論文

K-WAIS와 비행훈련장치 평가를 활용한 비행적성 검사에 대한 퍼지모형 연구

김칠영*, 유병선*, 최승회**

A study on Fuzzy model for flight aptitude using K-WAIS and FTD test

Chil-young Kim*, Byeong-Seon Yoo*, Seung-hoe Choi**

ABSTRACT

In order to study the effect of K-WAIS and FTD on flight aptitude, which we utilize to sort out good pilot candidates among applicants, we adopted Fuzzy regression model and expressed the result of flight aptitude tests in Fuzzy number by using maximum/minimum values and mean values. The 7 aspects of K-WAIS were broken down into three similar groups: mathematical ability, visualization ability and organization ability. While mathematical ability and organization ability showed a positive relevance with the FTD test with respect to flight aptitude, visualization ability of K-WAIS showed a negative(-) relevance with flight aptitude, which presented an opposite result to the previous research. Thus, we are to increase the number of samples and do the research thereof in the near future.

Key Words : K-WAIS, Flight Training Device(비행훈련장치), Flight Aptitude(비행적성), Fuzzy Number(퍼지계수), Fuzzy Regression Mode(퍼지회귀모형), Mathematical Ability(수리능력), Visualization Ability(형상화능력), Organization Ability(조직화능력).

1. 서 론

1.1 배경과 목적

조종사를 선발하는 항공관련 기관 및 산업체는 군과 민을 불구하고 다양한 선발과정을 통하여 적격자를 선발하고 있다. 이러한 이유는 고가의 항공기를 전문적이고 경제적이며 안전하게 운영할 수 있는 우수한 자원을 선발하기 위함이다 [1][2].

항공기 사고의 대부분은 인적 요인에 의한 것으로 보고되고 있다. 조종사는 공중근무의 특성상 안전의식, 공간지각능력, 기동 능력, 순발력, 판단 능력, 주의분배 능력 및 침착성 등이 동시에 요구된다. 이러한 능력은 훈련을 통해 일부 양성되기도 하지만 적성 또는 고유의 능력을 보유하고 있지 않으면 적응 능력이 떨어질 수 있다 [3].

일반적으로 조종사에게 요구되는 능력과 특성은 건강한 신체를 기반으로 3차원 고속운동을 하는 항공기의 정확한 상황판단과 이에 따른 조종(반응)을 위하여 탁월한 감각(시각, 청각, 평형/운동감각 등)과 비행 중 비정상 환경 하에서의

2011년 8월 8일 접수 ~ 2011년 9월 21일 심사완료
* 한국항공대학교 항공운항학과 교수
** 한국항공대학교 인문자연학부 교양학과 교수
교신저자, E-mail : shchoi@kau.ac.kr
경기도 고양시 덕양구 항공대학로 76(화전동)

올바른 판단과 이를 극복하기 위한 건전한 정신 활동과 인성 및 정서적 안정이 필수적이며 아울러 첨단 장비를 이해하고 운영할 수 있는 지적 능력이 필요하다[4][18]. 이러한 운영 환경과 기재에 맞는 적성을 가진 인적 자원을 선발할 수 있는 비행적성 검사도구의 개발이 어느 때보다 필요하다고 판단되어 퍼지회귀모형을 이용하여 K-WAIS 검사와 비행훈련장치 검사가 비행적성에 미치는 영향을 조사하였다.

1.2 연구의 범위

우리나라 조종사 선발과정은 군과 민이 그 특성에 따라 다소 다르게 수행되지만 공통으로 수행되는 비행적성 지필검사와 비행훈련장치(Flight Training Device, FTD)/모의비행장치(Simulator)의 평가결과와 실제 비행적성과의 상관관계를 파악하여 적성검사도구의 유효성을 분석하고 앞으로 비행적성 관련된 도구의 개발방향과 보완을 추구하고자 하였다.

비행적성 지필검사는 군과 민이 유사한 내용과 형태로 사용하나 자료보안 등의 이유로 연구에 사용하는데 제한되어 비행적성과 관련된 요인들에 대한 평가와 측정이 가능한 K-WAIS 검사를 수행하여 비행훈련장치 검사 결과와 함께 비행적성을 비교 분석하였다[4]. 따라서 본 연구는 군과 민에서 사용되는 모든 지필검사가 비행적성에 미치는 영향을 동시에 진행하지 못 하였다.

