

[논문]

Axwoman을 이용한 도로기능분류에 관한 연구

A Study on the Highway System with Functional Hierarchy by Using the Axwoman

박 창 수* · 안 종 복**

목 차

- | | |
|------------------------------|-------------------------|
| I. 서론 | IV. 분석대상지의 Axial map 분석 |
| II. 국내·외 도로구분 고찰 | V. 결론 |
| III. GIS 공간구조 분석프로그램 Axwoman | |

ABSTRACT

Park, Chang-Soo · Ahn, Jong-Bok

Roads are places for transportation. Arterials are especially considered to be important for vehicle traffic. A lot of experts point out that the main problems of traffic congestion in many large cities come from the dysfunction of the arterials.

The dysfunction causes an unwanted situation in which the function of arterials is indistinguishable from those of other roads, by breaking the hierarchy of the system. It presents many difficulties in building a main road system and a management policy of urban traffic.

For that reason, it's not only hard to make the investment order of priority in building a new road or repairing, but also painful to apply a proper method of traffic operation.

With establishing an arterial system as soon as possible, it needs to be formed a frame of traffic policy and a step to remodel a city with urban competitiveness.

This study aims to know the relative concentration with analyzing the arterials in Ulsan city by the program of Axwoman, a kind of GIS program, then to find out any relations between the relative concentrate degree and road function.

키워드(Key Words): 공간구문론, 도로기능분류, 접근관리, GIS, Axwoman, Access management, Space syntax theory

* 경주대학교 건설환경시스템공학부 도시공학과 교수

** 울산광역시 도시계획과 전문직공무원

I. 서 론

1. 연구배경 및 목적

도로는 교통이 일어나는 장소이다. 특히 간선도로는 도로가 갖고 있는 기능 중에서도 자동차의 통행기능이 제일 중요시 되는 도로이다. 우리나라 대부분의 대도시의 교통정체에 대한 근본적 원인이 이러한 간선도로의 기능상실에 있음을 많은 전문가가 지적하고 있다.

간선도로의 기능 상실은 어느 도로가 간선도로인지 구분이 안되는 상황을 초래하여 도로정책과 도시교통관리정책에 근간이 되는 간선도로망 체계를 구축하는 데 어려움을 주고 있다.

간선도로망 체계가 정립되지 못함으로 인해서 대도시의 도로의 신규건설 혹은 정비시 투자우선순위 결정에 어려움을 겪고 있으며, 교통 역시 효율적 관리를 위한 교통운영기법의 적용은 물론 혼잡통행료 등 교통수요관리 정책추진에 어려움을 겪고 있다.

따라서 간선도로망 체계를 하루 빨리 확정 정립함으로써 이제부터의 도로교통 정책들을 마련하고 국제경쟁력을 가진 도시로 재창조하는 계기를 마련하여야 한다.

본 연구는 이처럼 간선도로는 간선도로의 도로기능을 유지하도록 접근로의 관리 등을 하기 위하여 도로기능 설정을 위한 대안을 제시하고자 한다.

2. 연구범위

본 연구의 대상범위는 울산광역시의 가로망 중 폭 20m 이상의 도로를 대상으로 하나 지역간을

있는 국도도 포함한다. 내용적 범위는 Space Syntax Theory를 이용하여 만들어진 GIS의 확장 분석 프로그램인 Axwoman을 이용하여 울산광역시 가로망을 분석하고 거기서 얻어지는 집중도(Integration)를 가지고 울산광역시의 가로망이 갖고 있는 공간상의 특징을 알아본다.

또한 여러 가지 교통변수와 집중도(Integration)를 이용하여 상관분석 및 군집분석을 통해 각 도로망이 갖고 있는 특징을 알아보고, 간선의 기능을 향상하기 위한 도로접근관리기법이 필요한 가로망을 찾아내고자 한다.

3. 연구방법

연구의 방법은 우선 크게 세 가지의 과정을 가진다. 우선, 국·내외의 문헌조사를 통하여 지금까지 주를 이루었던 도로기능분류에 관한 연구를 개념적으로 살펴봄과 동시에 본 연구에 적용될 이론을 검토하여 연구에 적합하도록 응용하는 과정과, 다음으로 이러한 이론적 배경을 바탕으로 실제 도로의 자료를 분석하여 서로의 상관관계를 도출하는 과정을 거친다. 그런 다음 상관관계가 높은 것들에 대해 군집분석을 실시하고자 한다. 이를 다시 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

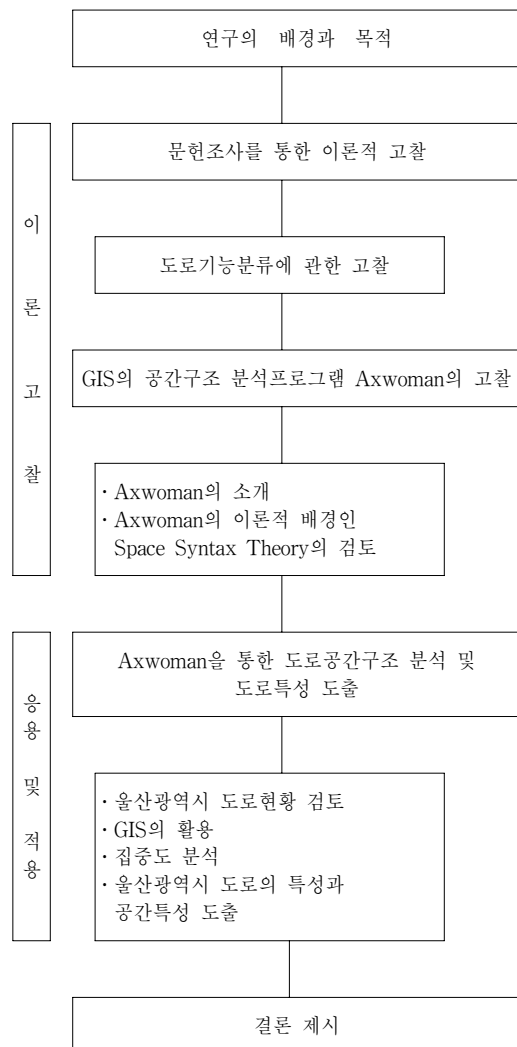
첫째, 도로기능분류와 관련된 연구논문과 이론서적에 대한 문헌조사를 통하여 연구에 대한 이론적 근거 및 타당성을 제시하고, 여기서 사용된 개념의 정의 및 서로간의 관계를 고찰함과 동시에 본 연구에 적용 가능한 이론을 도출하여 본다.

