

# GIS를 이용한 고용입지환경분석

신상영

서울시정개발연구원

## 1. 서론

최근 미국 대도시들에서 오피스활동을 중심으로 고용분산화(employment decentralization)가 급속히 이루어지면서 '엣지시티(edge city)', '교외다운타운(suburban downtown)' 등으로 불리는 교외지역 고용중심지에 대한 관심이 높아졌다. 이러한 연구들은 특히 스프롤(sprawl)로 대변되는 토지과소비적인 외곽개발로 인한 환경훼손, 교통문제, 중심도시의 침체 등의 문제와 연관되어 지난 십여년간 활발히 이루어졌다(Cervero 1989; Hartshorn & Muller 1989; Giuliano & Small 1991; Garreau 1992; Lang 2000).

경제활동이 집적된 고용중심지들의 도시공간상 중요성을 고려할 때 교외고용중심지에 대한 연구는 도시성장관리를 위한 중요한 정책적 함의를 제공할 수 있다. 그러나 이러한 연구들은 고용중심지의 경계설정에서 있어 자의성, 집계적(aggregate) 분석으로 인한 설명적 지표로서의 한계 등 몇가지 방법론적인 문제점을 내재하고 있다.

본 연구는 기존연구의 한계를 보완하기 위한 방안으로 비집계적(disaggregate) 조사자료와 지리정보체계(geographic information systems; GIS) 기술 및 고해상(fine-grained) GIS자료의 이점을 심분활용하여 고용중심지내의 사업체 각각에 특정화된 공간적 지표를 측정하고 이를 그곳에서 근무하는 종사자들의 통근통행행태를 설명하는 과정을 제시하고자 한다. 이를 위하여 미국 달라스-포트워스 대도시지역(metropolitan Dallas-Fort Worth)의 270개 사업체의 입지환경적 특성(입지, 토지이용, 교통 등) 및 그곳에 근무하는 7,220 종사자들의 통근통행행태(통행시간 및 교통수단)를 사례연구대상으로 하였다.

## 2. 방법론적 이슈: 변형가능한 공간단위문제와 생태학적 오류

다수의 경제활동이 공간적으로 집적된 고용중심지들을 분석단위로 하여 그 경제적, 공간적 특징을 분석하고 이에 근거하여 고용중심지내 개별 사업체들에 근무하는 종사자들의 통근통행행태를 설명하려고 할 경우 방법론적으로 '변형가능한 공간단위문제(modifiable areal unit problem)' 및 '생태학적 오류(ecological fallacy)'의 문제가 발생한다. 예를 들어, 교외지역 고용중심지들은 일반적으로 도심지에 비해 밀도가 낮고 도로여건이 양호하고 슈퍼블럭(super block)에 주차여건도 양호한 등 자동차친화적인 토지이용패턴을 갖기 때문에 그곳에 위치한 사업장들에 근무하는 종사자들은 도심지 사업장 근무자들에 비하여 보다 자동차의존적인 경향이 있다는

가설이 있다고 하자. 이를 검증하기 위한 첫 번째 작업은 고용밀도나 산업활동구성과 같은 지표에 근거하여 도시지역내 고용중심지들을 확인하는 것이다. 대부분의 기존연구들은 사업체 자료들이 행정구역이나 센서스조사단위(예: census tract, block group, transportation analysis zone)를 단위로 집계화되어 있기 때문에 이러한 이미 주어진 공간단위를 사용하여 고용중심지를 확인하고 경계를 설정한다. 문제는 행정구역이나 센서스조사단위들이 반드시 연구대상에 맞게 내적 동질성이나 기능적 통합성을 갖는다는 보장이 없다. 이러한 공간적 단위의 자의적 설정에 따른 분석결과의 타당도 문제를 변형가능한 공간단위문제라 한다(Openshaw & Taylor 1981).

