

Andrzej POLAŃSKI
Konrad WOJCIECHOWSKI

ANALIZA POLA PRZEMIESZCZEŃ^{x)}

Streszczenie. W pracy badano pola przemieszczeń wynikające z ruchu kamery względem nieruchomej sceny. Podano zależność pewnych parametrów pola przemieszczeń od parametrów ruchu, ogniskowej soczewki, szerokości kątowej obiektywu, średniej odległości zbioru punktów sceny od kamery.

1. Wstęp

Algorytmy wyznaczania parametrów ruchu na podstawie serii obrazów przesyłanych przez kamerę TV są ostatnio intensywnie rozwijane [1], [2], [3], [7], [8] między innymi ze względu na ich rozmaite zastosowania [4], [5]. Jedną z metod proponowanych w literaturze [2], [7], [8] polega na analizie pól przemieszczeń, tzn. wyznaczonych wcześniej współrzędnych pewnej ilości odpowiadających sobie, na dwóch obrazach, punktów. Obliczanie parametrów ruchu przy zadanym polu przemieszczeń polega zawsze na minimalizacji odpowiednio skonstruowanej funkcji celu. Ze względu na złożoność problemu minimalizację przeprowadza się numerycznie, wykorzystując różne algorytmy optymalizacji statycznej [2], [8]. Publikowane doświadczenia wynikające z praktycznych obliczeń wykazują jednak, że dotychczas stosowane postaci funkcji celu powinny ulec dalszej modyfikacji. Algorytmy minimalizacji są bowiem często rozbieżne, wykazują też silną zależność od oddziałujących na pola przemieszczeń zakłóceń [2], [6], [8].

Wydaje się, że jedną z przyczyn tego stanu rzeczy jest brak dostatecznie szczegółowych badań dotyczących zależności "kształtu" pola przemieszczeń od parametrów ruchu, a także takich czynników, jak: ogniskowa soczewki, szerokość kątowa obiektywu, średnia odległość punktów sceny od kamery.

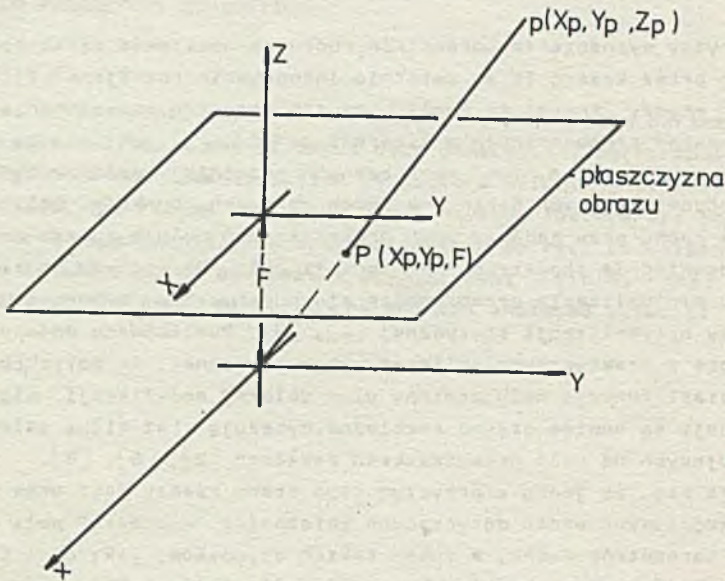
Niniejsze opracowanie ma na celu opisanie pewnych aspektów tych zależności.

x) Praca finansowana z Centralnego Programu Badań Podstawowych CPBP O2.13 "Układy ze sztuczną inteligencją do maszyn roboczych i pojazdów"

2. Transformacja wizyjna

Oznaczmy układ współrzędnych związany z poruszającą się kamerą przez $Oxyz$, ogniskową soczewki przez F . Punkty obrazu przekazywanego przez kamerę powstają przez transformację perspektywiczną punktów przestrzeni $Oxyz$ [2]. Transformacja perspektywiczna jest rzutem na płaszczyznę obrazu znajdującą się w odległości F od początku układu współrzędnych. Zakładamy, że płaszczyzna obrazu jest prostopadła do osi Oz , tzn. oś Oz jest osią soczewki kamery, jak na rys. 1. Obrazem punktu p o współrzędnych (x_p, y_p, z_p) jest punkt P na płaszczyźnie obrazu o współrzędnych (X_p, Y_p, F) określonych przez zależności:

$$X_p = F \frac{x_p}{z_p}, \quad Y_p = F \frac{y_p}{z_p} \quad (1)$$



Rys. 1. Transformacja perspektywiczna

Fig. 1. Perspective transformation

Na skutek ruchu kamery następuje zmiana wartości współrzędnych punktu p , nowe współrzędne oznaczamy przez $p'(x'_p, y'_p, z'_p)$. Rozkładając przemieszczenie na obrót i translację otrzymuje się następujący wzór wiążący współrzędne $p'(x'_p, y'_p, z'_p)$ i $p(x_p, y_p, z_p)$.

$$\begin{bmatrix} x_p \\ y_p \\ z_p \end{bmatrix} = R \begin{bmatrix} x_p \\ y_p \\ z_p \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta z \end{bmatrix} \quad (2)$$

Wektor $[\Delta x, \Delta y, \Delta z]^T$ opisuje translację. Dla macierzy obrotu R stosować będzie następującą parametryzację:

$$R = \begin{bmatrix} \cos\varphi \cos\vartheta \cos\psi - \sin\varphi \sin\psi; & \sin\varphi \cos\vartheta \cos\psi + \cos\varphi; & -\sin\vartheta \cos\psi \\ -\cos\varphi \cos\vartheta \sin\psi - \sin\varphi \cos\psi; & -\sin\varphi \cos\vartheta \sin\psi + \cos\varphi; & \sin\vartheta \sin\psi \\ \cos\varphi \sin\vartheta & ; & \sin\varphi \sin\vartheta & ; & \cos\vartheta \end{bmatrix} \quad (3)$$

gdzie φ, ϑ, ψ są kątami Eulera.