둘째, GIS의 공간구조 분석프로그램인 Axwoman의 이론적 배경인 Space Syntax를 고찰해보고 여기에서 언급하는 각 수치적 특성값들의 개념을 검

토한다.

셋째, 자료수집단계 및 분석단계로서 울산광역시
시의 각 가로별 교통량, 길이, 폭원, 속도 등의 관
련자료를 이용, 가로망의 특징을 살펴보고, 그 특
징들이 Space Syntax Theory에서 얻어진 계수들
과 어떤 관계가 있는지 알아보고자 한다.

이와 같은 과정을 순서도를 이용하여 나타내면
<그림 1>과 같다.



<그림 1> 연구 순서도

II. 국내·외 도로구분 고찰

간선도로망 체계구축을 위해서는 무엇보다 도
로기능체계에 대한 명확한 기준 및 인식이 선행되
어야 한다. 그러나 도로기능에 따른 도로정비가
활성화되지 못한 현 실정에서 각 분야별로 정립된
도로분류체계는 간선도로 기능체계 정립을 어렵
게 하는 요소로 대두되고 있다.

1. 국내의 도로분류체계

현재 우리나라의 도로분류체계는 <표 1>에서
제시한 바와 같이, 도로의 기능별, 도로폭원별, 관
리주체별, 사용 및 형태별 등 크게 4가지로 구분
하고 있다.

<표 1> 우리나라의 도로분류체계

분류체계	도로의 분류		분류 근거 (규칙 및 규정)
기능별 분류	도시 지역	자동차 전용도로	도시고속도로
		일반도로	주간선도로, 보조간선도로, 집산도로, 국지도로
	지방 지역	자동차 전용도로	고속도로
		일반도로	주간선도로, 보조간선도로, 집산도로, 국지도로
	도시고속도로, 주간선도로, 보조간선도로, 집산도로, 국지도로, 특수도로		도시계획 시설기준
폭원별 분류	광로, 대로, 중로, 소로		도시계획 시설기준
관리주체별 분류	고속도로, 일반국도, 특별시도, 지방도, 시도, 군도		도로법
사용 및 형태별 분류	일반도로, 자동차 전용도로, 보행자 전용도로, 자전거 전용도로, 고가도로, 지하도로		도로계획 시설기준

2. 외국의 도로분류체계

1) 미국

미국 도로는 이동성과 접근성을 기준으로 고속도로, 주간선도로, 보조간선도로, 집산도로, 국지도로 등 크게 5등급으로 도로를 분류하고 있다. 미국 도로기능별 계획기준은 아래와 같이 AASHTO와 Institute of Transportation Engineers 등 두 기관에서 제시하고 있다. 두 기준이 서로 약간의 차이는 있지만, 전반적으로 거의 비슷한 수준이다. 단, 보조간선도로의 도로 간격과 국지도로의 인근대지와와의 접근성에 관한 두 기관에서 제시하는 기준이 서로 차이가 있다. Institute of Transportation Engineers에서 제시하고 있는 보조간선도로의 배치간격 1.5~3.0km는 AASHTO에서 제시하는 기준 0.8~1.6km에 거의 2배 수준이다. 어느 기준이 타당한지에 대한 판단은 대상

〈표 2〉 AASHTO 기준¹⁾

도로 등급	총연장 비율 (%)	연속성	배치 간격 (km)	수송 분담률 (%)	최소 교차로 간격 (m)	제한 속도 (km/h)
고속도로	-	연속	6.4	-	1,600	80~100
주간선도로	5~10	연속	1.6~3.2	40~65	800	56~72
보조간선도로	10~20	연속	0.8~1.6	25~40	400	48~56
집산도로	5~10	불연속, 간선도로 교차 금지	0.8 이하	5~10	90	40~48
국지도로	60~80	불연속	필요에 따라	10~30	90	40

지역의 교통여건과 토지이용에 따라 달라질 수 있다. 교통활동이 활발한 지역의 경우, 가능한 Institute of Transportation Engineers에서 제시하는 기준으로 보조간선도로를 배치함이 유리하며, 비교적 활동이 적은 지역에서는 AASHTO의 기준을 적용함이 타당할 것으로 판단된다.

〈표 3〉 Institute of Transportation Engineers 기준²⁾

구분	총연장 비율 (%)	배치간격 (km)	최소 교차로 간격 (m)	제한속도 (km/h)	주차
도시고속도로	NA	6.0	1,500	80~100	불가
주간선도로	5~10	1.5~3.0	400	60	불가
보조간선도로	15~25	1.5~3.0	200	50~40	원칙적으로 불가
집산도로	5~10	0.8 이하	100	40	제한
국지도로	60~80	필요에 따라	100	30~40	허용

2) 일본

일본의 도로분류체계는 <표 4>에 제시한 바와 같이, 도로구조령 제3조에 의해 도로가 속해 있는 지역(지방부 또는 도시부)과 고속자동차국도 및 자동차전용도로 또는 기타 도로의 개별조합에 의하여 4종으로 구분하고 있다.

