

# 학교시설의 효율적 유지관리(1) : 관리와 투자결정을 위한 컴퓨터 프로그램

## School Facilities Management(1) : Development of Computer Program

김진일\*      민창기\*\*      서치호\*\*\*      임홍철\*\*\*\*  
Kim, Jin-Il      Min, Chang-Kee      Suh, Chee-Ho,      Rhim, Hong-Chul

제1편. 학교 시설관리 컴퓨터 프로그램NK

### 1. 서 언

본 연구는 기존 SFMIS (학교 시설 관리 정보시스템) 프로그램에 수록되어 있는 여러 가지 데이터를 활용하여 기존 컴퓨터 프로그램의 재정비를 함에 연구의 목적을 두었다. 본 연구는, 첫째, 교육청 차원에서 노후 시설을 정비하기 위한 기동타격대를 운영하기 위한 시설 노후도 분석 프로그램을 작성하여 컴퓨터한다. 관련된 정보를 수록하여 분석하여 노후되기 전에 개선할 수 있는 프로그램을 개발한다. 이 노후도는 각 부위별로 또 재료별로 분석하므로써 막대한 데이터를 구축한다. 둘째, 선형 회귀분석의 표준 회귀계수를 이용하여 설치년도와 노후상태 사이의 중요도를 비교 검토하므로써 각각의 시설 항목의 중요도를 설정하고 노후도를 승하여 서열화한다. 실내 부위별 서열화, 실별 서열화, 동별 서열화를 통하여 필요한 예산 작업의 기본자료를 구축하여서 정책 결정자가 손쉽게 결정하도록 컴퓨터 프로그램화 한다. 셋째, 교육청 시설 조사에 관한 전문 인력이 충분치 못하므로 몇 개의 변수만으로도 판별 점수를 계산하도

록 하는 모델을 만든다. 이 세가지 모델을 통하여 교육시설의 유지관리의 체계화를 이룩할 수있으며 늘 부족했던 교육청의 유지관리에 대한 인력난을 어느정도 해소할 수있을 것이다.

### 2. 자료의 정리

기존 프로그램을 재정비하여 학교에서 활용가능한 프로그램과 교육청에서 활용가능한 프로그램으로 정비한다. 이를 위하여 먼저 Code화되어 있지 않은 기존 실명, 건물명, 부위별 재료명 데이터를 코드화한다.

2.1. 실을 분류하여 001. 일반교실 002. 과학관계실 003. 미술 및 음악관계실 004. 기술관계실 005. 시청각관계실 006. 도서실 관계실 007. 상담실 관계실 008. 교무 및 교사실 009. 휴게실 010. 계단실 011 각종창고 012. 강당 및 체육관 013 화장실 014. 침실 및 합 숙실 015. 식당 017. 사육장, 018. 어학실 019. 교련실 및 생활관 등 020. 가자재보관실 021. 급수실 022 관리실 로 코드화하고

2.2 건물을 코드화하여 601. 교사동 608. 강당 611. 기숙사 612. 창고 609. 민방위정호 604. 사택 607. 샤워실 605. 경비실 611. 관리동 602. 실습동 614. 창고, 식당 621. 협동조합 622. 화장, 창고 628. 식당, 매점 609. 저수탱크 605. 오물처리장 등

\* 정회원, 명예회장, 한양대 명예교수

\*\* 정회원, 평택대 지역개발학과 교수

\*\*\* 정회원, 건국대 건축공학과 교수

\*\*\*\* 정회원, 연세대 건축공학과 교수

으로 하며

2.3. 실외부의 전기 분야를 분류하여 501. 전기 및 통신인입(전기선로) 511. 전기 및 통신인입(통신선로) 502. 옥외스피커 503. 외등 504. 무인경비(주장치) 514. 무인경비(감지기) 505. 수전설비(변압기) 515. 수전설비(개폐기) 506. 주배전반(외함) 516. 주배전반(차단기) 507. 통신단자함 508. 동력설비(모터) 518. 동력설비(조작반) 509. 소방설비(발신기) 519. 소방설비(수신반) 529. 소방설비(유도등)으로 하고

2.4. 각 부위별 재료를 코드화하여 51 도배 74 메로시스템 329 놀출1구 330 메탈할로겐 329 돌출2구, 8 모노륨, 151 동관 337 모니터 20라왕 47 라왕바니스 127 모자익타일 20 라왕후로링 28 목재 등등으로 분류한다.

3. 시설 관리 프로그램

3.1. 시설 관리 프로그램의 작성요령

학교의 레벨에서 시설의 노후정도에 따라 보수가 가능하도록 하는 프로그램이 필요하다. 또 교육청 차원에서 노후 시설을 정비하기 위한 기동타격대를 운영하려고 할 때 이에 상응하는 시설 노후도 분석 프로그램이 없다. 본 연구는 교실과 화장실의 건축 부위별로, 전기 설비의 각부위별로, 토목구조물과 기계 설비물의 각 부위별로 노후도를 평가하여 경과년도 (1997-보수년도)와의 관계를 규정한 다음 이를 산식으로 표현 하여 노후곡선을 찾아내고 노후도가 심각할 때의 경과년도를 추적하며 해당 재료의 경과년도와 비교하여 남은 년도를 찾아내도록 한다.

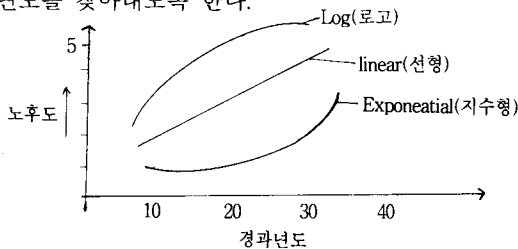


그림 3-1 경과년도와 노후정도의 관계

위의 그림과 같이 경과년도와 노후정도의 관계를 나타내는 곡선 또는 직선이 log 선, linear선, exponential 곡선인가를 추적하여 가장 적합한 수식을 알아내어 다음과 같이 계산한다.

$$Y = B_0 + b_1X_1 \dots\dots\dots (1)$$

$$Y = B_0 + b_1\text{Log}X_1 \dots\dots\dots (2)$$

$$Y = B_0E^{b_1x_1} \dots\dots\dots (3)$$

$$(1)\text{식에서 } X_1 = (Y - B_0)/b_1 \dots\dots\dots (1)'$$

$$(2)\text{식에서 } X_1 = \text{EXP}((Y - B_0)/b_1) \dots\dots\dots (2)'$$

$$(3)\text{식에서 } X_1 = (\text{Log}Y - \text{Log}B_0)/b_1 \dots\dots\dots (3)'$$

(1)' (2)' (3)'식에 각각 Y = 2.4(보수가 필요한 시기)를 대입하여 X<sub>1</sub>값을 구한다. 즉 노후가 상당히 진전되었을 때를 구하여 해당 부위의 해당 재료의 경과년도를 제하여 수선 또는 개선(개축)하여야 할 시점을 찾아낸다. 부위별 재료별로 우선 순위를 결정하여 보수 예산이 허용하는 부분까지 기동 타격대가 적합한 시기에 보수하여 건축물의 노후를 더디게하여 건물의 건강 상태를 유지하게 한다.

