

■ 論 文 ■

공항 유휴시설의 활용방안에 대한 평가

Evaluating the Alternative Options for Redevelopment of Airport Idle Facilities

박 용 화

(교통개발연구원 항공교통연구실 연구위원)

목 차

- I. 서론
- II. 접근 방법론
 - 1. 퍼지이론의 배경 및 적용사례
 - 2. 퍼지집합 접근법
- III. 방법론의 적용
 - 1. 대상공항 선정
 - 2. 유휴시설의 활용 목표
 - 3. 대안 설정
- IV. 적용 결과
- V. 결론
- 참고문헌

Key Words : 김포공항, 관문공항, 공항 유휴시설, 퍼지 언어변수, 유클리디안거리

요 약

지난 수년간 아시아 주요공항들은 지속적으로 늘어나는 항공수요로 인해 혼잡과 지연현상이 가중된 상태에서 공항을 운영 해왔다. 이러한 문제를 해결하고자 우리나라를 비롯한 중국, 일본, 태국, 말레이시아, 인도네시아 등의 국가들은 기존 시설을 확장하거나 신공항을 계획·건설하게 되었다. 신공항을 건설할 경우, 기존공항에 대한 활용문제가 중요한 이슈로 나타나게 된다. 일부 공항들은 국내선 전용공항으로 기능자체를 축소하여 운영하는 경우와 공항과는 전혀 상관없는 타 용도로 완전히 변경하는 경우도 있었다. 타 용도로 완전하게 기능을 변경하거나 공항기능 자체가 축소되어 많은 유휴시설이 발생할 경우에는 이에 대한 체계적인 활용방안이 수립되어야만 한다.

본 논문에서는 공항의 유휴시설에 대한 효율적인 활용방안을 평가하는 방법론을 정립·적용코자 하였다. 평가의 대상공항으로 김포국제공항을 선정하였으며, 평가방법은 서로 다른 이해집단인 여객, 공항전문가, 지역사회 주민들의 의견을 물어 이를 퍼지언어변수로 분석하는 방식을 채택하였다. 설문조사는 대상자를 직접 면담하는 방식을 취했으며, 설문조사 결과를 바탕으로 14개의 유치시설 및 기능으로 활용대안을 설정한 뒤, 이들을 수익성, 연계성, 사회성, 공간성, 공익성 등과 같은 기준에 따라 평가하였다. 평가결과에 따르면 전자게임랜드, 쇼핑몰·대형할인점, 비즈니스 사무공간, 먹거리 타운, 시네마 타운 등이 적합한 것으로 나타났다.

I. 서론

지난 10년간 아시아-태평양 지역의 항공수요는 소득의 증대로 인하여 보다 고급 교통수단을 이용하려는 추세와 국제간 인적·물적 교류의 확대로 매우 높은 증가실적을 보여왔다. 이러한 결과로 이 지역 내 항공교통의 기반시설인 공항은 혼잡과 지연현상이 가중되어 왔다. 따라서 기존 시설에 대한 확장 및 새로운 공항개발 사업을 동시다발적으로 여러 나라에서 추진하기에 이르렀다. 주요 국가들은 기존 시설의 확장이 궁극적인 해결책이 될 수 없다는 판단에 따라 신공항 개발로 늘어나는 수요에 대한 처리와 향후 펼쳐질 이 지역 내의 경쟁에서 우위를 점한다는 전략을 수립하게 되었다. 대표적인 국가들로는 우리나라를 비롯하여 중국, 일본, 홍콩, 말레이시아, 태국 등을 들 수 있다.

일본의 오사카 간사이공항은 1994년 9월 가장 먼저 신공항으로 개항하였고, 말레이시아에서는 세팡(Selang)에 신칼라룸푸르국제공항을 건설하여 1998년 6월 완공·개항하였으며, 같은 해 7월 홍콩의 홍콩신국제공항이 연이어 개항하였다. 1999년 10월에는 중국 상해의 푸둥국제공항이 개항하였고, 우리나라의 인천국제공항은 2001년 3월말 신공항 운영을 개시하였다. 이들 모두는 향후 확장계획을 가지고 있으며, 제1단계의 연간 여객처리능력은 약 2,500만 명에서 3,000만 명 정도로 계획되었다.

인천국제공항이 개항하기 이전에는 우리나라를 대표하는 관문공항(gateway airport)은 김포국제공항이었다. 그러나 인천국제공항이 개항함으로써 김포공항은 국내선 전용공항으로 그 위상이 바뀌게 되었다. 이로 인해서 많은 시설들이 유휴화 되어 타 용도로 활용할 수밖에 없는 입장에 놓이게 되었다. 본 연구에서는 김포국제공항의 유휴시설 활용에 따른 효율적인 유치시설·기능을 선정하기 위한 평가방법을 다루고자 하였다. 여기에서 적용하고자 하는 평가방법은 공항의 유휴시설을 적극 활용한다는 측면에서 실질적이고 유용한 접근법이 요구된다고 하겠다. 특히, 공항의 이용자들이 다양하기 때문에 이들의 의견을 수렴하는 것도 매우 중요할 것으로 판단된다. 따라서 공항 이용자 집단을 크게 항공여객, 공항관련 전문가, 공항주변 지역주민 등으로 구분하여 이들에 대한 설문조사를 통해 가장 필요하고 효율적인 기능과 시설

이 무엇이겠는가를 평가하는 방식을 선택하였다. 설문에 대한 답변을 분석하는 기법으로는 퍼지언어변수(fuzzy linguistic variable)를 적용한 근사추론법(approximate reasoning approach)을 적용하였다.

II. 접근 방법론

1. 퍼지이론의 배경 및 적용사례

퍼지이론은 Zadeh(1965)에 의해 개발되어 복잡한 시스템을 다루는 수학적인 도구로 널리 보급되어 왔다. 퍼지이론은 특정한 시스템이나 실제 현상이 지니는 매우 불확실하고 모호한 속성을 분석하기 위해 수학적인 정의를 가지고 적용하는 방법으로 고전수학의 응용분야로 발달해 왔다. 그러므로 퍼지이론은 모호한 개념적 현상에 대해 정밀한 수학적인 틀을 제공할 뿐 아니라 퍼지관계(fuzzy relations)나 기준에 대해 언어적인 모형을 정립할 수 있도록 도와준다(Park 1994).

