фазы стимуляции. Черные точки – среднее значение по выборке (N=22)

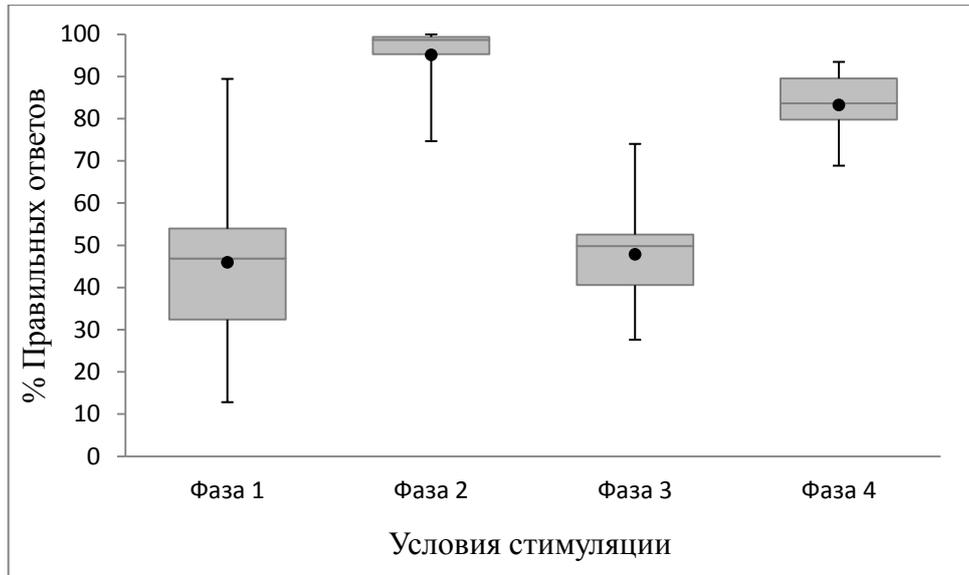


Рисунок 40 – Диаграмма размаха по ответам добровольцев при распознавании поворота и эмоции в 4 фазах стимуляции. По оси ординат указаны отклонения данного параметра от среднего для испытуемого значения. По оси абсцисс – фазы стимуляции. В фазе 1 и 3 считали процент нажатия на правую и левую клавиши мыши. В качестве примера представлены значения по выбору правого поворота и эмоции радости. В фазах 2 и 4 – процент правильных ответов испытуемых. Черные точки – среднее значение по выборке (N=22)

Как видно из представленных данных, распознавание эмоции и поворота в условиях предъявления изображений нейтральных прямо ориентированных лиц (фазы 1 и 3) представляло значительную сложность для испытуемых, что нашло отражение в более медленной скорости реакции. Процент нажатий испытуемыми на правую и левую клавиши мыши при выполнении разных инструкций в целом располагается возле планки 50%. Распознавание эмоции и поворота головы в условиях предъявления оптоклонов с выраженной мимической экспрессией и поворотом (фазы 2 и 4) оказалось более очевидной и, вероятно, легкой задачей. Так, процент правильных ответов при распознавании поворота в среднем составил 95,13%, а эмоции – 83,26%. Скорость реакции же при распознавании поворота в среднем составила 558,55 мс, а эмоции - 715,98 мс. При этом, необходимо отметить, что распознавание поворота в фазе 2 значительно отличается от распознавания эмоции в фазе 4 по всем указанным показателям ($p < 0,001$).

При анализе паттернов активации представляет интерес активность в области медиальной префронтальной коры. Как представлено на рисунке 33, мы видим активацию данной области и при прямом и при обратном вычитании. Важно подчеркнуть, что в условиях данной инструкции в область медиальной фронтальной коры вошли те же префронтальные области коры (BA9, BA10), которые были активированы и в фазе 1, но локализация этих областей в раз личных фазах отличается. Так, например, при вычитании «фаза 1 – фаза 2» зоны

префронтальных областей локализованы преимущественно в нижней фронтальной извилине, а при вычитании «фаза 2 – фаза 1» – в медиальной и средней лобных извилинах.

В задаче определения мимических экспрессий (фаза 3 – фаза 4) мы наблюдаем совершенно отличную картину (рисунок 33). С одной стороны, экспериментальная парадигма остается такой же: меняется структура изображения, но не инструкция. Соответственно, можно было бы предположить, что мы увидим такие же закономерности в картах активациях, как и при выполнении задачи распознавания поворота лица. Но этого не происходит. Более того, мы наблюдаем существенные изменения во всей сети распознавания лица. Так, мы наблюдаем активацию в теменной коре (BA7, BA40, BA31) только при обратном вычитании, когда из фазы 4 (предъявление лиц с выраженной мимической экспрессией и поворотами) вычитаем фазу 3 (предъявление лиц с нейтральной эмоцией и ориентированных прямо).

Данные результаты согласуются с предыдущими психофизическими и фМРТ-сериями исследования. Так, порог распознавания мимических экспрессий соответствует градации 2 для эмоции радости (58,6%) и практически градации 10 для эмоции грусти (60%). Таким образом, несмотря на выравненность структуры изображения по количеству измененных пикселей, испытуемые эмоцию грусти распознают хуже, чем эмоцию радости. Еще более сложная ситуация предстоит в оценивании нейтрального лица, конфигуративные связи которого непосредственно включены в порождение впечатлений и об экспрессиях, и об индивидуально-психологических особенностях их носителя (Барабанщиков и др., 2012).

Данные исследования подтверждаются результатами распознавания нейтральных лиц программой Emotion API (Microsoft, США) (рисунок 41). Согласно представленным данным мимика нейтрального лица также обладает признаками, характерными для других эмоций. Таким образом, можно предположить, что испытуемый, оценивая стимулы в двух фазах стимуляции, оценивал их как эмоциональные изображения, что могло вызвать активацию одного и того же паттерна крупномасштабной нейронной сети. Согласно методике проведения фМРТ, карты активации рассчитываются на основе вычитания одной фазы из другой. Соответственно, на рисунках области, активируемые одинаково в обоих режимах, не видны и поэтому не окрашены. Очевидно, что это является фундаментальным ограничением метода.

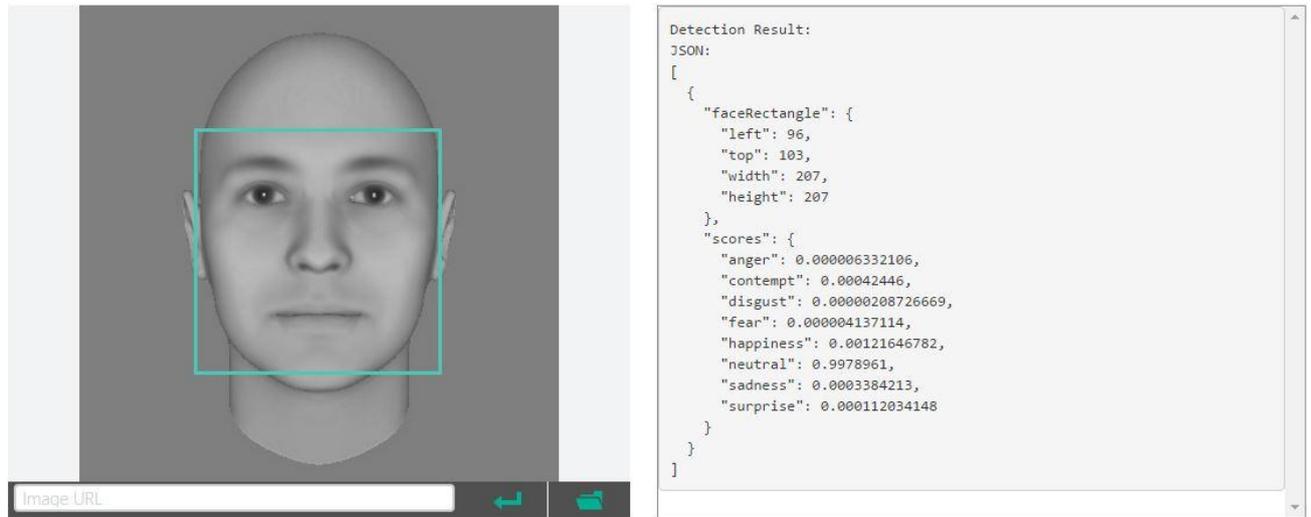


Рисунок 41 – Результаты распознавания нейтральных лиц программой Emotion API (Microsoft, США). Слева представлено оригинальное изображение лица оптоклона, а справа – результат распознавания программой

Единственные области, которые были активированы при обратном вычитании фаза 4 – фаза 3 – зоны теменной коры (BA40, BA7). Теменная кора играет ключевую роль в пространственном внимании, описании пространства, пространственных отношениях, отношениях между индивидуумами, индивидуумом и добычей (Nuvarinen et al., 1979). Можно предположить, что испытуемый, выполняя инструкцию определения мимики, неосознанно оценивал также и ориентацию лица в пространстве.

Вторая рассматриваемая экспериментальная парадигма – это сравнение двух условий (фаз стимуляции), при которых тип изображения оставался одним и тем же, но меняется инструкция: в обеих фазах стимуляции предъявляли либо только нейтральные лица, ориентированные прямо, либо только лица с мимической экспрессией, повернутые в разные стороны. Таким образом, менялась инструкция, но не структура изображения. Необходимо отметить, что при вычитании фаза 2 – фаза 4 мы имеем дело со стимулами, в которых присутствует оба изучаемых признака: и эмоция, и поворот. А, при вычитании фаза 1 – фаза 3 мы имеем дело с изображением, где оба признака отсутствуют. Полученные в процессе вычитания карты активации представлены на рисунке 42.

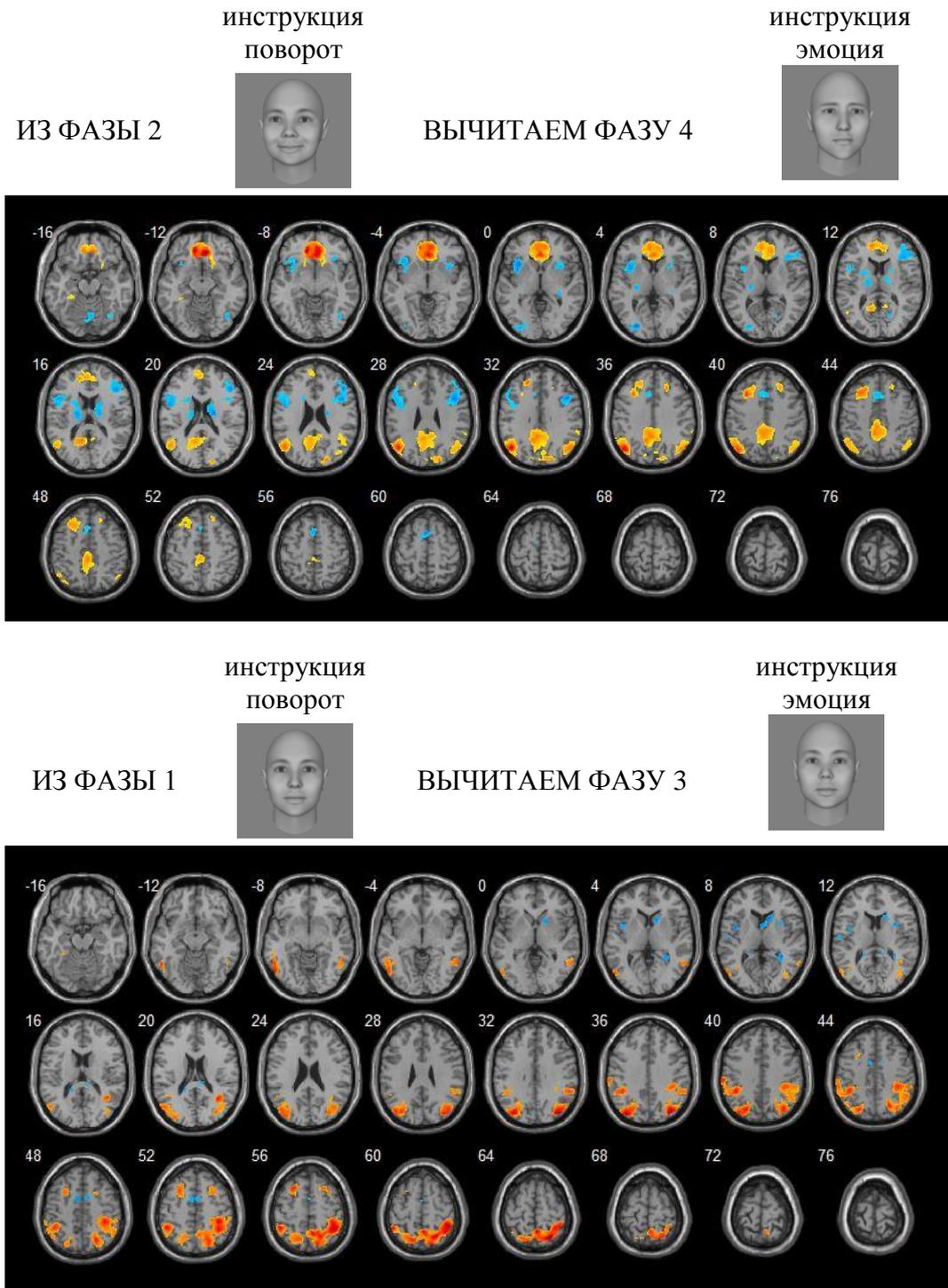


Рисунок 42 - Карты активации, полученные при вычитании двух фаз стимуляции: фаза 2 – фаза 4, в обеих фазах предъявляли эмоциональные лица, повернутые в разные стороны; фаза 1 – фаза 3, в обеих фазах предъявляли нейтральные лица, ориентированные прямо. Менялась только инструкция. Данные усреднены на группе испытуемых, $N=24$ (без FDR-corr., $p < 0.001$)

В условиях предъявления лиц с мимической экспрессией, ориентированных в разные стороны (фаза 2 – фаза 4), мы наблюдаем два паттерна активации, обозначенные на рисунке разными цветами. Желтым цветом обозначена активация при выполнении задачи поворота, а

голубым – при выполнении задачи эмоции. Напомним, что в стимулах, предъявляемые в обеих фазах стимуляции присутствовали оба явно выраженных признака: и поворот, и эмоция. Можно предположить, что при наличии обоих очевидных признаков, происходит автоматическое их сравнение по какому-либо принципу (степени релевантности, значимости, сложности) (Хараузов, 2017). Видимо, с этим связана активация паттерна сети базового режима в задаче определения поворота. В задаче распознавания эмоции мы наблюдаем активацию в областях мозга, отвечающих за эмоциональное восприятие стимулов (например, в островковой доле конечного мозга - инселе). Также наблюдается активация в путамине – области мозга, которая, предположительно связана с обучением с подкреплением, подготовкой и управлением двигательной активностью, участием в когнитивных функциях. Вероятно, активация данной области при распознавании эмоции связана с тем, что данная задача была более сложной для испытуемых (рисунки 35-36).

В условиях предъявления лиц с нейтральной эмоцией, ориентированных прямо (фаза 1 – фаза 3), согласно шкалам FaceGen, оба изучаемых признака отсутствовали: не было ни эмоции, ни поворота головы. По сути, в данной фазе был применен «аналог проективного теста», основанный на необходимости оценивать неопределенную и многозначную ситуацию. В итоге мы наблюдаем два паттерна активации. Оранжевым цветом – отмечена активация в задаче распознавания поворота, что, ожидаемо, вызвало активацию дорсальных зрительных путей, ответственных за описание пространственных отношений. А голубым цветом – отмечена активация в задаче распознавания эмоции, что повлекло активацию областей, ответственных за эмоциональное восприятие стимулов, характерных для наших условий стимуляций (активация островковой доли конечного мозга).

Таким образом, на данном этапе удалось установить, что в различных условиях стимуляции, например, в условии, когда менялась структура изображения, но не инструкция и наоборот, когда менялась инструкция, но не структура изображения, мы наблюдаем активацию различных паттернов крупномасштабной нейронной сети головного мозга человека. Перестройка нейронной сети определяется самой задачей, стимулами–изображениями, их физическими, геометрическими и семантическими характеристиками, структурами глаза и «зрительного мозга», обеспечивающими восприятие, узнавание и понимание и, естественно, планирования ответных действий. При наличии нескольких условий стимуляции (например, при наличии и поворота и эмоции) вероятно, происходит их автоматическое сравнение и оценка их физических и семантических характеристик. Причем данное сравнение определяется не только инструкцией, но и другими параметрами. Так, в задаче распознавания эмоции мы наблюдаем активацию также и дорсальных зрительных путей, ответственных за описание пространственных отношений, а в задаче распознавания поворота – наблюдаем активацию в

медиальной префронтальной коре, ответственной, в том числе и за осознанное и неосознанное сопереживание текущему эмоциональному состоянию другого человека.

3.3.3 Результаты третьей серии фМРТ-исследований

Гипотеза данной серии исследования заключалась в том, что существенными фактором неопределенности, вызывающим значительную перестройку крупномасштабной нейронной сети, является вероятность повтора стимула.

На первом этапе анализа были построены карты активации, которые были разделены на первую и вторую половину исследования по 6,25 минут каждая, и проведен статистический анализ данных по общему количеству вокселей. Описательные статистики представлены средними значениями, стандартными отклонениями и стандартными ошибками по каждому уровню факторов. На графиках изображены средние значения (M) и стандартные ошибки SE. При анализе данных использовался смешанный дисперсионный анализ $2 \times 2 \times 2$ Mixed ANOVA, Факторы: вычитание «фаза 1 – фаза 2» и «фаза 2 – фаза 1»; первая и вторая половина исследования; парадигмы предъявления одного и разных лиц. Парные сравнения проводились с использованием Bonferroni Post hoc тестов и тестов простых эффектов. При сравнении отдельных срезов и зон Бродмана применялись критерии для зависимых переменных – t-test и критерий Вилкоксона. Обозначения: «*» – $p < 0,05$, «**» – $p < 0,01$, «***» – $p < 0,001$, «+» – тенденция к различию.

На рисунках 43-45 представлены графики средних значений активированных вокселей в зависимости от различных экспериментальных факторов.

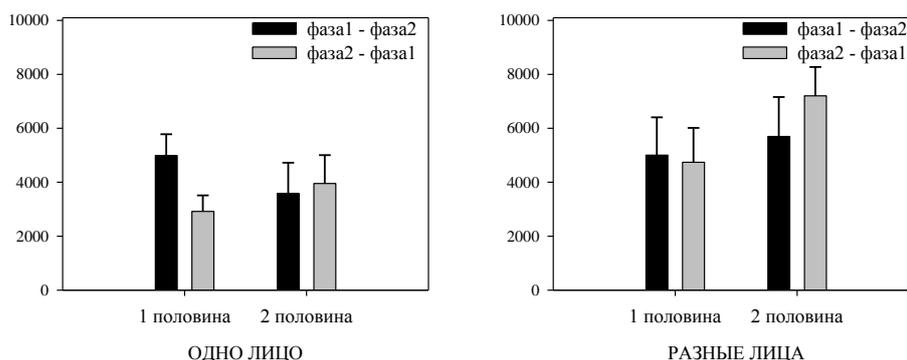


Рисунок 43 – Зависимость среднего количества активированных вокселей от различных типов вычитания и половины исследования в рамках разных экспериментальных парадигм: предъявление одного и разных лиц

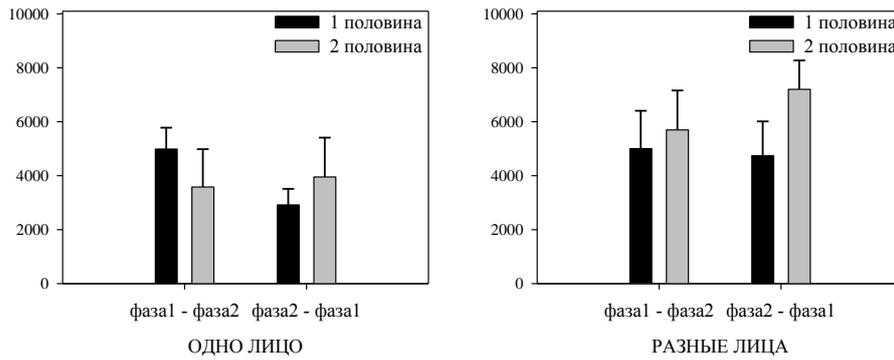


Рисунок 44 – Зависимость среднего количества активированных вокселей от половины и различных типов вычитания в рамках разных экспериментальных парадигм: предъявление одного и разных лиц

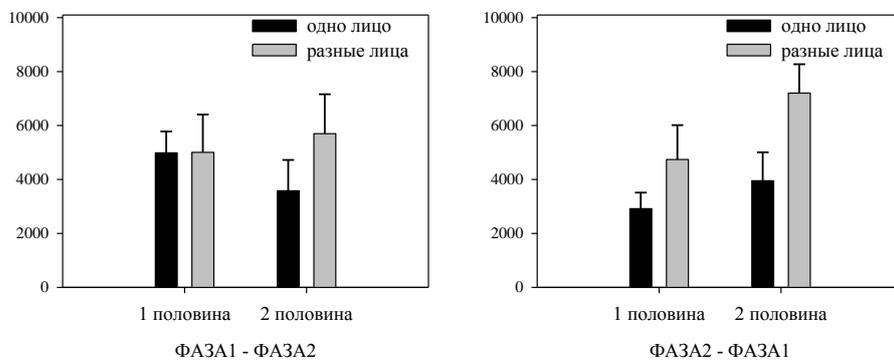


Рисунок 45 – Зависимость среднего количества активированных вокселей в зависимости от экспериментальной парадигмы и половины исследования

Смешанный дисперсионный анализ (Test of Between-Subject Effects) и тест парных сравнений (Pairwise Comparisons) подтверждают статистически значимое отличие количества активированных вокселей по различным экспериментальным факторам:

— в условиях вычитания "фаза 2 - фаза 1" стимуляции количество активированных вокселей в среднем по группе добровольцев в условиях предъявления одного лица статистически значимо меньше в сравнении с условиями предъявления разных лиц (Одно лицо < Разные лица, $F(1,20) = 4,95$, $*p = 0,038$, суммарно по стадиям);

— в условиях вычитания "фаза 2 - фаза 1" стимуляции количество активированных вокселей в первой половине исследования меньше, чем во второй половине на уровне тенденции ($1 \text{ половина} \leq 2 \text{ половина}$, $p = 0,067+$ (суммарно по одному и разным лицам));

— в условиях вычитания "фаза 2 - фаза 1" стимуляции во второй половине исследования в условиях предъявления одного лица количество активированных вокселей статистически значимо меньше в сравнении с условием предъявления разных лиц (Одно лицо < Разные лица, $*p = 0,042$);

— в условиях вычитания "фаза 2 - фаза 1" стимуляции в условиях предъявления разных лиц количество активированных вокселей меньше в первой половине исследования в сравнении со второй на уровне тенденции ($1 \text{ половина} \leq 2 \text{ половина}$, $p=0,068+$).

— суммарно по фазам исследования во второй половине исследования количество активированных вокселей в условиях предъявления одного лица статистически значимо меньше в сравнении с условием предъявления разных лиц (Одно лицо < Разные лица, $*p=0,05$);

— в первой половине исследования в условиях предъявления одного лица количество активированных вокселей при вычитании "фаза 1- фаза 2" исследования меньше в сравнении с вычитанием "фаза 2 - фаза 1" на уровне тенденции ("фаза 1-фаза 2" \leq "фаза 2 - фаза 1", $p=0,062+$).

На втором этапе обработки данных было проанализировано количество активированных вокселей на каждом отдельном срезе по группе испытуемых. Всего было проанализировано 32 среза. Сравнивали 1 и 2 половину для каждого фактора исследования. Критерий Вилкоксона (Wilcoxon Signed Ranks Test) для зависимых переменных в условиях вычитания «фаза 1 – фаза 2» показал статистически значимые отличия:

— в условиях предъявления разных лиц на уровне срезов 36 ($*p=0.038$) и 40 ($*p=0.028$). На данных срезах отображена преимущественно активация фронтальной (ВА9), премоторной (ВА6) и теменной коры (ВА40 и ВА7).

— в условиях предъявления одного лица на уровне срезов: 28 ($**p=0.005$), 40 ($**p=0.003$), 44 ($*p=0,033$), 52 ($*p=0,041$), 56 ($*p=0,016$), 60 ($**p=0,006$), 64 ($**p=0.003$), 68 ($*p=0.033$). Срез 28 отображает преимущественно активацию ВА9 - области фронтальной коры головного мозга. Остальные срезы - активацию областей премоторной (ВА6) и теменной коры (ВА40).

В условиях вычитания "фаза 2-фаза 1" статистически значимые отличия найдены:

— в условиях предъявления разных лиц на уровне срезов 8 ($*p=0.05$), 16 ($*p=0.033$) и 20 ($*p=0.023$). На данных срезах отображается активация преимущественно передней поясной извилины - MPFC.

— в условиях предъявления одинаковых лиц на уровне срезов 44 ($*p=0.05$) и 48 ($**p=0.009$), что соответствует теменной коре.

На третьем этапе анализировали количество активированных вокселей по полям Бродмана. Отличия от второго этапа анализа заключается в том, что на предыдущем шаге мы анализировали крупномасштабные нейронные сети - целые паттерны активации, в которые могло входить разные зоны по Бродману. А на третьем этапе - только отдельные цитоархитектонические поля, под которыми понимаем отделы коры больших полушарий головного мозга, отличающиеся по своей цитоархитектонике (строению на клеточном уровне) в 1 и 2 половину исследования. Критерий Уилкоксона (Wilcoxon Signed Ranks Test) для

зависимых переменных показал значимые отличия только в условиях предъявления разных лиц: в переднем мозге в области путамен (* $p=0.026$), в височной коре в зоне BA37 (* $p=0,050$) и теменной коре в зоне BA40 (* $p=0.026$).

Статистически значимого влияния пола и принадлежности к группе студент-не студент не выявлено.

3.3.4 Оценка изменения BOLD-сигнала

На каждом этапе анализа фМРТ-данных проводили оценку BOLD-сигнала. Так, во всех экспериментах было показано, что среднее значение интенсивности BOLD-сигнала в различных фазах стимуляции не меняется, несмотря на изменение общей площади активации (таблица 24). Небольшое изменение интенсивности сигнала наблюдается в условиях выполнения инструкции в задаче определения поворота лица (фаза 2).

Таблица 24 - Данные по количеству вокселей и интенсивности BOLD-сигнала в 1 и 2 фазы стимуляции в 3 фМРТ исследовании

Фаза 1	Эмоции	Поворот
Количество вокселей $\times 10^3$	41,2	32,9
Среднее значение интенсивности BOLD-сигнала	4,7	4,48
Фаза 2	Эмоции	Поворот
Количество вокселей $\times 10^3$	64,3	28,5
Среднее значение интенсивности BOLD-сигнала	-4,47	-3,76

Важно подчеркнуть, что зоны головного мозга объединяются в тот или иной паттерн активации (сложные нейронные сети) на основе корреляции их функционирования. Соответственно, можно определить синхронность срабатывания разных областей. Методом оценки локального кровотока во времени (BOLD-сигнала) был проведен анализ между вовлеченными в данную работу разными структурами мозга в различных фазах стимуляции. Показано, что уровень BOLD-сигнала в этих структурах сходным образом модулируется условиями стимуляции – чередованием фаз: в фазе 1 уровень локального кровотока у одной и той же зоны возрастает, а в фазе 2 – у этой же зоны уменьшается (рисунок 46).

