

Detecção do Movimento de Veículos com Deslocação Simultânea do Sujeito (*)

JORGE A. SANTOS (*)

1. INTRODUÇÃO

A capacidade de detectar o movimento de outros objectos constitui uma competência vital para controlar a nossa própria deslocação no meio circundante. Em particular, o estudo do tempo de detecção tem implicações relevantes para a determinação de distâncias de segurança e aplicações na selecção/formação de operadores de transportes, na concepção de veículos e na estruturação do ambiente rodoviário.

As variações nas distâncias de segurança são normalmente definidas considerando apenas o comportamento dos veículos para várias veloci-

dades. Esta abordagem supõe a existência de um tempo de reacção constante do condutor, independente das situações específicas de deslocação do sujeito. Importa sublinhar que esta abordagem baseia-se em estudos nos quais a percepção do movimento próprio e a percepção do movimento de objectos são consideradas como dois problemas autónomos e separados.

As investigações empíricas sobre a detecção de movimento de objectos, com uma deslocação simultânea do sujeito, são relativamente escasas. Esta situação é, no entanto, a mais comum nas situações quotidianas de deslocação.

A existência de um movimento simultâneo do sujeito e do objecto remete, sob um ponto de vista teórico, para um problema de segmentação (cf. Braddick, 1993). A deslocação do sujeito gera um movimento de todos os objectos situados no seu campo visual (fluxo óptico). Assim, podemos supor que a detecção do movimento específico de um objecto é mais difícil nas situações em que existe um movimento global de todos os objectos, com origem na deslocação do sujeito. Este problema de segmentação é relativamente independente dos indicadores de movimento específicos utilizados pelo sujeito. Por outras palavras, qualquer que seja a estratégia computacional (cf. Tresilian, 1990, 1991) usada pelo sujeito (por exemplo, análise da posição relativa ou expansão/contracção) é sempre necessária

(*) Investigação realizada no âmbito de um projecto de investigação financiado pela J.N.I.C.T. (n.º PCSH/PSI 653/93). Este projecto está a ser desenvolvido por uma equipa interdisciplinar que integra investigadores da Unidade de Factores Humanos – Laboratório de Psicologia da Universidade do Minho, do Laboratório de Análise de Tráfego da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, do Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores e do Instituto Superior de Psicologia Aplicada. As imagens utilizadas neste estudo foram desenvolvidas pelo Grupo de Computação Gráfica e C.A.D. do I.N.E.S.C.-Porto: F. Nunes Ferreira (F.E.U.P./I.N.E.S.C.), J. Miguel Leitão (I.S.E.P./I.N.E.S.C.), António Rocha e J. Delfim Leite (estagiários da F.E.U.P.).

(**) Universidade do Minho, Departamento de Psicologia, Instituto de Educação e Psicologia, 4709 Braga Codex.

TABELA 1
Luminância dos Componentes do Estimulo

COMPONENTE	LUMINÂNCIA (cd/m ²)
Céu	77
Terreno	38
Estrada	4
Traço descontínuo central e guias laterais	47
Veículo	95
Sinal de aviso	38

uma determinação prévia, ou concomitante, da configuração e dos limites do objecto.

Um estudo empírico fundamental parece indicar a existência de um problema de segmentação, provocado pelo fluxo óptico, na detecção do movimento específico de objectos. Efeito tanto maior (i.e., aumento do tempo de detecção para a mesma variação relativa de velocidade sujeito/objecto) quanto mais elevada é a velocidade do sujeito (Probst, Brandt, & Degner, 1986). Um estudo aplicado à condução aponta no mesmo sentido (Probst, Krafczyk, & Brandt, 1987). Porém, os estudos fundamentais de 1986 foram realizados com estímulos «abstractos» e simulando um movimento circular do campo óptico (circularvection) e não um movimento paralelo (expansão óptica) característico da deslocação humana na generalidade das situações. Não é claro que os problemas de segmentação existam, sejam da mesma ordem de grandeza ou tenham a mesma variação com a expansão de fluxo óptico. A validade ecológica destes estudos e a relevância dos resultados para domínios aplicados é controversa. Por outro lado, os estudos aplicados de 1987 sofrem de claras insuficiências metodológicas.

Neste texto são apresentados dados preliminares de uma investigação que visa determinar com rigor a dimensão dos problemas de segmentação e detecção do movimento de objectos com deslocação simultânea do sujeito. Considera-se, como hipótese orientadora, que os problemas de segmentação aumentam com o acréscimo de fluxo óptico. Porém, em situações experimentais controladas e com estímulos simplificados, esta tendência deverá ser inferior, na sua ordem de grandeza, à definida por Probst, Krafczyk e Brandt (1987).