고용중심지들이 어떤 납득할만한 기준에 근거하여 확인되었다 하더라도 문제는 여전히 남는다. 고용중심지 각각의 밀도, 산업구성, 가로패턴, 접근성 등 공간적 특징을 나타낼 수 있는 차원들을 확인하고 구체적인 지표들을 동원하여 측정된 후 각각의 중심지내 사업체들에 근무하는 종사자들의 출퇴근시 자동차이용정도를 설명한다고 하자. 문제는 토지이용지표들이 설명하려고 하는 근로자 개개인에 특정화된 지표들이 아니라 고용중심지 수준에서 집계화된 지표들이기 때문에 정확한 지표들이라 볼 수가 없고 개개인의 행위를 추론하려고 할 경우 생태학적 오류의 문제가 발생한다(King 1997).

변형가능한 공간단위문제 및 생태학적 오류 문제를 극복하기 위해서는 공간분석을 위한 기초자료가 비집계적(disaggregate)이어야 하며, 측정 또한 개개인의 행위자에 특정화된 '맞춤형(customized)' 지표들이 필요하다. 그러나 기존의 통계자료들은 개인정보보호 등 여러 가지 현실적인 제약으로 인하여 이미 주어진 공간단위에 근거하여 집계화된 상태에서 구득가능하기 때문에 원천적으로 불가능한 경우가 대부분이다.

하나의 대안적인 방법은 설문조사단계에서부터 근로종사자 개개인의 사회경제적 특성 및 통행행태를 조사하는 것 뿐만 아니라 위치정보까지 기록하여 이를 근거로 GIS 자료를 사용하여 이들 종사자가 근무하는 사업체의 입지적, 토지이용적 특성을 측정하는 것이다. 최근 고해상 GIS 자료의 보급과 분석기술의 향상은 보다 정확하고 정밀한 분석을 가능케 한다.

### 3. 사례분석

#### 1) 사례분석주제

이번 장에서는 앞서 논의되었던 방법론적 문제들이 실제연구에서 어떻게 극복되고 있는가를 미국 달라스-포트워스 대도시지역내 사업체들에 대한 설문조사자료 및 GIS 자료를 이용하여 시험하고자 한다. 분석주제는 사업체의 입지 및 토지이용패턴이 종사자들의 통근시 통행시간 및 통행수단선택에 어떤 영향을 미치는가 하는 것이다. 최근 십여년간 미국에서는 압축도시(compact cities), 직주균형(jobs-housing balance), 전통근린개발(traditional neighborhood development), 대중교통중심개발(transit-oriented development) 등 다양한 계획이론들이 스프롤을 막고 자원절약적인 도시성장을 유도하기 위하여 제안되었다. 이와 관련하여 논의의 큰 축을 형성하는 부분이 토지이용정책을 통하여 지나친 자동차의존과 장거리 통행, 그로 인한 대기오염과 기반시설부담을 줄이는 문제이다(Newman & Kenworthy 1989, Downs 1992; Giuliano 1992; Gordon & Richardson 1997). 본 연구는 이러한

문제에 대한 접근방법의 한 예가 될 수 있을 것이다.

## 2) 자료

달라스-포트워쓰지역의 대도시지역계획기구(metropolitan planning organization)인 북중텍사스계획기구(North Central Texas Council of Governments)로 부터 입수한 1994 사업체 표본설문조사(270개 사업체 및 7,220명 종사자에 대한 조사자료)와 동계획기구가 구축한 GIS데이터베이스(인구, 고용, 토지이용, 주택, 도로망 등 포함)를 분석자료로 사용하였다. 참고로 사업체 표본은 입지, 산업유형, 규모 등이 고려된 층화 무작위추출에 의해 선정되었다.

