

A Study on the Life cycle cost by the Parametric Estimation with WBS

2003. 05. 15

이 순 기

1

순 서

- 개 요
- Parametric Cost Estimating 고 찰
- PRICE Model 개 관
- 개 발 비 / 생 산 비 추 정
- 운 영 유 지 비 추 정
- 사 례 연 구
- 결 언

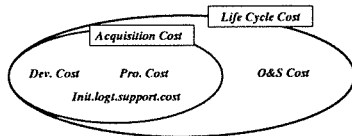
2

개 요

■ 비용분석 목적

비용분석을 통하여 절감 방안을 제시하고 사업 효율성 제고 / 투명성 보장

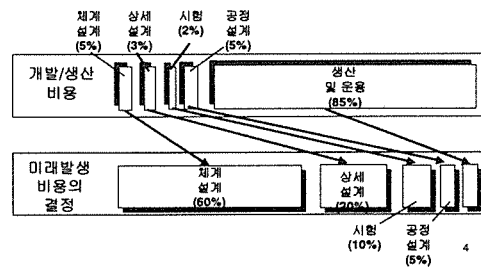
■ 순기비용(LCC)



3

■ 개발단계에서의 비용분석

- 순기 비용의 80%가 설계초기에 결정
- 초기 개발단계부터 비용 절감 노력 필요



4

■ 비용분석 기법

● 수행체계별

○ Top-Down 방법

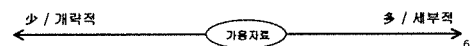
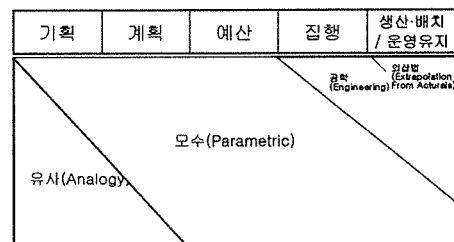
- 과거 자료를 기초로 통계적 방법 적용
- 물리적 특성 / 기술자료로 부터 추정
- ※ Parametric 비용 추정 기법

○ Bottom-Up 방법

- 작업 분할 구조(WBS) 기초로 비목별 산출
- ※ 공학적 추정법

5

● 사업 진행 단계별



6

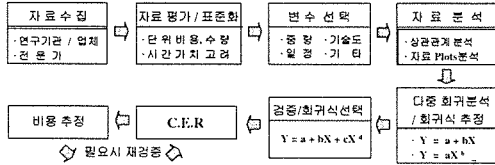
Parametric Cost Estimating 고찰

■ PCE 정의

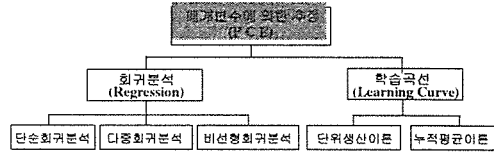
여러 독립변수와 비용 종속변수의 비용추정관계식(CER)과 관계된 수학적 산술식을 이용하여 체계의 개발, 생산, 운영유지 비용을 추정 / 분석

* CER : Cost Estimating Relationship

■ CER 모형 적용절차



■ 기본 이론



- 회귀분석 방법 (Regression Analysis) 방법
추정하려는 종속변수와 이에 영향을 미치는 독립변수인 비용추정관계식(CER)을 통계적으로 도출하는 방법
- 학습곡선 (Learning Curve) 이론
생산량이 증가하고 기술이 숙련됨에 따라 학습률 (Learning rate)의 발생으로 생산비용 (노무비 / 재료비)이 감소 될 수 있다는 이론

8

■ 회귀분석 (Regression)

- n개의 개체, p개의 변수 고려

$$\begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1p} \\ 1 & X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2p} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 1 & X_{n1} & X_{n2} & \dots & X_{np} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_p \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \epsilon_1 \\ \epsilon_2 \\ \vdots \\ \epsilon_n \end{bmatrix}$$

$$Y = X\beta + \epsilon$$

$$(n \times 1) \quad (n \times (p+1)) \quad ((p+1) \times 1) \quad (n \times 1)$$

(가정 : $E(\epsilon_i) = 0$ $Var(\epsilon_i) = \sigma^2$, $Co(\epsilon_i, \epsilon_j) = 0$)

least square method에 의해

$$\hat{\beta} = (X^T X)^{-1} X^T Y$$

$$\therefore \hat{Y} = X(X^T X)^{-1} X^T Y$$

9

■ 학습곡선 (Learning Curve)

$$Y = aX^b$$

Y = 단위 비용 (종속 변수)

X = 단위 수 (독립 변수)

a = 최소 생산 비용

b = 학습 곡선 상수

$$b = \frac{\log Slope}{\log_2} \quad (\text{Slope} = \frac{Y_2}{Y_1} = 2^b)$$

Log Transformation

$$Y_i = AX_i^b E_i \Rightarrow \log Y_i = \log A + b \log X_i + \log E_i$$

10

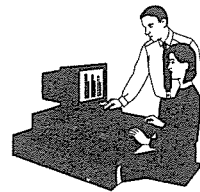
■ PCE 요소

- 프로젝트의 크기(Project magnitude) : 개발/생산수, 무게, 부피
- 고객의 사양 및 신뢰성요구(Customer specification & reliability requirement)
- 엔지니어링의 난이도 (Complexity of engineering)
- 설계의 난이도 (Complexity of design)
- 신설계/반복 설계 (New design and/or design repeat)
- 일정 영향 (Schedule impact)
- 기타 비용 (Other cost)

