

UTPS 모형을 이용한 지하철수요예측과 응용

김 규 찬*

1. 개요

인구 및 차량의 증가로 서울의 교통문제는 계속 해결하여 나가야 할 중대한 과제로 제기되고 있다. '87년말 현재 서울시 교통인구는 1,742만명을 넘어섰고 이 가운데 노면교통이 차지하는 분담율은 90%에 달하므로 도시교통난은 날로 가중되고 있는 상황이다. 이와 같이 도시교통의 문제점을 근본적으로 해결하기 위하여 지하철 건설이 추진되었음은 재론의 여지가 없다. 이처럼 지하철 건설의 중요성 못지않게 합리적 운영방식도 중요하므로 지하철 3·4호선 개통후 116.5 KM의 방대한 지하철 운영시 여건변화에 탄력적으로 적용할 수 있는 방법에 관한 연구를 한국교통문제연구원과 미국의 SRI International (전 스텐포드대학 연구소)에 의뢰하여 지하철 수요예측기법(UTPS)과 지하철 운영모형(simulation) 열차다이아 전산화에 관한 연구를 85년 1월 1일부터 86년 2월 28일까지 시행하였다. 그 결과 지하철공사 독자적으로 운영능력을 보유하게 되었으며 과학적 운영체계 수립에 획기적인 기틀을 마련하였다. 그 이론적 배경과 연구내용을 설명하면 다음과 같다.

2. UTPS 를 이용한 수송수요 예측

가. UTPS 를 이용한 교통계획 수립

UTPS (Urban Transportation Planning System)는 종합적인 도시교통 계획수립을 위하여 미국의 도시대중교통국(UMTA: Urban Mass Transportation Administration)과 연방도로국(FHWA: Federal Highway Administration)에서 공동으로 개발한 모형이다. UTPS 프로그램에는 도시내 여러 교통수단들이 동시에 다루어야 하는 교통체제의 분석을 위한 실제적이고 포괄적인 컴퓨터 프로그램이 27개 있다. 이 프로그램을 이용하여 장래 O-D (Origin-Destination)를 추정하고 기존노선 또는 장래 계획노선에 통행량을 배분시킴으로서 지하철 수요예측이 가능하다. 전향에서 언급한 바와 같이 한국교통문제연구원에서는 지하철공사에 UTPS 모형을 설치하여 실제로 지하철에서 활용할 수 있는 능력을 제공하였다.

교통계획수립을 위하여 UTPS 이용방법을

* 지하철공사

설명하기 전에 교통계획수립을 위한 5단계를 소개하고자 한다.

첫번째 단계는 목표의 설정으로 해당 연구 과제의 중간 및 최종 예측결과들이 어디에 어떻게 활용될 것인가? 문제의 연구를 어떤 방법으로 유도할 것인가를 설정한다.

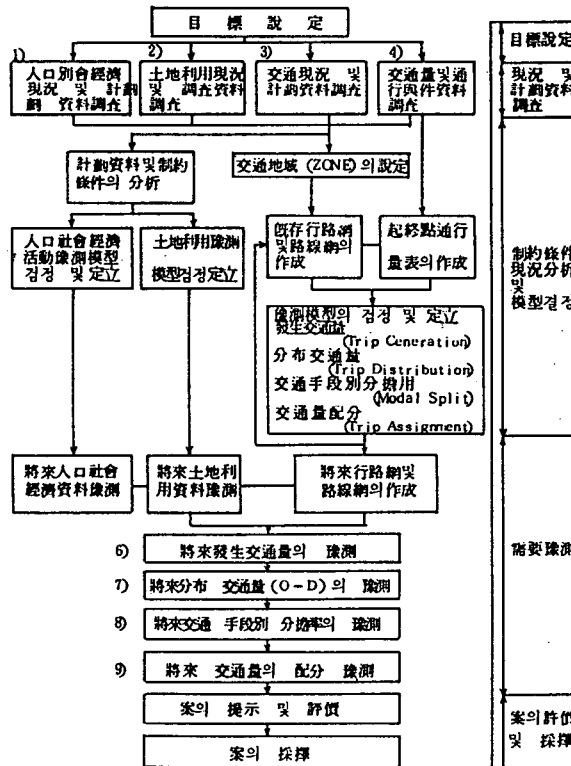
두번째 단계는 현황 및 계획자료의 조사로 연구과제의 최종결과를 예측하기 위하여 필요한 여건 및 자료의 분석과정이다.

