

초과통근분석을 위한 공간적 경계 설정에 관한 연구

The impact of the position of city boundaries on the estimation of excess commuting

마강래

(한국교통연구원 국가교통DB센터 책임연구원 kma@koti.re.kr)

김동호

(한국교통연구원 국가교통DB센터 연구원 kdh4756@koti.re.kr)

추상호

(한국교통연구원 국가교통DB센터 책임연구원 shchoo@koti.re.kr)

목 차

I. 서론	
II. 초과통근의 개념 및 문헌연구	1. 다양한 공간적 분석단위
1. 초과통근에 대한 초기 논의	2. 경계의 효과
2. 수송문제를 통한 초과통근의 계산	IV. 실증분석
III. 공간적 분석단위의 변경에 따른 초과통근 추정치의 민감성	V. 결론
	참고문헌

I. 서론

초과통근 (excess commuting)은 선형계획 기법의 교통문제 (transportation problem)를 통해, 도시 내의 총통근비용을 최소화하는 이상적인 통행패턴이 현실의 통행패턴과 어느 정도 괴리를 나타내고 있는 지 보여주는 지표이다. 과거 20년이 넘게 진행되어 온 초과통근에 대한 기존 연구들은 직장지와 주거지의 공간적 불일치라는 개념 속에서 지속가능한 교통정책과 토지이용정책의 중요성을 보여주었다. 그러나 최근의 연구문헌에 의하면 교통분석존 (traffic analysis zone)에 기반을 둔 초과통근의 추정 기법은 공간적 분석단위의 변경에 민감하게 반응할 수 있음이 제시되었다. 특정 도시를 대상으로 한 연구에서도 공간적 분석단위의 변경으로 인해 상이한 초과통근량을 추정할 수 있음은 추정 기법의 신뢰성에 근본적인 의문을 갖게 하는 원인으로

로 작용하였다. 공간적 분석 단위에 대한 고려는, 존의 집계수준 (level of zonal aggregation), 존의 배열 (zonal configuration), 도시의 경계설정 (area boundary)과 관련되어 있다. 기존의 연구에서는 존의 집계수준과 배열이 초과통근 값을 어떻게 변화시키는 지에 대한 실증적 연구가 진행되었지만, 상이한 도시경계의 설정에 관련한 실증분석이나 정책적 함의에 대한 논의는 이루어지지 않았다.

이에 본 연구는 상이한 경계설정이 선형계획법을 통한 초과통근량의 변화에 주는 영향을 도시공간구조와 관련하여 설명하고, 대구광역시와 광주광역시에 대한 사례분석을 통해 공간적 경계설정에 관한 시사점을 도출하고자 한다.

II. 초과통근의 개념 및 문헌연구

1. 초과통근에 대한 초기 논의

초과통근에 관한 논의는 도시경제학에서 설명되는 단일중심도시모형(monocentric urban model)의 설명력을 검증하려는 Hamilton (1982)의 연구로 거슬러 올라간다. Hamilton의 연구는 주택의 가격과 교통비의 상충관계를 기반으로 하는 단일중심모형이 현실 속에서 나타나는 직장지와 주거지의 분포를 어느 정도 반영하는 지에 대해 연구하였다. 이 연구의 가설은 단일중심모형에서 설명하는 도시 근로자들의 통근통행 최적화전략(optimization strategy)이 현실의 통행을 어느 정도 설명하는 지에 관한 것이다. 14개의 미국 도시들과 27개의 일본 도시들을 사례로 한 Hamilton의 실증분석 결과는, 미국도시의 경우 평균적으로 87.1%, 일본도시의 경우 70-77%가 초과통근임을 보여주었다. 이를 기반으로 Hamilton은 Muth (1969)와 Mills (1972)에 의해 체계화된 단일중심모형의 기본 가정을 신랄하게 비판하였다.