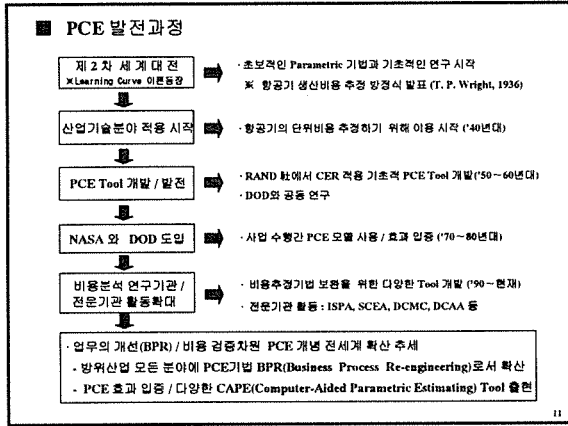
11

■ Parametric 추정 방법 장점

- Fast
- Flexible, responsive
- Requires only top level descriptors
- Consistent, repeatable
- Learns from history
- The right technology for today



12



- ### ■ PCE 모델의 적용실태
- 미국 및 유럽 선진국에서 채택(정부, 방산부문)
 - 엔지니어링 부서, 구매, 전산 관리부서등
 - 적용 분야
 - P.E.I : Parametric Estimating Institute
 - CAIV : Cost as an Independent Valuable
 - DTC : Design To Cost
 - TOC : Total Ownership Cost (Cost Analysis/Estimating)
 - DOD(한국)
 - 획득초기단계부터 비용분석시 공학적 방법, 유사장비, 전산모델 적용
 - 2가지 이상 기법적용
 - × 비용분석서 작성시나 검증시 전산모델 적용 결과 반드시 포함
 - 방산업체(한국)
 - 공학적 추정방법, 유사장비추정방법에 의한 비용분석
 - × 전산모델에 의한 비용분석능력 미흡

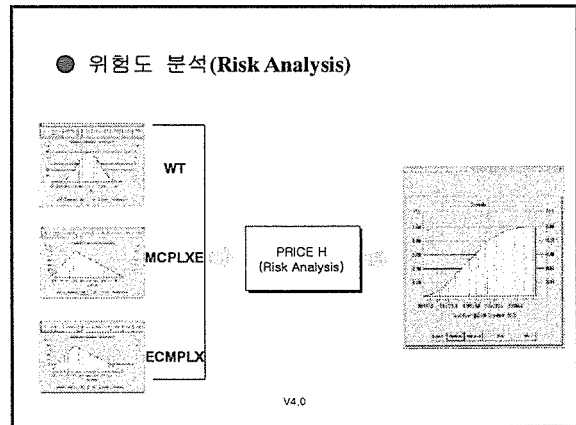
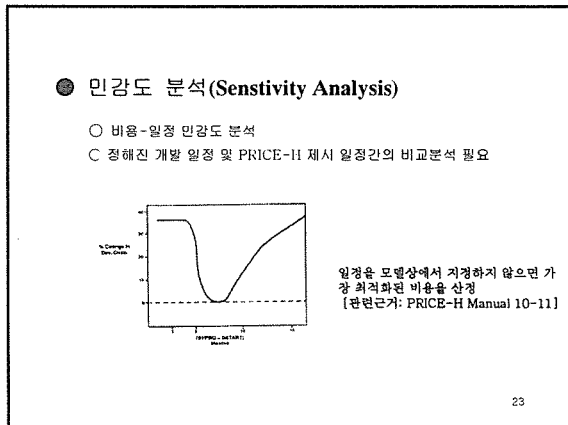
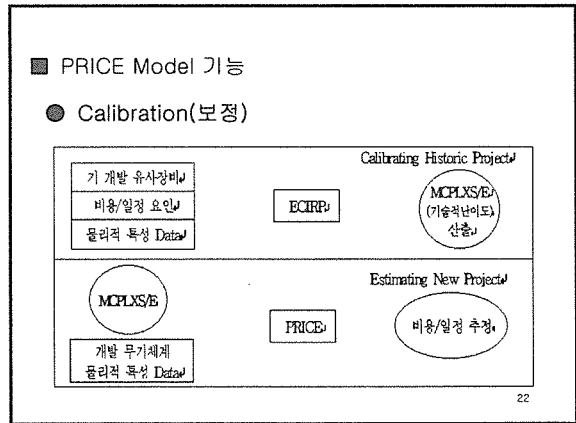
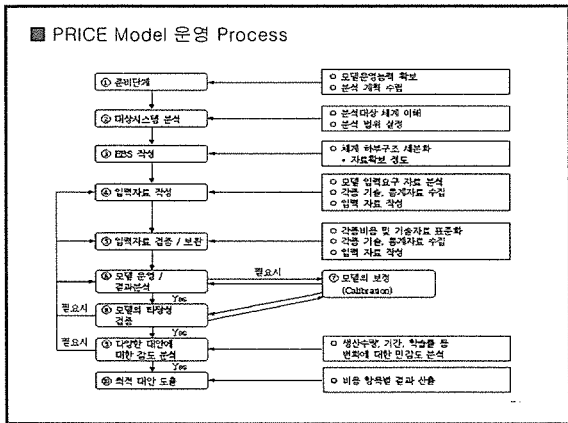
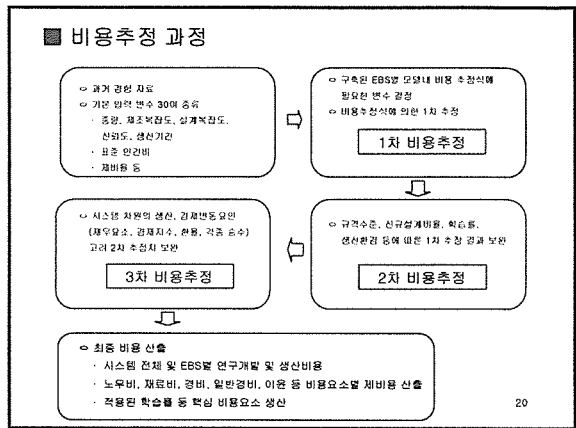
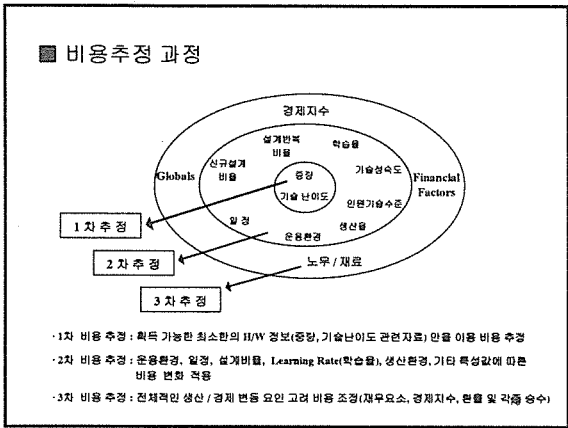
■ Parametric Model