퍼지이론은 주관적인 판단이 개입되는 의사결정에 적용되어 왔는데 일반적으로 주관적인 판단을 평가하기 위해서는 특정한 수학적인 틀을 제공하기가 매우 어려운 것이 사실이다. 그 이유는 의사결정자의 주관적인 의견에 대한 불확실성, 모호성, 그리고 불분명성 등이 내재하고 있기 때문이다. 퍼지언어모형(fuzzy linguistic model)은 특정 사안이나 목표 등에 대한 언어적인 표현을 수리적으로 나타낼 수 있게 해 주어 정성적(qualitative)인 요소들을 다룰 수 있도록 해 준다.

교통부문에 대한 퍼지이론의 적용사례는 1970년대 후반 들어 본격화되었다. 주요 연구들로는 퍼지논리(fuzzy logic)를 통한 교차로의 제어(Mamdani et al. 1977), 항공기 자동비행 조정법(Larkin, 1985), 자동차의 속도 자동조정시스템(Murakami et al. 1985), 그리고 열차의 자동운행시스템(Yasunobu et al. 1985) 등을 꼽을 수 있다. 1993년 특별호로 출간된 Transportation Planning & Technology(vol.17)에서 퍼지이론을 이용한 교통문제의 해결방안이 다양하게 소개되었다. 이 특별호는 교통부문에 대한 퍼지이론의 적용 상 문제점과 향후 연구의 방향을 가늠해 주는 매우 유용한 자료라 하겠다. Tzeng과 Teng은 교통 투자에 대한 적용을 시도하였고, Lotan과 Koutsopoulos

는 현재 제공되는 정보를 바탕으로 경로선택모형을 퍼지이론에 근거하여 제시하였다. Xu와 Chan은 출발-도착(Origin-Destination)을 추정하는데 퍼지가중(fuzzy weights)을 적용하였고 Teodorovic과 Babic은 퍼지추론기법(fuzzy inference technique)을 활용하여 공항에서의 항공기 지체를 최소화하여 비용을 절감하는 방법을 제시하였다. 이 밖에도 교통안전에 대한 비용-편익분석(Akiyama et al.)과 퍼지전문가 시스템을 적용한 교통신호체계(Chang et al.) 등에 대한 연구결과가 소개되었다.

항공부면에서의 퍼지이론은 다양하게 적용되고 있으나, 의사결정을 위한 방법으로 적용된 사례는 많지 않다. 아시아 주요공항들간의 경쟁력 분석을 위한 방법론으로 퍼지언어변수를 이용한 근사추론법이 시도된 적이 있다(Park, 1997).

2. 퍼지집합 접근법

언어변수는 특정한 변수 형태로 정의되는데, 이는 자연어나 인공어로 구성되는 단어, 구문, 문장 등으로 표현된다(Schmucker 1983). Zadeh(1973) 교수는 퍼지논리와 근사추론에 대한 동기를 '매우 복잡한 변수의 값을 숫자로 나타내기보다는 단어나 문장으로 구성되는 언어변수를 사용함으로써 정밀성이 일부 훼손되더라도 일반적인 언어적 특성을 활용하기 위함'이라고 간략하게 언급하고 있다.

이와 같은 퍼지 언어변수 접근법을 공항 유희시설의 효율적인 활용대안을 평가하는 도구로 적용하고자 한다. 우선, 평가를 위한 퍼지 언어변수는 다음과 같이 정의하고자 한다.

X : 중요성(importance)

Y : 적응성(adaptability)

두 개의 언어변수 중 X 는 유희시설을 효율적으로 활용하고자 하는 목적들(objectives)과 연계되는 것이고, Y 는 공항운영주체가 이들의 목적을 달성하기 위해 필요한 시설이나 기능으로 구성됨을 뜻하는 것이다. 예를 들어, '대형 할인매장'을 유치하는 것은 공항수입을 높이는데 '평균 이상(above average)'의 역할을 할 것으로 평가되며, 이는 공항 유희시설을 활용하는 측면에서 고려한다면 '매우 중요한(very

important)' 목표가 된다고 하자. 이 때 '평균 이상'은 퍼지변수 적응성(Y)의 값이 되는 것이고 '매우 중요한'은 퍼지변수 중요성(X)의 값이 되는 것이다.

두 개의 퍼지 언어변수 X 와 Y 의 값은 전체집합 $(0, 1)$ 로 정의한다. $M(x)$ 를 각 퍼지변수 값의 의미를 계산하기 위한 체계적인 절차인 어의규칙(semantic rule)으로 정의한다면, 이는 언어변수 X 에 대한 전체집합의 퍼지 부분집합이 된다.

$$M(x) = \{\text{중요한}\} = \{x, \mu_{M_i}(u_x) \mid u_x \in U_x\},$$

$$i=1, 2, 3 \tag{1}$$

여기서, $\mu_{M_i}(u_x)$ 는 $M(x)$ 에서의 u_x 의 적합도(compatibility) 함수를 나타내며, 이러한 함수 값들은 전체집합 내에서 일정한 규칙에 따라 파생 또는 생성할 수 있게 된다. 이와 같이 파생 또는 생성될 수 있는 적합도 함수의 값은 기본 값에 일정한 지수(0.5, 1.5, 2, 3 등)를 적용하여 얻을 수 있게 된다. 따라서 본 분석에서 적용할 각각의 언어변수는 다음과 같이 정의된다.