2. 본 론

2.1 연구수행 절차 및 내용

2.1.1 개 요

비행적성 연구 대상으로는 K 대학교의 항공운항학과 학생들로서 평균비행시간이 30시간인 조종학생 15명을 대상으로 학생 개인 별로 K-WAIS 검사와 FTD 검사를 수행하였다. 비행적성을 분석하기 위해 비행 교육을 하기 전에 대상을 선정하는 경우 그 결과를 비교할 수 없어 이미 비행을 시작하여 적성을 평가할 수 있는 학생들을 선정하여 비행 적성과 성적을 우선하여 파악한 후 지필검사 결과와 비교 분석하였다. 그 이유는 비행 적성검사를 통하여 선발되어 기성 조종사로 성장한 조종자원에 대한 구체적인 비행 적성 판단자료가 구축되지 않은 현실을 고려하여, 현재 비행교육자원인 조종학생들을 대상으로 비행 적성 판단유는 한 검사와 비행성적과의 상관관계와 유의성을 비교 검토함으로써 향후 비행적성도구를 개발 시 참고자료로 이용하고자 하였다. K-WAIS와 FTD 검사 결과가 비행적성에 미치는 영향을 조사하였다. K-WAIS와 FTD 검사 결과를 정량적인 값으로 표현하기 위해서는 충분한 자료가 미치는. 그리고 비행적성의 평가 결과를 특정한 값인 실수로 표현하는 것보다는 일정한 범위로 나타내는 것이 현실에 더 부합할 수 있다. 따라서 자료의 수가 충분하지 못한 비행적성에 대한 연구에서 비행적성에 영향을 주는 변수를 문자적 혹은 정성적으로 표현하는 것이 필요하다. Zadeh(1965)는 정성적인 방법이나 문자적으로 구분된 변수를 수학적으로 표현하고 분석하기 위하여 퍼지수를 제안하였다[5].

본 연구에서는 비행적성의 결과를 일정한 범위를 이용하여 퍼지수로 표현하였고 문자적인 표현을 이용하여 K-WAIS와 FTD 검사 결과를 퍼지수로 표현하였다. K-WAIS와 FTD가 비행적성에 미치는 영향을 추정하기 위하여 퍼지회귀모형을 이용하였다.

2.1.2 K-WAIS 검사[1)]

K 대학교 학생생활 상담소의 상담심리 전문가 2명이 K-WAIS 검사 및 상담을 통하여 비행적성과 관련된 언어성의 일부와 동작성을 판단하였다. K-WAIS 검사의 세부내용은 숫자외우기, 산수문제, 빠진 곳 찾기, 차례 맞추기, 토막 짜기, 모양 맞추기, 바꿔 쓰기이다.

2.1.3 비행훈련장치(FTD) 검사

K 대학교의 비행훈련장치(Frasca-142)를 이용하여 교육진도에 맞추어 기본자세 계기비행(직선수평비행, 선회, 상승 및 강하)과 비정상자세 회복(Unusual Attitude Recovery) 비행과목을 국토해

1) K-WAIS 검사는 개인의 언어성 지능, 동작성 지능, 전체지능지수, 백분위, 표준측정오차범위를 나타내 준다. 예를 들면 언어성 지능 103, 동작성 지능 105, 전체 지능 105라고 한다면 이 개인의 지능 수준 범위는 보통 수준이며 백분위 63이다. 다시 말하면 100명 중 37위 정도에 해당한다고 보통 수준의 지능을 소유하고 있다고 본다. K-WAIS 검사는 선행연구(조종적성 진단모형 발전방향 연구. 공군사관학교)에서 검사항목 인자 별로 비행적성과 유의성을 나타내고 있어 비행적성 지필검사로서 활용 가능한 것으로서 판단되었다.

양부 항공종사자 실기시험위원 1명이 전담하여 평가하였다.

2.1.4 비행적성과 K-WAIS/FTD 검사결과

비행적성 점수는 비행교육 중인 조종학생들의 비행 적성 판단을 위한 검사와 비행성적을 종합한 점수 중 최솟값, 최댓값, 평균을 이용하여 삼각퍼지수로 표현하여 각 학생별로 적용하였다. 조종학생들 대상으로 조사된 비행적성과 K-WAIS 및 비행훈련장치 검사 결과는 다음 표 1과 같다.