종류	개발기관	용도
CORE	미국 Air Force	운영유지비
DAPCA	RAND(77)	군용항공기 개발, 획득비 추정
APCM	Lockhee(78)	항공기 개발, 생산, 유지비용추정
SEER	Galorath Associate	하드웨어 비용추정모델 (H,HL,IC,DFM)
REVIC	휴스 항공회사	소프트웨어 개발 모델
PRICE	미 RCA	H/W, S/W, 전자모듈 비용추정 (H,HL,M,S)

- ### PRICE MODEL 개관
- #### ■ PRICE 란
- 장비의 기술적/물리적 특성 및 환경 데이터와 과거 유사장비의 비용자료로부터 산출된 경험적 요소를 반영하여 연구개발비, 생산비, 운영유지비 등을 추정한 Software tool 임
- '62 - '75 : 미 RCA에서 PRICE-H모델 최초 개발 (미공군, 해군, NASA적용)
'95 - 현재 : 미국방성 획득시업 비용분석시 전산모델도 활용
- #### ■ PRICE 종류
- PRICE H(Hardware) : Hardware 개발비 및 생산비 추정
 - PRICE HL(Hardware Life Cycle) : 수명주기비용 추정
 - PRICE M(Electronic Module and Microcircuit) : 전자모듈비용 추정
 - PRICE S(Software) : 소프트웨어비용 추정

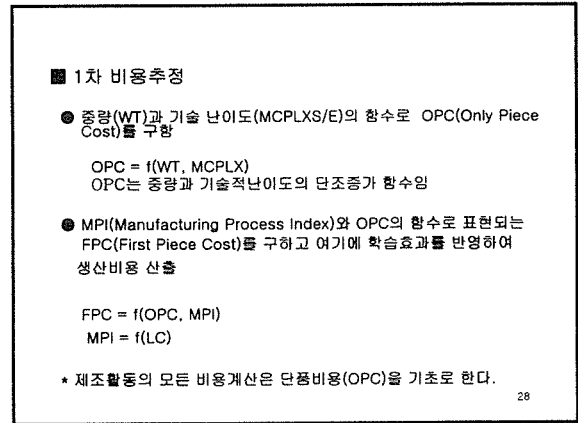
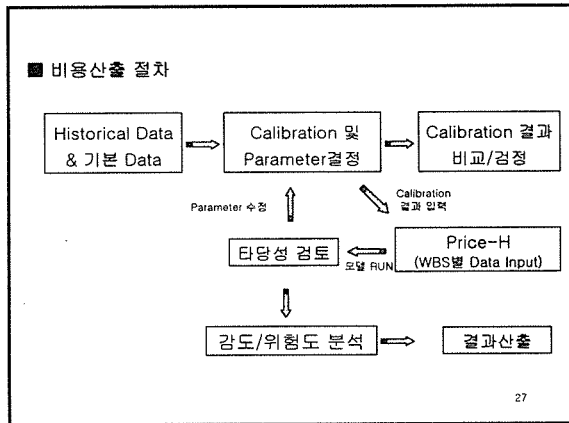
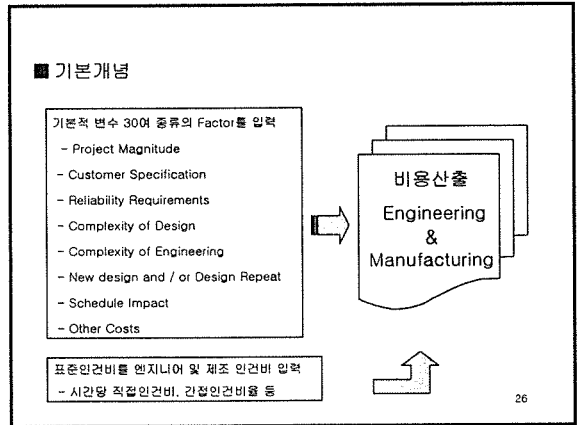
- ### ■ PRICE Model 적용분야
- 비용의 기본 추정(Basis of Estimate(BOE))
 - 초기 설계 개념 평가
 - 경제적인 절충 연구(Economic Tradeoff Studies)
 - 프로젝트의 자원 계획 수립(Project Resource Planning)
 - CAIV 비용/성능 절충연구(CAIV Cost/Performance Trade Studies)
 - PEI 초기에 지원(Support PEI Initiatives)
 - 비용을 고려한 설계(Design-to-Cost Decision)
 - 구매/생산 결정(Make/Buy decisions)
 - 위험도 분석(Risk Analysis)
 - 투자 회수율 분석(ROI Analysis)
 - 계획서 관리(Proposal Management)
 - 사업 관리(Program Management)

