

# 계층분석방법을 이용한 화물터미널 입지선정에 관한 연구 — 영남권 내륙화물기지 사례를 중심으로 —

안승범<sup>1</sup> · 김의준<sup>2</sup> · 변의석<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>교통개발연구원 동북아물류경제연구센터/<sup>2</sup>연세대학교 도시공학 전공/  
<sup>3</sup>선문대학교 지식정보산업공학 전공

## Freight Terminal Site Selection Using the Analytic Hierarchy Process: A Case Study on the Youngnam Freight Terminal

Seung-Bum Ahn<sup>1</sup> · Eui-Jun Kim<sup>2</sup> · Eui-seok Byeon<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Center for Logistics, Transport Economics & Northeast Asian Transport Studies,  
The Korea Transport Institute, Goyang, 411-701

<sup>2</sup>Department of Urban Planning and Engineering, Yonsei University, Seoul, 120-749

<sup>3</sup>Department of Industrial Engineering, SunMoon University, Asan, 336-701

The Korean government has been working to reduce national logistics costs since the early 1990s. One of the major plans instituted by the government was to build five complex freight terminals using ICDs(inland container depots) as hub inland terminals. This paper explains the process and the methods adopted for site selection, with special focus on the Youngnam Freight Terminal. Among nineteen developable sites in Youngnam region, four candidates were selected based on the Map Overlay Approach under several criteria, including land acquisition costs, proximity to major highways and railroads, suitability of the terrain, etc. In this study, we used the AHP to select the best site among the four sites.

**Keywords:** ICDs, map overlay approach, AHP

### 1. 서론

물류의 활동 중 수송과 보관은 공급 사슬상의 핵심 연결고리로서 해당 시설의 입지와 규모가 매우 중요하다. 그 중 보관시설의 위치는 물류비용의 결정적인 역할을 하고 수송과 보관을 동시에 고려하여 물류비용을 최소화하는 것이 기업의 전략이다. 특히 물류시설의 입지와 이에 따른 고객의 할당(allocation of customers)은 수송시간, 비용, 효율, 배송패턴을 바꾸는 요소이다(Sule, 2001). 국가 차원에서도 항만, 공항 등 노드로서의 기능

을 하는 시설에 대한 입지선정은 매우 중요한 결정이라고 볼 수 있다. 내륙화물기지 입지선정의 특징적인 것으로 공공의 이익을 반영하기 위한 경제성 분석에 대한 틀을 확보하는 것과 정성적인 고려사항을 포함한 다기준 분석방법의 적용이 주요사안이 되었다(Ahn and Lee, 2001).

본 연구에서는 1990년대 이후 정부에서 추진한 내륙화물기지 중 대구와 경북권에 추진한 영남권 내륙화물기지에 대한 추진과정에서의 입지분석에 적용된 방법과 특히 계층분석법에 적용된 과정에 대하여 소개하고자 한다.

본 연구는 2001년도 선문대학교 교내학술연구비 지원을 받았음.

\* 연락처자 : 변의석 교수, 336-708 충남 아산시 탕정면 갈산리 100 선문대학교 지식정보산업공학과, Fax : 041-530-2926,  
e-mail : esbyeon@sunmoon.ac.kr

2002년 10월 접수, 3회 수정 후 2003년 1월 게재 확정.

## 2. 물류시설 입지선정 이론적 고찰

전통적으로 입지이론은 물류시설의 보관과 운송에서의 비용 최소화와 관련된 모형으로 발달되었고 특히 거점수에 따라 결과가 달라지는 등 다양한 연구가 이루어지고 있다(Yang, 2000). 국내에서는 정부차원에서 공공적인 성격을 포함한 내륙화물기지에 대한 구축을 해왔다(Byeon *et al.*, 2000).

공공시설 입지이론에 대한 모형으로 윤대식과 윤성순(1998)은 베버(Weber) 모형과 롤즈(Rawls) 모형 및 입지배분 모형(location & allocation model)으로 구분하였다. 베버 모형과 롤즈 모형은 하나의 시설에 대한 최적 입지를 찾는 데 제한적으로 이용될 수 있으며 입지배분 모형은 몇 개의 시설을 입지시키는 데 주로 사용된다(Leem, 2002). 시카고 컨설팅(Chicago Consulting)의 웹사이트에서는 미국 내의 물류 네트워크상 가장 유리한 지점에 대해 1개에서 10개까지의 예를 제시하였다. 이러한 측면에서 최적이라는 것의 근본적인 질문인 개수와 병행문제가 대두될 수 있다.

물류시설의 입지선정과 관련하여 특정지점의 단일 물류시설에 대해 투자가 적절한지 혹은 여러 후보지 중 최적의 대안이 무엇인지에 대한 연구가 다양하게 전개되어 왔다. 특히, Stock과 Lambert는 후버(Hoover)의 물류시설 입지선정에 대한 거시적 접근방법으로 최종 수요자에 근접한 시장근접방식, 생산지에 근접한 시설, 그리고 중간지점에 위치한 절충형 등 세 가지 방식을 제시하였다(Stock and Lambert, 2001).

라슨(Larson)은 시설위치결정문제(Facility Location Problem)를 평균거리 최소화문제(median problem), 최대통행거리 최소화문제(center problem), 요구조건 최적화문제(requirement problem)로 분류하였다. 베버 모형은 비용 최소화 이론적 근거를 가지고 최적 입지를 총수송 비용이 최소화되는 지점으로 산업시설까지의 원자재 수송과 최종재를 수요처에 수송하는 비용의 합을 최소화하는 것을 목표로 한다. 물류시설 또는 센터를 생산시설과 시장 사이에 바늘의 균형점을 찾는다는 이론에서 균형점 접근방법(Center-of-Gravity Approach)이 있다(Stock and Lambert, 2001).

미시적인 관점에서 보면 세부적인 요소들이 분석 대상이 된다(Kaiser *et al.*, 1995). 대상지 주변의 운송회사 유무, 노동인력 수급 용이성 및 임금수준, 확장가능성, 주변여건, 공사비, 지방세 등이 대상이 되고(Chapin and Kaiser, 1979) 특히 공공 물류시설의 경우 시설의 특징, 서비스 성격, 화물터미널과의 근접성, 통신시설 이용 가능성 등도 고려대상이 된다(Stock and Lambert, 2001). 슈메너(Schmenner)는 지형적 측면과 엔지니어의 역할을 중시한 물류시설 입지선정 과정을 8가지 단계로 제시하였으며 최적화 모델의 적용으로 선형기법(LP)이나 혼합정수 프로그래밍기법, 네트워크 모델을 이용한 접근방식도 있다(Stock and Lambert, 2001).