표 1 비행적성과 K-WAIS/FTD 검사결과

학생	비행적성	FTD	K-WAIS						
			A	B	C	D	E	F	G
1	$(87.5,4.5)_T$	아주 좋음	14	15	11	14	15	15	16
2	$(89,4)_T$	아주 좋음	15	18	12	14	17	11	16
3	$(84.5,5.5)_T$	아주 좋음	13	18	13	14	18	14	13
4	$(89.5,4.5)_T$	아주 좋음	15	17	10	12	16	15	14
5	$(70,5)_T$	아주 좋음	9	10	10	14	15	15	10
6	$(76,4)_T$	아주 좋음	14	17	10	12	14	15	13
7	$(93,3)_T$	조금 좋음	14	15	12	10	12	15	16
8	$(70,5)_T$	좋음	13	15	9	12	13	14	17
9	$(69.5,6.5)_T$	보통	15	13	10	14	18	14	17
10	$(89.5,4.5)_T$	보통	10	14	9	12	13	15	16
11	$(80,5)_T$	조금 좋음	18	17	12	10	11	11	12
12	$(81.5,5.5)_T$	좋음	12	15	11	16	14	15	13
13	$(79,5)_T$	보통	13	15	12	12	13	14	15
14	$(89.5,4.5)_T$	좋음	14	13	9	13	13	13	9
15	$(89,5)_T$	좋음	15	14	9	14	14	15	16

o 참조(K-WAIS)

A(숫자 외우기), B(산수문제), C(빠진곳 찾기), D(차례 맞추기), E(토막짜기), F(모양 맞추기), G(바꿔 쓰기)

2.2 연구내용 분석 및 해석

2.2.1 퍼지이론

수학의 중요한 목적중 하나는 자연이나 사회에서 발생하는 현상을 수학적인 도구인 수, 혹은 수와 연관된 기호나 공리를 이용하여 수학적인 모형으로 표현하고, 주어진 모형을 이용하여 자연이나 사회현상을 설명하는 것이다. 자연적이나 사회적인 현상을 수학적인 문제로 모형화하는 과정에서 발생하는 문제는 불확실성(Uncertainty)이다. 불확실성에는 시간이 흘러가거나 실험을 통하여 불확실성이 해결되는 확률적인 불확실성과 실험이나 시간의 흐름과는 무관하게 정확하게 파악할 수 없는 퍼지적 불확실성이 있다. 확률적인 불확실성에 대한 연구는 활발히 진행되어, 많은 분야에서 응용되고 있다. Zadeh(1965)는 실험이나 시간과는 무관한 퍼지적 불확실성을 애매함(Ambiguity)과 모호함(Vaguenness)으로 설명하고, 애매하고 모호한 문장이나 정보들을 처리하기 위하여 필요한 시스템을 구현하기 위하여 퍼지이론을 소개하였다. 집합의 모호한 정도를 퍼지정도(Degree of Fuzziness)라 하고, 선택에 대한 불확실 정도를 퍼지측도(Fuzzy Measure)라 한다. 퍼지이론에서는 애매함과 모호함을 퍼지정도과 퍼지측도를 이용하여 정량적으로 표현하고, 정량적으로 표현된 자료를 기초로 하여 추론, 평가, 의사결정 등을 처리한다[5,6].

퍼지이론에서 애매함과 모호함을 표현하기위해 퍼지집합과 퍼지수, 그리고 퍼지수에 대한 연산을 이용한다. 전체 공간 X에 대하여 퍼지집합(Fuzzy Set) A는 다음과 같은 순서쌍의 집합으로 정의된다.

$$A = \{(x, \mu_A(x)) : x \in X\}.$$

여기서 함수 $\mu_A : X \to [0,1]$을 집합 A의 소속함수 (Membership Function)라고 한다. 만약 함수 $\mu_A(x)$의 공역(Codomain)이 $\{0,1\}$이면 퍼지집합 A는 크리스프(Crisp)집합이 되고 함수 $\mu_A(x)$는 특성함수가 된다. 또한 만약

$Sup_x \mu_A(x) = 1$이면 A를 표준(Normal)퍼지집합이라 하고, 집합 $S(A) = \{x \in X: \mu_A(x) > 0\}$을 퍼지집합 A의 지지(Support)라 한다. 구간 $[0,1]$에 속하는 임의의 원소 α 에 대하여, α-수준집합(α-level set)은 다음과 같이

$$A_\alpha = \{x \in X: \mu_A(x) \geq \alpha\}$$

정의하고

$$A^*_\alpha = \{x \in X: \mu_A(x) > \alpha\}$$

을 강 α-수준집합(strong α-level set)이라 한다. Dubois와 Prade(1978)는 실수 R상에서 특별한 퍼지수(Fuzzy Number)를 정의하기 위하여 다음과 같은 연관함수(Reference Function) $f(x)$를 정의하였다[7].

