

論文

균형성과표(BSC)를 통한 ADS-B 운영성과분석

김도현*, 류종현**

An Analysis of ADS-B Operational Performance by the Balanced Scorecard

Doh-Yeon. Kim*, Jong-Hyeon. Ryu**

Abstract

This study is to analyze the performance for ADS-B(Automatic Dependent Surveillance-Broadcast) operations by the Balanced Scorecard(BSC). It is also to collect the opinions of users(pilots, air traffic controllers and ground operators) relating ADS-B and to use the results as data about preparing political measures of aviation safety.

For these purpose, BSC model redesigned on 4 different points of view is used for measuring the performance of the ADS-B operation. The proposed perspectives are affairs effectiveness, user orientation, system orientation and the capacity.

As the results of this study, it is showed that the continuous development of ADS-B should be required and the users must be involved in the activities, additionally, the relevant authorities should try to be drawn the user-oriented results through the process,

Key Words : ADS-B(자동종속감시시스템), Surveillance(감시), CDTI(교통정보시현장비), TIS-B(교통정보업무방송), Radio Transmission(무선교신), Balanced Scorecard(균형성과표)

1. 서론

국제민간항공기구(International Civil Aviation Organization; ICAO)는 2005~2025년 기간 중 세계 GDP 연평균 성장률을 3.5%로 분석하고, 정기항공운송 여객수요의 증가를 연평균 4.6%로 전망하고 있다. 특히 아태지역과 중동지역이 2025년까지 연평균 5.8%로 최고의 증가율을 보일 것으로 전망하고 있다[1].

항공시장 역시 자유화와 다변화가 지속적으로 확산되어가는 가운데 저비용항공사의 부각, 새로운 유형의 항공기(초대형항공기부터 PAV 및 무

인항공기까지) 등장 등 삶의 질 향상 및 소비패턴의 변화에 맞춰 다양한 항공교통분야의 서비스 제공을 요구하고 있다. 이러한 항공교통의 증가 및 다변화는 기존의 시스템으로 그 요구조건을 충족할 수 없으며 가까운 미래에 항공교통량에 관계없이 대부분의 지역에서 항공기 지연(delay)은 물론 항공기 안전운항을 저해하게 될 것으로 예측된다.

국내 항공시장은 이미 지상기반 항행안전시설에 의존한 지역적 한계를 보이고 있고, 국토의 70%가 산악 지형으로 일부 지방공항의 경우 계기착륙시설(ILS)의 설치 및 운영조차 어려운 상황도 존재하며 군사적 요인으로 인한 공역 협소문제까지 겹쳐진 상황이기 때문에 국내 민간 항공기의 효율적인 운항을 위해서라도 대안 마련이 필요한 실정이다[2].

2000년에 들어 차세대위성항행시스템 중 감시시스템분야에서 고려되는 대안 중 하나가 자동종

2010년 11월 10일 접수~2010년 12월 20일 심사완료

* 한서대학교 항공교통관리학과 부교수

연락처, dhkim@hanseo.ac.kr

충남 태안군 남면 신온리 한서대학교 태안비행장

** 한서대학교 비행교육원 전임교수

속감시시스템(Automatic Dependent Surveillance-Broadcast; ADS-B)¹⁾이다. ADS-B는 다양하고 복잡한 CNS의 복합 기술 중 시스템 연동성이 가장 크며 국제민간항공기구를 비롯한 미국, 유럽 등에서 연구가 활발히 진행되고 있는 분야이다^[3]. 국내에서는 2006년도에 항공우주연구원을 중심으로 ADS-B 지상시험 및 비행시험이 국내 최초로 이루어졌고, 인천국제공항에서는 지상감시업무 지원용으로 지상 장비(Mosquito) 47대를 2008년 6월부터 운용 중에 있으며 2010년 9월부터 항로감시용 ADS-B 핵심기술개발 과제(4년)가 착수되어 진행 중에 있다.

본 연구는 2006년에 실시되었던 ADS-B 예비운용시험(Preliminary operational Test) 및 인천국제공항 지상감시지원을 위한 지상장비 운용에 참여한 경험을 지닌 조종사, 관제사, 지상 운용자(35명)를 대상으로 2010년 10월 11일~15일(5일간)에 걸쳐 설문조사를 통하여 ADS-B 운영성과를 분석하였다. 연구 방법론으로는 균형성과표(Balanced Score Card; BSC) 모형을 설계하여 여러 상이한 관점에서 ADS-B운용이 이용자들의 욕구를 얼마나 효과적이고 효율적으로 충족시켰는가를 측정함은 물론 이를 통하여 가시적인 성과뿐만 아니라 비가시적인 성과를 측정하고자 하였다. 또한 2008년 BSC 모형을 이용한 항행안전시스템 현대화사업에 대한 성과분석결과와 비교하여 시사점을 찾고, 다변화되고 있는 항공교통수요에 대응할 수 있는 관련 정책수립 및 대안 설정에 활용될 수 있기를 기대한다.