3. Generacja pola przemieszczeń

Niech $p_1(x_1, y_1, z_1), p_2(x_2, y_2, z_2) \dots p_n(x_n, y_n, z_n)$ oznaczają współrzędne pewnego zbioru punktów w przestrzeni $Oxyz$, a $p'_1(x'_1, y'_1, z'_1), p'_2(x'_2, y'_2, z'_2) \dots p'_n(x'_n, y'_n, z'_n)$ współrzędne tych punktów po transformacji (3). Pole przemieszczeń jest złożone z wektorów tworzonych przez rzuty tych punktów na płaszczyznę obrazu. Dla początków wektorów pole przemieszczeń mamy zatem:

$$X_1 = F \frac{x_1}{z_1}, \quad Y_1 = F \frac{y_1}{z_1}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

Końce wektorów pola przemieszczeń wyrażają się wzorami:

$$X_1 = F \frac{x_1}{z_1}, \quad Y_1 = F \frac{y_1}{z_1}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

Pola przemieszczeń przedawione w niniejszej pracy na rysunkach 2-15 były wygenerowane za pomocą programu [6], który został opracowany dla potrzeb testowania algorytmów wyznaczenia parametrów ruchu. Generacja pola odbywała się losowo, stosowano następujący algorytm:

a) generuje się współrzędne x, y, z punktu przestrzeni $Oxyz$ według wzorów

$$x = \text{SCALE} (X_{\text{MIN}} + (X_{\text{MAX}} - X_{\text{MIN}}) \cdot (\text{rnd}() - 1)) \quad (6)$$

$$y = \text{SCALE} (Y_{\text{MIN}} + (Y_{\text{MAX}} - Y_{\text{MIN}}) \cdot (\text{rnd}() - 1)) \quad (7)$$

$$z = \text{SCALE} \cdot 1 + \text{F}(1 + \text{rnd}()), \quad (8)$$

gdzie: SCALE, SCALE1, XMIN, XMAX, YMIN, YMAX, są stałymi o wartościach:

$$\text{XMIN} = -5.0 \quad (9)$$

$$\text{XMAX} = 5.0 \quad (10)$$

$$\text{YMIN} = -5.0 \quad (11)$$

$$\text{YMAX} = 5.0 \quad (12)$$

$$\text{SCALE} = 5.0 \quad (13)$$

$$\text{SCALE1} = 3.0 \quad (14)$$

Funkcja rnd() (funkcja biblioteczna kompilatora Aztec C ver 3.20 użytego przy pisaniu wspomnianych programów generuje liczby double precision, losowo w przedziale $\langle 0,1 \rangle$)

- b) dla wygenerowanego punktu (x,y,z) wyznacza się obraz wg transformacji (3),
- c) wyznacza się rzuty punktów przed i po transformacji na płaszczyznę obrazu, wg wzorów (4), (5),
- d) sprawdza się, czy współrzędne rzutów mieszczą się w zakresach odpowiednio $\langle \text{XMIN}, \text{XMAX} \rangle$ oraz $\langle \text{YMIN}, \text{YMAX} \rangle$. W przypadku spełnienia tego warunku wektor rzutów jest dołączany do macierzy pola przemieszczeń.

4. Pola obrotu i pola translacji

W przypadku, gdy wektor translacji we wzorze (3) jest zerowy, końce wektorów pola przemieszczeń są jednoznacznie określone poprzez ich początki [8]. Takie pole przemieszczeń nazywa się polem obrotu. Wektory pola obrotu układają się wzdłuż linii (obwiedni) pola. Mogą one być łatwo wyznaczone - dla zadanego obrotu linii pola wynikają z przecięcia stożka o wierzchołku O, niezmienniczego względem tego obrotu (tzn. takiego, którego oś jest jednocześnie osią obrotu), z płaszczyzną obrazu. Są to zatem rodziny linii stożkowych.

Na rysunkach 2-4 przedstawione są pola przemieszczeń wynikające z obrotów odpowiednio wokół osi Oz, Oy, Ox. Linie pola przemieszczeń przedstawionego na rys. 2 są okręgami, a na rys. 3 i 4 parabolami. Wykonanie obrotu wokół osi Ox, jak na rys. 4, przy ustalonej we wzorze (3) parametryzacji macierzy obrotu R wymaga przyjęcia: $\varphi = \pi/2$, $\psi =$ zadany kąt obrotu, $\psi' = -\pi/2$.