배송중심지의 위치선정을 위한 연구(Oh, 1998)에서는 단일가중평균에 의하여 평균거리 최소화문제와 최대통행거리 최

소화문제를 결합시켰다. 최근, GIS를 활용한 기법이 늘어나고 있는데 최기주 외(2001)는 혼합정수계획법 및 지리정보시스템(GIS: Geographic Information Systems)을 활용하여 유류저장탱크의 입지선정을 하였고 입지선정에서의 근본적인 질문으로서 몇 개의 시설이 최적인가에 대한 분석도 병행하였다. 공공성을 감안한 내륙컨테이너기지 및 복합화물터미널은 다양한 품목을 취급하고 도로와 철도의 연계, 그 외에 지역의 균형발전 등을 고려하기 위해 계층분석법을 이용하였다(Hong *et al.*, 1995).

국내 공공 투자사업에 있어 계층분석법을 이용한 사례는 다양하다. 예비타당성조사 수행에 필요한 다기준 분석기법으로 정성적(qualitative)인 특성을 반영하도록 AHP기법을 소개하고 있다. 교통시설 투자분석에 있어 비용편익 분석과 더불어 다기준 분석방법에 대한 필요성이 대두되었고(Oh and Ahn, 1996) 예비타당성조사 수행을 위한 다기준 분석방법으로 한국개발연구원(KDI, 2000)에서는 계층분석법의 활용방법을 사례와 더불어 제시하였으며 교통개발연구원(KOTI, 2001)에서도 종합평가기법으로 계층분석법을 제시하였다. 또한, 박현과 고길곤(2002)은 도로, 철도사업에 대한 타당성에서 AHP기법을 적용하였고 응답객관성을 위해 연구책임자 집단과 공동연구자 집단을 나누어 평가, 분석하였다. Lee(1998)는 경부고속철도 대구~경주~부산 구간의 노선에 대한 비교평가를 계층분석법을 통해 제시하였다.

중부·영남·호남권 복합화물터미널 입지선정을 위한 조사연구(Hong *et al.*, 1995)에서는 수준을 3단계로 나누어 수준 1은 입지선정, 수준 2는 시설적 측면, 경제적 측면, 법적 측면 3가지로 분류하였다. 시설적 측면은 교통시설, 기반시설, 주요 시설물로 경제적 측면은 지가, 단지조성여건, 지장물 및 환경, 법적 측면은 용도지역, 토지이용현황, 개별법 등 제한사항 등 총 9가지로 나누었다. 본 연구에서는 엔지니어링 관련항목과 개발과 연관된 미시적 접근방식에서의 고려사항을 포함하여 분석하였다. 먼저, 주택개발지역의 불량도 판단기법의 하나로써 영국에서 많이 사용되고 있는 요소수방법을 1, 2차 선정시 채택하였다. 위성사진을 포함하여 엔지니어링 지도, 지형도, 재산, 기타 참고지도 등 다양한 자료를 바탕으로 한 지도를 참고로 할 수 있고 최종결정을 위한 기초자료로서 제공된다(Chapin and Kaiser, 1979). 후보지 선정조건별로  $S=1/50,000$  지형도에 투사지를 얹어 분석한 후 각각의 선정조건이 표현된 투사지를 중첩하여 중첩도를 작성하고 겹쳐지는 문제지역을 제외함으로써 개발가능지를 선정한다. 이는, 1999년에 수행한 중부권 내륙화물기지 입지선정의 사례에서도 같은 방식을 적용하였다(Ahn and Lee, 2001).

이외에 국내에서 계층분석법을 이용한 입지선정 사례는 유통단지 개발에서 찾을 수 있다. 기능상 물류시설 외에 다양한 시설이 들어가므로 다소 결정요인의 차이는 있을 수 있으나, 기본적으로 물류시설이 추가 되므로 그 분석방법은 유사하다. 경북북부 유통단지(KOTI, 1999)에서는 대분류로 물리적 환경,

인문사회환경, 기타 등 세 가지로 분류하고 중분류로는 물리적환경을 교통접근성, 후보지여건 1, 후보지여건 2 등 세 가지로 나누었다. 최종 소분류로는 총 17개로 분류하였다. 서울시 유통단지 개발계획(KOTI, 1999)에서는 교통접근성, 배후지역, 용지조건, 기타의 대분류 4항목, 15개의 중분류 항목으로 분류하였다. 중분류 항목으로는 교통접근성에 고속도로, 국도, 철도, 공항, 배후지역에 배후도시 규모, 배후도시 접근성, 용지조건에 지가, 확장가능성, 토지여건, 용도지역, 기타에 유통시설의 중복성, 농수산물시설 인접성, 기존계획과의 정합성, 진출입 도로여건, 환경·민원 등이다. 또한, 진주광역시유통단지(KOTI, 2000)의 경우 배후도시 규모 대신 산업단지와의 접근성, 유통시설의 중복성 대신 기반시설 확보 용이성을 포함시키고 있다. 이와 같이 일부 요인에 대하여 차이는 있으나, 전반적으로 비슷한 항목을 취하고 있고 시설의 용도 및 지역의 특성에 따라 일부 항목의 조정이 이루어짐을 알 수 있다.

### 3. AHP를 이용한 분석과정

계층분석법(AHP)은 의사결정문제를 계층구조로 정리하여 최적 대안을 도출하는 의사결정방법으로서 사피(Thomas L. Saaty)에 의해 개발되었다(Lee, 1998). Sule(2001)은 AHP 기법을 퍼지이론(Fuzzy Logic)의 발전된 형태로 시설입지선정에서 정성적인 분석을 위한 대표적인 분석방법으로 제시하고 있다. Saaty와 Vargas(2000)는 시장선호도, 교량의 선정, 선상에서의 도박장 허가 여부, 수술방법의 선택, 대학원 입학전형 방법 등 다양한 분야의 적용을 제시하고 있다. 지리정보시스템(GIS)을 AHP와 접목하여 천연자원과 환경 관련 정책결정에도 적용을 하고 있다(Schmoltdt et al., 2001).

