

■ 論 文 ■

종합 교통수요 예측모형 「사통팔달:윈도우즈」의 개발

Development of a Transportation Demand Analysis Model
「AllWayS-Windows Version」

심 대 영
(관동대학교
교통공학전공 교수)

조 종 래
(명지대학교
교통공학과 교수)

김 동 호
(도로교통안전관리공단
교통과학연구원 연구위원)

목 차

- I. 서론
- II. 개발과정 및 구성
- III. 사통팔달의 주요 작업 과정
 - 1. 네트워크 작업(48NET)
 - 2. 데이터베이스 작업(48DBMS)
- 3. 수요분석모형(AWSW)
- 4. 알고리즘
- IV. 수행결과 비교
- V. 결론 및 추후개발
참고문헌

Key Words : 사통팔달, 교통수요, 예측모형, 소프트웨어, 4단계기법

요 약

사통팔달(AWS:AllWayS)은 교통계획의 중요성이 날로 부각되는 추세에서 네트워크 편집 및 데이터베이스 분석 기능을 갖춘 국내에서 최초로 개발된 종합적인 교통수요 예측모형이다. 과거에 일부 개별적인 모형의 수행을 위해 개별 기능의 수행을 위한 수요예측모형들이 국내에서 개발되어 사용되어온 바 있으나, 사통팔달 모형은 과거동안 축적된 교통계획 및 전산기술에 대한 이론적, 경험적 성과들을 바탕으로 국내 실정에 적합한 전통적인 4단계 수요예측과정에 대해 전체적으로 수행이 가능하도록 체계화함으로써 기존 외국의 교통계획모형들이 비판 없이 사용되고 있는 국내 현실에서 본 모형의 유용성이 있다고 사료된다. 아울러 교통수요 예측을 위해 필요한 가로, 대중교통 등의 교통 네트워크 자료의 작성 기능을 모형의 내에서 갖추고 있으며, 모형의 수행에 필요한 모든 자료들을 데이터베이스화 함으로 대상 분석 시나리오에 대해 종합적이고 일관적인 수요예측 과정을 수행할 수 있도록 모형을 개발하였다.

I. 서론

사통팔달(AWS: AllWayS)은 교통계획의 중요성이 날로 부각되는 추세에서 네트워크 편집 및 데이터베이스 분석 기능을 갖춘 국내에서 최초로 개발된 종합적인 교통수요 예측모형이다. 과거에 일부 개별적인 모형의 수행을 위해 개별 기능의 수행을 위한 수요예측모형들이 국내에서 개발되어 사용되어온 바 있으나 사통팔달 모형은 과거동안 축적된 교통계획 및 전산 기술에 대한 이론적, 경험적 성과들을 바탕으로 국내 실정에 적합한 전통적인 4단계 수요예측과정에 대해 전체적으로 수행이 가능하도록 체계화하였다. 따라서 기존 외국의 교통계획모형들이 비판 없이 사용되고 있는 국내 현실에서 본 모형의 유용성이 있다고 사료된다. 아울러 교통수요 예측을 위해 필요한 가로, 대중교통 등의 교통 네트워크 자료의 작성 기능을 모형의 내에서 갖추고 있으며, 모형의 수행에 필요한 모든 자료들을 데이터베이스화 함으로 대상 분석 시나리오에 대해 종합적이고 일관적인 수요예측 과정을 수행할 수 있도록 모형을 개발하였다.

본 논문은 이러한 교통수요예측모형 「사통팔달」의 개발과정, 주요 기능, 사용모형, 수행결과들을 설명함으로써 학술적 측면에서보다는 모형소개를 위한 기술적 측면에서 모형에 대한 이해를 도움으로써 보다 구체적이고 효율적으로 모형을 사용할 수 있도록 설명하고자 한다.