Również prosta jest sytuacja, gdy macierz obrotu R jest macierzą jednostkową, a pole przemieszczeń wynika tylko z translacji. W takim przypadku wektory pola, nazywanego polem translacji, ułożone są wzdłuż rodziny linii prostych. Proste te mają jeden punkt wspólny, będący przecięciem kierunku wektora translacji z płaszczyzną obrazu. Pięć przykładowych pól translacji przedstawionych jest na rysunkach 5-10.

5. Wpływ ogniskowej soczewki i szerokości kątowej obiektywu na kształt pola przemieszczeń

W wykorzystywanych programach współrzędne wektorów pola przemieszczeń zawsze mieszczą się w zakresie $Y \in \langle Y_{MIN}, Y_{MAX} \rangle$ $X \in \langle X_{MIN}, X_{MAX} \rangle$. Wynika to z algorytmu przedstawionego w punkcie 3. Zakresy te, podane we wzorach (9) - (12), nie były zmieniane. Zmianom ulegała natomiast ogniskowa soczewki F . Oczywiście zmiana ogniskowej przy tych założeniach wpływa także na szerokość kątową obiektywu τ . Ponieważ $|X_{MIN}| = |X_{MAX}| = \tau |Y_{MIN}| = \tau |Y_{MAX}|$ wartość τ może być podana jako:

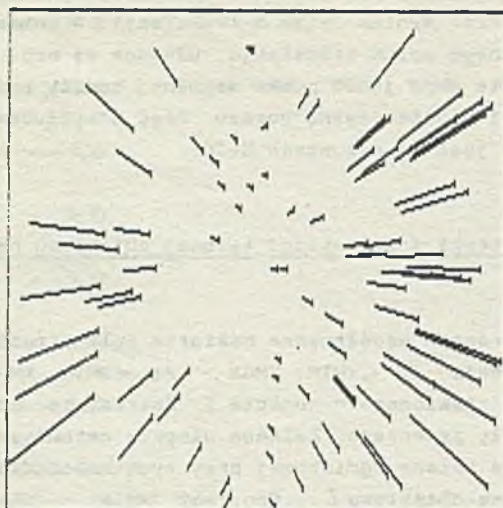
$$\tau = \arctg \frac{X_{MAX}}{F} \quad (15)$$

Przy malejących szerokościach kątowych (dużych ogniskowych) wpływ obrotów wokół osi Oy oraz Ox staje się bardzo słabo widoczny. Przykłady podane są na rysunkach 11-13, gdzie obraz pola obrotu wokół osi Oy o kąt $\psi = 0.1$ wykonano dla trzech różnych ogniskowych $F=2$, $F=5$ oraz $F=20$. Pole obrotu z rys. 13, przy ogniskowej $F=20$, jest praktycznie nierozróżnialne od pola translacji wzdłuż osi Ox .

6. Punkt osobliwy pola przemieszczeń

Dla pól translacji i rotacji w naturalny sposób można określić pojęcie punktu osobliwego pola. Jest to punkt przecięcia osi obrotu lub kierunku wektora translacji z płaszczyzną obrazu.

Badając pola przemieszczeń o bardziej złożonych parametrach, generowane za pomocą algorytmu opisanego w punkcie 3, można się przekonać, że także one posiadają na ogół punkty osobliwe. W punktach osobliwych moduły wektorów pól przemieszczeń maleją do zera. Punkty osobliwe pól przemieszczeń przedstawionych na dwóch kolejnych rysunkach 14 i 15 mają współrzędne odpowiednio $(-0.5, 0)$, $(-0.25, 0)$. Łatwo się przekonać, że o istnieniu tych punktów osobliwych decyduje sposób generacji - tzn. fakt, że współrzędne "zetowe" punktów p_1, p_2, \dots, p_n są zawsze większe od F . Współrzędne punktów osobliwych oblicza się wyznaczając przecięcie się kierunku wektora translacji poddanego dodatkowo transformacji obrotu określonej przez macierz R z płaszczyzną obrazu.



Parametry
przeszyczenia

fi =0.000000
teta=0.100000
psi =0.000000

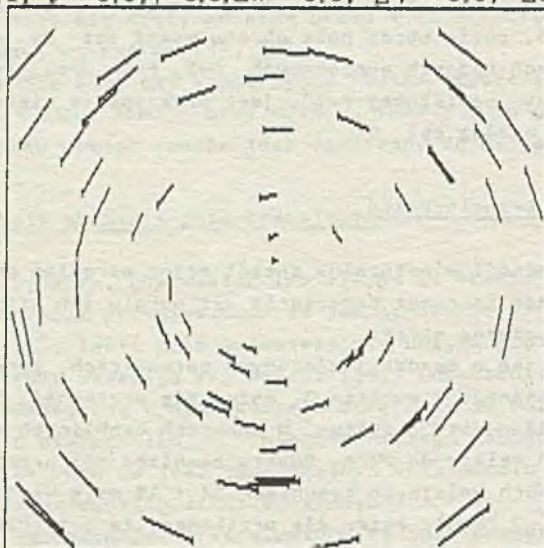
dx =0.000000
dy =0.000000
dz =0.000000

Rys. 2. Pole przemieszczeń o parametrach

$\varphi = 0.2$ [rad], $\vartheta = 0.0$ [rad], $\psi = 0.0$ [rad] $\Delta x = 0.0$, $\Delta y = 0.0$, $\Delta z = 0.0$
Ogniskowa soczewki = 1,0