(2.1) 함수 $f(x)$은 구간 $[0, \infty)$에서 감소한다.

(2.2) $f(0) = 1$이다.

(2.3) $f(x) = f(-x)$

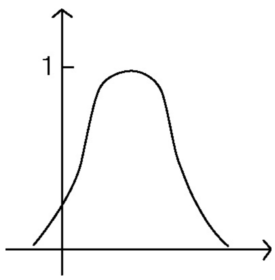

그림 1 LR 퍼지수

Dubios와 Prade(1979)가 제안한 LR 퍼지수 A의 소속함수는

$$\mu_A(x) = \begin{cases} L\left(\dfrac{a-x}{l_a}\right) & \text{for} x \leq a \\ R\left(\dfrac{x-a}{r_a}\right) & \text{for} x \geq a \end{cases}$$

이고, $A = (a, l_a, r_a)_{LR}$와 같이 표현한다[7]. 이때, 함수 $L(x)$과 $R(x)$는 연관함수이고, a을 중심(Center)이라 하며, 그리고 0보다 큰 수인 l_a과 r_a을 각 각 좌우의 폭(Spread)라고 한다. 그림 1은 LR 퍼지수를 나타낸다. 또한, LR-퍼지수 A의 α-수준집합(α-level set)

$$A_\alpha = [a - l_a L^{-1}(\alpha), a + r_a R^{-1}(\alpha)]$$

는 $(a, l_a L^{-1}(\alpha), r_a R^{-1}(\alpha))$와 같이 표시한다. 특히, 함수 $L(x)$과 $R(x)$가 일차함수 $1-x$이면 삼각퍼지수(Triangular Fuzzy Number)라 하고, $A = (a, l_a, r_a)_T$와 같이 표현한다. 특히 $l_a = r_a$이면 $A = (a, s_a)_T$을 대칭삼각퍼지수라 한다. 퍼지수 A의 소속함수 $\mu_A(x)$가 구간 $(-\infty, 0)$에서 0이면 A를 양의 퍼지수(Positive Fuzzy Number)라고 하고, 구간 $(0, \infty)$에서 0이면 A를 음의 퍼지수(Negative Fuzzy Number)라 한다.

Dubois와 Prade(1979)는 두 LR 퍼지수에 대한 기본 연산을 정의하고 다음 정리를 증명하였다[7].

정리 2.1 두 퍼지수 $A = (a, l_a, r_a)_{LR}$와 $B = (b, l_b, r_b)_{LR}$에 대하여 다음이 성립한다.

(2.3) 덧셈: $(a, l_a, r_a)_{LR} (+) (b, l_b, r_b)_{LR} = (a+b, l_a + l_b, r_a + r_b)_{LR}$

(2.4) 음수: $-(a, l_a, r_a)_{LR} = (-a, l_a, r_a)_{LR}$.

(2.5) 뺄셈: $(a, l_a, r_a)_{LR} (-) (b, l_b, r_b)_{LR} = (a-b, l_a + l_b, r_a + r_b)_{LR}$.

(2.6) 곱셈: 두 양의 퍼지수 A와 B에 대하여

$$(a, l_a, r_a)_{LR} \cdot (b, l_b, r_b)_{LR} = (a \cdot b,\ l_a \cdot l_b, r_a \cdot r_b)_{LR}.$$

일반적인 퍼지수의 정의하기 위해 볼록표준퍼지집합(Convex Normal Fuzzy Set)을 정의할 필요가 있다. 임의의 $x_1, x_2 \in X$과 $\lambda \in [0,1]$에 대하여 다음 부등식

$$\mu_A(\lambda x_1 + (1-\lambda) x_2) \geq \min \{ \mu_A(x_1), \mu_A(x_2) \}$$

을 만족하는 퍼지집합 A를 볼록퍼지집합(Convex Fuzzy Subset)라고 한다.