세번째 단계는 제약조건 분석 및 모형의 검증단계로서 현재 수립되어 있는 국가의 상위계획이다. 연구 대상지역의 규제사항 분석 및 두번째 단계에서 조사 분석된 자료를 근

거로 계획과정에서 이용한 모형내의 파라메타와 기타 계수들이 현실과 접근될 수 있도록 조정하여 주는 과정이다.

네번째 단계는 세번째 단계까지의 결과를 활용하여 교통공학 이론을 적용한 실제의 대안별 교통수요예측을 실시하는 과정이다.

다섯번째 단계는 이전까지의 과정에서 예측된 대안별 결과치를 다각적으로 분석하여 타당성있는 대안을 실제에 반영시키기 위하여 안을 채택하는 과정으로 계획수립의 최종 단계이다. 교통계획수립 과정을 도해하면 (그림 1)과 같다.



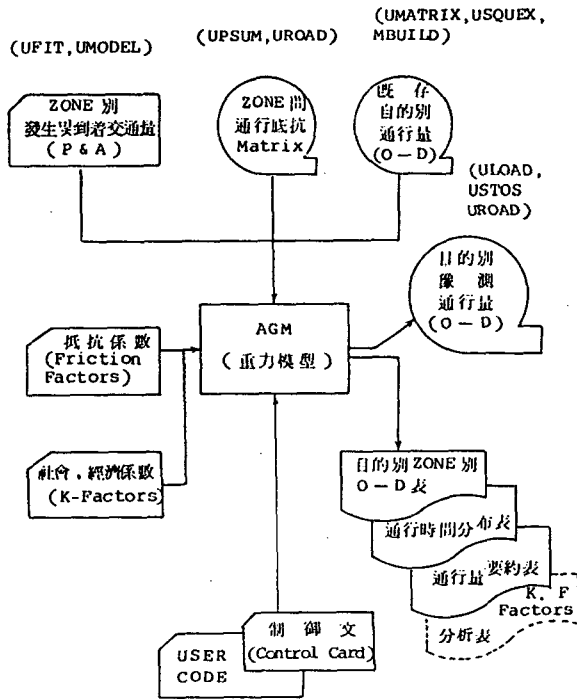
<그림 1> 交通計劃樹立過程

Zone	發生交通量	到着交通量	Zone	發生交通量	到着交通量
21	57,819	56,809	33	125,927	120,885
22	145,155	136,711	34	31,992	32,411
23	94,282	90,169	35	101,303	102,635
24	31,427	30,056	36	79,930	80,833
25	43,713	43,465	37	91,074	92,221
26	154,983	154,104	38	22,715	23,246
27	80,969	31,676	39	80,537	82,417
28	2,425	22,937	40	43,739	42,435
29	127,528	122,164	41	81,230	78,809
30	82,789	80,410	42	96,828	92,636

2) 분포 교통량의 예측 (Trip Distribution)

분포 교통량 예측은 zone별 발생 및 도착 교통량이 타 zone으로 어떻게 분포되는지를 예측하는 것으로 중력모형 (gravity model) 과 기회모형 (opportunity model) 등이 활용되

고 있다. UTPS 프로그램 내에서는 중력모형을 선택하여 AGM이라는 프로그램이 통행 목적별 기증점 통행량을 추정한다 AGM을 이용한 분포 교통량 예측과정은 (그림 2)와 같다.



(그림 2) 分布 교통량 예측

3) 교통수단별 분담율 예측

교통수단별 분담율 예측이란 AGM에서 예측한 zone간 기중점통행량이 어떠한 교통수단을 선택할 것인가를 예측하는 과정으로 두 가지 단계로 나누어진다.