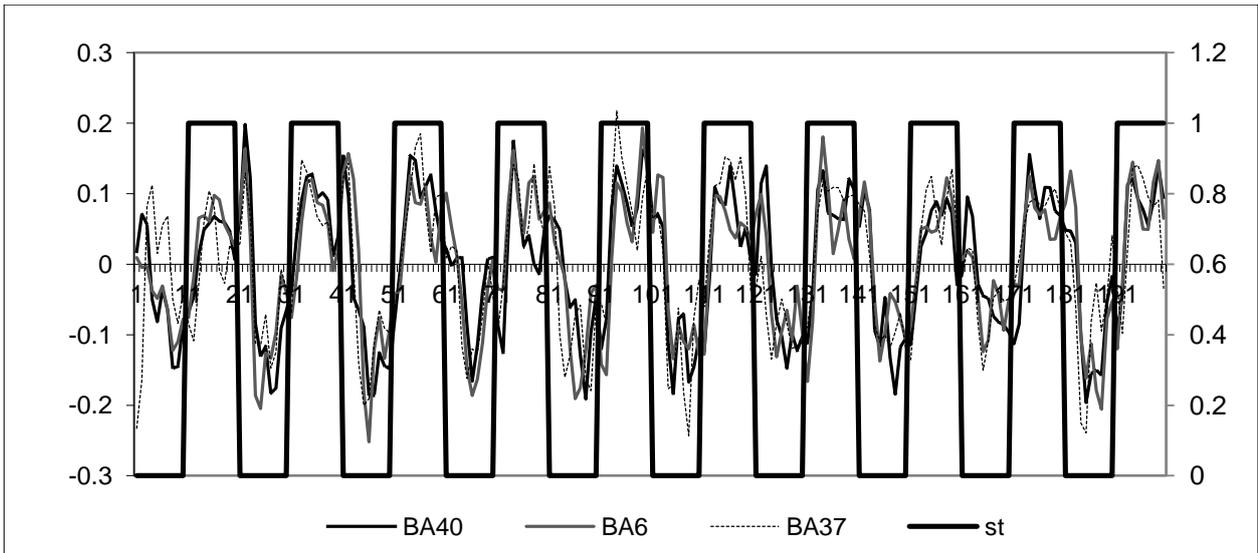


Рисунок 46 - Изменение во времени BOLD-сигнала в синхронно работающих зонах мозга (BA40, BA37 и BA6) в фазу 1 стимуляции в 3 фМРТ исследовании

Полученные результаты, несмотря на разнородную функциональную специфику указанных областей, позволили усреднить их и сравнить между собой. Результат на примере представлен на рисунке 47. На приведенном графике виден оппонентный ход кривых. Подчеркнем, что этот принцип является крайне важным в механизме принятия решения в задачах распознавания лиц. Можно предположить, что баланс критериев оценок при принятии решений осуществляется при помощи оппонентного механизма взаимодействия разных нейронных структур, аналогично тем оппонентным механизмам, которые известны в первичных структурах зрительной системы. Например, оппонентные on- и off- системы, ориентационно-оппонентные системы.

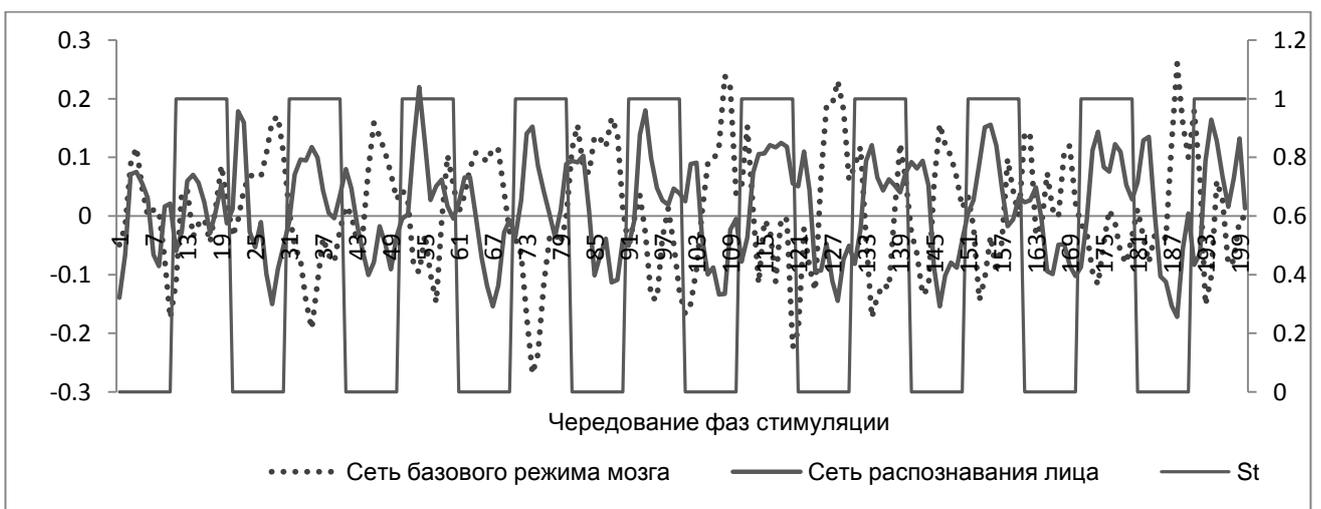


Рисунок 47 - Изменение во времени BOLD-сигнала в структурах мозга, которые проактивировались в разных фазах стимуляции. Пунктирной линией обозначен BOLD-сигнал в фазу 2, а сплошной линией – в фазу 1. Сигнал усреднен по различным зонам мозга

Этот принцип является крайне важным в механизме принятия решения в задачах распознавания лиц. Таким образом, между всеми структурами мозга происходит прямое и обратное взаимодействие, а не просто восходящая передача сигнала с каскада на каскад. Различные структуры объединяются в сложные динамические мозговые паттерны активации (нейронные сети). Причем, какой именно паттерн системы распознавания лица на уровне выходного слоя будет активирован, зависит от инструкции и других экспериментальных условий.

На следующих этапах проводили анализ HRF – функции гемодинамического ответа (Friston et al., 1994) по усредненным фазам стимуляции. На рисунке 48 приведен пример хода кривых во время выполнения первого фМРТ – исследования (выявления зависимости активации головного мозга человека в зависимости от градации выраженности признака: 0, 2, 4, 7). По оси абсцисс представлена временная шкала в пределах одной фазы стимуляции, а по оси ординат – уровень BOLD-сигнал. Во-первых, видно, что форма сигнала по зонам Бродмана сильно отличается. В ряде областей наблюдается четкий пик на 6 сек. с начала стимуляции (первое значение не учитываем, так как в это время предъявлялась инструкция). В данную группу вошли области ВА37, ВА17, ВА18, ВА19, ВА30, ВА31. В другой группе явного подъема нет. В данную группу вошли области ВА13, ВА6, ВА8, ВА9, ВА10, ВА40. Необходимо подчеркнуть, что, согласно опубликованным данным, обычно пик HRF приходится на 5 сек (Friston et al., 1994). В наших условиях мы измеряли HRF не на единичный отклик, а последовательность множества стимулов, предъявляемых в соответствии с методикой исследования. Сдвиг, вероятно, связан с наложением откликов от множества стимулов, предъявленных в наших условиях.

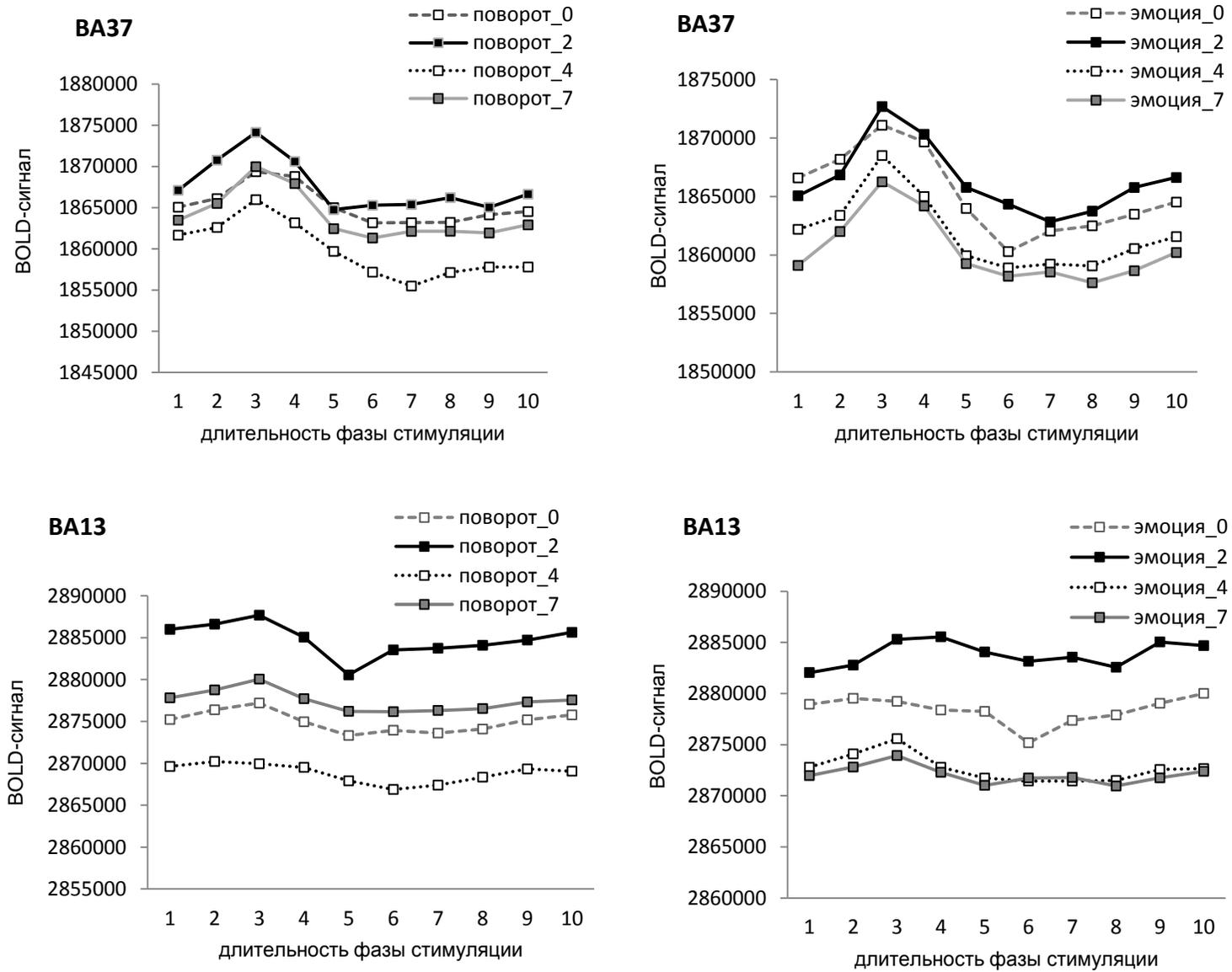


Рисунок 48 – Усредненный BOLD-сигнал на выборке испытуемых в зонах BA37 и BA13 в инструкциях распознавания эмоции и поворота

Во-вторых, видно, что в зависимости от градации выраженности признака, амплитуда сигнала меняется. Так, при градации признака 2 (и поворота и эмоции) амплитуда сигнала значительно выше в сравнении с остальными параметрами стимуляции. Полученные результаты позволили усреднить BOLD-сигнал и оценить суммарную разницу между градациями выраженности признака при выполнении различных инструкций. Применили двухфакторный дисперсионный анализ. Для снижения размерности все значения переведены в z-scores. Результат представлен на рисунке 49.

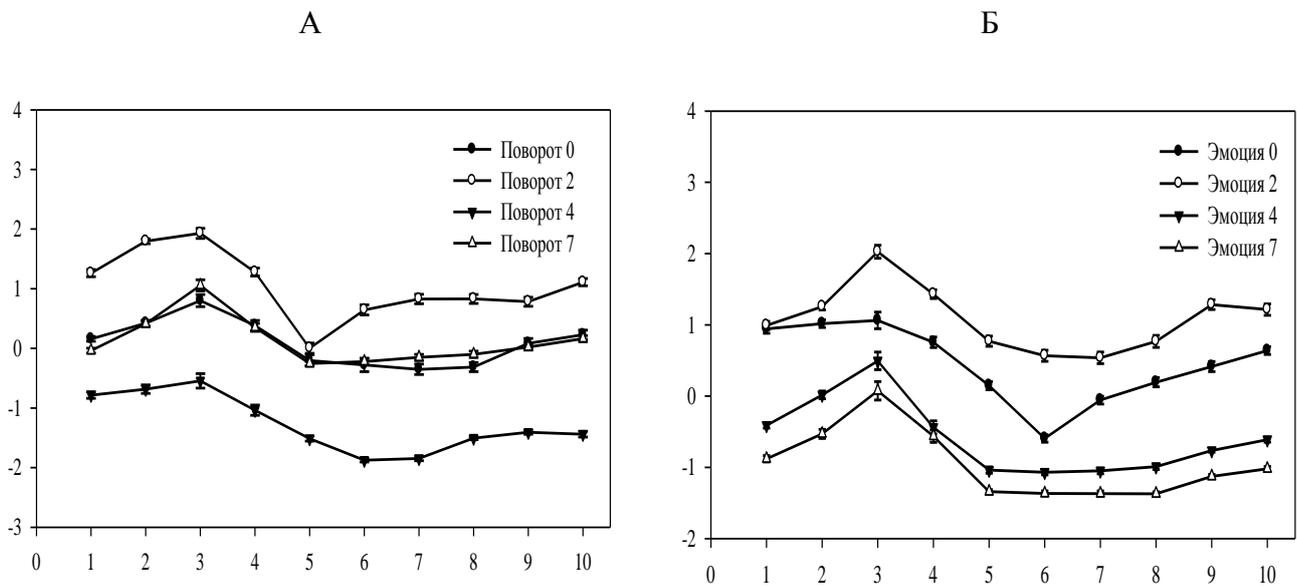


Рисунок 49 – Усредненный BOLD-сигнал по всем зонам Бродмана при выполнении инструкции распознавания поворота (А) и эмоции (Б). По оси абсцисс – длительность одной фазы стимуляции, по оси ординат – BOLD-сигнал (z-scores). Все фазы усреднены между собой

В качестве первого фактора выступало время – длительность фазы стимуляции (от 1 до 10 значений, на рисунке 49 – ось абсцисс), в качестве второго – градации выраженности признака (0, 2, 4, 7) для каждого типа инструкции. Результат дисперсионного анализа для связанных выборок с высоким уровнем значимости показал, что в каждый момент времени есть значимое влияние фактора градации выраженности признака: для поворота - $F(30,168) = 59,8$, $p < 0,001$; для эмоции - $F(30,168) = 61,8$, $p < 0,001$. Провели попарные сравнения выборок, состоящих из четырех точек (градации 0, 2, 4, 7) в каждый момент времени. Результаты показали, что суммарно по четырем кривым в каждом из 10 измерений существуют значимые различия на уровне $p < 0,001$. Более детальный анализ апостериорных сравнений показал, что амплитуда градации 2 (и при условии выполнения инструкции распознавания эмоции и поворота) статистически значимо выше в сравнении с другими кривыми. Амплитуда кривой

градации 4 – статистически значимо ниже остальных трех. Выявленные закономерности одинаковы для всех зон Бродмана. Подробный анализ приведен в Приложении.

3.4 Результаты моделирования с помощью искусственной нейронной сети распознавания мимики в условиях неопределенности

Результаты распознавания мимики лица на разработанной искусственной нейронной сети представлены в таблицах 25-26. Для примера приведены результаты на цветных и черно-белых изображениях, количество которых в обучающей и контрольной выборках было одинаковым.

Таблица 25 – Результаты распознавания мимики улыбки в живописи

99,02%

69,23%

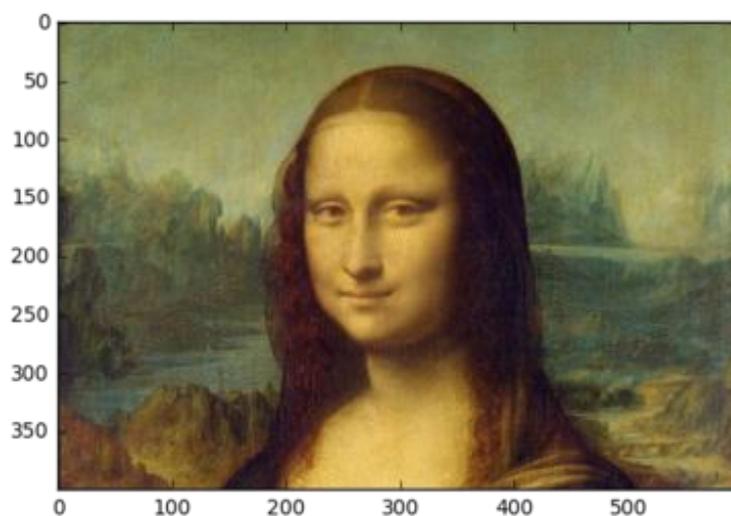
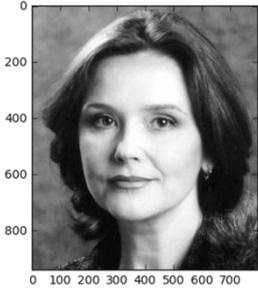
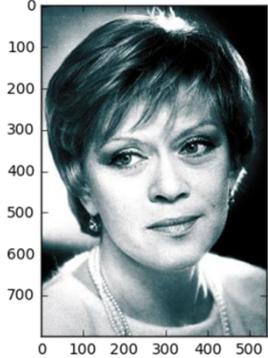
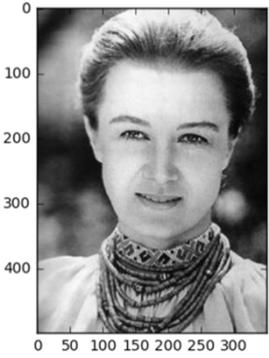
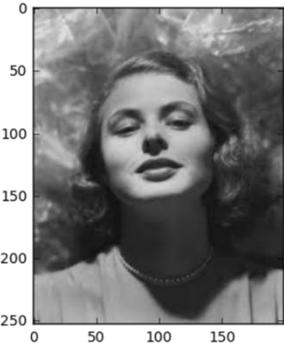
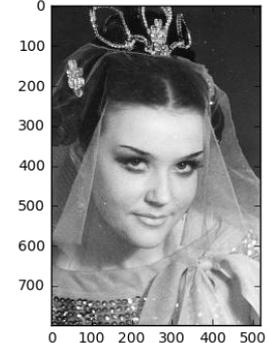


Таблица 26 - Результаты распознавания мимики лица на фотографиях

№	%	«не улыбка»	%	«улыбка»
1	69,80%		99.90%	
2	100%		100%	
3	100%		100%	

Можно сказать, что разработанная программа довольно успешно справляется с распознаванием мимики в пороговых условиях наблюдения. В данном разделе был продемонстрирован только пример того, каким образом современные нейротехнологии способны обеспечить быстрое развитие экономики, социальной и оборонной сфер тех стран, которые планируют и развивают ключевые направления науки в области искусственного интеллекта и нейрофизиологии. Еще одним интересным примером того, как искусственные нейронные сети могут внести вклад в понимание работы зрительного мозга на всех его уровнях, может быть следующий эксперимент. В качестве контрольных стимулов было проведено распознавание шумов, отфильтрованных в области высоких и низких пространственных частот. Необходимо отметить, что на изображениях были изображены только шумы без скрытых

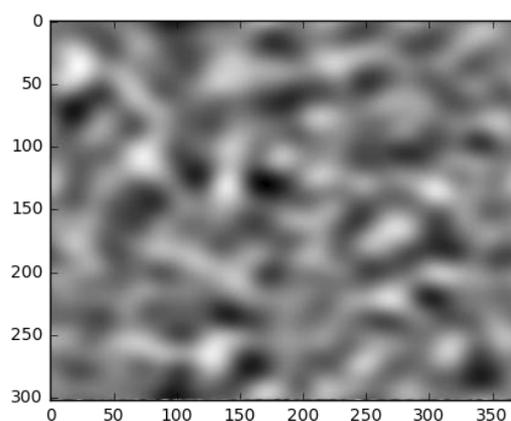
вставок. Результаты показали, что разработанная нейронная сеть распознает эти два изображения в большей степени как улыбка, причем в отношении шума с фильтрацией в области низких частот уверенности в этом больше, чем при фильтрации в области высоких частот (таблица 27). Полученный результат полностью соотносится с теоретическими положениями модели согласованной фильтрации при распознавании лиц в экстремальных условиях неопределенности.

Таблица 27 - Результаты распознавания шумов, отфильтрованных в области низких и высоких пространственных частот

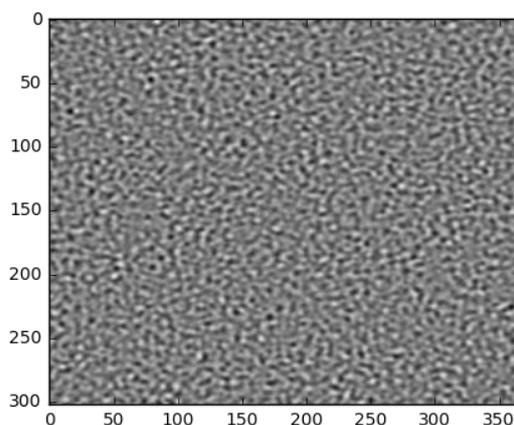
№ вероятность

«улыбка»

1 61.72%



2 59.75%



Глава 4 ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

4.1 Обсуждение психологической и психофизической серии исследования

Цель данной серии исследования заключалась в том, чтобы методами нейроиконики, функционального магнитно-резонансного картирования активности мозга (фМРТ) и психофизическими методами определить в условиях неопределенности минимум информации, необходимой для распознавания лиц с разной выраженностью мимики. Неопределённость на семантическом уровне обеспечивалась за счёт различных градаций выраженности признака, на физическом уровне – за счёт аддитивной некоррелированной помехи разной степени интенсивности.

Результаты показали, что количество изменённых пикселей больше при изменении поворота, что связано, вероятно, с изменением индифферентных признаков лица. В случае же изменения мимики работают только лицевые мышцы, ответственные за выражение экспрессий. Соответственно, испытуемые лучше всего распознавали поворот лица, а не эмоцию. Минимальный порог распознавания данного признака приходится на градации от 0,5 до 1 (ПП – от 58,49 до 65,81% и ПЛ – от 55,00 до 63,54%). При этом, различные типы помех не оказали значительного влияния на восприятие поворота. Только в условиях помехи амплитудой 70% происходит повышение порога распознавания на одну градацию. Отличная картина наблюдается при восприятии эмоций лица. Так, порог распознавания эмоции приходится на градации 2 (ЭР – 62,02%) и 4 (ЭГ – 63,16%) по шкале FaceGen, что значительно выше порога распознавания поворота. При этом помеха оказал более существенное влияние на восприятие мимики. Значимое снижение показателей правильных ответов при распознавании ЭР наблюдается в условиях применения помехи амплитудой 50% от средней яркости изображения, а грусти – амплитудой 30%. В условиях же амплитуды 70% распознавание мимики грусти достигает порога случайного гадания.

Интерес представляет тот факт, что, согласно графику по количеству изменённых пикселей, шкалы морфинга эмоции и грусти выравнены между собой. В то же время, согласно результатам психофизической серии исследования, кривые ЭР и ЭГ значимо расходятся, начиная на уровне 4 и 5 градации выраженности признака. Особенно это выражено в условиях отсутствия помехи или при минимальном её проявлении. Таким образом, испытуемые, несмотря на выравненность шкал программы морфинга по количеству изменений в мимических мышцах, ответственных за выражение радости и грусти, воспринимают данные эмоции по-разному. Известно, что даже малозаметные для наблюдателя микроскопические мышечные сокращения лица могут быть зарегистрированы и вызвать сильную эмоциональную реакцию со

стороны собеседника. В опубликованном ранее исследовании было рассчитано количество гексагональных элементов дискретизации зрительной системы человека, необходимой для распознавания лица. Было показано, что достаточно матрицы с радиусом 8 гексагональных элементов дискретизации, чтобы представить в мозгу человека выражение лица, например, улыбку или грусть (Кемпбелл, Шелепин, 1990; Шелепин, Бондарко, 2002). Для распознаваний изменений мимики достаточно одного двух элементов дискретизации. Но по результатам проведенного исследования мы этого не наблюдаем. Более того, выявлена статистически значимая регрессия между количеством измененных пикселей и правильными ответами (пиксели растут быстрее ответов) в задаче распознавания мимики. При выполнении же инструкции распознавания поворота головы количество правильных ответов пропорционально меняется количеству измененных пикселей изображения. Можно предположить, что это связано с недостатком программы морфинга FaceGen. С одной стороны, данная программа зарекомендовала себя как одно из наиболее перспективных в классе средств создания и обработки трёхмерной графики. С другой стороны, в моделях отсутствует корректное анатомическое описание висцерального черепа, прилегающих его мышечных и кожных покровов. Лицевые мышцы, особенно ответственные за выражение эмоции грусти, не являются значимыми для восприятия испытуемыми, а значит и плохо распознаются.

Результаты психологической серии показали, что, когда испытуемые работают на подпороговом и пороговом уровнях, наблюдается корреляция нажатий на клавиши мыши со шкалами ИТТ. Можно предположить, что в сложной неоднозначной обстановке (в условиях неопределенности) происходит «внутренняя мобилизация» состояния организма, выраженная в виде увеличения показателей ситуативной тревоги и тревожности. Важно подчеркнуть, что в надпороговых условиях статистически значимых зависимостей не выявлено.

4.2 Обсуждение результатов фМРТ-исследований

Цель данной серии исследований - изучение закономерностей перестройки крупномасштабных нейронных сетей головного мозга человека, выявлению факторов и принципов их взаимодействия в процессе распознавания лица в условиях неопределенности.

4.2.1 Обсуждение влияния инструкции на перестройку крупномасштабной нейронной сети при распознавании лиц

В данной главе рассмотрено влияние инструкции на перестройку крупномасштабных нейронных сетей головного мозга человека. При вычитании «фаза 1 – фаза 2» мы наблюдаем специфический паттерн сети распознавания лиц: активация классических, ответственных за

распознавание изображений лиц (например, фузиформная извилина, ВА37), и дополнительных зон мозга, которые зависят от инструкции и других экспериментальных условий (Нахбу, 2000). Рассмотрим более подробно расширенную часть системы распознавания лиц, которая зависит от различных факторов. Так, согласно полученным данным, наблюдается обширная активация во фронтальном и теменном отделах головного мозга. Эти зоны активно участвуют на разных этапах невербальной коммуникации, в описании пространственных отношений (элементов лица), отношении и положении в пространстве между людьми, в привлечении внимания и в принятии решений. Особо выделим активацию в области премоторной коры – вторичной двигательной зоны, в которой возникает и формируется план и последовательность сложных движений. Роль данной области в распознании лиц до конца не определена. Принято считать, что вентральные части премоторной коры функционально связаны с предметным вниманием, а дорсальные – с пространственным (Schubotz et al., 2001). Наблюдается обширная активация в теменных отделах головного мозга, особенно она выражена в нижней и верхней частях теменной доли. Известно, что теменная кора играет ключевую роль в пространственном внимании, описании пространства, пространственных отношениях, отношениях между индивидуумами, индивидуумом и пищей (Нуваринен et al., 1979). Активация данного паттерна в наших условиях, скорее всего, была вызвана спецификой стимульного материала. Лица – синтезированные, не похожие на реальных людей – не были связаны с испытуемыми какими-либо личными отношениями. Соответственно, можно предположить, что испытуемые воспринимали лица не как целостный объект, а как сцену, состоящую из нескольких объектов отдельно: глаз, губ, носа. Поэтому задачу определения эмоций и поворота испытуемый решал, как пространственную задачу определения относительного положения уголка губ – вверх или вниз – и положения носа относительно центральной оси лица – поворот направо или налево.

Наблюдается невысокий уровень активации в островковой доле коры конечного мозга (Insular cortex) и скорлупе (putamen). Островковая кора и скорлупа связаны с социальным взаимодействием, в эмоциональном восприятии, особенно при работе с изображениями лиц, вызывающими негативные эмоциональные реакции, что подтверждено в многочисленных исследованиях – кольцо ненависти и отвращения (Senju et al., 2009; Conty et al., 2007; Zeki, 2008). Так, по вежливым отчетам наших испытуемых оптоклоны воспринимались как некрасивые. Активация в миндалине, которая является важнейшей структурой в системе распознавания лиц, в наших условиях не выявлена ни для одной из задач. Можно предположить, что, во-первых, это связано с тем, что стимулы в различных задачах были одни и те же, менялась только инструкция. А во-вторых, лицо, даже нейтральное, является эмоциональным стимулом (Барабанщиков и др., 2014). Таким образом, миндалина была активирована во всех фазах исследования. Согласно методике проведения фМРТ, карты

активации рассчитываются на основе вычитания одной фазы из другой. Соответственно, при вычитании фазы пассивной из фазы активной активация в данной области была усреднена.

В целом, следует отметить, что полученные карты активации зон, входящих в расширенную часть нейронной сети, совпадают с данными полученными в других лабораториях в различных задачах, связанных с принятием решения (Keuken et al., 2014). В то же время, необходимо подчеркнуть, что эти же зоны играют существенную роль и в процессах восприятия лица в связи с тем, что во многих из них были найдены «зеркальные» нейроны (Rizzolatti, et al., 2004). Первоначально они были обнаружены в нижней лобной извилине, затем в нижней теменной доле и верхней височной борозде. Впоследствии в данную сеть был включен регион премоторной коры. Принято считать, что система «зеркальных нейронов» в первую очередь связана с сенсорным невербальным взаимодействием и участвует в построении мимики, позы и жестов в основном при взаимодействии субъектов. Однако существует другое предположение, что данная функция – лишь верхушка айсберга. В действительности, наблюдаемый многими отклик зеркальных нейронов, является функцией обучения нейронной сети на основе перепроверки правильности принятого решения (Шелепин, 2014, 2015).