계층적 분석과정은 최종 목표, 단계의 구분, 단계별 평가기준, 대안 등으로 구성되며, 기준과 단계들은 의사결정 유형에 따라 매우 다양하다. 의사결정자는 각 평가기준에 상응하는 상대적 중요성과 대안의 각 평가기준에 대한 대안의 선호도를 결정하고, 이를 토대로 하여 최종적으로 각 대안에 대한 전반적 선호도를 도출한다. 최적 대안의 선택은 각 대안의 속성 수준에 각 속성별 가중치를 곱하여 대안별 최종값을 계산하여 이러한 최종값이 가장 큰 대안을 선택하게 된다(Noh, 1999).

일반적으로 평가기준에 대한 상대적 중요도는 일련의 쌍대비교(pairwise comparison judgement)를 통해서 도출하며, 전반적

표 1. 각 요인의 중요도

구분	A	B	C	D	중요도
A	$a_{11}$	$a_{12}$	$a_{13}$	$a_{14}$	$w_1$
B	$a_{21}$	$a_{22}$	$a_{23}$	$a_{24}$	$w_2$
C	$a_{31}$	$a_{32}$	$a_{33}$	$a_{34}$	$w_3$
D	$a_{41}$	$a_{42}$	$a_{43}$	$a_{44}$	$w_4$

인 계층적 분석과정기법의 개발과정은 다음과 같다(Saaty and Vargas, 2001).

첫째, 문제를 정의하고 분석대상을 파악한다. 문제를 의사결정자의 관점에서 최종 목표에 해당하는 최상위 수준과 중간 수준, 그리고 실질적인 대안인 하위 수준으로 계층화한다.

둘째, 각 하위 수준에 대해서 일련의 쌍대비교 행렬을 작성한다. 쌍대비교 행렬은 평가요소간 우월성을 나타내는데 정수 형태로 기록한다. 즉,  $n$ 개의 속성으로부터 2개씩 비교하며 그 상대적 중요성 또는 선호도는 1부터 9 사이의 실수로 행렬을 표시한다. 예를 들어  $n \times n$  행렬 A의  $(i, j)$ 번째 성분을  $a_{ij}$ 로 표시한다면,  $a_{ij}$ 는 속성  $a_i$ 의 속성  $a_j$ 에 대한 상대적 중요성을 나타낸다. 중요도의 평가기준은 1~9까지의 홀수를 사용하고, 두 홀수 사이에 짝수를 도입하여 한정된 등급 내의 적절성을 유지하도록 한다. 만일 A요소가 B요소보다 우월하면 A열과 B행이 만나는 곳에는 그 역수를 기입하고, 서로의 우월성이 같을 경우에는 두 곳 모두 1의 값을 기입한다.

중요도의 평가기준은 1~9까지의 홀수를 사용하고, 두 홀수 사이에 짝수를 도입하여 한정된 등급 내의 적절성을 유지하도록 한다. 만일 A요소가 B요소보다 우월하면 A열과 B행이 만나는 곳에는 그 역수를 기입하고, 서로의 우월성이 같을 경우에는 두 곳 모두 1의 값을 기입한다. 각 요인이 일관성 있게 평가 되었을 경우,  $a_{ij}$ 는  $w_i/w_j$ 와 동일하게 된다.

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} w_j / w_i = n$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} w_j = n w_i$$

셋째, 고유값(eigenvalue)을 이용하여 평가기준의 일관성을 검증한다. 임의의  $n$ 에 확률적으로 생성된 일관성지표(consistency index, CI)와 최대고유값(maximum eigenvalue,  $\lambda$ )으로부터 일관성비율(consistency ratio)을 계산한다. A의 최대고유값인  $\lambda_{max}$ 는  $Aw = \lambda w$ 에서 도출한다. 최대고유값을 이용하여 다음과 같이 일관성지수를 구하고 무작위지수(random index)와의 비율에 따른 일관성비율을 구한다.

표 2. 행렬의 크기와 무작위 일관성지표

행렬의 크기	일관성 지수
1	0.00
2	0.00
3	0.58
4	0.90
5	1.12
6	1.24
7	1.32
8	1.41
9	1.45
10	1.49

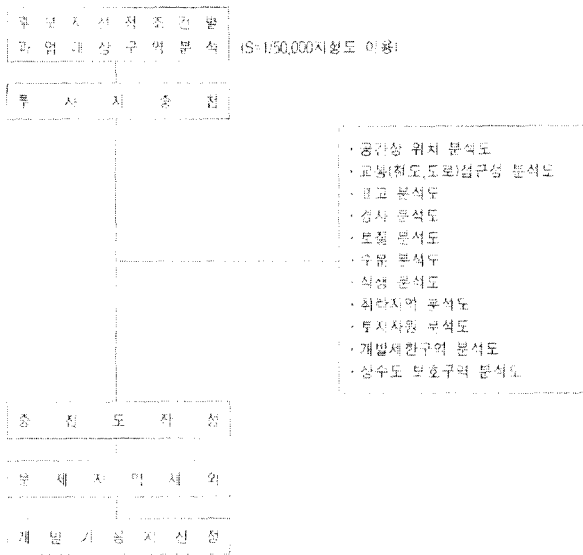


그림 1. 개발가능지 선정방법.

$$A_{max} = \sum_{j=1}^n a_{ij} w_j / w_i$$

$$\begin{aligned} \text{일관성비율} &= \frac{\text{일관성지수}}{\text{무작위지수}} \\ &= \frac{A_{max} - n}{n-1} \times \frac{1}{\text{일관성지수}} \end{aligned}$$

일관성비율의 값이 작을수록 판단의 일관성이 크며, 사피(Satty)에 따르면 일관성비율이 0.1보다 클 경우 평가기준의 일관성이 상실된 것으로 간주한다. 여기서 무작위지수는 1에서 9까지의 정수들을 무작위로 추출하여 역수행렬을 작성한 후 일치지표를 구한 것으로 표본 500개로부터 일관성지수를 구하여 평균한 값이다(Lee, 1998). 각 평가기준의 가중치를 이용하여 고유벡터(eigen vector)의 가중치를 구하고, 계층구조 내 최하위 수준과 관련된 고유벡터의 가중치들 합계를 도출한다.