II. 국내 관련 연구고찰

2.1. ADS-B 시험 및 운용

2004년부터 산학연 관련 기관이 “차세대 위성 항행시스템 핵심기술 개발”이라는 연구과제로 ADS-B 기술개발에 대한 집중적인 연구를 시작하여 2006년 국내 최초로 ADS-B 예비운용시험(지상시험 및 비행시험)을 성공적으로 수행하였다. 당시 ADS-B 비행시험은 3대의 Cessna 항공기와 1대의 Euro star에 국내 개발된 DGPS 수신기와 선박용 AIS²⁾을 탑재하여 수행된 것으로 항공기와

항공기, 항공기와 지상 관제탑(한서대학교 태안 비행장) 사이에 식별부호, 위치정보, 고도정보 등의 감시정보를 VDL 모드 4로 상호 교환하여 CDTI에 시현하였다. 지상시험은 VDL Mode 4와 UAT³⁾ 기반의 ADS-B를 탑재한 항공기와 차량을 운영하여 지상국에 설치된 TIS-B⁴⁾ 응용 기능을 통해서 충돌 감지 및 경고 기능을 검증하였다^[4].

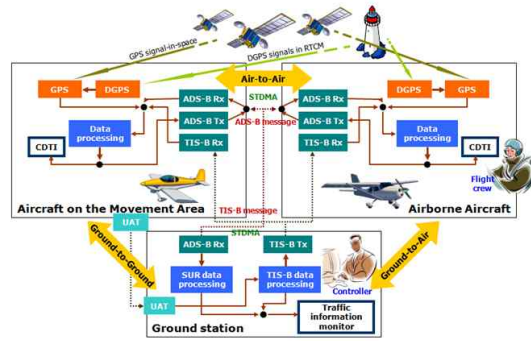


Fig. 1 ADS-B 예비운용시험 체계도

인천국제공항공사는 2008년 6월 차량용 ADS-B 송신기를 이용하여 지상감시업무를 지원하고 있다. 지상장비(Mosquito)는 이탈리아 Thales사 장비로 Fig. 2에서 보는 바와 같이 차량외부에 GPS 및 Mode S 안테나를 장착하고 차량내부에는 GPS 수신, Mode S 송신 및 정보처리 기능이 있는 장비를 탑재하여 운용 중에 있다.



Fig. 2 인천국제공항 ADS-B 지상장비

2.2 항행안전시스템 BSC 성과분석

항행안전시스템 현대화사업에 대한 성과분석연구^[6]는 국토해양부가 1990년 이후 항공교통의 안전 및 경제성 개선을 위해 지속적으로 진행해

1) ADS-B는 전용무선데이터링크를 통하여 항공기가 자신의 정보(현재 위치, 고도, 속도, 항공기 등급, call-sign 및 선회, 상승, 하강 등)를 지속적으로 방송하는 시스템을 말함.

2) Automatic Identification System(자동식별시스템)

3) VDL(VHF Data Link) mode 4와 UAT(Universal Access Transceiver)는 ADS-B 위치 정보(report)를 중계하기 위해 전 세계적으로 제안되고 있는 Link solution으로 UAT는 일반항공(General Aviation)용개발된 링크 장비임.

4) Traffic Information Services-Broadcast(교통정보업무 방송)

은 항행안전시설 확충 및 현대화 사업의 성과를 분석한 연구로, 조사의 대상이 되는 항행안전시스템은 레이더, 계기착륙시설(ILS), 전방향표지시설(VOR), 비행검사관련 시설 및 기상시설(AMOS)이다.

연구기법은 공공부문 균형성과표 모형을 업무효과성 관점, 이용자 관점, 시스템 관점, 시스템역량 관점으로 재설계하여 성과를 분석하였고, 연구결과, 조종사, 관제사 및 시설운용자 모두 항행안전시스템 현대화사업에 긍정적 성과(5점 만점에 3.95점)가 있다고 평가하였다. 분석관점별로는 업무효과성 관점(4.11)이 가장 높게 나타난 반면, 시스템 역량관점(3.92)이 상대적으로 가장 낮게 평가 받았는데 그 이유로 항행안전시스템의 현대화사업이 장차 기존의 시스템에서 차세대위성항행시스템 또는 미래지향적 시스템으로 개선되리라는 전망과 더불어 이러한 신기술 및 향상된 기술 추가시 신속한 대체가 가능해야 한다는 우려가 반영된 것으로 분석하고 있다.

