

CALCULO DA FUNÇÃO PSICOFISICA DE STEVENS POR MICROCOMPUTADORES

Sérgio Sheiji Fukusima
Glaucio Ribeiro
José Aparecido da Silva
Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto

RESUMO — O presente artigo introduz o uso de um programa computacional para pesquisadores da área de Psicofísica e Percepção. O programa calcula a partir dos dados brutos o expoente (n), a constante escalar (k) e o coeficiente de determinação (r^2) da função de potência ($R=k.S^n$). O programa tem as vantagens da rapidez e precisão nas estimativas dos parâmetros individuais da função psicofísica quando um grande número de respostas e estímulos está envolvido.

CALCULATION OF STEVENS' PSYCHOPHYSICAL FUNCTION BY MICROCOMPUTER

ABSTRACT — The present paper introduces the use of a computational program for researchers who work in Psychophysics and Perception. The program determines the exponent (n), the scale constant (k) and the coefficient of determination (r^2) of power functions ($R = k.S^n$) from raw data. The advantage of this program is that it takes less time and is more precise in determining individual power functions than hand calculation, especially when a great number of responses for the same stimuli are involved.

Indubitavelmente, a função psicofísica proposta por S.S. Stevens (1956, 1957) pode ser considerada como um modelo adequado para descrever as relações entre respostas sensorio-perceptivas e as respectivas estimulações físicas. Esta função psicofísica tem sido constantemente verificada para muitas modalidades e diversos atributos perceptivos (por exemplo, da Silva, 1985; da Silva & Fukusima, 1986; Gescheider, 1976; Marks, 1974; Stevens, 1975) e pode ser descrita por:

$$R = k.S^n \quad (1)$$

A preparação deste artigo foi apoiada pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq (n° 30.0567/85-88). S.S. Fukusima e J.A. da Silva são do Laboratório de Psicofísica e Percepção da F.F.C.L.R.P. - USP, G. Ribeiro é do Setor de Matemática da F.F.C.L.R.P. - USP. **Endereço:** FFCL de Ribeirão Preto- USP-Laboratório de Psicofísica e Percepção - Av. Bandeirantes, 3900 - CEP: 14049 - Ribeirão Preto-SP.

onde **R** é o valor da resposta sensório-perceptiva, **S** é o valor do estímulo físico, **κ** é uma constante escalar e **n** é o expoente da função.

Aplicando-se uma transformação logarítmica à Equação (1), pode-se reduzi-la a uma equação linear na forma:

$$\log R = n \cdot \log S + \log \kappa \quad (2).$$

Assim, uma vez estabelecidos experimentalmente os valores dos estímulos e obtidas as respectivas respostas perceptivas é possível determinar a Equação (2) aplicando-se o método dos mínimos quadrados aos logaritmos dos valores das respostas relacionadas aos logaritmos dos valores dos estímulos. E por conseqüência, estima-se o expoente e a constante escalar da Equação (1). As equações que expressam estes parâmetros provenientes deste método são:

$$n = \frac{[N(\sum_{i=1}^N xy) - (\sum_{i=1}^N x)(\sum_{i=1}^N y)]}{[N(\sum_{i=1}^N x^2) - (\sum_{i=1}^N x)^2]} \quad (3)$$

$$\kappa = \text{antilog} \left\{ \frac{e \left[(\sum_{i=1}^N X^2) (\sum_{i=1}^N y) - (\sum_{i=1}^N x) (\sum_{i=1}^N xy) \right]}{[N(\sum_{i=1}^N x^2) - (\sum_{i=1}^N x)^2]} \right\} \quad (4),$$

onde **x** = **log S**, **y** = **log R** e **N** é o número de estímulos utilizados no experimento.

