

ДВИЖЕНИЯ ГЛАЗ ПРИ ПРОСМОТРЕ ИЗОБРАЖЕНИИ
СО СЛЕДАМИ ЯДЕРНЫХ ЧАСТИЦ

Л. Н. АЛЕКСАНДРОВА, Ю. Б. ГИППЕНРЕЙТЕР, И. И. ЦУККЕРМАН

(Факультет психологии МГУ)

Предварительные результаты экспериментов, проводимых в физике высоких энергий на ускорителях, представляются в виде снимков со следами ядерных частиц. На рис. 1 показана фотография, дающая представление о характере таких изображений. Следы ядерных частиц при не очень большом увеличении кажутся тонкими линиями (в действительности это цепочка пузырьков, которые возникли на пути заряженной частицы, пролетевшей через камеру). Кое-где эти линии образуют простые конфигурации — узлы («вилки», «звезды» и т. п.), являющиеся отображениями так называемых событий: ядерных взаимодействий, зарегистрированных в эксперименте. Одно из таких событий отмечено на рис. 1 стрелкой.

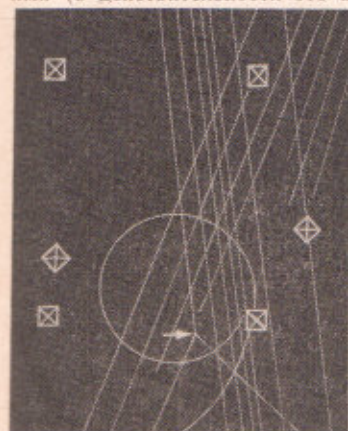


Рис. 1. Образец снимка со следами ядерных частиц (событие на объекте отмечено стрелкой).

В задачу оператора, производящего первичную обработку данных эксперимента, входит обнаружение событий того или иного типа на просматриваемых кадрах. Эта задача обычно осложняется тем, что далеко не всякий узел на изображении соответствует действительному событию. Очень часто узлы на снимках представляют собой просто точки пересечения проекций скрещивающихся линий, более или менее удаленных друг от друга в пространстве камеры. Понятно, что на плоском фотоснимке они также образуют узел, являющийся, однако, «ложным событием». Главным признаком, отличающим в этом случае истинное событие от ложного, служит изменение направления траектории полета частицы после истинного события и сохранение направления полета после ложного.

Существует несколько аспектов исследования движений глаз оператора при просмотре фотоснимков, одним из которых является инженерно-психологический. Оператор, занятый просмотром, должен как можно быстрее находить события и в то же время не допускать их пропусков. Изучая движения глаз при просмотре, можно объективно выявить некоторые особенности рабочих приемов опытного оператора и использовать их при обучении.

Другой аспект — бионический. Число снимков, подлежащих просмотру, измеряется многими миллионами в год. Как правило, эти снимки гораздо сложнее, чем изображенный на рис. 1. При просмотре оператору приходится сравнивать несколько проекций одного и того же события, производить некоторые измерения, регистрировать результат просмотра и т. д. Время, затрачиваемое на эти операции, достигает нескольких минут на снимок, поэтому в физике давно возникла задача автоматизации просмотра. Исследования работы глаз могут подсказать некоторые принципы технической реализации такого автомата.

Наконец, рассматриваемая задача небезынтересна для психофизиологии зрения. По существу, здесь речь идет об обнаружении сигналов простой геометрической конфигурации на фоне помех, когда помехи по своим статистическим свойствам близки к полезному сигналу. Эти условия допускают постановку и исследование вопросов о возможностях периферического зрения при восприятии простых форм, об этапах и тактиках поиска, о процессах, связанных с принятием решения относительно зрительного сигнала, и т. п.

5 В-сы психологии № 3

МЕТОДИКА

В качестве объектов в исследовании использовались реальные фотоснимки (80 мм пленка) следов заряженных частиц в пузырьковых камерах. Фрагменты снимков проецировались с двукратным увеличением на экран. Рабочее поле имело форму круга диаметром 110 мм. Испытуемый помещался на расстоянии 30 см; угловой размер изображения при этом был порядка 20° , угловые размеры пузырька («толщина» следа) в среднем были близки к 1 угл. мин. Все объекты по степени «зашумленности» событий были условно разделены на три категории: мало, средние и сильно зашумленные. Кадры на экране были ориентированы таким образом, что входные следы были направлены сверху вниз. Испытуемому задавался «вход» в кадр сверху и «выход» — в нижний левый угол. После каждого поиска испытуемый давал отчет о местоположении найденных им событий. Запись движений глаз велась фотооптическим методом. Опыты проходили в затемненной комнате.