$$M_1(x) = \{\text{매우 중요한}\} = \mu_x^{2.5} \in U_x$$

$$M_2(x) = \{\text{중요한}\} = \mu_x \in U_x$$

$$M_3(x) = \{\text{중요하지 않은}\} = \mu_x^{0.5} \in U_x$$

또 다른 언어변수 Y 에 대한 전체집합의 퍼지 부분집합은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$M(y) = \{\text{적응성}\} = \{y, \mu_{M_j}(u_y) \mid u_y \in U_y\},$$

$$j=1, 2, 3 \tag{2}$$

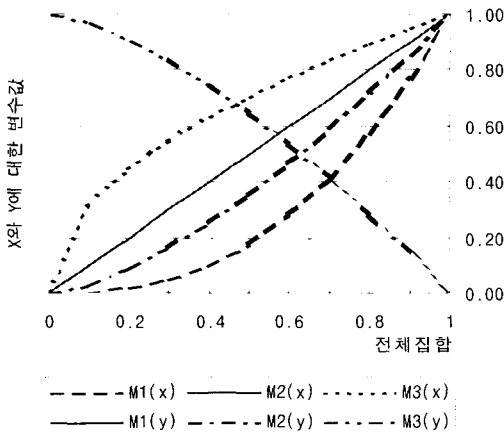
여기서, $\mu_{M_j}(u_y)$ 는 $M(y)$ 에서의 u_y 의 적합도(compatibility) 함수를 나타내며, 각각의 언어변수는 다음과 같이 정의된다.

$$M_1(y) = \{\text{완벽한}\} = \mu_y^3 \in U_y$$

$$M_2(y) = \{\text{만족한}\} = \mu_y^{1.5} \in U_y$$

$$M_3(y) = \{\text{불만족한}\} = 1 - \mu_y^{1.5} \in U_y$$

<그림 1>은 $u_{(x)}$ 와 $u_{(y)}$ 의 적합도 함수 값들을 나타낸 것이다.



(그림 1) 언어변수 X와 Y의 적합도 함수 값

앞에서 설정한 언어변수 「X=중요성」과 「Y=적응성」은 헷지(hedge) 또는 수정자(modifier)를 통해서 보다 여러 갈래로 확장할 수 있다. 여기서 말하는 헷지란 '매우', '보다 나은 또는 못한', '이상', '이하' 등과 같은 자연어를 이용하여 임의의 항목을 정하는 것을 말한다. 따라서 헷지를 이용하여 확장한 새로운 변수값들은 기본값(primary values)에서 유추할 수 있게 된다.

$Q(x)$ 와 $Q(y)$ 를 기본 언어변수 X와 Y에 대해 헷지를 하여 확장하는 새로운 변수값에 대한 하나의 어의규칙이라고 정의한다면, 이에 대한 새로운 변수값들은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$Q(x) = \{\text{중요성}\} = \{x, \mu_{Q(x)}(u_x) | u_x \in U_x\}$$

$$Q(y) = \{\text{적응성}\} = \{y, \mu_{Q(y)}(u_y) | u_y \in U_y\}$$

여기서, $\mu_{Q(x)}(u_x)$ 와 $\mu_{Q(y)}(u_y)$ 는 각각 $Q(x)$ 에서의 u_x 및 $Q(y)$ 에서의 u_y 의 적합도 또는 귀속함수를 나타내는 것이다. 그러므로 헷지를 통해 확장된 새로운 언어변수의 값들은 <표 1>과 <표 2>에 나타낸 것과 같다.

본 연구에서 선택한 두 가지 언어변수 X와 Y의 퍼지관계(fuzzy relation)를 분석하기 위하여 경험적 알고리즘을 이용한 관련 방법론들을 고려해 볼 수 있겠다. Sanchez(1976)는 다음과 같이 정의되는 기본적인 언어방정식을 통해 퍼지관계를 설정하였다.

$$x_i = q_{ij} \circ y_j \tag{3}$$

여기서,

- x_i : 목표 i 의 중요도의 값
- y_j : 기능 또는 시설 j 의 적응성의 값
- q_{ij} : 목표 i 와 시설 j 의 퍼지관계
- \circ : 합성자(composition operator)

퍼지관계에서의 합성자(\circ)는 $q_{ij} \circ y_j$ 의 적합도 함수로서 정의되는데, 이는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

<표 1> 언어변수 X에 대해 헷지한 적합도 함수 값

변수값(x)	전체집합(U_x)										
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
극히 중요한, μ_x^5	0.000	0.000	0.000	0.002	0.010	0.031	0.078	0.168	0.328	0.590	1.000
매우 중요한, $\mu_x^{2.5}$	0.000	0.003	0.018	0.049	0.101	0.177	0.279	0.410	0.572	0.768	1.000
중요한, μ_x	0.000	0.100	0.200	0.300	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900	1.000
다소 덜 중요한, $\mu_x^{0.5}$	0.000	0.316	0.447	0.548	0.632	0.707	0.775	0.837	0.894	0.949	1.000
중요치 않은, $1 - \mu_x$	1.000	0.900	0.800	0.700	0.600	0.500	0.400	0.300	0.200	0.100	0.000

<표 2> 언어변수 Y에 대해 헷지한 적합도 함수 값

변수값(y)	전체집합(U_y)										
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
완벽한, μ_y^6	0.000	0.000	0.000	0.001	0.004	0.016	0.047	0.118	0.262	0.531	1.000
매우 만족한, μ_y^3	0.000	0.001	0.008	0.027	0.064	0.125	0.216	0.343	0.512	0.729	1.000
만족한, μ_y	0.000	0.100	0.200	0.300	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900	1.000
다소 덜 만족한, $1 - \mu_y$	1.000	0.900	0.800	0.700	0.600	0.500	0.400	0.300	0.200	0.100	0.000
만족하지 못한, $1 - \mu_y^2$	1.000	0.990	0.960	0.910	0.840	0.750	0.640	0.510	0.360	0.190	0.000

$$\begin{aligned} & \mu_{Q(x,y)}(u_x, u_y) \\ &= \text{Max}_{u_y} [\text{Min}\{\mu_{Q(x)}(u_x, u_y), \mu_{Q(y)}(u_y)\}], \end{aligned} \quad (4)$$

각각의 u_x 에 대해.