Fig. 2. Displacement field with

$\varphi = 0.2$, $\vartheta = 0.0$, $\psi = 0.0$, $\Delta x = 0.0$, $\Delta y = 0.0$, $\Delta z = 0.0$. Foc. dist. = 1.0



Parametry
przeszyczenia

fi =0.200000
teta=0.000000
psi =0.000000

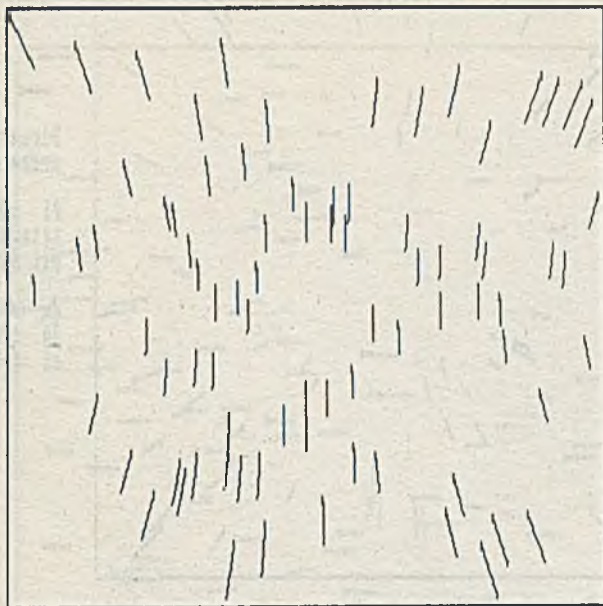
dx =0.000000
dy =0.000000
dz =0.000000

Rys. 3. Pole przemieszczeń o parametrach

$\varphi = 0.0$ [rad], $\vartheta = 0.1$ [rad], $\psi = 0.0$ [rad] $\Delta x = 0.0$, $\Delta y = 0.0$, $\Delta z = 0.0$
Ogniskowa soczewki 1,0

Fig. Displacement field with

$\varphi = 0.0$, $\vartheta = 0.1$, $\psi = 0.0$, $\Delta x = 0.0$, $\Delta y = 0.0$, $\Delta z = 0.0$. Foc. dist. = 1.0



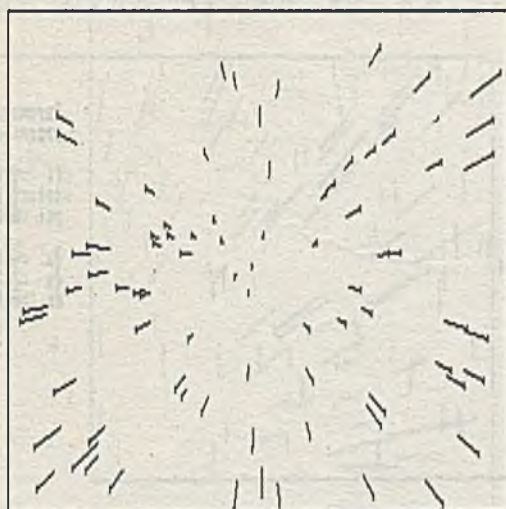
Parametry
przemieszczenia

fi =1.570700
teta=0.100000
psi =-1.570700.

dx =0.000000
dy =0.000000
dz =0.000000

Rys. 4. Pole przemieszczeń o parametrach $\psi = \pi/2$ [rad], $\vartheta = 0.1$ [rad], $\varphi = \pi/2$ [rad] $x = 0.0$, $y = 0.0$, $z = 0.0$
Ogniskowa soczewki = 5.0

Fig. 4. Displacement field with $\psi = \pi/2$, $\vartheta = 0.1$, $\varphi = \pi/2$, $\Delta x = 0.0$, $\Delta y = 0.0$, $\Delta z = 0.0$. Foc.dist.=5.0



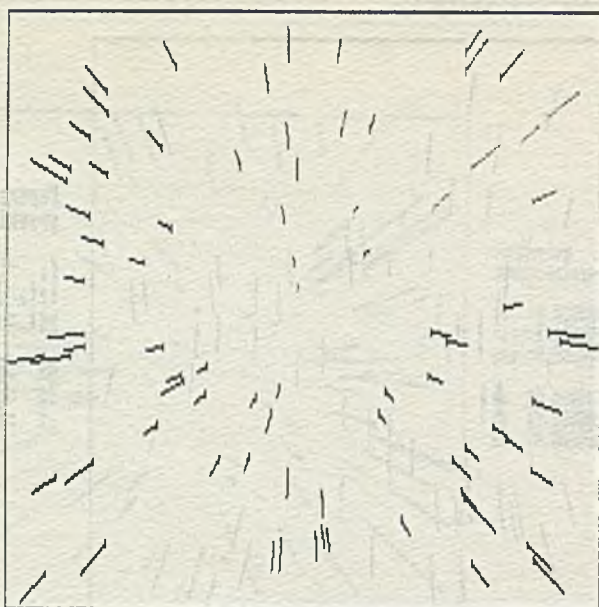
Parametry
przemieszczenia

fi =0.000000
teta=0.000000
psi =0.000000

dx =0.000000
dy =0.000000
dz =0.500000

Rys. 5. Pole przemieszczeń o parametrach $\psi = 0.0$ [rad], $\vartheta = 0.0$ [rad], $\varphi = 0.0$ [rad] $\Delta x = 0.0$, $\Delta y = 0.0$, $\Delta z = 0.5$
Ogniskowa soczewki = 1.0