3.2. 적용의 문제점 및 해결 방안

3.2.1 문제점

노후점수의 표시에 문제가 있다. 노후도가 전반적으로 표시되지 않은 곳이 많으며 노후도의 상(1점)의 경우 1점으로 간주하여 표시되지 않은 빈칸과 처넣지 않는 빈칸이 혼용되어 있어서 문제가 된다. 또 년도가 5년씩 경과되어도 노후도가 2.0, 2.0, 2.0, 2.0, 3.0등과 같이 너무 완만히 변하도록 입력된 부분이 많아서 내구년도가 보편적으로 늘어나는 경향이 있다.

3.2.2 해결 방안

문제에 관한 해결방안은 (1)10년이 경과되지 않은 건물의 각 건물의 노후도를 평가함에 있어서 빈칸으로 남아 있는 노후도란은 1점으로 간주하여 데이터를 보정한다. (2)그래도 문제점이 도출되는 부위의 재료는 유사한 부위의 유사한 재료로 대체한다.

### 3.3. 재료별 내구년한 분석

재료가 있는 모든 재료와 부위에 대하여 회귀분석의 커브적합도 분석을 통하여 경과년도와 부위별 재료별 노후도와와의 관계 곡선 내지 직선을 알아낸다. 전기실별 현황파일을 사용하여 화재탐지기의 재료가 정온식일 경우의 사례만을 대상으로 경과년도(1997-설치년도)와 노후상태를 아래와 같이 분석한 결과 아래와 같이 분석되었다. 독립변수는 배수관의 노후정도를 나타내는 것으로 상중하로 나누어 1, 2, 3으로 표현되어 있다. 기본 가설은 독립변수와 종속변수가 무관하다는 것이다.

Table 3-1. 통계분석 결과

Independent: F\_DATE2

Dependent	Mth	Req	d.f.	F	Sigf	b0	b1
F_STAT	LIN	.843	20	106.99	.000	.5950	.1342
F_STAT	LOG	.478	20	18.30	.000	.6792	.5303
F_STAT	EXP	.843	20	106.99	.000	.8006	.0737

종속변수에 따라서 해당 방법이 선형, 로그, 역스포넨셜 함수로 표기될 때 R square 값이 linear 함수인 경우 0.843으로 사례의 84.3%가 표본회귀선에 적합하다는 것을 말한다. R Square 값이 1이면 모든 사례가 표본 회귀선에 적합하다고 할수있으며 0이면 독립변수와 종속변수가 아무관계도 없다고 분석할 수 있다. F통계량은 106.99로 자유도가 (1, 20)일 경우에 종속변수와 독립변수의 관계가 유의한가 그렇지 않은가를 검증하는 값으로 Signif F = .0000가 되어 0.05보다 적으므로 종속변수와 독립변수간의 관계가 없다는 영가설을 기각하므로써 관계가 있음을 알 수있다.

선형 함수인 경우는  $F\_stat = 0.1342 f\_date2 + 0.5950$ 라는 식으로 95%의 신뢰도로써 종속변수에 대한 독립변수의 기울기와 절편이 제시되어 있다. 이식에서 f\_stat가 2.4일 때 f\_date2는 17.43되어 화재탐지기가 정온식일 경우의 내구기한이 17.43년이 됨을 알 수있다. 로그함수인 경우는  $f\_stat = 0.5303 \log f\_date2 + 0.6792$ 라는 식으로 95%의 신뢰도로써 종속변수에 대한 독립변수의 기울기와 절편이 제시되어 있다. 이식에서 f\_stat가 2.4 일 때 f\_date2는  $EXP((2.4 - 0.6792) / 0.1342)$ 로 370516.3년

으로 믿을 수 없는 값이 됨을 알 수 있어서 로그 함수식은 부적합을 알 수있다. 지수함수인 경우에는  $f\_stat = 0.8005 E0.0737 f\_date2$ 라는 식으로 95%의 신뢰도로써 종속변수에 대한 독립변수의 기울기와 절편이 제시되어 있다. 이 식에서 f\_stat가 2.4일 때 f\_date2는  $(\log 2.4 - \log 0.8005) / 0.0737$ 로 6.47년으로 화재탐지기가 정온식인 경우의 내구기한이 6.47년이 됨을 알 수 있다. 선형함수의 경우와 지수함수인 경우 모두 F통계량이 106.99로 동일하여 내구년한은 경험치에 가까운 6.47년을 선택한다. 세경우가 모두 경험치와 동떨어진 내구년한이 계산되는 때에는 유사한 재료의 내구년한으로 대체한다.

이와 같은 분석을 각부위별로 각재료별로 수백 차례 시행하여 내구년한을 찾아낸다. 이를 바탕으로 시설보수 기동타격대를 운영하도록 권고한다.

## 4. 예산 편성을 위한 분석

### 4.1. 회귀분석을 이용한 우선 순위 측정

기존 건물의 개선 또는 보수는 교육시설의 개혁을 위하여 필수 불가결한 일이다. 그러나 컴퓨터를 이용하여 체계적으로 연구하여 예산 편성의 기초자료로 삼은 경우는 우리나라에서 흔하지 않다. 본 연구는 통계학의 선형 회귀분석 방법을 응용하여 고등학교 시설의 전반에 걸쳐 시설 개보수를 시행하는 틀을 만들고자 한다. 선형 회귀분석의 표준 회귀계수를 이용하여 설치년도와 노후상태 사이의 중요도를 비교 검토하므로써 각각의 시설 항목의 중요도를 설정하고 노후도를 승하여 서열화 하려한다. 이때 설치년도가 파일에 구비되어 있지 않은 경우에는 주변 파일의 설치년도를 사용한다.