이와 같이 제시한 방법론에서 x_i 및 y_j 의 언어적 평가는 의사결정자에 의해 정해진다고 가정할 때, Sanchez가 제시한 방식식에서 퍼지관계(q_{ij})를 다음과 같이 도출할 수 있겠다.

$$q_{ij} = x_i^{-1} \otimes y_j \quad (5)$$

여기서, x_i^{-1} 는 변수값 x_i 의 전치행렬을 나타내며, \otimes 는 합성자로서 $x_i^{-1} \otimes y_j$ 의 귀속함수에 의해 다음과 같이 정의된다.

$$\mu_{Q(x^{-1} \otimes y)} = \text{Min}[\mu_{Q(x)}^{-1}(u_x) \alpha \mu_{Q(y)}(u_y)] \quad (6)$$

여기서, α 는 합성자이다. 이와 같은 합성자를 정의하기 위해 본 분석에서는 Reichenbach의 합성식(Dubois et al. 1990)을 적용하였는데, 이는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} & [\mu_{Q(x)}^{-1}(u_x) \alpha \mu_{Q(y)}(u_y)] \\ &= 1 - \mu_{Q(x)}^{-1} + \mu_{Q(x)}^{-1}(u_x) \mu_{Q(y)}(u_y) \end{aligned} \quad (7)$$

지금까지의 과정을 통해 적합도 함수값을 도출하였다. 다음 단계는 개별 시설들(j)과 설정된 목표(i)와의 관계를 정하는 것으로서 퍼지관계의 교집합 개념을 적용할 수 있다. 퍼지관계의 교집합($R_j = \bigcap_i q_{ij}$)은 Kaufmann(1975)에 의해 정의된 적합도 함수에 의한 퍼지관계로 산출할 수 있다.

$$\mu_{R_j}(u_x, u_y) = \text{Min}_{x,y} [\mu_{Q(x)}(u_x, u_y)] \quad (8)$$

마지막 단계로서, 공항의 유휴시설에 대한 활용대안의 적응성($\mu_{R_j(y_{max})}(u_y)$)은 퍼지관계의 합성규칙에 의해 나타낼 수 있겠다. 이와 같이 활용대안별 시설이나 기능에 대한 평가를 위해서는 다음과 같은 연산을 실행해야 한다.

$$\begin{aligned} & \mu_{R_j(y_{max})}(u_y) \\ &= \text{Max}_y [\text{Min}[\mu_{Q(x)}^{-1}(u_x) \alpha \mu_{Q(y)}(u_y)]] \end{aligned} \quad (9)$$

이상의 절차에 따라 공항 유휴시설에 대한 활용대안의 적응성이 도출되었다고 한다면, 과연 어떠한 시설이나 기능이 최적의 조건인지를 평가해야만 한다. 최종적인 평가를 위해서 본 연구에서는 퍼지집합에서 정의되는 유클리디안거리(Euclidean Distance)를 적용하기로 하였다. 본 연구에서는 활용대안에 대한 이상적인 조건, 즉 '완벽하게 만족'하는 적응성($\mu_{Q_i}(u_y)$)과 실제 평가에서 나타난 최고의 결과($\mu_{Q_j(max)}(u_y)$) 사이의 거리를 측정하게 된다. 즉, 유클리디안거리는 가장 이상적인 조건을 기준으로 설정하고, 개별 활용대안들이 이상적인 조건들과 어느 정도의 차이를 보이는가를 측정하게 되는 것이다. 활용 대안별로 유클리디안 거리를 측정한 결과, 거리가 짧으면 짧을수록 이상적인 조건에 가깝기 때문에 우선 순위가 높아지게 된다. 상대적인 유클리디안거리(δ_j)에 대한 정의는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \delta_j &= \frac{1}{n} \left(\sum_{u_y} [\mu_{Q_j(y^*)}(u_y) - \mu_{Q_j(y_{max})}(u_y)]^2 \right)^{1/2}, \\ j &= 1, 2, 3, \dots, J, \quad J=14. \end{aligned} \quad (10)$$

여기서,

- n : 전체집합 u_y 의 원소 수
- $\mu_{Q_j(y^*)}(u_y)$: 활용대안 j 에 대한 가장 이상적인 평가(완벽한)의 적합도 함수
- $\mu_{Q_j(y_{max})}(u_y)$: 활용대안 j 의 적응성(Y) 평가결과 최고의 적합도 함수

III. 방법론의 적용

1. 대상공항 선정

공항의 유휴시설을 활용하는 최적 대안을 찾기 위한 평가방법을 실제 적용해 보고자 한다. 본 연구는 우리나라 김포국제공항(GMP)을 대상공항으로 선정하였다. 그 이유는 2001년 3월말 인천국제공항의 개항으로 인해 김포공항은 순수한 국내선 공항으로 그 기능이 축소되어 많은 시설들이 다른 기능으로 전환되어야 하기 때문이다.

2. 유희시설의 활용 목표

대상공항으로 선정된 김포공항은 인천국제공항이 개항하기 이전에는 우리나라의 관문공항으로서 매우 중요한 역할을 담당해 왔다. 그러나 인천국제공항이 우리나라의 관문역할을 대신함에 따라 김포공항의 많은 시설들은 타 용도의 기능과 시설로 개발해야 할 상황에 이르렀다.

김포공항의 주 수입원이었던 국제선 서비스가 중단됨에 따라 수입이 기존보다 대폭 감소하게 되어 이에 대한 고려가 우선되어야 할 것이다. 또한 인천국제공항과의 연계성을 높여 항공교통 이용자들에게 대한 최적의 서비스 제공이 가능하도록 해야 할 것이다. 김포공항은 지속적으로 국내선 서비스가 제공되기 때문에 이를 주 기능으로 하되, 나머지 시설들을 적극 개발하여 수입원을 확대하고 주변지역의 경제에 도움이 되는 활용대안이 고려될 수 있을 것이다.

이상에서 언급한 내용들을 고려하여, 본 연구에서는 김포공항 유희시설 활용에 대한 목표를 다음과 같이 설정하였다.