이후 White (1988)는 Hamilton이 사용했던 단일중심도시모형의 음지수함수 (negative exponential function)를 사용하는 대신, 선형계획기법의 수송문제 (transportation problem)을 이용하여 초과통근을 다시 계산하였다. White가 사용한 선형계획기법은 각 존별로 직장지와 주거지의 수를 현재의 상태로 고정된 채, 평균 통행비용을 최소화하는 통근통행의 흐름을 계산하는 방법이다. 선형계획법을 통한 개념적 조작은 사람들이 자신들의 직장이나 주거지를 서로 맞교환함으로써 통근 비용을 최소화하는 것을 의미하며, 이는 고전적 도시경제모형론의 근본적인 가정, 즉 도시 근로자들은 주어진 제약 하에서 통근통행비용을 최소화하는 노력을 한다는 것을 기반으로 하고 있다. White는 수송문제를 사용하여 25개의 미국 도시들의 평균 초과통근이 11.1%임을 보였고, 단일중심도시모형에 회의적 시각을 가진 Hamilton의 주장을 비판하였다.

이후 Small and Song (1992)은 수송문제를 통해 구할 수 있는 이상적인 통행패턴은 통근통행에 관한 도시 근로자들의 비용 최적화 전략을 반영하긴 하지만, 고전적 단일중심도

시모형에서 가정하는 지가와 교통비의 상충관계를 통한 주거지 입지 선정과 이에 따른 통행흐름과는 차별성이 있음을 지적하였다. 즉, White의 방법론으로는 단일중심도시모형의 설명력에 대해 검증할 수 없다는 것이다. 하지만, White(1988) 이후, 수송문제는 초과통근의 계산을 위한 다양한 연구에 사용되었다. 후속 연구에서는 도시경제학에서 언급되는 전형적인 토지이용 특성 (예, 단일중심, 다중심 등)과 관계없이, 특정 시점에서 나타나는 직장지와 주거지의 분포가 도시 근로자들의 비용최소화 전략을 어느 정도 반영하는 지에 관한 연구로 진행되었다.

2. 수송문제를 통한 초과통근의 계산

White가 사용한 선형계획방법은 통근통행량 n_{ij} 를 요소로 하는 O/D행렬과, 이에 상응하는 c_{ij} 를 요소로 하는 통근비용행렬이 이용된다. 이 두 행렬을 이용하여 총통근비용을 최소화하는 통행패턴을 나타내는 n_{ij}^* 를 요소로 하는 O/D행렬을 구하는 식은 다음과 같다.

$$\min \frac{1}{N} \sum_i \sum_j c_{ij} n_{ij} \quad \text{식(1)}$$

$$\text{단, } \sum_i n_{ij} = D_j \text{ 그리고 } \sum_j n_{ij} = O_i$$

식(1)을 통해서 구한 n_{ij}^* 를 요소로 하는 O/D행렬이 의미하는 바는, 모든 통근자들이 도시 시스템내의 총통근 비용을 최소화하는 방향으로 직장지와 주거지를 맞바꾸는 이상적인 상황을 나타내고 있다. 이러한 상황을 상정하여 도시 내의 초과통근(EC)의 계산 방법은 식(2)와 같다.

$$EC = \left(\frac{\bar{t} - \bar{\tau}}{\bar{t}} \right) * 100 \quad \text{식(2)}$$

식(2)에서 \bar{t} 와 $\bar{\tau}$ 는 각각 실제평균통근비용(actual average commuting cost)과 최소평균통근비용(minimized average commuting

cost)을 나타내는 것으로서,

$$\bar{t} = \frac{1}{N} \sum_i \sum_j c_{ij} n_{ij} \text{와 } \bar{\tau} = \frac{1}{N} \sum_i \sum_j c_{ij} n_{ij}^* \text{에 의}$$

해 계산된다.

이러한 White의 방법은 세계의 여러 대도시들을 대상으로 한 연구에 사용되었다. 미국 도시들을 대상으로 한 대표적인 연구는 Hamilton (1989), Cropper and Gordon (1991), Small and Song (1992), Giuliano and Small (1993), Song (1995), Scott et al. (1997), Horner (2002), Horner and Murray (2002), O'Kelly and Lee (2005)를 들 수 있으며, 그 밖에 일본 (Merriman et al., 1995), 영국 (Frost et al., 1998; Manning, 2003), 대만 (Chen, 2000), 캐나다 (Scott et al., 1997; Buliung and Kanaroglou, 2002), 콜롬비아 (Rodriguez, 2004), 한국 (Ma and Banister, 2006b)의 대도시들이 사례연구의 대상지역으로 사용되었다.