학교의 옥외 급배수관의 배관설비를 중심으로 사례를 들어 설명한다. 아래 분석의 결과를 설명하면, 종속변수는 DRYEAR2로 배수관 설치년도(DRYEAR) 필드의 설치년도를 1997년에서 제한 값으로 경과년도를 나타내는 변수이다. 독립변수는 배수관의 노후정도를 나타내는 것으로 상중하로 나누어 1, 2, 3으로 표현되어 있다. 기본 가설은 독립변수와 종속변수가 무관하다는 것이다.

분석 결과로 표본회귀선에 대한 적합도 및 유의도를 검증할 수 있다. R Square는 0.29로 사례의 29%가 표본회귀선에 적합하다는 것을 말한다. R Square 값이 1이면 모든 사례가 표본 회귀선에 적합하다고 할수있으며 0이면 독립변수와 종속변수가 아무관계도 없다고 분석할 수 있다. F통계량은 23.28로 자유도가 (1, 57)일 경우에 종속변수와 독립변수의 관계가 유의한가 그렇지 않은가를 검증하는 값으로 Signif F = .0000가 되어 0.05보다 적으므로 종속변수와 독립변수간의 관계가 없다는 영가설을 기각하므로써 관계가 있음을 시사한다. t 값으로 이를 검증할 수도 있다.

DRYEAR2 = 3.877823 DRWEIG + 3.671458 라는 식으로 95%의 신뢰도로써 종속변수에 대한 독립변수의 기울기와 절편이 제시되어 있다. 독립변수의 표준편차(Sx), 종속변수의 표준편차 (Sy), 기울기의 추정치 ( b값)을 이용하여 Beta = [ b\*Sx]/Sy를 계산한다. 이 Beta 값을 이용하여 각각의 변수간의 중요도로 삼는다. 이와 같은 요령으로 급수관의 설치년도와 노후 등급의 관계를 규명할 수 있는 분석을 수록한다.

Table 4-1: gmeq5의 Output

\*\*\*\* MULTPLEREGRESSION \*\*\*\*

Listwise Deletion of Missing Data  
Equation Number 1 Dependent Variable.. DRYEAR2  
Block Number 1. Method: Enter DRWEIG  
Variable(s) Entered on Step Number

1.. DRWEIG

Multiple R .53851  
R Square .29000  
Adjusted R Square .27754  
Standard Error 3.26542

Analysis of Variance

	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	1	248.24642	248.24642
Residual	57	607.78747	10.662294

F = 23.28124 Signif F = .0000

..... Variables in the Equation .....

Variable	B	SE B	Beta	T	Sig T
DRWEIG	3.877823	.803683	.53851	4.825	.0000
(Constant)	3.671458	1.900710		3 1.932	.0584

위와 같은 분석을 파일명 eciv1, eciv2, eciv3, eciv4, eciv5, eciv6, eciv7, gmeq5, gmeq1, gmeq2, gmeq3, gmeq3, gmeq4, gmeq4, fele1, gmeq14 파일에 적용하여 외부 시설물의 예산 편성 자료로 삼는다.

4.3.4. 실내 개선의 예산에 관한 컴퓨터 프로그램 작성

실외의 경우와 같은 요령으로 dcls1, fele3, dcls2 파일의 각부위에 대하여 아래와 같은 베타(beta) 값을 회귀분석을 통하여 계산하여 부위의 중요도로 삼는다.

Table 4-2: 컴퓨터 프로그램 자료

베타값	노후상태	수량(부수)	재료(부수)	설치년(부수)
.2807	f_stat	f_num	f_mate	f_date
.038	p_stat	p_num	p_mate	p_date
.051	c_stat	c_num	c_mate	c_date
.1268	d_stat	d_num	d_mate	d_date
.1426	ri_stat	ri_num	ri_mate	ri_date
.1672	ro_stat	ro_num	ro_mate	ro_date
.3418	rm_stat	rm_num	rm_mate	rm_date
.2980	(rh_stat)	(rh_num)	(rh_mate)	(rh_date)
.3466	bi_stat	bi_num	bi_mate	bi_date
.4303	bo_stat	bo_num	bo_mate	bo_date
.055	rc_stat	rc_num	rc_mate	rc_date
.055	d_stat(1)	d_num(1)	d_mate(1)	d_date(1)
.5133	c_stat1	c_num1	c_mate1	c_date1
.7887	s_stat	s_num	s_mate	s_date
.5530	f_stat1	f_num1	f_mate1	f_date1
.0864	t_stat	t_num	t_mate	t_date
.4684	i_stat	i_num	i_mate	i_date
.4884	f_stat	f_num	f_mate	f_date
.4568	p_stat	p_num	p_mate	p_date
.3925	c_stat	c_num	c_mate	c_date
.4740	id_stat	id_num	id_mate	id_date
.0906	od_stat	od_num	od_mate	od_date
.0906	fd_stat	fd_num	fd_mate	fd_date
.1012	wd_stat	wd_num	wd_mate	wd_date
.4088	w_stat	w_num	w_mate	w_date
	ob_stat	ob_num	ob_mate	ob_date

베타(beta)값을 노후도값에 곱하여 Y = aX1 +

$bX2 + cX3 + \dots + xX24$ 을 계산하여 Y값을 구하  
 되 건축(화장실의외의 것: dcls1 파일), 전기(fe3  
 파일), 건축(화장실)로 구분하여 Y 값을 계산하고  
 교실과 관계시설의 건축(dcls1)과 전기(fe3)을 합  
 하여 또는 화장실의 건축(dcls2)과 전기(fe3)하여  
 Y 값을 계산한다. 이 Y값을 실명으로 구분하여  
 실별로 학교별로 소팅한다. 또 각 X항목별로 학교  
 별 그 파일의 Rname(별도로 룸 번호를 참고)을  
 보고 용도를 고려하되 보통교실 1.0 과학 교실 및  
 준비실 0.9 음악,미술실 & 준비실 0.9 기술교과실  
 & 준비실 0.9 화장실 0.8 시청각 & 준비실 0.7 도  
 서실 0.6 관리용제실 (교장, 사무실) 0.6 양호실,  
 휴게실, 샤워실 0.5 체육관, 강당, 수영장, 0.5 급식  
 시설, 교원 사택 0.5 어학실습실, 컴퓨터실 0.7 자  
 료실, 온수공급시설 0.5 창고 0.4 로 비중을 주어  
 당해값에 곱하여 사용한다. 그리하여 실의 중요도  
 에 따라 보수 우선 순위도 달라지게 한다. 또 실  
 별로 분류하여 학교별로 소팅하고 이에 상응하는  
 수량을 기입하고 수량, 재료, 보수년도를 부수적으  
 로 기입한다. 이때 같은 노후상태일 때에는 각항  
 목의 보수년도(date)가 많은 것을 우선으로 분류  
 한다. 실별로 분류할 때 실의 제공하는 여러가지  
 용도별로 Table이 각각 나오게한다. 값이 같을 때  
 에는 보수년도의 뒤 두자리가 작은 것을 우선으로  
 한다. 또 부수되는 것은 전체의 경우와 같이한다.  
 또 학교의 건물별로 실의 Y값을 다 합하고 실의  
 개수로 나누어 동별로 Y값을 구하여 학교별 건물  
 별로 소팅한다.