- ### ■ PRICE Model 제한사항
- 모델내 비용추정방법이 미국식 연구개발 및 생산체계에 맞도록 개발되어 있음
 - D/B가 미흡 경험자료 사용
 - 비용추정 결과가 현행 방산원가제도와 직접비교가 곤란
 - 최첨단 체계에 대한 적용이 곤란
 - 비용추정 관계식들이 경험적인 자료에 근거
 - D/B의 지속적인 Update가 요구
 - 한국에 적용시 신뢰성 있는 국내획득/ 군수자료 부족으로 모델운용 및 Calibration 제한
 - 재료비 및 노무비 관련 자료의 신뢰성 결여
 - 제조복잡도, 제조과정지수와 같은 핵심변수의 정확도에 의존
 - 모델 운용 속달 단계 까지 장시간 소요
 - 무기체계 개발경험 및 기술적 사항에 대한 이해가 필수적
 - 모델내의 비용추정식(CER)에 대한 비공개로 검증분석이 제한



개발비/생산비 추정 (PRICE - H)

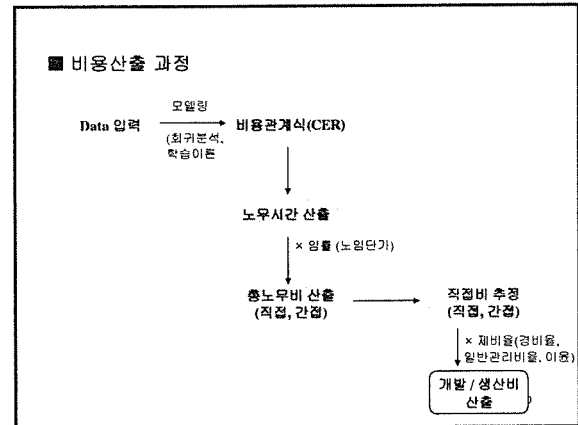
25

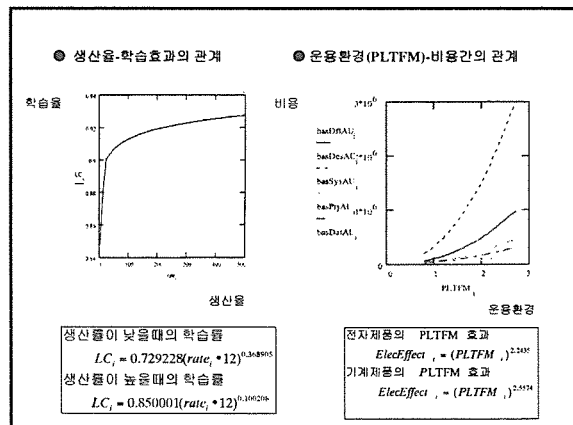
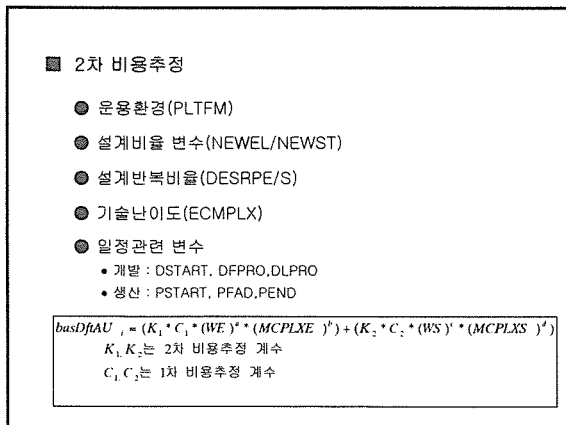
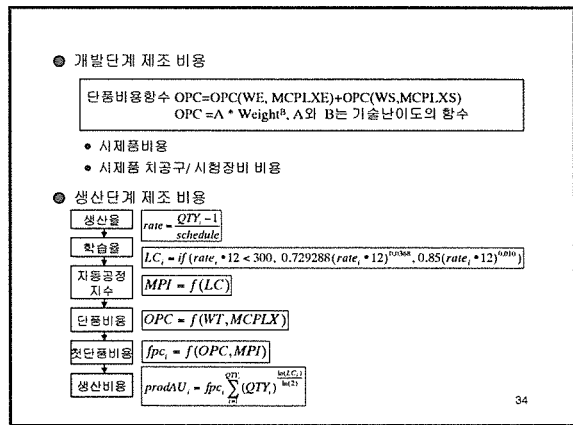
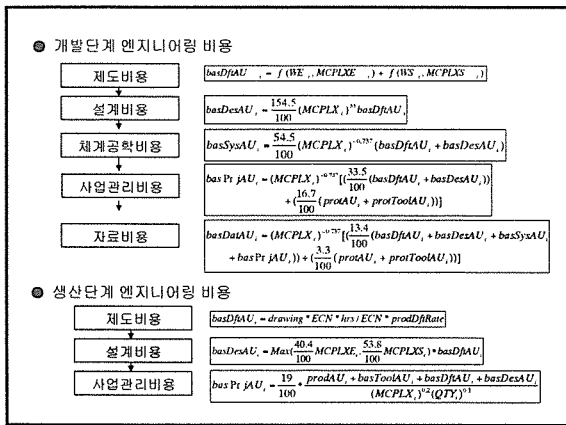
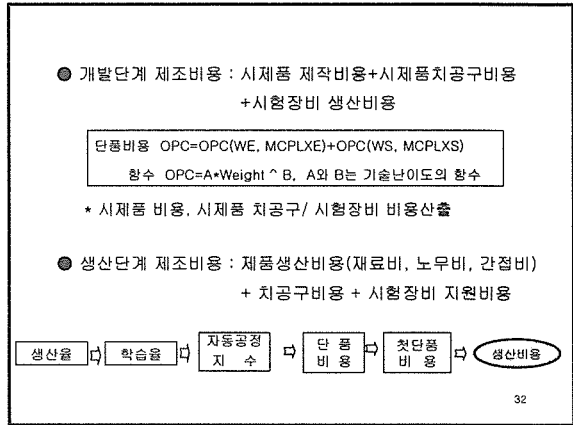
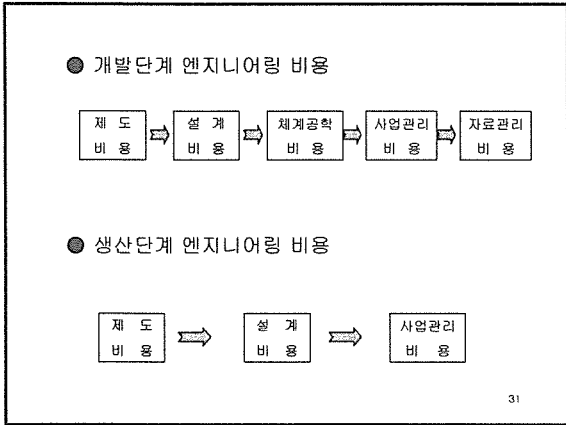