2. METODOLOGIA

2.1. Amostra

A amostra foi constituída por 5 sujeitos, 3 do sexo masculino e 2 do sexo feminino, com uma média de idades de 29 anos (mínima de 21 e máxima de 50 anos), com acuidade visual normal ou corrigida. Os sujeitos foram remunerados pela participação nas experiências.

2.2. Materiais

Estímulos

Os estímulos visuais foram constituídos por imagens de síntese representando um veículo branco/cinza claro (com textura minimizada e luzes de sinalização de travagem não activas) numa estrada de cor negra, de duas vias, recta, com traço descontínuo central, guias laterais e delineadores brancos, num fundo verde e azul. Cada objecto ou componente dos estímulos foi representado sem variações de textura (Figura I).

As dimensões para os elementos viários foram escolhidas de acordo com as normas indicadas para projectos de estradas de duas vias na rede fundamental (J.A.E., s.d.).

Como imagem da traseira de automóvel foi usado um modelo utilitário. As suas dimensões foram ajustadas de acordo com as especificações de Probst, Krafczyk, e Brandt (1987): largura máxima de 140 e altura útil de 105 centímetros. A imagem do veículo foi centrada no écran, com um movimento de aproximação ou afastamento num eixo Z, perpendicular à superfície do écran.

Os valores de luminância, em candelas por metro quadrado (cd/m²), dos componentes do estímulo são apresentados na Tabela 1.

FIGURA 1
Estímulo para uma distância inicial do veículo alvo de 40 metros



Programação e sistema gráfico

Os estímulos e as seqüências experimentais foram programadas com GL (Graphic Library) em C, e processadas em tempo real a 24 imagens por segundo na fase de teste, por uma estação gráfica da Silicon Graphics, modelo Onyx Reality Engine 2 (D-45802-RB), com uma Rack (Bi-processador) de 2 CPU's 4400 a 150 MHz. O visionamento foi realizado num monitor Silicon Graphics de 21 polegadas com uma resolução de 1280*1024, a 70 Hz.

2.3. Procedimentos

Os sujeitos foram colocados numa sala às escuras a uma distância ao monitor de 53 centíme-

tros, para um ângulo visual da imagem de 50 graus. Aquele valor corresponde a uma distância inicial (D_0) ao veículo alvo, em situação real, de 40 metros.

Os tempos de reacção simples e de escolha foram determinados para utilização em cálculos de regressão posteriores.

Nos estímulos dinâmicos a altura ao solo (estrada) do eixo visual foi fixada em 120 centímetros. As imagens foram organizadas segundo o método de estímulo constante. Os parâmetros de resposta, indicação certa, errada ou omissão e tempo de detecção (T_d) em milissegundos, foram recolhidos através do método de escolha forçada entre duas alternativas. O sujeito era instruído para carregar na tecla esquerda ou direita do «ra-

TABELA 2

Médias e desvios-padrão dos tempos de detecção segundo as velocidades relativas (Vr) do veículo alvo e as velocidades do sujeito (Vs)

Vr m/s	média Vs=0 m/s	média Vs= 14 m/s	d.p. Vs== m/s	d.p. Vs=14 m/s
1	1313	1345	120	14
2	851	984	140	116
6	712	805	278	338
10	586	657	157	234
14	569	619	149	232

to», o mais rapidamente possível, assim que detectava um movimento de aproximação ou afastamento do objecto alvo, respectivamente. O intervalo fixo inter-estímulos (monitor a negro uniforme) foi de 2 segundos. Cada estímulo era precedido por uma imagem de aviso (verde uniforme) com a duração de 1 segundo. O visionamento do estímulo era interrompido com a resposta do sujeito ou quando atingido o tempo máximo de exposição, previamente definido. Neste caso era registada uma omissão.

A concepção experimental neste estudo obedeceu às seguintes especificações:

- 2 condições: afastamento e aproximação,
- 2 velocidades constantes do sujeito (Vs), 0 e 50 Km/h (0 m/s e 14 m/s),
- 5 velocidades relativas constantes do veículo alvo (Vr) para cada condição (1, 2, 6, 10, 14 m/s),
- 2 durações máximas de apresentação dos estímulos (2 e 4 s),
- 5 ensaios por estímulo.

Modelo experimental: 2*2*5*2*5; total de 200 ensaios.