4.3.5 실별 노후도 분석

실에 관하여 건축, 전기, 기계의 계산된 Y 값에  
 윗표의 비중값을 곱하여 Yt(total) 값을 산출한다.  
 각 부분의 Y값을 계산하고 총 Y값을 산출하여 용  
 도별, 동별, 학교별로 분류한다. 아래와 같은 표로  
 Output을 만든다.

Table 4-3: 교실(용도)별 노후 상태

교실명		건축 Y값	전기 Y값	계
scode	rcode			

Table 4-4: 화장실(용도)별 노후 상태

교실명		건축 Y값	전기 Y값	계
scode	rcode			

Table 4-5: 관리실(용도)별 노후 상태

교실명		건축 Y값	전기 Y값	계
scode	rcode			

위와 같이 건물의 용도별로 건축과 전기의 값을  
 표시하고 합계하여 실의 분류별로 여러개의 테이  
 블을 만든다.

4.4. 건물의 노후상태 종합평가

Table 4-6: 교사동(교실 및 화장실포함)의 평가

구분	건축 Y값	전기 Y값	동별 설비Y 값	b/c ratio	계
비중	6	1.95	0.45	33.3	
최대 값	6.67	6.15	31.03	1.5	
	40	12	14	50	최대 150점
동별 해당값					
동별 연면적					

\* 연면적은 cdong의 tarea 필드를 가져온다. 동별 해당값  
 이 동별로, 용도별로, 학교별로 소팅하여 표를 작성한다.

건물의 용도별로 구분하여 동별로 건축, 전기,  
 기계의 계산된 Y 값에 윗표의 비중값을 곱하여  
 Yt(total) 값을 산출한다. 구조와 치장 벽돌 검토도  
 이와 같이 하여 Yt 값을 산정하고 경제성 분석도  
 이와 같이 하여 총 Y값을 산출하여 용도별, 동별,  
 학교별로 분류한다.

Table 4-7: 교사동(용도)의 평가

교사명		건축 Y값	전기 Y값	기계 Y값	경제성 값	계
scode	bu_id					

Table 4-8: 체육관동(용도)의 평가

교사명		건축	전기	기계	경제성	계
scode	bu_id	Y값	Y값	Y값	값	

이와 같이 건물명의 코드에 나타난 수효 만큼 용도에 따라 위와 같은 예산 참고표를 만든다. 또 학교의 건물별로 실의 Y값을 다 합하고 실의 개수로 나누어 동별로 Y값을 구하여 학교별 건물별로 소팅한다. 이때 비중값은 아래와 같다.

Table 4-9: 건물의 비중값

실번호	601	607, 608	604	628	602	609	605	612
비중값	1.0	0.9	0.9	0.9	0.8	0.6	0.6	0.4

Table 4-10: 전체 건물 평가

교사명		건축	전기	기계	경제성	계
scode	bu_id	Y값	Y값	Y값	값	

한 건물에 관하여 건축, 전기, 기계, 경제성을 종합적으로 분석하여 예산을 수립하는 체계적인 방법을 채택한다.

5. 실의 개축여부 판별을 위한 분석

실별로 실의 노후에 관한 종합 상태를 알아내기 위하여 통계 분석의 판별 분석을 활용한다. 판별식  $D = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + \dots + b_tX_t + \dots + b_nX_n$ 을 활용한다. 현재 안전 점검을 통하여 건물이 신축후 30년을 전후로 개축되고 있어서 이를 종속변수로 삼아 30년 전을 1로 30년 이후를 2로 판별하도록 가능한 독립변수를 넣어가며 가장 합리적인 모형을 찾아낸다. 이때 중복 회귀 분석을 통하여 가능한 독립 변수를 찾아내고 이를 바탕으로 판별 분석에 임한다. 아래의 컴퓨터 output은 종속변수에 합당한 독립변수를 찾아내어 판별식을 작성하고 각실의 판별 경계 점수를 계산하여 개축여부를 판정하게 한다. 실별 판별점수를 건물 단위로 평균하여 건물별 판별점수를 구한다. 또 학교별로 판별점수를 나열하여 개축 또는 보수 우선 순위를 결정하게 한다. 이때 교육

청 시설 조사에 관한 전문 인력이 충분치 못하므로 몇 개의 변수만으로도 판별 점수를 계산하도록 하는 4개의 모델을 만든다.

5.1. 다변수 판별 분석

5.1.1 일반분석

집단화 변수 st\_date를 30년을 기점으로 두 개의 case로 분류하여 st\_date3 변수를 만들어 분석하였다. 12766 cases 중에 3834 cases을 대상으로 분석에 임한 결과 이중 1구rup에 속한 case가 3760개이며 2 Group에 속한 cases가 74개의 실에 해당한다.