#### 4. AHP를 이용한 영남권 내륙화물기지 입지선정

내륙화물기지는 복합화물터미널과 내륙 컨테이너기지를 포함하는 시설이다. 복합화물터미널은 두 가지 이상의 수송수단을 이용할 수 있는 물류시설이고 내륙 컨테이너기지는 통관기능을 포함하여 도로와 철도가 필수적인 시설이다.

건설교통부에서는 90년대 이후 전국의 5대 거점에 복합화물터미널과 내륙 컨테이너기지 건설계획을 수립하고 현재 진행 중이다. 영남권 내륙화물기지는 현재 운영되고 있는 수도권과 부산권 내륙화물기지와 중부권, 호남권과 함께 전국 5대 내륙화물기지 중 하나이다. 건설교통부에서 『중부·영남·호남권 복합화물터미널 및 내륙 컨테이너기지 건설기본계획을 수립하여 중부·영남·호남권 복합화물터미널 및 내륙 컨테이너기지 4개 시설에 대한 민자유치시설 사업기본계획을 고시(1998.

2. 6.)하였다. 고시 후 사업자 신청이 없어 영남권 내륙화물기지의 조성여건 변화를 고려하여 1998년 10월 타당성 검토 및 후보지 선정작업을 시작하였다.

본 장에서는 영남권 내륙화물기지를 위한 개발가능지의 선택, 요소수방법을 통한 3~4개소의 후보지 선정, 이후 계층분석법을 통한 최적지 선정과정을 다루었다. 또한, 2001년 대구시의 요청에 따라 추가 후보지를 포함한 최적지 선정과정도 소개하고 있다. 99년에는 가중치 결정에 있어 단순하게 점수화하였으나 2001년도 분석에서는 쌍대비교를 통해 가중치를 결정하였다.

#### 4.1 AHP를 이용한 후보지 선정과정

내륙화물기지는 공공성을 띤 사업으로 경제성 분석과 함께 비용 최소화만이 아닌 다양한 계량적, 정성적 요인의 고려가 불가피하다. 개발가능지에 대한 선택과 최종후보지 입지선정 과정은 유사한 경우에 공통적으로 이용될 수 있을 것이다. 개발가능지는 해당 지역권역의 물류시설에 대한 소요규모 산정에 따른 면적을 기준으로 하여 미시적 측면에서의 여러 기준에 따라 개발가능지를 선정한다. 선정된 개발가능지는 요소수방법을 통하여 몇 개의 후보지로 압축한다. 보통 2~5개 정도의 후보지를 대상으로 다기준 평가기법의 하나인 계층분석방법을 이용하여 최적지를 선택하게 된다.

계층분석방법을 이용하기 위하여 대분류와 중분류의 항목 선정 과정이 필요하다. 일반적으로 산, 관, 학, 연 전문가의 브레인스토밍을 통해 항목을 선정한다. 또한, 전문가와 일반인의 의견을 통해 항목별 가중치를 선정한다. 항목별 가중치는 가산점수(scoring)나 쌍대비교(pairwise comparison)를 통해 정할 수 있다. 최종후보지 선정을 위해서는 수준별 평가항목에 대한 기초자료를 제공하여야 한다. 이때 객관적인 자료를 제공하는 것이 중요하다. 기본계획을 수립할 수 있을 정도의 자료 제공은 불가능하더라도 평가자들이 경험에 따라 차별화된 점수를 매길 수 있는 자료를 제공하는 것이 중요하다. 평가자의 선정도 리스트를 작성하여 무작위로 추출하여 불만의 소지를 없애는 것이 여러 그룹이 참여하게 대답하는 의사결정에서는 매우 중요하다.

#### 4.2 요소수방법을 이용한 후보지 선정

개발가능지를 선정하기 위해 법적, 일반적, 세부적 기준에 따라 95년도 연구(Hong et al., 1994)에 따른 개략규모로 25~30만평의 후보지를 선정하였다. 법적 기준으로는 화물유통촉진법 제24조 제3항에 따른 화물터미널사업 및 전용화물터미널설치·운영의 등록기준과 도시계획시설기준에 관한 규칙을 적용하고 일반적 기준으로는 대한국토학회의 「도시계획편람」, 한국토지공사의 「후보지 조사·선정 실무지도서」, 건설교통부의 「유통단지개발지침」을 사용하였다. 세부적인 기

준은 입지여건, 인문환경으로 나누고 입지여건에는 공간상 위치, 지형·지세, 토질, 수문, 식생으로 나누고 인문환경은 인구·가구, 토지이용, 교통, 공급처리시설로 나누었다(KOTI, 2001). 또한, 지형·지세에는 표고와 경사, 토지이용에는 토지자원, 토지이용, 지가, 지장물, 교통에는 철도, 도로로 나누어 자료를 취합하였다. 각 기준에 따라 근거를 제시하였는데 예를 들면 표고는 국유철도 건설규칙 11조, 식생은 자연환경보존법 제16조에 의거한 녹지보전을 위한 잠정기준, 지가는 97년 표준지 공시지가 등이다.

과업대상구역에 대하여 후보지 선정조건을 분석하여 개발가능지를 선정된 결과, 영남권 19개소가 도출되었다. 선정된 1차 후보지에 대하여 S=1/5,000 지형도, 현장조사, 그리고 관계기관 방문을 통해 수집된 관련자료 등을 종합적으로 재분석한 후 내륙화물기지 건설에 부적합하다고 판단되는 지역을 제외함으로써 2차 후보지를 선정하였다. 선정된 1차 후보지에 대하여 1/5,000 지형도, 현장조사, 그리고 관계기관 방문을 통해 수집된 관련자료 등을 종합적으로 재분석한 후 내륙화물기지 건설에 부적합하다고 판단되는 지역을 제외함으로써 2차 후보지를 선정하였다.

4.3 가산점수(Scoring)를 이용한 최종후보지 평가

계층분석법을 적용하기 위하여 대분류와 중분류로 구분하여 다수 기준에 따른 평가를 실시하였으며 최종후보지 평가를 위하여 영남권 3개 지역에 대한 평가항목에 따른 세부조사를 실시하였다. 이외에 사업예정부지의 내륙화물기지로서의 입지에 필요한 물류축상의 입지와 물류비 절감 측면에서의 비용을 분석하였다. <그림 2>는 입지선정을 위한 계층분석도이다.