3. RESULTADOS

3.1. Análise Exploratória

A análise preliminar dos dados não revelou diferenças significativas nos parâmetros de resposta para as duas durações de apresentação de estímulos de 2 e 4 segundos. No tratamento

de dados deste estudo os resultados obtidos com os dois tempos foram agrupados.

Procedeu-se a uma análise do enviesamento, isto é a uma comparação da percentagem de respostas de aproximação na amostra com a percentagem teórica (50%). A percentagem obtida foi de 45% (enviesamento negativo). O teste T revelou que esta diferença não é significativa ($t = -2.17$, $gl=4$, $p > 0.05$). Nos cálculos a seguir apresentados é considerada apenas a situação de aproximação, já que esta é a mais relevante ecologicamente para a generalidade das situações (por exemplo, evitamento de situações de colisão).

Para a análise de tempos de detecção foram eliminados os valores de casos particulares (velocidade relativa/velocidade do sujeito) situados abaixo do limiar (50% de respostas correctas).

Os valores médios e de desvio padrão obtidos encontram-se na Tabela 2.

3.2. Ajustamento de Curvas

Tendo em conta a análise da distribuição dos tempos de detecção foi escolhido o seguinte modelo de regressão não linear:

$$y = a + b_0 * x^{b_1}, \quad b_1 < 0 \quad (1)$$

substituindo pelos parâmetros deste estudo temos,

$$T_d = T_{re} + b_0 * V_r^{b_1}, \quad b_1 < 0, \quad T_{re} = 365 \text{ ms} \quad (2)$$

T_d = tempo de detecção em milisegundos
 T_{re} = constante, tempo médio de reacção de escolha na amostra, em milisegundos
 b_0 , b_1 = coeficientes de regressão

TABELA 3

Coeficientes de regressão linear para as velocidades de deslocamento do sujeito (Vs) de 0 e 14 m/s

Vs (m/s)	B	b ₁	ep(*)	R ²
0	2.914	-0.614	0.235	0.516
14	2.996	-0.611	0.262	0.461

(*) erro padrão

procedendo à linearização da equação 1 e substituindo pelos parâmetros da equação 2 temos,

$$Y = B + b_1 * X \quad (3)$$

$$Y = \log (T_d - T_{re})$$

$$B = \log b_0$$

$$X = \log V_r$$

Na Tabela 3 são apresentados os coeficientes de regressão linear obtidos através do método dos mínimos quadrados. A análise da distribuição dos valores residuais revelou um padrão aproximadamente aleatório o que sugere um ajustamento razoável da curva de regressão estimada.

Utilizando os coeficientes de regressão calculados na equação 2 obtemos os seguintes modelos não lineares,

para Vs = 0 m/s

$$T_d = 365 + 820.352 * V_r^{-0.614} \quad (4)$$

para Vs = 14 m/s

$$T_d = 365 + 990.832 * V_r^{-0.611} \quad (5)$$

No Gráfico 1 são apresentados os tempos de detecção obtidos através da aplicação das equações 4 e 5.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS E CONCLUSÕES

A análise das curvas de ajustamento obtidas revela uma diferença consistente nos tempos de detecção de movimento em situação estática e dinâmica. Este dado é coerente com a hipótese do fluxo óptico provocar dificuldades de segmen-

tação de um objecto com movimento específico. As curvas de ajustamento são mais homogêneas do que as obtidas por Probst, Krafczyk & Brandt (1987). Em particular, ao contrário do que se verifica no estudo destes autores, não se encontram intersecções entre as curvas obtidas para diferentes velocidades do sujeito.

