

ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИЕМА ЗРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ РАЗНОЙ ПЛОТНОСТИ РАСПОЛОЖЕНИЯ СИГНАЛОВ

А. ГУЧАС, А. ПЯНКАУСКАС

Эффективность работы человека-оператора в полуавтоматизированной системе управления зависит прежде всего от точности и скорости приема информации, что определяется сенсорной характеристикой раздражителей, способом отображения информации, пространственной организацией сигналов, последовательностью их восприятия и многими другими факторами. К ним следует отнести также и плотность расположения сигналов на панели.

Чтобы проследить эффективность некоторых процессов приема информации при разной плотности расположения сигналов и разных задачах, поставленных перед испытуемыми, прежде всего следует определить характеристики плотности. Как известно, эффективность приема информации зависит от некоторых параметров зрительных сигналов (высоты и ширины, формы, толщины контура и т. д.). Сложность знака, сигнала определяется конфигурацией, наличием деталей или букв внутри контура, размером сигнала и другими признаками. Во многих случаях глаз должен в какой-то мере прощупать всю площадь, занимаемую сигналами. Таким образом, площадь, занимаемая сигналом, также может являться определенным параметром зрительной информации, в котором во многих случаях найдет выражение высота и ширина сигнала. Площадь, занимаемая сигналами, в определенном отношении с площадью зрительного поля может быть показателем нескольких параметров. Рассматривая таким образом знаки или символы, служащие сигналами, можно прийти и к более точному пониманию плотности расположения сигналов на плоскости. Обычно в психологических исследованиях плотность расположения сигналов характеризуется минимальным расстоянием между соседними элементами в угловых величинах [1, 2, 3]. Но, как отмечается в психологической литературе [1], скорость и точность приема информации

¹ И. М. Волкова, Г. Н. Ильина, Н. В. Кучевская, Н. И. Майзель, А. И. Назаров, Требования к организации рабочего места человека-оператора в автоматизированной системе управления.— «Проблемы инженерной психологии» (под ред. Б. Ф. Ломова и В. П. Зинченко), вып. 2, Л., 1965 г.

² Ю. Б. Гиппенрейтер, Опыт экспериментального исследования работы зрительной системы наблюдателя.— «Инженерная психология» (под ред. А. Н. Леонтьева, В. П. Зинченко и Д. Ю. Панова), изд. МГУ, 1964 г.

³ И. Я. Гротов, Г. Н. Ильина, Некоторые психофизиологические характеристики зрения (там же).

не меняются при знаках большого размера. Отсюда следует, что нужно искать такие показатели, в которых нашли бы свое выражение и размеры сигналов.

При неравномерном расположении сигналов расстояние между соседними элементами в угловых величинах также не дает абсолютного представления об их плотности. Возможное влияние некоторых психофизиологических факторов (силы аккомодации глаза, изменения степени попадания световой энергии в зрительный анализатор, что может быть связано с явлением закона силы) на эффективность приема информации в связи с изменением дистанции наблюдения, от которого зависит и динамика угловых величин, заставляет искать и другие характеристики плотности расположения сигналов.

Среднюю плотность расположения сигналов на плоскости можно определить отношением числа раздражителей к площади зрительного поля, умноженного на среднюю площадь сигнала, и выразить формулой $P = \frac{n}{s} q$, где P — плотность, n — количество сигналов на зрительном поле, s — площадь зрительного поля, q — средняя площадь одного сигнала. В данной формуле взаимосвязаны несколько параметров зрительной информации, а именно: высота и ширина знака, которые во многих случаях находят выражение в средней площади сигнала, размер зрительного поля, выраженный площадью, который может быть охарактеризован и в угловых величинах по горизонтали и вертикали.

Средняя плотность расположения сигналов на плоскости может быть выражена и более простой формулой — отношением суммы площади, занимаемой всеми сигналами на зрительном поле, к площади всего зрительного поля ($P = \frac{Q}{R}$), где P — плотность, Q — сумма площадей, занимаемых сигналами, R — общая площадь зрительного поля. Получившаяся величина численно будет равна значению, выраженному формулой $P = \frac{n}{s} q$. Такой показатель плотности наряду с характеристикой плотности, выраженной расстоянием между соседними элементами в угловых величинах, будет средним статистическим показателем плотности и относительным индикатором расположения раздражителей на зрительном поле.

