

Article

특정 조건의 비행장에서 장애물제한규정 적용 사례연구

김도현*, 김웅이**

A Case Study on Application of Obstacle Limitation Criteria
for Specific Conditions of Airports

DoHyun Kim*, Woong Yi Kim**

Abstract

Obstacle defines all fixed and mobile objects, or parts thereof, that are located on an area intended for the surface movement of aircraft or extend above a defined surface intended to protect aircraft in flight or stand outside those defined surfaces and that have been assessed as being a hazard to air navigation.

The airspace around airports are maintained free from obstacles so as to permit the intended aeroplane operations at the airports to be conducted safely and to prevent the airports from becoming unusable by the growth of obstacles around the airports. This is achieved by establishing a series of obstacle limitation surfaces or airspace imaginary surfaces that define the limits to which objects may project into the airspace.

This is a case study that shows an application of obstacle limitation criteria, which must be maintained free from an critical obstacle, for specific conditions of two airports. For the purpose of the application, aeronautical studies/flight safety influence assessments were used to identify possible solutions and select a solution that is acceptable without degrading aviation safety.

Key Words : Obstacles limitation surface(장애물제한표면), Airspace imaginary surface(비행안전구역), Aeronautical Study(항공학적 검토), Flight Safety Influence Assessment(비행안전영향평가), staggered runway(엇 놓인 활주로)

1. 서 론

‘장애물’의 사전적 정의는 가로막아서 거치적 거리게 하는 사물을 말한다. 항공교통분야에서 사용되는 장애물은 ‘일시적 또는 영구적으로 고정되어 있거나, 이동성을 띠는 물체로, 항공기의 지상이동 경로 상에 위치한 물체 또는 비행 중인 항공기 보호를 목적으로 지정된 표면보다 높은

곳에 위치한 물체 또는 공중 항행에 장애가 될 것으로 판단되는 물체’를 의미한다[1][2].

비행장(또는 공항을 말함) 주변에는 이러한 장애물로부터 항공기의 안전운항을 보장하기 위해 주변에 장애물의 설치 등이 제한되는 표면을 설정하도록 규제하고 있는데 이를 장애물제한표면(Obstacle limitation surfaces) 또는 비행안전구역(Airspace imaginary surfaces)이라 한다[2].

국내 비행장에 적용되는 장애물제한표면으로는 수평표면, 원추표면, 진입표면, 내부진입표면, 전이표면, 내부전이표면 및 착륙복행표면이 있다. 특별히 군 비행장에는 장애물제한표면과 동일한 의미의 비행안전구역을 설정하게 되는데 작전기 지별로 상이하나 전체적으로 제1~6구역(장애제거구역, 접근경사표면, 접근수평표면, 전이표면, 내

Received : 22. Feb. 2016. Revised : 20. Jun. 2016.

Accepted : 28. Jun. 2016

* 한서대학교 항공교통물류학부 교수

** 한서대학교 항공교통물류학부 교수

연락처, E-mail : wykim@hanseo.ac.kr

충남 태안군 남면 곶섬로 한서대학교 태안비행장

부수평면, 원추표면)으로 나뉜다[3].

장애물제한기준 적용에 관한 연구는 꾸준히 진행되어 왔다. 민간항공에서는 항공학적 검토라는 형태로, 군에서는 비행안전영향평가라는 형태로 진행되었으며, 이는 특정 비행장이 처한 항공 안전을 저해할 소지가 있는 물리적 환경(장애물 등)에 대해 수용 가능한 위험수준인지 아닌지를 정량적 방법, 정성적 방법 또는 두 방법을 병행하여 관련 이해관계자들이 서로 납득할 수 있는 논리적 타당성 또는 합의점을 찾는 것이다.

본 연구는 2015년에 진행된 비행장 및 군 기지 주변 장애물에 대한 검토 사례를 보여주고자 한다. 하나는 민간 비행장에서 적용되는 장애물 제한표면에 관한 사례(항공학적 검토)이고 다른 하나는 군 기지에서 적용되는 비행안전구역에 관한 사례(비행안전영향평가)이다. 비록 특정 장애물들에 대한 다른 이름의 검토(또는 평가)이지만 궁극적으로 항공안전을 확보하기 위해 위험요소를 확인하고 수용 가능한 위험수준을 유지하면서도 그 위험요소를 제거하거나 줄이는 방법을 찾고자 하는 과정임[4]을 사례연구를 통해 확인하고자 한다.