첫째는 자가용 승용차나 택시와 같은 개인 교통과 버스, 지하철 등 대중교통 이용승객의 구분이며 다음은 대중교통수단내에서 버스와 지하철 이용율을 구분하는 단계이다. 첫번째 단계에서는 대중교통수단간의 통행시간이 가장 중요한 요소이다.

UTPS에는 교통수단분담율을 예측하는 모형으로 ULOGIT란 프로그램이 있으나 서울시의 경우 zone별 소득수준에 관한 자료가

없기 때문에 한국교통문제 연구원에서는 ULOGIT를 이용하지 않고 1986년도 O-D 작성시 조사된 자료와 서울시 시정연구관실에서 매년도에 발생되는(시정) 및 계획자료를 활용하여 통행 목적별 대중교통수단 및 승용차 이용 분담율을 산출하였다. 이와 같이 예측된 대중교통수단 이용율은 도시형버스, 좌석버스, 지하철로 구분하여 zone 간 최단경로 프로그램인 UPATH의 각종 파라메타를 반복 조정하여 실제에 가까운 배분이 이루어지도록 검증한 다음 1986년도 목적별 대중교통수단분담율을(표 3)과 같이 예측하였다.

〈표 3〉 1986년도 목적별 교통수단 분담율 및 통행량 예측결과

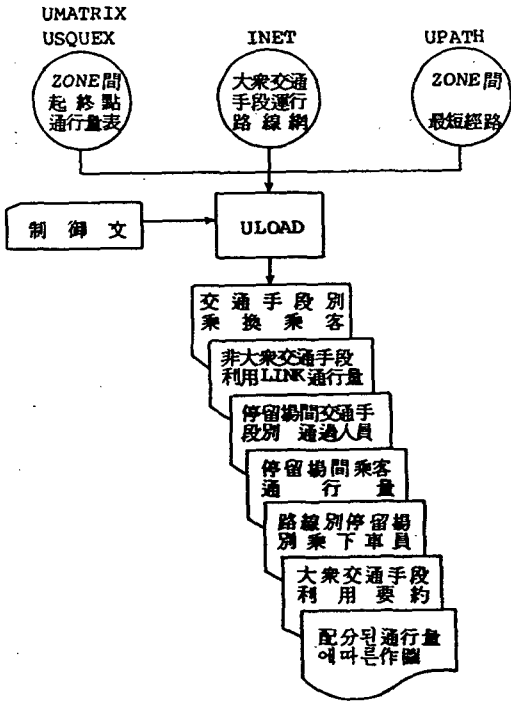
목적별 수단별	통학	출근	시장보기	업무수행	귀가	기타	계	목적통행량
대중교통수단	0.675	0.669	0.422	0.442	0.618	0.490	0.619	11,140,543
승용차교통수단	0.325	0.331	0.578	0.558	0.382	0.510	0.381	6,857,103
계	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	17,997,646

4) 교통량의 배분(Trip Assignment)

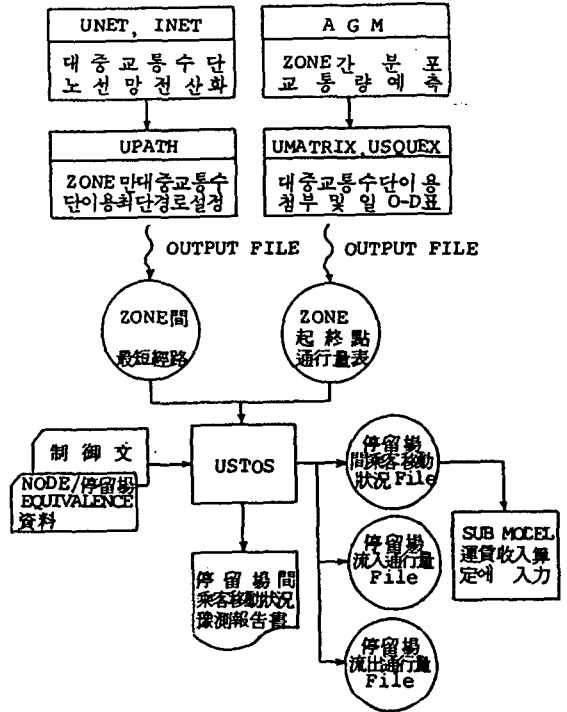
교통량의 배분 예측은 수요예측의 최종단계로서 앞에서 산출된 통행량을 대중교통수단 노선망에 배분하는 과정이다. 교통수단별 분담율을 배분 예측하기 위하여는 먼저 zone 간 대중교통수단 이용 기중점통행량(O-D) 표를 작성하여야 한다. UTPS에서는 통행량 표 작성모형으로 UMATRIX 및 USQUEX를 이용하며 대중교통수단 노선망에 교통량을 배분 예측하는 최종적인 프로그램으로 ULOAD와 USTOS가 있는데 지하철 역별