정의 2.2 다음 조건을 만족하는 실수 R상의 볼

록표준퍼지집합(Convex Normal Fuzzy Set) 을 퍼지수 (Fuzzy Number)라 한다.

(1) $\mu_A(x)=1$을 만족하는 점 x가 유일하게 존재한다.

(2) 소속함수 $\mu_A(x)$가 구분적연속(Piecewise Continuous)이다.

2.2.2 퍼지회귀모형

회귀분석(Regression Analysis)은 변수들 간의 함수관계를 분석하고 모형화하는 통계적 기법이다. 다른 변수로부터 추정 또는 예측되어야 하는 변수들을 종속변수(Dependent Variable) 혹은 반응변수(Response Variable)라 부르고, 종속변수에 영향을 미치는 변수들을 독립변수(Independent Variable) 혹은 설명변수(Explanatory Variable)라 한다. 설명변수와 반응변수간의 관계를 수학적인 모형으로 표현한 식을 회귀모형(Regression Model)이라 하고, 다음과 같이 표현한다.

$$y_i = f(x_i, \theta_o) + \epsilon_i, \quad i = 1, \cdots, n.$$

여기서 x_i는 설명변수를, y_i는 반응변수를, ε_i는 오차항을, 그리고 θ_o는 미지 모수(Unknown Parameter)를 나타낸다. 회귀분석에서는 반응변수을 측정할 때 발생하는 오차로 인하여 반응변수의 관측값과 추정값의 차이가 있는 것으로 생각한다. 관측값과 추정값의 차의 제곱을 최소로 하는 최소제곱추정량(Least Squares Estimators)이 수학적인 성질을 만족하기 위해서는, 모든 i에 대하여 다음과 같은 Gauss-Markov 조건을 만족하여야 한다.

(3.1) 정규성 - 오차항 ε_i는 평균이 0인 정규분포를 따르든다.

(3.2) 등분산성 - $Var(\varepsilon_i)=\sigma^2$.

(3.3) 독립성 - $Cov(\varepsilon_i, \varepsilon_j)=0$ if $i \neq j$.

회귀분석에서 추정값과 관측값의 차이가 측정과정에서 발생하는 오차뿐만 아니라 반응함수(Response Function) $f(x)$나 혹은 회귀계수의 불확실성으로 인하여 발생할 수 있다. Tanaka(1980, 1982)는 Zadeh(1965)가 소개한 퍼지이론을 회귀분석에 응용하여 다음과 같은 퍼지회귀모형(Fuzzy Regression Model)을 처음으로 소개하였다[8][9][16].

$$Y_i = A_0 + A_1 X_{i1} + \cdots + A_p X_{ip}, \quad i = 1, \cdots, n.$$

여기서 설명변수 $X_{ij} = (x_{ij}, l_{x_{ij}}, r_{x_{ij}})_{LR}$, 반응변수 $Y_i = (y_i, l_{y_i}, r_{y_i})_{LR}$, 회귀계수 $A_i = (a_i, l_{a_i}, r_{a_i})_{LR}$ 는 모두 L-R 퍼지수이다. 퍼지회귀모형은 반응함수와 독립변수와 종속변수의 퍼지성에 따라 다음과 같이 분류할 수 있다[5,8,9].

(3.4) 설명변수와 반응변수가 각각 퍼지적 불확실성을 포함하고 있는 경우.

(3.5) 설명변수와 반응변수의 관계에 퍼지적 불확실성이 존재할 경우.

퍼지회귀모형에 포함된 계수를 추정하는 방법은 크게 수치해석적인 방법과 통계적인 방법으로 분류할 수 있다. Tanaka, Hayashi와 Watadal(1989), Kao와 Chyu(2003), Kao와 Lin(2005) 등이 소개한 수치해석적인 방법은 퍼지수인 반응변수의 퍼지성을 최소화하는 퍼지회귀계수를 추정한다[10][11][12]. Diamond(1988), Kim과 Bishu(1998), Choi와 Buckley(2008), Choi와 Yoon(2009, 2010) 등이 제시한 통계적인 방법을 이용하여 추정된 퍼지회귀계수는 퍼지추정값과 퍼지관측값의 차를 최소화하는 퍼지수이다[12][13][14][15].

