

최종접근경로 과이탈 산출 알고리즘 개발

한성민*, 박배선, 이학태
인하대학교

Development of Final Approach Overshoot Calculation Algorithm

Seong-Min Han*, Bae-seon Park, Hak-Tae Lee

Key Words : 최종접근경로 과이탈(Final Approach Overshoot), 공항(Airport), 도착 활주로(Arrival Runway)

서론

International Air Transport Association(IATA)의 통계에 따르면 지난 5년간 비행 단계 중 착륙 단계에서 가장 많은 사고가 나는 것을 알 수 있다^[1]. 항공기가 착륙을 준비하는 단계에서 활주로의 중심선과 항공기 사이 거리가 멀어지면 비정상 착륙을 할 수 있고 이는 안전에 문제가 될 수 있다.

본 논문에서는 항공기가 착륙하는 과정에서 최종접근을 위해 정렬하는 과정에서 발생하는 과이탈 거리를 측정하는 알고리즘을 제시하고 2019년도 데이터를 통해 현황을 분석하였다.

본론

1. 최종접근경로 과이탈

본 논문에서 최종접근경로 과이탈(Final Approach Overshoot)이란 항공기가 착륙하는 과정에서 이상적인 궤적이 아니라 Fig 1과 같이 활주로 중심선을 넘어갔을 경우로 정의한다. 과이탈 거리는 활주로 연장선과 과이탈 항적의 최대 수직 거리로 정의한다.

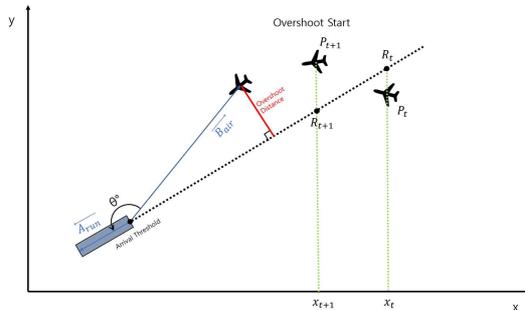


Fig. 1. Overshoot landing

2. 과이탈 측정

과이탈 거리는 threshold와 항적을 람베르트 정각원 추도법^[2]을 사용하여 투영한 후 계산하였다. 투영 기준은 투영 오차를 줄이기 위해 공항별로 다르게 설정하였으며 Table 1과 같다.

Table 1. Projection range by airport

| Airport | min Lat | max Lat | min Lon | max Lon |
|---------|---------|---------|----------|----------|
| RKPC | 33.496° | 33.518° | 126.464° | 126.507° |
| RKPK | 35.16° | 35.2° | 128.93° | 128.953° |
| RKSS | 37.54° | 37.58° | 126.769° | 126.82° |
| RKSI | 37.43° | 37.50° | 126.39° | 126.50° |

항적 데이터는 코로나로 인해 항공편이 줄어들기 전 2019년 데이터 1년 전체를 1초 단위로 보간하여 사용하였고, 식(1)을 이용하여 계산하였다.

$$D = \frac{\vec{B}_{air} \times \vec{A}_{run}}{|\vec{A}_{run}|} \quad (1)$$

\vec{A}_{run} 는 도착 threshold에서 반대 threshold까지의 벡터이며, \vec{B}_{air} 는 도착 Threshold에서 항적까지의 벡터, D 는 과이탈 거리이다.

3. 정확도 향상을 위한 구속조건

잘못된 도착 활주로 설정은 잘못된 과이탈 거리를 계산한다. 정확한 도착 활주로를 판별하기 위해 타임스텝(1초)마다 활주로별 수직 거리를 측정 후 수직 거리가 100m 이하인 스텝이 가장 많은 활주로를 도착 활주로로 설정하였다.

과이탈 시작 판별에도 조건이 필요하다. Fig 2는 제주공항 25 threshold(19년도 기준)에 착륙하는 항적이다. Fig 1에서 사용한 판별은 Fig 2의 경우들도 과이탈로 판별한다.

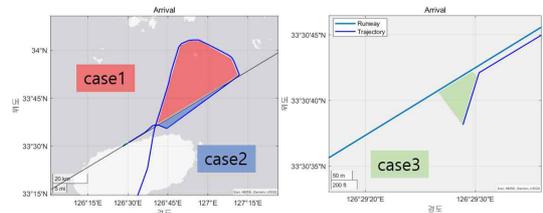


Fig. 2. Wrong overshoot case

Fig 2의 경우들을 제외하기 위해 Table 2의 조건들을 사용하였다. 조건 1과 2를 사용하여 항적의 범위를 설정하였고, 조건 3을 이용하여 시작점을 판별하였다.

Table 2. Constraint

| constraint | |
|------------|--------------------------------------|
| 1 | 도착 threshold로부터 항적이 12nmi이내에 있어야 한다. |
| 2 | 마지막 항적과 활주로 사이의 거리는 100m 이하이다. |
| 3 | 도착 threshold와 반대 방향으로 비행 시 과이탈이 아니다. |

Fig 3은 각각의 공항 활주로에 착륙할 때 발생하는 과이탈 거리가 500m - 1000m인 항적이다. 표시한 부분이 과이탈 측정 부분이다. 도착 활주와 과이탈 지점 판별이 잘 되었음을 확인하였다.

