

# 철도망 공간분석을 통한 중국 도시 네트워크의 변화

남 영

중국 연변대학교 부교수

## 1. 서론

경제 제도의 전환기를 맞이하고 있는 중국은 20세기 마지막 20여 년간 빠른 경제 발전을 이루었으며 중국의 도시는 계획경제체제와 중국식 시장경제체제 하에서 독특한 발전 과정을 겪어왔다. 이러한 발전 과정에서 도시 간 물류의 유동과 상호작용을 가장 뚜렷하게 반영할 수 있는 것은 철도망과 철도 운수라고 할 수 있다. 특히 도시 간의 장거리 수송은 철도를 위주로 하고 있으며 철도망의 발달은 중국 도시의 형성과 발전에 중요한 요인으로 간주되고 있다. 그러므로 철도망의 구조와 철도 운송 자료는 중국 도시체계의 공간구조를 이해하는데 적절한 지표라고 볼 수 있다.

본 연구의 목적은 철도망의 위상학적 특징 분석을 통하여 도시의 연결성과 접근성을 평가함으로써 중국 도시 네트워크의 구조적 특징을 밝히고, 여객과 화물의 유동과 열차 운행회수를 지표로 도시 간의 유동패턴과 도시 네트워크의 계층구조를 분석함으로써 중국 도시 네트워크의 변화를 밝히고자 한다. 본 연구는 철도망 결절(node)과 인구 및 경제 지표를 고려하여 철도와 연결된 인구 20만 이상인 지급시(地級市) 182개를 연구 대상으로 선정하였다. 도시 발전 단계와 연구 자료의 제한을 고려하여 연구 시기는 도시체계의 전반 특성은 1949년 이후로, 철도와 도시의 네트워크 분석은 개혁개방이 시작되는 1980년 이후로 한정하였다.

## 2. 중국 철도망의 일반 특징

1999년 현재 중국 철도의 총 영업거리는 67,394km로서 세계에서 미국과 러시아에 이어 제3위를 차지하고 있다. 그 중 전기화 철도는 14,025km이고 복선 철도는 20,925km이다. 현재 중국의 철도망은 370여 개의 간선과 지선 및 지방철도, 5,700여 개의 철도역으로 구성되었다. 그 중 52개 노선은 주요 간선철도로서 전국 철도 총 거리의 60%를 차지한다.

철도망의 구조적 특징으로 볼 때 '6종(縱)5횡(橫)' 구조로 이루어져 있다. 즉 6개의 남북방향 간선(6종)과 5개의 동서방향 간선(5종)은 지역간 유동의 대부분을 부담하고 있다. 이 26개 주요 간선 철도의 총 거리는 2만km로서 전국 철도 영업거리의 37%, 철도 화물유통량<sup>1)</sup>의 72%, 철도 여객유통량의 81%를 차지하며 전국 각 지역을 잇는 교통 대동맥의 역할을 한다.

1999년에는 경심선(京瀋線), 합대선(哈大線), 진호선(津滬線), 경광선(京廣線), 룡해선(隴海線), 절감선(浙贛線), 경구선(京九線) 등 7개간선 철도에 여객수송이 집중되어 여객수송량은 전국 45%를 차지하였다. 이들 간선철도는 북경(北京), 천진(天津), 심양(瀋陽), 하얼빈(哈爾濱), 대련(大連), 석가장(石家莊), 제남(濟南), 정주(鄭州), 서주(徐州), 상해, 남경(南京), 장사(長沙), 광주(廣州), 서안(西安) 등 지역 중심 도시들과 연결되어 철도 네트워크의 골격을 형성하였다.

1978년 개혁개방 이후 경제건설의 활성화와 도시 간 교류의 증가에 따라 철도 화물수송도 구

1) 여객(화물) 유통량(周轉量)이란 여객(화물) 수송량과 수송거리의 곱의 총합이다. 이는 수송 산업의 생산 성과를 평가하는 중요한 지표이다.