■ Cost Estimating Matrix

구분		Development	Production
Engineering	Drafting	기초도면 제작비용	
	Design		
	System		
	Proj. Mgmt		
	Data		
Manufacturing	Production		기초 단품 비용
	Prototype	기초 단품 비용	
	T & TE		

29





3차 비용추정

● Global Parameter

- 기술관련변수: ZTECH(기술발전율), TECDEL(기술개발 교차점)
- 비용/일정관련변수 : DMULT(개발비용승수), PMULT(생산비용승수)
TCALD(개발일정 조정승수) TCALP(생산일정 조정승수)
- 단계별 비용 조정 변수 : DDRAFT, DDSIGN, SYSTEM, DPROJ, DDATA
PDRAFT, PDSIGN, PPROJ, PDATA, GDTLGT

- 국가별 통화가치/ 경제여건 조정

● 경제승수(Escalation Factor) : 인플레이션/화폐가치 고려 현가계산

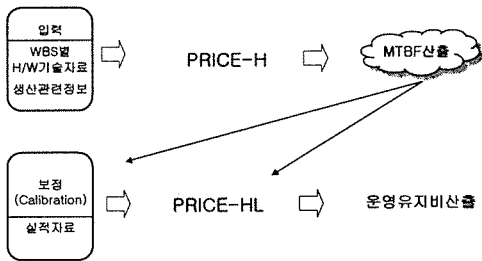
- 노무비/재료비 조정 : 국가별 LM sheet의 직접비용(ODC), 재료비, 노무비율 조정

37

운영유지비 추정 (PRICE - HL)

38

운영유지비 산출절차



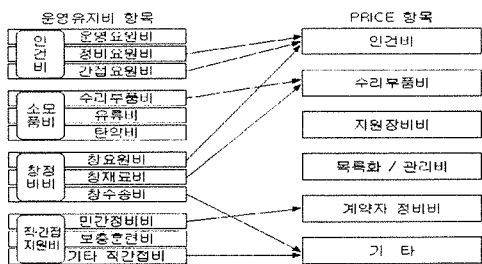
39

운영유지비 기본항목

구분	내 용	
인건비	운영요원비	장비체계 운영요원(승무원)에 대한 제반 급여
	정비요원비	장정비를 제외한 제 정비단계에서의 정비요원에 대한 제반급여
	간접요원비	간접지원 담당요원 등에 대한 제반급여
소모품비	수리부품비	장정비를 제외한 정비활동등에 소요된 부품, 광구 및 시험장비 등에 소요된 비용
	유류비	체계운영시 소요된 연료, 윤활유 등의 유류 비용
	탄약비	훈련, 체계검사 등에 소요된 탄약비용
장정비비	장요원비	장정비 담당요원(군사요원 및 민간요원)에 대한 제반 급여
	장재료비	장정비시 소요되는 재료 및 수리부품비
	장수출비	장정비 수행 전후의 수출비
직접지원비	민간직접비	장정비를 제외한 정비단계에서 민간요원 인건비 및 재료비
	기타직접비	이상의 비용항목에 포함되지 않은 소모품등 저장관리비, 장정비 이외 단계에서의 수출비용, 직접운영지원활동등에 소요되는 비용
간접지원비	보충훈련비	교체로 인한 보충요원의 교육훈련, 배치에 소요되는 경비
	기타간접비	요원의 주거시설 확보비, 요원에 대한 의류비 및 기타 간접지원 활동등에 소요되는 비용