승하차인원을 쉽게 확인할 수 있는 출력자료가 ULOAD이다. 교통량 배분 예측과정을 도해하면(그림 3)과 같다.

끝으로 대중교통수단 배분결과를 USTOS 프로그램을 이용하여 지하철역간 상호발착 수송량으로 배분하게 되며 USTOS의 결과는 다시 지하철운영 모형의 입력자료로 활용된다. USTOS의 작성과정과 운영모형(sub-model)으로 전환되는 과정은(그림 4)와 같다.



(그림 3) 交通量配分 豫測過程



(그림 4) USTOS 운영모형도

3. UTPS 를 이용한 수요예측 결과

가. 1988년도 교통수요 예측

1) Zone 설정 및 자료 전산화

○ 장래 수송수요 예측을 위하여 기준 년도에 서울시내 zone을 107개로 분할하고 향후 교통량배분 예측정도를 높이기 위하여 185개 zone 으로 확장하였으며, 서울시계의 41개 zone을 추가하여 총 226개 zone 설정

○ 1988년도 인구, 사회경제, 토지이용자료 수집 분석 전산화(인구, 학생수 고용자수, 주거시설연상면적, 비주거시설연상면적)

2) 대중교통수단 노선망 전산화

○ 1987년말 기준 서울시내 총 368개 (시내버스 285, 좌석버스 83개)노선망 설정 전산화

3) Zone간 최단경로 설정

○ 전산화된 대중교통수단 노선망 (INET)에서 출력된 통행자료를 UPATH에서 입력받아 zone간 통행저항(impedance)요소를 구성하여 최단경로 PATH-File 형성

4) 교통수요예측 프로그램 수행

○ Zone별 발생교통량, 분포교통량, 교통수단분담율, 교통량배분 등 4단계 예측 과정을 거쳐 최종적인 지하철수송수요예측을 ULOAD 프로그램에서 수행하였다.

1988년도 수요예측을 실시하기 위하여 기준년도(86년도) 검증작업이 선행되어야 하므로 지하철공사에서 그간에 실시했던 교통량 조사자료와 수요예측자료를 검토하여 6차에 걸쳐 반복 검증작업을 수행후 각 프로그램별

parameter를 최대한 현실에 맞게 조정하여 최종적으로 예측된 지하철 호선별 승하차 인원은(표 4)와 같다.

나. 지하철 수송목표 달성을 위한 버스노선 조정 건의안 작성

지하철 3.4호선 개통 후 지하철과 시내버스의 연계수송 증대를 위한 노력이 지속적으로 시행되고 있고, '87년도 지하철 수송목표 결정시 버스노선 조정 등 여건변화 수요를 10만명으로 산정한 바 있다. 따라서 당공사에서는 다음과 같은 전제에 의거 수송수요 예측을 시도하였다.

- 1) 지하철과 1/3이상 중복노선 폐지
- 2) 지하철과 연계되지 않는 노선은 연계

화

3) 장거리 굴곡노선은 지하철역에서 회차

위와 같은 기준에 의거 60개 노선(변경 46개 노선, 폐지 14개 노선)을 선정하여 분석한 바 일평균 13만명의 수요가 지하철로 흡수될 수 있음을 예측하였다.