준히 늘어나고 있다. 1999년 철도 화물 수송량은 1,569백만 톤으로서 1980년보다 44.5% 증가하였다. 화물 종류는 연료, 원자재, 건축자재, 광석, 농산품과 농업용품 등 1차 제품이 주종을 차지하고 있다. 화물의 유동은 주로 북부에서 남부로, 서부에서 동부로 향하는 추세이다. 이러한 분포 특징은 도시 간의 화물 유동을 결정하는 주요 원인으로 볼 수 있다. 남북방향 유동은 경심선, 합대선, 경광선, 남·북동포선(同蒲線), 태초선(太焦線)-초류선(焦柳線) 등 간선으로 이루어진 5개 노선을 위주로 형성되었고 동서방향 유동은 빈주선(濱州線)-빈수선(濱綏線), 경포선(京包線), 석태선(石太線)-석덕선(石德線)-교계선(膠濟線), 룡해선-란신선(蘭新線), 호항선(滬杭線)-절감선 등 간선으로 이루어진 5개 노선을 위주로 형성되었다.

### 3. 도시 네트워크의 구조적 특징과 연결성 평가

그래프는 복잡한 교통망을 결절점과 연결선의 기본적인 요소로 단순화시킴에 따라 선적인 구조를 평가할 수 있다. 우선 각 연대별로 위상학적 네트워크를 작성하여 정점 수( $v$ )와 변 수( $e$ )를 추출하고 수치화 네트워크에서 각 도시 간의 최단 거리 행렬을 산출하였다. 다음 이들 자료를 이용하여 네트워크의 연결도를 나타내는 회로 수,  $\alpha$ 지수,  $\nu$ 지수,  $\beta$ 지수를 각각 산출하였다.

$\alpha$ 지수의 변화를 보면 1949년에서 1980년까지 30여 년간 20.4% 증가한 반면 1980년부터 2000년까지 20년간 57.7% 증가하였다.  $\nu$ 지수를 보면 이러한 차이가 더욱 뚜렷하다. 1949년 이후부터 1980년까지 30년간  $\nu$ 지수는 3.6%만 증가하였지만 그 후 20년간 10%나 증가하였다. 1980년대 이전에도 중국의 철도 건설은 많이 진행되어 왔지만 주로 선로 연장과 지역 확장에 주력해 왔으므로 네트워크의 연결도는 크게 향상되지 못하였다. 1980년대 이후의 철도 건설은 기존 철도망에 대한 개조와 철도 노선간의 연결에 주력해 왔으므로 연결도가 분명히 향상되었다는 것을 알 수 있다.  $\beta$ 지수는 1949년에서 1980년까지 4.7%만 증가하였지만 1980년부터 2000년까지는 10.2%나 증가하였다. 1980년대 이후  $\beta$ 지수의 뚜렷한 증가추세도 네트워크 내에 새로 추가된 도시보다 도시 간의 연결선이 더욱 많이 증가하였음을 알 수 있다.

### 4. 도시 네트워크의 접근성 평가

접근성은 결절점 간의 공간적 지배관계 혹은 경쟁을 파악하는 지표로서 네트워크를 그래프화한 접근성 행렬을 통하여 평가할 수 있다. 위상학적 접근성 행렬은 C-행렬, T-행렬, D-행렬, L-행렬 등이 있는데 본 연구에서는 D-행렬과 열차운행시간을 지표로 한 L-행렬을 사용하여 최단경로 접근성과 최단시간 접근성을 각각 산출하였다.

2000년의 최단경로에 의한 전체 도시의 접근성은 1980년에 비해 27% 증가하였다. 접근성이 가장 높은 도시들은 낙양(洛陽), 위남(渭南), 정주(鄭州), 평정산(平頂山), 태원(太原), 남양(南陽) 등 하남성 중부와 산사성 남부에 집중되었다. 1980년의 접근성 제1위 도시는 낙양이었지만 2000년에는 상구(商丘)로서 그 중심이 동쪽으로 이동한 것을 알 수 있다. 1980년 접근성이 상위권인 도시들은 주로 요녕 남부, 하북, 산서, 하남, 산둥, 안휘 등 지역에 집중되었는데 주로 경심선, 경광선, 경호선(京滬線), 룡해선 연변에 위치한 도시들이다. 2000년에는 이러한 집중 현상이 더욱 뚜렷해졌으며 새로 건설된 경구선과 지류선 및 북경 주변의 대진선(大秦線), 경진선(京秦線), 경통선(京通線) 등 노선의 개통으로 인하여 접근성이 남북으로 확장되었다.

2000년 최단시간에 의한 전체 도시의 접근성은 1980년에 비해 34% 증가하였다. 제1위 도시는 1980년에는 정주였으나 2000년에는 최단거리의 결과와 같은 상구였다. 또한 접근성이 상위권인 도시는 여전히 하남성의 중심부 도시들이고 접근성이 높은 지역 역시 요녕성 남부, 하북, 하남, 산둥, 안휘, 절강 지역의 도시들이다.

