

(6-1 강) 교통망 분석 : 네트워크의 지위 분석

제4장 교통망의 구조분석

1. 네트워크의 점과 선

2. 네트워크의 구조 분석

1) 위상네트워크의 연결성 분석

- 직경, 분산, 평균분산
- 회로계수, 알파, 베타, 감마, 형상판별,
- 중심화
- 절단수, 관절수

2) 유희네트워크의 연결성 분석

- 직경, 분산, 평균분산
- 이타, 파이
- 미타
- 아이오타, 가중된 아이오타

3. 네트워크 내의 결절점의 지위 분석

1) 점에 대한 중앙성 분석

- 차수,
- 관련수
- 사이중앙성, 위세중앙성

2) 점에 대한 접근성 분석

- 접근성
- 우회도

3) 점 간의 구조적 등위성 분석

4. 네트워크의 최단경로 분석

## (6-1 강) 교통망구조분석 : 접근성분석

### 3. 네트워크 내의 결절점의 지위 분석

- 지금까지 배운 모든 지수들은 네트워크 전체의 평균적 경향을 알아보는 지표이다.
- 직경, 분산, 평균분산은 그래프의 크기나 흩어짐
- 알파, 베타, 감마, 형상판별은 연결성
- 절단수와 관절수는 분리성 및 연결성
- 이타, 파이는 선의 평균적 경향
- 씨타, 아이오타지수는 점의 평균적 경향
- 중심화는 네트워크 전체에 대한 집중되어있는 정도를 파악

#### 1) 각 점에 대한 지위 분석

- 임의의 한 점이 네트워크 상에서 어떤 지위를 갖고 있는가에 대한 척도
- 일종의 네트워크 상에서의 입지 문제에 해당
- 각점이 네트워크 상에서 얼마나 접근하기 쉬운가의 문제

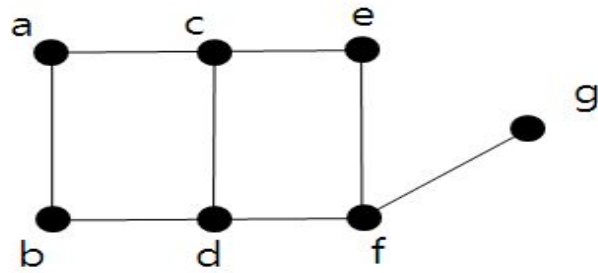
##### 1-1) 차수(degree), 연결중앙성(사회학)

- 각 점에 직접 연결된 선의 수
- 각점의 차수는 그래프 상의 부분적 중앙성 또는 연결 정도를 나타낸다.
- 값이 높을수록 좋은 지위

##### 1-2) 관련수(associated number)

- 독일의 그래프학자 D., König(1936)가 제창
- 임의의 점 i에 대해 최원점 j로 부터의 최단 경로에 대한 위상적 거리
- $K_i \text{ or } S_i = \max d(i, j)$

(그림 3-1) 최단 경로에 의한 거리행렬



	a	b	c	d	e	f	g
a	0	1	1	2	2	3	④
b	1	0					
c	1	2	0				
d	②	1	1	0			
e	2	③	1	2	0		
f	③	2	2	1	1	0	
g	④	3	3	2	2	1	0

- 따라서 관련수는  $K_a = 4$ ,  $K_b = 3$ ,  $K_c = 3$ ,  $K_d = 2$ ,  $K_e = 3$ ,  $K_f = 3$ ,  $K_g = 4$
- 그래프 내의 각 점의 지위는 어떠한가?
- d점의 지위가 가장 높고 a와 g의 지위가 낮다.
- 관련수가 클수록 나쁜 지위 상태, 관련수가 적을수록 좋은 지위 상태를 나타낸다.
- 그래프의 외측에 위치하는 점 일수록 값이 커지고, 중앙에 위치하는 점 일수록 값이 작다.
- 관련수는 눈으로 계산 하는 과정을 거치기 때문에 복잡한 구조를 갖거나 크기가 큰 그래프의 분석에 문제점을 갖고 있다.
- 한편 이 그래프의 직경 d 란 그 그래프의  $\max K_i$  이다.