Procedimentos pormenorizados do cálculo dos parâmetros através das Equações (3) e (4) a partir de resultados obtidos pelos métodos psicofísicos escalares, tais como o julgamento absoluto, estimação de magnitude, produção de magnitude, estimação de razão e método do fracionamento, são fornecidos em da Silva e Macedo (1983) e uma formulação matemática da função de Stevens pode ser encontrada em Kawamoto e da Silva (1985). Mas o cálculo manual ou mesmo com o auxílio de uma calculadora com poucos recursos estatísticos, quando se trata de determinar as funções individuais de uma grande amostra, torna-se uma tarefa bastante tediosa e dispendiosa de tempo. Entretanto, com a popularização dos microcomputadores em diversas áreas do saber, inclusive na Psicologia, torna-se possível efetuar estes cálculos com grande rapidez por meio de programas especializados. O programa computacional FUNÇÃO DE POTÊNCIA é um exemplo que objetiva estes cálculos e pode auxiliar corriqueiramente os pesquisadores na área de Psicofísica e Percepção.

CARACTERÍSTICAS DO PROGRAMA

Microcomputador e Linguagem

O programa FUNÇÃO DE POTÊNCIA, versão 1.0, foi desenvolvido em linguagem Turbo Pascal, versão 3.0, compatível com microcomputadores do sistema IBM, modelo PC, XT e AT e sistema Apple com um dos sistemas operacionais instalado: CP/M 80, CP/M 86 ou MS/DOS. Maiores informações sobre este tipo de linguagem podem ser obtidas em Grillo (1988)¹.

¹ As pessoas que desejarem obter uma cópia da listagem original do programa ou uma cópia em disquete poderão se dirigir ao autor. No caso de cópias em disquete, somente a versão para o sistema IBM está disponível e o solicitante deve remeter um disquete aos autores. O programa será gravado e o disquete retornado ao solicitante.

input

A alimentação de dados nesta versão é feita somente por teclado. Deve-se fornecer inicialmente o número de estímulos e o número de sujeitos utilizados no experimento. O número mínimo de estímulos aceito é 2 e o número máximo é 50. O número mínimo de sujeitos aceito é 1 e o máximo é 75. Uma vez estabelecida a ordem dos valores dos estímulos para digitação, os valores das respostas de cada sujeito devem ser digitados de maneira que fiquem pareados com os respectivos estímulos. Os dados fornecidos erroneamente podem ser corrigidos no final de cada série digitada.

Output

Os parâmetros da função de potência podem ser fornecidos através do vídeo ou da impressora. Quando apresentados em vídeo, os parâmetros são fornecidos isoladamente para cada sujeito. Pode-se mostrar os parâmetros do sujeito anterior ou posterior em referência àquele que está apresentado na tela. Se os dados forem apresentados na impressora, estes serão fornecidos seqüencialmente na ordem de alimentação dos dados dos sujeitos.

UM EXEMPLO APLICATIVO

Podemos exemplificar passo a passo a utilização do programa através dos dados apresentados na Tabela 1. Estes dados referem-se aos julgamentos verbais de 10 distâncias físicas de 5 observadores. O objetivo resume-se em calcular os parâmetros da função de potência de cada sujeito. Este mesmo procedimento pode ser usado para calcular as funções psicofísicas de outras modalidades e atributos perceptivos.

TABELA 1 — Julgamentos Verbais de Distância.

DISTÂNCIAS FÍSICAS (cm)	JULGAMENTOS (cm)				
	SUJ. 1	SUJ. 2	SUJ. 3	SUJ. 4	SUJ. 5
40,0	20	10	20	25	30
52,8	30	15	30	40	50
69,7	45	20	50	50	60
92,0	70	40	60	110	90
121,4	110	45	60	170	120
160,3	140	90	100	200	160
211,6	200	110	130	230	200
279,3	310	135	200	300	300
368,7	600	180	260	400	400
486,7	750	250	330	500	550

As etapas seqüenciais são as seguintes:

1^a) Acesse o programa teclando FPOTENC.

2^a) Tecele qualquer tecla e posteriormente tecele N.

3^a) Forneça o número de estímulos e o número de observadores. Tecele EN-

TER após digitar cada valor. No caso deste exemplo, na tela deverá aparecer o seguinte:

número de estímulos: 10
número de sujeitos: 5

Caso se deseje mudar ou corrigir estes números, tecla N e forneça os novos valores. Caso contrário, tecla S para prosseguir.