Fig. 5. Displacement field with $\psi = 0.0$, $\vartheta = 0.1$, $\varphi = 0.0$, $\Delta x = 0.0$, $\Delta y = 0.0$, $\Delta z = 0.5$. Foc.dist.= 1.0



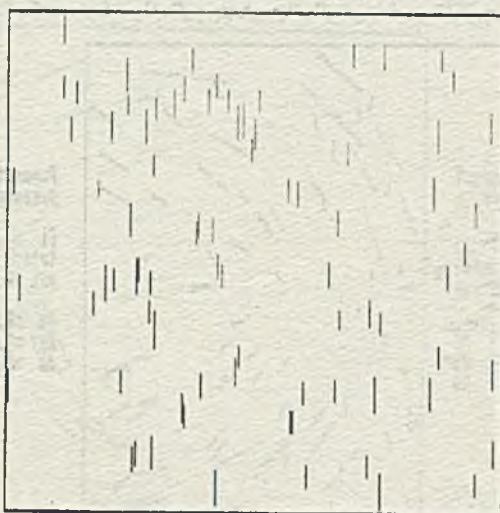
Parametry
przemieszczenia

$f_i = 0.000000$
 $teta = 0.000000$
 $psi = 0.000000$

$dx = 0.000000$
 $dy = 0.000000$
 $dz = -0.500000$

Rys. 6. Pole przemieszczeń o parametrach
 $\varphi = 0.0$ [rad], $\vartheta = 0.0$ [rad], $\psi = 0.0$ [rad] $\Delta x = 0.0$, $\Delta y = 0.0$, $\Delta z = -0.5$
 Ogniskowa soczewki = 1.0

Fig. 6. Displacement field with
 $\varphi = 0.0$, $\vartheta = 0.0$, $\psi = 0.0$, $\Delta x = 0.0$, $\Delta y = 0.0$, $\Delta z = -0.5$, Foc. dist = 1.0



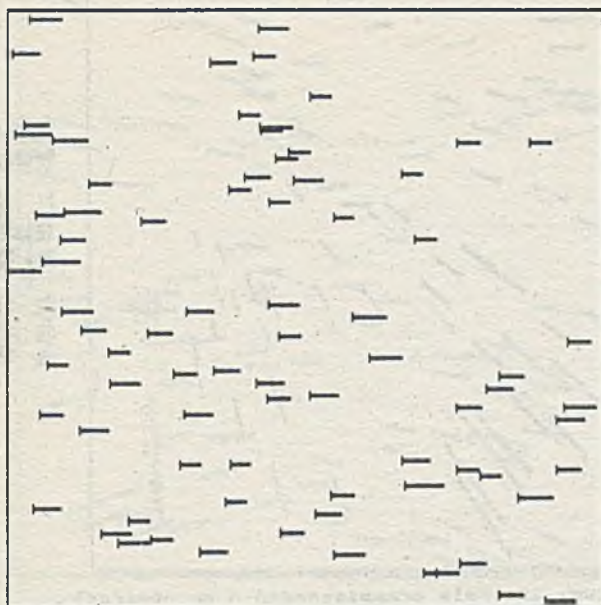
Parametry
przemieszczenia

$f_i = 0.000000$
 $teta = 0.000000$
 $psi = 0.000000$

$dx = 0.000000$
 $dy = 2.000000$
 $dz = 0.000000$

Rys. 7. Pole przemieszczeń o parametrach
 $\varphi = 0.0$ [rad], $\vartheta = 0.0$ [rad], $\psi = 0.0$ [rad] $\Delta x = 0.0$, $\Delta y = 2.0$, $\Delta z = 0.0$
 Ogniskowa soczewki = 1.0

Fig. 7. Displacement field with
 $\varphi = 0.0$, $\vartheta = 0.0$, $\psi = 0.0$, $\Delta x = 0.0$, $\Delta y = 2.0$, $\Delta z = 0.0$, Foc. dist. = 1.0



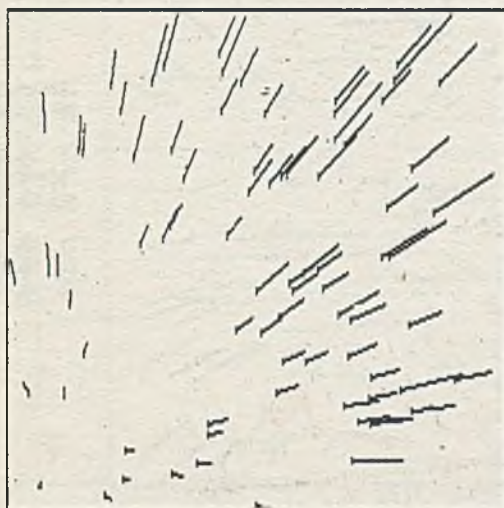
Parametry
przemieszczenia

fi = 0.000000
teta = 0.000000
psi = 0.000000

dx = 2.000000
dy = 0.000000
dz = 0.000000

Rys. 8. Pole przemieszczeń o parametrach $\varphi = 0.0$ [rad], $\vartheta = 0.0$ [rad], $\psi = 0.0$ [rad] $\Delta x = 2.0$, $\Delta y = 0.0$, $\Delta z = 0.0$ Ogniskowa soczewki = 1.0