При обратном вычитании («фаза 2 – фаза 1») наблюдается паттерн, совершенно отличный от паттерна, выявленного при другом типе вычитания (риунок 38). Данный паттерн включает в себя медиальную префронтальную кору, височно-теменной стык, предклинье и заднюю поясную извилину (Van Overwalle, 2009; Amodio et al., 2006; Brass et al., 2007; De Lange et al., 2008). В современных исследованиях данный паттерн определяют, как «сеть по умолчанию» или «сеть базового режима» (Gusnard et al., 2001; Raichle et al., 2001; McKiernan et al., 2003; Fransson et al., 2006). Дело в том, что первые исследования установили: данные области демонстрируют высокий уровень активности в течение, так называемого, «покоя» – периода отдыха испытуемых от активного решения экспериментальной задачи (пассивная фаза). Если изменить инструкцию, то всегда и в фазу тестирования (активации), и в фазу сравнения (фоновую) мы видим активацию этой зоны. В наших экспериментальных условиях покоя не было, но стимулы, предъявляемые в фазе 2 (оптоклоны с выраженной мимической экспрессией и поворотом) казались добровольцам более очевидной, а значит, можно предположить, и более простой задачей в сравнении с фазой 1, когда предъявлялись нейтральные прямо ориентированные оптоклоны.

С другой стороны, необходимо отметить, что существует большое количество экспериментальных данных, подтверждающих активацию этих областей, в задачах, связанных с эпизодической памятью (Greccius et al., 2004), представлением себя (Wicker et al., 2003), в условиях социального познания и взаимодействия (Grafton, 2009; Canessa et al., 2012; Iacoboni et al., 2004). Если режим таков, что активация сменяется отсутствием таковой, т. е. отдыхом, то

возникает предположение, что данная сеть связана не с состоянием покоя, а с «внутренним мышлением субъекта» (Andrews-Hanna et al., 2011).

Особый интерес, при анализе паттернов активации, представляет активация в области медиальной префронтальной коры. Как было показано, мы видим активацию данной области и при прямом и при обратном вычитании.

Роль медиальной префронтальной коры на данный момент активно обсуждается. Так, принято считать, что данная структура участвует в описании и оценке, как своего, так и чужого психического состояния (Борачук и др., 2015; Bryan et al., 2012). Особенно интересны исследования, изучающие роль данной области в этиологии клинических расстройств. Так, при заболеваниях, сопровождающихся дефицитом способности понимать чужие убеждения, намерения и чувства, например, при аутизме, шизофрении, тревожных расстройствах и депрессии, присутствуют дисфункции в зоне медиальной префронтальной коры. Именно эта способность часто нарушается у больных с данными заболеваниями.

Отметим, что процесс распознавания лица неразрывно связан с определением когнитивной и эмоциональной составляющей в изображении. При рассогласовании взаимодействия данных путей обработки может возникнуть синдром Капгра (Capgras, 1923) – избирательное отсутствие эмоционального отклика на знакомое лицо при сохранении функций распознавания лица как такового. Принято считать, что синдром Капгра возникает, вследствие повреждения волокон, связывающие фузиформную извилину, частично через верхнюю височную борозду, с миндалевидным телом. Поскольку миндалевидное тело и остальная часть лимбической системы не поражены, пациент может проявлять положительные и отрицательные эмоции. Между тем сама связь между восприятием и эмоциями разорвана, поэтому близкий человек не вызывает должных чувств (Ramachandran, 1978).

При вычитании «фаза 3 – фаза 4» мы наблюдаем отличный паттерн активации (рисунок 38). С одной стороны, экспериментальная парадигма остается такой же: меняется структура изображения, но не инструкция. Соответственно, можно было бы предположить, что мы увидим такие же закономерности в картах активациях, как и при выполнении задачи распознавания поворота лица. Но этого не происходит. Более того, мы наблюдаем существенные изменения во всей крупномасштабной нейронной сети распознавания лица. Так, мы наблюдаем активацию в теменной коре (BA7, BA40, BA31) только при обратном вычитании, когда из фазы 4 (предъявление лиц с выраженной мимической экспрессией и поворотами) вычитаем фазу 3 (предъявление лиц с нейтральной эмоцией и ориентированных прямо). Важно подчеркнуть, что данные результаты согласуются с предыдущими психофизическими и фМРТ исследованиями.

Вторая рассматриваемая экспериментальная парадигма – это сравнение двух условий (фаз стимуляции), при которых тип изображения оставался одним и тем же, но менялась

инструкция: в обеих фазах стимуляции предъявляли либо только нейтральные лица, ориентированные прямо, либо только лица с мимической экспрессией, повернутые в разные стороны. Таким образом, менялась инструкция, но не структура изображения (рисунок 42).

Особый интерес представляет условие, когда оба изучаемых признака отсутствовали: не было ни эмоций, ни поворота (согласно шкалам FaceGen). В то же время, мы видим существенные отличия в паттерне активации. Так, при распознавании мимики мы наблюдаем активацию в областях мозга, отвечающих за эмоциональное восприятие стимулов (например, в островковой доле конечного мозга - инсule). Активация эмоциональных областей, вероятно, связана в особенностях восприятия нейтральных лиц - «началом координат любых экспрессий» (Барабанщиков и др., 2012). Необходимо отметить, что изучение слабых экспрессий связано с именем известного американского и немецкого психолога Эгона Брунsvика (Brunswik, 1956). Исследователь использовал 189 схематических изображений нейтральных лиц, составленных только из линий и эллипсов. Каждое лицо оценивалось с помощью полярных шкал (например, радостный - грустный, умный - глупый). Результаты показали, что зависимость представлений о возрасте, красоте, интеллекте зависят от расположения условного рта, расстояния между глазами и длиной носа. Так, например, наиболее радикальные изменения впечатления от восприятия нейтрального лица наблюдается в случае расположения рта: чем выше расположен рот, тем радостнее и моложе выглядит лицо, но ниже кажущийся интеллект. Сходный эффект дают широко расставленные глаза и короткий нос. Очень длинный нос во всех случаях вызывает отрицательное отношение к лицу, а высокий лоб - положительное. Это означает, что конфигуративные связи схематического лица непосредственно включены в порождение впечатлений и об экспрессиях, и об индивидуально-психологических особенностях их носителя (Барабанщиков и др., 2012).

Особо следует подчеркнуть тот факт, что данные системы, выявленные нами при вычитаниях различных фаз стимуляции, функционируют не изолированно, а только во взаимодействии друг с другом. Методом оценки локального кровотока во времени (BOLD-сигнала) мы провели анализ между вовлеченными в данную работу разными структурами мозга в различных фазах стимуляции. В каждой фазе зарегистрировали синхронное изменение активности функциональных зон. Показано, что уровень BOLD-сигнала в этих структурах сходным образом модулируется условиями стимуляции – чередованием фаз. Полученные результаты, несмотря на разнородную функциональную специфику указанных областей, позволили усреднить их и сравнить между собой. Таким образом, выявили оппонентный ход кривых (Борачук и др., 2013, 2014). Подчеркнем, что этот принцип является крайне важным в механизме принятия решения в задачах распознавания лиц. Ранее было показано, что баланс при восприятии формы изображения осуществляется при помощи оппонентного механизма взаимодействия разных нейронных структур, аналогично тем оппонентным механизмам,

которые известны в первичных структурах зрительной коры (Шелепин 1981, Shelepin et al., 1989, 2011; Шелепин и др., 2014). В данных исследованиях были рассмотрены медиальные и латеральные области фронтальной коры как элементы оппонентной системы, обеспечивающей принятие решений. В действительности это, возможно, слишком грубые представления, и элементами могут быть куда более мелкие образования. В том числе каждая из классических цитоархитектонических зон фронтальной коры может включать разнородные функциональные структуры. Таким образом, центры принятия решений работают с применением множественных критериев как нейронные оппонентные системы. Это позволяет предположить, что, во-первых, существует сложная система совместно работающих зон мозга, каждая из которых вносит свой специфический вклад в осуществление психических процессов, а, во-вторых, что каждая из этих зон мозга может вовлекаться в реализацию различных функций в зависимости от инструкции и экспериментальных условий. Функциональное построение взаимодействующих нейронных сетей создает паттерн фМРТ-активности, специфичный для каждой экспериментальной ситуации. Специфичность этого паттерна определяется, во-первых, самой задачей, затем визуальными стимулами – их физическими, геометрическими и семантическими характеристиками, и, наконец, структурами глаза и зрительного мозга, обеспечивающими восприятие мимики человека, важнейшего «инструмента» невербальной коммуникации.

4.2.2 Обсуждение влияния эффекта вероятности повтора стимулов на перестройку крупномасштабной нейронной сети при распознавании лиц

Целью данной серии исследования было оценить влияние эффекта привыкания на работу высших когнитивных функций испытуемых. Ранее методом fMRI-A в многочисленных работах было показано, что основные структуры, наиболее часто отвечающие за восприятие лиц (фузиформная извилина, верхняя височная борозда, нижняя затылочная извилина) функционально взаимосвязаны и демонстрирует различную степень привыкания к многократному предъявлению стимулов (Tanaka, 1998, 1993; Ganel et al., 2005; Fox, 2009;). Значительно меньше работ посвящены вопросу изучения адаптации зон мозга, входящих в дополнительную часть сети распознавания лиц, которая зависит от инструкции и других экспериментальных факторов. Для решения поставленной задачи, в каждой экспериментальной парадигме мы разделили все исследование длительностью 12 минут на две части по 6,25 мин. и сравнили их между собой. Анализировали активацию на различных уровнях крупномасштабной нейронной сети головного мозга: на уровне всего мозга (первый этап), на уровне отдельных срезов мозга, а также в рамках отдельных цитоархитектонических полей Бродмана.

В условиях предъявления одинаковых лиц мы наблюдаем значительное снижение активации во второй половине исследования, особенно это заметно при вычитании «фаза 2 - фаза 1». Основными областями, в которых зарегистрировано достоверное снижение активации в условиях вычитания «фаза 1 - фаза 2» являются области фронтальной (ВА9), премоторной (ВА6) и теменной коры (ВА7 и ВА40). В условиях вычитания «фаза 2 - фаза 1» - только в зонах теменной коры (ВА7 и ВА40).

Это особенно важно, так как в наших схемах исследований применялись разные степени отличия стимулов друг от друга. Так, в фазе 1 стимуляции в условиях предъявления изображений разных лиц стимулы отличались друг от друга мимическим выражением, поворотом и типом лица. В фазе 2 в этой же парадигме – каждый стимул отличался друг от друга только типом лица. В условиях предъявления изображений одного лица в фазе 1 стимуляции стимулы отличались только мимическим выражением и поворотом, а в фазе 2 – каждый стимул был идентичен предыдущему. Подобная схема исследования была разработана для моделирования более естественных условий работы оператора, специфика деятельности которых предполагает оценку не идентичных, а именно схожих сигналов. Стимулы менялись с частотой 0,5 сек., что предполагало высокий темп работы. При этом, каждые 37 сек. происходила смена инструкции: осуществлялся переход от активной деятельности, требующей максимального внимания и контроля со стороны оператора к условно «пассивной», требующей только моторного действия на каждое предъявление стимула, что также является характерной чертой работы оператора. Таким образом, даже в парадигме предъявления одного лица присутствовал высокий фактор изменчивости экспериментальных условий.

Тем не менее, мы наблюдаем значительное снижение уровня кровотока по всем выявленным зонам. Можно предположить, что условия исследования в данной экспериментальной парадигме, несмотря на высокий фактор изменчивости стимуляции, способствовали развитию монотонии – функционального состояния, характеризующегося снижением тонуса и восприимчивости, ослаблением сознательного контроля, ухудшением внимания, стереотипизацией действий, появлением ощущения скуки и потери интереса к работе. Если учесть, что в фазе 2 специально для испытуемого были созданы условия для «пассивного» выполнения задачи, характеризующиеся низким уровнем внимания и контроля, необходимых для выполнения задачи, то можно предположить, что во второй половине исследования произошло «выравнивание» субъективной степени сложности выполнения задач в фазе 1 и 2 стимуляции. Обе инструкции стали выполняться одинаково «пассивно», что при вычитании фаз привело к усреднению сигнала.

В условиях предъявления разных лиц наблюдается отличная картина. Здесь уровень кровотока во второй половине исследования не только не понижается, но и значительно увеличивается. В условиях вычитания «фаза 1 - фаза 2» при анализе отдельных срезов

достоверное увеличение активации наблюдается в зонах фронтальной (BA9), премоторной (BA6) и теменной коры (BA7 и BA40). При обратном вычитании в зоне MPFC, которая участвует в описании и оценке, как своего, так и чужого психического состояния. Анализ цитоархитектонических полей Бродмана было показано достоверное увеличение активации также в путамене, играющую важную роль во многих типах обучения, и фузиформой извилине (BA37), преимущественно отвечающей за восприятие изображений лиц людей.

Можно предположить, что в данных экспериментальных условиях во второй половине исследования разница в субъективной степени сложности выполнения задач в фазе 1 и 2 стимуляции не только не уменьшается, но и возрастает. Испытуемый испытывает все больший уровень нервно-психического напряжения во время выполнения активной инструкции в фазе 1, которая все больше отличается от пассивной инструкции в фазе 2. Таким образом, при вычитании одной фазы из другой мы наблюдаем существенные отличия в общем уровне активации. Важно подчеркнуть, что высокий уровень психического напряжения может приводить к различным сбоям в работе операторов, так называемым «пароксизмам» непрерывной деятельности (Горбов, 1975).

ВЫВОДЫ

1. Установлены пороги распознавания мимических выражений и поворота головы; зависимость порогов от градации выраженности признака, уровня аддитивной помехи и количества измененных пикселей изображений. Показано, что порог распознавания мимики выше в сравнении с распознаванием поворота.

2. Пороги распознавания испытуемыми «мимики радости» и «мимики грусти» в тестовых изображениях различны при использовании программы FaceGen. При добавлении к тестовым изображениям аддитивной некоррелированной помехи, амплитудой 30% и выше от средней яркости изображений, наблюдается значимое снижение показателей правильных ответов при распознавании эмоционального выражения лица и практически не сказывается на распознавание поворота головы.

3. Установлена статистически значимая связь между ситуационной тревожностью и ответами испытуемых при выполнении задач распознавания мимики и поворота в пороговых условиях наблюдения. В надпороговых условиях статистически значимых зависимостей не выявлено.

4. Активность элементов крупномасштабной нейронной сети, обеспечивающих распознавание лиц, определяется самой задачей - инструкцией испытуемому и зрительными стимулами – их физическими, геометрическими и семантическими характеристиками.

5. Однообразное, монотонное предъявление лиц во время исследования приводит к снижению активности не только «гностических нейронов» нижневисочной коры, но и нейронов всех областей мозга, вовлеченных в процесс распознавания лиц. Это снижение характерно в условиях предъявления одинаковых лиц.

6. Принятие решения о различных свойствах стимулов осуществляется путем перераспределения активности между областями мозга. Структуры мозга, обеспечивающие важнейшие когнитивные процессы, взаимодействуют по принципу синхронности и оппонентности, т. е. осуществляют решения по множественным критериям и по конфликтующим оценкам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данная работа направлена на исследование основных закономерностей распознавания лиц в условиях неопределенности. Было показано, что принятие решения о стимуле обеспечивается сложным взаимодействием различных уровней и каналов обработки зрительной системы. Даже минимальное изменение стимула, например, градации выраженности «когнитивных» или эмоциональных признаков лица, может повлечь крупномасштабную перестройку всей нейронной сети. Ранее было показано, что при глобальном рассогласовании каналов зрительной системы могут возникнуть серьезные нарушения в распознавании лиц и их эмоционального выражения, проявляющиеся в прозопагнозии или синдроме Капгра. Но, можно предположить, что такие сложные согласования, которые требуются для успешного распознавания лица, могут привести к сбоям и на локальном уровне. В повседневной жизни это может привести к появлению, например, резкого недоверия к знакомым людям или, наоборот, неоправданного доверия к чужим и т.д. Важен баланс в принятии решения, особенно в пороговых условиях восприятия. Результаты данного исследования показали, что баланс обеспечивается работой оппонентных структур мозга. Можно предположить, что именно этот механизм зрительной системы до сих пор создает интригу при просмотре знаменитой картины Леонардо да Винчи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеева Д.С., Явна Д.В., Бабенко В.В., Приоритетность пространственных частот при распознавании лиц // Лицо человека в науке, искусстве и практике М.: Когито-Центр. 2014. – С. 317-330
2. Ананьева К. И., Барабанщиков В. А., Харитонов А.Н. Изостатические паттерны движений глаз при восприятии человеческого лица // Экспериментальная психология в России. М. Изд-во Институт психологии РАН. 2010. С. 195-199
3. Анохин П.К. Очерки по физиологии функциональных систем. М.: Медицина. 1975. - 448 с.
4. Анохин П.К. Узловые вопросы теории функциональных систем / П.К. Анохин. М. Наука. - 1980. - 196 с.
5. Бабкин Б.П. Опыт систематического изучения сложно - рефлекторных (психических) явлений у собаки. (Диссертация). СПб. - 1904
6. Байдаков М.П., Красильников Н.Н., Пастухов О.В., Потоцкий В.К. К вопросу о различении наблюдателем зашумленных изображений // Автометрия. - 1970. - №3. - С. 20
7. Барабанщиков В.А. Восприятие и событие. СПб. - Алетейя.- 2002
8. Барабанщиков В. А., Носуленко В. Н. Системность. Восприятие. Общение. М.: Изд-во «Институт психологии РАН». - 2004
9. Барабанщиков В. А., Демидов А.А. Динамика восприятие индивидуально-психологических особенностей человека по выражению его лица в макро-интервалах времени // Психология. Журнал Высшей школы экономики. 2008. - №2. С. - 109-116
10. Барабанщиков В. А. Экспрессии лица и их восприятие. М.: Изд-во «Институт психологии РАН». - 2012
11. Барабанщиков В. Е., Хозе Е. Г. Восприятие индуцированных эмоциональных экспрессий спокойного лица // Шестая международная конференция по когнитивной науке. Калининград. - 2014.- С.142–143
12. Бардин К.В. Проблема порогов чувствительности и психофизические методы / К.В. Бардин. – Москва : Наука. - 1976. – 394 с.
13. Бизюк А.П., Вассерман Л.И., Иовлев Б.В. Применение интегративного теста тревожности (ИТТ): Методические рекомендации. СПб.- 1997
14. Бизюк А.П., Вассерман Л.И., Иовлев Б.В. Применение интегративного теста тревожности (ИТТ): Методические рекомендации. - СПб.- 2001
15. Бернулли Д. Опыт новой теории измерения жребия // Вехи экономической мысли. 1993. - Т. 1. - С. 11–27

16. Бехтерев В.М. Индекс: Основы учения о функциях мозга. Выпуск 7. - 1907. - 1495 с.
17. Бехтерев В.М. Проводящие пути мозга. Казань. - 1893
18. Бизюк А.П., Вассерман Л.И., Иовлев Б.В. Применение интегративного теста тревожности (ИТТ): Методические рекомендации. СПб. -1997
19. Бизюк А.П., Вассерман Л.И., Иовлев Б.В. Применение интегративного теста тревожности (ИТТ): Методические рекомендации. СПб. - 2001
20. Борачук О.В., Шелепин Ю.Е., Вахрамеева О.А., Фокин В.А., Пронин С.В., Хараузов А.К., Васильев П.П., Соколов А.В., Моисеенко Г.А. Психофизиологические механизмы пространственно-временного связывания признаков в зрительном восприятии // История оптики и современность. 2013
21. Борачук О.В., Шелепин Ю.Е., Хараузов А.К., Васильев П.П., Пронин С.В., Фокин В.А., Соколов А.В. Исследование механизма принятия решения в техногенной среде методом фМРТ // Биотехносфера. 2014. - № 1–2(31–32). С. 14-19
22. Борачук О.В., Шелепин Ю.Е., Хараузов А.К., Васильев П.П., Фокин В.А., Соколов А.В. Исследование влияния роли инструкции в задачах распознавания образов «свой-чужой» // Оптический журнал. – 2015. -№82. - 10. - С.41-50
23. Бугер П. П. Оптический трактат о градации света. Изд-во АН СССР. - 1950. - С. 327 — 400
24. Вахрамеева О.А., Сухинин М.В., Моисеенко Г.А., Муравьева С.В., Пронин С.В., Волков В.В., Шелепин Ю.Е., Изучение порогов восприятия в зависимости от геометрии фовеа //Сенсорные системы. 2013. - Т. 27. - № 2. - С.122-129
25. Гассовский Л. Н., Никольская Н. А. Движения глаз в процессе непрерывной фиксации точки // Труды Государственного оптического института. 1941. - Т. - 15. С. - 112–120
26. Гиппенрейтер Ю. Б. Движение человеческого глаза. М.: Изд-во Моск. ун-та. - 1978
27. Глезер В. Д., Подвигин Н. Ф., Леушина Л. И., Невская А. А. Зрительное опознание и его нейрофизиологические механизмы. Л.: Наука. 1975
28. Глезер В.Д., Шелепин Ю.Е. Об исследованиях нейрофизиологических механизмов кодирования зрительной пространственной информации // В сборнике 2-ой Всесоюзной конференции «Принципы и механизмы деятельности мозга». - 1989. - Ленинград. Наука.- 1989. - С. 30
29. Горбов Ф. Д., Лебедев В. И. Психоневрологические аспекты труда операторов. М.: Медицина. - 1975. - 299 с.
30. Гржибовский. А. М. Одномерный анализ повторных измерений / А. М. Гржибовский // Экология человека. 2008. - N 4. - С. 51-60

31. Жукова (Борачук) О.В., Шелепин Ю.Е., Максимова В.А., Екимов П.А., Пронин С.В. Нейротехнологии и принятие решения в условиях неопределенности // Технологическая перспектива в рамках Евразийского пространства: новые рынки и точки экономического роста. 2015
32. Изард К. Психология эмоций. СПб.: Питер. - 2000
33. Кануников И.Е., Фомичева Д.А. Реакция мозга человека на изображение лиц, предъявленных в эмоционально отрицательном контексте // Лицо человека в науке, искусстве и практике. 2015.- С. 415 - 426
34. Кемпбелл Ф. В., Шелепин Ю. Е. Возможности фовеолы в различении объектов // Сенсорные системы. 1990. - Т. 4.-№ 2- С. 181–185
35. Красильников Н. Н. Влияние шумов на контрастную чувствительность и разрешающую способность // Техника телевидения. 1958. -Т. 25. - С. 26–43
36. Красильников Н. Н. Теория передачи и восприятия изображений. М.: Радио и связь. 1986
37. Красильников Н. Н., Шелепин Ю. Е. Функциональная модель зрения // Оптический журнал. 1997. Т. - 64. - № 2. - С. 72–82
38. Красильников Н.Н., Шелепин Ю.Е. 1996
39. Кок Е.П. Зрительные агнозии. Л. 1967
40. Коскин С.А., Хараузов А.К., Шелепин Ю.Е., Бойко Э.В., Фокин В.А., Труфанов Г.И., Севостьянов А.В., Пронин С.В. Способы измерения остроты зрения. Заявитель и патентообладатель Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН.
41. Кононова Е. П. Анатомия и физиология затылочных долей. М. - 1926— 146 с.
42. Королькова О.А. Что исследования работы мозга позволили узнать о восприятии лица человека и его экспрессий? // «Современная зарубежная психология» 2016. - Том 5. - № 4. - С. 36–49.
43. Лицо человека в пространстве общения / Отв. ред. К. И. Ананьева. В. А. Барабанщиков. А. А. Демидов. – М.: Московский институт психоанализа–Когито-Центр. - 2016. – 430 с.
44. Логунова Е. В., Пронин С. В., Шелепин Ю. Е. Моделирование работы пространственно-частотных фильтров при восприятии сложных динамических сцен // Оптический журнал.- 2014. - Т. 81. - № 11
45. Логунова Е.В., Шелепин Ю.Е. Исследование роли пространственно-частотной фильтрации изображений при оценке возраста и восприятия эмоционального выражения лиц // Оптический журнал. 2015. - Т. 82. - № 10. - С. 65–71
46. Ломов Б. Ф. Методологические и теоретические проблемы психологии. М.: Наука. 1984

47. Луизов А.В. Глаз и свет. Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние. 1983. - 143 с.
48. Лурия А.Р. Высшие корковые функции и их нарушение при локальных поражениях мозга. — М. – 1962. - 2-е изд.- 1969
49. Лурия А.Р. Основы нейропсихологии. — М.. - 1973
50. Малахова. Искусственные нейронные сети глубокого обучения // Нейротехнологии перестройки и восстановления деятельности человека. - 2017
51. Михайлова Е. С. Нейробиологические основы опознания человеком эмоций по лицевой экспрессии // Журнал высшей нервной деятельности им. И. В. Павлова. 2005. - Т. 55. - № 2. - С. 149–162
52. Моисеенко Г.А., Вершинина Е.А., Пронин С.В. , Чихман В.Н. , Михайлова Е.С., Шелепин Ю.Е. Латентные периоды компонентов вызванных потенциалов в задачах классификации изображений, подвергнутых вейвлетной фильтрации // Физиология человека. - 2016
53. Мурыгин К. В. Оптимизация габоровских вейвлет-преобразований для задачи распознавания человека по изображению лица // Искусственный интеллект. - 2003. - № 4. С. 223–229
54. Павлов И. П. Полное собрание сочинений / АН СССР. - Изд. 2-е. доп. - М. : Изд-во АН СССР. 1951 – 1954. Т. 4. / . - 1951. - 452 с.
55. Программное обеспечение FaceReader [режим доступа]: <http://www.noldus.com/human-behavior-research/products/facereader>
56. Розенблатт, Ф. Принципы нейродинамики: Перцептроны и теория механизмов мозга. - 1965
57. Stevens S. S. On the Theory of Scales of Measurement // Science. - 103 (2684). - 1946. P. 677–680
58. Ухтомский А. А. Очерк физиологии нервной системы. — Ленинград: Издательство Ленинградского государственного университета. - 1945
59. Филд Д. Согласованные фильтры. вейвлеты и статистика натуральных сцен // Оптический журнал. 1999. - Т. 66. - № 9. - С. 25–36
60. Цуккерман И. И. О согласовании пространственно-частотных фильтров зрительного анализатора со статистикой изображений // Биофизика. 1978. Т. XXIII. Вып. 6. - С. 1108–1109
61. Цуккерман И. И., Шостацкий Н. Н. Анизотропия пространственно-частотной характеристики зрения // Физиология человека. 1978. - Т. 4. - № 1. - С. 17–20
62. Хрисанфова Л. А. Индивидуально-психологические особенности, презентуемые на лице человека с точки зрения системного подхода // Познание в структуре общения /

Под ред. В. А. Барабанщикова, Е. С. Самойленко. М.: Изд-во «Институт психологии РАН» - 2009

63. Хьюбел Д. Глаз. Мозг. Зрение. М. - Мир. - 1990. - 239 с.
64. Черниговская Т. В. От коммуникационных сигналов к языку и мышлению человека: эволюция или революция // Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова. 2008. - Т. 94. - № 9. - С. 1017–1028
65. Черниговская Т. В. Человеческое в человеке: сознание и нейронная сеть // Проблема сознания в философии и науке. - 2008
66. Черниговская Т. В. Мозг и язык: врожденные модули или обучающаяся сеть? // Мозг. Фундаментальные и прикладные проблемы / Под ред. А. И. Григорьева. М.: Наука. - 2010.- С. 117–127
67. Шелепин Ю. Е. Фильтрационные свойства рецептивных полей нейронов зрительной коры // Доклады АН СССР. Т. 261. - № 6. - 1981. - С. 1506–1509
68. Шелепин Ю. Е., Колесникова Л. Н., Левкович Ю. И. Визоконтрастометрия. Л.: Наука. - 1985
69. Шелепин Ю. Е., Бондарко В. М., Данилова М. В. Конструкция фовеолы и модель пирамидальной организации зрительной системы // Сенсорные системы. 1995.- Т. 9. - № 1. - С. 87–97
70. Шелепин Ю. Е., Бондарко В. М. Разрешающая способность и дискретизация изображений в зрительной системе // Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова. 2002. - Т. 88. - № 9
71. Шелепин Ю.Е., Фокин В.А., Хараузов А.К., Пронин С.В., Чихман В.Н. Локализация центра принятия решений при восприятии формы зрительных стимулов // Доклады Академии Наук. 2009. - Т. 429. - № 6. - С. 1-3
72. Шелепин Ю.Е., Хараузов А.К., Фокин В.А., Пронин С.В., Чихман В.Н. Механизмы принятия решений о форме тестовых изображений // Материалы XV международной конференции по нейрокибернетике. 2009. - С. 356-359
73. Шелепин Ю.Е., Фокин В.А., Хараузов А.К., Пронин С.В., Вахрамеева О.А., Фореман Н., Чихман В.Н. Восприятие и механизмы принятия решений // Экспериментальная психология в России: традиции и перспективы. 2010. - С. 327–331
74. Шелепин Ю.Е., Фокин В.А., Хараузов А.К., Вахрамеева О.А., Труфанов Г.Е., Соколов А.В., Фореман Н., Пронин С.В., Чихман В.Н. Функциональное картирование мозга в задачах пассивного наблюдения и активного выбора // Матер. межд. конф. “Прикладная оптика”. 2010 -. Т. 3. - С. 370–373