III. ADS-B 성과분석

3.1 균형성과표 접근방법

균형성과표 모형은 David P. Kaplan과 Robert S. Norton에 의해 개발된 기법으로, 이 기법은 전통적 경영관리가 과거지향적인 후행지표 즉, 재무적 측정지표에 편중되어 기업의 미래 비전이나 재무적 가치창출을 위해 현재 또는 미래에 취해야 할 적절한 지침을 제공하지 못하는 문제점을 보완하고 비재무적 정보를 측정할 수 있는 성과지표로 활용하기 위한 방법이다[7].

Table. 1에서는 공공부문과 기업부문의 전략상 주요 관점을 비교하고 있는데, 기업부문에 초점을 둔 성과측정기법인 균형성과표를 공공부문에 적용시, 평가의 목표 및 각 관점별 측정지표의 수정 및 보완이 필요함을 시사하고 있다.

본 연구는 균형성과표 모형 중 두 가지 모형을 기본으로 하고 있다. 하나는 Eickelmann의 모형으로, Eickelmann은 균형성과표 모형에 조직의 역량을 측정하는 소프트웨어 성숙도 모형과 제품의 관리방법인 ISO-9126을 통합·적용한 모형을 제시하고 있다[8]. 또 다른 모형은 공공부문 정보시스템 성능평가를 위한 BSC 모형으로 ‘한국전산원에서 2001년 발간한 공공부문 정보화사업 평가를 위한 BSC 모형’이다.

Table. 1 공공부문과 기업부문의 전략비교

전략특성	기업부문	공공부문
전략목표	경쟁력	업무달성의 효과성
재무적 목표	이윤, 성장, 시장점유율	비용감소, 효율성
가치	혁신, 창조, 신용도, 인지도	공공의무, 성실, 공정
바람직한 성과	고객만족	고객만족
이해관계자	주주, 소유주, 사장	납제자, 감사인, 입법자
예산우선순위 결정요인	고객요구	지도자, 입법자, 기획인력
비밀의 정당성	지적자산 및 독점지식 보호	국가안보보장
주요성공요인	성장률, 매출액, 시장점유율, 유일성, 첨단기술	우수관리사례, 일률성, 규모의 경제, 표준화 기술

자료 : Paul Arveson, Translating Performance Metrics from the Private to the Public Sector, 1999

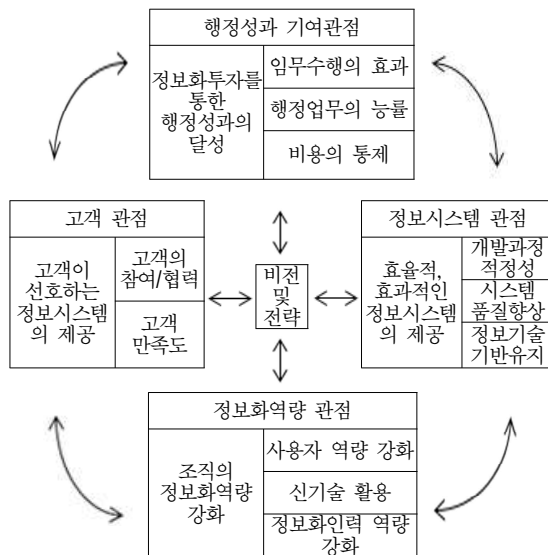


Fig. 3 공공부문 정보화사업평가 BSC모형

이 모형에서는 정보화사업의 성과를 행정성과 기여관점, 고객관점, 정보화시스템 관점과 정보화 역량 관점으로 구분하여 측정하였다.(Fig. 3참조)

3.2 BSC 기본모형설계

Fig. 4는 ADS-B운용성과를 분석하기 위한 균형성과표 모형을 제시하고 있다. 이 BSC 모형은 ADS-B 운용성과를 업무효과성관점, 이용자관점, 시스템관점과 시스템역량 관점으로 구분하여 측정하기 위하여 설계되었다.

