
Spis treści

1	WSTĘP	17
2	ZARYS HISTORII BADAŃ NAD WIDZENIEM STEREOSKOPOWYM.....	23
3	WIDZENIE TRÓJWYMIAROWE	27
3.1	WZROK LUDZKI.....	27
3.2	FORMOWANIE I AKWIZYCJA OBRAZÓW	34
3.2.1	<i>Przekształcenia rzutowe przestrzeni.....</i>	<i>34</i>
3.2.2	<i>Model kamery perspektywicznej.....</i>	<i>35</i>
3.2.2.1	<i>Zewnętrzne parametry kamery perspektywicznej</i>	<i>37</i>
3.2.2.2	<i>Wewnętrzne parametry kamery perspektywicznej</i>	<i>38</i>
3.2.3	<i>Przekształcenia rzutowe kamery perspektywicznej o obiektywie punktowym.....</i>	<i>39</i>
3.2.4	<i>Dodatkowe parametry rzeczywistych układów akwizycji obrazu</i>	<i>42</i>
3.3	STEREOSKOPOWY UKŁAD AKWIZYCJI OBRAZÓW	44
3.3.1	<i>Geometria epipolarna</i>	<i>44</i>
3.3.1.1	<i>Tensor dwuogniskowy.....</i>	<i>50</i>
3.3.1.2	<i>Metody znajdowania macierzy E oraz F</i>	<i>52</i>
3.3.2	<i>Katadioptryczny układ stereowizyjny.....</i>	<i>54</i>
3.3.3	<i>Kanoniczny układ kamer</i>	<i>57</i>
3.3.3.1	<i>Definicja dysparycji.....</i>	<i>57</i>
3.3.3.2	<i>Rektyfikacja obrazów stereoskopowych do postaci kanonicznej</i>	<i>59</i>
3.3.3.3	<i>Geometryczne ograniczenie dokładności pomiaru głębi w układzie stereoskopowym.</i>	<i>61</i>
3.4	KALIBRACJA KAMER.....	65
3.4.1	<i>Klasyczne metody kalibrujące</i>	<i>66</i>
3.4.2	<i>Kalibracja fotometryczna.....</i>	<i>68</i>
3.4.3	<i>Samokalibracja kamer.....</i>	<i>69</i>
3.4.4	<i>Kalibracja układu stereoskopowego</i>	<i>71</i>

3.5	REKONSTRUKCJA PRZESTRZENI TRÓJWYMIAROWEJ.....	72
3.5.1	<i>Triangulacja.....</i>	73
3.5.2	<i>Rekonstrukcja z dokładnością do skali.....</i>	75
3.5.3	<i>Rekonstrukcja z dokładnością do transformacji rzutowej.....</i>	76
3.6	ZAŁOŻENIA I OGRANICZENIA PROCESU DOPASOWYWANIA	80
3.7	BADAWCZY UKŁAD STEREOWIZYJNY	86
3.7.1	<i>Pary doświadczalnych obrazów stereoskopowych.....</i>	87

4 ZAGADNIENIA ALGORYTMICZNE W PRZETWARZANIU

STEREOSKOPOWYM..... 95

4.1	PODZIAŁ METOD STEREOSKOPOWEGO PRZETWARZANIA OBRAZÓW.....	95
4.2	UWARUNKOWANIA APLIKACYJNE ALGORYTMÓW STEREOSKOPOWYCH	100
4.3	STRUKTURA ALGORYTMÓW STEREOSKOPOWYCH.....	104
4.4	ALGORYTMY KROCZĄCE PO PUNKTACH ORAZ DYSPARYCJACH ...	112
4.5	MIARY DOPASOWYWANIA OBRAZÓW BINARNYCH.....	115
4.6	PROBLEMY OBLICZENIOWE W ALGORYTMACH STEREOWIZYJNYCH	123
4.6.1	<i>Niejednoznaczność dopasowania punktów obrazowych.....</i>	123
4.6.2	<i>Nieciągłości głębi.....</i>	124
4.6.3	<i>Problem częściowego przysłaniania się obiektów.....</i>	125
4.6.4	<i>Wpływ zniekształceń i szumów w obrazach wejściowych.....</i>	127
4.6.5	<i>Kierunek przeszukiwania po liniach epipolarnych w kanonicznym układzie kamer.....</i>	128
4.6.6	<i>Problem nieciągłości granicy obrazu.....</i>	131

5 DETEKTORY CECH OBRAZÓW W PRZETWARZANIU

STEREOSKOPOWYM..... 133

5.1	DETEKCJA KRAWĘDZI OBRAZU	133
5.2	LOKALNA STRUKTURALNOŚĆ W REPREZENTACJI TENSOROWEJ... ..	140
5.2.1	<i>Lokalnie zorientowane sąsiedztwo w obrazie.....</i>	140
5.2.1.1	<i>Pojęcie lokalnego sąsiedztwa w obrazach</i>	140
5.2.1.2	<i>Definicja lokalnie zorientowanego sąsiedztwa.....</i>	142
5.2.1.3	<i>Znajdowanie tensorowej reprezentacji LZS w obrazach rzeczywistych.....</i>	156
5.2.1.3.1	<i>Dyskretny operator różniczkujący.....</i>	157
5.2.1.3.2	<i>Dyskretny operator uśredniający.....</i>	159
5.2.1.4	<i>Tensorowy operator struktury lokalnego sąsiedztwa do korelowania obrazów stereoskopowych</i>	160
5.2.2	<i>Implementacja oraz złożoność obliczeniowa.....</i>	163
5.2.3	<i>Wyniki eksperymentalne</i>	163