내륙화물기지의 입지선정을 위한 3차평가는 1·2차 평가에서 선정된 3개의 사업부지 중 3지역에 대하여 수준 3까지 나누어 평가하였다. 최종 목표 수준 1은 최종 입지선정이며 대분류

수준 2에서는 교통접근성, 배후지역조건, 용지조건, 기타로 나누었다.

중분류인 수준 3에서는 각 대분류의 특성을 나타낼 수 있는 요소를 가지고 분석하였다.

입지선정 과정에서의 가장 큰 특징으로 지자체간 유치경쟁에 따라 지역여건을 보다 면밀히 반영하기 위하여 지역전문가와 지자체 대표인으로 구성된 검증단을 조직하였다. 이는 평가를 위한 기초자료의 객관성을 각 지자체의 대표자와 정부측에서 추천한 전문가들로 구성되었다. 검증이 필요한 평가항목에 대해서 검증단에서 평가자료를 면밀히 검증 후 합의한 자료를 평가에 반영하였다. 검증단은 지자체에서 추천한 각 2인, 연구진 2인, 외부전문가 2인을 포함하는 총 8인으로 구성하였다. 검증단은 지자체에서 제출한 자료를 포함하여, 후보지 현장방문을 통해 자료를 작성하였다. <표 3>은 사업예정부지 평가항목과 기준을 설명하고 있다.

사업예정부지 입지선정 여건인 대분류와 중분류의 가중치는 10인의 전문가 집단에게 각 항목별로 설문 조사하였다. 전문가 집단에게 설문조사시 대분류와 중분류의 경우 100점 만점을 기준으로 각 수준간 항목별로 점수화하도록 하였다. 각 항목별 가중치의 편차를 줄이기 위하여 최고 점수와 최저 점수를 제외한 평가점수를 산술평균하였다.

각 후보지에 대한 평가는 검증단에서 작성한 자료와 후보지 여건을 나타내는 상황도를 10인의 평가단이 '상·중·하'로 평가하여 '상'은 3점, '중'은 2점, '하'는 1점을 주어 전문가 집단의 점수를 산술 평균하였다. 다음의 <표 4>는 이러한 과정을 거쳐 나온 각 평가항목에 대한 영남권 사업예정부지별 조사결과이다.

1차와 2차에서 검토된 후보지들 중 경북 김천시 향천리와 경북 김천시 대신리, 경북 칠곡군 금호리 영남권 3개 지역이 선정되었다. 이 3개 지역 중 내륙화물기지의 입지에 최적인 곳을 선정하기 위하여 계층분석법을 이용한 입지선정을 하였다. 계층

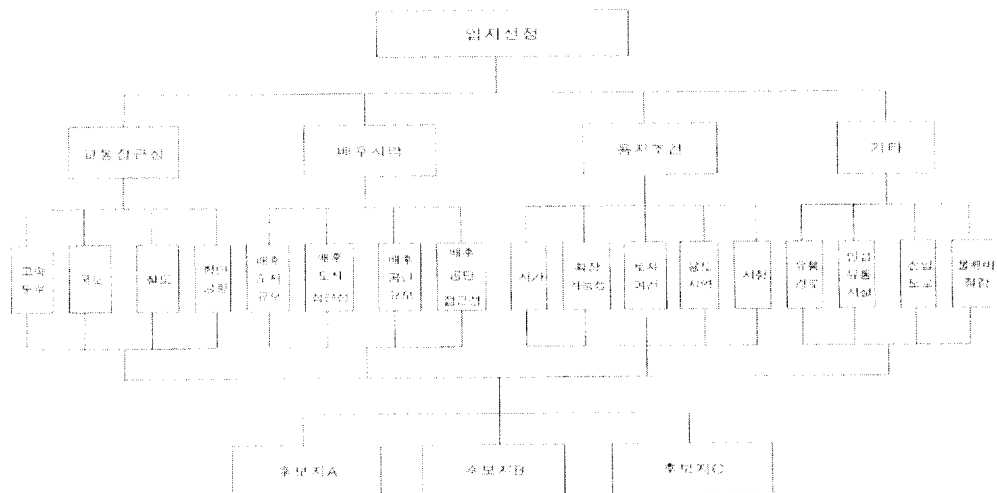


그림 2. 평가항목에 따른 계층도.

표 3. 사업예정부지 평가항목

평가항목		평가기준
대분류	중분류	각 후보지로부터 고속도로까지의 거리를 기준
교통 접근성	고속도로	각 후보지로부터 국도까지의 거리를 기준
	국도(지방도)	각 후보지로부터 인입 철도역까지의 거리를 기준(실제 계획상) 단, 각 후보지별 철도인입 여건(경부선 본선과 인입선 교차시 입체화 고려)을 거리 뿐만 아닌 인입여건을 비교함
	철도	각 후보지로부터 항만 또는 공항까지의 거리를 기준
	항만(공항)	후보지에서 반경 50km 이내 위치한 시·군(시·군청 기준)에서 후보지까지의 실제 이동거리(같은 시에 위치한 시·구청도 모두 기입)
배후지역	배후도시 규모	후보지에서 반경 50km 이내 위치한 공단의 종사자수 등
	배후공단 접근성	후보지에서 반경 50km 이내 위치한 시·군(시·군청 기준)에서 후보지까지의 실제 이동거리(같은 시에 위치한 시·군청도 모두 기입) - 접근성의 경우 고속도로와 국도를 위주로 이동하는 것으로 하며, 고속도로나 국도가 없는 경우, 지방도를 이용하는 것으로 함.
	배후공단 규모	후보지에서 반경 50km 이내 위치한 공단의 종사자수 등
	배후공단 접근성	후보지와 후보지에서 반경 50km 이내 위치한 산업단지(국가·지방산업단지, 농공단지)와의 실제 이동거리 - 접근성의 경우 고속도로와 국도를 위주로 이동하는 것으로 하며 고속도로나 국도가 없는 경우, 지방도를 이용하는 것으로 함.
용지조건	지가	각 후보지의 개별 공시지가(97년도 기준)를 비교 - 국공유지를 제외한 개별사유지의 필지를 대상으로 면적식 산출방법을 사용하며 평균가격을 비교함 - 도로나 주거 등의 지복 중 사유지로서 개별공시지가가 표시되지 않은 경우는 인근 필지의 가격 수준을 고려하여 결정토록 함. - 전체 면적 중에 국공유지의 비율을 별도로 표시
	확장가능성	주변지역의 향후 확장가능성으로 토지획득의 용이함을 기준 - 각 후보지별 주변여건을 상세히 묘사함.
	토지여건	지장물 및 문화재 분포현황을 중심으로 개발가능성 평가
	용도지역	도시계획법상, 국토이용관리법 등 기타 법령상 용도지역
	지형	후보지의 지형, 토질 등을 고려한 조성여건 비교
기타	유통 네트워크 접근성	영남권의 물류이동축과의 접근성 평가
	인접 유통시설의 중복성	인접 유통시설의 규모 또는 거리
	진입도로 여부	내륙화물기지 건설에 따른 인접 접근로개설 여건 평가 - 고속도로 및 국도로부터의 거리 등
	물류비 절감효과	각 후보지별·시설별 물류비 절감효과 평가