2.2.3 비행적성에 대한 퍼지회귀모형

K-WAIS와 비행적성의 관계를 유도하기 위하여 K-WAIS에 대한 인자분석(Factor Analysis)을 실시하였다. K-WAIS에 포함된 여러 변수들 사이에 내재하는 상호의존 및 구조관계를 이용하여 자료를 축약하기 위하여 실시한 인자분석 결과 K-WAIS는 수리능력(숫자외우기/산수문제/빠진곳찾기), 형상화능력(차례맞추기/토막짜기/모양맞추기) 및 조직화능력(바꿔쓰기)와 같이 세 그룹으로 분류할 수 있었다(KMO-value=0.53, 표 2. 참조)[17].

표2. Rotated Component Matrix

구분	Component		
	수리 능력	형상화 능력	조직화 능력
숫자외우기	.766	-.300	.085
산수문제	.878	.119	.139
빠진곳찾기	.769	.186	-.122
차례맞추기	-.024	.882	-.166
토막짜기	.328	.817	.090
모양맞추기	-.359	.531	.209
바꿔쓰기	.054	.009	.969

K-WAIS와 함께 비행적성에 영향을 미치는 FTD의 성적은 정성적으로 평가하였다. 정성적으로 평가된 FTD 성적을 $(1,0,1)_T$(아주아주 좋음), $(2,1,1)_T$(아주 좋음), $(3,1,1)_T$(좋음), $(4,1,1)_T$(조금 좋음), $(5,1,1)_T$(보통), $(6,1,1)_T$(조금 나쁨), $(7,1,1)_T$(나쁨), $(8,1,1)_T$(아주 나쁨), $(9,1,0)_T$(아주아주 나쁨) 등과 같이 퍼지수로 변환하였고, FTD 성적에 대한 퍼지수는 아래 그림 2과 같다.

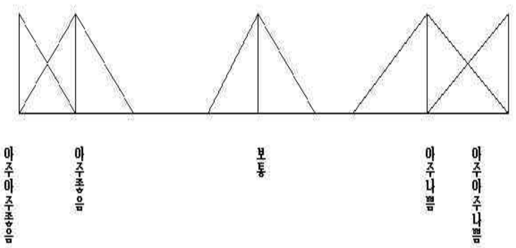

그림 2. FTD에 대한 퍼지수

수리능력(X_1)과 형상화능력(X_2), 그리고 조직화능력(x_3)로 분류된 K-WAIS와 FTD(X_4)에 대한 비행적성(Y)의 퍼지회귀모형은

$$Y_i = A_0 + A_1X_{i1} + A_2X_{i2} + a_3x_{i3} + A_4X_{i4},$$

와 같다. 여기서 종속변수 $Y_i = (y_i, l_{y_i}, r_{y_i})_T$와 독립변수 $X_{ij} = (x_{ij}, l_{x_{ij}}, r_{x_{ij}})_T (j=1,2,4)$는 삼각퍼지수이고 x_{i3}는 실수이다($i=1,\cdots,18$). 따라서 조직화능력에 대한 회귀계수 a_3는 실수이고 나머지 설명변수에 대한 회귀계수 $A_j = (a_j, l_{a_j}, r_{a_j})_T$는 삼각퍼지수이다. 다음과 같은 세 단계 절차를 이용하여 주어진 퍼지회귀모형의 퍼지회귀계수를 추정할 수 있다. 아래에서는 반응함수의 왼쪽 연관함수를 추정하는 방법을 설명한다. 퍼지회귀계수의 연관함수는 동일한 방법을 이용하여 추정할 수 있다.

1단계 : 중심에 대한 회귀모형을 추정.

관측된 설명변수와 반응변수의 중심에 대한 자료

$$\{(y_i, x_{i1}, x_{i2,} x_{i3}, x_{i4}) | i = 1, \cdots, 18\}$$

와 통계적 추정법

$$\sum_{i=1}^{18} \rho(y_i - a_0 - a_1x_{i1} - a_2x_{i2} - a_3x_{i3} - a_4x_{i4}) = Min!$$

을 이용하여 중심에 대한 회귀모형

$$\hat{y_i} = \hat{a_0} + \hat{a_1}x_{i1} + \hat{a_2}x_{i2} + \hat{a_3}x_{i3} + \hat{a_4}x_{i4}$$

을 추정한다. 여기서 함수 $\rho(\cdot)$는 실수에서 미분가능한 함수이다. $\rho(x) = x^2$와 $\rho(x) = |x|$인 경우를 각각 최소제곱추정법(Least Squares Method, LSM)과 최소절대편차추정법(Least Absolute Deviation Method, LADM)이라고 한다.