Table 5-1: Computer Output1

```

- DISCRIMINANT ANALYSIS
- - Number of cases by group
      Number of cases
ST_DATE3  Unweighted  Weighted Label
      1          3760      3760.0
      2           74       74.0
Total     3834         3834.0
    
```

5.1.2 다변수 분석

아래와 같은 computer output을 활용하여 표준화하지 않은 판별함수로써 판별함수식을 다음과같이 쓸 수있다.

$$\begin{aligned}
 \text{판별함수 } D = & .9191096*BI\_STAT \\
 & - .7152560*D\_STAT1 \\
 & - .6054491*F\_STAT1 \\
 & - .2102434*P\_STAT \\
 & + 1.0571447*RC\_STAT \\
 & - .3758958*RM\_STAT \\
 & + .6420103*RO\_STAT \\
 & - .3867150*S\_STAT \\
 & + 2.2313390*T\_STAT \\
 & - 2.7120938
 \end{aligned}$$

위의 판별함수에 의해 두집단의 판별 점수의 평균을 구하여 각각 1구rup은 -.06397, 2구rup은 3.25053이 됨을 알 수 있다. 두집단을 구분하는 경계점수는 다음식에 의하여 계산된다.

$$\text{경계점수} = (N2 C1 + N1 C2)/(N1+N2)$$

여기서 N1, N2 는 집단 1과 2의 표본수 C1, C2 는 집단 1과 2의 판별 점수의 집단 평균 경계점수는  $(-.06397*74+3.25053*3760)/(3760+74) = 3.187$  이어서 각사례 판별 점수가 3.187보다 적으면 개축하지 않은 구룹에 3.187 보다 크면 개축을 요하는 구룹에 속하게 판별됨을 알 수 있다. 이에 따라 실별로 판별하는 테이블을 만들고 소트하여 학교에서 실별로 건물별로 구분하여 평균판별점수를 구하여 우선 순위로 나열한다. 교육청 전체적으로 교실별, 건물별로 평균점수를 구하여 서열화함으로써 개축대상의 판별과 개축 우선순위를 나타내는 컴퓨터 프로그램을 작성한다.

Table 5-2: Computer Output

Unstandardized canonical discriminant function coefficients

	Func 1
BL_STAT	.9191096
D_STAT1	-.7152560
F_STAT1	-.6054491
P_STAT	-.2102434
RC_STAT	1.0571447
RM_STAT	-.3758958
RO_STAT	.6420103
S_STAT	-.3867150
T_STAT	2.2313390
(Constant)	-2.7120938

Canonical discriminant functions evaluated at group means (group centroids)

Group	Func 1
1	-.06397
2	3.25053

제 II 편. 학교시설 개선에 관한 투자 우선 순위의 결정 : B/C 분석의 이용

### 1. 서 언

교육개혁과 관련하여 서울시 교육청은 많은 자금을 기존 학교의 개축·보수 사업에 투여하려고 하고 있다. 학교 시설 사업 환경 개선 사업이라

블리우는 학교 시설 재개발 사업은 막대한 예산을 사용하여 추진하는 만큼 그의 투자 효과도 철저히 제고되어야만 할 것이다. 투자 효과를 제고하기 위하여는 투자의 우선 순위가 준비되어 있어서 이 순위에 따라 예산이 활용될 때 효율적인 예산 집행이 이루어 질수 있을 것이다.

학교의 개선 사업에는 세가지 중요한 사항에 의하여 개선 여부가 결정되어야 할 것이다. 사업의 경제적 타당성 분석, 교과 과정에 따르는 건물 기능의 적합성 분석, 구조적 안전성 분석이 그것이다. 이 중에서 사업의 투자에 있어서 가장 큰 영향을 미치는 요인은 경제적 타당성 분석일 것이다. 그래서 본 연구에서는 재개발 사업에 관한 경제성 분석을 검토하여 투자 우선 순위를 알아 보고자 한다. 본 연구는 먼저 사업의 투자 우선 순위의 결정에 있어서 비용-편익 분석 방법의 활용과 비용·편익의 산정 방법을 검토하여 기본적으로 일반적인 상태로 쉽게 접근할 수 있도록 컴퓨터 프로그램을 구성하도록 한다.

### 2. 비용 편익 분석의 활용

투자 우선순위를 정하는 기법은 여러 방법이 있을 수 있으나 비용-편익 분석과 목표 성취도 분석이 대표적 방법일 것이다. 목표 성취도 분석은 분석자에 따라서 차이가 있을 수 있으나 비용-편익 분석은 금전의 상태로 표현 되기 때문에 정확하다고 할 수 있을 것이다. 본 연구는 비용-편익 분석 기법을 활용하여 학교 시설 재개발의 투자 우선 순위를 검토하려 한다. 본 연구는 비용-편익 분석의 여러 기법 중 순현재가 (Net Present Value: NPV) 방법, 투자 환원 기간 (Pay-Back Period) 방법, B/C ratio, 내부 환원율 (Internal Rate of Return) 방법을 활용한다. 순현재가는 1식과 같이 표현된다.

$$NPV = (B_0 - C_0)/(1+d)^0 + (B_1 - C_1)/(1+d)^1 + \dots + (B_t - C_t)/(1+d)^t + (B_n - C_n)/(1+d)^{n-1}$$

이때, Ct 는 사업후 t년에 계산된 비용  
Bt 는 사업후 t년에 계산된 수익

d 는 할인율

n은 년수로 표시된 사업의 기간

1식에서 할인률 d를 결정하는 문제는 간단한 것이 아니다. 할인률은 이자율과 물가상승률을 고려하여 결정하여야 한다. 사업을 발주하는 측에서는 이 율을 어느 정도 내릴려고 할 것이고 사업을 시행하는 기업이 측에서는 올리려 하기 때문이다. 본 연구에서는 0.09를 d값으로 사용하기로 한다. 순현재가의 계산값을 사용하여 사업의 우선 순위를 평가할 때 순현재가의 값이 많을수록 사업의 투자 타당성이 많다고 할 수 있다.

투자 우선 순위는 투자 환원 기간 (Pay Back Periods)에 의하여 판단될 수도 있다. Pay Back Periods는 사업 시작 후 비용과 편익의 값이 같게 되는 기간을 일컫는데, 이 기간이 짧을수록 투자 우선 순위가 높다고 말할 수 있다.

또 투자우선 순위를 알아보기위하여 비용부분과 이익부분의 순현재가를 비교하는 B/C ratio 방법을 이용할 수도 있다. 즉

$$B/C \text{ ratio} = \frac{\sum_{t=1}^m B_t / (1+i)^t}{\sum_{t=1}^m C_t / (1+i)^t} \quad \dots\dots\dots 2)$$

위의 2식의 값이 1보다 큰가 혹은 작은가에 따라 투자사업이 이익을 가져올 것인가 손해를 가져올 것인가를 판단한다.