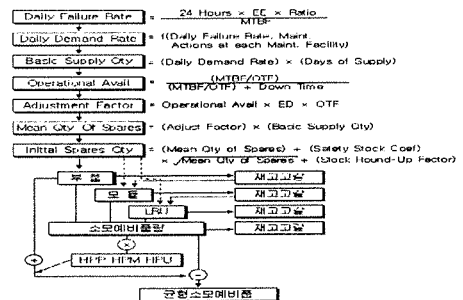
40

운영유지비 항목과 PRICE 모델 결과



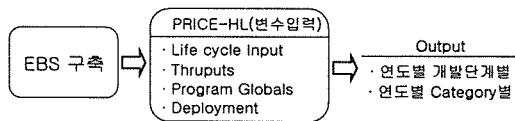
41

예비부품 산출 과정



42

■ 운영유지비 산출과정



43

■ PRICE-HL 입력 요소

구분	내용
Deployment	<ul style="list-style-type: none"> Operation & Support Life Maintenance Location Supply Location Equipment Operation Hours Support Start
Maintenance Concept	<ul style="list-style-type: none"> 고객의 요구조건 정비기술수준 예비용의 보급 수준 고장율 출력요구조건 정비에 대한 숙련도
예비용품지원	<ul style="list-style-type: none"> 보급지원 지원량비 요구조건 인적 요소
Global	<ul style="list-style-type: none"> 수송비용요소 수리순환 비율 보급협관관리 임의 보급 시간 입력 데이터 중수 재고 및 노동 시스템 글로벌

44

■ PRICE -HL 산출내용

- 지원장비 유지비용 (Supply Equipment)
- 수리부품비 (Supply) : DS / GS / DEPOT에서 소요되는 수리부품비
- 관리비용 (Supply Management) : 목록화 및 정비관리비용
- 인건비 (Labor) : DS / GS / DEPOT 에서 작업하는 인건비
- 기타 (Other)

45

■ Deployment

Support Start	Year	Propagate 1st
지원 시작년도	정비종료기간	배치 정책 수량요율 영입입력식
Theater	Supply	Maint
지역	보급 시설 수량	정비 시설 수량
Mission Period	EO	OFF
입부수행 기간	문장부대 수(배치:수량)	정비운영비용

46

■ Life Cycle Input

ITEM	표기코드	IME/MD/PM/...	단위	FI
고장인 발생사건	불안 수검사건	고장 수검사건	발생률/100	원리/정비시간
고장비	고장비	고장비	고장비	고장비
개발비	개발비	개발비	개발비	개발비
제조 원가의 수	제조 원가의 수	제조 원가의 수	제조 원가의 수	제조 원가의 수
수리비	수리비	수리비	수리비	수리비
LRU 교체비용	LRU 교체비용	LRU 교체비용	LRU 교체비용	LRU 교체비용
LRU 수검사건	LRU 수검사건	LRU 수검사건	LRU 수검사건	LRU 수검사건
LRU 수검사건	LRU 수검사건	LRU 수검사건	LRU 수검사건	LRU 수검사건
LRU 수검사건	LRU 수검사건	LRU 수검사건	LRU 수검사건	LRU 수검사건
LRU 수검사건	LRU 수검사건	LRU 수검사건	LRU 수검사건	LRU 수검사건

47

■ Thrupt

CATEGORY	DCOST	PCOST	SCOST
범주	개발비용	생산비용	지원비용
START	개발시작일		TOTAL COST
END	개발종료일		총비용
PSTART	생산시작일		
PEND	생산종료일		
YREATE	기준년도		

48

■ Program Global

Escalation Table Mtx		Discretionary Supply Times	
Shipping Cost Factors	Input Data Multipliers		
Flow Data	Miscellaneous		
Supply Administration Controls	Provisioning & Labor		
By Theater			
Escalation Table Mtx	Discretionary Supply Times		
Escalation 테이블	계수-인여인 적정발주기간		
Shipping Cost Factors	Input Data Multipliers		
수송비	입력데이터 변수		
Flow Data	Miscellaneous Variables		
연역인 고장률 및 적정발 비율	기타 변수		
Supply Administration Control	Provisioning and Labor		
보급행위관리	채고 및 인건비		
By Theater			
지역구분			

49

사 례 연 구

#1 100 비용분석

#2 K000 비용분석

50

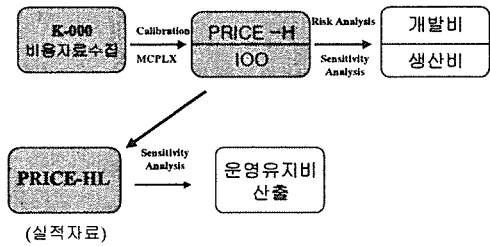
사 례 #1 : 100 비용분석

■ 분석개요

- '508 ~ '517년간 현 00차의 대체용으로 100 000대 국내연구개발
- 100의 개발비 / 생산비 운영유지비 추정
→ 의사결정 지원
- ※ PRICE 모델 적용

51

■ 분석방법



52

■ 입력조건

● PRICE-H

개발기간	생산기간	수량	제조난이도	MPI	운영환경	기준년도
'599 ~ '511	'508 ~ '517	21,700	보정 및 Table활용	현용 k-000 적용	지상운용	'502. 8

