

# 항로/절차 추적 알고리즘을 이용한 2022년 인천국제공항 출발 절차 준수 여부 분석

황현수\*, 이석환, 박민균, 이학태  
인하대학교

## Analysis of Compliance with Departure Procedures at Incheon International Airport in 2022 Using a Flight Path/Procedures Tracking Algorithm

Hyeon Su Hwang\*, Seok Hwan Lee, Min Kyun Park, Hak Tae Lee

**Key Words** : Trajectory Data(항적 데이터), Incheon International Airport(인천국제공항), Standard Instrument Departure(출발 절차), Automatic Dependent Surveillance - Broadcast(ADS-B)

### 서론

규정된 항로 및 절차는 항공 교통 관리의 효율성과 안전을 보장하기 위해 설계되었지만, 운항 중 기상 및 교통 상황에 따라 준수하지 않는 경우가 존재한다. 이러한 상황이 빈번하게 발생한 경우 해당 지점의 항로 및 절차에 대한 재설계가 필요할 수도 있다. 따라서, 본 연구에서는 2022년도 항적 데이터를 이용하여 인천국제공항의 출발 절차 준수 여부를 분석하고 해당 절차의 교통 관리 효율에 대해 평가한다.

### 본론

#### 1. 항로/절차 추적 알고리즘

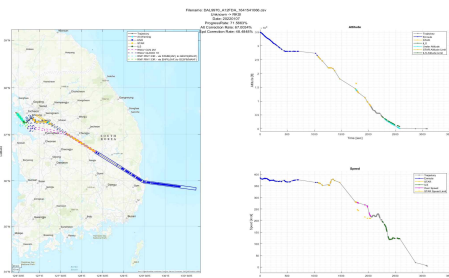


Fig. 1. Result of Flight Path Tracking

출발 절차 준수 여부 분석하기에 앞서 항공기들의 사용한 항로 및 절차를 추적하는 알고리즘을 개발하였다. 이를 사용하여 항공기들이 전체 항적별 대한민국 공역 운항 규정에 대한 준수율을 산출할 수 있다.

대한민국 항로 및 절차 데이터를 획득하기 위해, 국토교통부가 제공하는 항공정보간행물을 참조하여 데이터를 구조화<sup>(1)</sup>하였다. 이를 통해 항적 데이터 수신 날짜에 유효한 항로 및 절차 정보로 추적하였다.

해당 알고리즘은 박민균 등의 연구 결과<sup>(2)</sup>인 다각형 생성 방식을 사용했다. 이 방식은 입구와 출구의 교차점 좌표를 끝점으로 설정하여 사각형을 생성하고 데이터가 해당 사각형에 안에 존재하면 사용한 항로라고 판단하는 기법이다. 하지만, 이 기법만을 적용할 때 실제로 사용되지 않는 항로가 중복되어 선정되는 오류가 발생한다. 따라서, 항공기의 방향과 항로의 진입 각도

를 비교하는 알고리즘을 추가하였다. 그 후 사용한 절차를 선정하기 위해 이현웅 등의 연구 결과인 점수화 기법<sup>(3)</sup>을 적용하였다. 이를 적용하여 선정된 항로들 중 가장 많이 소속되어있는 절차를 사용한 것이라고 선정하였다.

Fig. 1.은 인천국제공항에 착륙하는 항공편의 항로 추적 알고리즘의 결과를 시각화한 것이다. 좌측 지도의 푸른색은 En-route, 황색은 도착 절차이며 녹색은 계기 착륙 시 사용하는 항로이다. 또한, 점선은 점수화를 통해 산출된 절차의 항로들이다. 또한, Fig. 1.의 우측 그래프를 통해 AIP에서 항로에 관한 규정된 고도 및 속도 준수 여부를 확인할 수 있다.

$$\eta = \frac{N_{Compliant}}{N_{Total}} \tag{1}$$

식(1)은 준수율에 해당하는 식이다.  $N_{Compliant}$ 는 규정을 준수한 데이터의 개수이며,  $N_{Total}$ 은 전체 항적 데이터 개수이다. 해당 항공편의 항로 및 절차 준수율은 71%이며, 고도 준수율은 67%, 속도 준수율은 48%이다.

#### 2. 인천국제공항 출발 절차 준수 여부 분석

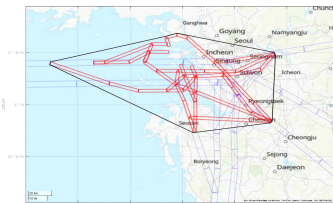


Fig. 2. Convex Hull of RKSI Departures

Automatic Dependent Surveillance - Broadcast (ADS-B) 수신기를 이용하여 수집한 항적 데이터 중에서 인천국제공항 출발 항공편에 해당하는 데이터를 선별하였다. 선별한 데이터는 10초 간격으로 보관하였으며, 인천국제공항의 출발절차 전체의 Convex Hull을 Fig. 2.와 같이 생성하여 내부에 속한 데이터만을 알고리즘에 적용하였다. 이 과정을 통해 총 66,390편의 항공편이 선별되었다.

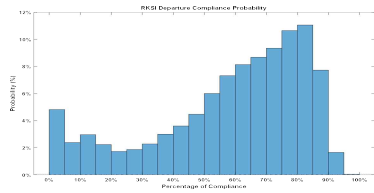


Fig. 3. Distribution of Compliance Rates for RCSI Departures

Fig. 3.는 해당 항공편들의 절차 준수율 분포이다. 이 결과를 바탕으로, 준수율이 작은 0-10%와 가장 분포가 큰 70-80%에 해당하는 항적들을 분석하였다.