Поскольку на результаты эффективности приема информации оказывают влияние определенные параметры зрительной информации и особенности выполняемой испытуемым задачи, мы решили исследовать показатели приема информации при разной плотности расположения сигналов: 1) в задачах на подсчет количества однозначных световых сигналов в условиях случайного их расположения: а) при изменении количества сигналов на константном зрительном поле, б) при изменении зрительного поля с константным числом сигналов; 2) в задачах идентификации геометрических фигур при поиске определенной фигуры; 3) при решении определенных задач на мнемосхеме по ранее усвоенному алгоритму (составлены проф. Д. А. Ошаниным).

Для изучения эффективности приема информации в условиях случайного расположения сигналов на константном зрительном поле варьировались три комплекса световых сигналов (4, 8, 12) на трех константных зрительных полях. Менялась также дистанция наблюдения (от 1 до 6 метров). Таким образом получалась широкая шкала градации плотности, которая по отдельным характеристикам плотности

имела следующие пределы: 1) минимальное расстояние между соседними сигналами от $57'$ до $33^\circ 24'$, средняя статистическая плотность — от 0,00022 до 0,0059, зрительное поле — от $3^\circ 49'$ до $61^\circ 56'$. Критерием оценки скорости подсчета количества сигналов являлись среднее время x и допущенные ошибки. Подсчитывался коэффициент вариации времени (V). Значимость фактора плотности проверялась t -критерием (Стьюдента) для малых выборок.

Результаты исследования показали, что при количественном увеличении раздражителей на каждом константном зрительном поле время подсчета сигналов находится почти в линейной зависимости от числа раздражителей. Для иллюстрации приведем результаты, полученные при дистанции наблюдения в 3 м на зрительном поле $7^\circ 38'$ (таблица 1).

Таблица 1

Усредненные данные 6 испытуемых из 12 измерений для каждого испытуемого при каждой степени плотности (в сек)

Степень плотности	Порядковая	I		II		III	
	в угловых величинах	$3^\circ 49'$		$1^\circ 55'$		$1^\circ 55' *$	
	средняя статистическая	0,002		0,0039		0,0059	
	количество сигналов	4		8		12	
Измерения	\bar{x}	v	\bar{x}	v	\bar{x}	v	
	0,59	10,02	1,03	14,38	1,70	15,49	

* При изменении плотности путем увеличения количества сигналов (II и III степень плотности) минимальное расстояние между сигналами не изменялось, но возросло число случаев, когда расстояние было минимальным.

Для выявления зависимости эффективности приема информации от плотности, изменения которой определяются динамикой зрительного поля при константном количестве раздражителей, были проанализированы результаты опыта при количественном изменении сигналов на константных зрительных полях. В данном случае плотность по отдельным характеристикам оставалась в тех же пределах.

При изменении размера зрительного поля с константным числом раздражителей время восприятия сокращается с уменьшением плотности, но уже не в линейной зависимости. В качестве примера приводим результаты при восприятии 12 сигналов при дистанции наблюдения в 3 м (таблица 2).

Таблица 2

Степень плотности	Порядковая	I		II		III	
	в угловых величинах	$1^\circ 55'$		$3^\circ 49'$		$5^\circ 43'$	
	средняя статистическая	0,0059		0,0015		0,00065	
	угол зрительного поля	$7^\circ 38'$		$15^\circ 12'$		$22^\circ 38'$	
Измерения	\bar{x}	v	\bar{x}	v	\bar{x}	v	
	1,70	15,49	1,54	12,67	1,24	14,11	

Подсчитанный *t*-критерий достоверности для малых выборок (Стьюдента) методом парных сравнений при количественном увеличении плотности на константном зрительном поле показывает значимость фактора плотности на высоком уровне достоверности. При изменении плотности путем варьирования зрительного поля, когда количество раздражителей остается константным, различия средних арифметических для 12 сигналов I и III плотности во многих случаях являются статистически значимыми на уровне достоверности $p < 0,05$. По критерию ошибочности различий не обнаружено. В редких случаях проявились такого рода неточности: испытуемый, назвав неправильное количество сигналов, моментально исправлял ошибку на основе сохранившегося перцептивного образа.

Результаты исследования в данных условиях показали общую тенденцию сокращения времени восприятия с уменьшением плотности световых сигналов при хаотическом их расположении. На основании анализа данных и словесных показаний испытуемых можно выделить некоторые факторы, влияющие на оптимизацию стратегии восприятия. В процессе восприятия происходит группировка сигналов при большей плотности — в численно небольшие подмножества, а при меньшей плотности — в более крупные подмножества.

Анализ результатов позволил в отношении однозначных световых сигналов установить пределы оптимальной плотности при данных условиях. Имея в виду характеристику плотности в угловых величинах, эти пределы находятся между $1^{\circ} 26'$ и $11^{\circ} 26'$, по средней статистической характеристике от 0,00097 до 0,0039 и при размере зрительного поля по вертикали и горизонтали — от $5^{\circ} 43'$ до $22^{\circ} 38'$.