2. 장애물제한표면 적용사례

2.1 사례비행장 기초자료

항공기 이·착륙을 포함한 비행장 상공 및 주변의 비행장구역에서는 항공법 제2조(정의) 제16호(장애물제한표면), 동법 시행령 제10조의2(장애물제한표면의 구분), 제16조(비행장의 설치기준), 동법 시행규칙 제4조(착륙대의 길이와 폭), 제9조(장애물제한표면의 설정기준) 및 제9조제1호와 관련한 [별표 7]에서 국제민간항공기구 부속서 14의 기준에 따른 비행장 장애물제한표면들을 규정하여 이 표면에 저촉되지 않도록 장애물을 규제하고 있다(<Fig 1> 참조)

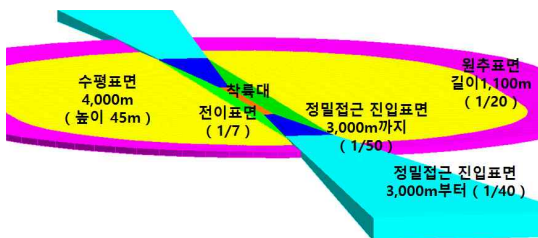


Fig. 1 General concept for obstacle limitation surfaces

첫 번째 사례 비행장은 대규모 국책개발계획의 일환으로 활주로 신설 부지가 계획된 공항이다. 이 공항은 현재 착륙대 A급 활주로(길이 2,550m이상)를 보유하고 있으나 공항운영에 대한 이해관계자간의 이견으로 추가활주로 1본을 현 활주로의 서측부지에 건설하고자 한다.

해당공항의 2004년~2013년간 운항횟수는 총 12,720회로 연평균 약 1,272회의 운항실적으로 보이고 있고, 특히 2009년 신규노선 취항으로 여객 수요가 증가하고 있다. 이 기간 동안 시각별, 계급별 시정(visibility)치 (총 관측시간: 87,635시간) 통계를 살펴보면, 시정치 800m미만의 낮은 시정 조건인 경우는 전체의 1.12%로, 하루 중 대부분(98.8%)은 시정치가 매우 양호한 상태에서 운항한 것을 조사 되었다.

바람성분은 풍속 5 노트 이하의 바람이 전체의 45.7%이고 사례비행장 활주로36방향의 풍향(320°~040°사이) 발생빈도는 28.5%, 활주로18방향(140°~220°사이)도 14.7%로 조사됨(Fig.2 참조)에 따라 항공기가 활주로 18-36을 이용하는 경우, 측풍허용치 20노트(knots)미만인 바람상태가 전체의 95.7%이기 때문에 항공기 안전운항에 문제가 없는 것으로 분석되었다.



자료 : Meteo-Mobile Aviation Weather
<http://www.aviador.es/Statistics/Wind/RKJK-9>

Fig. 2 Wind-rose data of the 1st case airport (2011~2014)

사례 공항의 물리적 특성을 살펴보면, 주 활주로 18-36은 길이 및 폭이 2,743m×45m급이고, 활주로 18방향은 진방위 169.04°이고 활주로36방향은 349.05°으로 조사되었다(Table 1 참조).

해당 공항은 군용 비행장으로 군사기지 및 군

사시설 보호법에 따라 비행안전구역이 적용되는 곳이며, 현재 비행안전구역에 저축되는 특이 장애물은 없는 것으로 분석되었다. 그러나 앞서 언급한 국책개발계획에 따른 국제선 민간항공의 취항을 위한 활주로 추가 신설이 진행될 경우, 현재 비행장 북서 측에 위치한 굴뚝 시설물(높이; 100m)이 향후 신설 활주로의 장애물제한표면에 저축될 것으로 예상된다.

Table 1. Physical characteristics of the 1st case airport's runway

구분	진방위	활주로 규격	활주로서단 위치	사단 표고
18	169.04°	2743×45m	355457.285N 1263646.818E	THR 5.27m
36	349.05°	2743×45m	355329.827N 1263707.629E	THR 8.21m

2.2 사례 공항 장애물 검토

제4차 국토종합계획 수정계획(2011~2020) 및 정부에서 진행하는 대규모 국책 개발계획에 기존 공항의 확장사업이 포함됨에 따라 해당 지자체는 국제선 취항을 위한 활주로용지 6.0km²에 현재의 활주로 규모와 동일한 활주로를 추가 설치할 추진하고자 타당성분석을 실시하였다.