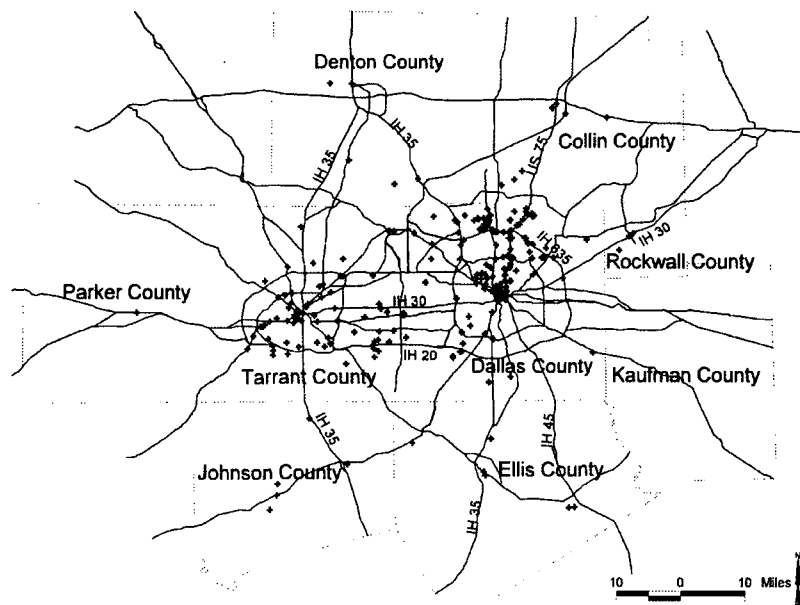


그림 1. 달라스-포트워쓰 대도시지역내 270개 사업체 입지분포

## 3) 고용입지환경의 측정방법

고용입지환경의 분석은 기존 연구들의 센서스지역 등 집계화된 공간단위에 근거한 고용중심지분석에서 제기되는 오차문제를 극복하기 위하여 개별 일자리를 분석단위로 하여 그에 특정화된 입지 및 토지이용지표를 개발하는 방법을 취한다. 이를 위하여 우선 사업체조사 당시 수집된 사업체 각각의 위치좌표를 이용하여 GIS자료에 지오코딩(geocoding)하였다. 공간지표들은 고용지, 주거지, 그리고 양자를 연결하는 교통서비스 기회의 측면을 측정한다. 또한 통근통행은 장거리인 경우가 많기 때문에 사업체인근의 국지적(local) 토지이용패턴뿐만 아니라 지역적(regional) 차원에서의 상대적 입지의 두가지 측면을 포함하였다(Handy 1993).

사업체 인근의 국지적 토지이용패턴을 분석함에 있어 '사업체 인근'이라는 개념을 실증적으로 집행하기 위하여 보행자가 도보로 이동할만한(walkable) 거리, 통근통행량의 분포, 기존 교통분야 연구에서의 사례 등을 참조하여 각 사업체 주변지역을

버퍼링(buffering)하고, 각 버퍼내 토지이용특성, 예컨대 사업체 각각의 인근 고용밀도, 용도혼합, 교통접근성 등을 측정하였다. 또한 사업체 각각을 중심으로 지역적 차원에서의 상대적 입지를 측정하기 위한 일상통근권(commute shed)으로 대도시통계지역(Metropolitan Statistical Area; MSA)을 사용하고, 사업체 종사자들의 주거기회에 대한 접근성, CBD와의 거리 등을 측정하였다. 반복적인 측정작업을 처리하기 위하여 ESRI ArcView를 프로그래밍하여 사용하였다. 표 1은 고용입지환경을 분석하기 위하여 사용된 15개 지표들을 보여주고 있다.

