

Inductive Learning Machine을 이용한 항공기 사고 규칙 추출에 관한 연구

A Study on Aircraft Accidents Rules Classified by Inductive Learning Machine

전봉수*, 장대수(해군항공대)

1. 서론

이 연구는 항공기 사고를 분석하는데 있어 귀납적 학습 프로그램인 C5.0(J. Ross Quinlan)을 이용하여 항공기 사고 원인 요소들의 연관성 규칙을 찾아내기 위하여 수행되었다. 항공기 사고는 여러 가지 복합적 요소들이 서로 맞물려 발생한다. 주 요인은 인적 오류에 의해 발생되며 기존의 많은 연구를 통해 인적 오류에 관한 세부적인 분석이 이루어져 왔다. 그러나 다양한 사고 요소들의 통합적인 개연성 연구가 부족하여 인적 오류의 사고 대책을 도출하는데 있어 추상적인 수밖에 없었다. 본 연구에서는 데이터 마이닝 기법의 일종인 정보이론을 기반으로 한 귀납적 학습(Inductive Learning) 방법을 이용하여 사고 원인 요소간의 중요한 연관성을 찾아내고 알려지지 않은 암묵적 지식을 추출, 생성하기 위한 목적으로 수행되었다. 또한 날씨와 인적 오류간의 연결고리 구성분석(mapping)을 위한 추가 연구 과제를 제시하였다.

2. 본론

본 연구에 활용된 귀납적 학습 프로그램(Inductive Learning Machine)은 C5.0(J. Ross Quinlan)로서 특정 문제에 대한 사례집합을 대상으로 귀납(Induction)을 시도하여, 의사결정 트리(Decision Tree) 또는 그 문제에 대한 의사 결정을 도와주는 규칙을 자동적으로 생성하는 학습 방법으로 각 사례에 대한 속성과 속성 데이터를 통하여 규칙을 찾아내고 이러한 규칙을 기반으로 새로운 사례에 대한 예측을 가능하게 하는 학습 방법이다.

2.1 이론적 배경

C5.0은 Data Mining 소프트웨어의 하나로 실험의 우수성에 대한 평가를 위하여 정보이론(Information Theory)을 기반으로 한다. 이 이론은 가장 많은 정보를 내포하고 있는 속성 데이터를 찾아내어 특정 문제에 대한 사례집합에 대해 귀납(Induction)을 시도하여, 의사결정 트리(Decision Tree) 또는 그 문제에 대한 의사 결정을 도와주는 규칙을 자동적으로 생성한다. 즉, 데이터에 있는 불필요한 속성을 제거해주므로 사례 연구를 구조화할 수 있다. <그림 1>.

정보 획득 이론의 수학적 정의는 다음과 같다.

C_1, C_2, \dots, C_k 의 분류에 내포되어 있는 총 정보의 양

$$info(s) = - \sum_{i=1}^k \frac{count(c, s)}{|s|} \log_2 \left(\frac{count(c, s)}{|s|} \right)$$

A속성 데이터를 가진 n개의 부분 정보의 양

$$info_A(s) = \sum_{i=1}^n \frac{|s_i| info(s_i)}{|s|}$$

A속성에 대한 정보 획득

$$info_{gain}(S, A) = info(S) - info_A(S)$$

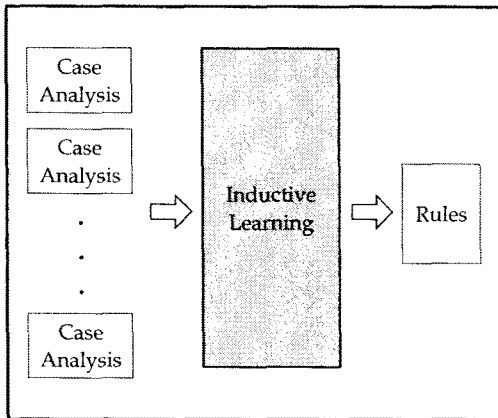
2.2 사례 분석

항공기 사고 사례는 미 교통안전위원회(NTSB)의 항공 사고 자료 분류를 통해 수집하였다. 분류 기준은 일반 항공운항 유형인 Part 91 General Aviation에 속한 고정익 항공기의 사고 사례 중, 사건 조사가 완료되었고 사고 가능성 원인이 명시된 사건 사례를 분류하여 각 사례에 대해 15가지의 분류 속성을 설정 및 그에 따

른 속성 데이터를 입력하여 총 78건의 사례를 만들었다.