Fig. 8. Displacement field with $\varphi = 0.0$, $\vartheta = 0.0$, $\psi = 0.0$, $\Delta x = 2.0$, $\Delta y = 0.0$, $\Delta z = 0.0$. Foc.dist. = 1.0



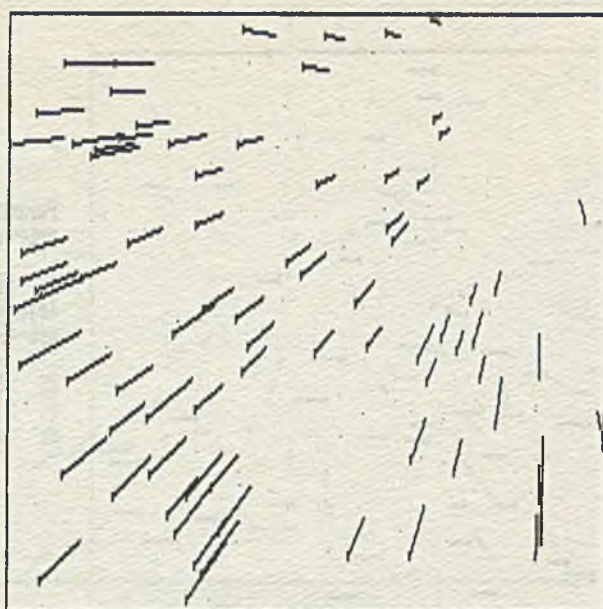
Parametry
przemieszczenia

fi = 0.000000
teta = 0.000000
psi = 0.000000

dx = 2.000000
dy = 2.000000
dz = -0.500000

Rys. 9. Pole przemieszczeń o parametrach $\varphi = 0.0$ [rad], $\vartheta = 0.0$ [rad], $\psi = 0.0$ [rad] $\Delta x = 2.0$, $\Delta y = 2.0$, $\Delta z = -0.5$ Ogniskowa soczewki = 1.0

Fig. 9. Displacement field with $\varphi = 0.0$, $\vartheta = 0.0$, $\psi = 0.0$, $\Delta x = 2.0$, $\Delta y = 2.0$, $\Delta z = -0.5$. Foc.dist = 1.0



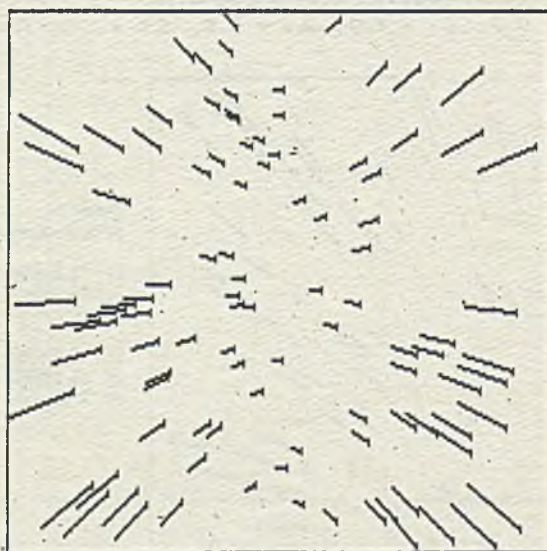
Parametry
przemieszczenia

fi = 0.000000
teta = 0.000000
psi = 0.000000

dx = 2.000000
dy = 2.000000
dz = 0.500000

Rys. 10. Pole przemieszczeń o parametrach
 $\varphi = 0.0$ [rad], $\psi = 0.0$ [rad], $\varphi = 0.0$ [rad] $\Delta x = 2.0$, $\Delta y = 2.0$, $\Delta z = 0.5$
Ogniskowa soczewki = 1.0

Fig. 10. Displacement field with
 $\varphi = 0.0$, $\psi = 0.0$, $\varphi = 0.0$, $\Delta x = 2.0$, $\Delta y = 2.0$, $\Delta z = 0.5$, Foc. dist. = 1.0



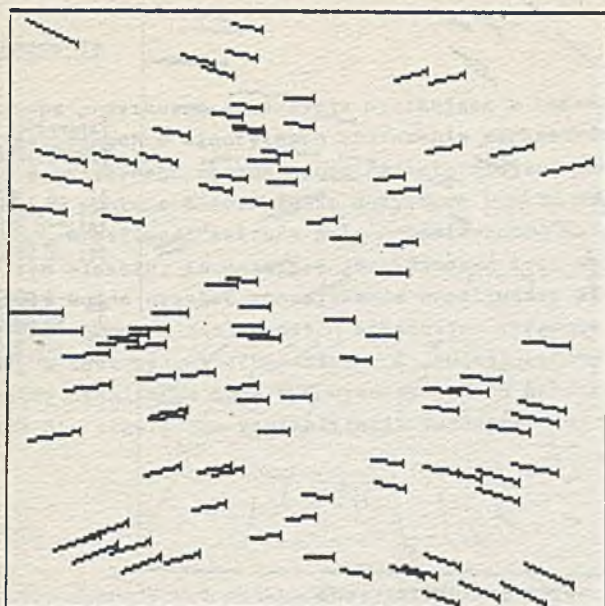
Parametry
przemieszczenia

fi = 0.000000
teta = 0.100000
psi = 0.000000

dx = 0.000000
dy = 0.000000
dz = 0.000000

Rys. 11. Pole przemieszczeń o parametrach
 $\varphi = 0.0$ [rad], $\psi = 0.1$ [rad], $\varphi = 0.0$ [rad] $\Delta x = 0.0$, $\Delta y = 0.0$, $\Delta z = 0.0$
Ogniskowa soczewki = 2.0