2단계 : α-수준집합의 폭에 대한 회귀모형을 추정.

1단계에서 추정된 회귀모형은 반응변수의 중심 즉, $\alpha = 1$에 대한 추정식이다. 이 결과를 바탕으로 종속변수의 α-수준집합을 추정하여야 한다. $0 < \alpha^* < 1$일 때, 종속변수와 독립변수의 α-수준집합의 폭을

$l_{y_i}(\alpha^*) = l_{y_i} L^{-1}(\alpha^*)$와 $l_{x_{ij}}(\alpha^*) = l_{x_{ij}} L^{-1}(\alpha^*)$

같이 정의하자. 반응변수와 설명변수의 α-수준집합의 폭에 대한 관측자료

$$\left\{(l_{y_i}^*, l_{x_{i1}}^*, l_{x_{i2}}^*, l_{x_{i4}}^*) | i = 1, \cdots, 18\right\}$$

와 제약추정법(Constrained Estimation Method)

$$\sum_{i=1}^{18}\rho(l_{y_i}^{*}-b_0(\alpha^{*})-b_1(\alpha^{*})l_{x_{i1}}^{*}-b_2(\alpha^{*})l_{x_{i2}}^{*} -b_4(\alpha^{*})l_{x_{i4}}^{*})=Min!$$

subject to $b_k(\alpha^{*})>0(k=0,1,2,4)$
을 이용하여

$$\bar{l}_{y_i}^{*}=\hat{b}_0(\alpha^{*})+\hat{b}_1(\alpha^{*})l_{x_{i1}}^{*}+\hat{b}_2(\alpha^{*})l_{x_{i2}}^{*}+\hat{b}_4(\alpha^{*})l_{x_{i4}}^{*}$$

을 추정한다. 퍼지수 A_1는
$\alpha_1<\alpha_2$이면 $l_aL^{-1}(\alpha_1)<l_aL^{-1}(\alpha_2)$
을 만족하므로 식

$$\hat{l}_{y_i}^{*}=inf\{\bar{l}(\alpha):\alpha^{*}<\alpha<1\}$$

을 이용하여 종속변수의 α*-수준집합의 폭 $\hat{l}_{y_i}^{*}$
을 추정한다.

<u>3단계</u> : **퍼지반응변수에 대한 연관함수를 추정**

앞에서 제시된 1단계와 2단계에서 추정된 종속변수의 자료

$$\left\{(\hat{y_i}-\hat{l}_{y_i}^{*},\alpha_k^{*}):k=1,\cdots,m\right\}$$

와 주어진 연관함수 $L(\cdot)$, 그리고 통계적 추정법을 이용하여 연관함수 $\hat{L}_{y_i}$와 반응변수의 폭을 추정한다.

위에서 주어진 3단계 방법과 최소자승법을 이용하여 추정한 비행적성에 대한 퍼지회귀모형은

$$\begin{aligned}\hat{Y}=&(124.43,3.23)_T+(1.04,0)_TX_1\\&+(-2.72,0.03)_TX_2\\&+0.04x_3+(-4.99,0.35)_TX_4\end{aligned}$$

와 같다. 추정된 비행적성의 중심에 대한 회귀모형은

$$\hat{y_i}=124.43+1.04x_{1i}-2.72x_{2i}+0.04x_{3i}-4.99x_{4i}$$

이고 폭에 대한 추정된 회귀모형은

$$\hat{l}_{y_i}=3.23+0.03l_{x_{2i}}+0.35l_{x_{4i}}$$

이다.

2.2.4 추정된 퍼지회귀모형의 분석

수리능력과 조직화능력은 비행적성에 양의 영향을 주고, 형상화능력과 비행훈련장치 검사는 비행능력에 음의 영향을 주는 것을 추정된 퍼지회귀모형은 보여주고 있다.

즉 수리능력과 조직화능력이 좋을수록 비행적성이 우수한 결과를 나타내고 있으며, 비행훈련장치 검사의 평가가 작은 퍼지수로 표현될수록 비행적성이 뛰어남을 알 수 있다. 이것은 비행훈련장치 검사가 우수할수록 작은 퍼지수로 표현된 결과이다.

