**1. 데이터 정렬 및 재분류**

\* 레이다 출처 : 기상/항공기 관제/해안탐지레이다 등

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

[변화시 필요한 자료 : 포착한 미사일(항적)의 위도/경도, 고도, 속도, 이동방향(HDG), 포착한 레이다 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 : 레이다 데이터 set의 수신시간을 기준으로 정렬

**2. 레이다 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 추청시 사용하는 법위 값) 0.28 ~ 0.32값 적용

2) 휘귀분석 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, 전제 비행거리)]

4) 미사일(비행체) 비행궤적 (2차원 / 3차원) 도표 및 세부제원 (비행거리, 비행시간, 활용된 레이다 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 間 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 레이다를 통해서 수신한 미사일(발사체) 자료를 통한 발사원점 시각화 및 1차 추청**

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

\* X 축 : 레이다에서 포착한 미사일(발사체) 자료의 위도 값

\*\* Y축 : 레이다에서 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 레이다의 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 획극한 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 [추정좌료 2 : (X2, Y2)]

**6. 미사일(비행체) 발사원점 추정**

1) 실제 미사일 발사원점은 추정좌표 1 ~ 2 사이에 존재 함.

\* 추정좌표 1 (X1, Y1) / 추정좌료 2 (X2, Y2)

2) 추정좌료 1 / 2 구간으로 원점을 추정할 수 밖에 없는 한계

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

\*\* 실제 원점은 추정좌표 1 ~ 추정좌료 2사이에 존재

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

3) 미사일(비행체)의 이동경로에 해당하는 수치지형자료(GIS)와 레이다 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 레이다 자료를 활용하여, 원점추정이 가능함.

\* 40개의 샘플 테스트 결과 기존 탐지체계 대비 신뢰도가 높았음.

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

레이다 불포착 구간에서의 항공기 위치(위도/경도) 및 고도를 추청이 가능하여

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