서로 다른 지역을 대상으로 한 기존의 사례연구들은 적게는 10%에서 많게는 80%이상의 다양한 초과통근의 량을 보여주었다. 이는 개별 도시들이 가지는 특성을 반영하는 것이라 말할 수 있지만, 같은 도시를 대상으로 한 서로 다른 연구들에서 조차 나타나는 매우 상이한 초과통근의 값을 나타내는 경우도 발생하였다. 이에 대해 Ma and Banister (2006a)는 수송문제를 통한 초과통근의 계산이 다양한 추정치를 내는 원인을 세 가지로 분류하였다. 먼저 상이한 비용행렬의 사용은 서로 다른 결과를 가져올 수 있다. 예를 들어, 통근시간을 비용으로 사용하는 것은 통근 거리에 비해 더 적은 초과통근을 보여줄 수 있는데, 이는 통행시간과 통행거리가 비례적인 관계를 보이지 않기 때문에 발생하는 것이다¹⁾.

두 번째로는 교통분석존에 관한 것이다. 동일한 연구지역을 대상으로 하더라도 보다 집계된 (aggregated) 교통분석존을 사용한다든가 교통분석존의 배치(zonal configuration)를 달리할 경우 서로 다른 초과통근 값을 가질

수 있다. 이는 Horner and Murray (2002)의 시뮬레이션 연구에 의해 증명되었으며, 이 연구에 의해 보다 비집계적 (disaggregate) 교통분석존의 사용이 권장되었다.

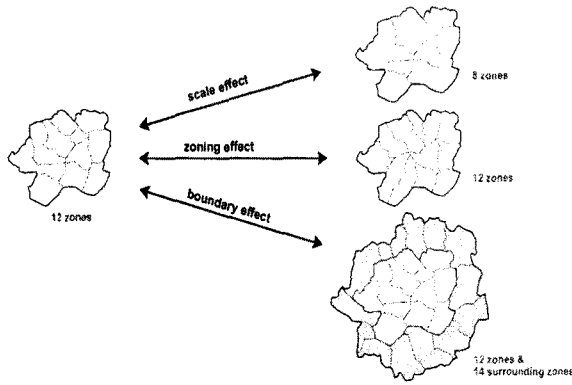
세 번째로 도시의 경계 설정을 달리하는 것이 초과통근값에 변화를 줄 수 있음이 지적되었다. 하지만, 이에 대한 방법론적 논의나 실증분석에 의한 검증이 이루어지지 않은 상태이다. 다음 장에서는 연구대상도시의 경계를 확장이 초과통근에 미치는 영향에 대한 방법론적 논의를 통해 초과통근 민감도에 관해 보다 명확히 하고자 한다.

III. 공간적 분석단위의 변경에 따른 초과통근 추정치의 민감성

1. 다양한 공간적 분석 단위

앞서 살펴보았듯이, 초과통근의 추정치가 공간적 분석단위의 변경에 따라 다양한 값을 보인다면, 보편적으로 사용될 수 있는 지표로서의 구실을 할 수 없다. 초과통근량의 추정치에 대한 신뢰성의 확보는 보다 안정적인 지표를 산출함으로써 가능하며, 민감도 (sensitivity)에 관한 연구는 이러한 지표를 만드는 데 필수적이다. 세부적 공간의 분석단위가 추정치에 미치는 영향은 Horner and Murray (2002)에 의해 연구되었다. 그들의 연구는 예전에 Openshaw and Taylor (1981)가 제기한 변경 가능한 지역적 단위에 관한 문제 (Modifiable Areal Unit Problem, MAUP)를 응용하여 초과통근량의 민감도에 대해 분석을 한 것이다. MAUP에는 존의 크기나 배치를 달리함으로써 발생하는 문제들에 대해 언급하고 있다 (<그림 1>의 scale effect와 zoning effect 참조).