다. 신정기지선 수요예측

90년도 준공을 목표로 건설중인 신정기지선이 영업을 병행할 방침으로 여론이 모아지는 가운데 신도림 - 신정기지는 2.5KM로서 중간지점에 영업역이 필요할 것으로 판단되어 가칭 도림역을 설정하고 3개역에 대한 수송수요를 예측하였다.

(표 4) 1988년도 수송수요추정

(1 호 선)

上 行 ↓			驛 名	↑ 下 行		
區間通過	下 車	乘 車		乘 車	下 車	區間通過
154,864	41,595	22,704	서 울 驛	41,723	23,566	179,892
135,973	20,000	48,498	市 廳	12,866	57,010	161,672
164,471	16,260	30,186	鐘 閣	19,256	34,124	205,816
178,397	33,263	48,109	鐘 路 3 街	37,861	57,463	220,584
193,243	24,046	11,789	鐘 路 5 街	35,629	7,705	240,186
180,986	38,767	41,598	東 大 門	38,258	42,156	212,262
183,817	30,334	23,707	新 設 洞	30,367	21,960	216,160
177,190	27,176	3,821	祭 基 洞	29,350	5,252	207,753
153,835	64,026	16,085	清 涼 里	64,058	14,930	183,655
115,894						134,527

(2 号 线)

上 行 ↓			驛 名	↑ 下 行		
區間通過	下 車	乘 車		乘 車	下 車	區間通過
127,712	57,208	31,552	市 廳	52,944	60,575	168,177
119,901	11,659	3,848	忠 正 路	17,105	2,765	153,837
107,247	17,667	5,013	阿 峴	22,651	6,718	137,904
85,472	31,930	10,155	梨 大 入 口	29,599	10,082	118,387
94,279	19,106	27,913	新 村	19,206	25,202	124,383
98,457	10,954	15,132	弘 大 入 口	13,223	6,884	118,044
104,044	11,582	17,169	合 井	7,862	10,145	120,327
104,708	13,490	14,154	堂 山	17,253	17,745	120,819
111,244	7,093	13,629	永 登 浦 區 廳	7,098	10,646	124,367
120,713	3,500	12,969	文 來	3,272	18,863	139,958
154,139	48,897	82,323	新 道 林	44,742	72,358	167,574
137,273	16,866	0	大 林	26,646	0	140,928
156,694	9,888	29,309	子 呂 工 團	7,564	34,548	167,912
165,121	1,153	9,580	新 大 方	1,246	8,035	174,701
176,831	17,062	28,772	新 林	16,757	26,873	184,817
182,333	8,683	14,185	奉 天	13,558	18,707	189,966
177,344	14,242	9,253	서 울 大 入 口	15,722	8,906	183,150
185,899	2,715	11,270	落 星 臺	2,270	7,878	188,758
162,994	35,307	12,402	舍 堂	32,852	10,661	166,567
180,383	0	17,389	方 背 草	0	16,275	182,842
171,845	13,810	5,272	瑞 草	10,453	8,618	181,007
180,270	15,783	24,208	教 大	19,347	21,129	182,789
164,957	29,922	14,609	江 南	25,136	11,542	169,195
159,342	8,271	2,656	驛 三	5,406	2,847	166,636
169,374	189	10,221	宣 陵	0	4,793	171,429
155,775	13,599	0	三 成	11,916	0	159,513
153,647	10,514	8,386	綜 合 運 動 場	9,543	6,661	156,631
112,510	41,137	0	新 川	38,372	0	118,259
76,546	46,157	10,193	蠶 室	45,588	14,162	86,833
126,737	0	50,191	城 內	0	57,948	144,781