- 수익성 : 공항 수입원이 대폭 감소함에 따라 유희 시설에 대한 활용을 통해 수입을 극대화
- 공간성 : 서울의 균형적인 발전을 위해 상대적으로 낙후한 강서지역에 대한 개발을 촉진
- 연계성 : 김포공항과 인천국제공항을 연계하는 기능을 확충하여 시너지 효과를 극대화
- 사회성 : 공항주변지역의 경제에 이득이 되는 기능과 고용창출 등
- 공익성 : 공항으로서의 기본적인 기능을 다하기 위해 여객수요를 이끌어 낼 수 있는 기능

이와 같이 설정된 목표들을 언어변수 X 로 정의한다면 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$O = \{o_i\}, \quad i = 1, 2, \dots, I, \quad I = 5$$

여기서,

- o_1 : 수익성
- o_2 : 공간성
- o_3 : 연계성

o_4 : 사회성

o_5 : 공익성

3. 대안 설정

1) 가능한 대안들

김포공항의 유희시설에 대한 활용대안을 평가하기 위해서는 다양한 이해집단의 의견을 수렴할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 공항 주변지역 주민, 공항과 관련된 전문가, 그리고 이용객들에 대한 설문조사를 통해 과연 김포공항 유희시설 활용대안으로 어떠한 기능과 시설들이 필요한 것인지를 조사·분석하였다. 본 설문조사는 2000년 4월부터 6월까지 수행되었으며, 지역주민과 이용객을 대상으로 한 조사는 조사원의 직접 면담으로, 전문가를 대상으로 하는 조사는 우편회신 방식으로 진행되었다.

설문조사 결과, 유용한 응답자 수는 모두 872명으로서 전문가 71명, 항공여객 392명, 그리고 공항주변 지역주민 409명으로 구성되었다. 이와 같은 설문조사를 통해 유희시설 활용 목적에 대한 중요도를 평가할 수 있을 뿐 아니라 활용대안도 선정할 수 있게 된다. 응답자들이 제시한 기능이나 시설의 대안은 모두 40개로 이들을 유사한 특성별로 재분류하면 다음과 같이 14개로 정리된다.

$$F = f_j, \quad j = 1, 2, 3, \dots, J, \quad J = 14$$

여기서,

- f_1 : 도심여객터미널
- f_2 : 장래를 대비한 국제선 예비시설
- f_3 : 일반(경)항공기 시설
- f_4 : 고속버스터미널
- f_5 : 컨벤션, 국제전시장
- f_6 : 쇼핑물 또는 대형 할인점
- f_7 : 시네마 타운
- f_8 : 비즈니스 사무공간
- f_9 : 전자게임랜드
- f_{10} : 웨딩 타운
- f_{11} : 먹거리(레스토랑) 타운
- f_{12} : 문화·예술 타운
- f_{13} : 레저 타운
- f_{14} : 스포츠 타운

2) 적용 예

우선, 공항주변 지역주민, 항공여객, 그리고 전문가들을 대상으로 한 설문조사를 통해 유휴시설 활용대안이 설정된 목표에 얼마나 부합하는지를 상대적 중요도에 따라 평가한다. 그 다음은 공항 유휴시설 활용에 대한 목표별 중요도를 언어변수 「X=중요성」의 값으로 평가하는 단계를 거친다. 중요성(X)에 대한 평가는 다음과 같이 정의된 값으로 나타낸다.

- $Q_1(x) = \{\text{극히 중요한}\} = A1$
- $Q_2(x) = \{\text{매우 중요한}\} = A2$
- $Q_3(x) = \{\text{중요한}\} = A3$
- $Q_4(x) = \{\text{다소 덜 중요한}\} = A4$
- $Q_5(x) = \{\text{중요하지 않은}\} = A5$

유휴시설 활용 목표에 따른 중요도 평가 결과는 <표 3>에 나타난 바와 같다. 김포공항의 유휴시설 활용을 위해 가장 중요하게 평가되는 목표는 수익성(o_1)으로 나타났으며, 그 다음으로 사회성(o_4), 공간성(o_2), 연계성(o_3) 순서로 분석되었다. 마지막으로 가장 낮은 중요도를 보이는 목표는 공익성(o_5)으로 나타났다.

앞에서 설정한 14개의 활용대안에 대한 평가는

<표 4>와 같은 결과로 나타났다. 활용대안에 대한 평가는 언어변수 「Y=적응성」의 값으로 결정되는 것으로서 다음과 같이 정의된다.

- $Q_1(y) = \{\text{완벽한}\} = B1$
- $Q_2(y) = \{\text{매우 만족한}\} = B2$
- $Q_3(y) = \{\text{만족한}\} = B3$
- $Q_4(y) = \{\text{다소 덜 만족한}\} = B4$
- $Q_5(y) = \{\text{만족하지 못한}\} = B5$

김포공항의 유휴시설 활용에 대한 기능설정 및 시설에 대한 대안별 평가는 <표 2>와 같이 귀속합수 집합으로 표시된다.

각각의 활용대안 및 목표에 대하여 퍼지 언어변수 「X=중요성」 및 「Y=적응성」을 적합도 함수를 적용하여 평가를 하는 과정을 간략하게 설명하고자 한다. 예를 들어, 활용대안 중 쇼핑물과 대형할인점(f_6)에 대해 수익성(o_1)을 목표로 퍼지관계에 따라 평가를 한다고 하자. 우선, 수익성(o_1)은 '극히 중요한($Q_1(x)$)' 목표이고, 활용대안 중 쇼핑물과 대형할인점은 '완벽한($Q_1(y)$)' 적응성을 보일 것으로 평가되었다. 이러한 평가를 기초로 한 퍼지관계(q_{16})는 식(5)에 따라 다음과 같이 계산된다.