75. Шелепин Ю. Е., Фокин В. А., Хараузов А. К., Фореман Н., Пронин С. В., Вахрамеева О. А., Чихман В. Н. Локализация методами нейроионики механизмов принятия решений об упорядоченности текстур // *Оптический журнал*. - 2011. - Т. 78. - С. 57–69
76. Шелепин Ю. Е., Фокин В. А. Меньшикова С. В., Борачук О. В., Коскин С. А., Соколов В. А. Пронин С. В., Хараузов А. К., Васильев П. П., Вахрамеева О. А. Методы ионики и методы картирования мозга в оценке функционального состояния зрительной системы // *Сенсорные системы*. 2014. - № 2
77. Шелепин Ю.Е., Борачук О.В., Пронин С.В., Хараузов А.К., Васильев П.П., Фокин В.А. Лицо и невербальные средства коммуникации // *Петербургский психологический журнал*. 2014. - №9. - С. 1-43
78. Шелепин Ю.Е., Борачук О.В., Пронин С.В., Фокин В.А., Хараузов А.К., Логунова Е.В., Васильев П.П. Лицо человека и нейрофизиология невербальных средств коммуникации // *Лицо человека в науке, искусстве и практике / К.И. Ананьева, В.А. Барабанщиков, А.А. Демидов. М. Когито-Центр*. - 2015. - С. 449-483
79. Экман П. Психология эмоций. Я знаю, что ты чувствуешь. СПб.: Питер. - 2010
80. Abreu A. M., Macaluso E., Azevedo, R. T., Cesari P., Urgesi C., Aglioti S. M. Action anticipation beyond the action observation network: a functional magnetic resonance imaging study in expert basketball players // *EJN*. V 35. - 10 2012. - P. 1646–1654
81. Aharon I., Etcoff N., Ariely D., Chabris C. F., O'Connor E. Beautiful faces have variable reward value: fMRI and behavioral evidence // *Neuron*. - 2001. - V. 32. - P. 537–551
82. Allison T., Ginter H., McCarthy G., Nobre A.C., Puce A., Luby M., Spencer D.D. Face recognition in human extrastriate cortex // *Journal of Neurophysiology*. - 71. - 1994. - P. 821-825
83. Allison T., Puce A., McCarthy G. Social perception from visual cues: role of the STS region // *Trends Cogn.* 2000. P.- 267–278
84. Amodio D. M., Frith C. D. Meeting of minds: the medial frontal cortex and social cognition // *Nat. Rev. Neurosci.* 2006. - V. 7. - P. 268–277.
85. Andrews-Hanna JR. The Brain's Default Network and its Adaptive Role in internal Mentation // *The Neuroscientist*. 2011.- V. 18. - N. 3. - P. 251–270.
86. Ashley V., Vuilleumier P., Swick D. Time course and specificity of event-related potentials to emotional expressions // *NeuroReport*. 2004. - V. 15. - P. 211–216
87. Awh E., Barton B., Vogel E. K. Visual working memory represents a fixed number of items regardless of complexity. // *Psychological Science*. - 2007. - V. 18. - P. 622–628
88. Babenko V.V., Ermakov P.N., Yavna D.V. Hemispheric asymmetry of second-order visual mechanisms // *International Journal of Psychology*. - 2016. - Т. 51. - № S1. - С. 164

89. Babenko V.V., Ermakov P.N. Specificity of brain reactions to second-order visual stimuli // *Visual Neuroscience*. - 2015. - T. - 32
90. Bachmann T. Identification of spatially quantised tachistoscopic images of faces: How many pixels does it take to carry identity? // *European Journal of Cognitive Psychology*. 1991. - 3. -P. 85–103
91. Balconi M., Lucchiari C. Consciousness, emotion and face: An event-related potentials (ERP) study // John Benjamin. 2005
92. Balconi M., Pozzoli U. Face-selective processing and the effect of pleasant and unpleasant emotional expression on ERP correlates // *International Journal of Psychophysiology*. 2003. V.49.- P. 67–74
93. Barnard T. W. An Image Evaluation Method // *A Symposium on Sampled Images*, Perkin-Elmer Corporation, Norwalk, Connecticut. 1971
94. Baron-Cohen S., Cross P. Reading the eyes: evidence for the role of perception in the development of a theory of mind // *Mind and Language*. 1992. - V. 7. P. 182–186
95. Barlow H. B., Blakemore C., Pettigrew. J. D. The neural mechanism of binocular depth discrimination. *J. Physiol. London* 193: 1967. P. 327-342
96. Bentin S., Allison T., Puce A., Perez E., McCarthy G. Electrophysiological studies of face perception in humans // *Journal of Cognitive Neuroscience*. 1996. - V. 8 (6). - P. 551–565
97. Bentin S., Carmel D. Accounts for the N170 face-effect: A reply to Rossion, Curran, Gauthier // *Cognition*. 2002. - 85.- P. 197-202
98. Bernoulli D. Exposition of a new theory on the measurement of risk / *Econometrica*. 1954.- V. 22. - PP. 23–36
99. Betts L. R., Wilson H. R. Heterogeneous Structure in face-selective Human Occipito-temporal Cortex // *J. Cogn Neuroscience*. - 2010. - V. 22. - N. 10. - P. 2276–2288
100. Bouvier S.E. Behavioral Deficits and Cortical Damage Loci in Cerebral Achromatopsia // *Cerebral Cortex*. - 2005. - Vol. 16. - № 2. - P. 183–191
101. Brass M., Schmitt R. M., Spengler S., Gergely G. Investigating action understanding: inferential processes versus action simulation // *Curr. Biol*. - 2007. - V. 17.- P. 2117–2121
102. Breiter H. C., Etcoff N. L., Whalen P. J., Kennedy W. A., Rauch S. L. Response and habituation of the human amygdala during visual processing of facial expression // *Neuron*. - 1996. - V. 17. - P. 875–887.
103. Bryan T. D., Hedy K., Kevin N. O. A Meta-Analysis of Functional Neuroimaging Studies of Self and Other Judgments Reveals a Spatial Gradient for Mentalizing in Medial Prefrontal Cortex // *J. Cogn. Neurosci*. - 2012. - V. 24 (8). - P. 1742–1752.
104. Bruce V., Young A. In the eye of beholder. The science of face perception. N. Y.: Oxford University Press. - 2000
105. Bruce V. Face perception / Vicki Bruce and Andy Young. 2012

106. Bruce V., Young A. Understanding Face Recognition. *Br J Psychol.* - 1986. - P. 305-327
107. Brunswik E. Perceptual characteristics of schematized human figures // *Psychological Bulletin.* 1939. - V. 36. - P. 553
108. Burgess A., Wagner R., Jennings R., Barlow H. Efficiency of human visual signal discrimination // *Science.* - 1981. - V. 214.- P. 93–94
109. Burton G. J., Haig N. D., Moorhead I. R. A Self-Similar Stack Model for Human and Machine Vision. *Biol. Cybern.* 1986. - N. 53. - P. 397–403
110. Burton A.M., Schweinberger S.R., Jenkins R., Kaufmann J.M. Arguments against a configural processing account of familiar face recognition // *Perspectives on Psychological Science.* – 2015. - 10(4). - P. 482–496.
111. Burton A.M., Kramer R.S.S., Ritchie K.L., Jenkins R. Identity from variation: Representation of faces derived from multiple instances // *Cognitive Science.* - 2016. - 40(1). P. 202-223
112. Cadieu. C. F., Hong. H., Yamins. D. L., Pinto. N., Ardila. D., Solomon. E. A., DiCarlo. J. J. Deep neural networks rival the representation of primate IT cortex for core visual object recognition // *PLoS Comput Biol.* – 2014. - 10(12)
113. Campanella S., Gaspard C., Debatisse D., Bruyer R., Crommelinck M., Guérit J.M., Discrimination of emotional facial expressions in a visual oddball task: an ERP study // *Biol. Psychol.* 59. 2002. P. 171–186
114. Campbell F. W. The Human Eye as an Optical Filter // *Proc. of IEEE.* - 1968. - V. 56. № 6. - P. 1009–1014
115. Campbell F. W. The Transmission of Spatial Information through the Visual System // *Neuroscience.* - 1974. - P. 95–103
116. Cambell F. W. How much of the information falling on the retina reaches the visual cortex and how mach is stored in the visual memory? // *Pontificae academiae csientarum scripta vari.* 1985. - V. 54. - P. 83–95
117. Campbell F., Robson J. Application of Fourier analyses to the visibility of gratings // *J. Physiol.* 1968. - V. 197. - P. 551–556
118. Campbell F. W., Gubisch R. W. Optical quality of the human eye // *J. Physiol.* 1986. V. 186. P. 558–578
119. Campbell F. W., Shelepin Yu. E. The mechanics of the foveola and its role in defining an object // *Perception.* 1989. Supple. V. 12. № 4. P. 532
120. Campbell F. W., Cleland B. G., Cooper G. F. Enroth-Cugell Christina. The angular selectivity of visual cortical cells to moving gratings // *J. Physiol.* - 1968. - V. 198 (1). - P. 237–250

121. Canessa N., Alemanno F., Riva F., Zani A., Proverbio A. M., Mannara N. The neural bases of social intention understanding: the role of interaction goals. - 2012. - V. 7. - P. 1–11
122. Capgras J., Reboul-Lachaux J. Illusion des sosies dans un delire systematise chronique // Bulletin de la Societe Clinique de Medicine Mentale 2. - 1923. - P. 6—16
123. Caspers S., Zilles K., Laird A.R., Eickhoff S.B. ALE-meta-analysis of action observation and imitation in the human brain // Neuroimage. 50. - 2010. - P.1148-1167
124. Chernorizov A.M., Zhongqing J., Petrakova A.V., Zinchenko Yu.P. Face cognition in humans: psychophysiological, developmental, and cross-cultural aspects // Psychology in Russia: State of the Art. 2016. T. 9. № 4. C. 37-50
125. Collin C., Liu C. H., Troje N., McMullen P. A., Chaudhuri A. Face recognition is affected by similarity in spatial frequency range to a greater degree than within-category object recognition // Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance. - 2004.- V. 30.- P. 975–987
126. Collin C. A., Therrien M., Martin C., Rainville S. Spatial frequency thresholds for face recognition when comparison faces are filtered and unfiltered // Perception and Psychophysics. 2006. - V. 68 (6).- P. 879–889
127. Collins J.A, Olson I.R. Beyond the FFA: The role of the ventral anterior temporal lobes in face processing // Neuropsychologia. 2014
128. Conty L., N'Diaye K., Tijus C., George N. When eye creates the contact! ERP evidence for early dissociation between direct and averted gaze motion processing // Neuropsychologia. - 2007 V. 45 (13). - P. 3024–203
129. Costen N. P., Parker D. M., Craw I. Effects of high-pass and low-pass spatial filtering on face identification // Perception and Psychophysics. 1996. – 58. – P. 602-612
130. Dakin S. C., Watt. R. J. Biological «bar codes» in human faces // Journal of Vision. 2009. - V. 9 (4). - P. 1–10
131. De Lange F. P., Spronk M., Willems R. M., Toni I., Bekkering H. Complementary systems for understanding action intentions // Curr. Biol. - 2008. - V. 18. - P. 454–457
132. Dinstein I., Thomas C., Behrmann M., Heeger D. A mirror up to nature // Curr. Biol. 2008. - V. 18. - P. 13–18
133. Di Pellegrino G., Fadiga L., Fogassi L., Gallese V., Rizzolatti G. Understanding motor events: a neurophysiological study // Exp. Brain Res. - 1992. - V. 91. - P. 176– 180
134. Ekman P. Emotions revealed. N. Y.: An owl Book. - 2004
135. Ekman P., Friesen W. Unmasking the face. N. Y.: Prentice-Hall. - 1975
136. Ekman P., Friesen W. V. Facial action coding system: A technique for the measurement of facial movement. Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press. 1978

137. Eimer M., Holmes A. An ERP study on the time course of emotional face processing // *NeuroReport*. - 2002. - V. 13. - P. 427–431
138. Eng H. Y., Chen D., Jiang Y. Visual working memory for simple and complex visual stimuli // *Psychonomic Bulletin and Review*. - 2005. - V. 12. - P. 1127–1133
139. FaceGen Modeller. [Software]. Singular Inversions. - Режим доступа: <http://www.facegen.com/>. 2009
140. Fechner G.T. *Elemente der Psychophysik*. 2 Bände. Leipzig. 1860
141. Fogassi. L., Ferrari. P. F., Gesierich. B., Rozzi. S., Chersi. F., & Rizzolatti. G. Parietal Lobe: From Action Organization to Intention Understanding. *Science*. 2005. 308(5722). P. 662-666
142. Fox C.J., Moon S. Y., Iaria G., Barton JJ.S. The correlates of subjective perception of identity and expression in the face network: an fMRI adaptation study // *NeuroImage*. - V.44. - Issue 2. 2009. - P. 569-580
143. Fransson P. How default is the default mode of brain function? Further evidence from intrinsic BOLD signal fluctuations // *Neuropsychologia*. - 2006. - V. 44. - P. 2836–2845
144. Freeman J. B., Ambady N. Motions of the hand expose the partial and parallel activation of stereotypes // *Psychological Science*. - 2009. - 20. - P. 1183–1188
145. Freiwald W., Duchaine B., Yovel G. Face Processing Systems: From Neurons to Real-World Social Perception // *ANNUAL REVIEW OF NEUROSCIENCE*. - V. 39. – 2016. – 39. – P.325-346
146. Friston K.J., Jezzard P.J., Turner R. Analysis of functional MRI time-series // *Hum. Brain Mapp*. - 1994. - V. 1. - P. 153-171
147. Friston K.J., Holmes A.P., Worsley K.J., Poline J.B., Frith C.D., Frackowiak R.S.J. Statistical Parametric Maps in functional imaging: A general linear approach // *Hum. Brain Mapp*. 1995. - V. 2. - P. 189-210
148. Friston K.J. Testing for anatomical specified regional effects // *Hum. Brain Mapp*. - 1997. - V. 5. - P.133-136
149. Fukushima.K., Miyake. S. Neocognitron: A self-organizing neural network model for a mechanism of visual pattern recognition. In *Competition and cooperation in neural nets* // Springer Berlin Heidelberg. - 1982. - P. 267-285
150. Fusar-Poli P., Placentino A., Carletti F., Landi P., Allen P. Functional atlas of emotional faces processing: A voxel-based meta-analysis of 105 functional magnetic resonance imaging studies // *J Psychiatry Neurosci*. - 2009. - V. 34. - P. 418–432
151. Gallese V., Fadiga L., Fogassi L., Rizzolatti G. Action recognition in the premotor cortex // *Brain*. 1996. - V. 119. - P. 593–609
152. Gallese V., Keysers C., Rizzolatti G. A unifying view of the basis of social cognition // *Trends Cogn Sci*. 2004. - V. 8. - P. 396–403

153. Ganel T. Valyear KF. Goshen-Gottstein Y. Goodale MA. The involvement of the “fusiform face area” in processing facial expression // *Neuropsychologia*. 2005. 43. P. 1645–1654
154. Gold J., Bennett P. J., Sekuler A. B. (1999). Identification of band- passed filtered letters and faces by human and ideal observers // *Vision Research*. – 1999. – 39. – P. 3537–3560
155. Grafton S. T. Embodied cognition and the simulation of action to understand others // *Ann. N. Y. Acad. Sci.* - 2009. - V. 1156. - P. 97–117
156. Greicius M. D., Menon V. Default-mode activity during a passive sensory task: uncoupled from deactivation but impacting activation // *J. Cogn. Neurosci*. 2004. - V. 16. - P. 1484–1492
157. Gross. C. G. Visual functions of inferotemporal cortex. In: *Handbook of Sensory Physiology*. edited by R. Jung. Berlin: Springer. - 1972. - vol. 7: part 3
158. Gross C.G. Visual Function of Inferotemporal Cortex. In *Handbook of Sensory Physiology*. Edited by Jung R. Berlin. Springer-Verlag. - 1973. - P. 451-482
159. Gross C.G., Sergent J. Face recognition. *Current pinion in Neurobiology*. - 1992. - P. 156-161
160. Gusnard D. A., Raichle M. E. Searching for a baseline: functional imaging and the resting human brain // *Nat. Rev. Neurosci.* - 2001. - V. 2. - P. 685–694
161. Harris A., Aguirre G. K. The representation of parts and wholes in face-selective cortex // *J. Cogn. Neurosci*. 2008. - V. 20. P. 863–878
162. Haxby J. V., Hoffman E. A., Gobbini M. I. Distributed human neural systems for face perception // *Trends Cogn. Sci.* - 2000. V. 4. - P.223–233.
163. Haxby J., Gobbini M. Distributed neural systems for face perception // *The Oxford handbook of face perception* / Ed. A. Calder. UK: Oxford Univ. Press. - 2011. - P. 93–110
164. Hebb D. O. (1904-1985) // *Gale Encyclopedia of Psychology*. - 2001
165. Hickok G. Eight problems for the mirror neuron theory of action understanding in monkeys and humans // *J. Cogn. Neurosci.* - 2009. - V. 21.- P. 1229–1243
166. Hopfield J. Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities // *Proceedings of National Academy of Sciences.* - V. 79 - 1982. №. 8 - P. 2554–2558
167. Hubel D., Wiesel T. Receptive fields and functional architecture of monkey striate cortex // *J. Physiology.* - 1968. - V. 195. - P. 215–243
168. Hyvarinen J., Shelepin Yu. E. Distribution of visual and somatic functions in the parietal associative area 7 of the monkey. *Brain Research*. 1979. V. 169. P. 561–564
169. Iacoboni M., Lieberman M.D., Knowlton B.J., Molnar-Szakacs I., Moritz M., Throop C.J. Watching social interactions produces dorsomedial prefrontal and medial parietal BOLD fMRI signal increases compared to a resting baseline // *Neuroimage.* - 2004. - V. 21. - P. 1167-1173

170. Iacoboni M. Neural mechanisms of imitation // *Curr. Opin. Neurobiol.* - 2005. - V. 15. - P. 632–637
171. Ikeda M., Takeuchi T. Influence of foveal load on the functional visual field // *Perception and Psychophysics.* - 1979. - Vol. 18. - P. 255–260.
172. Ishai A., Haxby J. V., Ungerleider L. G. Visual imagery of famous faces: effects of memory and attention revealed by fMRI // *Neuroimage.* - 2002. - V. 17. - P. 1729–1741
173. Ishai A. Lets face its a a cortical network // *Neuroimage.* - 2008. - V. 40. - P. 415–419
174. Jenkins R., Burton A.M. 100% accuracy in automatic face recognition // *Science.* – 2008. – 319. –P. 435
175. Jenkins R., White D., Van Montfort X., Burton, A.M. Variability in photos of the same face // *Cognition.* - 2011. – 121. – P.313-323
176. Johnson. J. Analysis of Image Forming Systems // *Proceedings of the Image Intensifier Symposium.* U. S. Army Engineer Research and Development Laboratory. Ft. Belvoir. (AD 220 160). - 1958
177. Keuken M.C., Müller-Axt C., Langner R., Eickhoff S.B., Forstmann B.U., Neumann J. // *Brain networks of perceptual decision-making: an fMRI ALE meta-analysis // Frontiers in Human Neuroscience.* 2014, Volume 8. Article 445. P. 1-14
178. Keysers C. Perrett D. I. Demystifying social cognition: A Hebbian perspective // *Trend Cogn Sci.* - 2004. - V. 8. - P. 501–507
179. Kohonen T. Analysis of Simple Self-Organizing Process. // *Biological Cybernetics.* 1982. - V. 44. - P. 135–140
180. Konorski J. Integrative Activity of the Brain. Chicago: Univ. of Chicago Press. – 1967
181. Korolkova O.A. Perceptual adaptation as a way to explore the structure of facial expressions space // *Fehner day 2016.*- 2016. - C. 84
182. Korolkova O. Perception of time-reversed dynamic emotional facial expressions // *The seventh international conference on cognitive science.* - 2016. - C. 48-49
183. Korolkova O.A. Adaptation to natural dynamic facial emotional expressions // *Perception.* - 2015. 44 (Supplement). - P. 18-19
184. Krasilnikov N.N. Shelepin Yu.E., Krasilnikova O.I. Filtering in the human visual system under threshold-observation conditions // *Journal of Optical Technology.* 1999. -V. 66. Is. 1. P. 3–12
185. Krasil'nikov N. N., Shelepin Yu. E. Functional model of the visual system // *Journal of Optical Technology.* - 1997. - V. 64. - I2
186. Krasil'nikov N. N., Shelepin Yu. E., Krasil'nikova O. I. The use of the principles of the optimal observer in modelling the human visual system // *Journal of Optical Technology.* - 1999. - V. 66. I. 9. - P. 782

187. Krizhevsky. A., Sutskever. I., & Hinton. G. E. Imagenet classification with deep convolutional neural networks. In *Advances in neural information processing systems*. 2012. - P. 1097-1105
188. LeCun. Y., Huang. F. J., & Bottou. L. Learning methods for generic object recognition with invariance to pose and lighting. In *Computer Vision and Pattern Recognition*. - 2004. - CVPR Proceedings of the 2004 IEEE Computer Society Conference on (Vol. 2. pp. II-104). IEEE
189. Leveroni C. L., Seidenberg M., Mayer A. R., Mead L. A., Binder J. R. Neural systems underlying the recognition of familiar and newly learned faces // *J. Neurosci.* - 2000. - V. 20. - P. 878–886.
190. Lewis J. W., Phinney R. E., Brefczynski J. A., DeYoe. E. A. Lefties get it “right” when hearing tool sounds // *J. Cogn. Neurosci.* - 2006. - V. 18. - P. 1314–1330
191. Liu J., Harris A., Kanwisher N. Perception of face parts and face configurations: an fMRI study // *J. Cogn. Neurosci.* - 2010. - P. 203–2011
192. Logothetis N.K., Wandell B.A. Interpreting the BOLD signal // *Annu. Rev. Physiol.* - 2004. - 66. – P. 735–69
193. Mahon B. Z., Caramazza A. A critical look at the embodied cognition hypothesis and a new proposal for grounding conceptual content // *J. Physiol.* - 2008. - V. 102.- P. 59–70
194. Mackworth N. H. Stimulus density limits the useful field of view // *Eye movements and psychological process*. Hillsdale (N. J.): Lawrence Erlbaum Associates. - 1976. - P. 307–321
195. McCarthy G., Puce A., Gore J.C., Allison T. face-specific processing in the human fusiform gyrus // *Journal of Cognitive Neuroscience.* - 9. - 1999. - P. 604-609
196. McKiernan K. A., Kaufman J. N., Kucera-Thompson J., Binder J. R. A parametric manipulation of factors affecting task-induced deactivation in functional neuroimaging // *J. Cogn. Neurosci.* - 2003. - V. 15. - P. 394–408
197. Mikhailova E.S., Davidov D.V., Oleichik I.V. The characteristics of VEPs associated with the accuracy of recognition of facial emotion // *Perception.* - 1997. - V. 26 (Supple).- P. 137
198. Moiseenko G. A., Shelepin Yu. E., Kharauzov A. K., Pronin S. V., Chikhman V. N., Vakhrameeva O. A. Classification and recognition of images of animate and inanimate objects // *Journal of Optical Technology.* - 2015
199. Morris J. S., Frith C. D., Perrett D. I., Rowland D., Young A. W et al. A differential neural response in the human amygdala to fearful and happy facial expressions // *Nature.* - 1996. V. 383.- P. 812–815
200. Niedenthal P. M. Embodying emotion // *Science.* – 2007. - V. 316. - P. 1002–1005
201. O’Doherty J., Winston J., Critchley H., Perrett D., Burt D. M. Beauty in a smile: the role of medial orbitofrontal cortex in facial attractiveness // *Neuropsychologia.* - 2003. - V. 41. - P. 147–155

202. Ogawa S., Lee T.M., Kay A.R., Tank D.W. Brain magnetic resonance imaging with contrast dependent on blood oxygenation // *Proc Natl Acad Sci USA*. - 87. - 1990. - P. 9868–9872
203. Oosterhof N. N., Todorov A. The functional basis of face evaluation // *In Proceedings of the national academy of sciences of the United States of America*. - 2008. - 105(32). - P. 11087–11092
204. Ortigue S., Thompson J.C., Parasuraman R., Grafton S.T. Spatio-temporal dynamics of human intention understanding in temporo-parietal cortex: a combined EEG/fMRI repetition suppression psrdsims. – 2009
205. Panakhova E., Hashimova U.F., Rzayeva-Ismailovaa N.M. To amygdalar control of perceptive function of visual system // *SPCN2016*
206. Parkhi. O. M., Vedaldi. A., & Zisserman. A. Deep Face Recognition. In *BMVC 2015*. September. - Vol. 1 - No. 3. - P. 6
207. Perrett DI, Rolls ET, Caan W. Visual neurones responsive to faces in the monkey temporal cortex // *Exp Brain Res*. - 1982. - 47(3). - P. 329-42
208. Perrett DI, Smith PA, Mistlin AJ, Chitty AJ, Head AS, Potter DD, Broennimann R, Milner AD, Jeeves MA. Visual analysis of body movements by neurones in the temporal cortex of the macaque monkey: a preliminary report // *Behav Brain Res*. - 1985; -=16(2-3) - P. 153-70
209. Potter T., Corneille O. Locating attractiveness in the face space: Faces are more attractive when closer to their group prototype // *Psychonomic Bulletin*. - 2008. 15 (3). - P. 615-622
210. Ramachandran V.S. Blakeslee S. *Phantoms in the brain. Probing the Mysteries of the Human Mind*. - 1978.- 174 p.
211. Raichle M. E., MacLeod A. M., Snyder A. Z., Powers W. J., Gusnard D. A., Shulman G. L. A default mode of brain function // *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A*. - 2001. - V. 98. - P. 676–682
212. Rizzolatti. G., Fogassi. L., and Gallese. V. Neurophysiological mechanisms underlying the understanding and imitation of action // *Nat. Rev. Neurosci*. - 2001. - V. 2. - P. 661–670
213. Rizzolatti. G., and Craighero. L. The mirror-neuron system // *Annu. Rev. Neurosci*. 2004. - V. 27. - P. 169–192
214. Rizzolatti G., Sinigaglia C. Further reflections on how we interpret the actions of other // *Nature*. - 2008. - V. 455. - P. 589
215. Rizzolatti G., Sinigaglia C. The functional role of the parieto-frontal mirror circuit: interpretations and misinterpretations // *Nat. Rev. Neurosci*. - 2010. - V. 11 .- P. 264–274
216. Rolls E.T., Baylis G.G. Size and contrast have only small effects on the responses to faces of neurons in the cortex of the superior temporal sulcus of the monkey // *Experimental Brain Research*. - 65. - 1986. - P. 38-48