분석법은 각 평가기준의 가중치를 계산하기 위하여 기하평균에 의한 가중치 결정방법을 사용하였다. 영남권 내륙화물기지 입지선정 평가항목의 가중치 및 각 후보지별 평가결과는 다음 <표 5>와 같다. 각각의 대분류 중분류간의 평가항목 정합도는 0.10 이하로 이 평가기준은 항목간에 충분한 정합성을 갖고 있다고 판단된다. 각 가중치 평가결과 후보지별 가중치의 총합을 비교하여 보았다. 계층분석 결과 경북 칠곡군 지천면 금호리가 0.391이며 경북 김천시 아포읍 대신리가 0.315, 경북 김천시 대항면 향천리가 0.294로 평가되었다. 위의 평가항목별 전문가 집단의 평가결과, 경북 칠곡군 지천면 금호리가 영남권 내륙화물기지로서 가장 적합한 입지로 선정되었다.

#### 4.4 쌍대비교 분석을 통한 최적지 선정

1999년 분석결과 영남권 내륙화물기지는 3개 후보지 중 경북 칠곡군 금호리 후보지가 최적지로 나타났으나 김천시의 지속적인 유치의사가 있었고 대구광역시에서는 대구종합물류단지조성사업에 대한 사업자유치활동을 전개하는 중이라 중복투자의 우려에 따라 사업추진을 연기하였다. 그 후 대구시는 사업 추진이 여의치 않자 다른 후보지들을 추가하여 선정할 것을 건설교통부에 요청하였다.

영남권 내륙화물기지의 후보지는 지난 1999년 11월에 선정된 3개 후보지인 경상북도 김천시 향천리, 경상북도 김천시 대신리 및 경상북도 칠곡군 금호리와 이번 연구에서 추가된 2개

표 4. 영남권 사업예정부지 내륙화물기지 평가항목 배점 결과

대분류	점수	중분류	점수	사업예정부지 평가		
				향천리	대신리	금호리
교통 접근성	29.4	고속도로	34.7	2.4	1.8	3.0
		국도	27.9	2.9	2.4	2.4
		철도	24.6	2.7	2.0	1.1
		항만(공항)	12.8	1.6	1.6	2.1
배후 지역	24.1	배후도시 규모	27.5	1.1	2.1	2.9
		배후도시 접근성	22.1	1.3	2.3	2.7
		배후공단 규모	27.9	1.3	2.0	2.9
		배후공단 접근성	22.5	1.9	1.7	2.9
용지 조건	30.9	지가	22.1	1.6	1.7	3.0
		확장가능성	18.1	1.3	2.1	2.6
		토지여건	16.7	2.8	2.6	1.5
		용도지역	24.9	1.8	1.6	2.6
기타	18.1	단지조성여건	18.3	1.5	2.9	2.8
		유통 네트워크상의 접근성	27.5	1.8	2.0	2.6
		인접 유통시설 중복성	25.6	2.0	2.3	1.9
		진입 도로여부	27.5	2.0	1.4	2.9
		물류비 절감	19.4	1.8	2.0	2.5

후보지인 대구

광역시 서구 이현동과 대구광역시 동구 괴전동을 검증 및 평가대상으로 하였다. 상기 총 5개 후보지에 대한 8인으로 구성된 검증단의 검증위원들이 현장검증 및 각 지자체에서 제출한 현황자료를 검증한 후 그 검증자료를 토대로 총 10인으로 구성된 평가단에서 후보지를 평가하였다. 영남권 내륙화물기지의 후보지 검증은 경상북도에서 추천한 2인과 대구광역시에서 추천한 2인을 포함한 총 8인으로 구성된 검증단의 현장검증 및 자료검증이 실시되었다.

대구광역시에서 제시한 두 개 추가후보지 중 소요 규모에 미달하는 후보지를 제외하여 4개의 후보지에 대해 계층분석법을 통해 최적지 선정에 하였다. 또한 그 평가결과를 계층분석법을 이용하여 각 평가항목별 가중치를 적용하여 최종후보지를 선정하였다.

본 연구에서는 학계, 연구계, 관계, 업계에 종사하는 30명의 물류분야 전문가를 대상으로 설문 실시한 결과 <표 6>와 같은 항목별 가중치를 얻었다. 행렬의 크기와 무작위 일관성 지표에서 행렬의 크기가 4×4인 경우 0.90이고 5×5인 경우 1.12이다. 대분류에 대한 일관성지표(CI)와 일관성비율(CR)은 각각 0.025, 0.028로 나타났다. 중분류인 교통접근성은 0.046, 0.051, 배후지역은 0.010, 0.011, 용지조건은 0.002, 0.002, 기타

표 5. 영남권 내륙화물기지 입지선정 평가기준 간의 평가결과

대분류	가중치	중분류	가중치	점수		
				향천리	대신리	금호리
교통 접근성	0.287	고속도로	0.099	0.033	0.024	0.042
		국도	0.080	0.030	0.025	0.025
		철도	0.071	0.033	0.024	0.014
		항만(공항)	0.037	0.011	0.011	0.014
배후 지역	0.235	배후도시 규모	0.065	0.012	0.023	0.030
		배후도시 접근성	0.052	0.011	0.019	0.022
		배후공단 규모	0.066	0.014	0.021	0.031
		배후공단 접근성	0.053	0.015	0.014	0.023
용지 조건	0.302	지가	0.067	0.017	0.018	0.032
		확장가능성	0.055	0.012	0.020	0.023
		토지여건	0.050	0.020	0.019	0.011
		용도지역	0.075	0.022	0.020	0.033
기타	0.177	단지조성여건	0.055	0.012	0.022	0.021
		유통 네트워크상의 접근성	0.049	0.013	0.015	0.020
		인접 유통시설 중복성	0.045	0.015	0.017	0.014
		진입도로 여부	0.049	0.015	0.011	0.022
		물류비 절감	0.034	0.010	0.011	0.014
총점	1.000	총점	1.000	0.294	0.315	0.391