Перед испытуемым ставилась задача: «как можно быстрее найти все события на данном кадре». Для участия в опытах были приглашены профессиональные просмотрщицы со стажем работы около двух лет (3 человека), а также двое «неопытных» испытуемых, один из которых имел, впрочем, большой стаж работы в экспериментах с применением фотооптического метода регистрации движения глаз. Неопытным испытуемым предварительно разъяснялось, что такое событие, и затем следовал показ событий на нескольких примерах (порядка 10); после этого испытуемые самостоятельно, но под контролем экспериментатора, находили события еще на десяти кадрах. По окончании ознакомительного этапа с ними проводились основные опыты.

Во всех экспериментах за один опыт по условиям методики (время пребывания просятки на глазе ограничивается 3 минутами) удавалось получить записи не более 2—3 поисков. Всего было получено около 140 траекторий движения глаз.

При обработке записей осуществлялось наложение траектории поиска на объект с исправлением проективных искажений, получающихся по условиям записи. Однако и после этих исправлений точность наложения траектории движения глаз на объект составляла $1,5^\circ$.

При анализе записей учитывались: общий характер траектории движений глаз, количество фиксаций, их плотность на объекте, распределение амплитуд и направлений скачков.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Движения глаз опытных испытуемых при поиске событий характеризуются следующими особенностями.

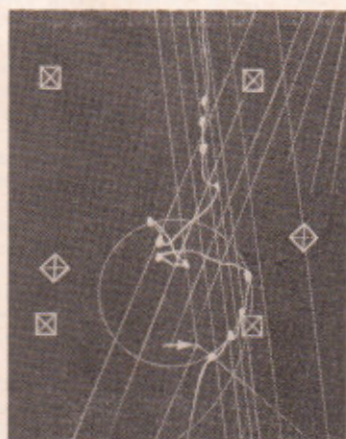


Рис. 2. Запись движений глаз опытного испытуемого при поиске событий на объекте, изображенном на рис. 1.

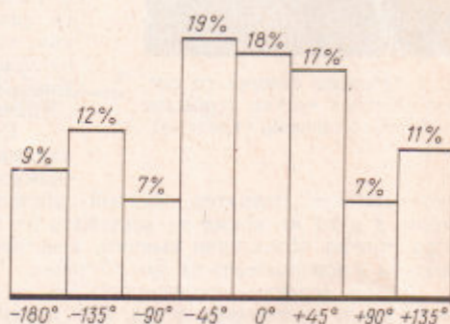


Рис. 3. Распределение скачков по направлениям (через 45° ; входному треку соответствует -0°). (Данные для опытных испытуемых.)

1. На объекте глаз всегда работает в определенной зоне, предварительно не очерчивая ее (см., например, рис. 2). Рабочей зоной на объекте считалась область, ограниченная шестью реперными крестами.

2. Глаз не передвигается строго и систематически по направлению основного потока. Следующий за первым второй скачок не обязательно продолжает это направление. Из гистограммы распределения скачков (рис. 3) видно, что в движениях глаза нет

преимущественного направления. Несколько большее количество скачков в секторе $\pm 45^\circ$ можно объяснить влиянием двух факторов: направлением основного потока и заданным инструкцией направлением входа глаза в поле объекта, однако роль каждого фактора в отдельности в условиях данных опытов оценить невозможно.

3. Как правило, фиксации на пустых участках (назовем их «осмотровыми») не много. Обычно это первая фиксация, а также остановки глаза между группами фиксаций в областях истинных и ложных событий. Фиксации на пустых участках, как правило, единичны, они не образуют скоплений. «Осмотровые» фиксации сменяются скачком на истинное или ложное событие. Фиксации в зонах легко дифференцируемых событий обычно единичны. Иногда встречаются две или несколько фиксаций вблизи события с последующим уточнением или пересчетом лучей.

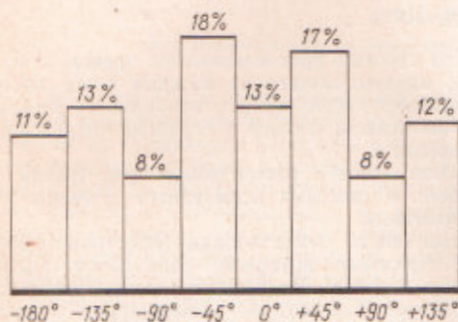


Рис. 4. Распределение скачков по направлениям (через 45° ; входному треку соответствует 0°). (Данные для неопытных испытуемых.)