217. Rolls E. T., Baylis G. C., Hasselmo M. E. The responses of neurons in the cortex in the superior temporal sulcus of the monkey to band-pass spatial frequency filtered faces // *Vision Research*. - 1987. - V. 27. - P. 311–326
218. Rolls E. T. Neurophysiological mechanisms underlying face processing within and beyond the temporal cortical visual areas // *Philos. Trans. R. Soc. Lond. (Biol.)*. - 1992. - V. 335. - P. 11–21
219. Rovamo J., Mustonen J., Näsänen R. Modelling contrast sensitivity as a function of retinal illuminance and grating area // *Vision Research*. - V.34. - 10. - 1994. - P.1301-1314
220. Roesch E.B., Tamarit L., Reveret L., Grandjean D., Sander D., Scherer K.R. FACSGen: A Tool to Synthesize Emotional Facial Expressions Through Systematic Manipulation of Facial Action Units. 2010. DOI 10.1007/s10919-010-0095-9 [Режим доступа] : http://cms.unige.ch/fapse/neuroemo/pdf/Roesch_et_al_2010_JNonverbalBehav.pdf
221. Sarkheil P., Goebel R., Schneider F., Mathiak K. (2013). Emotion unfolded by motion: a role for parietal lobe in decoding dynamic facial expressions // *Soc. Cogn. Affect. Neurosci.* - 8 950–957. 10.1093/scan/nss092
222. Schweinberger S.R., Esther C.P., Burton A.M., Kaufmann J.M. Human brain potential correlates of repetition priming in face and name recognition // *Neuropsychologia*. - 40. 2002. - P. 2057–2073
223. Schupp H.T., Ohman A., Junghofer M., Weike A.I., Stockburger J., Hamm A.O. (2004b). The facilitated processing of threatening faces: an ERP analysis // *Emotion*. - 2004. - 4. - P. 189–200.
224. Schubotz R., Cramon D. Y. Functional organization of the lateral premotor cortex: fMRI reveals different region activated by anticipation of object properties. location and seed // *Cognitive Brain Research*. - 2001. - V. 11 (1). - P. 97–112
225. Scolari M., Vogel E. K., Awh E. Perceptual expertise enhances the resolution but not the number of representations in working memory // *Psychonomic Bulletin and Review*. - 2008. - 15. - P. 215–222
226. Senju A., Johnson M. H. Eye contact effect: mechanism and development // *Trends Cogn Sci*. - 2009. - V. 13 (3). - P. 127–134
227. Sergent C., Dehaene S. Is consciousness a gradual phenomenon? Evidence for an all-or-none bifurcation during the attentional blink // *Psychological Science*. - 2004. - V. 15. - P. 720–728
228. Sergent J. Microgenesis of face perception // *Aspects of face processing*. Dordrecht: Martinus Nijhoff. – 1986. - P. 17–33
229. Shelepin Yu. E., Pavlov N. N. Spatial discreteness image filtration and Gestalt construction // *Perception*. - 1989. - V. 12. - № 4. - P. 537

230. Shelepin Yu. E., Pavlov N. N., Danilova M. V. The spatial organisation of the human fovea mosaic // *Perception*. - 1989. - V. 12.- № 4. - P. 538
231. Shelepin Y.E., Kharauzov A.K., Pronin S.V., Vakhrameeva O.A., Chikhman V.N., Fokin V.A., Foreman N. Using neuroimaging methods to localize mechanisms for making decisions concerning the ordering of textures // *J. Optical Technol.* - 2011. - V. 78. - № 12. - P. 808–816.
232. Svets I.A., Tanner W.P., Birdsall T.G. Decision processes in perception // *Phys. Rev.* - 1961. - 68. - №5. - P. 197
233. Tanaka K., Saito H., Fukada Y., Moriya M. Coding visual images of objects in the inferntemporal cortex of the macaque monkey // *J Neurophysid.*- 1991. - V.66. - N1. - P170-89
234. Tanaka. J.S. Multifaceted conceptions of fit in structural equation models // In K.A. Bollen. & J.S. Long (eds.). *Testing structural equation models*. Newbury Park. 1993
235. Tanaka K. Inferotemporal cortex and object vision // *Annual Review of Neuroscience* 1996. - Vol. 19. - P. 109-139
236. Tanaka J. W., Sengco J. A. Features and their configuration in face recognition // *Memory and Cognition*. - 1997. - V. 25. - P. 583–592
237. Tanaka J. N.; Farah M. J.; Wilson K. D.; Drain M. What is «special» about face perception? // *Psychological Review*. - 1998. - V. 105. - Issue 3. - P. 482–498
238. Tanaka K. Columns for Complex Visual Object Features in the Inferotemporal Cortex: Clustering of Cells with Similar but Slightly Different Stimulus Selectivities // *Cerebral Cortex*. – 2003. -13. – P. 90–99
239. Tamietto M., de Gelder B. Neural bases of the non-conscious perception of emotional signals // *Nature Reviews Neuroscience AOP*. - 2010
240. Thompson P. Margaret Thatcher: a new illusion // *Perception*. - 1980. - V. 9. - N. 4. - P. 483–484
241. Todorov A., Baron S. G., Oosterhof N. N. Evaluating face trustworthiness: A model based approach // *Social Cognitive Affective Neuroscience*. - 2008. - 3. - P. 119–127
242. Tsunoda K., Yamane Y., Nishizaki M., Tanifuji M. Complex objects are represented in macaque inferotemporal cortex by the combination of feature columns // *Nat Neurosci*. -2001. - V4. - N8. - P. 832–838
243. Turella L., Pierno A. C., Tubaldi F., Castiello U. Mirror neurons in humans: consisting or confounding evidence // *Brain Lang*. - 2009. - V. 108. - P. 10–21
244. Van Overwalle F. Social cognition and the brain: a meta-analysis // *Hum. Brain MaP*. 2009. - V. 30. - P. 829–858
245. Vogel E., Awh E. How to exploit diversity for scientific gain: Using individual differences to constrain cognitive theory // *Current Directions in Psychological Science*. – 2008

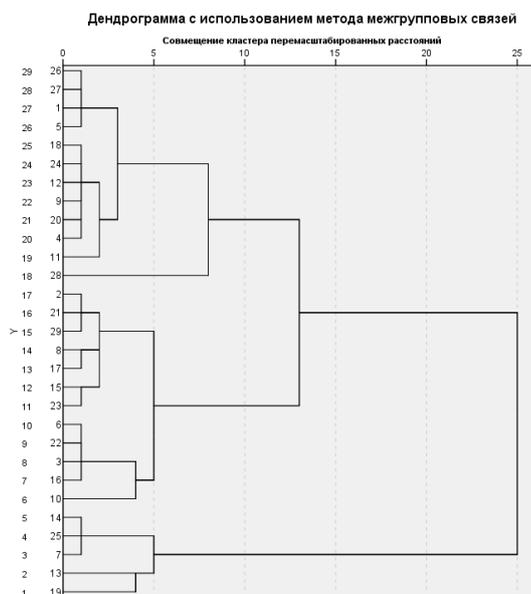
246. Vogel E. K., Woodman G. F., Luck S. J. Storage of features, conjunctions and objects in visual working memory // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. - 2001. - V. 27. - P. 92–114.
247. Von der Malsburg C., Phillips W.A., Singer W. *Dynamic Coordination in the Brain*. - 2010
248. Wandell B. A. *Foundations of vision*. Sunderland. MA: Sinauer Press. - 1995
249. Wandell B. A., Brewer A. A., Dougherty R. F. Visual field map clusters in human cortex. // *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*. - 2005. - P. 693-707
250. Wicker B., Ruby P., Royet J. P., Fonlupt P. A relation between rest and the self in the brain // *Brain Res. Rev.* - 2003.43. - P. 224–230.
251. Young A. *Facial Expression Recognition: Selected Works of Andy Young*. Psychology Press. – 2016. – 333p.
252. Zhang W., Luck S. J. Discrete fixed-resolution representations in visual working memory // *Nature*. - 2008. - N. 453.- P. 233–235
253. Zeki S., Romaya J. P. Neural Correlates of Hate // *Lauwereyns Jan.* - 2008

ПРИЛОЖЕНИЕ

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ

1. Психологическая серия исследований.

1.1 Результаты кластерного анализа



Результаты кластерного анализа (метод межгрупповых связей, мера – квадрат расстояния Евклида) показали, что всю выборку респондентов можно разделить на три группы в зависимости от уровня ситуативной тревоги и личностной тревожности.

1.2 Проверка нормальности распределения данных по шкалам ситуационной тревоги ИТТ

Критерии нормального распределения по шкалам ситуационной тревоги

	ГРУППА	Колмогорова-Смирнова ^a			Критерий Шапиро-Уилка		
		Статистика	ст.св.	Значимость	Статистика	ст.св.	Значимость
ЭД	1,00	,499	12	,000	,465	12	,000
	2,00	,253	17	,005	,851	17	,011
АСТ	1,00	,450	12	,000	,575	12	,000
	2,00	,122	17	,200*	,962	17	,674
ФОБ	1,00	,441	12	,000	,587	12	,000
	2,00	,254	17	,005	,872	17	,024
ОП	1,00	,354	12	,000	,732	12	,002
	2,00	,202	17	,063	,908	17	,093
СЗ	1,00	,211	12	,147	,850	12	,037
	2,00	,190	17	,105	,952	17	,482

*. Это нижняя граница истинной значимости.

1.3 Критерий нормальности распределения для личностной тревожности ИТТ

Критерии нормального распределения

	ГРУППА	Колмогорова-Смирнова ^а			Критерий Шапиро-Уилка		
		Статистика	ст.св.	Значимость	Статистика	ст.св.	Значимость
ЭД	1,00	,250	12	,037	,839	12	,027
	2,00	,290	17	,000	,780	17	,001
АСТ	1,00	,250	12	,037	,807	12	,011
	2,00	,309	17	,000	,842	17	,008
ФОБ	1,00	,247	12	,042	,889	12	,114
	2,00	,182	17	,137	,913	17	,114
ОП	1,00	,237	12	,061	,891	12	,123
	2,00	,213	17	,039	,878	17	,029
СЗ	1,00	,264	12	,020	,903	12	,172
	2,00	,169	17	,200 [*]	,917	17	,130

*. Это нижняя граница истинной значимости.

а. Коррекция значимости Лильефорса

2. Психофизическая серия исследования.

2.1 Проверка нормальности распределения данных по ответам респондентов

Критерии нормального распределения ЭР- Интенсивность Помехи 0%

	Колмогорова-Смирнова ^а			Критерий Шапиро-Уилка		
	Статистика	ст.св.	Значимость	Статистика	ст.св.	Значимость
град0	,126	30	,200 [*]	,966	30	,430
град01	,134	30	,182	,953	30	,201
град05	,075	30	,200 [*]	,978	30	,780
град1	,135	30	,169	,969	30	,503
град2	,085	30	,200 [*]	,971	30	,577
град3	,125	30	,200 [*]	,928	30	,045
град4	,128	30	,200 [*]	,911	30	,015
град5	,182	30	,012	,804	30	,000
град7	,217	30	,001	,772	30	,000
град10	,203	30	,003	,742	30	,000

*. Это нижняя граница истинной значимости.

а. Коррекция значимости Лильефорса

Критерии нормального распределения ЭГ- Интенсивность Помехи 0%

	Колмогорова-Смирнова ^а			Критерий Шапиро-Уилка		
	Статистика	ст.св.	Значимость	Статистика	ст.св.	Значимость
град0	,126	30	,200 [*]	,966	30	,430
град01	,149	30	,089	,941	30	,095
град05	,132	30	,192	,951	30	,180
град1	,081	30	,200 [*]	,970	30	,538
град2	,083	30	,200 [*]	,971	30	,566
град3	,148	30	,094	,950	30	,165
град4	,085	30	,200 [*]	,966	30	,436
град5	,084	30	,200 [*]	,966	30	,431
град7	,116	30	,200 [*]	,947	30	,145
град10	,170	30	,026	,896	30	,007

Критерии нормального распределения ЭР- Интенсивность Помехи 30%

	Колмогорова-Смирнова ^а			Критерий Шапиро-Уилка		
	Статистика	ст.св.	Значимость	Статистика	ст.св.	Значимость
град0	,081	30	,200 [*]	,972	30	,590
град01	,105	30	,200 [*]	,968	30	,480
град05	,098	30	,200 [*]	,961	30	,324
град1	,065	30	,200 [*]	,985	30	,941
град2	,119	30	,200 [*]	,939	30	,087
град3	,116	30	,200 [*]	,920	30	,028
град4	,198	30	,004	,845	30	,000
град5	,149	30	,089	,871	30	,002
град7	,179	30	,015	,773	30	,000
град10	,233	30	,000	,785	30	,000

*. Это нижняя граница истинной значимости.

а. Коррекция значимости Лильефорса

Критерии нормального распределения ЭГ- Интенсивность Помехи 30%

	Колмогорова-Смирнова ^а			Критерий Шапиро-Уилка		
	Статистика	ст.св.	Значимость	Статистика	ст.св.	Значимость
град0	,076	30	,200 [*]	,974	30	,657
град01	,111	30	,200 [*]	,964	30	,400
град05	,144	30	,112	,951	30	,182
град1	,089	30	,200 [*]	,961	30	,326
град2	,131	30	,199	,941	30	,095
град3	,128	30	,200 [*]	,963	30	,360
град4	,099	30	,200 [*]	,943	30	,110
град5	,086	30	,200 [*]	,965	30	,408
град7	,109	30	,200 [*]	,965	30	,424
град10	,113	30	,200 [*]	,927	30	,040

Критерии нормального распределения ЭР- Интенсивность Помехи 50%

	Колмогорова-Смирнова ^а			Критерий Шапиро-Уилка		
	Статистика	ст.св.	Значимость	Статистика	ст.св.	Значимость
град0	,114	30	,200 [*]	,966	30	,431
град01	,108	30	,200 [*]	,958	30	,269
град05	,097	30	,200 [*]	,973	30	,635
град1	,086	30	,200 [*]	,984	30	,926
град2	,080	30	,200 [*]	,965	30	,410
град3	,154	30	,067	,934	30	,063
град4	,146	30	,105	,913	30	,018
град5	,146	30	,099	,914	30	,018
град7	,190	30	,007	,885	30	,004
град10	,121	30	,200 [*]	,872	30	,002

*. Это нижняя граница истинной значимости.

а. Коррекция значимости Лильефорса

Критерии нормального распределения ЭГ- Интенсивность Помехи 50%

	Колмогорова-Смирнова ^а			Критерий Шапиро-Уилка		
	Статистика	ст.св.	Значимость	Статистика	ст.св.	Значимость
град0	,114	30	,200 [*]	,966	30	,431
град01	,126	30	,200 [*]	,951	30	,178
град05	,127	30	,200 [*]	,971	30	,571
град1	,098	30	,200 [*]	,960	30	,307
град2	,113	30	,200 [*]	,959	30	,284
град3	,118	30	,200 [*]	,966	30	,437
град4	,103	30	,200 [*]	,969	30	,501
град5	,121	30	,200 [*]	,957	30	,258
град7	,073	30	,200 [*]	,971	30	,568
град10	,149	30	,088	,936	30	,072

*. Это нижняя граница истинной значимости.

а. Коррекция значимости Лильефорса

Критерии нормального распределения ЭР- Интенсивность Помехи 70%

	Колмогорова-Смирнова ^а			Критерий Шапиро-Уилка		
	Статистика	ст.св.	Значимость	Статистика	ст.св.	Значимость
град0	,118	30	,200 [*]	,958	30	,269
град01	,116	30	,200 [*]	,962	30	,349
град05	,125	30	,200 [*]	,947	30	,139
град1	,077	30	,200 [*]	,981	30	,853
град2	,088	30	,200 [*]	,972	30	,605
град3	,086	30	,200 [*]	,959	30	,289
град4	,101	30	,200 [*]	,942	30	,105
град5	,108	30	,200 [*]	,970	30	,532
град7	,097	30	,200 [*]	,950	30	,165
град10	,140	30	,139	,961	30	,335

*. Это нижняя граница истинной значимости.

а. Коррекция значимости Лильефорса

Критерии нормального распределения ЭГ- Интенсивность Помехи 70%

	Колмогорова-Смирнова ^а			Критерий Шапиро-Уилка		
	Статистика	ст.св.	Значимость	Статистика	ст.св.	Значимость
град0	,118	30	,200 [*]	,958	30	,269
град01	,087	30	,200 [*]	,973	30	,620
град05	,147	30	,098	,957	30	,252
град1	,079	30	,200 [*]	,977	30	,752
град2	,092	30	,200 [*]	,960	30	,318
град3	,090	30	,200 [*]	,985	30	,943
град4	,095	30	,200 [*]	,972	30	,582
град5	,091	30	,200 [*]	,966	30	,429
град7	,111	30	,200 [*]	,965	30	,416
град10	,115	30	,200 [*]	,966	30	,437

*. Это нижняя граница истинной значимости.

а. Коррекция значимости Лильефорса

Проверка с использованием критериев Колмогорова-Смирнова и Шапиро-Уилка приведена на примере опознания мимики радости (ЭР) и грусти (ЭГ). В условиях определения поворота направо (ПП) и налево (ПЛ) выявлена подобная зависимость.

2.2 Проверка нормальности распределения данных по времени реакции**Критерии нормального распределения ПП – Интенсивность помехи 0%**

	Колмогорова-Смирнова ^а			Критерий Шапиро-Уилка		
	Статистика	ст.св.	Значимость	Статистика	ст.св.	Значимость
град0	,158	30	,055	,882	30	,003
град01	,113	30	,200 [*]	,949	30	,157
град05	,194	30	,005	,798	30	,000
град1	,086	30	,200 [*]	,990	30	,991
град2	,101	30	,200 [*]	,969	30	,520
град3	,104	30	,200 [*]	,972	30	,586
град4	,115	30	,200 [*]	,963	30	,372
град5	,081	30	,200 [*]	,969	30	,513
град7	,082	30	,200 [*]	,984	30	,928
град10	,095	30	,200 [*]	,982	30	,883

*. Это нижняя граница истинной значимости.

а. Коррекция значимости Лильефорса

Критерии нормального распределения ПЛ – Интенсивность помехи 0%

	Колмогорова-Смирнова ^а			Критерий Шапиро-Уилка		
	Статистика	ст.св.	Значимость	Статистика	ст.св.	Значимость
град0	,084	30	,200 [*]	,978	30	,757
град01	,098	30	,200 [*]	,976	30	,715
град05	,123	30	,200 [*]	,891	30	,005
град1	,112	30	,200 [*]	,975	30	,696
град2	,093	30	,200 [*]	,982	30	,876
град3	,135	30	,172	,970	30	,552
град4	,148	30	,092	,963	30	,370
град5	,132	30	,193	,955	30	,223
град7	,121	30	,200 [*]	,956	30	,248
град10	,092	30	,200 [*]	,967	30	,461

* . Это нижняя граница истинной значимости.

а. Коррекция значимости Лильефорса

Критерии нормального распределения ПП – Интенсивность помехи 30%

	Колмогорова-Смирнова ^а			Критерий Шапиро-Уилка		
	Статистика	ст.св.	Значимость	Статистика	ст.св.	Значимость
град0	,156	30	,059	,890	30	,005
град01	,150	30	,082	,909	30	,014
град05	,102	30	,200 [*]	,939	30	,088
град1	,088	30	,200 [*]	,960	30	,310
град2	,116	30	,200 [*]	,965	30	,422
град3	,151	30	,080	,964	30	,390
град4	,114	30	,200 [*]	,971	30	,565
град5	,109	30	,200 [*]	,971	30	,566
град7	,093	30	,200 [*]	,985	30	,933
град10	,088	30	,200 [*]	,985	30	,935

* . Это нижняя граница истинной значимости.

а. Коррекция значимости Лильефорса

Критерии нормального распределения ПЛ – Интенсивность помехи 30%

	Колмогорова-Смирнова ^а			Критерий Шапиро-Уилка		
	Статистика	ст.св.	Значимость	Статистика	ст.св.	Значимость
град0	,096	30	,200 [*]	,957	30	,254
град01	,099	30	,200 [*]	,955	30	,234
град05	,111	30	,200 [*]	,955	30	,223
град1	,133	30	,186	,913	30	,018
град2	,114	30	,200 [*]	,963	30	,376
град3	,131	30	,200 [*]	,940	30	,090
град4	,126	30	,200 [*]	,948	30	,149
град5	,098	30	,200 [*]	,975	30	,680
град7	,109	30	,200 [*]	,977	30	,744
град10	,118	30	,200 [*]	,948	30	,147

* . Это нижняя граница истинной значимости.

Критерии нормального распределения ПП – Интенсивность помехи 50%

	Колмогорова-Смирнова ^а			Критерий Шапиро-Уилка		
	Статистика	ст.св.	Значимость	Статистика	ст.св.	Значимость
град0	,144	30	,114	,854	30	,001
град01	,129	30	,200 [*]	,952	30	,191
град05	,113	30	,200 [*]	,958	30	,277
град1	,111	30	,200 [*]	,967	30	,453
град2	,122	30	,200 [*]	,963	30	,359
град3	,165	30	,036	,962	30	,339
град4	,145	30	,107	,971	30	,558
град5	,081	30	,200 [*]	,984	30	,926
град7	,116	30	,200 [*]	,956	30	,250
град10	,177	30	,018	,935	30	,065

*. Это нижняя граница истинной значимости.

а. Коррекция значимости Лильефорса

Критерии нормального распределения ПЛ – Интенсивность помехи 50%

	Колмогорова-Смирнова ^а			Критерий Шапиро-Уилка		
	Статистика	ст.св.	Значимость	Статистика	ст.св.	Значимость
град0	,151	30	,079	,891	30	,005
град01	,129	30	,200 [*]	,947	30	,138
град05	,080	30	,200 [*]	,951	30	,180
град1	,081	30	,200 [*]	,958	30	,270
град2	,129	30	,200 [*]	,967	30	,469
град3	,130	30	,200 [*]	,973	30	,612
град4	,091	30	,200 [*]	,974	30	,667
град5	,121	30	,200 [*]	,973	30	,625
град7	,113	30	,200 [*]	,971	30	,569
град10	,129	30	,200 [*]	,934	30	,063

*. Это нижняя граница истинной значимости.

а. Коррекция значимости Лильефорса

Критерии нормального распределения ПП – Интенсивность помехи 70%

	Колмогорова-Смирнова ^а			Критерий Шапиро-Уилка		
	Статистика	ст.св.	Значимость	Статистика	ст.св.	Значимость
град0	,185	30	,010	,790	30	,000
град01	,089	30	,200 [*]	,981	30	,844
град05	,148	30	,093	,951	30	,177
град1	,099	30	,200 [*]	,971	30	,567
град2	,128	30	,200 [*]	,968	30	,490
град3	,129	30	,200 [*]	,956	30	,248
град4	,146	30	,103	,954	30	,222
град5	,093	30	,200 [*]	,962	30	,347
град7	,081	30	,200 [*]	,954	30	,212
град10	,097	30	,200 [*]	,988	30	,973

*. Это нижняя граница истинной значимости.

а. Коррекция значимости Лильефорса

Критерии нормального распределения ПЛ – Интенсивность помехи 70%

	Колмогорова-Смирнова ^а			Критерий Шапиро-Уилка		
	Статистика	ст.св.	Значимость	Статистика	ст.св.	Значимость
град0	,116	30	,200 [*]	,922	30	,031
град01	,082	30	,200 [*]	,969	30	,524
град05	,139	30	,145	,973	30	,617
град1	,073	30	,200 [*]	,975	30	,674
град2	,094	30	,200 [*]	,972	30	,590
град3	,124	30	,200 [*]	,962	30	,340
град4	,135	30	,172	,942	30	,101
град5	,101	30	,200 [*]	,965	30	,409
град7	,069	30	,200 [*]	,986	30	,954
град10	,177	30	,017	,939	30	,083

*. Это нижняя граница истинной значимости.

а. Коррекция значимости Лильефорса

Поскольку статистические критерии показывают, что нулевую гипотезу об отсутствии различий между распределением в каждой из групп и нормальным распределением отвергнуть нельзя ($p > 0,05$), что не противоречит результатам графической оценки, можно считать, что данные в обеих группах подчиняются закону нормального распределения. Проверка с использованием критериев Колмогорова-Смирнова и Шапиро-Уилка приведена на примере опознания поворота направо (ПП) и налево (ПЛ). В условиях распознавания мимики радости (ЭР) и грусти (ЭГ) выявлена подобная зависимость.

2.3 Парный критерий Стьюдента (paired t-test) для сравнения средних величин двух связанных выборок

2.3.1 Парный критерий Стьюдента (paired t-test) для сравнения средних величин, следующих связанных пар: ЭР-ПП и ЭГ-ПЛ для каждой градации выраженности признака и типа помехи.

Paired Samples Test							
		Paired Differences			t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	SD	SE			
Pair 1	N0ER_neutral_smile - N0TR_direct_right	-4,850	32,608	5,953	-,815	29	,422
Pair 2	N0ER_smile01 - N0TR_right01	-4,594	31,875	5,820	-,789	29	,436
Pair 3	N0ER_smile05 - N0TR_right05	-9,830	35,974	6,568	-1,497	29	,145
Pair 4	N0ER_smile1 - N0TR_right1	-12,118	28,902	5,277	-2,297	29	,029
Pair 5	N0ER_smile2 - N0TR_right2	-13,921	25,089	4,581	-3,039	29	,005
продолжение таблицы							
Pair 6	N0ER_smile3 - N0TR_right3	-14,271	21,124	3,857	-3,700	29	,001
Pair 7	N0ER_smile4 - N0TR_right4	-15,888	21,717	3,965	-4,007	29	,000
Pair 8	N0ER_smile5 - N0TR_right5	-14,893	19,846	3,623	-4,110	29	,000
Pair 9	N0ER_smile7 - N0TR_right7	-13,000	22,694	4,143	-3,138	29	,004
Pair 10	N0ER_smile10 - N0TR_right10	-12,955	19,511	3,562	-3,637	29	,001
Pair 11	N0ER_neutral_sad - N0TR_direct_left	4,850	32,608	5,953	,815	29	,422
Pair 12	N0ER_sad01 - N0TR_left01	4,291	29,283	5,346	,803	29	,429
Pair 13	N0ER_sad05 - N0TR_left05	,733	24,443	4,463	,164	29	,871
Pair 14	N0ER_sad1 - N0TR_left1	-5,826	30,788	5,621	-1,036	29	,309
Pair 15	N0ER_sad2 - N0TR_left2	-22,929	29,158	5,324	-4,307	29	,000
Pair 16	N0ER_sad3 - N0TR_left3	-28,713	24,870	4,541	-6,324	29	,000
Pair 17	N0ER_sad4 - N0TR_left4	-25,158	24,498	4,473	-5,625	29	,000
Pair 18	N0ER_sad5 - N0TR_left5	-25,601	23,059	4,210	-6,081	29	,000
Pair 19	N0ER_sad7 - N0TR_left7	-24,202	19,055	3,479	-6,957	29	,000
Pair 20	N0ER_sad10 - N0TR_left10	-18,548	18,987	3,467	-5,351	29	,000
Pair 21	N30ER_neutral_smile - N30TR_direct_right	-10,035	31,530	5,757	-1,743	29	,092
Pair 22	N30ER_smile01 - N30TR_right01	-1,123	32,037	5,849	-,192	29	,849
Pair 23	N30ER_smile05 - N30TR_right05	-7,226	31,486	5,749	-1,257	29	,219
Pair 24	N30ER_smile1 - N30TR_right1	-15,740	24,234	4,424	-3,558	29	,001
Pair 25	N30ER_smile2 - N30TR_right2	-11,159	24,777	4,524	-2,467	29	,020
Pair 26	N30ER_smile3 - N30TR_right3	-16,225	24,299	4,436	-3,657	29	,001
Pair 27	N30ER_smile4 - N30TR_right4	-15,057	22,292	4,070	-3,700	29	,001
Pair 28	N30ER_smile5 - N30TR_right5	-15,370	21,552	3,935	-3,906	29	,001
Pair 29	N30ER_smile7 - N30TR_right7	-16,666	21,165	3,864	-4,313	29	,000
Pair 30	N30ER_smile10 - N30TR_right10	-13,731	19,065	3,481	-3,945	29	,000
Pair 31	N30ER_neutral_sad - N30TR_direct_left	9,660	30,104	5,496	1,758	29	,089
Pair 32	N30ER_sad01 - N30TR_left01	5,318	32,719	5,974	,890	29	,381
Pair 33	N30ER_sad05 - N30TR_left05	8,204	29,356	5,360	1,531	29	,137
Pair 34	N30ER_sad1 - N30TR_left1	-7,493	28,187	5,146	-1,456	29	,156
Pair 35	N30ER_sad2 - N30TR_left2	-21,530	35,553	6,491	-3,317	29	,002
Pair 36	N30ER_sad3 - N30TR_left3	-26,595	26,274	4,797	-5,544	29	,000
Pair 37	N30ER_sad4 - N30TR_left4	-29,170	23,284	4,251	-6,862	29	,000
Pair 38	N30ER_sad5 - N30TR_left5	-29,621	26,425	4,825	-6,140	29	,000
Pair 39	N30ER_sad7 - N30TR_left7	-29,022	21,452	3,917	-7,410	29	,000
Pair 40	N30ER_sad10 - N30TR_left10	-22,521	17,481	3,192	-7,056	29	,000

