



SPIS TREŚCI

Wykaz skrótów i akronimów ____7

Przedmowa ____11

1 Podstawy rozpoznania ____15

1.1. Platformy rozpoznania ____20

1.2. Sygnatury w rozpoznaniu ____25

1.2.1. Pojęcie i rodzaje sygnatur ____25

1.2.2. Sygnatury widma elektromagnetycznego ____26

1.2.3. Sygnatury inne niż elektromagnetyczne ____29

2 Ogólna charakterystyka sensorów ____31

2.1. Właściwości sensorów ____33

2.1.1. Zakresy pracy sensorów ____33

2.1.2. Rozdzielczości sensorów ____35

2.1.3. Dokładność sensorów ____43

2.2. Kompromisy w zakresie projektowania i wykorzystywania sensorów ____44

2.3. Zestawy sensorów ____45

3 Sensory BSP – ogólna charakterystyka ____47

3.1. Dobór sensorów ____47

3.2. Sensory bezzałogowych statków powietrznych wykorzystywane w rozpoznaniu ____51

3.3. Rozpoznanie obrazowe IMINT ____58

4 Sensory optoelektroniczne ____61

4.1. Podstawowe właściwości obrazów cyfrowych ____62

4.2. Budowa i działanie kamery elektrooptycznej ____65

4.2.1. Obiektyw ____66

4.2.2. Migawka ____72

4.2.3. Przetworniki obrazu ____73

- 4.2.4. Tworzenie obrazu barwnego____84
- 4.2.5. Histogram obrazu____87
- 4.3. Kamery termowizyjne____90
 - 4.3.1. Historia wykorzystania podczerwieni____90
 - 4.3.2. Obrazowanie termiczne____91
 - 4.3.2.1. Podstawowe prawa promieniowania cieplnego____93
 - 4.3.2.2. Promieniowanie obiektów rzeczywistych____98
 - 4.3.2.3. Łańcuch radiometryczny____102
 - 4.3.3. Budowa i działanie kamery termowizyjnej____104
 - 4.3.3.1. Ogólna charakterystyka kamery____104
 - 4.3.3.2. Detektory i systemy detektorów____104
 - 4.3.3.3. Porównanie kamer z detektorami fotonowymi i bolometrycznymi____113
 - 4.3.3.4. Obiektywy kamer termowizyjnych____114
 - 4.3.3.5. Systemy obrazujące____115
 - 4.3.3.6. Stabilizacja temperatury i chłodzenie detektora____117
 - 4.3.3.7. Parametry kamer termowizyjnych____119
- 4.4. Obrazowanie spektralne____126

5 Aktywne sensory obrazowe____129

- 5.1. Obrazowanie radarowe____129
 - 5.1.1. Działanie radaru obrazującego____131
 - 5.1.2. Rozróżnialność odległościowa____133
 - 5.1.3. Rozróżnialność azymutalna____135
 - 5.1.4. Radar z syntetyczną aperturą SAR____137
 - 5.1.5. Właściwości obrazowania radaru SAR____141
 - 5.1.6. Właściwości operacyjne radaru SAR____143
- 5.2. Obrazowanie lidarowe____146
 - 5.2.1. Zasada działania skanowania lidarowego____148

6 Fuzja obrazów z wielu sensorów obrazowych____153

- 6.1. Cele i rodzaje fuzji obrazów____155
- 6.2. Ograniczenia fuzji obrazów____158

7 Kryteria oceny jakości sensorów obrazowych____159

- 7.1. Ocena jakości systemów optycznych____160
 - 7.1.1. Odpowiedź impulsowa____160
 - 7.1.2. Częstość przestrzenna____163
 - 7.1.3. Funkcja przenoszenia____166
 - 7.1.3.1. Funkcja przenoszenia modulacji MTF____168
 - 7.1.3.2. Funkcja przenoszenia fazy PTF____170
 - 7.1.4. MTF i rozdzielczość____172
 - 7.1.5. MTF dyfrakcji____175

7.1.6. Wpływ aberracji na MTF	177
7.1.6.1. Wpływ rozogniskowania na MTF	179
7.1.6.2. Wpływ innych aberracji na MTF	181
7.1.6.3. Wizualizacja innych zależności MTF	183
7.2. MTF sensorów elektrooptycznych	184
7.2.1. MTF pola widzenia detektora IFOV	185
7.2.2. Próbkowanie	187
7.2.2.1. Aliasing	187
7.2.2.2. MTF próbkowania	190
7.2.3. MTF układów elektronicznych	195

8 Praktyczne pomiary funkcji przenoszenia modulacji MTF 199

8.1. Test w postaci fali prostokątnej	199
8.2. Testy paskowe	202
8.3. Przegląd metod określania rozdzielczości przestrzennej sensorów obrazowych	204
8.4. Doświadczalne badanie parametrów jakości sensorów obrazowych	210

9 Czynniki wpływające na jakość obrazów związane z atmosferą, zjawiskami meteorologicznymi i obserwowanym obiektem 215

9.1. Źródła i zasady promieniowania	216
9.2. Rozchodzenie się promieniowania elektromagnetycznego w atmosferze	218
9.2.1. Widzialność a zasięg meteorologiczny	223
9.2.2. Okna atmosferyczne	224
9.3. Wpływ warunków meteorologicznych na propagację promieniowania elektromagnetycznego	225
9.3.1. Propagacja promieniowania podczerwonego przez atmosferę	226
9.3.2. Porównanie właściwości promieniowania podczerwonego w zakresach częstotliwości MWIR i LWIR	229
9.3.3. Odbicia słoneczne	231
9.3.4. Ogrzewanie słoneczne	232
9.3.5. Wpływ różnych czynników na zobrazowanie termowizyjne	235
9.4. Absorpcja fal elektromagnetycznych o długościach milimetrycznych przez deszcz i mgłę	237
9.5. Zanieczyszczenia pola bitwy	238
9.6. Wpływ zakłóceń atmosferycznych na działanie sensorów obrazowych	240
9.7. Modele atmosfery i systemy wspomagania oceny stanu atmosfery	243
9.7.1. Modele atmosfery LOWTRAN i MODTRAN	244
9.7.2. Model właściwości sensorów EOSAEL	246
9.7.3. System planowania misji TAWS	248

10 Kryteria detekcji, rozpoznania, identyfikacji i lokalizacji obiektów____253

10.1. Ilościowe metody określania zasięgów DRI____257

10.1.1. Kryterium Johnsona____257

10.1.2. Model TTP wyznaczania parametrów zasięgowych urządzeń obserwacyjnych____264

10.2. Jakościowe metody oceny właściwości interpretacyjnych obrazów____266

11 Wielosensorowe systemy obserwacyjne BSP____273

11.1. Głowice obserwacyjne____277

11.1.1. Proces poszukiwania____281

11.1.2. Stabilizacja linii widzenia____284

11.1.3. Funkcje głowicy obserwacyjnej____286

11.1.4. Zobrazowania uzyskiwane z sensorów głowicy obserwacyjnej____289

11.2. Radary SAR____292

11.3. Porównanie sensorów optoelektronicznych i radaru SAR____293

11.4. Wykorzystanie operacyjne wielosensorowego systemu obserwacyjnego BSP____294

Literatura____297