〈표 4〉 일본의 도로분류체계

도로구분 \ 도로가 속한지역	지방부	도시부
고속자동차국도 및 자동차전용도로	제1종	제2종
기타 도로	제3종	제4종

1) Association of State Highway and Transportation Officials, "A Policy on Geometric Designs of Highways and Streets", Review Draft No. 2, December 1979, Barton-Ashman Associates, Inc.

2) · *Planning Urban Arterial and Freeway System*, Institute of Transportation Engineers, 1981.

· 1mile을 1.6km로 적용.

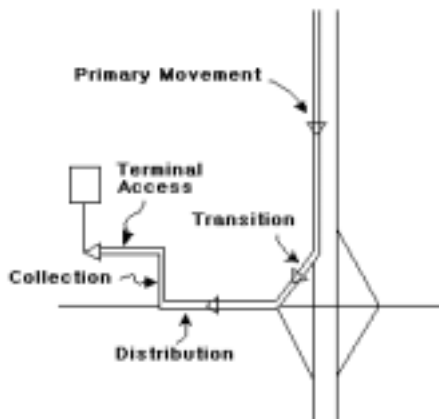
3. 외국 도로분류체계와의 비교

앞에서 검토한 국가별 도로기능별 분류체계를 <표 5>에 정리하였다. 전반적으로 우리나라의 도로기능별 분류체계는 외국과 거의 같다.

<표 5> 국가별 도로기능별 분류체계

	미 국	일 본	한 국
도로분류 체 계	고속도로	자동차 전용도로	고속도로
	주간선도로 보조간선도로 집분산도로 국지도로	주요간선도로 간선도로 보조간선도로 구획도로	주간선도로 보조간선도로 집분산도로 국지도로 (특수도로)

미국, 일본의 도로분류는 도로가 가져야 할 속성, 즉 기능에 입각하여 분류를 하고 있으며, 이에 따라 출입제한을 두어 도로를 관리하고 있다.



<그림 2> 도로위계와 통행의 단계³⁾

도로에서 통행은 미국의 AASHTO에 의하면, 이동(Movement), 변환(Transition), 분산(Distribution), 집합(Collection), 종지(Termination) 등 5가지의 분명한 단계적 특성을 갖고 있다. 이러한 통행의 단계적 특성에 상응하도록, 기능별로 도로를 구분함으로써 도로의 기능과 통행특성이 연계되어 이용자가 기대하는 서비스를 받을 수 있다.



<그림 3> 제공되는 서비스에 따른 도로의 기능상 분류⁴⁾

따라서 도로를 기능별로 분류해야 하는 것은 도로가 갖는 이동성(Mobility)과 접근성(Accessibility)의 상대적 크기에 따라, 그리고 통행상의 위계와 교통량을 기준으로, 통행상의 중요도와 이동성이 가장 높은 도시고속도로가 최상위에 위치하며, 그 다음으로 주간선도로, 보조간선도로, 집산도로, 국지도로의 순서로 위치시키기 위한 것이다.

이러한 통행상의 위계를 도로의 설계에 적절히 반영하지 못할 때에는 도로의 기능이 원활하게 수행되지 못한다. 다시 말해서 간선도로에 많은

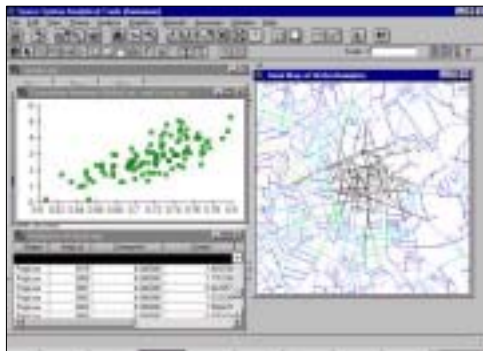
3) A policy on Geometric Design of Highways and Streets, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC, 1984, Fig. 1-1, p3.

4) A policy on Geometric Design of Highways and Streets, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC, 1984, Fig. 1-5, p10.

접속지점이 있으면 이동의 기능이 상실될 우려가 있다. 결과적으로 도로의 효율성이 저하되게 된다. 이를 방지하기 위해서는 기능체계의 재정립이 필요한데, 제3장에서는 기능체계 재정립을 위한 공간구조 분석이 이루어질 것이다. 이 공간구조 분석은 GIS의 공간구조 분석 프로그램인 Axwoman을 이용하여 연구가 진행되는데, 이 프로그램의 이론적 배경이 되는 Space Syntax Theory에 대한 소개도 첨부하였다.

Ⅲ. GIS 공간구조 분석프로그램 Axwoman

Axwoman은 공간구조를 이해하고 밝혀내는 ArcView GIS의 확장분석 프로그램이다. 이 프로그램은 런던대학의 Bill Hillier 교수에 의해 발전된 Space Syntax Theory에 기반을 두고 있다.



〈그림 4〉 Axwoman의 화면

다음 절에서는 Axwoman의 이론적 배경이 되는 Space Syntax Theory에 대해 살펴보고자 한다.

1. Space Syntax Theory의 개념

본 연구에서 응용 및 적용하게 될 SST(Space

syntax theory)는 R. Carnap에 의해서 도입된 메타논리학에 그 논리적 배경의 기초를 두고 있다. 메타논리학이란 특정 임의의 대상에 기호를 부여하여 그 기호에는 의미를 주지 않고 기호와 기호의 조합(combination)에 의미를 두는 것으로 한다. 그러므로, SST는 건축물들의 조합에 의하여 생성되는 각각의 공간에 의해 구별되는 개개의 공간이 아닌 서로 연관성이 있고, 상관성이 존재하는 하나의 일정 체계(system)로 공간을 해석하고 접근하는 것이다.