上 行 ↓			驛 名	↑ 下 行		
區間通過	下 車	乘 車		乘 車	下 車	區間通過
119,863	6,874	0	江 邊	6,616	0	138,165
127,332	19,209	26,678	九 宜	10,714	26,858	154,309
149,707	11,367	33,742	華 陽	11,203	42,720	185,826
163,385	14,657	28,335	聖 水	14,616	26,184	197,394
168,466	2,759	7,840	寺 岫	3,499	4,559	198,454
176,280	2,737	10,551	漢 陽 大	3,597	8,355	203,212
189,403	5,482	18,605	往 十 里	3,139	17,839	217,912
182,067	7,336	0	上 往 十 里	7,373	0	210,539
188,086	5,276	11,295	新 堂	5,659	15,281	220,161
181,827	33,056	26,797	東大門運動場	29,792	27,915	218,284
178,632	23,677	20,482	乙支路4街	21,840	18,935	215,379
162,465	47,282	31,115	乙支路3街	55,941	28,911	188,349
153,368	18,815	9,718	乙支路入口	35,912	8,109	160,546

(3호선)

上 行 ↓			驛 名	↑ 下 行		
區間通過	下 車	乘 車		乘 車	下 車	區間通過
20,629	0	20,629	舊 把 發	0	20,217	20,217
37,230	0	16,601	연 신 내	0	18,913	39,130
69,233	0	32,003	佛 光	0	39,330	78,460
88,924	0	19,691	磬 磻	0	12,230	90,690
107,041	0	18,117	弘 濟	0	14,427	105,117
114,632	0	7,641	무 악 재	0	5,813	110,930
121,148	585	7,051	獨 立 門	916	6,151	116,165
130,028	2,244	11,124	中 央 廳	1,090	10,563	125,638
131,629	5,206	6,807	安 國 洞	3,038	6,645	129,245
122,347	19,999	10,717	鐘 路 3 街	26,597	10,813	113,461
113,891	23,486	15,030	乙支路3街	27,272	12,252	98,441
136,035	15,308	37,452	충 무 로	11,947	30,969	117,463
135,274	2,078	1,317	東 大 入 口	378	1,151	118,236

上 行 ↓			驛 名	↑ 下 行		
區間通過	下 車	乘 車		乘 車	下 車	區間通過
120,961	14,605	292	藥 水	10,280	2,535	110,491
105,363	15,804	206	金 湖	19,277	913	92,127
113,051	0	7,688	玉 水	0	6,290	98,417
94,006	22,253	3,208	狎 鷗 亭	13,496	4,271	89,192
77,915	19,533	3,442	新 沙	15,915	3,558	76,835
68,601	9,314	0	蠶 院	6,240	0	70,595
64,419	17,003	12,821	터 미 널	20,655	20,061	70,001
16,062	50,575	2,218	教 大	54,484	5,439	20,956
15,406	656	0	貨物 터 미 널	700	0	20,256
	15,406	0	良 才	20,256	0	

(4 호 선)

上 行 ↓			驛 名	↑ 下 行		
區間通過	下 車	乘 車		乘 車	下 車	區間通過
25,310	0	25,310	上 溪	0	26,324	26,324
74,234	0	48,924	노 원	0	38,996	65,320
112,752	1,667	40,185	倉 洞	1,846	39,074	102,548
171,253	1,762	60,263	雙 門	1,705	58,603	159,446
201,223	2,234	32,204	水 踰	2,228	45,158	202,376
207,895	298	6,970	彌 阿	332	5,766	207,810
222,929	2,387	17,421	彌 阿 삼거리	2,312	20,075	225,753
221,145	9,413	7,629	吉 音	5,812	6,210	226,151
235,822	2,469	17,146	성신여대입구	2,894	14,310	237,567
226,432	11,911	2,521	한성대입구	21,974	12,221	227,814
233,334	4,561	11,463	憲 化	4,824	6,971	229,961
190,435	54,713	11,814	東 大 門	56,648	13,055	186,368
173,235	27,253	10,023	東大門運動場	28,779	6,981	164,570
151,149	40,655	18,599	충 무 로	50,804	12,074	125,840
139,809	17,702	6,362	明 洞	24,886	3,776	104,730
124,370	15,439	0	會 賢	12,028	440	93,142
88,606	48,228	12,464	서 울 驛	27,626	13,771	79,287