В задачах идентификации геометрических фигур — квадрата, треугольника, ромба и круга с шестью дополнительными признаками для каждой фигуры (линии, нанесенные на фигуры в разных направлениях [4]) — в процессе поиска при разной плотности случайного их расположения (градация плотности по отдельным характеристикам, см. таблицу 3) обнаружилась общая тенденция сокращения времени поиска в связи с увеличением плотности и вместе с тем — незначительная тенденция уменьшения ошибочности в связи с увеличением плотности при постоянном количестве (25) сигналов (таблица 3).

Таблица 3

Усредненные данные 18 испытуемых из 6 измерений для каждого испытуемого при каждой степени плотности

Степень плотности	Порядковая	I		II		III	
	в угловых величинах	12'	$1^{\circ} 43'$		$3^{\circ} 26'$		
средняя статистическая		0,273		0,068		0,030	
угол зрительного поля		$7^{\circ} 38'$		$15^{\circ} 12'$		$22^{\circ} 38'$	
Критерий оценки	\bar{X} (в сек)	Средняя ошибка	\bar{X} (в сек)	Средняя ошибка	\bar{X} (в сек)	Средняя ошибка	
	2,08	0,125	2,40	0,222	2,66	0,222	

⁴ J. R. Williams, R. P. Falzon, Comparisons of Search Time and Accuracy Among Outlined geometric Symbols with various Overlays.—, "Journal of Engineering Psychology", 1965. V. 2. July.

Разница в скорости идентификации в процессе поиска при данной градации плотности для разных плотностей значима на уровне достоверности $p < 0,01$. Разница в значимости плотности при данной градации для поиска фигур, по-видимому, обуславливается разницей в углах зрительного поля (I — $7^{\circ} 38'$, II — $15^{\circ} 12'$ и III — $22^{\circ} 38'$). При большем угле зрительного поля ($22^{\circ} 38'$), т. е. при уменьшении плотности, увеличиваются маршрут глаз и время поиска. Но сокращение времени (2,08 сек) и уменьшение ошибочности (0,125) в связи с увеличением плотности ($12'$), которая выходит за пределы ($40'$) разрешающей способности проприорецепции глазных мышц [5], свидетельствуют о нивелировании фактора плотности в угловых величинах между соседними элементами. Нивелирование фактора плотности можно объяснить средней статистической характеристикой плотности (0,273), т. е. большими размерами фигур, которые находят свое выражение в средней статистической характеристике плотности.

При решении определенных задач на мнемосхеме, в условиях разной плотности расположения разнозначных сигналов по определенной системе при постоянном количестве (25) сигналов (градацию плотности см. в таблице 4), результаты показывают общую тенденцию к сокращению времени решения задач при увеличении плотности, а по критерию ошибочности обнаруживается противоположная тенденция — к увеличению ошибочности в связи с увеличением плотности — и наоборот (таблица 4).

Таблица 4

Усредненные результаты 11 испытуемых при решении в среднем 35 задач каждым испытуемым при каждой степени плотности						
Степень плотности	Порядковая	I		II		III
	в угловых величинах	23'		46'		1° 9'
	средняя статистическая	0,052		0,026		0,013
	угол зрительного поля по горизон- тали и вертикали	13° 18'—9° 32'		19° 52'—12° 40'		26° 8'—18° 56'
Критерий оценки	\bar{X} (в сек)	неправиль- ных реше- ний %	\bar{X} (в сек)	неправиль- ных реше- ний %	\bar{X} (в сек)	неправиль- ных реше- ний %
	8,90	7,71	9,37	6,47	9,58	5,56

Разница в скорости и точности для разных плотностей в данном случае статистически не значима. Снижение значимости фактора плотности, по-видимому, перекрывается упорядочиванием сигналов на мнемосхеме.

Расхождение двух критериев оценки свидетельствует, что на точность и скорость решения задач оказывают влияние несколько факторов. При усвоенном алгоритме, который в определенной мере управляет маршрутом восприятия, а при определенной классификации сигналов отрицательное влияние на точность решения задач может оказать возможное возникновение «собственных двигательных

⁵ Ю. Б. Гилленрейтер, Опыт экспериментального исследования работы зрительной системы наблюдателя (под ред. А. Н. Леонтьева, В. П. Зинченко и Д. Ю. Панова), изд. МГУ, 1964 г.