내부 투자 수익율(Internal Rate of Return: IRR)은

$$C_0 = (B_1 - C_1) / (1+r)^1 + \dots\dots + (B_t - C_t) / (1+r)^t + \dots\dots + (B_n - C_n) / (1+r)^n \quad \dots\dots\dots 3)$$

3식과 같이 되는 r값을 구하여 내부 수익률로 삼는데, 이 r값은 초기년도 투자비가 n년도 까지의 비용을 제한 편익값을 할인하여 합한 값과 같게 되는 비율을 일컫는다.

본 연구에서는 NPV의 값이 영이 되는 지점을

택하여 Pay Back Period로 삼고 이 기간을 투자비의 회수 기간으로 보아 건물의 증·개축의 시기로 보았다. 이 기간이 짧을수록 투자 우선순위는 짧다고 할 수 있다. 일정 기간에 NPV 값이 큰 사업이 투자 우선 순위가 높다고 보았으며, IRR을 비교하여 그 값이 크면 클수록 투자 효과가 있어서 투자 우선 순위를 높게 보았다.

투자 우선 순위를 위하여 다른 학교의 건물과 또는 한 캠퍼스 내의 다른 건물과 비교할 때에는 내부 수익율(IRR)을 보아 같은 해에 어느 학교의 어느 건물이 높은지를 알아내어 이를 비교하여 높은 건물에서 낮은 건물 순으로 투자 순위를 결정하기도 하고 같은 조건에서 투자 회수 기간을 비교하여 기간이 짧은 순위로 투자 우선 순위를 결정하면 될 것이다.

학교 건물의 보수, 재개발, 철거 후 신축에 관한 경제성 분석에 관하여 비용과 편익을 비교 분석하는 경우에는 두가지로 그 편익을 생각할 수 있을 것이다. 먼저 생각할 수 있는 방법은 사무소를 건축하여 직접 사무소를 운영하는 것과 같이 학교 건물을 건축하여 학생을 교육 시키고 교육으로 인한 학생의 이익을 계산하여 편익으로 삼는 방법이다. 그러나 이 방법은 교육이 얼마만큼 학생의 이익에 기여할 수 있다는 것을 알아내는 것은 그리 쉽지않다. 더우기 가정 교육을 포함한 여러 교육 중 유독 한 학교의 교육이 얼마 만큼 인간의 수익에 기여하고 있다고 판단하기는 어렵다고 보겠다. 두번째 방법으로는 사무소를 지어서 임대료를 받은 것과 같이 학교 건물을 건축하지 않으면 인근 사무실을 임대하여 사용한다고 가정하는 방법이다. 이 방법은 학교 주변에 많은 사설 학원이 있어서 그리 불합리하지는 않다. 또 시장의 원리에 의하여 주변 사무소의 임대가가 결정되므로 산정하기 용이하고 합리적이라고 볼 수 있다. 본 연구는 주로 후자의 방법을 택하여 프로그램화 하려 한다. 프로그램중 b/c ratio는 몇가지 필요한 데이터를 쳐 넣을 때 자동적으로 산출되도록 프로그램화 하려 한다.



### 3. 비용/편익 분석

본 연구에서는 기존 학교의 개선 사업에 관하여 기존 건물의 철거후 단계별로 신축시, 기존 건물을 활용하여 증축시, 여러 안을 비교 검토하는 사례를 들어서 경제적 타당성 분석 요령을 알아 보았다. 먼저 해당 사업에 관한 비용과 편익을 알아낸다. 정확한 비용과 편익의 산정이 경제성 분석의 기본이다. 비용은 대지 가격, 건물 가격, 철거 가격, 신축 가격, 건물 개량 가격, 건물 유지 관리 가격 등으로 계산된다. 편익은 사무소 건물의 임대료로 가정하여 산정하기도 하고 학교의 관리 운영으로 인한 수업료 수입과 학생의 장래 이익을 현재가로 환산한 금액을 편익으로 산정할 수도 있을 것이다. 이 때 은행 융자금, 건물의 경제적 감가 상각, 각종 세금이 있으면 이의 고려도 필요할 것이다.

위 투자 분석은 EXCEL 컴퓨터 프로그램을 이용하여 년차별 투자계획을 설정하여 놓고 초기 년도에 부지를 준비하여 건축하고 2년째 부터 학생 사용이 가능하다고 보고 초기 1년은 투자비 만을 계상하여 마이너스 값으로 하고, 2 - 4년째는 수익을 생각하여 계산하고 5년째 부터는 수익에서 유지관리비를 제한 순수 수익금을 플러스로 처리하여 두값을 現在價로 환산하여 비교하였다. 할인율을 9%로 가정하였을 때 Net Present Value (순현재가) 값이 영보다 크게 되는 기간 (Pay Back Periods)을 구하였다. 또 학교 콘크리트 건물의 경제적 사용가능 기간을 65년 경으로 보아 10년, 15년, 20년, 24년, 25년, 30년, 40년, 65년 동안의 순현재가와 내부 환원율 (Internal Rate of Return)를 계산하였다. 할인율을 9% 내지 15% 또는 더 높은률을 고려하여 각각 계산하여 제시하여 정부가 결정하도록 민감도 분석(Sensitivity Analysis)을 하면 더욱 바람직할 것이다.

예산을 분배하여야 하는 정부의 학교 시설 계획가로써는 한정된 예산을 효율적으로 투자하기 위하여 투자 우선 순위를 결정할 필요가 있다. 해당 건물을 다른 학교의 건물과 비교하여 내부 수익율(IRR)을 보아 지정한 년도에 어느 학교의 어느 건

물이 높은지를 알아내어 이를 비교하여 높은 건물에서 낮은 건물 순으로 투자 순위를 결정하기도 하고 같은 조건에서 투자 회수 기간을 비교하여 기간이 짧은 순위로 투자 우선 순위를 결정하기도 한다. 본 연구에서 예를 들어 기술한 분석을 선택된 안에 대하여 요약하면 아래 분석의 요약표와 같다.

