

1. 데이터 정렬 및 재분류

* 레이더 출처 : 기상/항공기 관제/해안탐지레이더 등

** 레이더 자료 변환 : 수치 및 통계분석이 가능한 "*.csv" format으로 변환

[변환시 필요한 자료 : 포착한 미사일(항적)의 위도/경도, 고도, 속도, 이동방향(HDG), 포착한 레이더 자료 출처 및 데이터 set의 시간]

*** 데이터 정렬 : 자료의 특성에 따라 상이하나, 다음의 우선순위로 정렬을 실시함.

1) 1순위 : 미사일(항적)의 진행방향(HDG)을 고려한 위도 또는 경도 순서로 정렬

* 진행경로 남/북 : 위도 기준 정렬 / 진행경로 동/서 : 경도 기준 정렬

2) 2순위 : 레이더 데이터 set의 수신시간을 기준으로 정렬

2. 레이더 자료 [미사일(탄도탄) 일부 자료]를 활용한 미사일(탄도탄) 비행궤적 시각화/추정

* 통계적 회귀분석(Regression Analysis) 기법을 활용한 2차원/3차원 비행궤적 분석

1) 회귀분석(Regression Analysis) : Lowess 또는 Loess 적용

* 미사일(항적) 궤적 시각화 시 Lowess 기법 적용 : f 값(구간 추정시 사용하는 범위 값) 0.28 ~ 0.32값 적용

2) 회귀분석 기법을 통해 시각화 한 궤적에서 1,000개의 데이터 Set

* 데이터 set : 위도(y축), 경도(x축), 고도(z축) 분할 추출 (*.csv형식)

3) 2차원 또는 3차원 비행궤적 시각화 3) 미사일(비행체) 최고점 도달시 세부정도(비행거리 / 고도)를 활용하여, 지면과의 각도를 계산

* 미사일(비행체) 최고점 도달시 지면과의 각도를 활용한 탄종 분석 모형 구축 [결정변수(최고점에서의 지면과의 각도) / 설명변수 (최고점 도달시 비행거리, 고도, 속도, 전체 비행거리)]

4) 미사일(비행체) 비행궤적 (2차원 / 3차원) 도표 및 세부제원 (비행거리, 비행시간, 활용된 레이더 사이트, 최고점 도달시의 고도 /비행거리/지면과의 각도)를 활용한 보고서를 자동으로 출력

* 분석 및 보고서 출력시까지 소요시간 : 약 5초 내외

3. 미사일 (발사체) 비행궤적 및 분석정보를 활용한 원점 추정

1) 미사일(발사체) 발사원점 추정을 위해서 2개의 모형으로 재구성

* 모형 : Lowess 또는 Loess 분석모형

** 2개의 모형으로 분리하는 이유 : 미사일(항공기) 비행궤적은 지구자전의 영향으로 설명변수(위도 / 경도) 간 교호작용이 존재함

가) 모형 1 : 결정변수(비행고도) / 설명변수(위도)

나) 모형 2 : 결정변수(비행고도) / 설명변수(경도)

2) 발사원점으로 추정되는 지역의 평균해수면고도(Mean Sea Level)으로 추정되는 위도/경도 값을 각각 계산

* 예 : 발사원점 추정지역의 평균해수면 고도가 110m 일때, 위도 N36.23215 / 경도 E123.215424로 추정값 계산

[위도/경도 : WGS84 좌표모형의 DD(Degree Decimal) model로 표현]

4. 실제 레이더를 통해서 수신한 미사일(발사체) 자료를 통한 발사원점 시각화 및 1차 추정

1) 미사일(발사체)의 위/경도 자료 집합(Package)을 시각화(Plot)

* X 축 : 레이더에서 포착한 미사일(발사체) 자료의 위도 값

** Y축 : 레이더에서 포착한 미사일(발사체) 자료의 경도 값

2) 시각화(Plot)한 자료를 활용해서, 미사일(발사체) 진행경로(HDG)가 변경되기 前까지의 위도/경도 값을 활용한 1원 선형회귀분석 모형 구축 (Simple Linear Regression Model)

* 위도(결정변수)/경도(설명변수)

5. "3번" 단계에서 Lowess 또는 Loess 회귀분석(Regression Analysis) 모형을 통해

추정한 위도/경도 값을 활용하여 미사일(비행체) 원점 추정

1) Lowess 또는 Loess 모형을 활용하여, 원점추정지역의 평균해수면 고도에 해당하는 위도 / 경도 추정값을 각각 계산

2) "다" 단계에서 구축한 1원 선형회귀분석(Simple Linear Regression) 모형의 회귀선을 활용하여 2개의 좌표값을 획득

* 실제 레이더의 미사일(비행체) 자료의 위도(결정변수)/경도(설명변수)를 활용하여 미사일(발사체)의 진행경로(HDG)이 변경되기 전의 자료를 확인하고, 해당구간의 자료를 활용하여 구축한 1원 선형회귀분석 모형

** 1원 선형회귀분석 모형을 활용하여, Lowess 또는 Loess 모델을 통해 획득한 발사원점 추정지역의 위도/경도 값을 각각 활용

- Lowess 또는 Loess 모형에서 계산한 발사원점 추정 위도 값(y축 값) 입력

: 1원 선형회귀분석 모형을 통해 경도(x값: 경도) 값 계산 [추정좌표 1 : (X1, Y1)]

- Lowess 또는 Loess 모형에서 계산한 발사원점 추정 경도 값(x축 값) 입력

: 1원 선형회귀분석 모형을 통해 위도(y값: 위도) 값 계산 [추정좌표 2 : (X2, Y2)]

6. 미사일(비행체) 발사원점 추정

1) 실제 미사일 발사원점은 추정좌표 1 ~ 2 사이에 존재 함.

* 추정좌표 1 (X1, Y1) / 추정좌표 2 (X2, Y2)

2) 추정좌표 1 / 2 구간으로 원점을 추정할 수 밖에 없는 한계

* 실제 지구 중력의 영향으로 X/Y값 간 교호작용이 존재함에 따라 1개의 추정좌표 추정 불가

** 실제 원점은 추정좌표 1 ~ 추정좌표 2사이에 존재

*** 진행경로는 "다"에서 구축한 1원 선형회귀분석의 진행경로와 동일하다.

3) 미사일(비행체)의 이동경로에 해당하는 수치지형자료(GIS)와 레이더 자료를 결합하여

3차원의 시각화된 비행경로 자료 제공가능함.

7. 모형의 검증

1) 40개의 미사일(비행체) Sample 자료를 활용하여, 추정원점과 실제원점에 대한 오차를 측정하였음.

2) 추정오차는 290m ~ 1.8Km 이며, 기존의 무기체계를 활용한 원점추정결과 대비 정확도가 높았음.

8. 모형이 가지는 의의

1) 기존의 원점추정 방법은 인공위성을 통한 사진확인, 전파신호를 활용한 삼각 측정방법이 있으나, 탐지체계 구축, SW 구매 및 분석시간 소요의 애로가 있었음.

2) 해당 모형을 적용시 기존의 레이더 자료를 활용하여, 원점추정이 가능함.

* 40개의 샘플 테스트 결과 기존 탐지체계 대비 신뢰도가 높았음.

3) 원점 추정시의 평균해수면 고도 입력시, 비행체의 추정고도를 입력하여 응용시

레이더 불포착 구간에서의 항공기 위치(위도/경도) 및 고도를 추정이 가능하여

비행안전 (항공기 추락 또는 레이스 포착상실 상황 등)관련 안전조치가 선제적으로 가능함