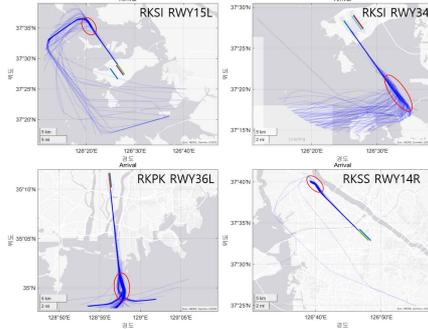


Fig. 3. Overshoot landing trajectory

4. 과이탈 결과

Table 3은 각 공항의 도착 항공기 수, 과이탈 거리 100m 이하 항공기 수, 과이탈 거리 100m 이상 항공기 수, 평균 과이탈 거리, 100m 초과 평균 과이탈 거리를 나타낸 것이다.

Table 3. Result of overshoot

| Airport | Number of Arrival | Under 100m | Over 100m | Average Overshoot(m) | |
|---------|-------------------|------------|-----------|----------------------|-----------|
| | | | | all | over 100m |
| RKPC | 87535 | 72209 | 4917 | 33.91 | 367.7519 |
| RKPK | 54602 | 48767 | 3272 | 28.51 | 288.3068 |
| RKSI | 197400 | 173699 | 3786 | 34.09 | 1361.625 |
| RKSS | 71565 | 56795 | 2034 | 29.60 | 703.7713 |

결과에서 대부분 항공기가 100m 이하의 과이탈 거리를 갖고, 평균적으로 50m 이내의 값을 보여준다. 다음은 분석 결과 나타난 몇 가지 특징적인 경우를 설명한다. 100m 이내는 정상이라고 간주하여 100m 이상의 경우만 표시하였다.

4.1. 인천공항 500m - 1000m 과이탈

Fig 4는 인천공항의 100m 초과 과이탈 분포를 보여준다. 모든 공항에서 500m - 1000m 사이의 과이탈이 다소 증가하는 경향을 보였으나 인천공항은 그 정도가 좀 더 두드러지는 것을 볼 수 있다. 원인에 대한 추가 분석이 필요하다.

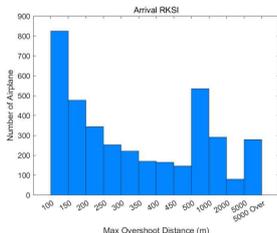


Fig. 4. Overshoot of RKSI

4.2. 제주공항 FSC vs LCC

Fig 5는 제주공항에 착륙하는 항공기의 과이탈을 Full Service Carrier(FSC)와 Low Cost Carrier(LCC)로 나누어 비교하였다. LCC에서 과이탈이 더 크게 일어남을 볼 수 있다.

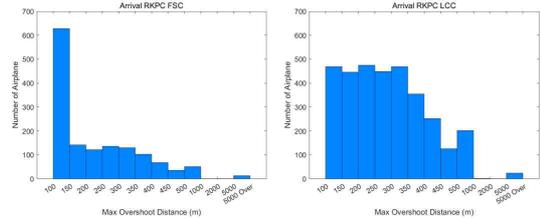


Fig. 5. Overshoot of RKPC by airline

4.3. 김포공항 RWY 32L/R vs RWY 14R

Fig 6은 김포공항의 과이탈을 threshold별로 비교한 것이다. 남쪽방향으로 접근할 때 과이탈이 더 크게 일어나는 경향성을 보여준다.

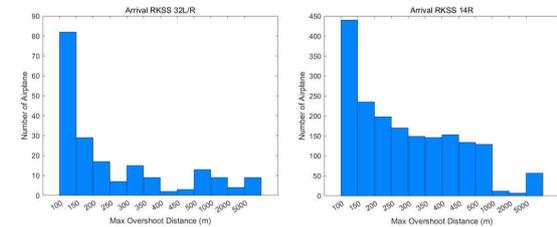


Fig. 6. Overshoot of RKSS
결론

본 논문에서는 항공기가 착륙하는 과정에서 발생하는 과이탈 거리를 측정하는 알고리즘을 제시하였고 2019년도 데이터를 통해 현황을 분석하였다.

인천공항은 500m - 1000m 사이의 과이탈이, 제주공항은 LCC의 과이탈이, 김포공항의 경우 남쪽방향으로 접근할 때 과이탈이 더 큰 경향을 보였다.

앞으로 탐지된 과이탈에 대해 원인을 분석하면 항공 안전에 도움이 될 것이라 예상된다.

후기

본 연구는 국토교통부의 '빅데이터 기반 항공안전관리 기술개발 및 플랫폼 구축 (22BDAS-C158275-03)' 연구의 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계 부처에 감사드립니다.

참고문헌

- 1) IATA, "2021 Safety Report," Ed. 58, 2022, pp. 50.
- 2) Snyder, J.P., Map Projections:A Working Manual, Professional Paper 1395, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C., 1987, pp. 104-110.