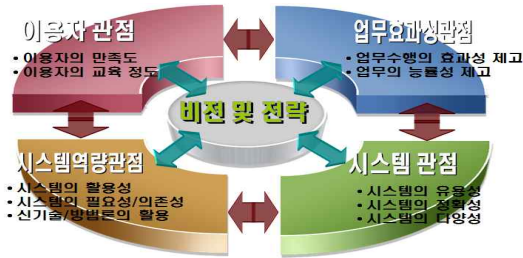


Fig. 4 ADS-B 운영성과분석 BSC모형

3.2.1 업무효과성 관점

업무효과성 관점은 ADS-B 운용목표의 달성 정도를 평가한다. 항행안전시설의 존재가치는 그 시스템이 속한 기관이 설정한 목표를 달성하도록 효과적이고 효율적으로 지원해 주는 것이다. 따라서 기술적인 면에서 ADS-B가 효율적이고 효과적으로 운영·관리 되더라도 결과적으로 제반업무에 어려움을 주는 경우에는 해당 시스템을 유지할 이유가 없게 된다.

본 연구에서 업무효과성 관점은 업무수행의 효과성 제고, 업무의 능률성 제고 등 두 가지 목표를 설정하였다(시스템 운용자의 경우, 비용절감 효과를 추가함). 첫 목표는 관련 기관이 고유의 임무를 수행하는데 ADS-B 운용이 결과가 얼마나 기여하였는가를 측정하고, 두번째 목표는 ADS-B 운용을 통하여 업무가 얼마나 능률적으로 수행되는가를 나타낸다(Table. 2 참조).

Table. 2 업무효과성관점의 목표 및 측정지표

목 표	측정 지표
업무수행 효과성 제고	-업무수행의 기여도 -업무수행의 효율성
업무 능률성 제고	-업무의 능률성 -업무절차의 향상
비용 통제	-비용절감의 효과

3.2.2 이용자 관점

이용자 관점은 기존 시스템에 비해 향상된 기술인 ADS-B 이용자가 원하는 서비스를 제공받고 있는지를 평가하기 위한 것이다. 이용자는 ADS-B 운용환경에 영향을 받게 될 관계사뿐만 아니라 이러한 시스템을 이용하여 정보를 얻게 되는 조종사 및 차량운용자도 포함되어지며 시스템 자체를 운용하는 시스템운용자 역시 이용자가 될 수 있다.

Table. 3 이용자관점의 목표 및 측정지표

목 표	측정 지표
이용자 만족도	-정확성에 대한 만족도 -기능성에 대한 만족도 -편리성에 대한 만족도
이용자 교육/정보정도	-사전교육/정보제공 정도

이용자관점의 목표 및 측정지표는 ADS-B 운용에 따른 만족도를 측정할 수 있도록 설계되었다. 이용자관점의 목표는 첫째, 이용자 만족도에 대한 평가로, 측정지표는 ADS-B에 대한 각 만족의 정도를 측정하는 것이고 둘째, 이용자의 시스템 수용성을 평가하는 것으로, 해당 시스템에 대한 사전 정보 및 교육이 어느 정도 이루어졌는가에 주안점을 두고 있다(Table. 3 참조).

3.2.3 시스템 관점

이 관점은 ADS-B 운용의 직접적인 결과물인 감시시스템 자체에 대한 평가이다. 시스템관점의 목표는 Table. 4와 같이 제공되는 ADS-B 시스템 및 서비스의 질과 품질 수준 유지정도의 두 가지로 설정할 수 있다. 첫 번째 목표는 시스템 및 서비스의 질 향상으로 이는 시스템의 유용성, 안정성, 다양성 등으로 평가되고, 두 번째 목표는 서비스 품질수준 유지를 평가하는 것으로 주요 측정지표는 시스템의 장애복구 대응시의 신속성으로 설정하였다.

Table. 4 시스템관점의 목표 및 측정지표

목 표	측정 지표
시스템 및 서비스의 향상	-시스템의 유용성 -시스템의 안정성 및 가용성 -시스템 정보의 다양성
품질수준 유지	-시스템의 장애복구 신속성

3.2.4 시스템역량 관점

시스템역량 관점은 미래의 경쟁력 확보를 위해 ADS-B 운용이 지속적으로 유지되어야 하는지 그 역량에 대한 평가이다(시스템 운용자의 경우 운용자의 역량 강화를 고려한 시스템 교육 및 훈련에 대한 평가가 포함됨). 시스템역량의 관점에서는 시스템의 활용도, 필요성 및 교육/훈련 확대

등을 측정지표로 설정하였다.