SST는 물리적 환경공간의 올바른 이해를 위한 공간의 물리적 접근을 제공하였을 뿐만 아니라 사회구조에 적용 할 수 있는 새로운 공간분석방법을 제시하는 등, 종래의 공간분석방법의 문제점을 해결해 주었다.

먼저, 간략히 SST를 정의해보면(김용환, 1994), 이 이론은 공간의 물리적 구조를 분석, 표현할 수 있는 공간분석방법이며, 공간의 체계적이고 객관적인 분석을 위해 수학적 논리를 이용하여 컴퓨터 분석결과에 의해 공간을 해석할 수 있는 방법, 인간의 생활상에 의한 공간의 이용도를 예측할 수 있는 방법, 공간의 물리적 구조를 논리적이고 명확히 컴퓨터를 이용하여 표현할 수 있는 방법 등이라고 말할 수 있다. 그리고, 그 적용범위를 알아보면 인간이 생활을 영위해 가는 공간을 대상으로 분석하는 한 방법이므로 인간의 행태가 존재하는 공간이라면 이 이론을 적용 및 이용할 수 있는데, 가령 예를 들어 보면(김용환, 1994), 주택단지계획이나 도시재개발 계획, 공공건물 및 산업시설계획, 사무실계획, 사회적 교류를 위한 공간계획 등을 들 수 있을 것이다.

다음으로 SST를 이용한 공간분석방법에 대하여 자세히 알아보면 다음과 같다.

2. Space Syntax의 공간분석방법

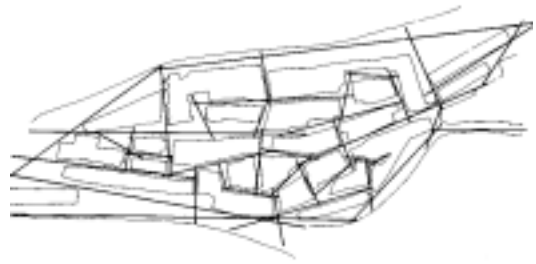
SST에 의한 공간분석방법은 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 하나는, 단위블록공간에 의한 분석 방법(Convex Analysis⁵⁾)이며, 다른 하나는 단위 축 공간에 의한 분석방법(Axial Analysis⁶⁾)이다. 이 두 가지의 분석방법에는 커다란 차이는 없고, 단지 공간을 규정하는 방법상의 차이가 존재한다. 그러나, 여기서 주의할 점은 각 분석방법에 공간 규정 방법에 있어서 차이가 있다고 하더라도 두 방법에 의해서 나타난 각 공간은 서로 연관성을 지녀야 한다는 것이다.⁷⁾



〈그림 5〉 프랑스 Var지역의 G소도시



〈그림 6〉 G소도시 단위블록공간 도면



〈그림 7〉 G소도시 단위축 공간 도면

이와 같은 각각의 공간분석방법을 〈그림 5〉와 같은 프랑스 G소도시를 대상으로 하여 도면으로 나타내어보면 각각 〈그림 6〉, 〈그림 7〉과 같다.⁸⁾

다음으로 단위블록공간에 의한 분석방법과 단위축 공간에 의한 분석방법을 좀더 자세히 살펴보면 다음과 같다.

1) 단위공간에 의한 분석(Convex Analysis)

단위블록공간에 의한 분석방법이란 공간의 물리적 구조를 단위블록공간으로 표현하여 그 연결된 정도를 분석하는 방법으로 여기서 나타내는 단위블록공간은 사람이 공간 안에 존재하고 있을 경우 모든 공간을 바라볼 수 있고 경험할 수 있는 공간으로서 정의되고, 이 분석방법은 주택의 공간 분석과 같이 내부공간을 그 분석대상으로 하는 경우 주로 사용된다.

2) 단위축에 의한 분석(Axial Analysis)

단위축 공간에 의한 분석방법은 물리적 공간을

5) 공간의 물리적 구조를 단위블록공간으로 표현하여 그 연결된 정도를 분석하는 방법.

6) 물리적공간을 단위축으로 나타내어 연결된 정도를 분석하는 방법으로 여기서의 단위축이라함은 단위공간에 서서 시각적으로 바라볼 수 있는 정도를 직선으로 나타낸 것.

7) 즉, 단위블록공간에 의해서 분석된 지역의 도면 위에 단위축 공간에 의해서 분석된 같은 지역의 도면을 overlap시킬 경우 단위축은 모든 단위블록공간을 지나야 함.

8) 3.2. 내의 그림은 The Social Logic of Space(Bill Hillier 외 1인, Cambridge University press, 1984, pp. 90-104)의 그림들을 인용함.

단위축으로 나타내어 그 연결된 정도를 분석하는 방법으로, 여기서의 단위축이라 함은 단위블록공간의 경우와 마찬가지로 사람의 시각을 나타낸다. 즉, 사람이 일정 도로나 open space 등과 같은 단위 공간에 서서 시각적으로 바라볼 수 있는 정도를 직선으로 나타낸 것을 말한다. 그러므로 도로의 경우를 예로 들어보면, 같은 도로선상에서라도 굴절이 있다면 이 도로에서는 시각적 차단이 유발되므로 여러 가지 공간의 조합으로 나타나게 된다. 이 분석방법은 주로 외부공간분석방법에 사용된다.



〈그림 8〉 도로의 단위축 공간에 의한 분석 예

한편, 본 연구에서 다루려고 하는 도로기능에 따른 분류에 관한 연구는 외부공간을 그 분석대상으로 하여 진행되므로 단위축 공간 분석기법을 중심으로 이론적 고찰을 진행하고자 한다.