4ª) Forneça os valores dos estímulos. Tecla ENTER após digitar cada valor de estímulo. Na tela deve aparecer o seguinte:

ESTÍMULOS

1	40
2	52.8
3	69.7
4	92
5	121.4
6	160.3
7	211.6
8	279.3
9	368.7
10	486.7

Caso tenha sido digitado um valor errado, tecla E, o número (vetor) do estímulo errado, tecla ENTER, forneça o valor correto e tecla ENTER novamente. Se houver outros valores de estímulos errados, execute o mesmo procedimento. Caso contrário tecla C para continuar o programa.

5ª) Forneça os valores das respostas perceptivas do Sujeito 1, de maneira que fiquem pareados com os respectivos valores dos estímulos digitados na etapa anterior. Na tela deve aparecer:

Sujeito 1

1	20
2	30
3	45
4	70
5	110
6	140
7	200
8	310
9	600
10	750

O procedimento de correção de valores errados é similar ao da etapa anterior. Após teclar C, digite os valores das respostas do sujeito seguinte. Repita

este procedimento até ao último sujeito, que no caso deste exemplo será o sujeito 5.

6ª) Se desejar os resultados impressos, tecla I. Os resultados serão apresentados na seguinte forma:

F.F.C.L.R.P. - USP LABORATÓRIO DE PSICOFÍSICA E PERCEPÇÃO
FUNÇÃO DE POTÊNCIA Versão 1.0.

Sujeito: 1
Coeficiente de Determinação = 0.9951036149
Expoente = 1.4544580264
Constante Escalar = 0.0936853285

Sujeito: 2
Coeficiente de Determinação = 0.9815876815
Expoente = 1.3018871058
Constante Escalar = 0.0910080791

Sujeito: 3
Coeficiente de Determinação = 0.9846636067
Expoente = 1.0938374877
Constante Escalar = 0.3911129020

Sujeito: 4
Coeficiente de Determinação = 0.9576125137
Expoente = 1.1877837400
Constante Escalar = 0.3924686729

Sujeito: 5
Coeficiente de Determinação = 0.9959950659
Expoente = 1.1234334532
Constante Escalar = 0.5270806419

Caso deseje o fornecimento dos resultados no vídeo, tecla V e os resultados serão mostrados na tela na seguinte forma:

Sujeito: 1
Coeficiente de Determinação = 0.9951036149
Expoente = 1.4544580264
Constante Escalar = 0.0936853285

Para ver os resultados do próximo sujeito tecla P, ou caso queira ver os resultados do sujeito anterior, tecla A. Caso deseje esses resultados também impressos, tecla consecutivamente F, A e I.

7ª) Para finalizar, tecla F e três opções serão fornecidas:
a) se desejar parar definitivamente, tecla novamente F e o programa será abortado.

- b) caso deseje revisar os resultados da mesma análise, tecla M.
- c) caso deseje iniciar uma nova análise, tecla N e reinicie pela 3ª etapa.

REFERENCIAS

- Da Silva, J.A. (1985). Scales for perceived egocentric distance in a large open field: Comparison of three psychophysical methods. *American Journal of Psychology*, 98, 119-144.
- Da Silva, J.A. & Fukusima, S.S. (1986). Stability of individual psychophysical functions for perceived distance in natural indoor and outdoor setting. *Perceptual and Motor Skills*, 63, 891-902.
- Da Silva, J.A. & Macedo, L. (1983). Afunção-potência na percepção: significado e procedimentos de cálculo do expoente. *Arquivos Brasileiros de Psicologia*, 34, 27-45.
- Gescheider, G.A. (1976). *Psychophysics: Method and theory*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Grillo, M.C.A. (1988). *Turbo pascal*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S/A.
- Kawamoto, E. & Da Silva, J.A. (1985). Comentários sobre a derivação das funções psicofísicas e suas conseqüências. *Psicologia*, 11, 55-74.
- Marks, L. (1974). *Sensory processes: The new psychophysics*. New York: Academic Press.
- Stevens, S.S. (1956). The direct estimation of sensory magnitudes: Loudness. *American Journal of Psychology*, 69, 1-25.
- Stevens, S.S. (1957). On the psychophysical law. *Psychological Review*, 64, 153-182.
- Stevens, S.S. (1975). In G. Stevens (Ed.), *Psychophysics: Introduction to its perceptual, neural and social prospects*. New York: Wiley-Interscience.

Texto recebido em 08/09/88.