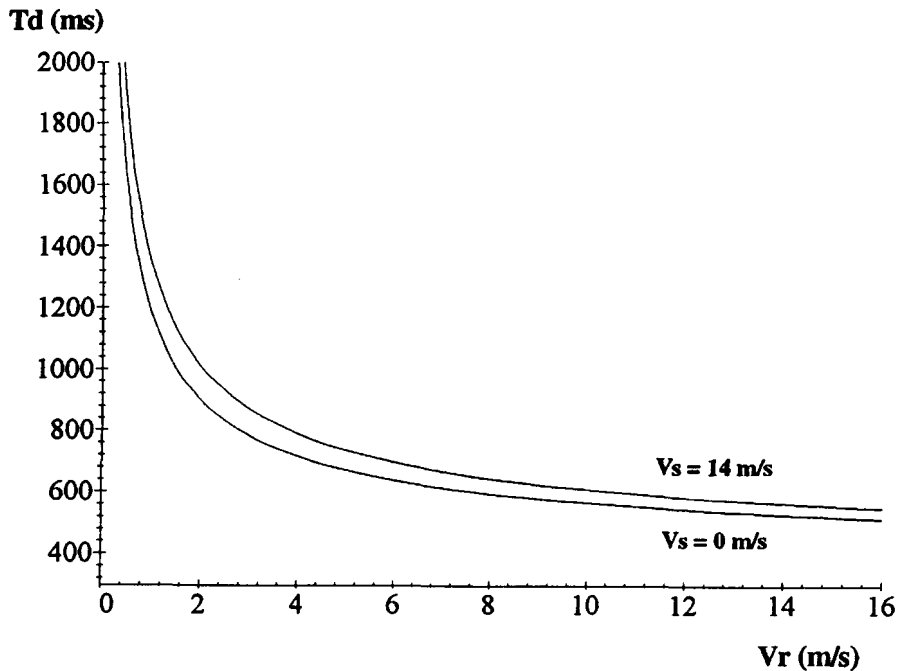
Como era esperado, as diferenças são menores que as obtidas por Probst, Krafczyk & Brandt (1987). A título de exemplo, utilizando os modelos destes autores, para uma distância de observação inicial de 40 metros e uma velocidade relativa de 1 m/s obtemos um T_d = 539 ms para Vs=0 m/s e um T_d=1551 ms para Vs=14 m/s, com um factor de elevação de 2.88. Neste estudo, aplicando as equações 4 e 5, para a mesma distância inicial e velocidade relativa, obtemos um T_d=1185 ms (Vs=0 m/s) e um T_d=1356 (Vs=14 m/s), com um factor de elevação de apenas 1.14.

Estas discrepâncias são atribuíveis a (1) uma maior consistência nos estímulos e procedimentos deste estudo; (2) à simplificação dos objectos gráficos utilizados, com reduzidas variações de textura, o que produz um fluxo óptico reduzido na situação dinâmica; e (3) ao elevado contraste entre o veículo alvo (branco) e o fundo negro uniforme, factor facilitador da segmentação e processamento perceptivo do objecto.

Os trabalhos experimentais em curso exploram combinações de várias velocidades de deslocamento do sujeito e padrões de textura mais diferenciadas. Os índices de detecção de movimento a obter permitirão uma melhor compreensão dos problemas de segmentação na percepção de movimento. Terão ainda implicações práticas para a determinação de distâncias de segurança e para a definição de princípios de concepção dos ambientes rodoviários.

GRÁFICO 1

Tempos de detecção (td) segundo os modelos de regressão calculados



REFERÊNCIAS

- Braddick, O. J. (1993). Segmentation versus integration in visual motion processing. *Trends in Neurosciences*, 16 (7-181), 263-268.
- Junta Autónoma de Estradas (s.d.). *Especificações provisórias*. (Documento policopiado).
- Probst, T., Brandt, T., & Degner, D. (1986). Object-motion detection affected by concurrent self-motion perception: Psychophysics of a new phenomenon. *Behavioural Brain Research*, 22 (1), 1-11.
- Probst, T., Krafczyk, S., & Brandt, T. (1987). Object-motion detection affected by concurrent self-motion perception: Applied aspects for vehicle guidance. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 7 (3), 309-314.
- Tresilian, J. (1990). Perceptual information for the timing of interceptive action. *Perception*, 19 (2), 223-239.
- Tresilian, J. (1991). Empirical and theoretical issues in the perception of time to contact. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 17 (3), 865-876.

RESUMO

A capacidade de detectar alterações na velocidade de outros veículos é essencial para o evitamento de

colisões e a manutenção de distâncias de segurança. O tempo de reacção em situações de conflito potencial é normalmente considerado como fixo e independente das situações específicas. Porém, existe alguma evidência empírica de que o fluxo óptico global, gerado pela deslocação do sujeito, afecta a detecção de objectos em movimento. Nomeadamente os tempos de detecção aumentariam devido ao problemas acrescidos de segmentação do objecto, provocados pela percepção de movimento próprio. Neste texto são apresentados dados preliminares de uma investigação laboratorial sobre o efeito de diferentes velocidades de deslocação do sujeito, na detecção do movimento de um veículo automóvel.

ABSTRACT

Motion detection of other vehicles plays a basic role in collision avoidance and acceptance gap. The driver reaction time is usually defined as constant and independent of self motion parameters. However some authors claim that the detection of object motion is affected by self motion. Specifically there is some evidence that de detection time of object motion is raised due to segmentation problems, related with the global optical flow. In this paper the author presents preliminar data of a simulated experiment on this subject.