1) 장거리 통행은 단거리 통행에 비해 일반적으로 빠른 교통수단을 통해 이루어지는 경우가 많다. 이는 통근 시간과 통근 거리가 비례적 관계에 있지 않음을 의미한다 (보다 구체적인 논의는 White, 1988; Hamilton, 1989; Ma and Banister, 2006a 참조)



<그림 1> 다양한 공간적 분석단위
출처: Ma and Banister (2006a)

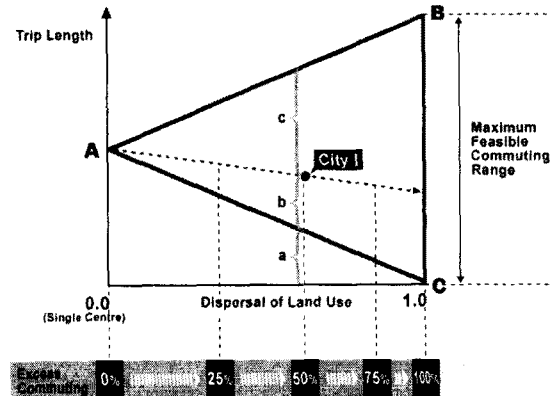
연구사례대상지역의 공간적 범위가 미치는 영향에 관한 연구는 Ma and Banister (2006a)에 의해 잠시 언급되었지만, 기존문헌에서 그 중요성이 간과되어 왔다. <그림 1>에서 보여주는 경계 효과 (boundary effect)의 중요성은 연구대상지역을 어디로 한정할 지, 혹은 어디까지 확대할 것인지에 관한 고민과 관련이 있다. 이러한 고민의 예는, 존 단위로 구분되어 있는 연구 대상지역의 범위를 인구밀도나 고용밀도를 이용하여 그 범위를 설정하게 된다면, 적용하는 밀도의 기준에 따라 경계가 늘어나거나 줄어들 수 있다.

2. 경계의 효과

경계의 효과는 도시의 공간구조와 밀접한 관계가 있다. 일반적인 경우, 분석 대상도시 경계의 확장은 직장지가 상대적으로 낮은 주거지역을 포함할 가능성을 높이며, 이는 도시내부로 향하는 통행 (inward commuting)을 증가시키는 역할을 한다. 결국 경계의 확대는 단일중심을 가진 도시처럼 도시 내부로 향하는 통행을 증가시킴으로써 수송문제에서 최소화된 평균통근거리를 증가시키는 효과를 가질 수 있다.

도시의 분산화도와 평균통행거리의 관계를 나타내고 있는 <그림 2>는 최소화된 평균통근거리가 도시의 분산화 정도에 따라 어떻게 변화하는 지를 보여주고 있다. 이 그림은

도시 I의 공간구조가 보다 분산화되는 방향으로 나아가면서 평균통행거리가 감소하는 가상의 상황을 나타낸 것이다.



<그림 2> 도시구조와 초과통근
출처: Ma and Banister (2007)

<그림 2>에서 세로축은 평균통근거리, 가로축은 도시의 분산화 정도를 나타내는 것으로서 왼쪽에서 오른쪽으로 이동할수록 단일 중심구조에서 다중심구조 (polycentric city structure)나 흩어진 공간구조 (dispersed city structure)로 변화됨을 의미한다. 초과통근의 계산방법에서 살펴보면 단일중심구조, 즉 모든 직장지가 도심에만 존재하는 형태의 공간구조에서는 직장지와 주거지의 교환을 통한 통근거리의 감소가 불가능하므로 초과통근은 존재하지 않게 된다. 단일중심구조에서 직장지가 도심 밖으로 이동하게 된다면, 통근자들의 직주 교환이 가능하게 되어 최소통근거리를 줄일 수 있는 여지를 갖게 된다. 이러한 개념은 <그림 2>의 선AC에서 나타나며, 극단적인 경우는 평균통근거리가 0을 보일 수 있다. 이 극단적인 경우는 오랫동안 가내수공업 (cottage industry)의 상황을 묘사하는 것으로서, 모든 사람들이 자신의 집에서 생산 활동을 하는 형태가 이에 해당한다.