위의 분석을 통하여 중국 도시의 접근성 변화를 아래와 같은 3가지 특징으로 정리해 볼 수 있다. 첫째, 중국 도시의 접근성은 하남성을 중심으로 한 중부지역이 가장 높고 네트워크의 주변으로 향할수록 도시 접근성이 낮아진다. 둘째, 접근성이 높은 도시들은 주로 경심선, 경광선, 경호선, 룡해선, 경구선, 남·북동포선, 초류선, 철감선 등 간선 철도 연변에 위치해 있다. 이는 여객과 화물 유동의 특징과 일치하다. 셋째, 열차 운행 속도의 향상과 경구선 등 신설 철도 간선은 도시의 접근성을 제고시켰으며 도시 네트워크 구조를 크게 개선하였다.

## 5. 열차운행 회수에 의한 도시 간 유동패턴

본 연구는 1980년과 2000년의 「전국열차시간표」를 이용하여 그래프 이론으로 중국의 도시 간 유동 패턴을 비교 분석하였다. 인구와 철도와의 연결여부를 근거로 1980년에는 155개 도시를 선택하였고 2000년에는 182개 도시를 선정하였다.

### 1) 1980년의 도시 간 유동패턴

1980년 1일 열차운행 총 회수에 의한 도시 순위를 보면 북경이 443회로 1위를 차지하였고 심양을 제외한 10위 이내 도시들은 모두 경광선 북경-정주 구간에 위치해 있다. 심양은 동북지역의 중심도시로서 제6위를 차지하였으며 20위 이내의 도시들은 모두 인구가 가장 많은 상해, 천진, 서안, 무한, 장사, 제남 등 대도시들과 정주, 주주(株洲), 서주, 낙양 등 네트워크 중심부의 교통 결절지들이다. 20위 이내 도시들의 총 운행 회수는 전체 열차운행 회수의 42.7%를 차지한다.

네트워크의 형태로 볼 때 1980년의 유동패턴은 중심도시를 결절지로 하는 척추형 특징을 나타냈다. 특히 연결의 방향성이 뚜렷하여 철도망의 구조적 특징과 물류 유동의 특징을 반영하였다. 북경-천진-심양-하얼빈 간의 연결 통로는 동북과 관내의 유동을 주도하였고 북경-천진-제남-서주-남경-상해 간의 연결 통로는 동부 연해지역의 남북방향 유동을 주도하였으며 북경-정주-무한-장사-광주 간의 연결통로는 중부지역의 남북방향유동을 주도하였다. 동서방향 유동은 2개 주축이 있지만 남북방향 유동보다 뚜렷하지 않다. 그 중 서주-정주-서안-란주(蘭州)-우루무치(烏魯木齊) 간의 유동은 서부내륙과 중·동부지역을 연결하는 동서방향 주축을 형성하였고 상해-항주-주주-귀양(貴州)-곤명(昆明) 간의 유동은 서남부와 동부지역을 연결하는 또 하나의 동서방향 주축을 형성하였다.

### 2) 2000년의 도시 간 유동패턴

2000년의 열차운행 회수 순위를 보면 1980년에 비해 현저한 변화를 가져왔다. 도시 수는 1980년보다 불과 17.4% 증가하였지만 열차운행 총 회수는 3.2배 늘어났고 주요 도시의 운행 회수도 큰 폭으로 증가하였다. 정주는 1980년보다 2.4배나 늘어난 944회로 1위를 차지하였으며 북경은 2배 늘어난 866회로 2위를 차지하였다. 2000년에는 주요 결절도시들의 중심성이 더욱 두드러지게 나타났다. 인구 순위로 10위 이내의 도시들이 중경과 하얼빈을 제외하고는 모두 20위권에 진입하였다. 그 중 상해와 광주의 상승폭이 가장 현저하였는데 상해는 1980년의 11위에서 3위로 광주는 44위에서 14위로 올랐다. 20위 이내 도시들의 총 운행 회수는 전체 열차운행 회수의 35.8%를 차지한다.