<표 3> 유휴시설 활용목표별 중요도 평가결과

목표	설문 대상자의 평가결과(%)			점유 비율 (%)	평가결과
	전문가	항공여객	지역주민		
수익성 (o_1)	29.6	26.8	42.9	33.1	극히 중요한 $Q_1(x) = A1$
공간성 (o_2)	35.2	17.3	8.6	20.4	중요한 $Q_3(x) = A3$
연계성 (o_3)	8.5	9.7	17.6	11.9	다소 덜 중요한 $Q_4(x) = A4$
사회성 (o_4)	23.9	42.1	26.7	30.9	매우 중요한 $Q_2(x) = A2$
공익성 (o_5)	2.8	4.1	4.2	3.7	중요치 않은 $Q_5(x) = A5$
합계	100	100	100	100	-

<표 4> 개별 활용대안에 대한 적응성 평가결과

목표	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	f_6	f_7	f_8	f_9	f_{10}	f_{11}	f_{12}	f_{13}	f_{14}
수익성 (o_1) : $Q_1(x) = A1$	B5	B5	B4	B4	B4	B1	B2	B2	B1	B2	B1	B4	B3	B2
공간성 (o_2) : $Q_3(x) = A3$	B4	B4	B4	B2	B2	B2	B1	B3	B3	B2	B3	B1	B2	B2
연계성 (o_3) : $Q_4(x) = A4$	B1	B3	B4	B2	B4	B4	B4	B4	B4	B4	B4	B4	B4	B4
사회성 (o_4) : $Q_2(x) = A2$	B2	B2	B1	B2	B2	B1	B1	B2	B2	B2	B1	B1	B1	B1
공익성 (o_5) : $Q_5(x) = A5$	B1	B1	B1	B1	B3	B5	B4	B4	B5	B4	B4	B2	B2	B3

$$q_{16} = x_1^{-1} \otimes y_6 = Q_1^{-1}(x) Q_1(y)$$

$$= \begin{bmatrix} 0.000 \\ 0.000 \\ 0.000 \\ 0.002 \\ 0.010 \\ 0.031 \\ 0.078 \\ 0.168 \\ 0.328 \\ 0.590 \\ 1.000 \end{bmatrix} \otimes [0.000 \quad 0.000 \quad 0.000 \quad 0.001 \quad 0.004 \quad 0.016 \quad 0.047 \quad 0.118 \quad 0.262 \quad 0.531 \quad 1.000]$$

$$= \begin{bmatrix} 1.000 & 1.000 & 1.000 & 0.999 & 0.996 & 0.984 & 0.953 & 0.882 & 0.738 & 0.469 & 0.000 \\ 1.000 & 1.000 & 1.000 & 0.999 & 0.996 & 0.984 & 0.953 & 0.882 & 0.738 & 0.469 & 0.000 \\ 1.000 & 1.000 & 1.000 & 0.999 & 0.996 & 0.984 & 0.953 & 0.882 & 0.738 & 0.469 & 0.000 \\ 1.000 & 1.000 & 1.000 & 0.999 & 0.996 & 0.984 & 0.953 & 0.883 & 0.738 & 0.470 & 0.002 \\ 1.000 & 1.000 & 1.000 & 0.999 & 0.996 & 0.985 & 0.954 & 0.884 & 0.741 & 0.474 & 0.010 \\ 1.000 & 1.000 & 1.000 & 0.999 & 0.996 & 0.985 & 0.955 & 0.886 & 0.746 & 0.485 & 0.031 \\ 1.000 & 1.000 & 1.000 & 0.999 & 0.996 & 0.986 & 0.957 & 0.891 & 0.758 & 0.510 & 0.078 \\ 1.000 & 1.000 & 1.000 & 0.999 & 0.997 & 0.987 & 0.961 & 0.902 & 0.782 & 0.558 & 0.168 \\ 1.000 & 1.000 & 1.000 & 1.000 & 0.997 & 0.989 & 0.969 & 0.921 & 0.824 & 0.643 & 0.328 \\ 1.000 & 1.000 & 1.000 & 1.000 & 0.998 & 0.994 & 0.981 & 0.952 & 0.893 & 0.782 & 0.590 \\ 1.000 & 1.000 & 1.000 & 1.000 & 1.000 & 1.000 & 1.000 & 1.000 & 1.000 & 1.000 & 1.000 \end{bmatrix}$$

이와 같은 방법으로 나머지 활용대안을 각 목표에 대한 적응성에 따라 평가를 실행하게 되는 것이다. 즉, 식(8)에 의해 선정된 14개의 활용대안을 각각 부여된 목표에 대한 적응성을 고려하여 평가하는 것이

다. 평가결과 모두 70개(14×5)의 관계를 도출하게 된다. 다음 단계는 식(9)에 의해 각 활용대안별 적응성에 대한 평가를 합성규칙에 의해 실행하게 되면 다음과 같은 결과를 얻을 수 있게 된다.

- $\mu_{Q_1(\max)}(u_y) = \{ 1.000 \ 1.000 \ 1.000 \ 0.999 \ 0.996 \ 0.984 \ 0.953 \ 0.882 \ 0.764 \ 0.575 \ 0.300 \}$
- $\mu_{Q_2(\max)}(u_y) = \{ 1.000 \ 1.000 \ 1.000 \ 0.999 \ 0.996 \ 0.984 \ 0.953 \ 0.882 \ 0.764 \ 0.575 \ 0.300 \}$
- $\mu_{Q_3(\max)}(u_y) = \{ 1.000 \ 1.000 \ 1.000 \ 0.999 \ 0.996 \ 0.984 \ 0.953 \ 0.882 \ 0.816 \ 0.628 \ 0.300 \}$
- $\mu_{Q_4(\max)}(u_y) = \{ 1.000 \ 1.000 \ 1.000 \ 0.999 \ 0.996 \ 0.984 \ 0.953 \ 0.882 \ 0.781 \ 0.575 \ 0.300 \}$
- $\mu_{Q_5(\max)}(u_y) = \{ 1.000 \ 0.900 \ 0.800 \ 0.713 \ 0.640 \ 0.600 \ 0.631 \ 0.692 \ 0.579 \ 0.460 \ 0.300 \}$
- $\mu_{Q_6(\max)}(u_y) = \{ 0.600 \ 0.604 \ 0.638 \ 0.683 \ 0.729 \ 0.774 \ 0.808 \ 0.794 \ 0.758 \ 0.810 \ 1.000 \}$
- $\mu_{Q_7(\max)}(u_y) = \{ 0.600 \ 0.640 \ 0.680 \ 0.720 \ 0.760 \ 0.800 \ 0.791 \ 0.760 \ 0.800 \ 0.900 \ 1.000 \}$
- $\mu_{Q_8(\max)}(u_y) = \{ 0.600 \ 0.640 \ 0.680 \ 0.720 \ 0.760 \ 0.750 \ 0.760 \ 0.760 \ 0.800 \ 0.900 \ 1.000 \}$
- $\mu_{Q_9(\max)}(u_y) = \{ 0.600 \ 0.604 \ 0.638 \ 0.683 \ 0.720 \ 0.700 \ 0.680 \ 0.694 \ 0.712 \ 0.810 \ 1.000 \}$
- $\mu_{Q_{10}(\max)}(u_y) = \{ 0.600 \ 0.640 \ 0.680 \ 0.720 \ 0.760 \ 0.800 \ 0.791 \ 0.760 \ 0.800 \ 0.900 \ 1.000 \}$
- $\mu_{Q_{11}(\max)}(u_y) = \{ 0.600 \ 0.640 \ 0.680 \ 0.720 \ 0.760 \ 0.750 \ 0.760 \ 0.790 \ 0.824 \ 0.900 \ 1.000 \}$
- $\mu_{Q_{12}(\max)}(u_y) = \{ 1.000 \ 0.999 \ 0.992 \ 0.973 \ 0.936 \ 0.875 \ 0.806 \ 0.750 \ 0.764 \ 0.563 \ 0.300 \}$
- $\mu_{Q_{13}(\max)}(u_y) = \{ 1.000 \ 0.999 \ 0.992 \ 0.973 \ 0.936 \ 0.875 \ 0.784 \ 0.691 \ 0.539 \ 0.395 \ 0.200 \}$
- $\mu_{Q_{14}(\max)}(u_y) = \{ 1.000 \ 0.910 \ 0.860 \ 0.820 \ 0.800 \ 0.800 \ 0.785 \ 0.661 \ 0.520 \ 0.370 \ 0.200 \}$