<그림 2>에서 초과통근은 $(b/(a+b)) \times 100$ 으로 계산될 수 있다. 도시의 공간이 단일중심구조에 가까운 경우는 초과통근의 값은 0으로 나타나며, 분산화가 진행이 될 수록 값이 증가하게 됨을 볼 수 있다.

<그림 2>는 특정 도시의 경계가 일정한 상

태에서 도시가 분산화될 때, 초과통근의 양이 어떻게 변화할 수 있는 지에 대한 시계열적 설명이다. 이 그림에서 묘사하는 것처럼, 도시의 분산화는 수송문제에서 최소화된 평균 통근거리를 감소시킴으로써 초과통근의 양을 줄이는 역할을 한다.

경계의 확대도 이와 마찬가지로, 단일중심을 가진 도시의 예에서처럼 중심으로 향하는 통행을 증가시킴으로써 수송문제에서 최소화된 평균통근거리를 증가시키는 효과를 가질 수 있다.

IV. 실증분석

이 장에서는 대구광역시와 광주광역시를 대상으로, 각 도시들의 경계를 확장함으로써 발생하는 초과통근의 민감도에 대한 분석을 목적으로 한다. 경계확장의 효과를 살펴보기 위해, 해당 광역시와 광역시를 둘러싼 시/군을 포함한 영향권에 대한 초과통근을 계산하고 그 결과를 비교하였다. 분석을 위해 각 도시에 대해 통근통행의 분포를 나타내는 O/D 행렬과 그에 상응하는 비용 O/D행렬을 사용

을 원의 면적으로 간주하여 반지름을 구하는 방법이다 (예, 반지름 = $\sqrt{\frac{\text{해당존의 면적}}{\pi}}$)

초과통근의 양은 해당 도시의 최소화된 평균통근거리와 실제 평균통근거리를 이용하여 계산한 수 있다. <표 1>은 대구광역시와 대구광역시를 포함한 영향권역, 광주광역시와 광주광역시를 포함한 영향권역의 초과통근량을 비교한 것이다.

<표 1>에서, 대구영향권을 포함한 분석은 대구광역시를 에워싸고 있는 6개의 주변 군들(군위군, 칠곡군, 성주군, 고령군, 창녕군, 청도군)과 2개의 시(경산시와 영천시)를 포함한다(<그림 3> 참조). 대구광역시와 상호작용을 하는 주변 시/군들을 포함한 결과 실제 평균통근거리는 6.12Km에서 7.02Km로 15% 증가했음을 알 수 있다. 이는 전반적으로 대구광역시의 외곽에서 발생하는 통근통행의 거리가 대구광역시 자체에서 발생하는 통행에 비해 더 장거리임을 의미한다. 또한 영향권역을 분석에 포함했을 경우 최소화된 평균통근거리는 2.15Km에서 2.47Km로 15% 증가했음을 알 수 있다. 결과적으로 대구광역시의

<표 1> 광역시와 광역시를 포함한 영향권역의 초과통근량

지역구분	최소화된 평균통근거리 (Km)	실제 평균통근거리 (Km)	초과통근(%)	통근통행량(인)
대구광역시	2.15	6.12	65	748,292
대구광역시 & 영향권	2.47	7.02	65	915,009
광주광역시	1.43	5.16	72	397,852
광주광역시 & 영향권	1.81	6.23	71	482,441

하였는데, 대구광역시와 영향권의 경우는 각각 143*143과 230*230행렬을 사용하였고, 광주광역시와 영향권의 경우는 각각 90*90과 154*154행렬을 사용하였다²⁾. c_{ij} 를 포함하는 비용행렬의 구축을 위해 실제 도로망을 이용한 거리를 사용하였다. 내부통행거리의 계산은 Frost et al. (1998)의 방법을 따랐는데, 이는 해당 존의 면적을 계산하고, 계산된 면적

경우, 최소화된 평균통행의 증가율과 실제평균통행의 증가율이 유사함으로 인해 초과통근의 양이 65%로 변동이 없음을 보여주고 있다.