또한 네트워크의 중심이 경광선 일대의 중부지역에서 경호선 일대의 동부지역으로 이동한 것을 알 수 있다. 1980년 20위 이내의 도시들 중 12개 도시가 경광선 북경-장사 구간에 분포해 있었지만 2000년 20위 이내 도시들 중 12개 도시가 경호선에 분포하고 있다. 경광선에 위치한 도시는 5개만 남았으나 정주, 남경, 무한 등 경광선 일대의 주요 중심도시들은 여전히 20위권에 남아있어 이들의 영향력은 여전히 무시할 수 없다. 특히 광주가 새로운 중심도시로 부상하면서 도시 네트워크가 남

부지역으로 확장하고 있다는 것을 알 수 있다.

이러한 변화는 3가지 원인으로 설명할 수 있다. 첫째, 개혁개방 이후 20년간의 고속 발전을 거쳐 중국은 이미 세계 최대 시장으로 떠올랐다. 성숙된 자본주의 시장경제 체제와 활발한 경제활동은 도시 간의 교류를 촉진하는 원동력이라고 할 수 있다. 둘째, 연해지역의 경제특구와 개발구들의 비약적인 발전은 중국의 경제 중심을 동부 연해지역으로 이동시켰다. 특히 심천(深圳)특구와 포동(浦東)개발구는 중국의 새로운 경제 중심으로 부상하면서 광주를 중심으로 하는 주강삼각주와 상해를 중심으로 하는 장강삼각주의 경제발전을 주도하였다. 셋째, 경구선의 건설과 4차레 열차운행 속도향상은 도시 간의 거리를 단축시키고 도시 간의 연계망을 확대시키는 효과를 이끌어 냈다.

네트워크의 형태로 볼 때 2000년의 유동패턴은 1980년의 척추형에서 점차 격자형, 텔타형으로 발전하고 있음을 관찰할 수 있다. 3개의 남북방향 주축과 주요 도시들의 지역 중심성은 여전하지만 그들의 영향권은 확대되고 중심성도 분산되었다. 특히 경구선의 건설과 동남, 서남 지역의 연결통로가 발달되면서 남북방향 연결은 넓게 분산되고 동서방향 연결은 많이 추가된 것을 알 수 있다. 또한 이러한 연결은 각 지역의 계층에 따라 관련 계층의 중심도시에 종속되는 것이 아니라 지역과 계층의 한계를 넘어 타 지역과 상이한 계층의 도시와 연결되고 있다. 이러한 현상은 중국 도시체계의 네트워크 특징이 더욱 강화되고 있다는 것을 설명한다.

## 6. 결론

중국 도시 네트워크의 주축을 이루는 철도망은 지역간의 대부분 유동을 부담하며 '6종5형'의 구조를 형성하고 있다. 여객의 유동은 7개의 남북방향 간선 철도와 3개의 동서방향 간선 철도가 주도하였다. 화물 유동의 방향은 주로 북부에서 남부로, 서부에서 동부로 향하는 추세이다.

중국 도시 네트워크의 연결도는 중간 수준인 격자형에 속한다. 위상학적인 최단 거리와 열차 최단 운행시간에 의한 도시 접근성 분석 결과 중국 도시의 접근성은 하남성을 중심으로 한 중부지역이 가장 높고 네트워크의 주변으로 향할수록 접근성이 떨어진다.

도시간의 유동패턴을 비교 분석한 결과 네트워크의 중심이 경광선 일대의 중부지역에서 경호선 일대의 동부지역으로 이동하였으며, 3개의 남북방향 축과 주요 도시들의 지역 중심성은 여전하지만 그들의 영향권은 확대되고 중심성도 분산되었다. 도시간의 연결은 각 지역의 계층에 따라 관련 계층의 중심도시에 종속되는 것이 아니라 지역과 계층의 한계를 넘어 타 지역이나 다른 계층의 도시와 연결되고 있다. 이러한 현상은 중국 도시체계의 네트워크 특징이 더욱 강화되고 있다는 것을 설명한다.

## 참고문헌

- 中國交通運輸協會, 2000, 中國交通年鑒(1986-2000), 中國交通年鑒社.
- 國家統計局, 1980, 1990, 2000, 中國統計年鑒, 中國統計出版社.
- 國家統計局城市社會經濟調查總隊, 1991, 1999, 2001, 中國城市統計年鑒, 中國統計出版社.
- 鐵道部統計計劃司, 1992, 全國鐵路歷史統計資料彙編(1949-1991).
- 鐵道部統計中心, 2000, 1999年全國鐵路統計資料彙編.
- 鐵道部運輸局, 1980, 1990, 2000, 年全國鐵路列車時刻表, 中國鐵道出版社.