Table. 5 시스템역량관점의 목표 및 측정지표

목 표	측정 지표
ADS-B 시스템 활용	-시스템의 활용도 -시스템의 필요성(의존성) -관련 기술 확보의 필요성
운용자의 역량 강화	-시스템 교육/훈련

IV. ADS-B운용 성과분석

4.1 균형성과표 분석결과

균형성과표 모형을 이용한 ADS-B운용 성과분석결과, 설문 대상인 조종사, 관제사 그리고 운전자(지상장비 및 시스템)의 전체 운용성과 평가치는 5점 만점에 평균 4.17로 분석되어, ADS-B운용에 대해 관련 참여자 모두 긍정적 성과가 있다고 평가하고 있음이 확인되었다.

Table. 6 ADS-B 운용성과분석 결과

성과평가 분석 관점				평균
업무 효과성	이용자	시스템	시스템 역량	
4.24	3.89	4.17	4.36	4.17

구체적으로 Table. 6에서 제시하는 바와 같이 ADS-B운용에 대한 성과평가 분석 관점별로 가장 높은 성과수치를 보이고 있는 것은 시스템역량 관점(평균; 4.36)이었다. 이와 같은 결과는 운용 참여자 대부분이 향후 ADS-B 활용도 및 필요성에 긍정적 평가를 내리고 있으며 특히 조종사(경항공기)의 경우 상황인식을 향상시키고, BRITE⁵⁾ 시설이 없는 관제탑에서 항공교통관제업무를 대체하여 회피기동(see and avoid)을 지원할 수 있는 시스템으로 높게 평가(4.49)하였고 관제사의 경우 관제통신량(Radio transmission)을 크게 줄일 수 있다는 점[9]에서 매우 긍정적으로 평가(4.36)하였다.

다음으로는 업무효과성 관점(평균; 4.24)으로, 조종사(4.41)와 관제사(4.28) 모두 항공기 운항 및 관제업무의 효율성을 향상시키고 업무절차를 개

선한다는 측면에서 높은 평가를 보였다.

시스템 관점의 경우, 특이한 점은 타 참여자에 비해 관제사(3.94)가 상대적으로 가장 낮게 평가하였다. 조종사(4.30)는 ADS-B 정보의 다양성과 유용성에 좋은 평가를 부여했으나, ADS-B의 예비운용시험 등에 참여한 관제사는 현재의 ADS-B 시스템의 안정성 및 장애복구 신속성에 신뢰를 갖지 못하는 것으로 조사되었고 기존 시스템(BRITE나 ASDE⁶⁾)의 안정성과 가용성에 보다 높은 신뢰를 보이는 것으로 분석되었다.

ADS-B 운용성과에 대한 균형성과표 분석에서 가장 낮은 평가를 받은 이용자 관점(3.89)의 경우 전체적으로 참여자 모두 ADS-B의 기능성과 편리성 지표를 다른 관점(시스템역량 및 시스템 관점)에 비해 상대적으로 낮게 평가하였는데 그 이유는 현 ADS-B 시스템에 대한 만족도가 아직은 충족할 만한 수준이 아닌 것으로 조사되었다. 또한 ADS-B의 예비운용시험 및 인천국제공항 지상감시 운용에서 ADS-B에 대한 사전교육과 정보의 제공이 있었으나 기존 시스템에 익숙한 참여자에게는 새로운 ADS-B 운용 시스템에 대한 기능성 및 편리성이 상대적으로 덜 인지되어 이와 같은 평가를 보인 것으로 분석되었다. 이처럼 이용자 관점이 상대적으로 낮은 성과평가를 받은 분석결과의 시사점은 현재 진행되고 있는 ADS-B 연구 개발 과제에 이용자가 직접 참여하고 의견을 제시하는 의견수렴의 과정이 필요하다고 판단되며 향후 이러한 과정을 통하여 이용자 중심의 결과가 도출되어야 할 것으로 판단된다.

4.2 이용자별 운용분석결과

ADS-B에 대한 이용자별 성과평가를 종합한 결과, 연구의 대상이용자인 조종사, 관제사, 운전자(차량 및 시스템)에 대한 전체 성과평가 수치는 5점 만점에 평균 4.12로 분석되었다. 따라서 ADS-B운용에 대해 관련이용자 모두 긍정적 성과가 있다고 평가하였고, 특히 조종사와 시스템 운용자들이 ADS-B운용에 대해 높이 평가하는 것으로 분석되었다.