II. 개발과정 및 구성

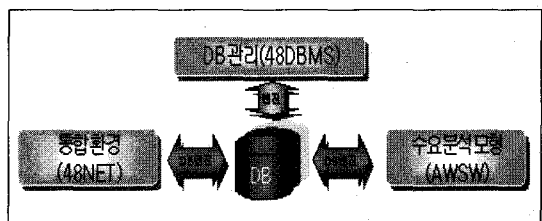
사통팔달의 개발은 1990년대 초부터 개발이 진행되어 1996년에 최초 모형(사통팔달version 1.0, 도스용)의 개발이 보고된 바 있으며, 그 사이 변화가 많았던 전산환경의 변화에 부응하기 위하여 2003년 9월에는 윈도우즈 환경 하에서 모형의 수행이 가능한 버전으로 업그레이드(AWS version 2.0)된 개발결과를 발표하게 되었다. 이번에 개발된 윈도우용 버전을 위해서 보다 안정되고 강력한 데이터베이스(DB) 시스템을 적용하여 모형이 재작성 되었다. 또한 프로젝트 수행에 적합한 다양한 결과물을 만들기 위한 많은 유틸리티가 추가되었으며, 모형부문에서도 대중교통 및 자전거 수단 등 분석범위 확대 등 추가적인 모형의 적용과정이 있었다.

다음은 이번 윈도우즈버전에서 향상된 기능의 내용들을 소개하고 있다.

- 모형의 정확도 및 수행 속도 개선
- 무제한급의 네트워크 분석 용량과 안정성 있는 DB 시스템 구축
- 한국형 과업 요구사항에 맞춘 다양한 출력 지원(통행분포도, 부하교통량도, 경계선분석도, 버스노선도, 회전교통량도, 시설물도, 존별주제도 등 그래프엔진 내장과 함께 다양한 주제도 표현)
- Transit Assignment 기능개선 및 신모형 적용
- 기종점자료(OD)까지 자동 생성해주는 서브네트워크 알고리즘 적용
- 통합 교통지리정보시스템으로서의 기본 기능 달성
- 데이터베이스의 용량 및 정밀도 개선, 링크의 곡선 표현력 강화
- 다양한 부가 툴의 제공(Graph, 시설물 관리 아이콘 작성)
- 윈도우즈 자원의 활용(미리보기, 이미지출력 보고서 활용)
- 건설교통부 공공교통DB, 국립지리원 수치지도 등 외부자료 사용 가능 및 자동 네트워크 생성기능
- 프로젝트 수행을 위한 유틸리티의 다양화

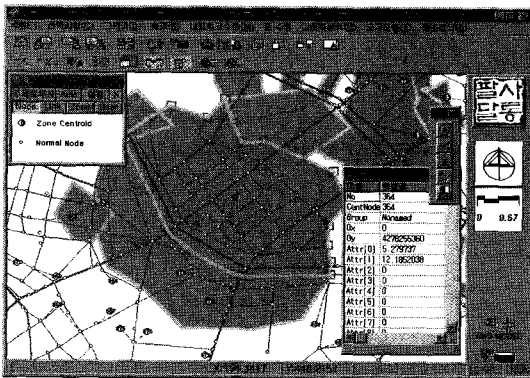
사통팔달은 48NET이라는 통합네트워크환경 하에서 작업을 수행하며, 이외에 수요예측모형의 수행을 위한 모형부분(AWSW)과 자료를 관리하는 데이터베이스(48DBMS)부분으로 구성되며, <그림 1>은 사통팔달 소프트웨어의 전체적인 구조를 표시하고 있다.

여기에서 48NET은 교통분석을 위해 필요한 시나리오 관리와 네트워크 자료를 생성, 편집하고 분석결과를 도면으로 표현하는 통합 환경으로 모형작업과 DB 작업도 이 통합환경을 통해서 수행된다.