3. 적용계수의 고찰

SST의 공간분석방법을 통하여 우리는 여러 가지 일정 공간 혹은 전체 공간의 특징을 설명해 주는 여러 가지 수치적 특성값 및 변수를 구할 수 있는데, 이러한 수치적 특성값 및 변수들은 그 기본 개념에 있어서는 공간분석방법에 의해서 커다란 차이를 보이지 않으므로 여기서는 단위축 공간 분석(Axial Analysis)에 의해 얻어진 분석도를 통하여 얻어지는 다음과 같은 수치적 특성값 및 변수를 설명하고자 한다.

1) 단위축공간 지표계수(axial line index)

일정 단위축 공간이 지나는 단위블록공간의 수를 나타내주는 지표로서 한 대상지를 대상으로 하는 단위블록공간 분석방법에 의해서 얻어진 분석도와 단위축 공간분석에 의해 얻어진 분석도를 overlap시켜서 구할 수 있다. 〈그림 5〉 지역을 예로 단위축공간 지표값을 구해보면 〈그림 9〉와 같다.



〈그림 9〉 G소도시 단위축 공간 지표계수

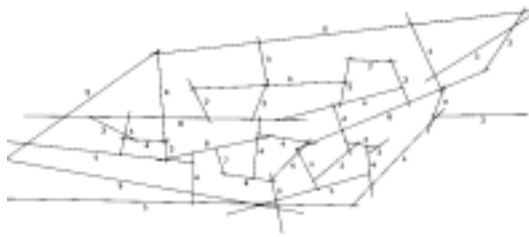
즉, 여기서 각 축공간에 기입된 수치는 한 단위축 공간이 몇 개의 단위블록공간을 지나고 있는지를 나타내주고 있는 것이다.

2) 단위축 연결계수(axial connectivity)

일정 단위축 공간과 교차하는 다른 단위축 공간

의 수를 보여주는 것으로서, 일정 단위축 공간의 단위축 연결계수는 그 공간에 직접적으로 연결된 다른 공간들의 개수로서 표시된다.

따라서, 단위축 연결계수가 높다는 것은 그 만큼 많은 단위축 공간들과 빈번히 연결된다고 생각할 수 있으며, 그 예로 <그림 5>에 적용하여 수치를 구해보면 <그림 10>과 같다.



<그림 10> G소도시 단위축 연결계수

여기서, 단위축 연결계수는 본 연구의 목적에 부합하여 공간의 특성을 설명해주는 주요 계수가 될 것으로 기대된다.

3) 집중계수(integration)

이것은 심도계수⁹⁾와 밀접한 관계를 지니는 계수로서 차이점이 있다면 심도계수는 출입구만을 기준으로 하지만 집중계수의 경우는 일정 단위축 공간과 그 공간을 제외한 모든 다른 단위축 공간과의 관계를 다루고 있다는 점일 것이다. 즉, 일정 단위축 공간의 집중계수는 그 공간으로부터 전체 공간체계에 포함된 다른 모든 공간으로 가는 데 필요한 공간전이 단계의 합계를 기본으로 계산되는 것이다.

따라서, 집중계수가 높다는 것은 일정한 단위축

공간으로부터 다른 공간으로 이동하는 데 많은 전이단계가 필요하다는 것을 의미하는 것이다. 이 계수는 공간심도인 RA(Relative Asymmetry)를 이용하여 나타내며, 구하는 방법은 다음과 같다.

$$MD = \frac{TD}{k-1}$$

MD=일정 단위축공간의 평균 전이공간 수
(Mean Depth),

TD=일정 단위축공간의 총 전이공간 수
(Total Depth),

k=대상지 내의 총 단위축공간 수

$$RA = \frac{2(MD-1)}{k-2}$$

RA=공간심도(Relative Asymmetry)

이때, RA값은 일정 대상지 내에서의 개개의 공간에 대한 값이라는 의미를 지니고 있으므로 만약, 서로 다른 대상지에 있는 두 공간을 RA값으로 비교하려 한다면 보정치가 필요한 상대값이 요구되는데, 이에 해당하는 것이 상대적 공간심도 즉, RRA(Real Relative Asymmetry)로서 구하는 방식은 다음과 같다.

$$RRA = \frac{RA}{Di}$$

RRA=상대적 공간심도(Real Relative Asymmetry)

Di=i개의 공간에 대한 D의 값

여기서 i개의 공간에 대한 D의 값은 일정 공간 내 각 단위축 공간의 RA값을 다이아몬드 형태 공

9) 외부공간(외부공간의 심도값은 0이 된다)으로부터 각 출입구를 통하여 일정 단위축 공간에 도달하는 데까지의 단위축 공간의 수를 나타냄

간에서의 일정공간¹⁰⁾에 대한 RA값으로 변환시켜 주는 역할을 하게 된다.

4) 통제계수(control(E))

일정 단위측 공간에 직접적으로 접해있는 주변의 단위측 공간과, 또다시 주변의 단위측 공간이 그 주변 단위측 공간에 접해있는 단위측 공간들까지를 포함하여 표현되는 값으로 그 측정은 단순히 지루한 과정을 요한다. 한 단위측 공간이 n개의 단위측 공간과 연결되어 있다면 이 단위측 공간은 주변의 단위측 공간에 1/n만큼의 통제치를 가하게 되고, 1/n만큼의 통제치를 받는 공간은 또 다른 연결된 공간으로부터 위와 같은 방식에서 산출된 통제치를 받게 되는데, 일정 단위측 공간에 대한 통제계수는 이러한 통제치들의 합으로 계산된다.

즉, 통제치가 높다는 것은 주변공간에 의해서 보다 많은 통제를 받는다는 것을 의미한다.