여기서 좀 더 눈여겨보아야 할 사항은, 분석의 공간적 범위를 확대하였을 때 발생하는 실제평균통근거리와 최소화된 평균통근거리의 변화이다. 먼저, 대구광역시의 예에서는

2) Horner and Murray (2002)의 연구에서는 존의 집계수준이 100이상이 넘을 경우 초과통근의 값이 안정적으로 나타남을 보이고 있다.

공간적 경계를 확대하였을 때 실제평균통근거리의 증가가 있었다. 외곽 지역에서 발생하는 통근거리가 대구광역시 내에서 발생하는 통근거리보다 길게 나타나는 것은, 외곽 지역 거주자들이 광역시내 거주자들에 비해 근접해 있는 직장지를 갖지 못하기 때문으로 해석된다. 광역시 외곽 지역의 주거지 대비 직장지수의 상대적 빈약성은 그곳에 거주하는 근로자들의 많은 수가 광역시 내의 직장지로 통근하게 하고, 이는 공간적 경계의 확대가 실제평균통근거리를 증가시키는 역할을 하게 한다.

두 번째로, 공간적 경계를 확대했을 때는 도시 외곽의 직장지밀도가 낮은 지역을 포함 시킴으로써, 단일중심지의 모형과 마찬가지로 최소화된 평균통근거리를 증가시키는 효과가 있다. 대구광역시의 예에서 공간적 경계를 확대함에 따라 최소화된 평균통근거리가 증가하는 이유는 외곽지역에서 직장과 주거지가 고르게 분포해 있지 않기 때문이다.



<그림 3> 대구광역시와 영향권

광주광역시의 경우는 영향권(장성군, 담양군, 화순군, 나주시, 함평군)을 포함했을 때, 실제평균통근거리의 증가율이 21% (5.16Km → 6.23Km), 최소화된 평균통행의 증가율이 26% (1.43Km → 1.81Km)로 나타났다. 결국, 최소화된 평균통행의 증가율이 실제평균통근거리 증가율보다 높으므로 인해, 광주영향권을 포함해 계산한 초과통근의 값이 조금 더 낮아졌음을 알 수 있다 (72% → 71%).



<그림 4> 광주광역시와 영향권

광주광역시의 경우는 외곽지역에서 발생하는 71,828의 총통행 중 29.2%인 20,987통행이 광주광역시로 유입되는 통행이었다. 광주광역시 유입통행은 대구광역시의 14.3% (외곽지역에서 발생하는 총통행 146,838 중 20,987통행)에 비해 비율이 높게 나타났다. 분석대상지의 경계확장과 관련하여 광주광역시가 대구광역시보다 최소화된 평균통근통행거리의 증가율이 현저하게 높게 나타나는 것은 이러한 사실을 반영한다 (광주 26% vs. 대구 15%). 또한 광주의 실제 평균통근거리의 증가율이 대구보다 높은 것도 이러한 유입통행의 량과 무관하지 않다. 결국, 최소화된 평균통근거리와 실제 평균통근거리가 동시에 증가하여, 초과통근의 량의 변화는 미미하게 나타났다.

V. 결론

초과통근에 관한 논의가 시작된 지 20년이 넘게 지났지만, 이 지표의 민감성에 관한 연구는 상대적으로 적은 실정이다. 초과통근에 관한 연구는 지표의 안정성이 확보되지 않는 한, 결과 값으로 얻어진 추정치에 대한 일반적 해석을 내릴 수 없다.

이 연구에서는 연구대상지역 경계의 확장이 초과통근의 량에 어떻게 영향을 주는지를 분석함으로써 도시별 비교연구의 해석에 도움을 주고자 하였다. 이 연구에서 얻은 결론은 다음과 같이 정리할 수 있다. 경계의 확

장은 고용밀도에 비해 주거지의 밀도보다 상대적으로 낮은 지역을 포함시킴으로써 최소화된 평균통근거리를 높이는 효과를 갖는다. 또한 자족성이 낮은 외곽 지역을 포함함으로써 실제평균통근거리를 높이는 효과도 동시에 갖고 있다. 결국, 연구대상지역 경계를 확대할 경우, 초과통근의 양은 최소화된 평균통근거리와 실제 평균통근거리의 증가율에 따라 결정되는 것이다.