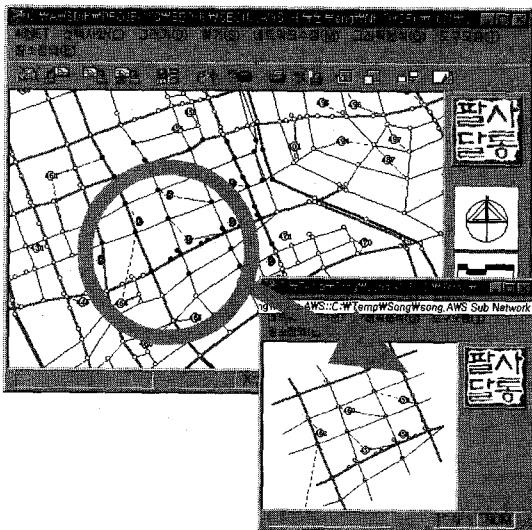


<그림 1> 사통팔달 소프트웨어 구성

행할 수 있도록 개발되었다. 이러한 기능으로는 통행 배정을 위한 전 단계로서 작성된 네트워크가 통행배정 모형의 수행에 충분하도록 제대로 작성되었는지를 검사하는 네트워크 검사 기능, 존 영역 작업, 전체 네트워크에서 일부 네트워크를 대상으로 하는 별도의 서브 네트워크를 분리, 추출해 주는 기능, 네트워크 상에 회전금지를 포함해서 회전제약(turn penalty)을 부여하는 과정, 버스노선의 작성, 기타 좌표변환, 도엽합성, 사용자 객체작성, 다양한 그래프의 형태 표현 등의 기능이 제공되어 있다. 이 중에서 특히 서브 네트워크 작성 기능은 외부존 자동생성 및 부분적인 OD 생성이 가능하도록 기능이 개선되어 소규모의 분석 대상 자료가 필요한 경우 관련 자료의 작성이 보다 용이하도록 개선되었다.



〈그림 5〉 존 영역 편집 과정의 예

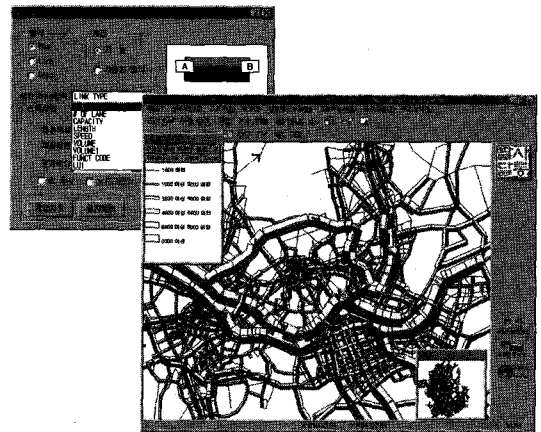


〈그림 6〉 서브네트워크 작성의 예

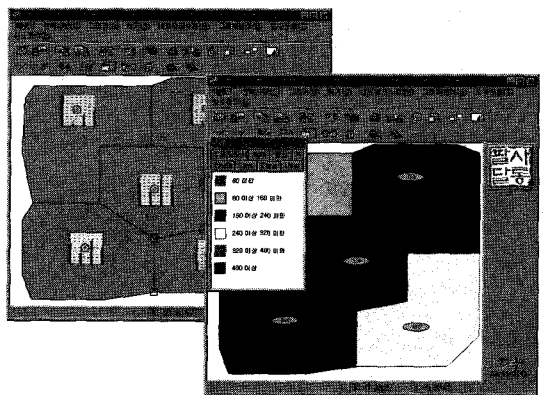
3) 분석 결과의 표현(주제도 기능)

사통팔달의 분석 결과는 직접 데이터베이스에 기록 가능하다. 그리고 이들 분석 결과들은 48NET을 통해서 데이터베이스자료들을 그래픽으로 분석 결과를 표시할 수 있다. 출력 가능한 주제도의 내용으로는 배정된 링크의 통행량, 통행시간 등 링크 속성과 관련된 데이터, 사회경제지표 등 존 속성에 관련된 데이터들이 중요한 분석 결과들에 대해 그래픽적으로 표현이 가능하다. 〈그림 7〉과 〈그림 8〉은 이러한 링크와 존에 대한 주제도 표현의 예를 보여주고 있다.

이외에도 통행분포 희망도의 작성, 경계선, 폐쇄선 분석 자료의 표현, 회전제약이 있는 회전 교통량의 표현, 최단거리 분석 결과, 두 지점간의 거리, 일정한 영역내의 속성분석 결과 등에 대해서도 그래픽 기능을 이용한 다양한 분석 결과의 표현이 가능하다.



〈그림 7〉 링크 주제도 표현의 예



〈그림 8〉 존 주제도 표현의 예

2. 데이터베이스 작업(48DBMS)

사통팔달은 분석에 요구되는 존의 사회경제지표, 교통 네트워크, OD 등의 대부분의 관련 자료를 데이터베이스로 관리하며 각 모형의 수행에 요구되는 일부 자료는 외부에서 텍스트 파일의 형태로 호출 및 출력하도록 하고 있다.

이들 중에서 데이터베이스화된 자료들은 48DBMS를 통해서 조회, 수정, 생성, 일반적인 연산 또는 함수를 통한 연산, 논리 관계의 적용 등을 가능하도록 기능을 제공하고 있다.