Pair 41	N50ER_neutral_smile - N50TR_direct_right	-1,882	26,771	4,888	-,385	29	,703
Pair 42	N50ER_smile01 - N50TR_right01	-5,037	33,079	6,039	-,834	29	,411
Pair 43	N50ER_smile05 - N50TR_right05	-9,372	28,573	5,217	-1,797	29	,083
Pair 44	N50ER_smile1 - N50TR_right1	-11,917	31,125	5,683	-2,097	29	,045
Pair 45	N50ER_smile2 - N50TR_right2	-19,301	31,611	5,771	-3,344	29	,002
Pair 46	N50ER_smile3 - N50TR_right3	-16,952	25,859	4,721	-3,591	29	,001
Pair 47	N50ER_smile4 - N50TR_right4	-18,627	23,860	4,356	-4,276	29	,000
Pair 48	N50ER_smile5 - N50TR_right5	-22,411	25,120	4,586	-4,887	29	,000
Pair 49	N50ER_smile7 - N50TR_right7	-18,723	24,438	4,462	-4,196	29	,000
Pair 50	N50ER_smile10 - N50TR_right10	-19,068	20,081	3,666	-5,201	29	,000
Pair 51	N50ER_neutral_sad - N50TR_direct_left	1,882	26,771	4,888	,385	29	,703
Pair 52	N50ER_sad01 - N50TR_left01	-,705	36,596	6,682	-,106	29	,917
Pair 53	N50ER_sad05 - N50TR_left05	-7,012	30,224	5,518	-1,271	29	,214
Pair 54	N50ER_sad1 - N50TR_left1	-13,811	32,894	6,006	-2,300	29	,029
Pair 55	N50ER_sad2 - N50TR_left2	-21,918	30,524	5,573	-3,933	29	,000
Pair 56	N50ER_sad3 - N50TR_left3	-27,466	24,668	4,504	-6,098	29	,000
Pair 57	N50ER_sad4 - N50TR_left4	-27,591	28,608	5,223	-5,283	29	,000
Pair 58	N50ER_sad5 - N50TR_left5	-32,565	23,014	4,202	-7,750	29	,000
Pair 59	N50ER_sad7 - N50TR_left7	-31,822	23,994	4,381	-7,264	29	,000
Pair 60	N50ER_sad10 - N50TR_left10	-30,672	20,611	3,763	-8,151	29	,000
Pair 61	N70ER_neutral_smile - N70TR_direct_right	-,804	28,490	5,202	-,155	29	,878
Pair 62	N70ER_smile01 - N70TR_right01	2,152	34,063	6,219	,346	29	,732
Pair 63	N70ER_smile05 - N70TR_right05	-5,980	28,415	5,188	-1,153	29	,258
Pair 64	N70ER_smile1 - N70TR_right1	-2,891	26,924	4,916	-,588	29	,561
Pair 65	N70ER_smile2 - N70TR_right2	-12,014	31,130	5,684	-2,114	29	,043
Pair 66	N70ER_smile3 - N70TR_right3	-13,646	24,061	4,393	-3,106	29	,004
Pair 67	N70ER_smile4 - N70TR_right4	-21,245	28,776	5,254	-4,044	29	,000
Pair 68	N70ER_smile5 - N70TR_right5	-23,759	27,774	5,071	-4,685	29	,000
Pair 69	N70ER_smile7 - N70TR_right7	-29,268	26,636	4,863	-6,018	29	,000
Pair 70	N70ER_smile10 - N70TR_right10	-29,449	25,682	4,689	-6,281	29	,000
Pair 71	N70ER_neutral_sad - N70TR_direct_left	,804	28,490	5,202	,155	29	,878
Pair 72	N70ER_sad01 - N70TR_left01	4,026	33,274	6,075	,663	29	,513
Pair 73	N70ER_sad05 - N70TR_left05	-,576	33,371	6,093	-,094	29	,925
Pair 74	N70ER_sad1 - N70TR_left1	-8,248	29,904	5,460	-1,511	29	,142
Pair 75	N70ER_sad2 - N70TR_left2	-15,719	27,853	5,085	-3,091	29	,004
Pair 76	N70ER_sad3 - N70TR_left3	-20,062	28,427	5,190	-3,865	29	,001
Pair 77	N70ER_sad4 - N70TR_left4	-29,629	29,078	5,309	-5,581	29	,000
Pair 78	N70ER_sad5 - N70TR_left5	-30,938	29,750	5,432	-5,696	29	,000
Pair 79	N70ER_sad7 - N70TR_left7	-37,040	24,998	4,564	-8,116	29	,000
Pair 80	N70ER_sad10 - N70TR_left10	-40,051	24,655	4,501	-8,898	29	,000

2.3.2 Парный критерий Стьюдента (paired t-test) для сравнения средних величин следующих связанных пар: ЭР-ПЛ и ЭГ-ПП для каждой градации выраженности признака и типа помехи.

Paired Samples Test							
		Paired Differences			t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	SD	SE			
Pair 1	N0ER_neutral_smile - N0TR_direct_left	-1,180	32,024	5,847	-,202	29	,841
Pair 2	N0ER_smile01 - N0TR_left01	-7,608	33,295	6,079	-1,252	29	,221
Pair 3	N0ER_smile05 - N0TR_left05	-6,343	33,525	6,121	-1,036	29	,309
Pair 4	N0ER_smile1 - N0TR_left1	-9,845	28,957	5,287	-1,862	29	,073
Pair 5	N0ER_smile2 - N0TR_left2	-19,910	28,570	5,216	-3,817	29	,001
Pair 6	N0ER_smile3 - N0TR_left3	-13,909	30,859	5,634	-2,469	29	,020
Pair 7	N0ER_smile4 - N0TR_left4	-13,417	25,621	4,678	-2,868	29	,008
Pair 8	N0ER_smile5 - N0TR_left5	-9,721	25,673	4,687	-2,074	29	,047
Pair 9	N0ER_smile7 - N0TR_left7	-10,440	26,006	4,748	-2,199	29	,036
Pair 10	N0ER_smile10 - N0TR_left10	-8,490	22,223	4,057	-2,092	29	,045
Pair 11	N0ER_neutral_sad - N0TR_direct_right	1,180	32,024	5,847	,202	29	,841
Pair 12	N0ER_sad01 - N0TR_right01	7,305	36,076	6,587	1,109	29	,276
Pair 13	N0ER_sad05 - N0TR_right05	-2,754	34,922	6,376	-,432	29	,669
Pair 14	N0ER_sad1 - N0TR_right1	-8,099	32,863	6,000	-1,350	29	,187
Pair 15	N0ER_sad2 - N0TR_right2	-16,940	31,201	5,697	-2,974	29	,006
Pair 16	N0ER_sad3 - N0TR_right3	-29,075	25,871	4,723	-6,155	29	,000
Pair 17	N0ER_sad4 - N0TR_right4	-27,628	22,680	4,141	-6,672	29	,000
Pair 18	N0ER_sad5 - N0TR_right5	-30,774	24,584	4,488	-6,856	29	,000
Pair 19	N0ER_sad7 - N0TR_right7	-26,762	19,920	3,637	-7,358	29	,000
Pair 20	N0ER_sad10 - N0TR_right10	-23,013	19,745	3,605	-6,384	29	,000
Pair 21	N30ER_neutral_smile - N30TR_direct_left	-2,981	32,440	5,923	-,503	29	,619
Pair 22	N30ER_smile01 - N30TR_left01	-3,892	38,856	7,094	-,549	29	,587
Pair 23	N30ER_smile05 - N30TR_left05	3,235	38,394	7,010	,461	29	,648
Pair 24	N30ER_smile1 - N30TR_left1	-12,646	33,430	6,103	-2,072	29	,047
Pair 25	N30ER_smile2 - N30TR_left2	-8,746	30,349	5,541	-1,578	29	,125
Pair 26	N30ER_smile3 - N30TR_left3	-15,143	27,560	5,032	-3,009	29	,005
Pair 27	N30ER_smile4 - N30TR_left4	-11,877	27,007	4,931	-2,409	29	,023
Pair 28	N30ER_smile5 - N30TR_left5	-12,731	29,375	5,363	-2,374	29	,024
Pair 29	N30ER_smile7 - N30TR_left7	-13,189	26,787	4,891	-2,697	29	,012
Pair 30	N30ER_smile10 - N30TR_left10	-12,326	20,754	3,789	-3,253	29	,003
Pair 31	N30ER_neutral_sad - N30TR_direct_right	2,606	32,668	5,964	,437	29	,665
Pair 32	N30ER_sad01 - N30TR_right01	8,087	32,104	5,861	1,380	29	,178
Pair 33	N30ER_sad05 - N30TR_right05	-2,257	39,763	7,260	-,311	29	,758
Pair 34	N30ER_sad1 - N30TR_right1	-10,587	30,266	5,526	-1,916	29	,065
Pair 35	N30ER_sad2 - N30TR_right2	-23,943	35,454	6,473	-3,699	29	,001
Pair 36	N30ER_sad3 - N30TR_right3	-27,678	25,496	4,655	-5,946	29	,000
Pair 37	N30ER_sad4 - N30TR_right4	-32,350	28,677	5,236	-6,179	29	,000
Pair 38	N30ER_sad5 - N30TR_right5	-32,260	29,872	5,454	-5,915	29	,000

Pair 39	N30ER_sad7 - N30TR_right7	-32,499	22,689	4,142	-7,845	29	,000
Pair 40	N30ER_sad10 - N30TR_right10	-23,926	21,266	3,883	-6,162	29	,000
продолжение таблицы							
Pair 41	N50ER_neutral_smile - N50TR_direct_left	6,467	39,161	7,150	,904	29	,373
Pair 42	N50ER_smile01 - N50TR_left01	-1,389	37,555	6,857	-,203	29	,841
Pair 43	N50ER_smile05 - N50TR_left05	-10,308	37,961	6,931	-1,487	29	,148
Pair 44	N50ER_smile1 - N50TR_left1	-12,494	33,029	6,030	-2,072	29	,047
Pair 45	N50ER_smile2 - N50TR_left2	-15,086	33,216	6,064	-2,488	29	,019
Pair 46	N50ER_smile3 - N50TR_left3	-12,361	28,438	5,192	-2,381	29	,024
Pair 47	N50ER_smile4 - N50TR_left4	-12,684	29,121	5,317	-2,386	29	,024
Pair 48	N50ER_smile5 - N50TR_left5	-18,488	34,448	6,289	-2,940	29	,006
Pair 49	N50ER_smile7 - N50TR_left7	-14,474	27,292	4,983	-2,905	29	,007
Pair 50	N50ER_smile10 - N50TR_left10	-13,757	26,219	4,787	-2,874	29	,008
Pair 51	N50ER_neutral_sad - N50TR_direct_right	-6,467	39,161	7,150	-,904	29	,373
Pair 52	N50ER_sad01 - N50TR_right01	-4,353	41,410	7,560	-,576	29	,569
Pair 53	N50ER_sad05 - N50TR_right05	-6,076	36,303	6,628	-,917	29	,367
Pair 54	N50ER_sad1 - N50TR_right1	-13,234	37,690	6,881	-1,923	29	,064
Pair 55	N50ER_sad2 - N50TR_right2	-26,133	33,311	6,082	-4,297	29	,000
Pair 56	N50ER_sad3 - N50TR_right3	-32,057	25,448	4,646	-6,900	29	,000
Pair 57	N50ER_sad4 - N50TR_right4	-33,534	28,918	5,280	-6,352	29	,000
Pair 58	N50ER_sad5 - N50TR_right5	-36,488	27,008	4,931	-7,400	29	,000
Pair 59	N50ER_sad7 - N50TR_right7	-36,072	23,548	4,299	-8,390	29	,000
Pair 60	N50ER_sad10 - N50TR_right10	-35,983	22,912	4,183	-8,602	29	,000
Pair 61	N70ER_neutral_smile - N70TR_direct_left	8,518	41,042	7,493	1,137	29	,265
Pair 62	N70ER_smile01 - N70TR_left01	5,525	37,854	6,911	,799	29	,431
Pair 63	N70ER_smile05 - N70TR_left05	2,342	37,040	6,762	,346	29	,732
Pair 64	N70ER_smile1 - N70TR_left1	1,645	37,602	6,865	,240	29	,812
Pair 65	N70ER_smile2 - N70TR_left2	-5,481	36,826	6,723	-,815	29	,422
Pair 66	N70ER_smile3 - N70TR_left3	-9,461	37,469	6,841	-1,383	29	,177
Pair 67	N70ER_smile4 - N70TR_left4	-17,475	36,625	6,687	-2,613	29	,014
Pair 68	N70ER_smile5 - N70TR_left5	-22,747	32,096	5,860	-3,882	29	,001
Pair 69	N70ER_smile7 - N70TR_left7	-24,283	33,398	6,098	-3,982	29	,000
Pair 70	N70ER_smile10 - N70TR_left10	-26,801	27,809	5,077	-5,279	29	,000
Pair 71	N70ER_neutral_sad - N70TR_direct_right	-8,518	41,042	7,493	-1,137	29	,265
Pair 72	N70ER_sad01 - N70TR_right01	,654	40,123	7,325	,089	29	,929
Pair 73	N70ER_sad05 - N70TR_right05	-8,897	33,508	6,118	-1,454	29	,157
Pair 74	N70ER_sad1 - N70TR_right1	-12,785	31,802	5,806	-2,202	29	,036
Pair 75	N70ER_sad2 - N70TR_right2	-22,251	35,948	6,563	-3,390	29	,002
Pair 76	N70ER_sad3 - N70TR_right3	-24,247	35,092	6,407	-3,785	29	,001
Pair 77	N70ER_sad4 - N70TR_right4	-33,399	34,277	6,258	-5,337	29	,000
Pair 78	N70ER_sad5 - N70TR_right5	-31,951	32,790	5,987	-5,337	29	,000
Pair 79	N70ER_sad7 - N70TR_right7	-42,025	28,957	5,287	-7,949	29	,000
Pair 80	N70ER_sad10 - N70TR_right10	-42,698	27,649	5,048	-8,458	29	,000

2.3.3 Парный критерий Стьюдента (paired t-test) для сравнения средних величин следующих связанных пар: ЭР-ЭГ и ПП-ПЛ для каждой градации выраженности признака и типа помехи.

Paired Samples Test							
		Paired Differences			t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	SD	SE			
Pair 1	N0ER_neutral_smile - N0ER_neutral_sad	-6,031	45,961	8,391	-,719	29	,478
Pair 2	N0ER_smile01 - N0ER_sad01	-11,899	44,952	8,207	-1,450	29	,158
Pair 3	N0ER_smile05 - N0ER_sad05	-7,076	44,123	8,056	-,878	29	,387
Pair 4	N0ER_smile1 - N0ER_sad1	-4,019	43,956	8,025	-,501	29	,620
Pair 5	N0ER_smile2 - N0ER_sad2	3,019	41,998	7,668	,394	29	,697
Pair 6	N0ER_smile3 - N0ER_sad3	14,804	40,060	7,314	2,024	29	,052
Pair 7	N0ER_smile4 - N0ER_sad4	11,741	36,387	6,643	1,767	29	,088
Pair 8	N0ER_smile5 - N0ER_sad5	15,880	35,008	6,392	2,485	29	,019
Pair 9	N0ER_smile7 - N0ER_sad7	13,762	27,477	5,017	2,743	29	,010
Pair 10	N0ER_smile10 - N0ER_sad10	10,058	26,426	4,825	2,085	29	,046
Pair 11	N30ER_neutral_smile - N30ER_neutral_sad	-12,641	51,476	9,398	-1,345	29	,189
Pair 12	N30ER_smile01 - N30ER_sad01	-9,210	48,776	8,905	-1,034	29	,310
Pair 13	N30ER_smile05 - N30ER_sad05	-4,969	50,472	9,215	-,539	29	,594
Pair 14	N30ER_smile1 - N30ER_sad1	-5,153	41,881	7,646	-,674	29	,506
Pair 15	N30ER_smile2 - N30ER_sad2	12,784	47,871	8,740	1,463	29	,154
Pair 16	N30ER_smile3 - N30ER_sad3	11,453	39,603	7,230	1,584	29	,124
Pair 17	N30ER_smile4 - N30ER_sad4	17,293	38,298	6,992	2,473	29	,019
Pair 18	N30ER_smile5 - N30ER_sad5	16,890	42,797	7,814	2,162	29	,039
Pair 19	N30ER_smile7 - N30ER_sad7	15,833	34,853	6,363	2,488	29	,019
Pair 20	N30ER_smile10 - N30ER_sad10	10,195	30,376	5,546	1,838	29	,076
Pair 21	N50ER_neutral_smile - N50ER_neutral_sad	4,585	53,186	9,710	,472	29	,640
Pair 22	N50ER_smile01 - N50ER_sad01	-,684	52,392	9,565	-,071	29	,944
Pair 23	N50ER_smile05 - N50ER_sad05	-3,296	47,310	8,638	-,382	29	,706
Pair 24	N50ER_smile1 - N50ER_sad1	1,317	50,917	9,296	,142	29	,888
Pair 25	N50ER_smile2 - N50ER_sad2	6,832	51,304	9,367	,729	29	,472
Pair 26	N50ER_smile3 - N50ER_sad3	15,105	42,189	7,703	1,961	29	,060
Pair 27	N50ER_smile4 - N50ER_sad4	14,907	44,659	8,154	1,828	29	,078
Pair 28	N50ER_smile5 - N50ER_sad5	14,077	46,036	8,405	1,675	29	,105
Pair 29	N50ER_smile7 - N50ER_sad7	17,349	40,434	7,382	2,350	29	,026
Pair 30	N50ER_smile10 - N50ER_sad10	16,916	36,397	6,645	2,546	29	,016
Pair 31	N70ER_neutral_smile - N70ER_neutral_sad	7,713	52,964	9,670	,798	29	,432
Pair 32	N70ER_smile01 - N70ER_sad01	1,498	49,375	9,015	,166	29	,869
Pair 33	N70ER_smile05 - N70ER_sad05	2,917	46,134	8,423	,346	29	,732
Pair 34	N70ER_smile1 - N70ER_sad1	9,894	49,069	8,959	1,104	29	,279
Pair 35	N70ER_smile2 - N70ER_sad2	10,237	47,688	8,707	1,176	29	,249
Pair 36	N70ER_smile3 - N70ER_sad3	10,601	48,437	8,843	1,199	29	,240
Pair 37	N70ER_smile4 - N70ER_sad4	12,154	53,255	9,723	1,250	29	,221

Pair 38	N70ER_smile5 - N70ER_sad5	8,191	48,019	8,767	,934	29	,358
Pair 39	N70ER_smile7 - N70ER_sad7	12,757	48,957	8,938	1,427	29	,164
Pair 40	N70ER_smile10 - N70ER_sad10	13,250	44,671	8,156	1,625	29	,115
Pair 41	N0TR_direct_right - N0TR_direct_left	3,670	45,445	8,297	,442	29	,662
Pair 42	N0TR_right01 - N0TR_left01	-3,014	42,955	7,842	-,384	29	,704
Pair 43	N0TR_right05 - N0TR_left05	3,487	38,753	7,075	,493	29	,626
Pair 44	N0TR_right1 - N0TR_left1	2,273	32,919	6,010	,378	29	,708
Pair 45	N0TR_right2 - N0TR_left2	-5,989	26,598	4,856	-1,233	29	,227
Pair 46	N0TR_right3 - N0TR_left3	,362	23,269	4,248	,085	29	,933
Pair 47	N0TR_right4 - N0TR_left4	2,471	16,687	3,047	,811	29	,424
Pair 48	N0TR_right5 - N0TR_left5	5,173	13,612	2,485	2,081	29	,046
Pair 49	N0TR_right7 - N0TR_left7	2,560	11,085	2,024	1,265	29	,216
Pair 50	N0TR_right10 - N0TR_left10	4,465	10,581	1,932	2,311	29	,028
Pair 51	N30TR_direct_right - N30TR_direct_left	7,054	36,834	6,725	1,049	29	,303
Pair 52	N30TR_right01 - N30TR_left01	-2,769	36,768	6,713	-,412	29	,683
Pair 53	N30TR_right05 - N30TR_left05	10,461	39,195	7,156	1,462	29	,155
Pair 54	N30TR_right1 - N30TR_left1	3,094	33,223	6,066	,510	29	,614
Pair 55	N30TR_right2 - N30TR_left2	2,413	22,033	4,023	,600	29	,553
Pair 56	N30TR_right3 - N30TR_left3	1,083	19,157	3,498	,310	29	,759
Pair 57	N30TR_right4 - N30TR_left4	3,179	16,220	2,961	1,074	29	,292
Pair 58	N30TR_right5 - N30TR_left5	2,639	17,332	3,164	,834	29	,411
Pair 59	N30TR_right7 - N30TR_left7	3,477	12,720	2,322	1,497	29	,145
Pair 60	N30TR_right10 - N30TR_left10	1,405	9,035	1,649	,852	29	,401
Pair 61	N50TR_direct_right - N50TR_direct_left	8,349	40,888	7,465	1,118	29	,273
Pair 62	N50TR_right01 - N50TR_left01	3,648	44,227	8,075	,452	29	,655
Pair 63	N50TR_right05 - N50TR_left05	-,936	41,215	7,525	-,124	29	,902
Pair 64	N50TR_right1 - N50TR_left1	-,577	35,748	6,527	-,088	29	,930
Pair 65	N50TR_right2 - N50TR_left2	4,215	28,077	5,126	,822	29	,418
Pair 66	N50TR_right3 - N50TR_left3	4,591	18,935	3,457	1,328	29	,194
Pair 67	N50TR_right4 - N50TR_left4	5,943	17,849	3,259	1,824	29	,079
Pair 68	N50TR_right5 - N50TR_left5	3,923	19,020	3,473	1,130	29	,268
Pair 69	N50TR_right7 - N50TR_left7	4,249	14,703	2,684	1,583	29	,124
Pair 70	N50TR_right10 - N50TR_left10	5,311	12,807	2,338	2,271	29	,031
Pair 71	N70TR_direct_right - N70TR_direct_left	9,322	46,765	8,538	1,092	29	,284
Pair 72	N70TR_right01 - N70TR_left01	3,372	38,448	7,020	,480	29	,635
Pair 73	N70TR_right05 - N70TR_left05	8,322	40,857	7,459	1,116	29	,274
Pair 74	N70TR_right1 - N70TR_left1	4,536	33,487	6,114	,742	29	,464
Pair 75	N70TR_right2 - N70TR_left2	6,532	33,175	6,057	1,078	29	,290
Pair 76	N70TR_right3 - N70TR_left3	4,185	30,388	5,548	,754	29	,457
Pair 77	N70TR_right4 - N70TR_left4	3,770	26,106	4,766	,791	29	,435
Pair 78	N70TR_right5 - N70TR_left5	1,012	20,600	3,761	,269	29	,790
Pair 79	N70TR_right7 - N70TR_left7	4,985	16,629	3,036	1,642	29	,111
Pair 80	N70TR_right10 - N70TR_left10	2,648	13,203	2,411	1,098	29	,281

2.4 Анализ скорости реакции респондентов

2.4.1 Описательные статистики

Описательные статистики ЭР

ЭР	N	Минимум	Максимум	Среднее значение		Стандартная отклонения
	Статистика	Статистика	Статистика	Статистика	Стандартная Ошибка	Статистика
шум0	10	453,81	499,93	478,9960	4,44977	14,07141
шум30	10	439,41	470,21	456,4280	3,29297	10,41329
шум50	10	441,83	472,93	455,9530	3,10250	9,81096
шум70	10	420,35	476,46	455,5670	4,58527	14,49991
N валидных (по списку)	10					

Описательные статистики ЭГ

ЭГ	N	Минимум	Максимум	Среднее значение		Стандартная отклонения
	Статистика	Статистика	Статистика	Статистика	Стандартная Ошибка	Статистика
шум0	10	482,12	509,77	493,9760	2,60477	8,23701
шум30	10	461,94	488,76	470,6870	2,45898	7,77597
шум50	10	450,64	463,61	459,6870	1,25212	3,95956
шум70	10	452,93	472,82	464,3100	1,90635	6,02842
N валидных (по списку)	10					

Описательные статистики ПЛ

	N	Минимум	Максимум	Среднее значение		Стандартная отклонения
	Статистика	Статистика	Статистика	Статистика	Стандартная Ошибка	Статистика
шум0	10	412,50	484,71	448,2310	8,25321	26,09895
шум30	10	404,16	448,94	427,9770	5,25532	16,61878
шум50	10	403,70	443,95	423,3340	4,38270	13,85931
шум70	10	424,20	451,02	439,6740	2,73285	8,64203
N валидных (по списку)	10					

3. Корреляционный анализ Спирмена

NonparametricCorrelations

Spearman'srho, n=29													
		СТ_Л_Э Д	СТ_Л_АС Т	СТ_Л_ФО Б	СТ_Л_О П	СТ_Л_С З	СТ_Л_ОБЩИ Й	СТ_С_Э Д	СТ_С_АС Т	СТ_С_ФО Б	СТ_С_О П	СТ_С_С З	СТ_С_ОБЩИ Й
N0ER_neutral_smile	r	,096	,004	-,026	,021	-,274	,017	-,076	-,117	-,124	-,066	-,502(**)	-,045
	p	,620	,985	,892	,914	,150	,931	,695	,546	,521	,735	,006	,815
N0ER_neutral_sad	r	-,096	-,004	,026	-,021	,274	-,017	,076	,117	,124	,066	,502(**)	,045
	p	,620	,985	,892	,914	,150	,931	,695	,546	,521	,735	,006	,815
N30ER_neutral_smile	r	,100	,146	-,133	,106	-,177	,036	,076	,165	-,112	,062	-,316	,112
	p	,605	,451	,491	,584	,357	,854	,697	,392	,563	,748	,095	,564
N30ER_neutral_sad	r	-,082	-,160	,160	-,075	,207	-,012	-,064	-,154	,151	-,039	,327	-,085
	p	,674	,406	,408	,700	,282	,950	,740	,424	,436	,842	,083	,661
N50ER_neutral_smile	r	,194	,266	,109	,302	-,158	,224	,090	,209	,082	,197	-,265	,211
	p	,314	,163	,573	,112	,414	,242	,641	,276	,673	,305	,165	,272
N50ER_neutral_sad	r	-,194	-,266	-,109	-,302	,158	-,224	-,090	-,209	-,082	-,197	,265	-,211
	p	,314	,163	,573	,112	,414	,242	,641	,276	,673	,305	,165	,272
N70ER_neutral_smile	r	,186	,161	,106	,294	-,076	,177	,146	,146	,077	,303	-,100	,239
	p	,333	,403	,583	,121	,694	,359	,448	,450	,693	,110	,607	,211
N70ER_neutral_sad	r	-,186	-,161	-,106	-,294	,076	-,177	-,146	-,146	-,077	-,303	,100	-,239
	p	,333	,403	,583	,121	,694	,359	,448	,450	,693	,110	,607	,211
N0TR_direct_right	r	,178	,310	,141	,257	-,019	,267	,126	,071	,037	,121	-,045	,083
	p	,356	,102	,467	,179	,924	,162	,516	,715	,849	,533	,815	,670
N0TR_direct_left	r	-,178	-,310	-,141	-,257	,019	-,267	-,126	-,071	-,037	-,121	,045	-,083
	p	,356	,102	,467	,179	,924	,162	,516	,715	,849	,533	,815	,670
N30TR_direct_right	r	,059	,352	,039	,304	-,070	,215	,086	,185	-,029	,144	-,007	,097
	p	,761	,061	,840	,109	,719	,264	,657	,338	,883	,455	,972	,617
N30TR_direct_left	r	-,052	-,386(*)	-,043	-,284	,087	-,219	-,071	-,174	,020	-,135	,052	-,098
	p	,791	,039	,824	,135	,654	,253	,714	,365	,917	,484	,789	,614

