

Streszczenie rozprawy doktorskiej

Metoda estymacji elementów nawigacyjnych bezzałogowego statku powietrznego w systemie radarowego zobrazowania terenu

Autor: mgr inż. Michał Łabowski
Promotor: płk dr hab. inż. Piotr Kaniewski, prof. WAT
Promotor pomocniczy: mjr dr inż. Piotr Serafin

Niniejsza rozprawa dotyczy opracowania metody estymacji elementów nawigacyjnych bezzałogowego statku powietrznego (BSP), realizowanej w systemie nawigacyjnym dedykowanym do współpracy z lotniczym radarem z syntetyczną aperturą (ang. *Synthetic Aperture Radar* – SAR). Celem metody jest estymacja położenia i prędkości nosiciela radaru, które w postaci tzw. poprawek nawigacyjnych wykorzystywane są do korekcji zaburzeń faz początkowych sygnałów echa, dzięki czemu uzyskuje się poprawę jakości zobrazowań. W pracy przedstawiono trzy metody estymacji elementów nawigacyjnych BSP, których użyteczność zweryfikowano z wykorzystaniem rzeczywistych danych pomiarowych.

Jak wykazano w rozprawie, poprawki nawigacyjne wyznaczone na podstawie danych pochodzących z systemu nawigacji inercyjnej (ang. *Inertial Navigation System* – INS) pozwalają na zwiększenie kontrastu i zmniejszenie entropii całego obrazu, a także na poprawę rozróżnialności przestrzennej i wskaźników PSLR (ang. *Peak-Sidelobe Ratio*) oraz ISLR (ang. *Integrated-Sidelobe Ratio*) wyznaczanych dla zobrazowania obiektów punktowych. Metoda ta pozwala też na redukcję zniekształceń geometrycznych obrazu wynikających z krzywoliniowego toru lotu, jednak ze względu na błędy INS do obrazu wprowadzane są stopniowo narastające zniekształcenia. Zjawisko to zostało wyeliminowane poprzez integrację danych INS i GPS (ang. *Global Positioning System*) za pomocą filtra Kalmana, co stanowi drugą metodę rozpatrywaną w pracy. Zobrazowanie uzyskane z jej wykorzystaniem pozbawione jest zniekształceń geometrycznych, jednak pozostałe parametry jakości obrazu mają wartości gorsze od rezultatów metody wykorzystującej wyłącznie system INS. Przyczyną tego zjawiska są losowe błędy odbiornika GPS, które nie są w pełni eliminowane przez filtr Kalmana i powodują przypadkowe zmiany wartości estymowanych elementów nawigacyjnych. Zmiany te propagują się następnie w systemie powodując zaburzenia fazy początkowej skorygowanych sygnałów echa.

W celu osiągnięcia możliwie najwyższej jakości zobrazowania zaproponowano więc autorską metodę estymacji elementów nawigacyjnych BSP, wykorzystującą tzw. wieloinstancyjny system INS, łączący indywidualne zalety systemu INS i INS/GPS. W metodzie tej poprawki nawigacyjne wyznaczone są na podstawie danych pochodzących z aktualnie działającej instancji (czyli uruchomionej procedury) INS, co zapewnia „gładkość” wyznaczanych danych. Przekroczenie dopuszczalnego błędu wyznaczania położenia przez instancję INS powoduje inicjalizację kolejnej instancji (realizowaną na podstawie danych działającego równoległego systemu INS/GPS), dzięki czemu błędy systemu nawigacji inercyjnej utrzymywane są także na niskim poziomie. Obie instancje działają współbieżnie tak, aby w chwili przełączenia liczba poprawek estymowanych na podstawie nowej instancji pozwoliła na syntezę pojedynczej apertury bez wykorzystania danych z instancji poprzedniej. Uzyskane zobrazowanie charakteryzuje się redukcją zniekształceń geometrycznych analogiczną do metody wykorzystującej INS/GPS, przy jednoczesnym zachowaniu zbliżonych wartości pozostałych wskaźników jakości zobrazowania, do rezultatów osiągniętych przy pomocy metody INS.

Proponowana metoda może stanowić alternatywę wobec iteracyjnych metod automatycznego ogniskowania, ponieważ pozwala na uzyskanie wysokiej jakości obrazu terenu przy zachowaniu stosunkowo niewielkiego nakładu obliczeniowego (wyznaczanie korekt odbywa się bowiem równoległe i niezależnie wobec procedury syntezy obrazu).

W toku przeprowadzonych badań potwierdzono więc tezę, że możliwe jest wyznaczanie elementów nawigacyjnych BSP za pomocą wieloinstancyjnego systemu INS w sposób pozwalający na poprawę jakości zobrazowań terenu uzyskiwanych z systemu SAR, w porównaniu do metod wykorzystujących klasyczny system INS lub zintegrowany system INS/GPS.