N. 적용 결과

김포공항의 유휴시설에 대한 활용대안을 주어진 접근방법에 의해 평가한 결과를 살펴보기로 하자. 각 대안별 적응성에 대한 평가를 설정 목표에 따라 실행한 결과를 기초로 하여 대안별 우선 순위를 정하는 것이 필요하다. 이와 같은 우선 순위는 앞에서 설명한 유클리디안거리를 적용하여 결정하게 된다. 따라서 김포공항 유휴시설의 활용대안에 대한 적응성(Y) 분석은 식(10)과 같이 정의되는 유클리디안거리에 따라 결정되는 것이다. 유클리디안거리를 분석한 결과는 <표 5>와 같으며, 상대적으로 가장 짧은 거리를 보인 대안이 최적의 활용시설 내지는 기능이라고 평가된다. 따라서 전자게임랜드(f_9), 쇼핑몰 또는 대형 할인점(f_6), 비즈니스 사무공간(f_8), 먹거리 타운(f_{11}), 시네마 타운(f_7) 등의 순서로 적응성이 높게 나타나 김포공항의 유휴시설에 대한 활용방안은 이러한 시설 및 기능을 고려하여 결정할 수 있다는 결론을 도출하였다.

<표 5> 김포공항 유휴시설 활용에 대한 평가결과

우선순위	유휴시설 활용대안	유클리디안거리
1	전자게임랜드(f_9)	0.17230
2	쇼핑몰 또는 대형 할인점(f_6)	0.18315
3	비즈니스 사무실(f_8)	0.18645
4	먹거리(레스토랑) 타운(f_{11})	0.18790
5	시네마 타운(f_7)	0.18911
5	웨딩 타운(f_{10})	0.18911
7	컨벤션, 국제전시장(f_5)	0.20267
8	스포츠 타운(f_{14})	0.22378
9	레저 타운(f_{13})	0.24296
10	문화·예술 타운(f_{12})	0.24484
11	도심여객터미널(f_1)	0.25825
11	국제선 예비시설(f_2)	0.25825
13	고속버스터미널(f_4)	0.25852
14	일반(경)항공기 시설(f_3)	0.25925

V. 결론

본 연구에서는 김포국제공항의 유휴시설 활용방안에 대하여 수익성, 공간성, 연계성, 사회성, 공익성 등의 목표를 충족하는 최적의 시설 및 기능이 무엇인

지를 찾고자 하였다. 유휴시설에 대한 활용대안은 객관성을 확보하기 위해 공항관련 전문가, 공항주변 지역주민, 항공여객 등을 대상으로 실시한 설문조사를 통해 크게 14개로 설정하였다. 이와 같이 설정된 대안들을 평가하기 위하여 퍼지이론을 적용하였는데, 그 이유는 김포공항에 유치해야 할 시설이나 기능에 대한 분석방법이 설문조사를 근거로 하였기 때문이다. 즉, 설문 응답자들은 기존의 경험이나 인지하고 있던 지식들을 바탕으로 답변을 하게 되는데 여기에는 불확실성 내지는 모호함이 내재할 수밖에 없고, 퍼지이론은 이러한 한계를 어느 정도 극복할 수 있게 해준다.

김포공항 유휴시설에 대한 최적의 활용대안은 전자게임랜드, 쇼핑몰·대형할인점, 사무실, 먹거리 타운, 시네마 타운, 웨딩 타운 등의 순서로 분석되었다. 이러한 기능 및 시설에 대한 대안은 설문조사를 통해 평가된 것이므로 실제로 이들이 공항운영에 어느 정도 영향을 미칠 것인가에 대한 세밀한 분석이 뒤따라야만 실효성 있는 대안이 될 수 있을 것이다.