요인은 0.034, 0.037로 나타났다. 이와 같이, 일관성지수를 검토한 결과 각 요인에 대한 가중치 결과는 채택 가능한 것으로 나타났다. 물류분야 전문가 30인을 대상으로 대분류 및 중분류에 대한 설문조사 결과에 따른 가중치를 사용하여 최종후보지 선정을 하였다. 물류분야 전문가 50여명에 대한 리스트를 가지고 각 지자체 담당자의 입회하에 무작위로 추출하여 다음날 오전에 평가가 가능한 10인을 선정하여 평가를 하였다. 총 4개 후보지에 대한 평가결과는 경상북도 칠곡군 금호리가 가장 높은 점수인 0.304를 얻어 내륙화물기지로서 가장 적합한 것으로 나타났다. 다음으로 대구광역시 동구 괴전동이 0.263, 경상북도 김천시 향천리가 0.219, 경상북도 김천시 대신리가 0.215 순으로 나타났다. 대구시 서구 이현동은 당초 후보지로 검증을 완료한 결과 영남권 내륙화물기지의 소요 규모에 훨씬 미치지 못하는 부지를 제공할 수 있어 본 평가에서 제외하였다. 본 평가분석에서는 AHP 분석 소프트웨어인 Expert Choice 8.0을 (Expert Choice, 1992) 이용하였으므로 10인 각 개인별 결과가 실

표 6. 쌍대비교를 통한 평가항목별 가중치

대분류	가중치 (A)	중분류	가중치 (B)	(A×B)
교통접근성	0.488	고속도로	0.525	0.256
		국도	0.140	0.068
		철도	0.203	0.099
		항만(공항)	0.132	0.064
배후지역	0.209	배후도시 규모	0.293	0.061
		배후도시 접근성	0.233	0.049
		배후공단 규모	0.246	0.051
		배후공단 접근성	0.227	0.047
용지조건	0.182	지가	0.299	0.055
		확장가능성	0.186	0.034
		토지여건	0.159	0.029
		용도지역	0.159	0.029
기타 요인	0.121	단지조성여건	0.197	0.036
		유통 네트워크상 접근성	0.261	0.032
		인접 유통시설의 중복성	0.201	0.024
		진입도로 여부	0.223	0.027
		불류비 절감효과	0.315	0.038

표 7. 평가자별 후보지 평가결과

평가자	지역			
	향천리	대신리	금호리	괴전동
A	0.241	0.215	0.275	0.269
B	0.206	0.191	0.332	0.271
C	0.239	0.233	0.274	0.254
D	0.232	0.216	0.310	0.242
E	0.203	0.218	0.341	0.239
F	0.214	0.194	0.297	0.296
G	0.216	0.183	0.326	0.275
H	0.222	0.214	0.306	0.258
I	0.197	0.232	0.309	0.262
J	0.210	0.235	0.299	0.256

제로 의미가 있다고 볼 수 있다. 이 결과는 <표 7>에 제시하였고, <표 8>은 10인의 결과를 단순합계를 통한 평균을 제시하였으므로 10인 전체를 묶어서 평가하는 방식은 복잡하고 고가의 소프트웨어를 이용해야만하므로 본 연구의 분석에서는 생략하였다.

1999년의 가중치를 이용하여 4개 후보지에 대한 평가결과 경상북도 칠곡군 금호리가 가장 높은 점수인 0.301을 얻어 내륙화물기지로서 가장 적합한 것으로 나타났으며, 위의 결과와 앞의 가산점(scoring) 방법과 동일한 것이다.

#### 4.5 후보지선정에 대한 토의

계층분석법을 이용한 내륙화물기지 선정에 있어 중분류별

표 8. 쌍대비교 가중치를 이용한 평가결과

대분류	중분류	김천향천리	김천대신리	칠곡금호리	대구괴전동		
교통접근성	0.488	고속도로	0.256	0.059	0.041	0.088	0.068
		국도	0.068	0.018	0.015	0.018	0.017
		철도	0.099	0.028	0.022	0.021	0.029
		항만(공항)	0.064	0.011	0.011	0.018	0.025
배후지역	0.209	배후도시 규모	0.061	0.008	0.016	0.019	0.019
		배후도시 접근성	0.049	0.009	0.011	0.014	0.015
		배후공단 규모	0.051	0.009	0.012	0.016	0.014
		배후공단 접근성	0.047	0.010	0.011	0.014	0.013
용지조건	0.182	지가	0.055	0.014	0.015	0.019	0.006
		확장가능성	0.034	0.007	0.010	0.013	0.004
		토지여건	0.029	0.007	0.009	0.009	0.005
		용도지역	0.029	0.008	0.008	0.009	0.005
기타	0.121	지형	0.036	0.009	0.010	0.009	0.007
		유통 네트워크상의 접근성	0.032	0.005	0.006	0.010	0.011
		인접 유통시설 중복성	0.024	0.005	0.005	0.007	0.008
		진입도로 여부	0.027	0.006	0.005	0.009	0.007
		배송, 수송비 절감	0.038	0.007	0.008	0.013	0.010
합계	1.000	합계	1.000				
총 계			0.219	0.215	0.304	0.263	

후보지 평가점수의 단순비교(scoring)와 쌍대비교에 의한 영남권 후보지의 평가기준에 대한 배점을 비교한 결과 경북 칠곡군 금호리가 우수한 것으로 평가되었다.

김천시의 후보지들은 산업단지와의 연계가 용이한 공급자 측면이 강조될 수 있었으나, 복합화물터미널과 내륙컨테이너 기지의 경우 배후도시인 대구광역시의 근접도에 의해 점수차이가 두드러져 시장접근(Market-Oriented) 위주의 특성이 나타남을 알 수 있다. 대구시의 후보지는 지가를 고려할 때 타 후보지에 비해 현격히 불리하나 대구시와의 인접성으로 김천시보다 오히려 높은 점수를 받았다.