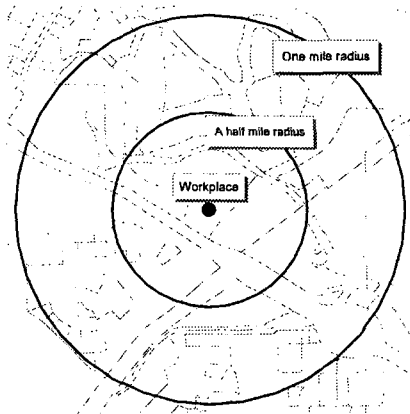


그림 2. 사업체인근 토지이용분석을 위한 개념도식

표 1. 사업체 입지환경분석을 위한 지표

구분	측정치표
고용분포관련 국지적 지표	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 고용밀도: 사업체로부터 1/2마일 반경내 에이커당 산업종사자 수 (비산업용 토지 제외)</li> <li>- 용도혼합: 사업체로부터 1/2마일 반경내 엔트로피(entropy)지수</li> <li>- 사업체로부터 1/2마일 반경내 고용관련용도로 분류된 토지의 비율</li> <li>- 사업체로부터 1/2마일 반경내 소매업관련 토지이용의 비율</li> <li>- 사업체로부터 1/2마일 반경내 제조업관련 토지이용의 비율</li> <li>- 사업체로부터 1/2마일 반경내 오피스관련 토지이용의 비율</li> </ul>
고용분포관련 광역적 지표	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 고용접근성: 중력모형(gravity model)에 의해 측정된 사업체로부터 Dallas-Fort Worth지역내 다른 모든 사업체들에 대한 잠재력 지수</li> <li>- 도심접근성: 사업체로부터 CBD까지의 거리 (Dallas 지역의 경우 Dallas CBD, Fort Worth 지역의 경우 Fort Worth CBD 적용)</li> </ul>
주택기회관련 국지적 지표	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 주거밀도: 사업체로부터 1마일 반경내 에이커당 주택수(주거용도 이외의 토지 제외)</li> <li>- 직주비율: 사업체로부터 4마일 반경내 주택수의 산업종사자에 대한 비율</li> <li>- 사업체로부터 1마일 반경내 주거용 토지이용의 비율</li> <li>- 사업체로부터 1마일 반경내 집합주거(multi-family) 토지이용의 비율</li> </ul>
주택기회관련 광역적 지표	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 주거접근성: 중력모형(gravity model)에 의해 측정된 사업체로부터 Dallas-Fort Worth지역내 모든 주택들에 대한 잠재력 지수</li> </ul>
교통접근성관련 지표	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 고속도로 접근성: 사업체로부터 가장 근접한 고속도로까지의 거리(controlled access highway 수준 이상)</li> <li>- 대중교통접근성: 사업체로부터 대중교통노선이 1/4마일 반경내에 있으면 1, 그외의 경우 0</li> </ul>

#### 4) 개별사업체중심의 입지환경분석

위의 15개 개별사업체에 특정화된 고용입지환경지표를 이용하여 공간적 특징을 공유하는 사업체들을 그룹화하기 위하여 계층군집분석(hierarchical cluster analysis)을 하였다. 표 2는 유형별 고용입지환경의 측정치를 보여주고 있다. 분석결과 5개 유형이 확인되었는 바, 주요 특징을 요약하면, '도심형(primary core)'은 대도시지역 중심에 주로 입지하며 고밀도에 오피스 기능이 집적되어 있고 지역접근성이 양호하며, '간선입지형(axial)'은 주로 도심과 부도심을 연결하는 방사형 간선도로변에 입지하며 지역접근성과 인근지역에서의 주택기회가 양호한 편이다. '부도심형(secondary core)'은 주로 교외지역 순환로를 따라 발달되어 있으며, '주거입지형(residential)'은 주로 주거가 발달한 지역에서 저밀의 근린생활중심지 역할을 하고, '외곽형(peripheral)'은 대도시 외곽지역의 주거지 및 소규모 타운들에 발달되어 있다.

대체로 대도시 중심지역에 입지한 사업체들은 고밀 토지이용에 지역접근성과 대중교통접근성이 높은 반면, 교외지역 사업체들은 저밀 토지이용에 국지적인 주거기회가 양호함을 나타내어 전통적인 토지이용모형과 일맥상통함을 보여주었다(Alonso 1964). 그러나 토지이용 혼합도와 도시고속도로에 대한 접근성은 중심도시와 교외지역간에 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

표 2. 유형별 사업체 고용입지환경 측정결과

측정치표	도심형 (N=34)	간선입지형 (N=47)	부도심형 (N=99)	주거입지형 (N=69)	외곽형 (N=21)
1/2마일 반경내 에이커당 고용밀도	243.61	32.49	42.46	13.09	8.70
1/2마일 반경내 산업용 토지 비율	63.94	30.61	54.09	22.13	13.25
1/2마일 반경내 상업용지 비율	12.40	15.81	17.75	12.83	12.55
1/2마일 반경내 오피스용지 비율	40.71	5.41	14.91	1.43	1.71
1/2마일 반경내 제조업용지 비율	5.21	10.18	26.69	8.87	14.00
1/2마일 반경내 토지이용 혼합도(엔트로피지수)	0.69	0.58	0.65	0.52	0.44
MSA내 다른 모든 사업체들에 대한 접근도 지수	420.63	380.63	320.87	216.05	111.22
CBD와의 거리(마일)	0.53	5.03	8.84	9.40	25.36
1마일 반경내 에이커당 주거밀도	6.87	8.79	9.35	4.50	2.16
1마일 반경내 주거용지 비율	5.74	54.90	23.57	52.96	18.67
1마일 반경내 공동주택지 비율	1.81	13.91	5.34	4.10	0.88
4마일 반경내 직주비율	0.28	0.57	0.50	0.98	1.38
MSA내 모든 주택들에 대한 접근도 지수	195.70	216.71	178.53	152.06	88.46
대중교통노선와의 거리(마일)	0.07	0.22	0.65	1.13	10.92
도시고속도로와의 거리(마일)	0.30	0.38	0.39	1.13	1.04