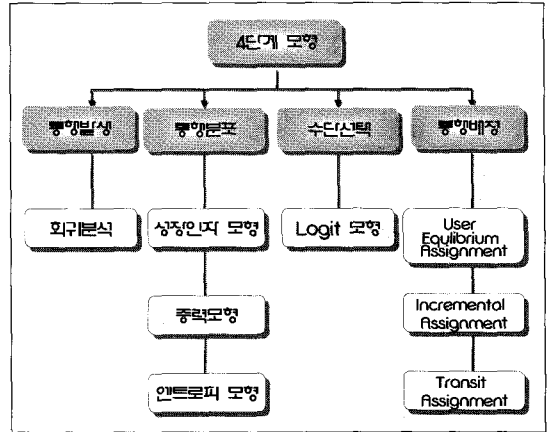
한편, 이번 윈도우즈버전에서 데이터베이스 내에 정의된 분석 대상 자료인 시나리오의 각 데이터의 항목별로 프로젝트라는 개념으로 데이터베이스의 내용을 보다 명확히 하는 기능을 추가하여 수요예측모형의 수행 시에 적용되는 자료의 개념을 보다 명확히 파악하면서 모형을 수행하는 것이 가능하도록 개선하였다.

〈표 1〉 사통팔달의 자료 구조

자료의 유형	내용	형식
존	존번호, 존별사회경제지표, 기타	DB 자료
OD	기점, 종점, 통행량, 기타	
경계선	존번호, 외곽 경계선 좌표	
시설물 DB	지형 좌표에 근거하는 시설 데이터베이스	
네트워크	노드 노드번호, X-Y좌표, 타입, 노드명 등	
링크	시작노드, 끝노드, 방향, 타입, 용량, 길이, 속도, 차선수, 교통량, 지체함수번호, 전용차로 정보, 기타	DB 또는 파일 자료
모형	존지표분석을 위한 연도별 사회경제 지표, OD 보정을 위한보정존별 표본비율, 스크린라인 설정, 존체계변환 구조 등, 수단분담정산을 위한 입력자료, 통행배분을 위한 회전제약, 사용자 정의 통행 지체함수 파일	

3. 수요분석모형(AWSW)

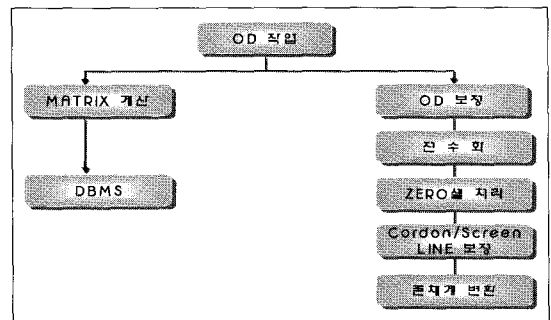
사통팔달은 교통계획을 위한 통행발생, 통행분포, 수단선택, 통행배정의 전통적인 4단계 수요예측모형들을 수행하기 위한 프로그램으로 이러한 기본적인 4단계 수요예측 과정을 수행할 수 있도록 개발되었다. 〈그림 9〉는 사통팔달에서 제공하는 4단계 수요예측 모형의 종류들을 제시하고 있다.



〈그림 9〉 사통팔달의 4단계 수요예측 모형

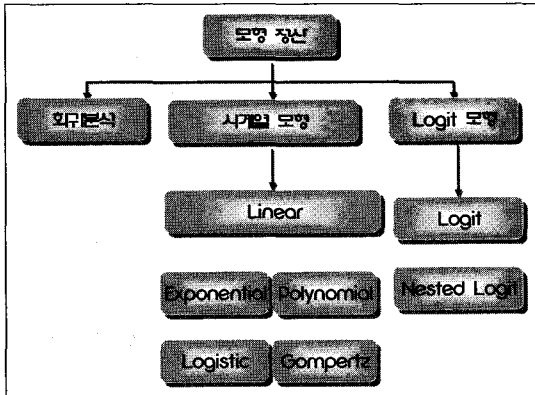
사통팔달은 이러한 수요예측 모형의 수행을 위해 반드시 필요한 OD 자료를 형성하는 과정과 사회 경제 지표를 예측하기 위한 기능들도 아울러서 제공하고 있다. 즉, 장래의 교통 수요예측을 위한 통행발생량 예측을 위한 자료가 되는 사회경제지표를 예측하는 과정과 기초적인 OD 조사자료로부터 OD 자료를 전수화 하거나 조사자료에 포함된 zero cell의 처리, 폐쇄선이나 경계선 분석을 통한 OD 자료의 보정 기능을 제공하고 있다.