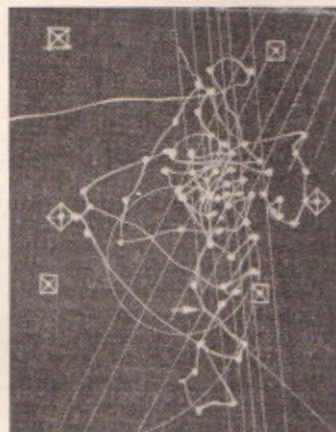


Рис. 5. Запись движений глаз неопытного испытуемого при поиске событий на объекте, изображенном на рис. 1.

Работа в зонах трудно дифференцируемых событий характеризуется кучностью фиксаций, просмотром нескольких «подозрительных» участков, иногда возвратами с целью уточнения.

4. Важным параметром записей является величина первого скачка в зону события. Эта величина, по-видимому, связана с размерами того поля, в пределах которого происходит обнаружение предполагаемого события. Для трудно дифференцируемых событий величина таких скачков составляет $1-2^\circ$, для легких событий — их амплитуда увеличивается до $3-4^\circ$.

Движения глаз неопытных испытуемых характеризуются следующими особенностями.

1. Поле, в котором располагаются точки фиксации, заметно больше, чем у опытных испытуемых.

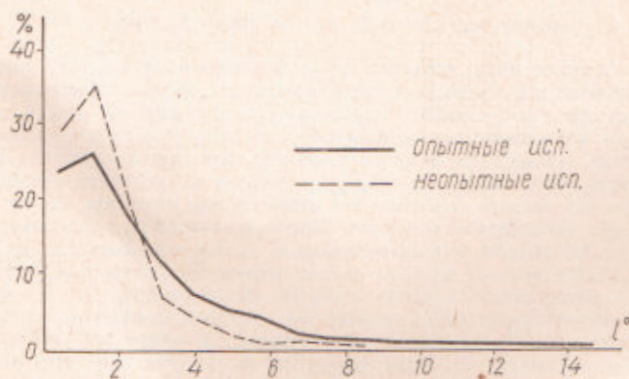


Рис. 6. Распределение амплитуд всех скачков при поиске событий опытными и неопытными испытуемыми.

2. Распределений направлений скачков, так же как и у профессионалов, не имеет определенной закономерности (см. рис. 4).

3. Число фиксации и площадь их распределения существенно больше. По сравнению с опытными испытуемыми значительно увеличено количество подозреваемых участков (см., например, рис. 5). У неопытных испытуемых длина первого скачка в область события не показательна, поскольку у них не отработан механизм обоснованного формирования гипотезы: испытуемые часто подозревают события там, где их нет. Тактика движений глаза близка к неупорядоченному сканированию или «ощупыванию».

На рис. 6 приведено распределение амплитуд всех скачков при поиске событий опытными и неопытными испытуемыми. Видно, что по сравнению с опытными, у неопытных испытуемых возрастает доля мелких скачков и более резко ограничена величина больших скачков.

Таким образом, для неопытных испытуемых характерно сужение оперативных зон, в которых осуществляется одновременный просмотр участков объекта при поиске и проверке событий.

ВЫВОДЫ

1. Предварительный поиск не связан со строгим прослеживанием треков, а является процессом последовательного осмотра, охватывающего на каждом этапе некоторый участок площади объекта. Автомат, моделирующий процесс визуального просмотра, должен был бы иметь на входе пространственный фильтр с большим числом одновременно анализируемых элементов изображения.

2. Размеры рабочей зоны одновременного осмотра (оперативное поле зрения для решения данной задачи) зависят от обучения. У опытных испытуемых размеры этой зоны примерно в два раза больше, чем у неопытных.

3. Работа неопытных испытуемых может быть смоделирована пространственным фильтром, обнаруживающим любые узлы. Признаки, которыми пользуются опытные испытуемые, в настоящее время недостаточно изучены. Во всяком случае, можно сказать, что опытные операторы сразу отбрасывают большинство элементарных конфигураций. Возможно, что глаз хорошо улавливает резкое изменение кривизны. Можно предположить, что в ряде случаев учитываются такие признаки следа, как распределение пузырьков и плотность следа. При работе с некоторыми снимками было замечено, что оператор не обращает внимания на ложную конфигурацию, если указанные характеристики следа после узла не изменились.

Авторы благодарят Л. Л. Лихтенбаума за большую помощь в разработке методики и при обсуждении результатов, а также В. Н. Киселева и В. П. Панюшкина за помощь в проведении экспериментов.