Fig. 11. Displacement field with
 $\varphi = 0.0$, $\psi = 0.1$, $\varphi = 0.0$, $\Delta x = 0.0$, $\Delta y = 0.0$, $\Delta z = 0.0$. Foc. dist. = 2.0



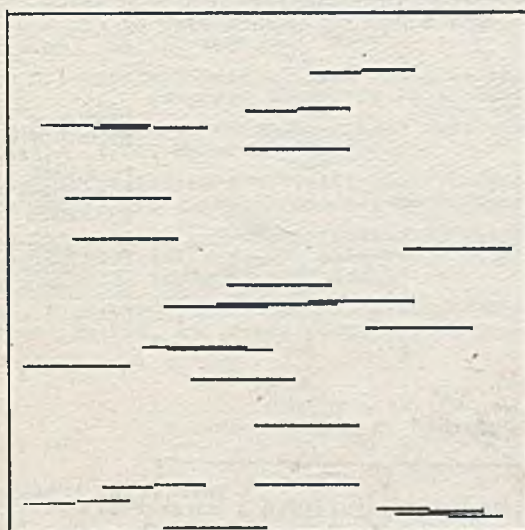
Parametry
przemieszczenia

fi =0.000000
teta=0.100000
psi =0.000000

dx =0.000000
dy =0.000000
dz =0.000000

Rys. 12. Pole przemieszczeń o parametrach
 $\varphi = 0.0$ [rad], $\theta = 0.1$ [rad], $\psi = 0.0$ [rad] $\Delta x = 0.0$, $\Delta y = 0.0$, $\Delta z = 0.0$
Ogniskowa soczewki = 5.0

Fig. 12. Displacement field with
 $\varphi = 0.0$, $\theta = 0.1$, $\psi = 0.0$, $\Delta x = 0.0$, $\Delta y = 0.0$, $\Delta z = 0.0$, Foc.dist. = 5.0



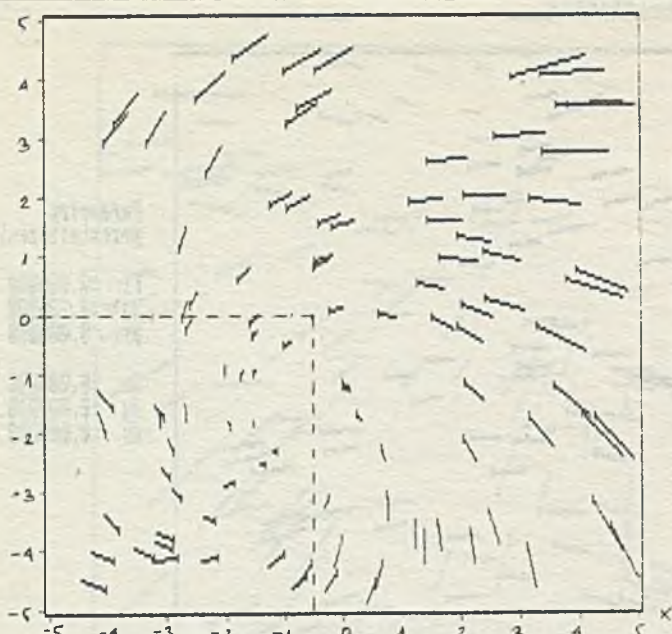
Parametry
przemieszczenia

fi =0.000000
teta=0.100000
psi =0.000000

dx =0.000000
dy =0.000000
dz =0.000000

Rys. 13. Pole przemieszczeń o parametrach
 $\varphi = 0.0$ [rad], $\theta = 0.1$ [rad], $\psi = 0.0$ [rad] $\Delta x = 0.0$, $\Delta y = 0.0$, $\Delta z = 0.0$
Ogniskowa soczewki = 20

Fig. 13. Displacement field with
 $\varphi = 0.0$, $\theta = 0.1$, $\psi = 0.0$, $\Delta x = 0.0$, $\Delta y = 0.0$, $\Delta z = 0.0$. Foc.dist. = 20