6	DOPASOWYWANIE CECHAMI	173
6.1	METODA MARR-POGGIO-GRIMSON.....	173
6.1.1	<i>Proces pasowania obrazów stereoskopowych.....</i>	173
6.1.2	<i>Wyniki eksperymentalne</i>	178
6.2	TENSOROWY ALGORYTM STEREOWIZYJNY	181
6.2.1	<i>Założenia procesu stereowizyjnego.....</i>	181
6.2.2	<i>Ogólna struktura algorytmu.....</i>	181
6.2.3	<i>Moduł akwizycji obrazów.....</i>	185
6.2.4	<i>Wstępne przetworzenie obrazów</i>	185
6.2.5	<i>Tensorowy detektor lokalnych struktur</i>	187
6.2.6	<i>Opracowanie funkcji kosztu dopasowania</i>	188
6.2.7	<i>Wybór wejściowego zakresu dopuszczalnych dysparycji</i>	195
6.2.8	<i>Agregacja zbiorowego dopasowania</i>	199
6.2.9	<i>Przetwarzanie mapy dysparycji.....</i>	200
6.2.10	<i>Implementacja oraz złożoność obliczeniowa</i>	203
6.2.11	<i>Wyniki eksperymentalne.....</i>	204
6.2.11.1	<i>Oszacowanie dokładności algorytmu</i>	215
6.2.12	<i>Warianty tensorowego algorytmu stereowizyjnego</i>	221
6.2.12.1	<i>Wyniki eksperymentalne</i>	222
6.2.13	<i>Wnioski oraz analiza końcowa tensorowego algorytmu stereowizyjnego</i>	224
6.2.13.1	<i>Dalsze aplikacje tensorowego algorytmu stereowizyjnego</i>	226
6.2.13.2	<i>Możliwości rozwoju metody</i>	227
7	DOPASOWYWANIE OBSZARAMI	229
7.1	METODY STEREOSKOPOWE DOPASOWUJĄCE OBSZARAMI.....	229
7.1.1	<i>Wyniki eksperymentalne</i>	232
7.2	METODY HYBRYDOWE ORAZ NIESTANDARDOWE.....	237
7.2.1	<i>Metoda Shirai</i>	238
7.2.2	<i>Stereowizyjne metody neuronowe</i>	240
7.2.2.1	<i>Wyniki eksperymentalne z użyciem sieci Hamminga</i>	243
7.2.3	<i>Metody wykorzystujące transformatę Log-Polar</i>	244
7.2.4	<i>Metody gradientowe</i>	245
8	PODSUMOWANIE.....	249
9	DODATKI	253
9.1	RZECZYWISTE SYSTEMY STEREOWIZYJNE.....	253
9.2	SYSTEMY MIKROPROCESOROWE W ASPEKCIE STEREOWIZJI.....	258

9.3	PODSTAWY GEOMETRII RZUTOWEJ	262
9.3.1	<i>Współrzędne jednorodne</i>	262
9.3.2	<i>Reprezentacja punktu i prostej na płaszczyźnie rzutowej oraz zasada dualności</i>	265
9.3.3	<i>Pojęcie punktu i prostej w nieskończoności</i>	267
9.3.4	<i>Definicja i podstawowe własności stożkowych</i>	269
9.3.4.1	Stożkowe w \wp^2	269
9.3.4.1.1	Stożkowa dualna	270
9.3.4.1.2	Punkty kołowe oraz stożkowa do nich dualna	271
9.3.4.2	Stożkowe w \wp^3	271
9.3.4.2.1	Stożkowa bezwzględna	272
9.3.4.2.2	Stożkowa bezwzględna dualna.....	273
9.3.5	<i>Grupa transformacji rzutowych</i>	273
9.3.5.1	Baza rzutowa	273
9.3.5.2	Hiperpłaszczyzny.....	274
9.3.5.3	Grupa transformacji rzutowych	275
9.3.6	<i>Niezmienniki rzutowe, dwustosunek</i>	276
9.4	ZARYS RACHUNKU TENSOROWEGO	278
9.4.1	<i>Prawo transformacji tensorów</i>	280
9.4.2	<i>Podstawy algebry tensorów</i>	282
9.4.2.1	Dodawanie tensorów	282
9.4.2.2	Mnożenie tensorów.....	282
9.4.2.3	Kontrakcja oraz iloczyn skalarny tensorów.....	283
9.4.2.4	Redukcja tensora do osi głównych	283
9.4.2.5	Niezmienniki tensorowe	284
	BIBLIOGRAFIA	285
	INDEKS RZECZOWY	299