#### 5) 고용입지환경과 통근통행패턴과의 관계

사업체들의 입지 및 토지이용적 특성이 도시정책에 어떤 시사점을 주는가를 확인하기 위하여 도시정책상 중요한 문제의 하나인 교통문제를 선정하고, 앞서 군집분석에서 확인된 5개 유형간에 통근통행시 통행시간, 통행거리, 그리고 통행수단선택의 패턴이 어떻게 다른가를 비교하였다.

설문조사자료에서 근로자 개인의 통근통행시간이나 거리에 대한 자료가 제공되지 않기 때문에 이를 위하여 설문조사자료에서 제공되는 직장과 주거지의 위치좌표와 도로망 GIS자료(도로구간별로 최첨두/비첨두 통행시간 자료를 포함하고 있음)를 이용하여 7,220명 종사자 개인별 출발지(주거지)와 도착지(근무지)간의 네트워크 통행거리 및 시간을 측정하였다. 계산을 위한 알고리즘으로 최단경로법(shortest network path)을 사용하였다. 교통수단은 설문조사결과를 사용하였다.

표 3 및 표 4는 5개 사업체 유형별 종사자들의 통근통행패턴을 보여주고 있다. 고밀 또는 중심도시 사업체들에서 통행시간은 길게 그러나 높은 대중교통이용율을 보이고 있으며, 저밀 또는 교외지역 사업체들에서 통행시간은 짧게 그러나 높은 수준의 자동차 의존도를 보이고 있다. 따라서 교외업무단지(suburban business parks), 신산업지구(new industrial districts) 등 산업활동의 분산전략은 도심교통체증의 해소 및 통행시간단축에 유용할 것이나 자동차에 더욱 의존해야 하는 결과를 가져올 것임을 시사한다. 통행거리의 경우 입지에 따라 큰 차이를 보이지 않으나 대체로 외곽지역에서 길게 나타나 고용활동의 분산화는 통행거리 단축보다는 자동차에 의존한 통행시간 단축에 보다 관련됨을 보여준다. 따라서 산업활동의 분산화는 적어도 자원절약적 측면에서는 바람직하지 않음을 시사한다.

표 3. 사업체 유형별 통근통행시간 및 거리

구분	도심형	간선입지형	부도심형	주거입지형	외곽형	F 통계량 (p-값)
평균 통행시간(분)	17.9	14.5	17.1	12.0	13.8	61.36 (0.0001)
평균통행거리(마일)	14.9	14.1	15.0	13.5	17.7	11.85 (0.0001)
거리/시간	0.9	1.5	1.1	2.4	2.0	39.45 (0.0001)
근로자 수	720	630	2,272	791	196	

주) 통행시간 및 거리는 최단경로법에 의해 측정됨.

표 4. 사업체 유형별 통근통행수단 분담율

구분	도심형	간선입지형	부도심형	주거입지형	외곽형	Chi-square (p-값)
자동차(1인)	60.7	79.1	78.8	75.7	77.5	764.03 (0.0001)
카풀	20.2	16.3	19.1	20.2	21.3	
버스	18.2	2.6	1.4	1.3	0.0	
도보/자전거	0.2	1.6	0.5	2.1	0.5	
기타	0.7	0.4	0.3	0.7	0.7	
근로자 수	1,230	975	3,341	1,252	422	