한편 본 연구에서 추정된 결과는 형상화능력이 높을수록 비행적성은 낮게 나타나고 있다. 이것은 형상화능력이 비행적성과 비례하다는 선행 연구와 일치하지 않으므로 향후에 지속 연구하여할 부분이다[4].

퍼지수에서 중요할 역할을 하는 부분에 대한 결과도 향후 연구하여야 할 부분을 제시하여 주고 있다. 비행적성은 형상화능력과 비행훈련장치 검사의 영향을 받았고 수리능력은 영이므로 계속될 연구에서는 최소절대편차추정법이나 다른 추정법을 이용하는 것을 고려하여야 한다.

3. 결 론

본 연구에서는 퍼지회귀모형을 이용하여 K-WAIS와 비행훈련장치 검사 결과가 비행적성에 미치는 영향을 조사하였다. K-WAIS 7개 검사항목은 비행적성과 관련지어 3개의 유사인자 그룹으로 분류되었으며 추정된 퍼지회귀모형은 K-WAIS와 비행훈련장치 검사를 이용하여 비행적성을 판단할 수 있음을 보여준다. 특히, 추정된 퍼지회귀모형은 수리능력와 조직화능력의 값이 클수록, 비행훈련장치 평가 결과가 좋을수록 비행적성이 높음을 보여주었으며, 형상화능력이 좋을수록 비행적성이 낮게 나타났다.

형상화능력과 비행적성에 대한 관계는 후속 연구에서 참여할 학생 수를 확대하거나, 다른 추정법을 이용할 예정이다. 비행적성검사 도구의 보완 및 개발을 위하여 기초체력검사와 운동지각능력검사를 포함하여 비행적성에 영향을 주는 변수를 계속하여 연구할 예정이다.

후 기

본 연구는 한국항공대학교 2011학년도 교비지원으로 수행되었다.

참고문헌

[1] 장민식, 최성옥(1999), 조종사 적성검사의 실태와 문제점에 관한 연구. 항공운항학회지, 제7권, 31-39.

[2] 이달호(1992), 조종사 선발용 검사기구의 개발에 관한 연구. 서울대학교 박사학위논문

[3] 이상원(1991), 컴퓨터를 이용한 조종사 선발 적성검사. 한국과학기술원 박사학위논문

[4] 김칠영, 유병선, 장민식, 최성옥, 유태정, 성영모(2010), 조종적성 진단모형 발전방향 연구. 공군사관학교

[5] Zadeh, L. A. (1965), Fuzzy sets. Information and Control, Vol 8, 338-353.

[6] C. Kao and C. Chyu(2003), Least Squares estimates in fuzzy regression analysis, European Journal of Operational Research, Vol. 148, 420-435.

[7] D. Dubois, and H. Prade(1979). Fuzzy real algebra and some results, Fuzzy Sets and Systems, Vol. 2, 327-348.

[8] H. Tanaka, S. Uejima, K. Asai(1980), Fuzzy linear regression model. International Congress Applied Systems and Cybernetics, Vol 4, 2933-2938.

[9] H. Tanaka, S. Uejima, K. Asai(1982), Linear regression analysis with fuzzy model, IEEE Trans. Syst., Man Cybernet. 12, 903 – 907.

[10] C. Kao and C. Chyu(2003), Least Squares estimates in fuzzy regression analysis, European Journal of Operational Research, Vol. 148, 420-435.

[11] C. Kao and P. Lin(2005), Entropy for fuzzy regression analysis, International Journal of System Science. Vol. 36, 869-876.

[12]S. H. Choi and B. J. Buckley(2008), Fuzzy regression using absolute deviation estimators, Soft computing 12, 257-263.

[13]] S. H. Choi and J. H. Yoon(2009), Componentwise fuzzy linear regression using least squares estimation, J. of Multivalued Logic and Soft Computing 15, 137-153.

[14] S. H. Choi and J. H. Yoon(2010), General fuzzy regression using least squares method, International J. of Systems Science 41, 137-153,

[15] P. Diamond(1988), Fuzzy Least Squares, Inform. Sci. 46, 141 – 157.

[16] H. Tanaka, I. Hayashi and J. Watada(1989), Possibilistic linear regression analysis for fuzzy data. European Journal of Operational Research, Vol. 40, 389-396.

[17] 양병화(1998), 다변량 자료분석의 이해와 활용, 학지사.

[18]신철세(2001), 체력과 비행기술의 상관에 관한 연구. 경희대학교 박사학위논문