현 활주로는 군사기지 및 군사시설 보호법(제10조 제1항 제2호)에 의거하여 비행안전구역 내에서는 건축물, 공작물 등 장애물의 설치행위 금지하고 있는데, 해당 산업단지는 현 비행안전구역에 의한 고도제한기준이 적용되며, 산업단지의 8,09km²(단지의 43.2%)정도가 제6구역에 해당되고 있다. 따라서 산업단지 개발계획 변경 및 실시계획 승인(2010.7.19)에 따라 현 고도제한에 부합하도록 지구단위계획(건축물 높이)이 수립·승인되었다.



Fig. 3 Critical obstacle vs airspace imaginary surfaces of the 1st case

해당공항은 현재 민간항공기가 취항하고 있으므로 국제민간항공기구 및 국내 항공법에서 정하는 규정도 적용되어야 한다. 초기 검토결과, 예정된 공항확장부지에 활주로는 건설될 경우 산업단지조성이 진행 중인 인접 산업단지에 장애물제한표면에 따른 고도제한은 불가피 할 것으로 예상된다. 특히 건설이 진행 중인 A기업의 사업계획(주요 장애물: 100m 높이의 4번 보일러 굴뚝)은 활주로를 어떻게 배치하느냐에 따라 고도제한에 따른 기 허가된 사업계획 추진에 영향이 있을 것으로 예상되었다.

3. 비행안전구역 적용사례

3.1 사례기지 기초자료

두 번째 검토사례 비행장은 군 회전익항공기를 운용할 수 있는 헬기전용작전기지이다. 해당 비행장은 790m×23m급 활주로 1본을 계획한 곳으로, 바람성분은 측풍범위(10노트) 적용시 활주로 14-32방향이 전체 바람의 97.27%를 차지하고 풍속 11노트 미만의 바람이 전체의 84.86%로 양호한 상태를 나타냄에 따라 활주로방향은 14-32로 설정되었다.

Table 2. Physical characteristics of the 2nd case airport's runway

구분	적용	추가설명
활주로	길이: 490+300=790m 폭: 23m	중단: 최대1.0%, 횡단: 1.0~1.5%
과주로	양방향 30.0m	폭: 38m
갓길	7.5m	횡단경사: 2.0~4.0%
횡측안전 구역	폭: 활주로 중심선에서 양쪽 40m 길이: 활주로 양끝에서 각각 30m	경사: 모든 방향으로 2.0~5.0%

헬기전용작전기지에 적용되는 비행안전구역은 제1구역(장애물저거구역), 제2구역(접근경사표면), 제3구역(전이표면)으로 구성된다.

Fig. 4에서 보는 바와 같이 제1구역은 활주로 중심선에서 양쪽 밖으로 각각 40m의 거리에 있는 직선과 활주로 양끝에서 밖으로 각각 30m의 거리에 있는 직선으로 이루어지는 직사각형 내의 구역을 말하고, 제2구역은 기본표면의 양쪽 짧은 변 바깥쪽에 연결된 구역으로서 제1구역 양끝의 폭 80m를 짧은 변으로 하고, 그 짧은 변으로부터 1,000m 떨어진 거리에 있는 480m의 평행선

(활주로 중심선의 연장선에서 양쪽 밖으로 각각 240m)을 긴 변으로 하여 이루어지는 사다리꼴형 내의 구역으로서 기본표면의 양쪽 짧은 변으로부터 바깥쪽 상부로 향하여 20분의 1의 경사도를 이루는 구역을 말한다.

제3구역은 기본표면의 양쪽 긴 변 바깥쪽에 연결한 구역으로서 기본표면의 긴 변을 짧은 변으로 하고 그 짧은 변으로부터 200m의 거리에 있는 평행선을 긴 변으로 하여 이루어지는 사다리꼴형 내의 구역으로서 기본표면의 양쪽 긴 변으로부터 바깥쪽 상부로 향하여 4분의 1의 경사도를 이루는 구역을 말한다.