참고문헌

1. Akiyama, T. and D-F Shao(1993), "Fuzzy Mathematical Programming for Traffic Safety Planning on an Urban Expressway", Transportation Planning and Technology, Vol.17, No.2, pp.179~189.
2. Chang, Y-H and T-H Shyu(1993), "Traffic Signal Installation by the Expert System Using Fuzzy Set Theory for Inexact Reasoning", Transportation Planning and Technology, Vol.17, No.2, pp.191~201.
3. Dubois, D. and H. Prade(1991), "Fuzzy Sets in Approximate Reasoning, Part 1: Inference with Possibility Distributions", Fuzzy Sets and Systems, Vol.42, pp.145~202.
4. Kaufmann, A.(1975), "Introduction to the Theory of Fuzzy Subsets I", Academic Press, New York.
5. Larkin, L. I.(1985), "A Fuzzy Logic Controller for Aircraft Flight Control", in Sugeno, M (editor): Industrial Applications of Fuzzy Control, Elsevier Science Publisher B. V.,

- North-Holland, pp.87~103.
6. Lotan, T. and H. N. Koutsopoulos(1993), "Route Choice in the Presence of Information Using Concepts from Fuzzy Control and Approximate Reasoning", *Transportation Planning and Technology*, Vol.17, No.2, pp.113~126.
 7. Mamdani, E. H. and C. P. Pappis(1977), "A Fuzzy Logic Controller for a Traffic Junction", *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol.7, pp.707~717.
 8. Murakami, S. and M. Maeda(1985), "Automobile Speed Control System Using a Fuzzy Logic Controller", in Sugeno, M(editor): *Industrial Applications of Fuzzy Control*, Elsevier Science Publisher B. V., North-Holland, pp.105~124.
 9. Park, Y. H.(1994), "An Evaluation Methodology for the Level of Service at the Airport Landside System", Unpublished Ph.D. Thesis, Department of Aeronautical and Automotive Engineering and Transport Studies, Loughborough University, England.
 10. Park, Y. H.(1997), "Application of a Fuzzy Linguistic Approach to Analyse Asian Airports' Competitiveness", *Transportation Planning and Technology*, Vol.20, pp.291~309.
 11. Sanchez, E.(1976), "Resolution of Composite Fuzzy Relation Equations", *Information and Control*, Vol.30, pp.38~48.
 12. Schmucker, K. J.(1983). "Fuzzy Sets, Natural Language Computations, and Risk Analysis", Computer Science Press, Rockville, Maryland.
 13. Teodorovic, D. and O. Babic(1993), "Fuzzy Inference Approach to the Flow Management Problem in Air Traffic Control.", *Transportation Planning and Technology*, Vol.17, No.2, pp.165~178.
 14. Tzeng, G-H and J-Y Teng(1993), "Transportation Investment Project Selection with Fuzzy Multi-objectives", *Transportation Planning and Technology*, Vol.17, No.2, pp.91~112.
 15. Xu, W. and Y. Chan(1993), "Estimating an Origin-Destination Matrix with Fuzzy Weights", *Transportation Planning and Technology*, Vol.17, No.2, pp.127~163.
 16. Yasunobu, S. and S. Miyamoto(1985), "Automatic Train Operation by Predictive Fuzzy Control", in Sugeno, M(editor): *Industrial Applications of Fuzzy Control*, Elsevier Science Publisher B. V., North-Holland, pp.1~18.
 17. Zadeh, L. A.(1965), "Fuzzy Sets", *Information and Control*, Vol.8, pp.338~353.
 18. Zadeh, L. A.(1973). "The Concept of a Linguistic Variable and its Application to Approximate Reasoning", Memorandum ERL-M 411, Berkeley.

✉ 주 작 성 자 : 박용하

✉ 논문투고일 : 2003. 3. 27

논문심사일 : 2003. 5. 20 (1차)

2003. 5. 30 (2차)

심사판정일 : 2003. 5. 30

✉ 반론접수기한 : 2003. 10. 31

Evaluatin the Alternative Options for Redevelopment of Airport Idle Facilities

PARK, Yonghwa

Over the last few years, the major airports in Asia have been operating at or close to their capacity. As a result, Korea, Japan, China, Hong Kong, Thailand, Malaysia, and Indonesia decided to expedite the development of new airports. Accordingly, some of the existing airports have been completely used as other functions or purposes and the others operated as a domestic airport. In the latter case, re-development plans are needed for idle facilities.

This paper evaluates the alternative options for re-development of idle airport facilities of Seoul Gimpo International Airport. The proposed methodology makes it possible to provide a practical and applicable evaluation of airport re-development plan. In particular, it can take into account the qualitative aspects of different interesting groups such as airport experts, passengers and airport peripheral community.

The interview was conducted in order to obtain the different groups' view. To evaluate and select the best option of the airport re-development, this study adopted a fuzzy linguistic approach.

Impact Analysis of Transit Oriented Street Design (A Case Study for Kangnam Street in Seoul)

HWANG, Kee Yeon · LEE, Jo-Young

Considering the high density developments along the major traffic corridors in Seoul, transit-oriented street designs will be a very effective to control traffic congestion along the corridors. For testing the effectiveness, we selected, for our case study, Kangnam Street, which is one of the most highly developed corridors in Seoul. The traffic study on Kangnam street in 2000 shows that the daily average bus speed is 11.73km/h, which is 5km/h lower than the auto speed. The Central Bus Lane

system was applied on the Kangnam street to test impact on bus speed as well as auto speed. Simulation results show that with Central Bus Lane have been improved the travel speeds of bus as well as auto on Kangnam street from 14.4km/hr to 35.0km/hr and from 25.1km/hr to 26.1km/hr, respectively. The bus market share increases about 6-8 percentages. Especially, 13.4% of bus users are increased for long-distance trips.

Analysis of the Entry Capacity of Roundabouts

JEON, Woo Hoon · DOH, Tcheol Woong

Signalized intersections are widely used in urban street network. However, it was reported that a roundabout is better than a signalized intersection in terms of delay when the approaching traffic volume for each bound is low.

The objective of this study is to develop entry capacity models of roundabout and establish the warrant for signalized intersection based on the delay. The entry capacity of a roundabout is determined by the circulating traffic volume and the geometric design of the roundabout such as the diameter of central island, entry lane widths, and the circulating roadway width.

The traffic and geometric characteristics of four roundabouts were collected and analyzed. The study reveals that: i)among the geometric features, the diameter of central island and the circulating roadway width influence the entry capacity, and ii)even though it is difficult to compare the models of each country due to different geometric features considered in the models, the models developed in this study show higher capacity than the models from Israel or Germany. These seem to be attributed to the facts that: i)the outside diameters of the roundabouts selected in this study are larger than in the other studies, and ii)the acceptable gap in Korea is smaller than that in the other countries.