〈그림 10〉에서는 사통팔달에서 제공하는 OD 작업 기능의 항목들을 표시하고 있다.



〈그림 10〉 사통팔달의 OD 작업 항목

한편, 사통팔달은 회귀분석, 시계열 모형, 중력모형, 엔트로피모형, 로짓모형 등 각 단계에서 모형의 수행을 위해 필요한 파라메타의 정산이 요구되는 경우 이를 수행하기 위한 정산 기능들도 제공하고 있다. 〈그림 11〉은 사통팔달의 모형정산 기능을 표시하고 있다.



〈그림 11〉 사통팔달의 모형 정산 기능

4. 알고리즘

사통팔달 내의 각각의 모형의 수행을 위해서 사용되는 정산 및 적용 알고리즘은 다음과 같다.

- 회귀분석 및 시계열모형 : 최소자승법을 통한 파라메타 정산
- 중력모형 및 엔트로피 모형 : 통행시간 분포를 일치시키는 정산과정 및 RMS를 최소화시키는 통행 저항 파라메타 정산
- 로짓모형 : 최우추정법
- 균형(Equilibrium)통행배정 : Frank-Wolfe 알고리즘
- 최단 경로 탐색 : Link Based Bin-Tree Heap Minimum Path Algorithm

위의 알고리즘은 거의 가장 일반적인 알고리즘을 적용한 것이라고 할 수 있으며, 이중 최단 경로 탐색 알고리즘의 개요를 간단히 표시하면 〈표 2〉와 같다.

IV. 수행결과 비교

본 연구에서는 대표적인 기존 교통수요예측모형인 EMM/2와 사통팔달 모형의 균형(equilibrium) 통행배정 결과를 비교하였다.

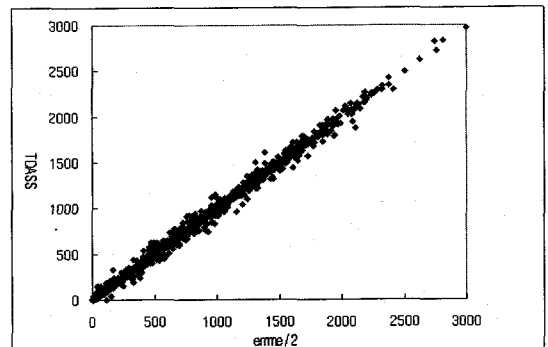
먼저 〈그림 12〉에는 사통팔달(TDASS)과 EMM/2의 통행배정 결과를 서로 비교하고 있다. 이 그림에서 두 가지 모형의 통행배정 결과는 서로 차이가 없이 45도 선 위에 위치하고 있어 통행 배정의 결과가 거의 일치하고 있음을 보여주고 있다.

〈표 2〉 최단 경로 탐색 알고리즘의 개요

```

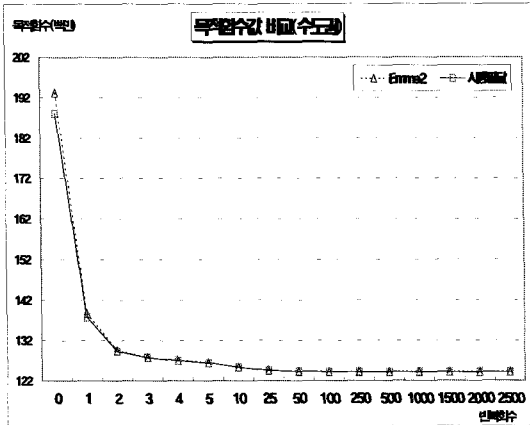
Step 0 : Initialization
Path cost(i) = ∞, i = all node
path cost(origin) = 0
origin을 from으로 하는 link에 대해서
Path cost(j) = link cost
link를 Loose-End Table에 포함시킴
link를 Minimum Path Tree에 포함시킴

Step 1 : Forward
Loose-End Table이 빌 때까지
Loose-End Table로부터 대안link A(a, b)를 공급 받음
Loose-End Table에서 A를 삭제
b를 from으로 하는 Link B(b, c)에 대해서
node b에서 turn penalty가 있을 경우
PC = pathcost(b) + turnCost + linkcost(B)
if PC < path cost(c)
path cost(c) = PC
link B를 Loose-End Table에 추가
link B를 Minimum Path Tree에 추가
node b에서 turn penalty가 없을 경우
PC = path cost(b) + link cost(B)
if PC < path cost(c)
path cost(c) = PC
link B를 Loose-End Table에 추가
link B를 Minimum Path Tree에 추가
    
```