N50TR_direct_right	r	,238	,399(*)	,261	,459(*)	,046	,379(*)	,249	,388(*)	,205	,344	,011	,342
	p	,213	,032	,171	,012	,815	,043	,192	,037	,287	,068	,954	,070
N50TR_direct_left	r	-,238	-,399(*)	-,261	-,459(*)	-,046	-,379(*)	-,249	-,388(*)	-,205	-,344	-,011	-,342
	p	,213	,032	,171	,012	,815	,043	,192	,037	,287	,068	,954	,070
N70TR_direct_right	r	,233	,227	,204	,365	,165	,247	,252	,285	,069	,260	,048	,177
	p	,223	,237	,288	,051	,392	,197	,187	,134	,724	,173	,804	,357
N70TR_direct_left	r	-,233	-,227	-,204	-,365	-,165	-,247	-,252	-,285	-,069	-,260	-,048	-,177
	p	,223	,237	,288	,051	,392	,197	,187	,134	,724	,173	,804	,357
N0ET_neutral_smile	r	,270	,044	,208	,141	-,024	,087	,363	,019	,121	,128	,044	,051
	p	,157	,822	,278	,467	,902	,655	,053	,920	,532	,508	,820	,792
N0ET_neutral_sad	r	,258	,136	,196	,158	-,108	,100	,372(*)	,015	,118	,193	-,150	,105
	p	,176	,481	,307	,414	,576	,605	,047	,940	,543	,316	,439	,590
N30ET_neutral_smile	r	,102	-,194	-,028	-,082	,059	-,106	,121	-,106	-,095	-,121	,146	-,104
	p	,598	,314	,887	,674	,761	,584	,530	,585	,625	,531	,451	,592
N30ET_neutral_sad	r	,313	,140	,205	,254	,044	,203	,361	,073	,124	,263	,060	,174
	p	,098	,469	,286	,184	,821	,292	,054	,705	,521	,169	,758	,368
N50ET_neutral_smile	r	,263	,212	,185	,234	,067	,216	,357	,239	,171	,312	,113	,167
	p	,169	,269	,337	,222	,730	,260	,057	,212	,375	,099	,560	,386
N50ET_neutral_sad	r	,436(*)	,153	,065	,081	-,080	,121	,467(*)	,185	,129	,167	-,059	,153
	p	,018	,427	,737	,675	,681	,531	,011	,336	,504	,386	,761	,428
N70ET_neutral_smile	r	,282	,209	,169	,236	,073	,189	,407(*)	,228	,183	,211	,126	,153
	p	,139	,278	,382	,218	,707	,326	,029	,233	,341	,271	,515	,429
N70ET_neutral_sad	r	,377(*)	,179	,355	,302	,051	,327	,519(**)	,183	,339	,344	,005	,293
	p	,044	,354	,059	,111	,793	,084	,004	,343	,072	,068	,981	,124
N0TT_direct_right	r	,267	,192	,116	,119	,235	,096	,266	,240	,155	,072	,209	,172
	p	,161	,317	,548	,539	,219	,619	,163	,210	,422	,710	,277	,373
N0TT_direct_left	r	,086	,283	,049	,036	,182	,071	,127	,179	,026	-,031	,244	,081
	p	,658	,136	,802	,852	,345	,713	,510	,352	,895	,872	,203	,676
N30TT_direct_right	r	,190	,177	,085	-,004	-,091	,047	,085	,041	-,031	,048	,190	-,025

	p	,324	,358	,661	,983	,637	,811	,661	,833	,874	,805	,322	,899
N30TT_direct_left	r	,042	-,042	-,216	-,090	,014	-,158	,076	,015	-,096	-,061	,153	-,112
	p	,828	,830	,260	,644	,944	,413	,694	,939	,621	,752	,428	,564
N50TT_direct_right	r	-,008	-,162	-,093	-,114	,111	-,128	,060	-,127	,031	-,098	,093	-,100
	p	,966	,402	,632	,557	,566	,507	,756	,511	,875	,614	,631	,606
N50TT_direct_left	r	,010	,027	,079	,136	,145	,036	,342	,129	,062	,132	,152	,058
	p	,961	,891	,684	,483	,452	,853	,069	,504	,748	,495	,431	,763
N70TT_direct_right	r	,046	,106	,030	,055	,089	-,002	,187	,141	,042	,122	,291	,087
	p	,815	,584	,876	,778	,645	,992	,330	,467	,828	,528	,126	,652
N70TT_direct_left	r	-,006	-,028	,110	,023	,278	,006	,134	,025	,071	-,059	,279	,010
	p	,977	,886	,571	,905	,144	,975	,487	,898	,713	,762	,143	,959

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

4. Двухфакторный многомерный дисперсионный анализ взаимосвязи группы (по уровню тревожности) и оценками нейтрального лица. Факторы: пол и кластер

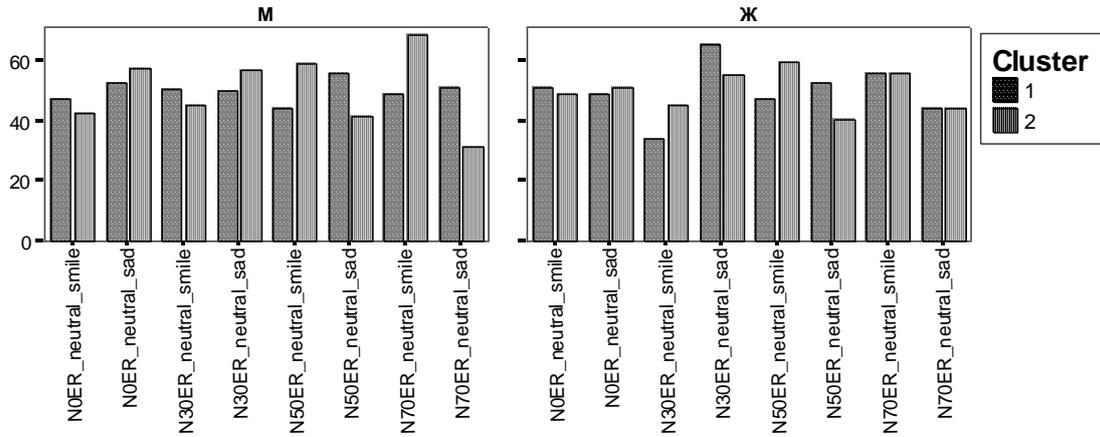
General Linear Model

Between-Subjects Factors		
	Value Label	N
Cluster	1	12
	2	17
Gender	0 M	12
	1 Ж	17

Descriptive Statistics							
	Cluster	Gender					
		M			Ж		
		Mean	Std. Deviation	N	Mean	Std. Deviation	N
N0ER_neutral_smile	1	47,4075	30,72773	8	51,0150	19,82428	4
	2	42,6550	19,76827	4	48,9885	21,14199	13
N0ER_neutral_sad	1	52,5925	30,72773	8	48,9850	19,82428	4
	2	57,3450	19,76827	4	51,0115	21,14199	13
N30ER_neutral_smile	1	50,5425	31,12368	8	33,9300	22,86904	4
	2	45,0000	34,98618	4	45,2269	21,54507	13
N30ER_neutral_sad	1	49,9138	30,78948	8	65,2475	23,35135	4
	2	56,8175	32,67435	4	55,1615	21,44296	13
N50ER_neutral_smile	1	44,0000	34,06222	8	47,5650	13,00269	4
	2	58,7650	21,61622	4	59,5985	25,34404	13
N50ER_neutral_sad	1	56,0000	34,06222	8	52,4350	13,00269	4
	2	41,2350	21,61622	4	40,4015	25,34404	13
N70ER_neutral_smile	1	48,8488	36,26975	8	55,7250	7,84927	4
	2	68,6575	15,99925	4	55,9523	22,59840	13
N70ER_neutral_sad	1	51,1513	36,26975	8	44,2750	7,84927	4
	2	31,3425	15,99925	4	44,0477	22,59840	13

Descriptive Statistics

Statistics : Mean



Multivariate Tests(b)							
Effect		Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.	Partial Eta Squared
Intercept	Pillai's Trace	1,000	9691,712(a)	5,000	21,000	,000	1,000
	Wilks' Lambda	,000	9691,712(a)	5,000	21,000	,000	1,000
	Hotelling's Trace	2307,551	9691,712(a)	5,000	21,000	,000	1,000
	Roy's Largest Root	2307,551	9691,712(a)	5,000	21,000	,000	1,000
Cluster	Pillai's Trace	,212	1,131(a)	5,000	21,000	,375	,212
	Wilks' Lambda	,788	1,131(a)	5,000	21,000	,375	,212
	Hotelling's Trace	,269	1,131(a)	5,000	21,000	,375	,212
	Roy's Largest Root	,269	1,131(a)	5,000	21,000	,375	,212
Gender	Pillai's Trace	,198	1,038(a)	5,000	21,000	,421	,198
	Wilks' Lambda	,802	1,038(a)	5,000	21,000	,421	,198
	Hotelling's Trace	,247	1,038(a)	5,000	21,000	,421	,198
	Roy's Largest Root	,247	1,038(a)	5,000	21,000	,421	,198
Cluster * Gender	Pillai's Trace	,178	,909(a)	5,000	21,000	,494	,178
	Wilks' Lambda	,822	,909(a)	5,000	21,000	,494	,178
	Hotelling's Trace	,216	,909(a)	5,000	21,000	,494	,178
	Roy's Largest Root	,216	,909(a)	5,000	21,000	,494	,178
a Exact statistic							
b Design: Intercept+Cluster+Gender+Cluster * Gender							

Levene's Test of Equality of Error Variances(a)				
	F	df1	df2	Sig.
N0ER_neutral_smile	1,048	3	25	,389
N0ER_neutral_sad	1,048	3	25	,389
N30ER_neutral_smile	,958	3	25	,428
N30ER_neutral_sad	,720	3	25	,549
N50ER_neutral_smile	4,318	3	25	,014
N50ER_neutral_sad	4,318	3	25	,014
N70ER_neutral_smile	6,535	3	25	,002
N70ER_neutral_sad	6,535	3	25	,002

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.
a Design: Intercept+Cluster+Gender+Cluster * Gender

Tests of Between-Subjects Effects							
Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	N0ER_neutral_smile	166,097(a)	3	55,366	,097	,961	,011
	N0ER_neutral_sad	166,097(a)	3	55,366	,097	,961	,011
	N30ER_neutral_smile	736,291(b)	3	245,430	,349	,790	,040
	N30ER_neutral_sad	637,333(c)	3	212,444	,313	,816	,036
	N50ER_neutral_smile	1457,251(d)	3	485,750	,685	,570	,076
	N50ER_neutral_sad	1457,251(d)	3	485,750	,685	,570	,076
	N70ER_neutral_smile	1047,929(e)	3	349,310	,536	,662	,060
	N70ER_neutral_sad	1047,929(e)	3	349,310	,536	,662	,060
Intercept	N0ER_neutral_smile	51465,853	1	51465,853	89,821	,000	,782
	N0ER_neutral_sad	62787,935	1	62787,935	109,581	,000	,814
	N30ER_neutral_smile	43480,389	1	43480,389	61,789	,000	,712
	N30ER_neutral_sad	73501,944	1	73501,944	108,140	,000	,812
	N50ER_neutral_smile	62784,599	1	62784,599	88,486	,000	,780
	N50ER_neutral_sad	51468,873	1	51468,873	72,538	,000	,744
	N70ER_neutral_smile	74830,284	1	74830,284	114,845	,000	,821
	N70ER_neutral_sad	41569,024	1	41569,024	63,797	,000	,718
Cluster	N0ER_neutral_smile	65,471	1	65,471	,114	,738	,005
	N0ER_neutral_sad	65,471	1	65,471	,114	,738	,005
	N30ER_neutral_smile	47,175	1	47,175	,067	,798	,003
	N30ER_neutral_sad	14,427	1	14,427	,021	,885	,001
	N50ER_neutral_smile	1023,129	1	1023,129	1,442	,241	,055
	N50ER_neutral_sad	1023,129	1	1023,129	1,442	,241	,055
	N70ER_neutral_smile	571,920	1	571,920	,878	,358	,034
	N70ER_neutral_sad	571,920	1	571,920	,878	,358	,034
Gender	N0ER_neutral_smile	140,789	1	140,789	,246	,624	,010
	N0ER_neutral_sad	140,789	1	140,789	,246	,624	,010
	N30ER_neutral_smile	382,502	1	382,502	,544	,468	,021
	N30ER_neutral_sad	266,528	1	266,528	,392	,537	,015
	N50ER_neutral_smile	27,562	1	27,562	,039	,845	,002
	N50ER_neutral_sad	27,562	1	27,562	,039	,845	,002

	N70ER_neutral_smile	48,405	1	48,405	,074	,787	,003
	N70ER_neutral_sad	48,405	1	48,405	,074	,787	,003
Cluster * Gender	N0ER_neutral_smile	10,586	1	10,586	,018	,893	,001
	N0ER_neutral_sad	10,586	1	10,586	,018	,893	,001
	N30ER_neutral_smile	403,985	1	403,985	,574	,456	,022
	N30ER_neutral_sad	411,228	1	411,228	,605	,444	,024
	N50ER_neutral_smile	10,630	1	10,630	,015	,904	,001
	N50ER_neutral_sad	10,630	1	10,630	,015	,904	,001
	N70ER_neutral_smile	546,261	1	546,261	,838	,369	,032
	N70ER_neutral_sad	546,261	1	546,261	,838	,369	,032
Error	N0ER_neutral_smile	14324,519	25	572,981			
	N0ER_neutral_sad	14324,519	25	572,981			
	N30ER_neutral_smile	17592,144	25	703,686			
	N30ER_neutral_sad	16992,250	25	679,690			
	N50ER_neutral_smile	17738,476	25	709,539			
	N50ER_neutral_sad	17738,476	25	709,539			
	N70ER_neutral_smile	16289,474	25	651,579			
	N70ER_neutral_sad	16289,474	25	651,579			
Total	N0ER_neutral_smile	81190,507	29				
	N0ER_neutral_sad	93032,507	29				
	N30ER_neutral_smile	77324,647	29				
	N30ER_neutral_sad	106421,507	29				
	N50ER_neutral_smile	102265,190	29				
	N50ER_neutral_sad	81845,190	29				
	N70ER_neutral_smile	107354,178	29				
	N70ER_neutral_sad	74214,178	29				
Corrected Total	N0ER_neutral_smile	14490,616	28				
	N0ER_neutral_sad	14490,616	28				
	N30ER_neutral_smile	18328,435	28				
	N30ER_neutral_sad	17629,583	28				
	N50ER_neutral_smile	19195,728	28				
	N50ER_neutral_sad	19195,728	28				
	N70ER_neutral_smile	17337,403	28				
	N70ER_neutral_sad	17337,403	28				
a R Squared = ,011 (Adjusted R Squared = -,107)							
b R Squared = ,040 (Adjusted R Squared = -,075)							
c R Squared = ,036 (Adjusted R Squared = -,080)							
d R Squared = ,076 (Adjusted R Squared = -,035)							
e R Squared = ,060 (Adjusted R Squared = -,052)							

Результаты показали, что нет влияния ни пола, ни кластера.

Estimated Marginal Means

1. Grand Mean				
Dependent Variable	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
N0ER_neutral_smile	47,516	5,014	37,191	57,842
N0ER_neutral_sad	52,484	5,014	42,158	62,809
N30ER_neutral_smile	43,675	5,556	32,232	55,118
N30ER_neutral_sad	56,785	5,461	45,539	68,031
N50ER_neutral_smile	52,482	5,579	40,992	63,973
N50ER_neutral_sad	47,518	5,579	36,027	59,008
N70ER_neutral_smile	57,296	5,346	46,285	68,307
N70ER_neutral_sad	42,704	5,346	31,693	53,715

2. Cluster

Estimates					
Dependent Variable	Cluster	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
N0ER_neutral_smile	1	49,211	7,329	34,117	64,306
	2	45,822	6,843	31,728	59,916
N0ER_neutral_sad	1	50,789	7,329	35,694	65,883
	2	54,178	6,843	40,084	68,272
N30ER_neutral_smile	1	42,236	8,122	25,508	58,964
	2	45,113	7,584	29,495	60,732
N30ER_neutral_sad	1	57,581	7,983	41,140	74,021
	2	55,990	7,453	40,639	71,340
N50ER_neutral_smile	1	45,783	8,156	28,985	62,580
	2	59,182	7,615	43,498	74,866
N50ER_neutral_sad	1	54,218	8,156	37,420	71,015
	2	40,818	7,615	25,134	56,502
N70ER_neutral_smile	1	52,287	7,816	36,190	68,384
	2	62,305	7,298	47,275	77,334
N70ER_neutral_sad	1	47,713	7,816	31,616	63,810
	2	37,695	7,298	22,666	52,725

Pairwise Comparisons							
Dependent Variable	(I) Cluster	(J) Cluster	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.(a)	95% Confidence Interval for Difference(a)	
						Lower Bound	Upper Bound
N0ER_neutral_smile	1	2	3,390	10,027	,738	-17,262	24,041
	2	1	-3,390	10,027	,738	-24,041	17,262
N0ER_neutral_sad	1	2	-3,390	10,027	,738	-24,041	17,262
	2	1	3,390	10,027	,738	-17,262	24,041
N30ER_neutral_smile	1	2	-2,877	11,112	,798	-25,763	20,009
	2	1	2,877	11,112	,798	-20,009	25,763
N30ER_neutral_sad	1	2	1,591	10,921	,885	-20,902	24,084
	2	1	-1,591	10,921	,885	-24,084	20,902
N50ER_neutral_smile	1	2	-13,399	11,158	,241	-36,380	9,582
	2	1	13,399	11,158	,241	-9,582	36,380
N50ER_neutral_sad	1	2	13,399	11,158	,241	-9,582	36,380
	2	1	-13,399	11,158	,241	-36,380	9,582
N70ER_neutral_smile	1	2	-10,018	10,693	,358	-32,041	12,005
	2	1	10,018	10,693	,358	-12,005	32,041
N70ER_neutral_sad	1	2	10,018	10,693	,358	-12,005	32,041
	2	1	-10,018	10,693	,358	-32,041	12,005
Multivariate Tests							
	Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.	Partial Eta Squared	
Pillai's trace	,212	1,131(a)	5,000	21,000	,375	,212	
Wilks' lambda	,788	1,131(a)	5,000	21,000	,375	,212	
Hotelling's trace	,269	1,131(a)	5,000	21,000	,375	,212	
Roy's largest root	,269	1,131(a)	5,000	21,000	,375	,212	
Univariate Tests							
Dependent Variable		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
N0ER_neutral_smile	Contrast	65,471	1	65,471	,114	,738	,005
	Error	14324,519	25	572,981			
N0ER_neutral_sad	Contrast	65,471	1	65,471	,114	,738	,005
	Error	14324,519	25	572,981			
N30ER_neutral_smile	Contrast	47,175	1	47,175	,067	,798	,003
	Error	17592,144	25	703,686			
N30ER_neutral_sad	Contrast	14,427	1	14,427	,021	,885	,001
	Error	16992,250	25	679,690			
N50ER_neutral_smile	Contrast	1023,129	1	1023,129	1,442	,241	,055
	Error	17738,476	25	709,539			
N50ER_neutral_sad	Contrast	1023,129	1	1023,129	1,442	,241	,055
	Error	17738,476	25	709,539			
N70ER_neutral_smile	Contrast	571,920	1	571,920	,878	,358	,034
	Error	16289,474	25	651,579			
N70ER_neutral_sad	Contrast	571,920	1	571,920	,878	,358	,034
	Error	16289,474	25	651,579			

3. Gender

Estimates					
Dependent Variable	Gender	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
N0ER_neutral_smile	M	45,031	7,329	29,937	60,126
	Ж	50,002	6,843	35,908	64,096
N0ER_neutral_sad	M	54,969	7,329	39,874	70,063
	Ж	49,998	6,843	35,904	64,092
N30ER_neutral_smile	M	47,771	8,122	31,043	64,499
	Ж	39,578	7,584	23,960	55,197
N30ER_neutral_sad	M	53,366	7,983	36,925	69,806
	Ж	60,205	7,453	44,854	75,555
N50ER_neutral_smile	M	51,383	8,156	34,585	68,180
	Ж	53,582	7,615	37,898	69,266
N50ER_neutral_sad	M	48,618	8,156	31,820	65,415
	Ж	46,418	7,615	30,734	62,102
N70ER_neutral_smile	M	58,753	7,816	42,656	74,850
	Ж	55,839	7,298	40,809	70,868
N70ER_neutral_sad	M	41,247	7,816	25,150	57,344
	Ж	44,161	7,298	29,132	59,191

Pairwise Comparisons							
Dependent Variable	(I) Gender	(J) Gender	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.(a)	95% Confidence Interval for Difference(a)	
						Lower Bound	Upper Bound
N0ER_neutral_smile	M	Ж	-4,970	10,027	,624	-25,622	15,681
	Ж	M	4,970	10,027	,624	-15,681	25,622
N0ER_neutral_sad	M	Ж	4,970	10,027	,624	-15,681	25,622
	Ж	M	-4,970	10,027	,624	-25,622	15,681
N30ER_neutral_smile	M	Ж	8,193	11,112	,468	-14,693	31,079
	Ж	M	-8,193	11,112	,468	-31,079	14,693
N30ER_neutral_sad	M	Ж	-6,839	10,921	,537	-29,332	15,654
	Ж	M	6,839	10,921	,537	-15,654	29,332
N50ER_neutral_smile	M	Ж	-2,199	11,158	,845	-25,180	20,782
	Ж	M	2,199	11,158	,845	-20,782	25,180
N50ER_neutral_sad	M	Ж	2,199	11,158	,845	-20,782	25,180
	Ж	M	-2,199	11,158	,845	-25,180	20,782
N70ER_neutral_smile	M	Ж	2,914	10,693	,787	-19,108	24,937
	Ж	M	-2,914	10,693	,787	-24,937	19,108
N70ER_neutral_sad	M	Ж	-2,914	10,693	,787	-24,937	19,108
	Ж	M	2,914	10,693	,787	-19,108	24,937

Based on estimated marginal means

a Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

Multivariate Tests						
	Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.	Partial Eta Squared
Pillai's trace	,198	1,038(a)	5,000	21,000	,421	,198
Wilks' lambda	,802	1,038(a)	5,000	21,000	,421	,198
Hotelling's trace	,247	1,038(a)	5,000	21,000	,421	,198
Roy's largest root	,247	1,038(a)	5,000	21,000	,421	,198

Each F tests the multivariate effect of Gender. These tests are based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.

a Exact statistic

Univariate Tests							
Dependent Variable		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
N0ER_neutral_smile	Contrast	140,789	1	140,789	,246	,624	,010
	Error	14324,519	25	572,981			
N0ER_neutral_sad	Contrast	140,789	1	140,789	,246	,624	,010
	Error	14324,519	25	572,981			
N30ER_neutral_smile	Contrast	382,502	1	382,502	,544	,468	,021
	Error	17592,144	25	703,686			
N30ER_neutral_sad	Contrast	266,528	1	266,528	,392	,537	,015
	Error	16992,250	25	679,690			
N50ER_neutral_smile	Contrast	27,562	1	27,562	,039	,845	,002
	Error	17738,476	25	709,539			
N50ER_neutral_sad	Contrast	27,562	1	27,562	,039	,845	,002
	Error	17738,476	25	709,539			
N70ER_neutral_smile	Contrast	48,405	1	48,405	,074	,787	,003
	Error	16289,474	25	651,579			
N70ER_neutral_sad	Contrast	48,405	1	48,405	,074	,787	,003
	Error	16289,474	25	651,579			

The F tests the effect of Gender. This test is based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.

4. Cluster * Gender

Estimates						
Dependent Variable	Cluster	Gender	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
N0ER_neutral_smile	1	M	47,408	8,463	29,978	64,837
		Ж	51,015	11,969	26,365	75,665
	2	M	42,655	11,969	18,005	67,305
		Ж	48,988	6,639	35,315	62,662
N0ER_neutral_sad	1	M	52,593	8,463	35,163	70,022
		Ж	48,985	11,969	24,335	73,635
	2	M	57,345	11,969	32,695	81,995
		Ж	51,012	6,639	37,338	64,685
N30ER_neutral_smile	1	M	50,543	9,379	31,227	69,858
		Ж	33,930	13,264	6,613	61,247
	2	M	45,000	13,264	17,683	72,317
		Ж	45,227	7,357	30,074	60,380
N30ER_neutral_sad	1	M	49,914	9,217	30,930	68,897
		Ж	65,248	13,035	38,401	92,094
	2	M	56,818	13,035	29,971	83,664
		Ж	55,162	7,231	40,270	70,054
N50ER_neutral_smile	1	M	44,000	9,418	24,604	63,396
		Ж	47,565	13,319	20,135	74,995
	2	M	58,765	13,319	31,335	86,195
		Ж	59,598	7,388	44,383	74,814
N50ER_neutral_sad	1	M	56,000	9,418	36,604	75,396
		Ж	52,435	13,319	25,005	79,865
	2	M	41,235	13,319	13,805	68,665
		Ж	40,402	7,388	25,186	55,617
N70ER_neutral_smile	1	M	48,849	9,025	30,262	67,436
		Ж	55,725	12,763	29,439	82,011
	2	M	68,658	12,763	42,372	94,943
		Ж	55,952	7,080	41,371	70,533
N70ER_neutral_sad	1	M	51,151	9,025	32,564	69,738
		Ж	44,275	12,763	17,989	70,561
	2	M	31,343	12,763	5,057	57,628
		Ж	44,048	7,080	29,467	58,629

Pairwise Comparisons								
Dependent Variable	Gender	(I) Cluster	(J) Cluster	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.(a)	95% Confidence Interval for Difference(a)	
							Lower Bound	Upper Bound
N0ER_neutral_smile	M	1	2	4,753	14,658	,748	-25,437	34,942
		2	1	-4,753	14,658	,748	-34,942	25,437
	Ж	1	2	2,027	13,687	,883	-26,161	30,214
		2	1	-2,027	13,687	,883	-30,214	26,161
N0ER_neutral_sad	M	1	2	-4,753	14,658	,748	-34,942	25,437
		2	1	4,753	14,658	,748	-25,437	34,942
	Ж	1	2	-2,027	13,687	,883	-30,214	26,161
		2	1	2,027	13,687	,883	-26,161	30,214
N30ER_neutral_smile	M	1	2	5,543	16,244	,736	-27,914	38,999
		2	1	-5,543	16,244	,736	-38,999	27,914
	Ж	1	2	-11,297	15,167	,463	-42,535	19,941
		2	1	11,297	15,167	,463	-19,941	42,535
N30ER_neutral_sad	M	1	2	-6,904	15,965	,669	-39,784	25,977
		2	1	6,904	15,965	,669	-25,977	39,784
	Ж	1	2	10,086	14,907	,505	-20,615	40,787
		2	1	-10,086	14,907	,505	-40,787	20,615
N50ER_neutral_smile	M	1	2	-14,765	16,312	,374	-48,360	18,830
		2	1	14,765	16,312	,374	-18,830	48,360
	Ж	1	2	-12,033	15,230	,437	-43,401	19,334
		2	1	12,033	15,230	,437	-19,334	43,401
N50ER_neutral_sad	M	1	2	14,765	16,312	,374	-18,830	48,360
		2	1	-14,765	16,312	,374	-48,360	18,830
	Ж	1	2	12,033	15,230	,437	-19,334	43,401
		2	1	-12,033	15,230	,437	-43,401	19,334
N70ER_neutral_smile	M	1	2	-19,809	15,631	,217	-52,002	12,385
		2	1	19,809	15,631	,217	-12,385	52,002
	Ж	1	2	-,227	14,595	,988	-30,286	29,832
		2	1	,227	14,595	,988	-29,832	30,286
N70ER_neutral_sad	M	1	2	19,809	15,631	,217	-12,385	52,002
		2	1	-19,809	15,631	,217	-52,002	12,385
	Ж	1	2	,227	14,595	,988	-29,832	30,286
		2	1	-,227	14,595	,988	-30,286	29,832

Based on estimated marginal means

a Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

Multivariate Tests							
Gender		Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.	Partial Eta Squared
M	Pillai's trace	,246	1,368(a)	5,000	21,000	,276	,246
	Wilks' lambda	,754	1,368(a)	5,000	21,000	,276	,246
	Hotelling's trace	,326	1,368(a)	5,000	21,000	,276	,246
	Roy's largest root	,326	1,368(a)	5,000	21,000	,276	,246
Ж	Pillai's trace	,129	,621(a)	5,000	21,000	,685	,129
	Wilks' lambda	,871	,621(a)	5,000	21,000	,685	,129
	Hotelling's trace	,148	,621(a)	5,000	21,000	,685	,129
	Roy's largest root	,148	,621(a)	5,000	21,000	,685	,129

Univariate Tests								
Dependent Variable	Gender		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
N0ER_neutral_smile	M	Contrast	60,230	1	60,230	,105	,748	,004
		Error	14324,519	25	572,981			
	Ж	Contrast	12,562	1	12,562	,022	,883	,001
		Error	14324,519	25	572,981			
N0ER_neutral_sad	M	Contrast	60,230	1	60,230	,105	,748	,004
		Error	14324,519	25	572,981			
	Ж	Contrast	12,562	1	12,562	,022	,883	,001
		Error	14324,519	25	572,981			
N30ER_neutral_smile	M	Contrast	81,918	1	81,918	,116	,736	,005
		Error	17592,144	25	703,686			
	Ж	Contrast	390,368	1	390,368	,555	,463	,022
		Error	17592,144	25	703,686			
N30ER_neutral_sad	M	Contrast	127,098	1	127,098	,187	,669	,007
		Error	16992,250	25	679,690			
	Ж	Contrast	311,164	1	311,164	,458	,505	,018
		Error	16992,250	25	679,690			
N50ER_neutral_smile	M	Contrast	581,347	1	581,347	,819	,374	,032
		Error	17738,476	25	709,539			
	Ж	Contrast	442,930	1	442,930	,624	,437	,024
		Error	17738,476	25	709,539			
N50ER_neutral_sad	M	Contrast	581,347	1	581,347	,819	,374	,032
		Error	17738,476	25	709,539			
	Ж	Contrast	442,930	1	442,930	,624	,437	,024
		Error	17738,476	25	709,539			
N70ER_neutral_smile	M	Contrast	1046,364	1	1046,364	1,606	,217	,060
		Error	16289,474	25	651,579			
	Ж	Contrast	,158	1	,158	,000	,988	,000
		Error	16289,474	25	651,579			
N70ER_neutral_sad	M	Contrast	1046,364	1	1046,364	1,606	,217	,060
		Error	16289,474	25	651,579			
	Ж	Contrast	,158	1	,158	,000	,988	,000
		Error	16289,474	25	651,579			