## 2) 각 점에 대한 접근성 분석

- 차수는 인접한 점만을 기준으로 지위를 판단하며, 관련수는 최원점으로 부터의 최단경로만을 기준으로 지위를 판단한다.

- 네트워크의 모든 점을 고려한 평가 방법은 없을까?

즉, 모든 점으로 부터의 접근상태를 고려하는 방법은 없을까?

- 접근성; 타 지역이나 타 점으로 부터의 접근하기 쉬운 정도, 또는 주변지역으로부터 도달하기 쉬운 도로상태로 표현된다. 따라서 차수나 관련수는 이러한 광의의 접근성에 포함된다.

- 그림3-1의 그래프 각점에 대한 접근성 계산하고, 상대적접근성을 도식화한다.

1)  $\Sigma$  계산 : 자신을 제외한 타점으로부터의 최단path 합

2)  $\Sigma$ 가 가장 작은 값을 갖는 점이 그 그래프에서 가장 접근성이 좋다

3) 상대적 접근성을 계산 : 접근성이 가장 작은 점을 기준(100)으로 비율을 계산

4) 등치선도를 작성

1)

	a	b	c	d	e	f	g	$\Sigma$
a	0	1	1	2	2	3	4	13
b	1	0	2	1	3	2	3	12
c	1	2	0	1	1	2	3	10
d	2	1	1	0	2	1	2	
e	2	3	1	2	0	1	2	
f	3	2	2	1	1	0	1	
g	4	3	3	2	2	1	0	

2) 위 그래프에서 가장 접근성이 좋은 곳은?

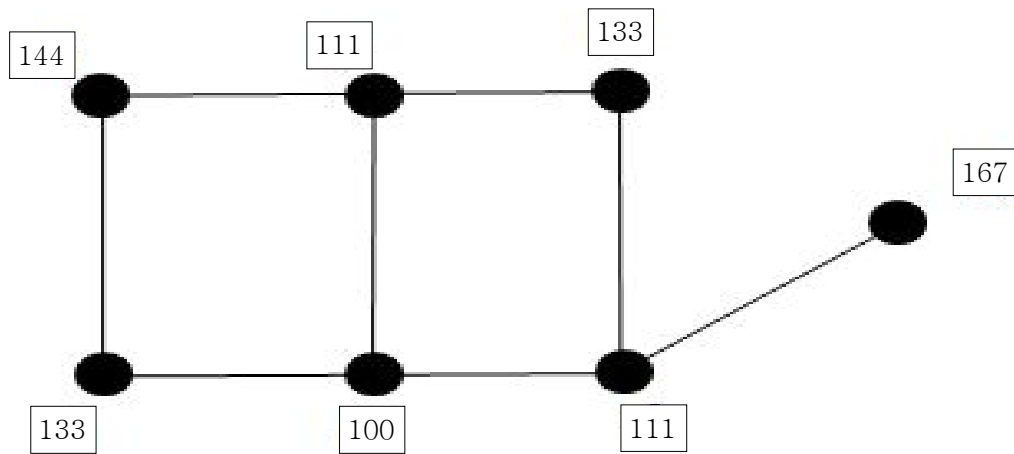
위 그래프에서 가장 접근성이 나쁜 곳은?

점 a는 점 d에 비하여 접근성이 어느 정도 나쁜가?

3)

	a	b	c	d	e	f	g	$\Sigma$		
a	0	1	1	2	2	3	4	13	13/9	144
b	1	0	2	1	3	2	3	12	12/9	133
c	1	2	0	1	1	2	3	10	10/9	111
d	2	1	1	0	2	1	2	9	9/9	100
e	2	3	1	2	0	1	2	12	12/9	133
f	3	2	2	1	1	0	1	10	10/9	111
g	4	3	3	2	2	1	0	15	15/9	167

4)



## 2-1) 위상네트워크에서의 접근성 계산

### 2-1-1) 접근성 행렬(T)계산 방법

- (교통지리 230쪽) <그림 2-1>은

이원행렬이면서 동시에 인접행렬, 그리고 연결성행렬이기도하다.