Table 3-1: 분석의 요약

Pay Back Period	Net Present Value	Internal Rate Return
○○고교(1) 10년	-4,545,923천원(d=0.09일 때)	-0.1233
20년	-906,084천원(d=0.09일 때)	0.0734
24년	-129,930천원(d=0.09일 때)	0.0880
25년	25,777천원(d=0.09일 때)	0.0904
30년	631,423천원(d=0.09일 때)	0.0983
40년	1,280,883천원(d=0.09일 때)	0.1046
○○공고 11년	-7,899천원(d=0.09일 때)	0.0895
12년	241,239천원(d=0.09일 때)	0.1031
19년	1,495,143천원(d=0.09일 때)	0.1441
40년	2,761,560천원(d=0.09일 때)	0.1583
○○고교(2) 3년	-465,347천원(d=0.09일 때)	-0.1321
4년	33,209천원(d=0.09일 때)	0.1016
20년	4,141,944천원(d=0.09일 때)	0.4013
34년	5,111,275천원(d=0.09일 때)	0.4020

위 표에서 NPV가 영이 되는 지점을 찾으면 초기 투자비가 회수되는 기점이 될 것이다. ○○고등학교 (1)의 경우는 기존 건물을 철거하고 단계적으로 신축하는 경우로 할인율을 9%로 하는 경우는 24년 10월이 되어야 초기 투자비가 회수된다. 정부가 일상적 이자율과 물가 상승율인 9%를 제외하고는 수익을 고려하지 않는다면 25년 이후에는 재투자가 가능하다고 할 것이다. 이때 할인율 9%는 이자율이나 물가 상승을 고려하여 가감할 수도 있다.

○○공업 고등학교의 경우는 할인율을 9%로 할 때 기존 건물을 보수하고 928 m<sup>2</sup>의 수평 증축을 하는 경우에는 11년에 초기 투자비가 회수된다. ○○고교는 할인율을 9%로 할 때 기존 서향 건물은 일부만 보수하고 사용하다가 개축하면 4년 11월이 지난 후에 초기 투자비가 회수된다. 세 학교가 예산 분배처가 약간 다르지만 같다고 가정하면 예산의 투자 우선 순위는 ○○고교(2), ○○공고,

○○고교(1)의 순이 되어야 할 것이다.

사업 후 20년을 기준으로 할인률을 9%로 볼때  
○○고교(1)는 IRR이 7.34%, ○○공고는 14.41%,  
○○고교(2)는 40.2%로 ○○고교(2), ○○공고, ○  
○고교(1)의 순으로 내부 투자 수익률이 높아서  
투자 우선 순위도 이와 같이 되어야 할 것이다.

결론적으로 한 교육청 예산의 합리적 투자를 위하여  
교육청 고등학교 모두를 대상으로 이러한 경제성  
분석한 후 우선 순위에 따라 투자하면 투자  
효과가 극대화 될 것이다. 그러나 계획 분야의 모든  
분석이 그러하듯이 사업의 경제성 분석도 정책  
결정자에게 정책 결정의 좋은 자료가 될 수는 있  
어도 이 분석에 무조건 따라야 한다는 것은 아니  
다. 왜냐하면 금액으로 표현되기에 난이한 사회적,  
교육적, 정치적, 경제적 사항이 얼마든지 있기 때  
문이다. 이러한 사항의 검토는 별도의 연구가 있  
어야 할 것이다.

4. 경제성 분석의 컴퓨터 프로그램의 작성

4.1. 건물을 철거한 후 개축하는 경우

4.1.1. 비용의 산정

1) 건물 계획 및 설계비

( )m<sup>2</sup>[개축하려는 건물의 연면적] \* ( )천원[단  
위면적 공사비:(경제기획원 단가: 97년도 일반학교  
704천원, 특수학교 838천원)] \* 요율( ) [직전의 개  
략공사비에 따라 자동적으로 요율이 나타나게한

Table 4-1: 설계 및 감리 요율표

공사비	요율
1,000만원 까지	0.1653
2,000만원 까지	0.1418
3,000만원 까지	0.1316
5,000만원 까지	0.1195
1억원 까지	0.1111
2억원 까지	0.0885
3억원 까지	0.0815
5억원 까지	0.0719
10억원 까지	0.1641
20억원 까지	0.0585
30억원 까지	0.0556
50억원 까지	0.0537
100억원 까지	0.0799

다. 예로 97년 30억이상 50억 공사 까지의 기본  
조사 설계비, 실시설계비, 감리비, 시설부대비의  
공사비 대비 요율은 0.0537으로 함; 97년 20억 이  
상 30억 까지는 0.0556] = ( )천원 …… 계산  
값을 음수로 전환하여 ( )차년도 [추진 년차율 사  
용자가 정하게함]을 쳐넣으면 자동적으로 Excel의  
( )차년 번째 B년차 셀로 가도록 하고 A년차항  
에는 토지매입비 라고 쓰여지게 한다.

2) 토지구입비 :

( )m<sup>2</sup> [건축하려는 건물의 1층 바닥면적] \* 1.2  
[건물주변 면적 포함]\*( )천원[당해학교 부지 공  
시지가] = ( )천원 …… 계산값을 음수로  
전환하여 ( )차년도 [추진 년차율 사용자가 정하  
게함]을 쳐넣으면 자동적으로 Excel의 년차 번째  
B년차 셀로 가도록 하고 A년차항에는 토지매입비  
라고 쓰여지게 한다.

3) 철거되는 건물가격 :

( )천원 [철거건물 평가액] \* (1+0.12) \* (N승)  
[현재년도 - 평가년도] - (철거건물 평가액 천원 /  
30) \* ( N )년도 [현재년도 - 평가년도] = ( )천  
원 …… 계산값을 음수로 전환하여 ( )차년도  
[추진 년차율 사용자가 정하게함]을 쳐넣으면 자  
동적으로 Excel의 년차 번째 B년차 셀로 가도록  
하고 A년차항에는 철거 건물가격 이라고 덧붙여  
서 쓰여지게 한다.

4) 철거비 :

( )m<sup>2</sup> \* ( )천원 [건물가격(경제기획원 단가:  
97년도 일반학교 704천원, 특수학교는 838천원으  
로 하되 기본으로 704천원이 나타나고 변화하여  
쳐넣을 수 있는 구조로 함)] \* 0.3[철거비용을 신  
축비용의 30%로 계상] = ( )천원 …… 계산값을  
음수로 전환하여 ( )차년도 [추진 년차율 사  
용자가 정하게함]을 쳐넣으면 자동적으로 Excel의  
년차 번째 B년차 셀로 가도록 하고 A년차항에는 철  
거비 라고 덧붙여서 쓰여지게 한다.