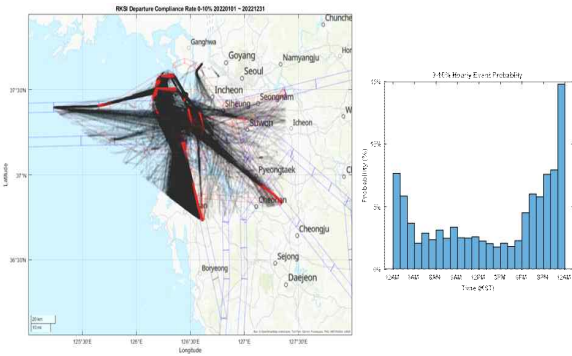


Fig. 4. Geographic and Time Distribution of Flights with 0-10% Compliance Rate

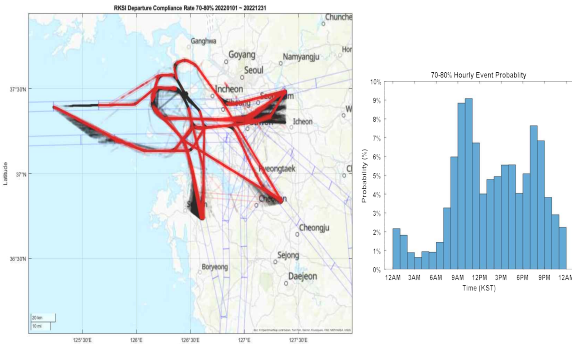


Fig. 5. Geographic and Time Distribution of Flights with 70-80% Compliance Rate

Fig. 4-5.의 좌측 그래프는 각자 준수율에 해당하는 항적을 중첩하여 시각화한 것이다. 붉은색은 출발 절차에 해당하며 흑색은 절차를 준수하지 않은 데이터이다. 준수율이 증가할수록 흑색 비율은 줄어들고 붉은색 비율이 증가하는 경향을 보여준다.

우측 그래프는 해당 항공편들의 데이터가 ADS-B에 수신된 첫 시간(KST)을 기준으로 한 분포도이다. 준수율 0-10%의 항공편들은 21시부터 다음날 3시 사이에 주로 분포해 있으며, 70-80%는 9시부터 높은 비율을 유지했다가 20시부터 감소한 경향을 보인다. 이는 시간대별 대한민국 공역 교통량에 연관 지을 수 있다. 강진혁 등의 연구 결과<sup>(4)</sup>에 의하면 대한민국 공역에서 10시부터 16시까지 대부분의 공역에서 교통량이 상한 가까이로 유지되는 것으로 나타났다. 이 결과를 바탕

으로 공역에 교통량이 적은 21시부터 3시까지는 절차를 준수하는 경향이 적고, 반면에 교통량이 많은 시간대인 9시부터 20시는 절차 및 절차를 준수하여 교통 흐름을 효과적으로 관리하는 것으로 추론할 수 있다.

교통량이 적은 시간대에 절차를 준수하지 않는 경향은 환경 보호 및 운항 시간 단축을 목적으로 한 조치일 가능성이 높다. 또한, 2022년에 국토교통부는 특정 조건에서 인천국제공항 출발 시 단축 절차를 시행하였다<sup>(5)</sup>. 이를 통해 준수율이 적은 항공편들은 국토교통부에서 시행한 단축 절차를 사용하여 운항한 것을 유추할 수 있다.

### 결론

본 연구는 항로 및 절차 추적 알고리즘을 통해 인천국제공항에서 출발한 항공편의 항로 및 절차 준수 여부를 분석하였다. 교통량이 적은 시간대는 교통 흐름 효율성과 연료 소모를 줄이기 위해 규정한 절차가 아닌 단축 절차를 사용하여 운항하였고, 비교적 교통량이 많은 시간대에는 규정된 절차를 준수하였다. 이 연구 결과는 절차 준수 분석을 통해 항공 교통의 흐름을 최적화하고, 항공 운항의 효율성과 안전성을 동시에 강화할 방법을 탐색하는 데 중요한 기여를 할 것으로 기대된다.

### 후기

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

### 참고문헌

- 1) Hwang, H., and Lee, H., "Introduction to AIP and Proposed Data Structure for Utilizing AIP," Proceeding of the 2022 KSAS Spring Conference, 2022, pp. 203-204.
- 2) Park, M., Lee, S., Hwang, H., Han, S., and Lee, H., "Analysis of Taxi Time Distribution between Runway and Gate Using Surface Movement Data of Gimhae International Airport," Proceeding of the 2023 KSAS Fall Conference, 2023, pp. 405-406.
- 3) Lee, H. (Hyeonwoong), and Lee, H. (Hak-Tae), "Extracting Flight Plans from Recorded ADS-B Trajectories," INTERNATIONAL JOURNAL OF AERONAUTICAL AND SPACE SCIENCES, 2022, doi:10.1007/s42405-022-00539-3.
- 4) Kang, J., Ryu, J., and Lee, H., "Analysis and Prediction of Aircraft Counts in Korean National Airspace Using Gaussian Mixture Model," Journal of the Korean Society for Aeronautical and Space Sciences, Vol. 52, No. 1, 2024, pp. 77-86.
- 5) Park, K., "Circled the Earth 96 Times Less with a Shortened International Flight Path.," Edaily, 2024-02-01, <https://www.edaily.co.kr/news/read?newsId=02378006638786256&mediaCodeNo=257>.