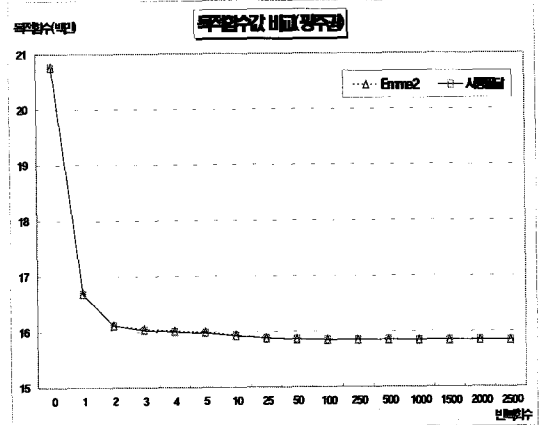


〈그림 12〉 사통팔달 통행배정 결과 비교

그리고, 〈그림 13〉과 〈그림 14〉는 각각 수도권과 광주권의 교통자료를 대상으로 사용자 균형 통행배정 모형의 수행 과정에서 나타나는 목적함수의 변화를 비교한 것이다. 두가지 그림들을 통해 사통팔달과 EMM/2 통행배정의 목적 함수값의 변화는 거의 유사하다는 것을 알 수있다. 각 모형을 이용하여 통행 배정 결과를 예측하는 과정에서 분석 자료는 교통개발연구원에서 보유하고 있는 수도권과 광주권의 교통



〈그림 13〉 사통팔달과 EMME/2의 통행배정 목적함수 값의 변화 (수도권 자료)



〈그림 14〉 사통팔달과 EMME/2의 통행배정 목적함수 값의 변화(광주권 자료)

DB 자료를 이용하였으며, 각 모형에서 동일한 조건을 갖도록 자료를 생성하였다. 모형의 수행을 위해 3개 차종을 통행 배정하였으며 EMME/2의 경우는 모형의 수행을 위해 Multi-Class 통행배정 과정을 수행하였다.

그리고 <표 3>은 수도권과 광주권 자료에 대해 수

행한 모형의 수행시간과 수렴의 정도에 대한 결과를 표시하고 있다. 이 표에서 모형의 수행시간은 수도권 자료의 경우 EMME/2가 빨랐지만 광주권 자료의 경우에는 사통팔달의 수행시간이 빨랐고, 목적함수값이 동일해지는 수행시간을 비교하면 사통팔달이 우수한 것으로 나타났다.

〈표 3〉 사통팔달과 EMME/2의 수행결과 비교

(a) 수도권 자료

반복 횟수	EMME/2				사통팔달				상대비교 (A÷B) ×100
	목적함수	Normalized gap	Lambda	수행시간 (A)-초-	목적함수	Normalized gap	Alpha	수행시간 (B)-초-	
0	193,184,000	-	-	-	188,007,280	-	-	-	-
1	138,713,000	27.362	0.325	21.4	137,709,740	25.370	0.334	25.2	84.9
2	129,525,000	5.037	0.309	42.5	129,336,080	4.641	0.309	50.0	84.9
3	127,803,000	1.302	0.199	63.5	127,745,650	1.231	0.193	74.6	85.1
4	127,098,000	0.637	0.157	84.4	127,009,250	0.624	0.169	99.1	85.2
5	126,562,000	0.439	0.183	105.3	126,478,610	0.419	0.193	123.5	85.3
10	125,383,000	0.202	0.088	210.0	125,371,310	0.180	0.081	245.6	85.5
25	124,560,000	0.063	0.047	523.7	124,544,550	0.051	0.074	612.0	85.6
50	124,324,000	0.020	0.038	1,046.4	124,320,060	0.021	0.033	1,221.8	85.6
100	124,241,000	0.007	0.016	2,092.1	124,236,570	0.007	0.014	2,440.5	85.7
250	124,207,000	0.003	0.004	5,229.3	124,201,550	0.002	0.007	6,097.1	85.8
500	124,198,000	0.001	0.003	10,457.5	124,192,960	0.001	0.002	12,190.8	85.8
1000	124,194,000	0.001	0.001	20,912.9	124,189,180	0.000	0.001	24,378.5	85.8
1500	124,193,000	0.000	0.001	31,371.5	124,188,000	0.000	0.001	36,566.3	85.8
2000	124,193,000	0.000	0.001	41,826.6	124,187,420	0.000	0.001	48,753.0	85.8
2500	124,192,000	0.000	0.000	52,280.1	124,187,100	0.000	0.000	60,940.4	85.8

