

### 트리 기반 복합 항공안전 이벤트 분석

박배선<sup>1\*</sup>, 한성민<sup>1</sup>, 이학태<sup>1</sup>, 변해윤<sup>2</sup>, 정현진<sup>2</sup>  
인하대학교<sup>1</sup>, 항공우주산학융합원<sup>2</sup>

### Tree-Based Analysis for Aviation Safety Events

Bae-Seon Park<sup>1\*</sup>, Seong-Min Han<sup>1</sup>, Hak-Tae Lee<sup>1</sup>, Haeyoon Byeon<sup>2</sup>, Hyun-Jin Jung<sup>2</sup>

**Key Words** : Aviation Safety Events, Complex Events, Event Tree Analysis

### 서론

항공기 운항 과정에는 다양한 이벤트가 발생한다. 이러한 이벤트들은 심각성과 중요도에 따라 관리되며, 우리나라의 경우 사고, 준사고, 항공안전장애와 같이 발생 시 사고로 이어질 수 있는 이벤트들을 항공안전성과지표를 통해 관리하고 있다<sup>(1)</sup>.

현재까지 항공안전 이벤트의 발생 원인을 분석하고 예측하기 위한 연구들이 꾸준히 수행되어 왔으나, 대부분 항공기 상태, 조종 입력 등 상세한 파라미터에 치중하였다<sup>(2,3)</sup>.

본 논문은 항공안전성과지표에서 관리되고 있지 않지만, 안전하다고 볼 수 없는 이벤트들을 선정하여 그 발생 여부를 탐지한다. 또한, 탐지된 이벤트의 복합적 발생을 분석하고 탐지된 이벤트 간 선후관계를 기반으로 발생 확률을 확인하고자 한다<sup>(4)</sup>.

### 본론

#### 1. 이벤트 정의

항공안전 이벤트는 그 특성을 기준으로 Figure 1과 같이 재정의될 수 있다. Figure 1 (a)는 단일 이벤트를 상세 분류한 것을 보여준다. 먼저 발생 간격(Gap)을 기준으로 이벤트 발생을 구분할 수 있으며, 이후 지속 시간(Duration)을 기준으로 단기 지속 이벤트(Short-continuous event), 장기 지속 이벤트(Long-continuous event)로 분류할 수 있다. 지속 시간이 0인 경우, 순간적으로 발생한 일시적 이벤트(Instant event)로 정의한다.

이벤트가 연달아 발생할 경우 이는 연속적 이벤트(Sequential event)로 정의된다. 서로 다른 종류의 이벤트가 동일한 시간대에 발생하거나 지속 시간이 겹치는 경우, 해당 이벤트들은 복합 이벤트 (Complex events)로 분류할 수 있다.

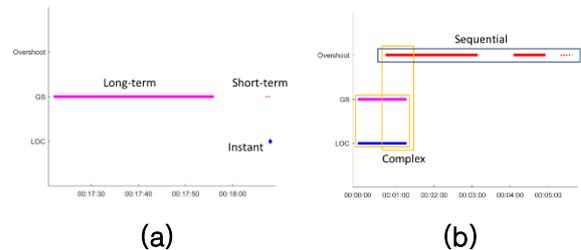


Fig. 1. Event classification examples

#### 2. 이벤트 탐지 및 분류

본 연구에서는 2019년 제주공항 활주로 25 방향으로 착륙한 항공기를 대상으로 최종접근경로 과이탈(Final approach overshoot), 수평 및 수직 불안정 접근(Localizer or Glideslope deviations)을 탐지하였으며, 총 36,244편 중 20,471편이 이벤트가 탐지되었다.

과이탈의 경우 활주로로부터 7~14 nmi 범위에서 탐지되었으며, 불안정 접근은 활주로로부터 5.34 nmi 이내 범위에서 탐지되었다. 과이탈과 불안정 접근의 탐지 범위가 다르기 때문에, 복합 이벤트는 Figure 2와 같이 수평&수직 불안정 접근만 존재한다.

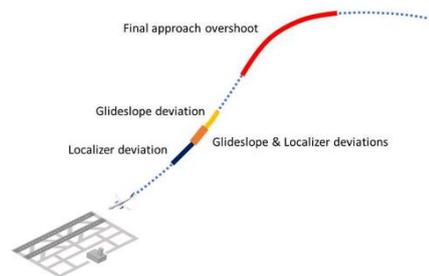


Fig. 2. Event detections in approach phase

이벤트의 발생 간격 기준은 모두 10초로 동일하며, 지속시간 기준은 과이탈(FO) 30초, 수평 불안정 접근(LOC) 10초, 수직 불안정 접근(GS) 50초, 수평&수직 불안정 접근(GS&LOC) 10초로 각각 설정하였다.