ESRI사에서 다운받은 Axwoman 프로그래밍을 살펴보니 위의 그림에서 보는 바와 같이 집중계수값을 구하는 곳의 알고리즘이 분모와 분자가 뒤바뀐 것을 알 수 있다. 이는 기존의 집중계수(integration) 값이 낮으면 집중도가 높은 것으로 해석하였던 것을 이해가 용이하도록 집중계수값이 높으면 집중도가 높게끔 프로그램을 만들어 놓은 것이다.

```
Run("System.Diagnostics", "Windows", "System.Console")
***Wn Wn List of adjacentList =
***Wn Wn totalDepthList.Add(totalDepthList)
***Wn Wn totalDepthList.Add(totalDepthList)
totalDepthList.Count = 1 Wn meanTotalDepth = totalDepthList.Count / 2 Wn
number_of_spaces = totalDepthList.Count
dValue = ax.Run("System.Diagnostics", "Number of spaces", Wn Wn totalDepthList.Count)
Wn integration = (theDValue*(number_of_spaces-2)/(2*(meanTotalDepth-1))
```

〈그림 11〉 Axwoman 프로그래밍

IV. 분석대상지의 Axial Map 분석

1. 울산광역시 도로 현황

본 연구의 대상지인 울산시는 도로 4,914개 노선의 총 연장은 2,800.5km이며, 이중 고속국도가

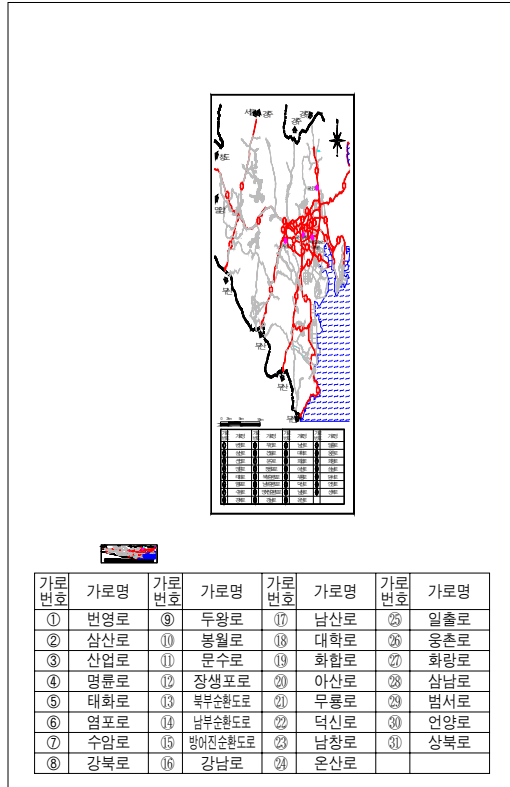
〈표 6〉 울산광역시 주요 간선도로망 현황¹¹⁾

번호	도 로 명	길이 (km)	폭원 (m)	교통량 (대)	속도 (km/h)
1	빈 영 로	7.38	50	23,255	22.8
2	삼 산 로	4.21	40	29,561	25.7
3	산 업 로	21.42	40	26,073	29.4
4	명 룰 로	1.91	20	13,251	13.5
5	태 화 로	3.16	25	13,963	28.6
6	염 포 로	7.81	30	13,624	37.6
7	수 암 로	3.68	30	14,461	25.6
8	강 북 로	4.47	20	18,832	29.8
9	두 왕 로	3.38	35	23,698	28.1
10	봉 월 로	1.78	25	18,567	15.8
11	문 수 로	4.98	50	15,487	34.7
12	장 생 포 로	7.27	30	13,261	52.6
13	북부순환도로	10.17	35	19,676	30.8
14	남부순환도로	10.61	25	14,835	42.5
15	방어진순환도로	14.69	25	17,338	26.2
16	강 남 로	4.42	20	18,551	35.0
17	남 산 로	4.00	20	14,108	24.2
18	대 학 로	1.82	35	18,751	28.5
19	화 합 로	5.16	30	17,842	23.3
20	아 산 로	4.49	25	34,936	52.8
21	무 룡 로	16.06	15	5,180	46.3
22	덕 신 로	5.20	15	8,097	58.0
23	남 창 로	15.12	20	14,915	58.0
24	온 산 로	13.09	20	10,194	52.0
25	일 출 로	15.60	15	2,521	59.4
26	웅 촌 로	13.62	20	13,701	47.3
27	화 랑 로	19.64	15	3,738	59.4
28	삼 남 로	8.05	20	7,210	44.5
29	범 서 로	7.45	15	12,609	17.3
30	언 양 로	7.89	15	11,323	22.6
31	상 북 로	15.45	15	1,694	52.7

10) 다이아몬드형태의 공간이라 함은 대상지의 형태적 특성과는 무관한 수치적 값만을 지닌 검증분석도로서 평균심도에서 i개의 공간을 지니고 그 위아래로 심도가 작아지거나 높아지는 경우 공간의 수가 1/2씩 줄어드는 공간의 형태이다. 이 외에도 피라미드 형태의 검증분석도에 따른 보정값(P)이 있는데, 이것은 대상지 내의 각 X로부터의 일정공간에 대한 상대적 공간심도를 구하고자 할 때 사용하게 됨(Bill Hillier 외, 1984, *The Social Logic of Space*, pp. 109-113).