5. Cluster * Gender

Estimates						
Dependent Variable	Gender	Cluster	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
N0ER_neutral_smile	M	1	47,408	8,463	29,978	64,837
		2	42,655	11,969	18,005	67,305
	Ж	1	51,015	11,969	26,365	75,665
		2	48,988	6,639	35,315	62,662
N0ER_neutral_sad	M	1	52,593	8,463	35,163	70,022
		2	57,345	11,969	32,695	81,995
	Ж	1	48,985	11,969	24,335	73,635
		2	51,012	6,639	37,338	64,685
N30ER_neutral_smile	M	1	50,543	9,379	31,227	69,858
		2	45,000	13,264	17,683	72,317
	Ж	1	33,930	13,264	6,613	61,247
		2	45,227	7,357	30,074	60,380
N30ER_neutral_sad	M	1	49,914	9,217	30,930	68,897
		2	56,818	13,035	29,971	83,664
	Ж	1	65,248	13,035	38,401	92,094
		2	55,162	7,231	40,270	70,054
N50ER_neutral_smile	M	1	44,000	9,418	24,604	63,396
		2	58,765	13,319	31,335	86,195
	Ж	1	47,565	13,319	20,135	74,995
		2	59,598	7,388	44,383	74,814
N50ER_neutral_sad	M	1	56,000	9,418	36,604	75,396
		2	41,235	13,319	13,805	68,665
	Ж	1	52,435	13,319	25,005	79,865
		2	40,402	7,388	25,186	55,617
N70ER_neutral_smile	M	1	48,849	9,025	30,262	67,436
		2	68,658	12,763	42,372	94,943
	Ж	1	55,725	12,763	29,439	82,011
		2	55,952	7,080	41,371	70,533
N70ER_neutral_sad	M	1	51,151	9,025	32,564	69,738
		2	31,343	12,763	5,057	57,628
	Ж	1	44,275	12,763	17,989	70,561
		2	44,048	7,080	29,467	58,629

Pairwise Comparisons								
Dependent Variable	Cluster	(I) Gender	(J) Gender	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.(a)	95% Confidence Interval for Difference(a)	
							Lower Bound	Upper Bound
N0ER_neutral_smile	1	M	Ж	-3,608	14,658	,808	-33,797	26,582
		Ж	M	3,608	14,658	,808	-26,582	33,797
	2	M	Ж	-6,333	13,687	,648	-34,521	21,854
		Ж	M	6,333	13,687	,648	-21,854	34,521
N0ER_neutral_sad	1	M	Ж	3,608	14,658	,808	-26,582	33,797
		Ж	M	-3,608	14,658	,808	-33,797	26,582
	2	M	Ж	6,333	13,687	,648	-21,854	34,521
		Ж	M	-6,333	13,687	,648	-34,521	21,854
N30ER_neutral_smile	1	M	Ж	16,613	16,244	,316	-16,844	50,069
		Ж	M	-16,613	16,244	,316	-50,069	16,844
	2	M	Ж	-,227	15,167	,988	-31,465	31,011
		Ж	M	,227	15,167	,988	-31,011	31,465
N30ER_neutral_sad	1	M	Ж	-15,334	15,965	,346	-48,214	17,547
		Ж	M	15,334	15,965	,346	-17,547	48,214
	2	M	Ж	1,656	14,907	,912	-29,045	32,357
		Ж	M	-1,656	14,907	,912	-32,357	29,045
N50ER_neutral_smile	1	M	Ж	-3,565	16,312	,829	-37,160	30,030
		Ж	M	3,565	16,312	,829	-30,030	37,160
	2	M	Ж	-,833	15,230	,957	-32,201	30,534
		Ж	M	,833	15,230	,957	-30,534	32,201
N50ER_neutral_sad	1	M	Ж	3,565	16,312	,829	-30,030	37,160
		Ж	M	-3,565	16,312	,829	-37,160	30,030
	2	M	Ж	,833	15,230	,957	-30,534	32,201
		Ж	M	-,833	15,230	,957	-32,201	30,534
N70ER_neutral_smile	1	M	Ж	-6,876	15,631	,664	-39,070	25,317
		Ж	M	6,876	15,631	,664	-25,317	39,070
	2	M	Ж	12,705	14,595	,392	-17,354	42,764
		Ж	M	-12,705	14,595	,392	-42,764	17,354
N70ER_neutral_sad	1	M	Ж	6,876	15,631	,664	-25,317	39,070
		Ж	M	-6,876	15,631	,664	-39,070	25,317
	2	M	Ж	-12,705	14,595	,392	-42,764	17,354
		Ж	M	12,705	14,595	,392	-17,354	42,764

Based on estimated marginal means

a Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

Multivariate Tests							
Cluster		Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.	Partial Eta Squared
1	Pillai's trace	,190	,988(a)	5,000	21,000	,449	,190
	Wilks' lambda	,810	,988(a)	5,000	21,000	,449	,190
	Hotelling's trace	,235	,988(a)	5,000	21,000	,449	,190
	Roy's largest root	,235	,988(a)	5,000	21,000	,449	,190
2	Pillai's trace	,186	,957(a)	5,000	21,000	,466	,186
	Wilks' lambda	,814	,957(a)	5,000	21,000	,466	,186
	Hotelling's trace	,228	,957(a)	5,000	21,000	,466	,186
	Roy's largest root	,228	,957(a)	5,000	21,000	,466	,186

Univariate Tests								
Dependent Variable	Cluster		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
N0ER_neutral_smile	1	Contrast	34,704	1	34,704	,061	,808	,002
		Error	14324,519	25	572,981			
	2	Contrast	122,698	1	122,698	,214	,648	,008
		Error	14324,519	25	572,981			
N0ER_neutral_sad	1	Contrast	34,704	1	34,704	,061	,808	,002
		Error	14324,519	25	572,981			
	2	Contrast	122,698	1	122,698	,214	,648	,008
		Error	14324,519	25	572,981			
N30ER_neutral_smile	1	Contrast	735,934	1	735,934	1,046	,316	,040
		Error	17592,144	25	703,686			
	2	Contrast	,158	1	,158	,000	,988	,000
		Error	17592,144	25	703,686			
N30ER_neutral_sad	1	Contrast	626,997	1	626,997	,922	,346	,036
		Error	16992,250	25	679,690			
	2	Contrast	8,388	1	8,388	,012	,912	,000
		Error	16992,250	25	679,690			
N50ER_neutral_smile	1	Contrast	33,891	1	33,891	,048	,829	,002
		Error	17738,476	25	709,539			
	2	Contrast	2,125	1	2,125	,003	,957	,000
		Error	17738,476	25	709,539			
N50ER_neutral_sad	1	Contrast	33,891	1	33,891	,048	,829	,002
		Error	17738,476	25	709,539			
	2	Contrast	2,125	1	2,125	,003	,957	,000
		Error	17738,476	25	709,539			
N70ER_neutral_smile	1	Contrast	126,088	1	126,088	,194	,664	,008
		Error	16289,474	25	651,579			
	2	Contrast	493,761	1	493,761	,758	,392	,029
		Error	16289,474	25	651,579			
N70ER_neutral_sad	1	Contrast	126,088	1	126,088	,194	,664	,008
		Error	16289,474	25	651,579			
	2	Contrast	493,761	1	493,761	,758	,392	,029
		Error	16289,474	25	651,579			

5. Статистическая обработка фМРТ серии исследования

5.1. Регрессионный анализ зависимости пикселей и правильных ответов от градации выраженности признака по шкале FaceGen (10 точек).

Регрессионный анализ

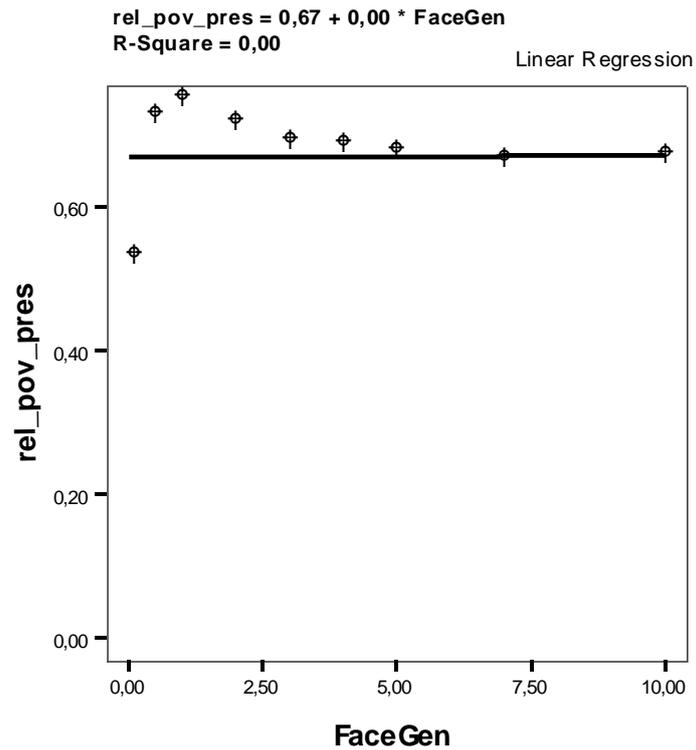
С нулевой точкой

Variables Entered/Removed(b)			
Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	FaceGen(a)	.	Enter
a All requested variables entered.			
b Dependent Variable: rel_pov_pres			

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,338(a)	,114	,004	,21891
a Predictors: (Constant), FaceGen				

ANOVA(b)						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,050	1	,050	1,034	,339(a)
	Residual	,383	8	,048		
	Total	,433	9			
a Predictors: (Constant), FaceGen						
b Dependent Variable: rel_pov_pres						

Coefficients(a)								
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	95% Confidence Interval for B	
		B	Std. Error	Beta			Lower Bound	Upper Bound
1	(Constant)	,528	,100		5,282	,001	,297	,758
	FaceGen	,022	,022	,338	1,017	,339	-,029	,073
a Dependent Variable: rel_pov_pres								



Без нулевой точки.

Regression

Coefficients(a)								
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	95% Confidence Interval for B	
		B	Std. Error	Beta			Lower Bound	Upper Bound
1	(Constant)	,667	,034		19,443	,000	,586	,748
	FaceGen	,000	,007	,016	,041	,968	-,017	,017

a Dependent Variable: rel_pov_pres

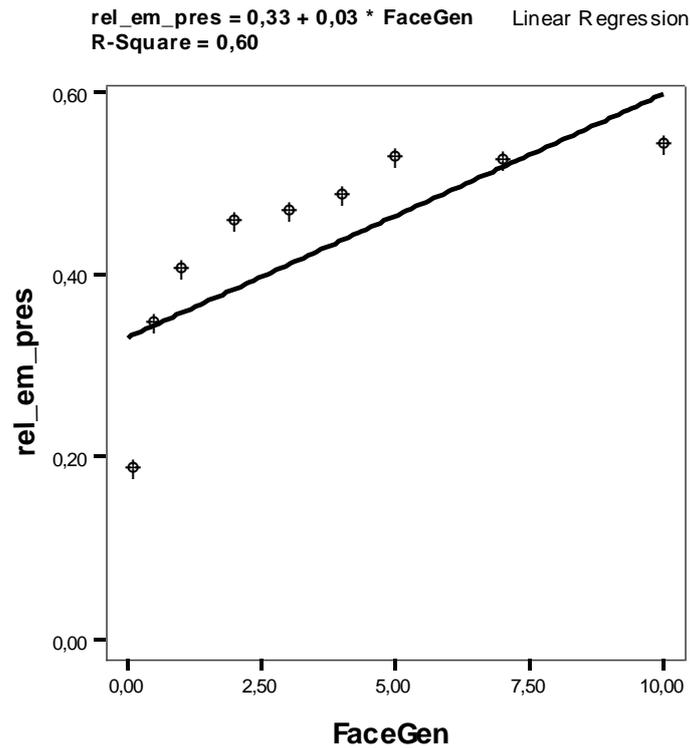
Regression

Variables Entered/Removed(b)			
Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	FaceGen(a)	.	Enter
a All requested variables entered.			
b Dependent Variable: rel_em_pres			

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,773(a)	,598	,541	,07684
a Predictors: (Constant), FaceGen				

ANOVA(b)						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,061	1	,061	10,415	,015(a)
	Residual	,041	7	,006		
	Total	,103	8			
a Predictors: (Constant), FaceGen						
b Dependent Variable: rel_em_pres						

Coefficients(a)								
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	95% Confidence Interval for B	
		B	Std. Error	Beta			Lower Bound	Upper Bound
1	(Constant)	,331	,039		8,384	,000	,237	,424
	FaceGen	,027	,008	,773	3,227	,015	,007	,046
a Dependent Variable: rel_em_pres								



Regression

Variables Entered/Removed(b)			
Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	FaceGen(a)	.	Enter
a All requested variables entered.			
b Dependent Variable: em_pixel			

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,890(a)	,792	,762	4,34203
a Predictors: (Constant), FaceGen				

ANOVA(b)						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	501,219	1	501,219	26,585	,001(a)
	Residual	131,973	7	18,853		
	Total	633,192	8			
a Predictors: (Constant), FaceGen						
b Dependent Variable: em_pixel						

Coefficients(a)								
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	95% Confidence Interval for B	
		B	Std. Error	Beta			Lower Bound	Upper Bound
1	(Constant)	16,763	2,228		7,523	,000	11,494	22,032
	FaceGen	2,412	,468	,890	5,156	,001	1,306	3,518

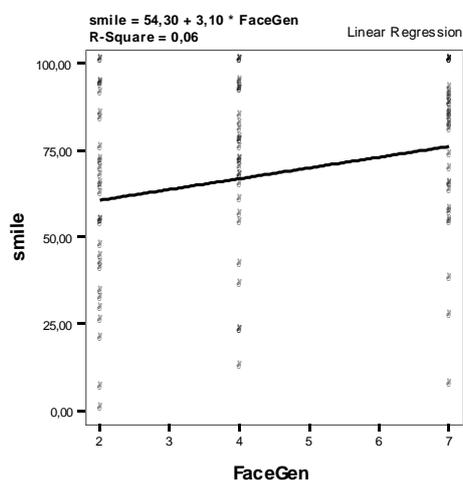
a Dependent Variable: em_pixel

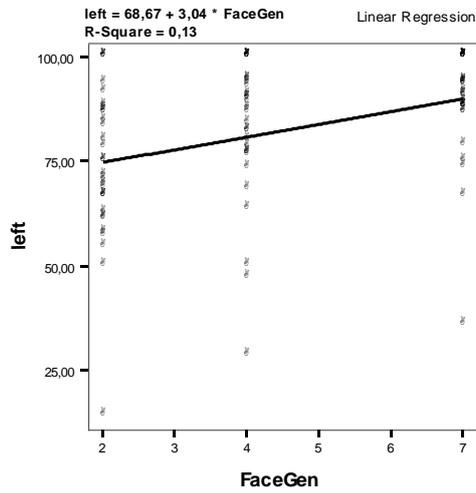
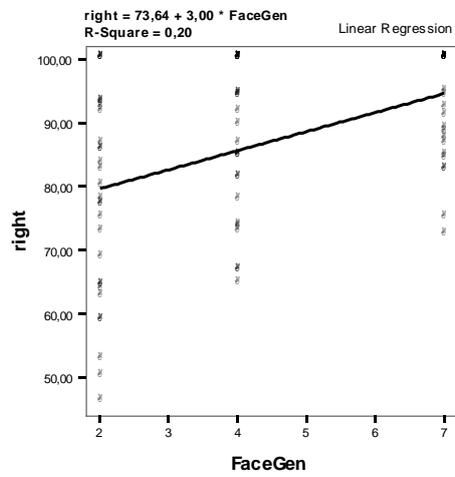
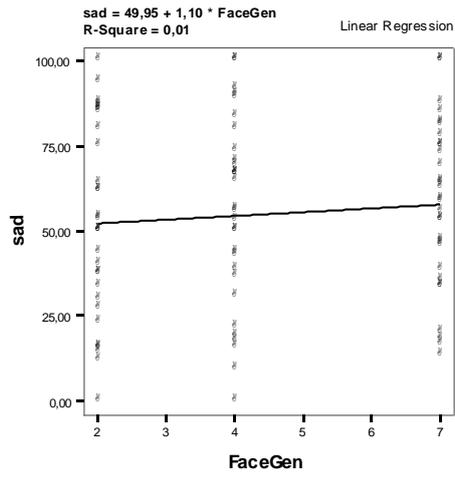
5.2 Регрессионный анализ зависимости пикселей, вокселей и правильных ответов от градации выраженности признака по шкале FaceGen (3 точки).

Сводная таблица значимостей углов наклона прямых, аппроксимирующих данные по трем градациям выраженности признака – 2, 4, 7

Name	p
smile	,017*
sad	,421
right	<,001***
left	<,001***
head_rotation	<,001***
emotion	,001**
HR_pixel	,212
Em_pixel	,101+
HR_voxel	,029*
Em_voxel	,463

Обозначения: * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$





Variables Entered/Removed(b)			
Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	FaceGen(a)	.	Enter
a All requested variables entered.			
b Dependent Variable: smile			

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,251(a)	,063	,052	24,91392
a Predictors: (Constant), FaceGen				

ANOVA(b)						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	3662,534	1	3662,534	5,901	,017(a)
	Residual	54621,881	88	620,703		
	Total	58284,414	89			
a Predictors: (Constant), FaceGen						
b Dependent Variable: smile						

Coefficients(a)						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	54,302	6,129		8,859	,000
	FaceGen	3,105	1,278	,251	2,429	,017
a Dependent Variable: smile						

Variables Entered/Removed(b)			
Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	FaceGen(a)	.	Enter
a All requested variables entered.			
b Dependent Variable: sad			

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,086(a)	,007	-,004	26,59745
a Predictors: (Constant), FaceGen				

ANOVA(b)						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	462,326	1	462,326	,654	,421(a)
	Residual	62253,338	88	707,424		
	Total	62715,664	89			
a Predictors: (Constant), FaceGen						
b Dependent Variable: sad						

Coefficients(a)						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	49,946	6,544		7,633	,000
	FaceGen	1,103	1,364	,086	,808	,421
a Dependent Variable: sad						

Variables Entered/Removed(b)			
Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	FaceGen(a)		. Enter
a All requested variables entered.			
b Dependent Variable: right			

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,445(a)	,198	,189	12,56346
a Predictors: (Constant), FaceGen				

ANOVA(b)						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	3421,220	1	3421,220	21,675	,000(a)
	Residual	13889,967	88	157,841		
	Total	17311,187	89			
a Predictors: (Constant), FaceGen						
b Dependent Variable: right						

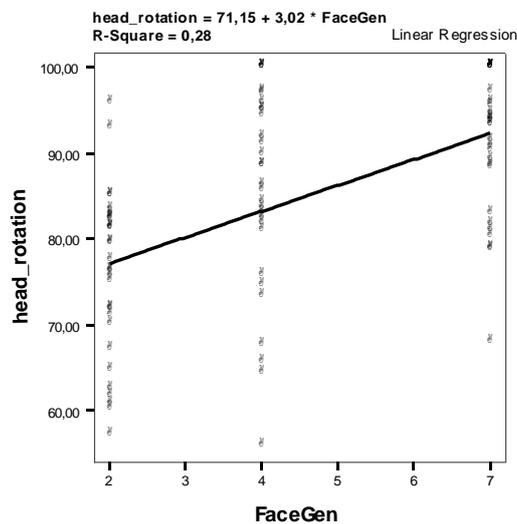
Coefficients(a)						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	73,637	3,091		23,824	,000
	FaceGen	3,001	,644	,445	4,656	,000
a Dependent Variable: right						

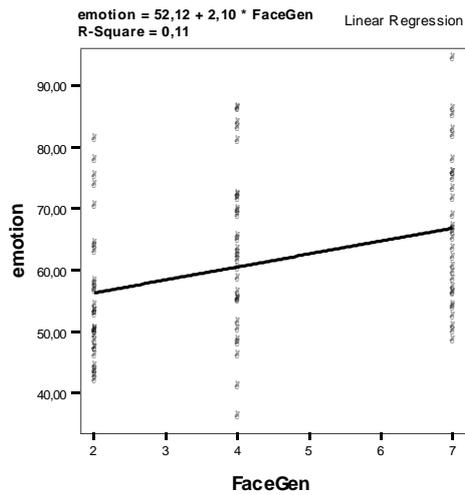
Variables Entered/Removed(b)			
Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	FaceGen(a)		. Enter
a All requested variables entered.			
b Dependent Variable: left			

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,362(a)	,131	,121	16,27149
a Predictors: (Constant), FaceGen				

ANOVA(b)						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	3509,133	1	3509,133	13,254	,000(a)
	Residual	23299,010	88	264,761		
	Total	26808,143	89			
a Predictors: (Constant), FaceGen						
b Dependent Variable: left						

Coefficients(a)						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	68,668	4,003		17,154	,000
	FaceGen	3,039	,835	,362	3,641	,000
a Dependent Variable: left						





Variables Entered/Removed(b)			
Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	FaceGen(a)		. Enter
a All requested variables entered.			
b Dependent Variable: head_rotation			

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,528(a)	,278	,270	10,10590
a Predictors: (Constant), FaceGen				

ANOVA(b)						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	3465,037	1	3465,037	33,928	,000(a)
	Residual	8987,375	88	102,129		
	Total	12452,412	89			
a Predictors: (Constant), FaceGen						
b Dependent Variable: head_rotation						

Coefficients(a)						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	71,152	2,486		28,618	,000
	FaceGen	3,020	,518	,528	5,825	,000
a Dependent Variable: head_rotation						

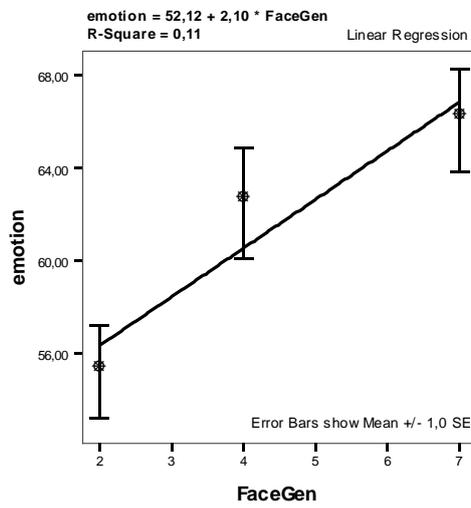
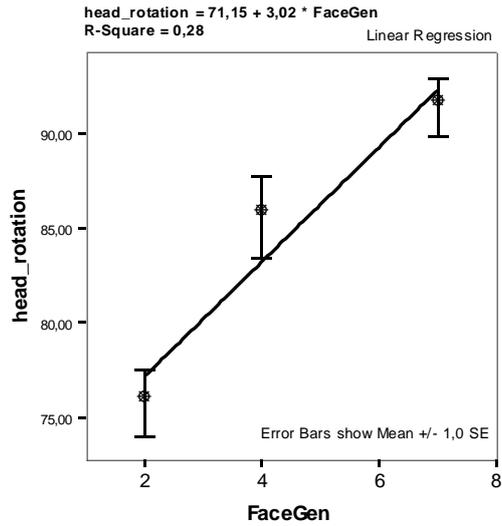
Variables Entered/Removed(b)			
Model	Variables Entered	Variables Removed	Method

1	FaceGen(a)		. Enter
a All requested variables entered.			
b Dependent Variable: emotion			
Model Summary			
Model	R	R Square	Adjusted R Square Std. Error of the Estimate
1	,339(a)	,115	,105 12,13914
a Predictors: (Constant), FaceGen			

ANOVA(b)						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1681,846	1	1681,846	11,413	,001(a)
	Residual	12967,574	88	147,359		
	Total	14649,421	89			
a Predictors: (Constant), FaceGen						
b Dependent Variable: emotion						

Coefficients(a)						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	52,124	2,986		17,453	,000
	FaceGen	2,104	,623	,339	3,378	,001
a Dependent Variable: emotion						

tatistics							
	FaceGen	N	Mean	Std. Error of Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
smile	2	30	58,5823	5,06925	27,76544	,00	100,00
	4	30	69,9347	4,35443	23,85022	11,76	100,00
	7	30	74,7480	4,19330	22,96764	6,67	100,00
sad	2	30	51,7503	5,11955	28,04092	,00	100,00
	4	30	55,0277	5,08621	27,85831	,00	100,00
	7	30	57,3993	4,41053	24,15746	13,33	100,00
right	2	30	77,8837	2,91417	15,96156	46,15	100,00
	4	30	88,5620	2,16700	11,86916	64,71	100,00
	7	30	93,4710	1,52620	8,35935	72,22	100,00
left	2	30	73,6683	3,29377	18,04072	14,29	100,00
	4	30	82,6190	3,14621	17,23251	28,57	100,00
	7	30	89,2217	2,42155	13,26338	35,71	100,00
head_rotation	2	30	75,7760	1,76104	9,64561	57,15	95,84
	4	30	85,5905	2,15459	11,80115	55,89	100,00
	7	30	91,3463	1,51493	8,29763	67,86	100,00
emotion	2	30	55,1663	2,00474	10,98039	41,67	80,77
	4	30	62,4812	2,40724	13,18500	35,98	85,84
	7	30	66,0737	2,21219	12,11669	48,16	93,75



Pixels

Variables Entered/Removed(b)			
Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	FaceGen(a)		. Enter
a All requested variables entered.			
b Dependent Variable: HR_pixel			

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,945(a)	,893	,787	1,48149
a Predictors: (Constant), FaceGen				

ANOVA(b)						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	18,375	1	18,375	8,372	,212(a)
	Residual	2,195	1	2,195		
	Total	20,570	2			
a Predictors: (Constant), FaceGen						
b Dependent Variable: HR_pixel						

Coefficients(a)						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	51,792	1,996		25,944	,025
	FaceGen	1,204	,416	,945	2,893	,212
a Dependent Variable: HR_pixel						
Variables Entered/Removed(b)						
Model	Variables Entered	Variables Removed	Method			
1	FaceGen(a)		. Enter			
a All requested variables entered.						
b Dependent Variable: Em_pixel						

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,988(a)	,975	,950	1,03319
a Predictors: (Constant), FaceGen				

ANOVA(b)						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	42,030	1	42,030	39,373	,101(a)
	Residual	1,067	1	1,067		
	Total	43,097	2			
a Predictors: (Constant), FaceGen						
b Dependent Variable: Em_pixel						

Coefficients(a)						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	21,523	1,392		15,459	,041
	FaceGen	1,822	,290	,988	6,275	,101
a Dependent Variable: Em_pixel						

Voxels

Variables Entered/Removed(b)			
Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	FaceGen(a)	.	Enter
a All requested variables entered.			
b Dependent Variable: HR_voxel			

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,999(a)	,998	,996	,37301
a Predictors: (Constant), FaceGen				

ANOVA(b)						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	65,401	1	65,401	470,062	,029(a)
	Residual	,139	1	,139		
	Total	65,540	2			
a Predictors: (Constant), FaceGen						
b Dependent Variable: HR_voxel						

Coefficients(a)						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	13,854	,503		27,563	,023
	FaceGen	2,272	,105	,999	21,681	,029
a Dependent Variable: HR_voxel						

Variables Entered/Removed(b)			
Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	FaceGen(a)	.	Enter
a All requested variables entered.			
b Dependent Variable: Em_voxel			

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,747(a)	,558	,116	2,92041
a Predictors: (Constant), FaceGen				

ANOVA(b)						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	10,773	1	10,773	1,263	,463(a)
	Residual	8,529	1	8,529		
	Total	19,301	2			
a Predictors: (Constant), FaceGen						
b Dependent Variable: Em_voxel						

Coefficients(a)						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	6,226	3,935		1,582	,359
	FaceGen	,922	,821	,747	1,124	,463
a Dependent Variable: Em_voxel						