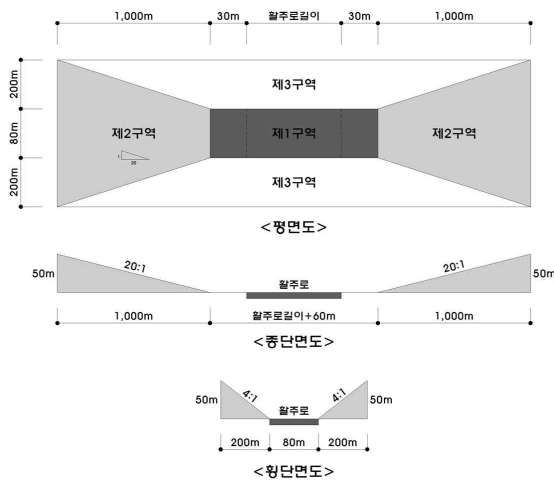


Fig. 4 Airspace imaginary surfaces: helicopter

3.2 사례기지 장애물 검토

계획 중인 사례 비행장은 예정 활주로 주변에 송전탑 및 송전선로가 통과하고 있다(<Fig 5> 참조). 해당 시설은 비행안전구역 기준에 저촉되지는 않으나, 송전탑 및 송전선로가 비행장주 상에 있으므로 헬기 운항측면에서 위험요소로 작용될 수 있는지에 대한 검토가 요청되었다.



Fig. 5 Traffic circuit and transmission line
사례2 비행장의 물리적 특성을 살펴보면, 활주

로14-32의 방향은 각각 139.19° 및 319.20°이고, 활주로14시단(표고; 10.62m) 및 32시단(표고; 9.94m)의 위치는 N355258.91, E1270042.42와 N355239.52, E1270103.00이다.

Table 3. Data of transmission tower

구분	좌표	해발고도(m)	시단에서 거리
#52	N355205.44, E1270145.82	55.4 (송전탑30+지표25.4)	1502.39m (4929.06ft)
#51	N355201.81, E1270137.05	55.4 (송전탑30+지표25.4)	1442.40m (4732.23ft)
#50	N355157.82, E1270125.80	59.8 (송전탑36+지표23.8)	1406.78m (4615.37ft)

Table 3은 비행장 주변 장애물의 물리적 특성을 보여주고 있다. 비행장과 교차하는 장애물은 51번과 52번 송전탑 사이의 송전선로로, 선로의 높이는 비록 송전탑의 높이 보다 낮으나 동일수준인 해발 55.4m로 가정한다.

4. 위험관리 결과

4.1 장애물제한표면 적용 결과

활주로방향이 평행하지 않을 경우, 활주로용량(capacity)은 평행하게 배치되고 일정 간격이상이격된 활주로용량에 비해 작으며[5], 비행기 이·착륙 시에도 상호 간섭의 위험요소가 존재하므로 신규 활주로는 기존 활주로와 평행하게 배치하는 것을 전제로 하였다.

공항확장부지 내에서 기존 활주로와 평행하게 1.3km 이상 이격시키는 경우, 앞서 언급한 100m 높이의 보일러 굴뚝이 장애물제한표면 중 수평표면 또는 원추표면을 침범하는 것으로 분석되었다. 또한 계획된 산업단지의 91% 이상이 장애물 제한표면에 의해 고도제한을 받게 된다.



Fig. 6 Critical obstacle vs obstacle limitation surfaces of the 1st case

해당 주요 장애물의 제한표면침범을 회피하기

위해서는 해당 비행장의 주 활주로방향과 평행으로 신규 활주로를 배치하되 활주로서단을 나란하지 아니한 방식(staggered)으로 이격시키는 방안[2]이다.

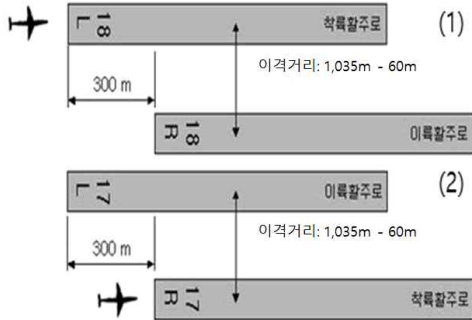


Fig. 7 Principle of staggered runways

계획된 신규 활주로는 계기활주로이다. 만일 두 활주로를 독립평행진입이 가능하도록 운용하고자 하는 경우는 활주로중심선간의 이격거리는 최소 1,035m를 확보[5]하여야 한다. 그러나 해당 비행장 운영주체는 동시에 독립적으로 계기접근 시설(Instrument Landing System; ILS)에 의한 접근절차의 운용하기 위해, 현 활주로와 중심선간 간격을 최소 4,300피트(1,311m) 이격[6]시킬 것을 요구하였다.