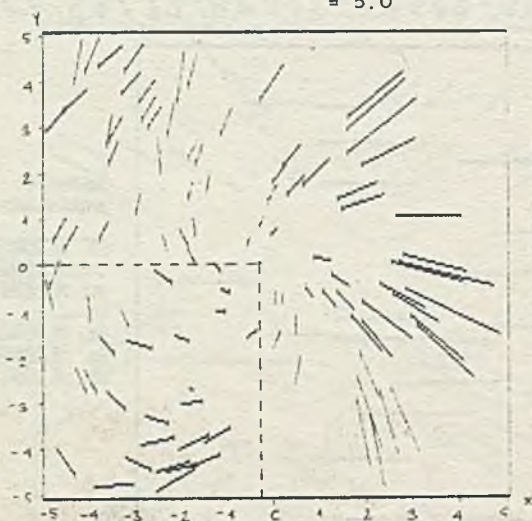
Parametry
przemieszczenia

$f_i = 0.100000$
 $teta = -0.050000$
 $psi = 0.000000$

$dx = 0.000000$
 $dy = 0.000000$
 $dz = -2.000000$

Rys. 14. Pole przemieszczeń o parametrach $\varphi = 0.1$ [rad], $\psi = -0.05$ [rad], $\varphi = 0.0$ [rad], $\Delta x = 0.0$, $\Delta y = 0.0$, $\Delta z = -2.0$. Ogniskowa soczewki = 5.0. Współrzędne punktu osobliwego $\langle -0.5, 0.0 \rangle$

Fig. 14. Displacement field with $\varphi = 0.1$, $\psi = -0.05$, $\varphi = 0.0$, $\Delta x = 0.0$, $\Delta y = 0.0$, $\Delta z = -0.02$. Foc. dist. = 5.0



Parametry
przemieszczenia

$f_i = 0.100000$
 $teta = -0.050000$
 $psi = 0.020000$

$dx = 0.000000$
 $dy = 0.000000$
 $dz = -1.000000$

Rys. 15. Pole przemieszczeń o parametrach $\varphi = 0.1$ [rad], $\psi = -0.05$ [rad], $\varphi = 0.02$ [rad], $\Delta x = 0.0$, $\Delta y = 0.0$, $\Delta z = -1.0$. Ogniskowa soczewki = 1.0. Współrzędne punktu osobliwego $\langle -0.25, 0.0 \rangle$

Fig. 15. Displacement field with $\varphi = 0.1$, $\psi = -0.05$, $\varphi = 0.02$, $\Delta x = 0.0$, $\Delta y = 0.0$, $\Delta z = -1.0$. Foc. dist. = -1.0

7. Podsumowanie

Podano pewne podstawowe obserwacje wynikające z badania pól przemieszczeń wykorzystywanych w algorytmach obliczania parametrów ruchu. Jak się wydaje, dla praktycznego zastosowania najistotniejsze znaczenie mają przedstawione w punkcie 6 rozważania dotyczące punktu osobliwego pola przemieszczeń. Wrażliwość wektora pola przemieszczeń na przypadkowe zakłócenie jest tym większa, im mniejsza jest długość tego wektora. A zatem prawdopodobnie można uzyskać zmniejszenie wrażliwości algorytmów wyliczania parametrów ruchu na zakłócenia - eliminując wstępnie z pola przemieszczeń wektory o zbyt małych długościach. Z drugiej strony informacja o położeniu punktu osobliwego może być wykorzystywana przy zadawaniu warunków początkowych dla algorytmów minimalizacji funkcji celu.

LITERATURA

- [1] Tsai R.Y., Huang T.H., Wei-Le Zhu; Estimating three dimensional motion parameters of a rigid planer path, II, III, IEEE Trans. Acoust. Speech, Signal Processing, vol. ASSP-29, 1981, pp. 1147-1152, vol. ASSP-32, 1984, pp. 213-220.
- [2] Fang J.Q., Huang T.S.; Solving three dimensional small-rotation motion equations: Uniqueness, Algorithms and numerical results, Comput. Vision Graphics and Image Processing, vol. 26 1984, pp. 183-206.
- [3] Bolles R.C., Baker H.H. and Marimont D.H.; Epipolar plane image analysis: An approach to determining structure from motion, Int. J. Computer Vision, vol. 1, 1987, pp. 7-55.
- [4] Dickmanns E.D., Zapp A.; Guiding land vehicles along roadways by computer vision, Proc. Congress Automatique, Toulouse 1985.
- [5] Dickmanns E.D., Zapp A.; Autonomous high road vehicle guidance by computer vision, IFAC, Monachium 1987.
- [6] Wojciechowski K., Polański A.; Wyniki numerycznych badań algorytmu wyznaczania parametrów ruchu. Praca przygotowywana do druku.
- [7] Prądzny K.; Determining the instantaneous direction from optical flow generated by curvilinearly moving observer, Comput. Graphics Image Processing, vol. 17, 1981, pp. 238-248.
- [8] Polański A.; Algorytm wyznaczania parametrów ruchu na podstawie pola przemieszczeń, ZN Pol. Śl. Praca przyjęta do druku.

Recenzent: Doc. dr hab. inż: Mariusz Nieniewski

Wpłynęło do Redakcji 3.11.1987 r.

АНАЛИЗА ПОЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

Резюме

В работе представлены поля перемещений, получаемые за счет движения камеры относительно неподвижной сцены. Даны зависимости некоторых параметров поля перемещений от параметров движения, фокуса линзы, углового зрения объектива, среднего расстояния точек сцены от камеры.

ANALYSIS OF DISPLACEMENT FIELD

Summary

In the paper displacement field resulting of the camera movement in the relation of the fixed scene are investigated. The relation between some field parameters and motion parameters, focal distance, objective breadth and the distance of the points of the set are given.