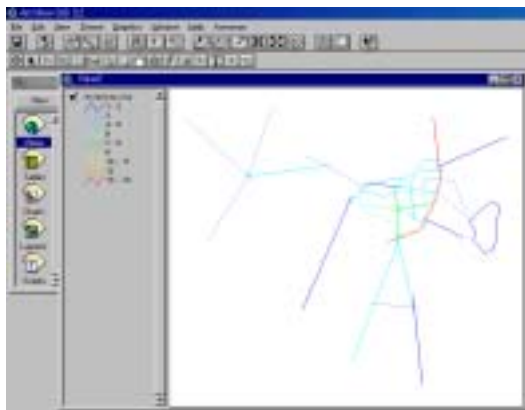
11) 교통량·속도- 2001년 정기 교통량 및 속도조사 보고서

41.9km, 일반국도 193.1km, 광역시도 1,770.8km로 나타난다.



〈그림 12〉 울산광역시 주요 가로망도

2. 대상지 축 분석



〈그림 13〉 Arcview GIS를 이용한 대상지의 Axial 분석


〈그림 12〉의 맵을 Arcview extention인 Axwoman을 이용하여 분석하려면 우선 축에 따른 라인을 그은 다음,  부분을 클릭하면 〈그림 13〉과 같은 Axial map 분석 화면이 나타나게 된다.

Figure 14 shows a screenshot of the 'Attributes of Axialmap.shp' table. The table lists various attributes for each road segment, including Line, Index, Connectivity, Central, Integration, Total Length, and Time. The data is organized into columns and rows, providing a detailed overview of the road network's characteristics.

〈그림 14〉 대상지의 Axial 분석 결과 Table

〈그림 14〉에서 나온 결과를 집중도별로 살펴보면, 예상한 대로 지역간을 잇는 도로들의 집중도는 상대적으로 낮게 나왔다. 그 대표적인 예가 경주·연양을 잇는 화랑로, 부산·연양을 잇는 삼남로, 청도·울산을 잇는 상북로가 그러하다.

3. 통계분석

위에서 나온 집중도(Integration) 값을 가지고 여러 가지 교통 변수들과의 관계를 설명하기 위해서 상관분석, 군집분석 등의 통계분석을 실시해 보았다.

1) 상관분석

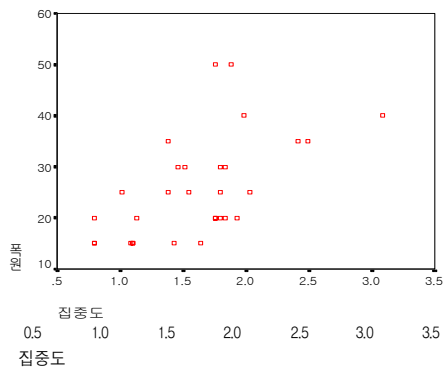
지금까지 분석한 울산시 가로망의 집중도(Integration)를 가지고, 도로의 폭원, 길이, 교통량, 속도 등의 변수들과 서로 상관관계에 있는지 상관분석을 해보았다. 상관계수의 분석결과는 <표 7>에서 보는 바와 같다.

<표 7> Pearson 상관계수

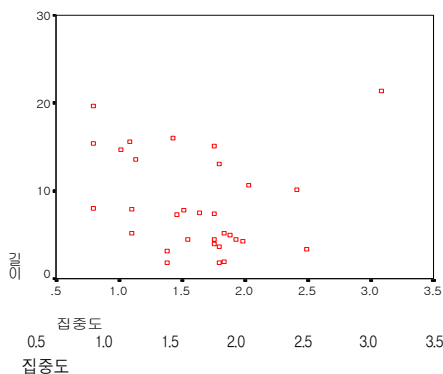
		집중도	폭원	길이	교통량	속도
집중도	Pearson 상관계수	1.000	.567**	-.133	.636**	-.427*
	유의확률(양쪽)	.	.001	.477	.000	.017
	N	31	31	31	31	31

** 상관계수는 0.01 수준(양쪽)에서 유의함.

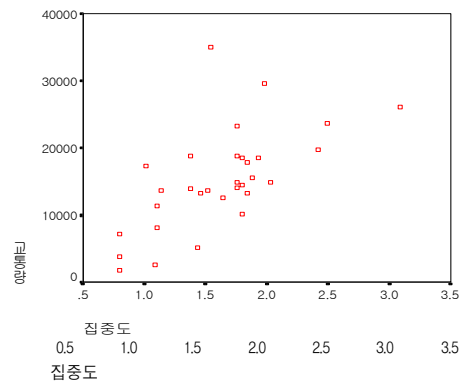
* 상관계수는 0.05 수준(양쪽)에서 유의함.



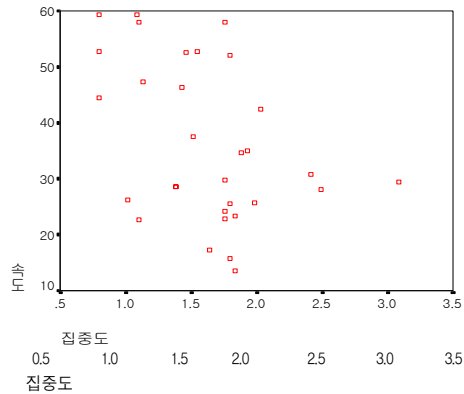
a) 집중도와 폭원



b) 집중도와 길이



c) 집중도와 교통량



d) 집중도와 속도

<그림 15> 산점도

집중도와 폭원의 상관계수는 0.567로 양의 상관관계를 나타내고 있고, 집중도와 교통량의 상관계수는 0.636으로 가장 높은 상관계수치가 나왔다. 또한, 집중도와 속도의 상관계수는 -0.427로 음의 상관관계를 나타내고 있다.

집중도가 높다는 건 그만큼 접속지점이 많아진다는 얘기이다. 접속지점이 많아지면 그만큼 운행 속도는 떨어지게 되어 있다.

2) 군집분석

위의 <그림 14>에서 나온 결과물 중 집중도 (Integration)를 가지고 군집분석을 실시한 결과, 아래 <표 8>과 같은 군집으로 형성되었다.