(b) 광주권 자료

반복 횟수	EMME/2				사통팔달				상대비교 (A+B) ×100
	목적함수	Normaliz ed gap	Lambda	수행시간 (A)-초-	목적함수	Normalized gap	Alpha	수행시간 (B)-초-	
0	20,763,800	-	-	-	20,762,251	-	-	-	-
1	16,698,900	26.760	0.356	1.6	16,686,078	26.786	0.368	0.6	100.0
2	16,120,400	3.936	0.366	3.2	16,119,458	3.860	0.347	3.0	106.0
3	16,056,100	0.738	0.181	4.7	16,033,206	0.706	0.251	4.5	105.6
4	16,019,500	0.535	0.139	6.2	16,005,560	0.406	0.140	5.9	105.4
5	16,000,900	0.352	0.107	7.8	15,982,165	0.363	0.132	7.3	106.7
10	15,939,300	0.209	0.107	15.5	15,932,432	0.186	0.069	14.6	106.5
25	15,887,200	0.085	0.060	38.7	15,886,020	0.074	0.044	35.9	107.7
50	15,864,900	0.031	0.032	77.3	15,864,765	0.038	0.024	71.5	108.1
100	15,855,500	0.015	0.011	153.0	15,855,278	0.016	0.012	142.7	107.2
250	15,850,600	0.005	0.005	386.4	15,850,531	0.005	0.004	356.3	108.5
500	15,849,200	0.002	0.002	772.8	15,849,130	0.003	0.002	712.1	108.5
1000	15,848,500	0.001	0.001	1,564.2	15,848,503	0.001	0.001	1,424.0	108.6
1500	15,848,300	0.001	0.001	2,319.1	15,848,311	0.001	0.001	2,135.8	108.6
2000	15,848,200	0.001	0.001	3,092.7	15,848,218	0.001	0.001	2,847.5	108.6
2500	15,848,200	0.001	0.001	3,865.8	15,848,164	0.000	0.000	3,559.2	108.6

V. 결론 및 추후개발

사통팔달(AWS:AllWayS)은 과거동안 축적된 교통계획 및 전산기술에 대한 이론적, 경험적 성과들을 바탕으로 국내 실정에 적합한 종합적인 교통계획모형의 개발을 추진하여 국내최초로 개발된 종합적 교통수요 분석용 소프트웨어이다. 이번에 개발된 윈도우용 버전에서는 보다 안정되고 강력한 데이터베이스 시스템을 적용하여 재코딩되었다. 또한 프로젝트 수행에 적합한 다양한 결과물을 만들기 위한 많은 유틸리티가 추가되었으며, 모형부문에서도 대중교통 및 자전거 수단 등 분석범위 확대 등 추가적인 모형의 적용과정이 있었다.

한편 현재 사통팔달의 프로그램화 작업은 계속 진행중에 있으며, 이 과정에서 보다 추가적인 모형의 확충이 필요하다고 사료된다.

이러한 추가내용으로는 GIS기능의 확대, 대중교통 통행배정 기능의 개선, 교통류 시뮬레이션 기능과의 통합, 동적 통행배정 기능 등 다양한 모형과 기능의 개선 등이 필요하므로 앞으로도 지속적인 개발이 진행될 것으로 예상된다.

참고문헌

1. TRANPIA(2003), 사통팔달 설명서.
2. INRO(2000), EMME/2 Manual.

✉ 주 작성자 : 심대영

✉ 논문투고일 : 2003. 11. 15

논문심사일 : 2004. 3. 11 (1차)

2004. 4. 7 (2차)

심사판정일 : 2004. 4. 7

✉ 반론접수기한 : 2004. 8. 31