шумов глаза» [6] при плотности в угловых величинах ($23'$) и средней статистической плотности ($0,052$).

На сокращение времени при большей плотности, по-видимому, оказывает влияние перемещение взгляда с одного сигнала на другой, последовательность которого заложена в алгоритме и в структуре мнемосхемы. В данных условиях оптимальная плотность по отдельным характеристикам будет следующая: в угловых величинах — $46'$, средняя статистическая — $0,026$ при угле зрительного поля по вертикали — $19^\circ 52'$, по горизонтали — $12^\circ 40'$.

При сравнении экспериментальных данных, полученных в результате решения разных задач, особый интерес представляют характеристики плотности, а именно — несоответствие характеристики плотности, выраженной в угловых величинах, указывающей минимальное расстояние между соседними сигналами, со средней статистической плотностью, выражающей отношение суммы площади сигналов к площади зрительного поля. Например, сравнивая плотность в угловых величинах табл. 3 и 4, мы видим, что I плотность в табл. 3 ($12'$) почти в два раза больше I плотности в табл. 4 ($23'$), а средняя статистическая плотность почти в пять раз больше. Аналогичное несоответствие в больших или меньших масштабах получается и при сравнении других степеней плотности. Это несоответствие объясняется различными размерами сигналов при сохранении одинакового размера зрительного поля, хотя минимальное расстояние между соседними сигналами может быть одинаковым.

Сравнительный анализ экспериментальных данных позволяет сделать некоторые выводы:

1. Средняя статистическая характеристика плотности, в которой находят выражение параметры зрительной информации по отношению к площади зрительного поля, может быть наряду с характеристикой плотности, выражающей минимальное расстояние между сигналами в угловых единицах, объективным показателем плотности расположения сигналов.

2. При определении количества однозначных световых сигналов в условиях хаотического их расположения плотность является значимым фактором. В условиях данного эксперимента группировка сигналов осуществляется в процессе восприятия. Характер группировки зависит от степени плотности сигналов.

3. В задачах идентификации геометрических фигур в процессе поиска по сравнению с другими условиями значимость фактора плотности в угловых величинах между соседними фигурами в какой-то степени нивелируется. Нивелирование фактора плотности в угловых величинах обуславливается средней статистической плотностью, в которой находят выражение параметры знаков.

4. При решении определенных задач на мнемосхеме по ранее усвоенному алгоритму значимость фактора плотности в определенной степени уменьшается. Уменьшение значимости фактора плотности, который свойствен процессу восприятия, перекрывается упорядочиванием сигналов по определенной системе.

5. Эффективность приема информации в зависимости от плотности расположения сигналов связана с особенностями конкретных

⁶ Ю. Б. Гилленрейгер, Опыт экспериментального исследования работы зрительной системы наблюдателя.— «Инженерная психология» (под ред. А. Н. Леонтьева, В. П. Зинченко и Д. Ю. Панова), изд. МГУ, 1964 г.

условий деятельности и своеобразием задач приема информации, которые следует учитывать при конструировании информационных панелей и пультов управления.

ВГУ
Кафедра педагогики и психологии
ВГПИ
Кафедра психологии

Поступило
в декабре 1966 г.

**APIE REGIMOSIOS INFORMACIJOS PRIĖMIMO EFEKTYVUMĄ,
ESANT SKIRTINGAM SIGNALŲ IŠDĖSTYMO TANKUMUI**

A. GUČAS, A. PENKAUSKAS

R e z i u m ė

Straipsnyje aptariamos dirgiklių išdėstymo tankumo charakteristikos. Priinama išvada, kad nepakanka dirgiklių išdėstymo tankumą vertinti tik pagal minimaliausią atstumą, charakterizuojamą kampiniais vienetais tarp artimiausių gretimų dirgiklių, o reikia įvesti ir vidutinę statistinę dirgiklių išdėstymo tankumo charakteristiką, kurioje atsispindėtų regimosios informacijos signalų parametrai santykiyje su regėjimo lauko plotu.

Pagal minėtas tankumo charakteristikas regimosios informacijos priėmimo efektyvumas nagrinėjamas šiomis sąlygomis: 1) skaičiuojant vienareikšmius šviesos signalus, chaotiškai išdėstytus regėjimo lauke, 2) ieškant tam tikrų geometrinių figūrų, kai duotas identifikacijos uždavinys, 3) sprendžiant tam tikrą uždavinį mnemoschemoje pagal iš anksto įsisavintą algoritmą.

Remiantis eksperimento duomenimis, pateikiamos optimalaus dirgiklių išdėstymo tankumo charakteristikos.