- 경제승수(Escalation Factor) : 2002년까지의 최신화된 물가지수 적용
- 재무승수(Final Factor) : '00 ~ '02 조달본부 업체별 제비율지침 평균
- 간접노무비율, 간접경비율, 일반관리비율
- 임용 : 직접노무비평균임률('01. KIDA, 비용분석지수 표준화 연구)
- 이윤율 : 방산물자 원가계산방법 적용 산출

53

● PRICE-HL

수명	지원시기	보급소수	정비수	배치	OTF
20년	'508. 1월	DS : 8 GS : 6 Depot : 1	DS : 8 GS : 6 Depot : 1	계획기준	0.4

● 위험도 분석 자료

변수	변동범위	분포	시뮬레이션
WT, MCPLXS/E	±3% (ROC기준)	Trangular	Latin Hypercube

● 민감도 분석 : 일정 / 수량 기준

54

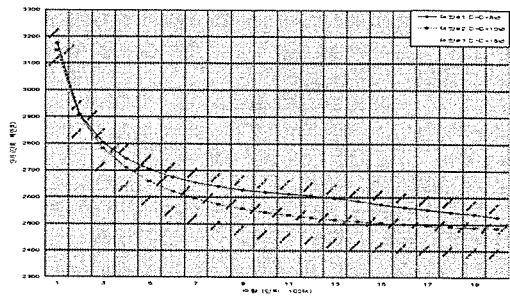
개발 및 생산비

Category	Development	Production	Support	Total
Program Cost	11753.0	8.0	11753.0	
Engineering	40234.4	0.0	40234.4	
Equip.	258.0	0.0	258.0	
Design	12749.9	26406.0	22234.7	
System	3017.7	0.0	3017.7	
Material Cost	533.0			
Manufacturing	120694.9	130494.0		
Production	62923.0	42652.0		
Test/Travel	4262.0	1529.3	22271.1	
Purchasing	1316.7	44972.4	46246.0	
Other				
O & A Cost	7407.7	13023.0	13023.0	
Test/Travel	18414.0	22627.7	36244.0	
Other				

구분	간세 단위 : 백만원	대당 (100714) 단위 : 백만원
총개발비	157,752.0	156.66
총생산비	2,553,114.9	2,535.37
총개발비 + 총개발비	2,710,866.9	2692.03

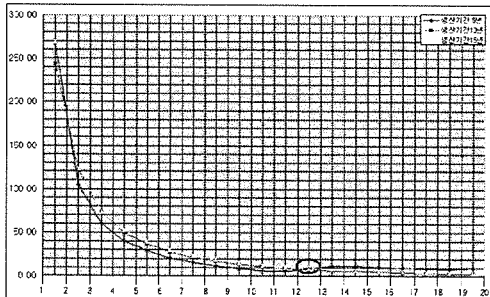
55

Sensitivity Analysis(생산단가)



56

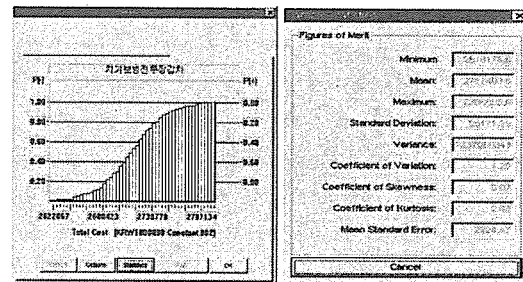
단위 : 백만원



* 단위생산 비용 측면에서 1200대 이하를 생산할 경우 대당 #1이 가장 유리
* 1200대 이상 규모를 생산시는 대당 대안 #2 유리

57

Risk Analysis



* 불확실성고려 위험도 분석결과 : 25.3 ~ 27.7억원(신뢰수준 : 95%)

58

운영유지비 산출결과

총괄

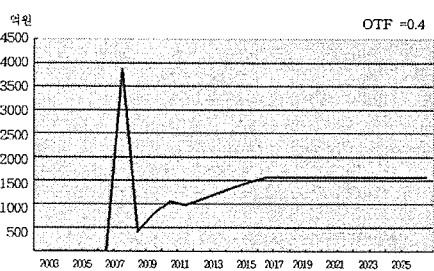
Program Cost	Development	Production	Support	Total
Mission Equip	38299112.0	227200250.7	-	2270795379.2
Support Equip	-	27742380.4	115484760.0	17227141.2
Supply	-	101658625.6	178481723.5	280160378.2
Supply Admin.	-	150.7	3175.2	3321.4
Labor	-	-	493296.7	493296.7
Contractor	-	-	31910.0	31910.0
Other	0.0	-	71919.6	71919.6
Total	38299112.0	2391747423.0	294458795.0	2727245768.49

Thruput Costs	0.00	0.00	0.00	0.00
Field Support	0.00	0.00	0.00	0.00
Field Test	850000.00	0.00	0.00	850000.00
Software	1184246.04	0.00	0.00	1184246.04
Other	609082.11	0.00	0.00	609082.11
Total	2642436.15	0.00	0.00	2642436.15

Grand Total	MTBF	Availability	Reliability	Reliability
41041247.00	3391747423.03	294458795.00	2727245768.49	
	20	0.8879	0.8475	1.0000