<표 8> 소속군집

1군집	2군집	3군집
1: 변영로 2: 삼산로 4: 명륜로 5: 태화로 6: 염포로 7: 수암로 8: 강북로 10: 봉월로 11: 문수로 12: 장생포로 14: 남부순환도로 16: 강남로 17: 남산로 18: 대학로 19: 화합로 20: 아산로 21: 무릉로 23: 남창로 24: 온산로 29: 범서로	3: 산업로 9: 두왕로 13: 북부순환도로	31: 상북로 15: 방어진순환도로 22: 덕신로 25: 일출로 26: 웅촌로 27: 화랑로 28: 삼남로 30: 연양로



<그림 16> 집중도별 군집분석을 통한 덴드로그램

3) 집단별 평균분석

위에서 나온 세 개의 군집이 어떻게 다른 성격

을 갖고 있는지 SPSS를 통해 집단별 평균비교분석을 해보았다.

1군집에 해당하는 변영로 외 19개 가로망의 평균폭원은 27.25m이고, 교통량은 16,809대, 속도는 33.33km/h로 세 개의 군집 가운데 집중도, 폭원, 교통량, 속도 모두 중간 위치를 차지하고 있다. 2군집에 해당하는 산업로 외 2개의 가로망은 집중도, 폭원, 교통량이 세 개의 군집 중 가장 높은 위치를 차지하고 있으나 속도는 가장 낮게 나타났다. 3군집에 해당하는 상북로 외 7개의 가로망은 집중도, 교통량, 폭원이 가장 낮게 나타났고, 반면에 속도가 3군집 중에서 가장 높게 나타났다.

<표 9> 군집별 평균분석

Average Linkage (Between Groups)		집중도	폭원	교통량	속도
1	평균	1.713	27.25	16809.15	33.330
	N	20	20	20	20
	표준편차	.198	10.06	6529.17	13.399
2	평균	2.665	36.67	23149.00	29.433
	N	3	3	3	3
	표준편차	.369	2.89	3233.64	1.3503
3	평균	.979	17.50	8202.75	46.262
	N	8	8	8	8
	표준편차	.155	3.78	5593.32	14.594

V. 결론

본 연구는 도로 기능의 활성화를 위해서 공간구조를 수치적으로 해석하는 Space Syntax 이론을 가지고 가로망의 상대적 집중도를 구해보았다. 이를 기초로 해서 여러 가지 변수들을 대입해서 군집분석을 실행하고 각 군집들간의 비교분석을 통해서 각 가로망이 갖고 있는 특성들에 대해서 살

펴보았다.

본 연구에서 얻어진 구체적인 결과는 다음과 같다.

① Space Syntax 이론을 통해 얻어진 집중계수(Integration)값이 교통의 여러 가지 변수 중에서 폭원, 교통량과는 양의 상관관계, 속도와는 음의 상관관계가 있다는 것으로 도출되었다.

② 본 연구의 대상범위인 울산광역시 가로망 중에서 상북로, 언양로, 삼남로, 화랑로, 웅촌로, 일출로, 덕신로 등은 집중도가 상대적으로 매우 낮아 이동 기능이 강한 주간선도로 역할을 하게 된다는 것을 알게 되었다. 실제 이 도로들은 시가지와 시 외곽을 연결하는 국도 성격의 도로로 도로 폭원에 비해서 접근성보다는 이동성이 강한 도로이다.

③ 상대적으로 집중도가 중간값을 갖고 있으면 이동성과 집산의 기능이 혼재하는 것으로 나타났다. 다시 말해 1군집에 해당하는 번영로 외 19개 가로망은 보조간선도로의 역할을 한다고 할 수 있다.

④ 가장 많은 양의 교통량을 처리하고, 폭도 가장 넓은 2군집에 해당하는 산업로, 두왕로, 북부순환로는 공간구조상 가장 집중도가 높아 속도가 떨어지는 결과가 나왔다. 바꾸어 말하면, 울산광역시 가로망 중에서 간선도로의 주기능인 이동성을 향상하기 위한 접근관리기법이 필요한 곳이 바로 이 3곳이다.

참고문헌

- 건설교통부, 1997, 『도로백서』
 건설교통부, 2000, 『도로의 구조·시설기준에 관한 규정 해설 및 지침』
 권동희, 1999, 『지리정보론GIS』, 한울출판사
 김승재, “Space Syntax 이론에 관한 기초적 연구”, 『대한건축학회논문집』, 1998. 6
 도철웅, 1995, 『교통공학원론(上)』, 청문각
 울산광역시, 2001, 『정기 교통량 및 속도조사』, 교통기획과
 원제무, 1990, 『도시교통론』, 박영사
 이한준, 김정현, 임종훈, “도시 및 간선도로의 유형설정에 관한 연구”, 『대한교통학회지』, 2000. 6
 정현영, 권순철, “도로의 구조 및 이용실태 분석에 의한 기능 유형화에 관한 연구”, 『대한국토·도시계획학회지』, 1996. 6
 AASHTO, 1994, *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*
 Bill Hillier & Julienne Hanson, 1982, “Domestic space organization—two contemporary space codes compared”, *Architecture and Behavior* 2, pp.5-25
 Bill Hillier & Julienne Hanson, 1984, *The social logic of space*, Cambridge Univ. Press
 Bill Hillier & Julienne Hanson, Graham, 1987, “Ideas are in things—an application of the space syntax method to discovering house genotypes”, *Planning & Design*, Vol. 14
 ITE(Institute of Transportation Engineers), 1992, *Transportation Planning Handbook*, Prentice-Hall, Inc
 William R. McShane & Roger P. Roess, 1990, *Traffic Engineering*, Prentice-Hall