5) 건축비

( )m<sup>2</sup>[개축하려는 건물의 연면적] \* ( )천원 [단위면적 공사비:(경제기획원 단가: 97년도 일반 학교 704천원, 특수학교 838천원)으로 하되 년마다 변경할 수 있는 구조로 하며 기본은 704천원이 나타나게함] = ( )천원 ..... 계산값을 음수로 전환하여 ( )차년도 [3차년을 기본으로 나타나게 하되 추진 년차를 사용자가 정하여 쳐 넣게함]을 쳐 넣으면 자동적으로 Excel의 년차 번째 B년차 셀로 가도록 하고 A년차항에는 공사비 라고 덧붙여서 쓰여지게 한다.

6) 유지 관리비

( )m<sup>2</sup>[신축 건물 연면적] \* ( ) 원 / 1000원 [건물유지비 표에서 찾아가서 구조별 ( )과 경과년수를 쳐 넣으면 자동적으로 입력되도록 함] = ( )천원 ..... 계산값을 음수로 전환하여 ( )차년도이상 [추진 년차를 사용자가 정하게함]을 쳐 넣으면 자동적으로 Excel의 년차 번째 B년차 셀로부터 시작하여 65번을 자동적으로 써내려 가도록 하고 A년차항에는 유지보수비라고 덧붙여서 쓰여지게 한다.

Table 4-2: 경과년차별 소요 유지관리비 단위: 원/m<sup>2</sup>

경과년수 구조별	5년 이하	10년 이하	15년 이하	20년 이하	25년 이하	25년 초과
목조	1,103	2,070	2,711	3,226	3,661	4,057
벽돌,블록조	990	1,864	2,438	2,902	3,310	3,661
철근콘크리트조, 철골,석조	781	1,442	1,890	2,261	2,570	2,849

\*\* 비용 excel에 기입할 때에 중복이 어려울 때는 a, b, c, d, e, f항에 나열되도록하고 합계 g, h항을 정하여 합계 하도록 함.

4.1.2. 편익의 산정

1) ( )m<sup>2</sup>[신축 건물 연면적] / 3.3058[m<sup>2</sup>을 평단위로 전환] \* ( )천원 [ 평당임대료] = ( )천원 ..... 계산값을 양수로하여 ( )차년도이상 [입주년차를 사용자가 정하게함]을 쳐 넣으면 자동적으로 Excel의 년차 번째 B년차 셀로부터 시작하여 65번을 자동적으로 써내려 가도록 하고 A년차항에는 수입 이라고 덧붙여서

쓰여지게 한다.

\*\* 편익을 비용과 병합하여 excel에 기입할 때에 중복이 어려울 때는 i, j, k, l항에 나열되도록 하고 합계 m, n항을 정하여 합계하도록 함.

2) 평당 임대료 :

a) 학교 주변 학교 건물의 용도와 유사한 보습 학원 등의 건물 1층에 위치한 평당 임대료: {보증금 또는 일시금( )천원 \* 0.2 (20% 이자율로 계산) + 월세 ( )천원 \* 12월 + 월 관리비(수도, 전기료를 포함하는 금액) \* 12월} / ( )평[임대 총 건물 연면적] = ( )천원

b) 학교 주변 학교 건물의 용도와 유사한 보습 학원 등의 건물 2층 이상에 위치한 평당 임대료: {보증금 또는 일시금( )천원 \* 0.2 (20% 이자율로 계산) + 월세 ( )천원 \* 12월 + 월 관리비(수도, 전기료를 포함하는 금액) \* 12월} / ( )평[임대 총 건물 연면적] = ( )천원

c) ( a + b ) / 2 = ( ) 천원[ 평당 임대료] ..... 평당 임대료로 가게한다.

4.2. NPV, Pay Back Periods, IRR, B/C ratio의 산정하는 방법

첨부되는 표와 같이 사업의 시작으로 부터 건물의 수명이 다할 수 있는 기간 동안 년차별로 기입하고 년차별로 건물 계획 및 설계비, 철거 건물 가격, 건축비, 유지관리비 등의 항목 b행에 그의 값을 c행에 적는다. 토지구입비, 철거비를 d행에 적고 그 값을 e행에 기록한다음 c행과 e행을 더하여 f행에 놓는다. g행에 수입에 관한 항목을 h행에 값을 기록한다. 이때 비용이나 편익이나 공히 발생하는 년차년을 고려하여 해당 년차년에 기록하여야 한다. I행에는 편익과 비용을 합하여 계산하게 한다.

j행 3열에는 비용에 관한 사업 시작후 부터 30년 까지의 현재가를 계산하기 위하여 =NPV(0.09, F2 : F32)라고 쳐넣어서 값을 계산하고 j행5열에는 =NPV(0.09,H2:H32)라고 쳐넣어서 편익에 관한 사업 시작후 부터 30년 까지의 현재가를 계산한

다. j행 7열에는 =j5/j3을 쳐넣어서 절대값을 취하면 b/c ratio가 된다. 연도별 순현가를 계산하기 위하여 5년 또는 10년 단위로 계산한다. =NPV(0.09, I2:I11)라고 쳐넣으면 사업시작년도를 포함하여 10년의 NPV가 계산되며 이와같은 방법으로 필요한 기간의 순현가를 계산하여 낸다. NPV가 음의 값에서 양으로 전환되는 해를 찾기위하여 범위를 좁혀나가고 종국에는 1년을 사이로 음과 양의 값이 교차하는 연도를 찾아내고 직선 보간의 방법으로 해당달을 산출하여 낸다. 즉 음의 값과 양의 값의 절대값을 합한 다음 12로 나누어 1개월의 변화량을 측정하고 차차로 계산하여 해당달을 찾아낸다. 찾아낸 해당년과 달은 PBP로 사업시작후 비용과 편익이 같아지는 지점으로 투자 환원기점이 된다. 이지점을 다른 사업과 비교 검토하므로써 투자우선 순위를 수립할 수있을 것이다.

IRR(Internal Rate of Return)은 내부 투자 수익 환원율로써 Excel에 =IRR(I2:I31, 0.11)라고 쳐넣어서 사업개시부터 30년 까지의 투자에 관한 수익율을 계산한다. 이 값이 대체적인 개축기간인 30년을 기점으로 본래 가정한 수익율 0.09을 초과하는지 여부에 따라 사업의 투자성 여부를 결정하게 된다. 이항목으로 다른 사업과의 투자성 비교를 할 수도 있을 것이다.

#### 참 고 문 헌

- 정충영, 최이규, SPSSWIN을 이용한 통계 분석, 무역경영사, 1996
- 서울 공업고등학교, 학교 교육 계획, 1995
- 노동부, 임금구조 기본 통계 조사 보고서, 1993