Table 4. Proposed runway layout

구분	좌표	비고	
기존 공항	활주로18 시단	355457.29N 1263646.82E	RWY18 : 169.04°T
	활주로36 시단	355329.83N 1263707.63E	RWY36 : 349.05°T
이설(안)	활주로18 시단	355407.79N 1263605.36E	시단위치를 서측 1,311m 이격 후 남측 1,300m 이동

현 비행장 운영주체의 요구에 따른 활주로 중심선간 간격을 유지하고 주요 장애물인 A기업의 굴뚝이 신규 활주로에 의한 장애물제한표면을 침범하지 않기 위해서는 활주로18시단 위치의 조정이 필요하다.

가장 현실적인 방안은 비행장확장예정부지의 남측 농업용지를 추가 활용하는 방안으로, 장애물제한표면 중 원추표면이 장애물 굴뚝으로 인해 침범되지 아니한 위치에 활주로를 이설하는 안이다(Table 4 참조). 구체적으로, 이 방안은 현 활주로18시단에서 256.04° 방향으로 1,311m 평행이동하고 다시 남측 169.04° 방향으로 1,300m 이동한 위치에 신규 활주로의 18시단을 위치시키는

것으로, 이 경우 활주로서단과 장애물간의 거리는 5,397.36m를 확보하여 해당 위치에서 원추표면을 침범하지 않게 된다.



Fig. 8 Obstacle limitation surfaces of staggered runway

4.2 비행안전구역 적용 결과

두 번째 사례공항의 관련 송전탑 및 송전선로는 헬기전용작전기지 비행안전구역 제2구역 밖에 위치하고 있으나 활주로 32를 이용하여 입출항하는 경우 비행장주 상에 위치하고 있다.

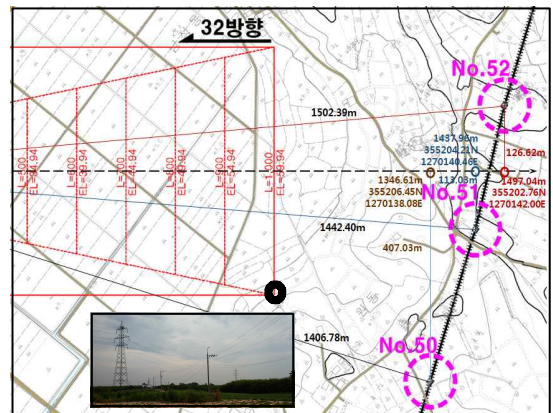


Fig. 9 Airspace imaginary surfaces and transmission line

제2구역은 활주로서단 30m지점에서 활주로연장선 방향으로 1,000m지점까지 좌우 20:1로 확장되는 사다리꼴 모양으로. 종료지점의 폭은 480m가 된다. 검토 대상인 송전탑(50번~52번) 및 송전선로는 해당 비행장의 비행안전구역(제2구역)으로부터 최소 350m(활주로32시단으로부터 1,400m 이상) 바깥쪽에 위치하고 있다(Fig. 9 참조).

해당 비행장 운영주체에서 예상하는 교통장주의 up-wind leg 및 final leg 길이는 2~2.5km이고, 군(육군규정 제323호)에서 규정하는 헬기운항

기상조건은 주·야간 시정이 최소 2마일(약 3.2km) 이상이므로, 비행장으로 접근하는 모든 헬기는 교통장주에 진입과 동시에 조종사는 활주로뿐만 아니라 관련 송전탑 및 송전선로의 위치를 시야로 확보할 수 있게 된다.