- 2원행렬(binary matrix): 행렬의 요소(cell, element)가 1, 0 두 요소로만 이루어진 행렬
- 인접행렬(adjacency matrix) :그래프에서 행렬 요소를 정점 i에서 정점 j로 가는 인접(직접 연결)이 있을 경우에 1로 하고 없는 경우에는 0으로 표현한 행렬

- 인접한 접근성만을 취급

- 각 점에 대한 가능한 모든 접근상태를 파악하기에는 부족한 행렬

- 타점의 연결에 의한 간접적인 연결성의 파악이 필요

- 연결성행렬(connectivity matrix) C : 장소 간 연결 상태를 나타낸 행렬

- 누승(累乘)행렬 ;  $C^2$  ,  $C^3$  ,  $C^4$  (참조 교지 231쪽)

- 간접적 연결수, 즉 경로수는 행렬을 승산(乘算, 누승)하면 구할 수 있다

- $C^2 = C \times C$

- $C^2$  의 (v1, v3)의 1의 계산

- 1의 의미는?

v1에서 출발하여 v3에 도착하는 2path(경로)를 가진 경우의 수는 1가지이다.

- (v2, v2)의 2의 의미는????????????

- (v3, v3)의 3의 의미는????????????

- 교통지리학 232쪽 그림 2-3의  $C^3$  의 (v2,v3)의 4의 의미????????

- $C^4$  의 (v3,v3)의 11의 의미는?

- 접근성행렬(accessibility matrix)  $T^n = C^1 + C^2 + C^3 + \dots + C^n$  (단, n은 직경까지)

- T 는 각 누승행렬의 요소 값을 더한 것(단 위상적 직경까지를 기준)

- (v1, v1) 의 3의 의미는??????

v1에서 출발하여 v1에 도착하는 모든 경우의 수의 합

즉,  $1\text{path}(0) + 2\text{path}(1) + 3\text{path}(0) + 4\text{path}(2) = 3$

- 따라서 접근성행렬은 간접 연결을 포함하는 접근 방법의 모듬 경우의 수를 요소로 갖는 행렬이다.

- 각 행의 요소값을 더한 값이 접근도; 값이 크면 클수록 접근성이 좋은 결절점

- 접근성 행렬의 문제점

- 접근성 행렬 T는 인접 점과의 직접 연결(C)과 간접 연결된 점들의 간접 연결 상태( $C^n$ ) 를 동등하게 취급하고 있다.

- 따라서 한 점을 두 번 이상 통과하게 되는 과잉성을 포함 하고 있다.

- 현실에서도 이러한 경우는 매우 적다. 중요도가 다르다.

- 접근성 행렬에서 과잉성의 문제 해결
  - Garrison ; 간접적 연결의 영향력을 스칼라(s)양으로 조정하는 방법
  - $T = sC + s^2C^2 + s^3C^3 + \dots + s^nC^n$  ( $0 < s < 1$ ,  $s=0.3$ )

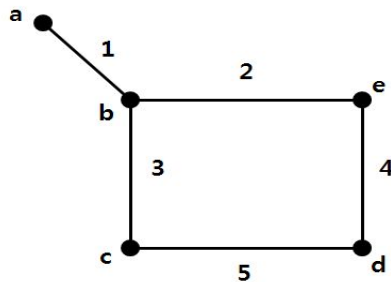
## 2-1-2) 최단경로에 의한 거리행렬 또는 최단경로행렬(D)