#### 4. 결론

지금까지 미국 달라스-포트워스 대도시지역의 사업체 표본조사자료 및 GIS자료를 이용하여 개별 사업체중심의 공간분석과 이의 통근통행패턴과의 관계를 분석하였다. 본 연구는 종래 관련연구에서 주류를 이루었던 집계적 자료에 근거한 분석에 대한 하나의 대안으로 비집계적 자료와 고해상 GIS자료의 이점을 활용함으로써 변형가능한 공간단위문제 및 생태학적 오류와 같은 방법론적 문제들을 극복하고자 하였다. 이와 관련하여 최근 급속한 발달을 하고 있는 GPS(Global Positioning System)와 모바일(mobile) 기술을 조사단계에서 잘 활용한다면 자료분석의 정확도 유지에 도움이 될 수 있을 것이다. 그러나 본 연구에서 사용된 방법의 제한점으로는 대량의 자료처리 및 분석을 위하여 상당한 시간과 노력이 요구된다는 것이다.

비록 단순비교분석이기는 하나 사례분석에서 얻을 수 있는 시사점으로는 교통체증해소 및 통행시간단축을 위해서는 산업활동의 분산화 등 대도시 전반에 걸친 거시적 공간전략과 함께 도시기반시설의 수용능력에 연계된 밀도관리전략이 유용할 것으로 보이며, 대중교통을 활성화하고 자동차의존도를 감소시키기 위해서는 도심지역 및 주요 산업활동거점을 중심으로 한 고밀화 등 미시적 토지이용전략이 유용할 것으로 보인다.

본 연구는 공간분석상의 오류를 극복하기 위한 방법론 문제에 치중하였기 때문에 토지이용과 교통과의 관계에 대한 엄밀한 분석을 결여하고 있다. 예컨대, 통행행위는 공간적 요소들에 의해서 보다는 개인의 소득, 직업 등 사회경제적 요소들에 의해 보다 많은 영향을 받는다는 것이 일반론이다. 따라서 공간적 요소뿐만 아니라 근로자 개개인의 사회경제적 특성을 통행행태모형에 포함하여야 보다 엄밀한 분석을 했다고 볼 수 있다. 후속연구에서는 이러한 통행모형 설정상의 문제점이 다루어져야 할 것이다. 끝으로 미국 대도시를 사례로 한 경험적인 연구가 한국 대도시를 위해서는 제한적인 정책적 시사점만을 줄 수 있음도 한계라 볼 수 있다.

#### 참고문헌

- Alonso, W. (1964). *Location and Land Use: Toward a General Theory of Land Rent*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Cervero, R. (1989). *America's Suburban Centers*. Boston, MA: Unwin Hyman.
- Downs, A. (1992). *Stuck in Traffic: Coping with Peak-Hour Traffic Congestion*. Washington, DC: The Brookings Institution/Lincoln Institute of Land Policy.
- Garreau, J. (1991). *Edge City: Life on the New Frontier*. New York: Doubleday.
- Giuliano, G. (1992). Is Jobs-Housing Balance a Transportation Issue? *Transportation Research Record*, 1305, 305-312.
- Giuliano, G., & Small, K. (1991). Subcenters in the Los Angeles Region. *Regional Science and Urban Economics*, 21, 163-182.
- Gordon, P., & Richardson, H. (1997). Are Compact Cities a Desirable Planning Goal? *Journal of the American Planning Association*, 63, 95-106.
- Handy, S. (1993). Regional versus Local Accessibility: Implications for Nonwork Travel. *Transportation Research Record*, 1400, 58-66.
- Hartshorn, T., & Muller, P. (1989). Suburban Downtowns and the Transformation

- of Metropolitan Atlanta's Business Landscape. *Urban Geography*, 10, 375-395.
- King, G. (1997) *A Solution to the Ecological Inference Problem: Reconstructing Individual Behavior from Aggregate Data*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Lang, R. (2000). *Office Sprawl: The Evolving Geography of Business, Survey Series*. Washington, DC: The Brookings Institution.
- Newman, P., & Kenworthy, J. (1989). Gasoline Consumption and Cities: A Comparison of U.S. Cities with a Global Survey. *Journal of the American Planning Association*, 55, 24-37.
- Openshaw, S. & Taylor, P. (1981). The Modifiable Areal Unit Problem, in N. WRIGLEY and R. BENNETT (Eds) *Quantitative Geography: A British View*, ch 5. London: Routledge.