### 3. 이벤트 트리

항공편 별로 탐지 및 분류된 이벤트를 시간순으로 나열해 이벤트 시퀀스(Event sequence)로 구성하고, 맨 처음 발생한 루트 이벤트(Root event)가 동일한 시퀀스들을 통합하여 이벤트 트리(Event tree)를 구성하였다. 이때, 하나의 이벤트가 한 번만 발생하는 경우는 이벤트 트리에서 제외하였다.

총 12개의 이벤트 트리가 구성되었으며, 각 트리는 일시적, 단기 지속, 장기 지속 이벤트로 분류된 FO, LOC, GS, GS&LOC를 루트 이벤트로 가진다.

Figures 4, 5는 12개의 트리 중 일시적 FO, 장기 지속 LOC로부터 파생된 이벤트를 보여준다.

Figure 4의 이벤트 트리는 총 4단계로, 이는 초기 이벤트가 발생한 이후 3번의 추가적인 이벤트가 발생하였음을 의미한다. 또한 총 51편에서 일시적 FO가 발생한 뒤, 약 53%인 27편이 이벤트가 2단계로 이어진 것을 볼 수 있다.

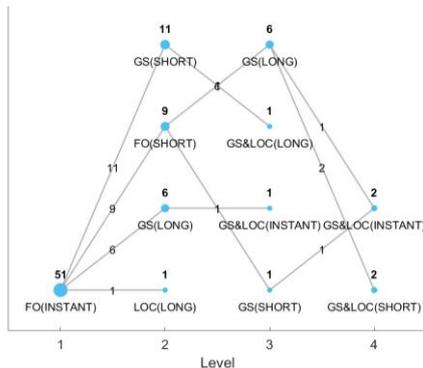


Fig. 4. Event tree from instant final overshoot

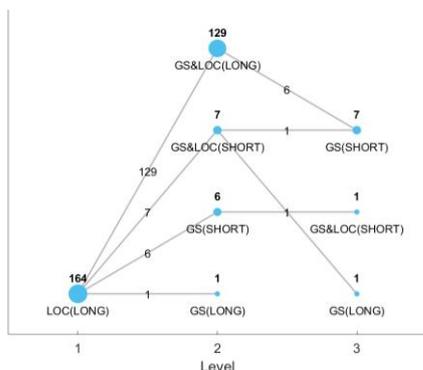


Fig. 5. Event tree from long localizer deviation

2단계의 경우 총 27편 중 약 63%의 항공편에서 GS가 탐지되었고, 이후 LOC와 동시에 발생하였으나 추가적인 이벤트는 없다. 그러나 FO가 2단계에서도 이어진 경우, 4단계까지 이벤트가 지속적으로 탐지된 것을 확인할 수 있다. 이는 FO 발생이 지속될수록 이후 이벤트가 추가적으로 발생할 가능성이 높다고 판단할 수 있다.

### 결론

본 논문은 항공기 접근 구간에서 탐지된 항공안전 이벤트 간의 복합 발생을 판별하고, 트리 구조를 활용하여 그 발생 추이를 분석하였다. 또한 이벤트 발생 빈도에 기반하여 선후관계에 따른 이벤트 발생 확률을 확인하였다.

향후 이벤트 트리를 기반으로 한 이벤트 발생 확률 모델을 구성할 계획이며, 이를 기반으로 이벤트 발생 예측 연구를 수행할 예정이다.

### 후기

본 연구는 국토교통부의 ‘빅데이터 기반 항공안전관리 기술개발 및 플랫폼 구축 (RS-2020-KA158275)’ 연구의 지원에 의하여 이루어진 연구로, 관계 부처에 감사드립니다.

### 참고문헌

- 1) [www.kiasr.or.kr/kasdac/sub03\\_01.do](http://www.kiasr.or.kr/kasdac/sub03_01.do)
- 2) Matthews, B., Das, S. Bhaduri, K., Das, K., Martin, R., and Oza, N., "Discovering anomalous aviation safety events using scalable data mining algorithms," *Journal of Aerospace Information Systems*, Vol. 10, No.10, 2013, pp.467-475.
- 3) Han, J., Yang, J., Zhang, C., Wang, C., Shen, B., "Analysis of the Key Precursor Indicator Parameters of Runway Excursion Incidents Based on Density Clustering Algorithm," *2022 IEEE 4th International Conference on Civil Aviation Safety and Information Technology (ICCASIT)*, IEEE, 2022.
- 4) Park, B., Han, S., Lee, H., Lim, H., Byeon, H., and Jung, H., "Detection and Analysis of Aviation Safety Events Using Historic Flight Data," *2023 IEEE/AIAA 42th Digital Avionics Systems Conference (DASC)*, Barcelona, Spain, October 2023.