- Shimbel에 의해 제창
- 앞의 접근성행렬이 여전히 스칼라양의 문제로 남아있음을 고려
- 한 점을 단 1회만 통과하는 경로 만에 주목하고, 이를 바탕으로 두 결절점 간의 최단 경로거리의 의미로 계산
- 앞서 수없이 작성하였던 최단경로행렬의 행렬의 요소의 의미는?
  - i와 j 점 간의 위상적 최단경로거리를 의미한다.
- 연결성행렬 C를 구한다
- 누승행렬의 누승수를 요소로 하는 행렬  $D_n$  or  $C^{n*}$  (n은 직경까지) 을 작성해 나간다
  - (교통지리학 239쪽)  $D_1$ 의 (v1, v2)의 1의 의미는?  
 $C^1$ 행렬에서 (v1, v2)에 0이 아닌 다른 숫자가 처음으로 출현하였기에  
 누승수 1을  $D_1$ 행렬의 (v1,v2) 에 기입
  - (교통지리학 240쪽)  $D_3$ 의 (v1, v4)의 3의 의미는????????????
- 최단거리에 의한 거리행렬  $D_n$  의 n은 얼마까지 일까?
  - 위상적 직경까지 계산하면, 모든 요소가 0이 아닌 다른 숫자가 출현하게 됨
- 최종적인  $D_n$ 이 최단경로행렬
- 최단 경로행렬의 각 점에 대한  $\Sigma$  값을 접근도
- 접근도의 수치가 작을수록 접근성이 좋은 점

## 2-2) 유치네트워크의 최단거리에 의한 거리행렬

- L 행렬 ; C행렬에 해당하는 실거리(수치, 유치네트워크)를 요소로 하는 행렬  
(교통지리학 243쪽 참조) , 단 대각선은 0
- Boole 대수법에 의한 행렬연산 방법
  - $C_{ij} = \sum_{k=1}^r a_{ik} b_{kj} = \min(a_{ik} + b_{kj})$
  - 교통지리학 245쪽 참조
  - $L^2$  행렬의 (v1, v3)의 30을 구하는 방법  
( $L^1$  행렬의 1행) x ( $L^1$  행렬의 3열)  
 $= (0, 10, \infty, \infty, \infty, \infty) \times (\infty, 20, 0, 10, 30, \infty)$   
 $= \min \{ (0+\infty), (10+20), (\infty+0), (\infty+10), (\infty+30), (\infty+\infty) \}$   
 $= 30$
- 같은 방법으로  $L^3 = L^1 \times L^2$  로 계산 하여감
- 모든 행렬의 요소가  $\infty$ 가 아닌 숫자가 되도록 계산하여 나감,  
즉,  $L^n$  작성(n은 위상적 직경까지)

## 2-3) 접근도와 등치선도 작성



예1) 위 그래프를 위상적 네트워크 상태에서 D행렬, 또 실거리 네트워크상태에서 상태에서 L행렬을 각각구하시오.

D행렬

	a	b	c	d	e	$\Sigma$	비율
a							
b							
c							
d							
e							



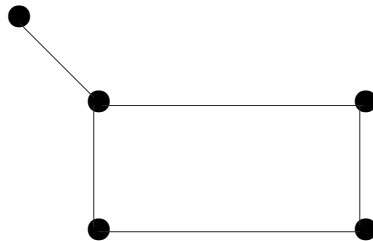
## L행렬

	a	b	c	d	e	$\Sigma$	비율
a							
b							
c							
d							
e							

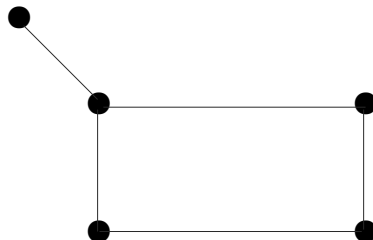
예2) 위의 결과로부터 등치선도를 작성하여보자

- D행렬과 L행렬의 각 점 중, 최소값을 100으로 기준하여 비율을 구함
- 비율을 각점의 수치로 보고 등치선을 작성

D행렬의 등치선도(위상네트워크)



L행렬의 등치선도(유치네트워크)



### 3) 우회도 (curcuity)

- 교통지리학 216쪽 참조

$$- C_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n d(i,j) - e(i,j)^2$$

- d(i,j) 는 실 네트워크에서의 임의의 두 점간의 거리

- e(i,j) 는 이론적(가상적, 최적, 희망하는) 네트워크에서의 거리

- 이론적 네트워크란 경우에 따라 다르다. (교통지리학 256쪽 참조)

- 우회도가 적다는 것은 이론적 네트워크와 비슷한 상태를 의미, 반대로 우회도가 크다는 것은 실제 네트워크와 이론적 네트워크와의 차이가 심해서 개량이 필요한 점

3) 점 간의 등위성 분석 - 생략, 물류 유통지리학에서