분류기준으로 채택되지 못한 항목으로 지역주민의 찬성/반대 여부와 지역균형발전 여부가 있다. 이는 지자체간 유치과 열과 주민들이 향후 보상비에 대한 기대심리에 따라 유치반대



를 하는 경우가 있어 객관적인 기준을 마련하기 어려웠다. 지역균형발전도 채택될 수 있는 항목이나 지자체간의 갈등에서 항목선정 자체가 평가를 불가능하게 할 수 있어 전문가들의 항목선정시 제외되었다.

## 5. 결론

본 논문에서는 개발단계에서 비용과 추진일정에 직접 영향을 주는 미시적 관점에서의 입지여건을 고려하고 추진상에 나타날 수 있는 다양한 요소들을 고려한 계층분석법을 통한 입지선정 사례를 제시하였다. 내륙화물기지는 특성상 도로와 철도를 포함하는 복합운송의 기지로서 통관업무 등 공공의 업무를 포함하고 있다. 특히, 항만의 적체에 따라 내륙에 화물기지를 건설하는 정부사업의 특성상 비용절감이라는 단일 목표만이 평가대상은 아니다.

다양한 품목의 화물처리와 도로와 철도의 연결, 정부차원의 추진 등에 따라 공공성이 가미된 물류시설의 입지선정에는 지자체간의 과열경쟁, 주민의 유치의사나 반대, 지역균형발전 등 다양한 요소들을 검토해야 할 필요가 있다.

계층분석법에 대한 비판으로 계층화 과정의 이론적 틀이 존재하지 않고 가중치 산출법에 대한 의견통일이 이루어지지 않는 것에 대한 비판이 있다(Noh, 1999). 본 논문에서도 나타났듯이 가중치를 결정함에 있어 점수를 그대로 인정하는 백분율에 비해 쌍대비교에 의한 방법에서 교통접근성과 중분류로서 고속도로와의 인접성이 월등히 높은 점수를 보여줄을 알 수 있다. 이러한 문제점은 의사결정기법의 공통적 문제로서 향후 연구에서 요인분석(Factor Analysis)과의 비교, 검토가 이론적인 측면에서 이루어질 수 있을 것이다.

## 참고문헌

- Ahn, S. B. and Lee, T.H. (2001), Freight terminal site selection using the Analytic Hierarchy Process; a case study on the Chungbu freight terminal, *Proceedings of 9th WCTR*, July.
- Byeon, E. S. and Lee, J.Y. (2000), Location problem of inland container depot using analytic hierarchy process, *Proceedings of KIEE*, November.
- Chapin, F. and Kaiser, E. (1979), *Urban Land Use Planning*, 3rd Edition, University

of Illinois Press.

- Choi, G.J., Kim, S.H. and Shin, G.W. (2001), Oil tank location problem solving with mixed integer programming & GIS, *Journal of Transportation Research Society of Korea*, 19(5) 99-108.
- Expert Choice, Inc.(1992), *Expert Choice 8.0: User Manual*, Expert Choice, Inc., Pittsburg.
- Hong, S.W. (1994), Feasibility study of complex freight terminals in Chungbu, Youngnam and Honam, *KOTI*.
- Hong, S.W. and Min, S.K (1995), Study of survey for complex freight terminals in Chungbu, Youngnam and Honam, *KOTI*.
- Kaiser, E., Godschalk, D. and Chapin, F. (1995), *Urban Land Use Planning*, 4th Edition, University of Illinois Press.
- KDI(2000), Multi-criteria analysis for pre- feasibility study.
- KOTI(1999), The feasibility study and master planning of distribution center in northern kyungbuk, February.
- KOTI(1999), The development planning and model program for distribution center in Seoul, November.
- KOTI(2000), The master planning of distribution center in Jinju, October.
- KOTI(2001), The principle of investment evaluation for transportation facilities, January.
- KOTI(2001), The survey and master planning of ICD in Youngnam, May.
- KOTI(2001), The study of site selection in Youngnam ICD, July.
- Lee, S. (1998), Analytic Hierarchy Approach for Transport Project Appraisal: An Application to Korea, *Ph.D. Dissertation*, University of Leeds, U.K.
- Leem, Y. T. (2002), An Obnoxious facility location model with an application to incinerators in the Seoul Metropolitan Area, *Ph.D. Dissertation*, Yonsei University.
- Noh, H. J. (1999), *Analysis of Policies for Planning and Decision Making*, Parkyoung.
- Oh, J.H. and Ahn, S.B.(1996), The establishment of analysis for transportation facilities in investment, *KOTI*.
- Oh, S. C. (1998), Location determination model for distribution center, *Journal of Transportation Research Society of Korea*, 16(4), 213-218.
- Park, H. and Ko, G. G. (2002), Analysis of characteristics for decision making in transportation facilities, *Proceedings of Korea Transport Policy*, 49-70.
- Saaty, T. and Vargas, L. (2001). *Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process*, Kluwer Academic Publishers.
- Schmoldt, D., Kangas, J., Mendoza, G. and Pesonen, M. (2001), *The Analytic Hierarchy Process in Natural Resource and Environmental Decision Making*, Kluwer Academic Publishers.
- Strock and Lambert(2001), *Strategic Logistics Management*, McGraw-Hill, Inc.
- Sule(2001), *Logistics of Facility Location and Allocation*, Marcel Dekker.
- Yang, B. H. (2000), Development of a package for the multi-location problem by genetic algorithm, *IE Interfaces*, 13(3) 479-485.
- Yoon, D. S. and Yoon, S. S. (1998), *Theory of City Models*, Hongmun.
- <http://www.chicago-consulting.com/10best.htm>
- <http://www.expertchoice.com>



### 안승범

연세대학교 건축공학과 학사  
미국 Virginia Tech 도시지역계획학 석사  
미국 Virginia Tech 교통공학 박사  
현재: 교통개발연구원 책임연구원  
관심분야: 물류정보, 위험물수송, LBS



### 김의준

연세대학교 건축공학과 학사  
연세대학교 건축공학과(도시계획) 석사  
미국 Cornell Univ. Regional Science Ph.D.  
현재: 연세대학교 도시공학과 부교수  
관심분야: 도시 및 지역경제학, 도시 및 지역  
이론 공공투자정책



**변 의 석**

한양대학교 산업공학과 학사

미국 University of Pennsylvania 시스템공학 석사

미국 Lehigh University 산업공학 박사

현재: 선문대학교 지식정보산업공학 주임교수

관심분야: 물류정보시스템, ERP, CALS