구체적으로 Table. 7에서 보는 바와 같이 ADS-B운용 성과에 가장 높은 평가를 하고 있는 이용자는 조종사로 평균 4.29를 나타내고 있고 또한 이용자 관점을 제외한 3 가지 분석관점에서 모두 4.30이상의 수치를 보이고 있다. 다음으로 시스템 운영자(4.12), 관제사(4.10), 차량운전자

5) Bright Radar Indicator Tower Equipment(관제탑 레이더감시 장비)

6) Airport Surface Detection Equipment(비행장지상 감시장비)

(3.98)순으로 나타났다.

차량운용자의 ADS-B운용에 대한 성과평가 수치가 상대적으로 낮은 이유는 모든 항공기 및 지상지원 차량이 ADS-B 장비를 활용하는 것이 아니기 때문에 혼동을 유발할 수 있고 상대적으로 이용도가 낮으며, 기존 시스템(관제사에 의한 통제)에 익숙하여 ADS-B운용에 대한 편리성 및 효율성을 상대적으로 덜 인식하기 때문인 것으로 조사되었다.

Table 7. 이용자별 BSC 성과 분석결과

구 분	성과평가 분석 관점				평균	
	업무 효과성	이용자	시스템	시스템 역량		
조종사	4.41	3.98	4.30	4.49	4.29	
관제사	4.28	3.81	3.94	4.36	4.10	
운용자	차량	4.02	3.69	4.10	4.12	3.98
	Sys.	4.13	4.04	4.15	4.15	4.12
평 균	4.21	3.88	4.12	4.28	4.12	

V. 결론

차세대위성항행시스템(CNS/ATM)의 감시분야에서 가장 연구가 활발히 진행되고 있는 항목 중 하나가 ADS-B로, 국내와 같이 항공교통량이 증가하고 항공기 이용이 다변화하며, 지형적 여건, 공역협소문제 등으로 지연의 증가와 안전운항의 저해가 예상되는 환경에 대처할 수 있는 가능한 기술이다.

본 연구는 ADS-B운용에 대한 이해당사자(조종사, 관제사, 운용자)를 대상으로 균형성과표(BSC) 모형을 설계하여 여러 상이한 관점에서 ADS-B운용이 이용자들의 욕구를 얼마나 효과적이고 효율적으로 충족시켰는가를 측정하고자 하였다.

분석결과, 설문 대상인 조종사, 관제사 그리고 운용자(지상장비 및 시스템) 모두 ADS-B운용 성과에 대해 긍정적으로 평가하고 있음이 확인되었다. 이용자별로는 ADS-B운용에 조종사가 가장 높은 평가치를 부여하였고 다음으로 시스템운용자, 관제사, 차량운용자 순으로 나타났다.

균형성과표 모형에 의한 ADS-B운용성과 분석결과를 바탕으로 향후 정책방향을 제시한다면, 우선 지속적인 ADS-B 연구개발은 필요한 것으로 분석되었고 이러한 활동에 이용자가 직접 참여하여 의견을 제시하는 의견수렴 과정이 필요하며 이러한 과정을 통하여 이용자 중심의 결과를 도

출할 수 있도록 정책방향을 유지해야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

- [1] 국토해양부, “신 항공안전체제 구축을 위한 제1차 중장기항공안전종합계획”, 2010, pp.25
- [2] 남기욱 외, “항공용 위성항법기반기술개발”, 위탁과제2차년도보고서, 건설교통부, 2006.
- [3] 홍교영 외2, “비행시험을 통한 ADS-B 운영상의 효과에 관한 연구”, 한국항공항행학회지, 제11권 제2호, 2007
- [4] 한국과학기술원, “항로감시용 ADS-B 핵심기술개발기획 연구보고서”, 국토해양부, 2010. 1
- [5] 김도현, 홍교영, “Study on the influence of ADS-B operation via preliminary Test”, 14th ATRS conference, Porto, Portugal, 2010. 7
- [6] 김도현 외2, “항행안전시스템 현대화사업 만족도조사를 통한 성과분석”, 한국항공경영학회지 제6권 제1호, 2008
- [7] 한국전산원, “공공부문 정보화사업 평가를 위한 BSC 모형”, 정보통신부, 2001. 12
- [8] Nancy Eickelmann, “Integrating the BSC and Software Measurement Frameworks“, Information Technology Evaluation Methods and Management, IDEA Group Publishing, Hershey PA, 2001, pp. 240-252
- [9] 김도현 외2, “지상운영시험을 통한 ADS-B 효과에 관한 연구”, 한국항공운항학회지 제 15권 제2호, 2007