上 行 ↓			驛 名	↑ 下 行		
區間通過	下 車	乘 車		乘 車	下 車	區間通過
72,925	17,620	19,939	淑 大 入 口	17,728	1,652	63,211
71,353	9,897	8,325	三 角 地	5,234	8,239	66,216
105,092	10,092	43,831	新 龍 山	9,821	41,938	98,333
99,531	8,113	2,552	二 村	9,625	2,698	91,406
98,811	927	207	銅 雀	849	0	90,557
98,811	0	0	梨 水	0	0	90,557
	98,811	0	舍 堂	90,557	0	

현행 입지여건에 의한 역별 수송수요는 다음과 같다.

역명	'88		'91		'96	
	승 차	하 차	승 차	하 차	승 차	하 차
신도림역	10,890	33,586	12,086	36,044	13,905	41,996
도림역	562	558	575	594	580	597
기지역	34,144	11,452	36,638	12,661	42,593	14,485

강서지역의 인구증가와 지상교통 불편을 해소하기 위하여 장래 김포(발산동)까지 노선

을 연장할 경우에는 아래와 같은 수요의 변화가 예상된다.

역명	'88		'91		'96	
	승 차	하 차	승 차	하 차	승 차	하 차
신도림역	83,737	111,777	92,828	123,642	113,122	150,725
도림역	3,948	3,409	4,216	3,671	4,803	4,275
기지역	36,166	12,097	39,373	13,165	46,373	15,437
신정동	41,056	44,531	45,488	49,580	55,528	61,297
화곡동	24,332	20,200	26,562	21,943	31,666	25,554
화곡 APT	-	-	-	-	-	-
외발산동	18,738	16,810	21,659	19,471	28,084	25,314
발산동	4,974	4,127	6,584	5,238	10,579	7,553

라. 장래계획노선 예측

지상교통의 정체현상은 날로 심각해지는 상황으로 대중교통난을 근본적으로 해결할 수 있는 수송수단은 지하철 밖에 없음을 주지하는 바와 같다.
이에 따라 정부의 지하철 추가건설계획이 발

표되고 이에 대한 대책으로 지하철 추가건설 대상노선을 결정하기 위하여 UTPS로 분석을 시도하였다.

외곽지역주민의 도심진입 편의증대를 중심으로 분석한 구간별 대상노선의 지하철 수요는 다음과 같다.

구 간	노 선 연 장	정 거 장 수	수 요 예 측		
			'88	'91	'96
김 포 - 영 등 포 시장	13	10 개소	395 천명	427	517
김 포 - 안 국	22	19	891	945	1100
김 포 - 신 도 립	11	9	321	364	459
왕 십 리 - 천 호	11	8	544	530	556
수 색 - 천 호	28	19	1096	1119	1293
잠 실 - 고 덕	9	9	222	226	252

4. 앞으로의 전망

우리공사는 1천만 시민이 상주하고 있고 1일 1,700만명 이상이 각종 교통수단을 이용하고 있는 수도 서울의 교통수요를 관리할 수 있는 능력을 국내 교통운영기관으로는 최초로 보유하고 있고 자체능력을 확보하고 있다.

UTPS의 특징이 앞에서 소개한 바와 같이 지대함은 재론의 여지가 없고 이를 발전시키기 위하여는 전문요원의 양성과 수시로 변화되는 각종자료를 지속적으로 보완하지 않

면 안된다.

과거 교통수요 예측을 위하여 전문연구기관에 의뢰한 연구결과는 실제와 접근되는 비율이 상당히 낮은 상황에 있으나 우리공사는 102개역의 수송실적이 역무자동화에 의거 집계되므로 검증이 용이한 장점이 있으므로 1년에 1회 이상 검증을 시도하여 정확성을 높여 나갈 것이며 지하철 추가건설대상노선의 선결과 선정된 노선의 투자우선순위 결정에 UTPS의 능력이 최대한 제공될 것임을 확신한다.