결론적으로 초과통근의 추정을 위한 도시경계의 설정은 외곽지역의 주거/고용 특성 및 통근행태에 따라 민감하게 반응함이 드러났고, 이는 도시간 비교연구나 한 도시에 관한 시계열적 분석 시 더욱 중요하게 다루어져야 함을 의미하는 것이다.

참고문헌

- Buliung, R. N. and Kanaroglou, P. S. (2002) Commute minimization in the Greater Toronto Area: applying a modified excess commute, *Journal of Transport Geography*, 10, pp. 177-186.
- Chen, H. P. (2000) Commuting and land use patterns, *Geographical and Environmental Modelling*, 4, pp. 163-173.
- Cropper, M. and Gordon, P. (1991) Wasteful commuting: a re-examination, *Journal of Urban Economics*, 29, pp. 2-13.
- Frost, M., Linneker, B. and Spence, N. (1998) Excess or wasteful commuting in a selection of British cities, *Transportation Research A*, 32, pp. 529-538.
- Giuliano, G. and Small, A. K. (1993) Is the journey to work explained by urban structure?, *Urban Studies*, 30, pp. 1485-1500.
- Hamilton, B. W. (1982) Wasteful commuting, *Journal of Political Economy*, 90, pp. 1035-1053.
- Hamilton, B. W. (1989) Wasteful commuting again, *Journal of Political Economy*, 97, pp. 1497-1504.
- Horner, M. W. (2002) Extensions to the concept of excess commuting, *Environment and Planning A*, 34, pp. 543-566.
- Horner, M. W. (2004) Spatial dimensions of urban commuting: a review of major issues and their implications for future geographic research, *Professional Geographer*, 56, pp. 160-173.
- Horner, M. W. and Murray, A. T. (2002) Excess commuting and the modifiable areal unit problem, *Urban Studies*, 39, pp. 131-139.
- Ma, K. and Banister, D. (2006a) Excess commuting, a critical review, *Transport Reviews*, 26, pp. 749-767.
- Ma, K. and Banister, D. (2006b) Extended excess commuting: a measure of jobs-housing balance in Seoul, *Urban Studies*, 43, pp. 2099-2113.
- Ma, K. and Banister, D. (2007) Urban spatial change and excess commuting, *Environment and Planning A* (forthcoming).
- Manning, A. (2003) The real thin theory: monopsony in modern labour markets, *Labour Economics*, 10, pp. 105-131.
- Merriman, D., Ohkawara, T. and Suzuki, T. (1995) Excess commuting in the Tokyo metropolitan area: measurement and policy simulations, *Urban Studies*, 32, pp. 69-85.
- Mills, E. S. (1972) *Studies in the Structure of the Urban Economy* (Baltimore, MD: Johns Hopkins).
- Muth, R. F. (1969) *Cities and Housing: The Spatial Pattern of Urban Residential Land Use* (Chicago, IL: University of Chicago Press).
- O'Kelly, M. E. and Lee, W. (2005) Disaggregate journey-to-work data: implications for excess commuting and

- jobs--housing balance, *Environment and Planning A*, 37, pp. 2233-2252.
- Openshaw, S. and Taylor, P. J. (1981) The modifiable areal unit problem, in: N. Wrigley and R. J. Bennett (eds) *Quantitative Geography*, pp. 60-69 (London: Routledge & Kegan Paul).
- Rodríguez, D. A. (2004) Spatial choices and excess commuting: a case study of bank tellers in Bogotá, Colombia, *Journal of Transport Geography*, 12, pp. 49-61.
- Scott, D., Kanaroglou, P. and Anderson, W. (1997) Impact of commuting efficiency on congestion and emissions: case of the Hamilton CMA, Canada, *Transportation Research D*, 2, pp. 245-257.
- Small, A. K. and Song, S. (1992) Wasteful commuting: a resolution, *Journal of Political Economy*, 100, pp. 888-898.
- Song, S. (1995) Does generalizing density functions better explain urban commuting?. some evidence form the Los Angeles region, *Applied Economic Letters*, 2, pp. 148-150.
- White, M. J. (1988) Urban commuting journeys are not "wasteful", *Journal of Political Economy*, 96, pp. 1097-1110.