C5.0 분석을 위한 데이터는 데이터의 속성을 정의하는 파일<표 1>과 각 사례별 속성 데이터를 가진 파일 2개의 기본 파일을 필요로 한다.

각 속성에는 그 속성의 특성 및 정도를 나타내는 몇 가지의 속성 데이터를 가지고 있으며 목표 속성(Target Attribute)을 설정함으로써 귀납적 학습 프로그램이 목표 속성에 대한 규칙을 생성할 수 있도록 하였다. 본 연구에서는 'Phase of Flight During First Occurrence'를 목표 속성으로 설정하여 이에 대한 사고 사례 규칙을 추출하였다.



<그림 1> 귀납적 학습에 의한 규칙 생성

2.3 사례 규칙 분석

분석 결과는 사고 사례에서 비행 단계에 영향력 있는 주요인을 보여주고 있다<표 2>. 각 단계별 주된 사고 요인을 구별하여 살펴보면 이륙 활주 단계에서는 활주로 위의 눈 및 진흙 등의 장애물이 주요 요인으로 조사되었으며 사례 조사 내용에서 비포장 활주로에서의 이륙 시도나 조종사의 이륙 전 활주로 상태 미확인 등, 조종사의 부주의로 인한 사고로 나타났다. 이륙 단계에서는 항공기가 구름에 진입하거나 구름을 회피하기 위한 기동 시 항공기 자세유지 및 속도 유지 실패로 인한 인적 요인을 유발한 사고가 발생하였다.

사고 조사에서는 접근 중 발생한 사고 사례가 가장 많았으며 사례 규칙 분석에 의한 주 사고 요인으로는 접근 중 연료 또는 Icing이 분석되었다. 대부분의 해당 사례에서 조종사의 비행 준비

단계에서의 부적절한 연료량 판단으로 인한 연료 고갈이 원인이었으며, Icing 또한 주 사고 요소로 분석되었으나 이 요인에 의한 사고 사례 빈도는 많지 않았다(2건).

착륙 및 착륙 활주 중 주 사고 요인으로는 장애물과 바람 요소가 분석되었다. 착륙 단계에서의 사고는 부적절한 접근각 및 강하율로 인한 장애물 충돌 및 타항적이나 비정상적인 상황에 대한 예상치 못한 기동 등이 조종사로 하여금 부적절한 판단을 유발시켰고 특히 주목할 만한 것은 이러한 사고 요인이 조종사의 조종기량(Skill)에 따라 결정되지 않는다는 것이다. 실제 사례 조사에서 ATP 자격을 갖춘 1만 시간 이상의 높은 수준의 경력을 가진 조종사들 또한 착륙 단계에서 여러 유형의 사고를 겪은 것으로 나타났다. 착륙 활주 중의 바람, 특히 측풍 요인은 항공기를 활주로로부터 이탈하게 하거나 전복되게 하는 주요 요인으로 분석되었다.

Rules	Phase of Flight During First Occurrence	Results
Rule 1	Approach	Fuel
Rule 2	Approach	Icing
Rule 3	Landing	Terrain
Rule 4	Landing	N/A
Rule 5	Landingroll	Wind
Rule 6	Takeoff	Cloud
Rule 7	Takeoffroll	Snow

[표 2] 추출된 사례 규칙

2.4 귀납적 학습에 의한 추가 연구의 필요성

위의 사례 규칙 분석 결과는 사고 사례에서 각 비행 단계별 주요 사고에 영향이 큰 환경적 요소가 무엇인지를 보여준다. 그러나 이러한 환경적 요소들은 간접적으로 인적 오류를 유도할 수 있다는 가정 하에 이 요인들을 원천적으로 통제할 수 있는 추가 연구를 필요로 한다.