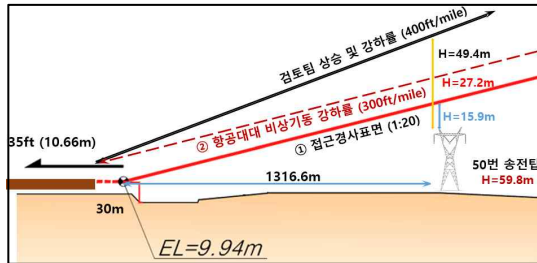


Fig. 10 Climb & descent rates for the 50th transmission tower

50번~52번 송전탑 및 송전선로 상의 장주를 비행하는 헬기의 예상항적 고도(국내·외 최적(최저) 기준 적용)는 제2구역의 접근경사표면 연장면 보다도 최소 49m 이상 높게 형성되는 것으로 분석되었다. 또한 비행장 운용주체에서 제시한 비상기동 강하률(300feet/mile)을 적용하는 경우에도 약 27m 이상의 장애물회피고도를 확보하는 것으로 확인되었다(Fig. 10 참조).

국내 군용 헬기사고 통계(1972~2008년)자료에 의하면, 인적 요인에 의한 사고가 57%, 물적 요인이 29%, 환경적 요인이 14%로 분석[7]되었고, FAA 2013년도 통계자료[8]에서는 장애물에 의한 사고가 32%를 차지하는 것으로 조사되었다. 따라서 해당 비행장의 비행안전구역 밖에 위치한 송전탑 및 송전선로가 헬기사고에 미칠 수 있는 확률적 기여수준은 최대 4.48%(환경적 요인 14% 중 장애물에 의한 사고 32%)로 추정할 수 있다.

또한 국내 군용 헬기사고의 경우 총 비행시간이 500~2,000시간인 조종사의 사고사례가 전체의 56%를 차지하고, 해당기종 비행시간도 500~1,000시간인 경우도 사고의 36%를 차지하는 바, 가장 두드러진 위험요소는 장애물에 의한 것임을 확인할 수 있다.

5. 결 론

본 사례연구는 민간 비행장과 군 기지 주변의 장애물에 대한 검토(또는 평가)로, 하나는 항공학적 검토라는 이름으로 다른 하나는 비행안전영향 평가라 불리는 위험평가사례이다. 이 모두 궁극

적으로는 항공안전을 확보하기 위해 위험프로파일을 확인하고 이를 평가하여 위험관리를 하고자 하는 것이다.

위험은 미래에 발생가능한 손실로, 주변에 늘 상존하고 있으며, 편익에 따르는 부산물이다. 이러한 위험은 위험요소별 위험수준을 평가하여 그 수준이 수용 가능한 것인지 아닌지를 정량적 또는 정성적으로 평가하지만 사안별로 적용방법이 상이하여 때로는 장기간의 설득과 논의의 과정이 필요하기도 하다.

본 연구는 수용할 수 있는 위험수준을 설정하고 논리적으로 설득해가는 과정을 보여주고 있다. 장애물제한표면과 관련된 첫 번째 사례는 인접한 활주로나 독립적으로 계기접근절차를 운용할 수 있으면서도 주요 장애물이 장애물제한표면을 침범하지 않도록 하기 위하여 엇 놓인 형태의 활주로 배치를 제안하였고, 비행안전구역과 관련된 두 번째 사례는 해당 구역 바깥쪽에 위치한 장애물에 대해 수용 가능한 위험수준임을 보여주고 조종사의 교육훈련 강화와 비행 전 장애물정보 제공 및 확인을 통한 위험완화방안을 제안하였다.

Reference

- 1) ICAO, "Annex 14-Aerodrome", 2015, pp.8.
- 2) Ministry of land, infrastructure and transport, "Standard for Aerodrome Physical Characteristics and Markings", 2014.
- 3) Ministry of National Defense, "Guideline protection for Airbase and its facilities", 2014.
- 4) DoHyun Kim, D. Shin, "A Study on Risk Frequency Estimation of Runway End Safety Area", KSAA Vol.18, No.3, 2010.
- 5) R.Horonjeff, "Planning & Design of Airports, 5th edition", McGraw-hill, 2010
- 6) FAA, "FAAO 7110.65W-Air Traffic Control", pp. PCG S-4, 2015
- 7) D.Kim, "A study of Flight Safety influence assessment apply on The military of Aviation(Helicopter) operation base", National Defense Univ., 2008.7.
- 8) Matt Rigsby, "2013 Accident Summary for U.S. Registered Rotorcraft", Airbus Helicopters Safety Seminar, 2014