비행 중 날씨와 관련된 환경적 요인으로 강수 현상이나 구름 등은 항공기를 조종하는 조종사에게 자세 인지 부조화, 긴장 유발, 조종기량 유지의 한계를 경험하게 한다. 그러나 이러한 현상에 대해 조종사 교육을 통한 방법이나 항공기 시스템의 기술적 발전을 통한 방법은 사고 예방에 있어 그 실효성이 낮은 것으로 평가되며 따라서 이

속 성		속성 데이터	비 고
Basic Weather Conditions	Meteorological Condition	VMC, IMC	·
	Condition of Light	Dawn, Day, Dusk, Night	·
	Other Factors	N/A, *Fuel, Cloud, Icing, Wind, Terrain, Snow	*기온에 따른 연료 응축 요인을 포함
·	Runway	Abnormal, N/A	·
·	Phase of Flight During First Occurrence	Taxi, Takeoff, Takeoffroll, Maneuvering, Cruise, Approach, Landing, Landingroll	·
Aircraft Information	Engine Type	Reciprocating, Turboprop, Turbofan	·
	Mechanical Problem	None, Occupant	·
Pilot Information	Certificate	CPL, PPL, ATP, Instructor, None	·
	Flight Hours	*B1000, 1000, 2000, 3000, **A3000	* 1000시간 미만 ** 3000시간 이상
	Skill	N/A, Low, Mid, High	·
	Instrument Rating	None, Airplane	·
	Pilot's Decision	N/A, Low, Mid, High	·
·	Controller Skill	N/A, Low, Mid	·
·	Aircraft Damage	None, Minor, Substantial, Destroyed	·
·	Most Critical Injury	None, Minor, Serious	·
Target Attribute		'Phase of Flight During First Occurrence'	

[표 1]

러한 인적 오류를 유발하는 요인들의 적극적 통제에 관한 추가 연구가 요구된다.

2.5 조종실 환경 제어

인적 오류의 주 원인 요소를 통제하기 위해 조종실 환경 제어(Cockpit Environment Control) 개념을 제시한다. 이는 외부 환경적 요인으로부터 인적 오류를 유발할 수 있는 가능 요인들을 통제하고 차단하는 방법을 말한다. 예를 들면 미항공안전위원회 통계자료(2003)는 날씨와 연관된 사고 중 바람이 51%, 시정 및 운고가 19.8%를 차지함을 분석하였는데(항공운항 유형별 주요 요인이 상이함) 본 연구에 활용된 귀납적 학습 틀에 해당 환경적 요인을 세분화하고 정량적 속성을 입력하여 Data Mining을 통해 분석하면 조종사 인적 오류를 유발하는 주요 요소에 대한 사례 규칙을 추출해 낼 수 있다. 이러한 분석 결과는 조종실 환경 제어의 기술적 통제 방법을 위한 추가 연구에 활용될 것이다.

3. 결론

이 연구는 기존의 추상적인 연구 방법의 문제점을 고려하여 각 사고 사례에서의 다양한 속성 중 비행 단계별 가장 큰 영향을 미치는 요소를 분석하였다. 위의 결과로서 7가지의 사례 규칙이 도출되었는데 일반운항 유형(General Aviation)의 비행 단계별 사고 예방을 위해 어떤 요인이 중요하게 고려되어야 할지를 보여주었다. 다양한 요인들 중 항공기 사고에 직접적인 요인이 되기도 하였으며 또는 인적 요인을 유발하는 간접적 요인이기도 하였다.

또한 본 연구는 귀납적 학습 방법을 이용하여 날씨와 연관된 사고에 대해, 이를 곧 인적 오류를 유발하는 요소로 가정하고 바람 및 시정 또는 요란 등 환경적 요인을 정량적으로 분석하여 인적 오류를 유발하는 주 요소를 추출하고 이를 원천적으로 통제하기 위한 추가 연구의 필요성을 제시하였다.

끝으로 사례 규칙은 평균 0.52의 낮은 신뢰도를 보여 새로운 사건에 대해 예측을 위한 규칙으

로 사용하기 어려우며 규칙을 일반화할 수 있는 신뢰도 높은 결과를 얻기 위해 더 많은 사례의 추가 입력이 요구된다.

참고문헌

- [1] 최연철, “인적오류의 세부적 분류와 실증분석에 관한 연구, 2002, p. 9~20.
- [2] 김정희, ‘Learning the Use of Discourse Markers in Tutorial Dialogue for an Intelligent Tutoring System’, 2000.
- [3] NTSB, ‘U.S. Air Carrier Operations Calendar Year 2001’, 2001
- [4] Terada Akira, Tokunaga Takenobu, ‘Automatic disabbreviation by using context information’, 2001.
- [5] NTSB, ‘Weather Related Accident Study’, 1994~2003.
- [6] NTSB, ‘Risk Factors Associated with Weather-Related General Aviation Accidents’, 2005.