59

운영유지비

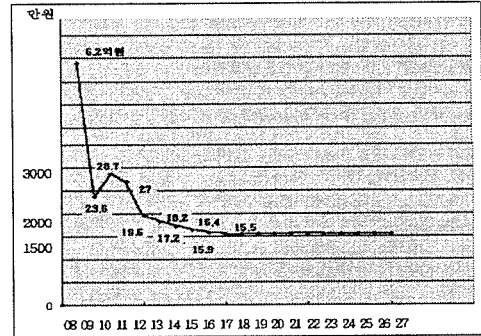


60

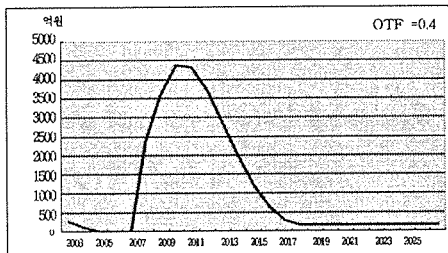
■ 년도별 대당 운영 유지비

년 도	총비용(억원)	대당 비용(백만원)
08	386.9	6.2억원
09	40.5	23.6
10	79.4	28.7
11	104.9	27.0
12	97.8	19.6
13	110.3	18.2
14	122.9	17.2
15	135.4	16.4
16	146.7	15.9
17	156.4	15.5
18	156.4	15.5
19	156.4	15.5
20	156.4	15.5
21	156.4	15.5

■ 년도별 대당 운영 유지비(계속)

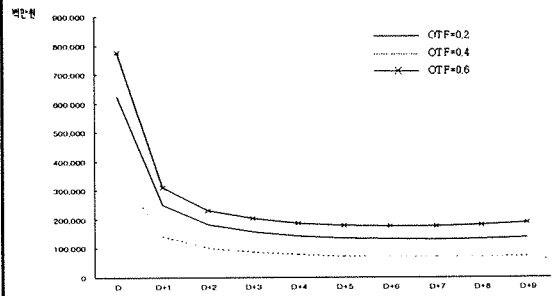


● Total Cost(개발, 생산, 운영유지)



63

● Sensivity Analysis



64

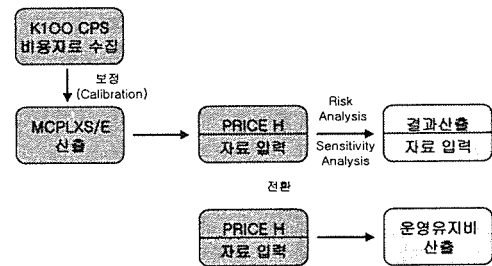
사례 #2 : KOOO 비용분석

■ 분석 개요

- '209 ~ '214년까지 현 전차장 CPS에 열상 기능을 추가, 야간 관측능력 구비
- 적정 개발비 / 생산비 산출
⇒ 의사결정 지원
- ※ PRICE 모델 적용

65

■ 분석방법



66

■ 입력기준

● PRICE-H

시제수 / 생산량	생산 기간	개발 기간	제조 단야도	MPI	운용 환경	기준 년도
0대 / 0,000대	'208.1 ~ '214.12월 (7년)	'204.1 ~ '206.6월 (3년6개월)	Table 활용 Calibration	현용 K100 CPS 적용	지상	'203.2월

- 경제승수(Escalation Factor) : 2003년까지 최신화된 물가지수 적용
- 재무승수(Financial Factor) : '03년 조달분부 말간 제비용 적용
- 간접노무비, 간접경비용, 일반관리비, 이용률 등

67

● PRICE-HL

수량	지원시기	보급소수	경비소수	배치	OTF
15년	209.1월	DS : 8 GS : 6 Depot : 1	DS : 8 GS : 6 Depot : 1	계획 기준	0.4

● 위험도 분석 자료

변수	변동 범위	분포	시뮬레이션
MCPLXS/E, MPI	±5% (ROC 기준)	Triangular	Latin Hypercube

● 민감도 분석 : 일정 / 수량 기준

68

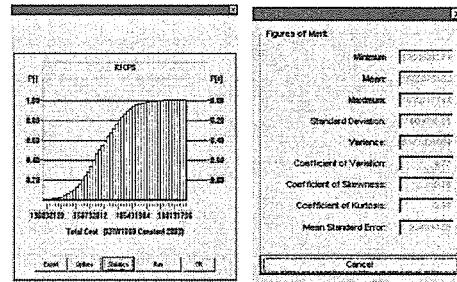
■ 개발비 및 생산비

구분	진체 단위 : 억원	대당 (1,027대)
총 개발비	14.3	139만원
총 생산비	1,633.8	1,46억원

구분	진체 단위 : 억원	대당 (1,027대)
총 개발비	14.3	139만원
총 생산비	1,633.8	1,46억원

69

■ 위험도 분석 (Risk Analysis)

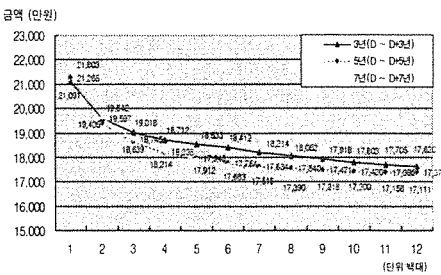


※ 생산단가(95% 신뢰수준) : 1.41 ~ 1.70억원

70

■ 민감도 분석 (Sensitivity Analysis)

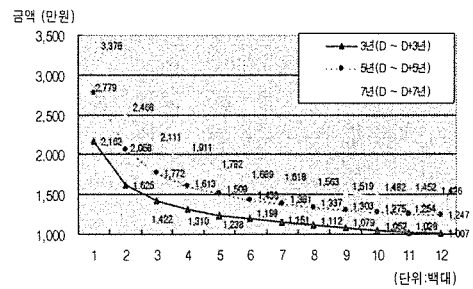
● 생산단가



※ 1,000대 이상 생산시 7년간 생산하는 방안이 가장 경제적임⁷¹

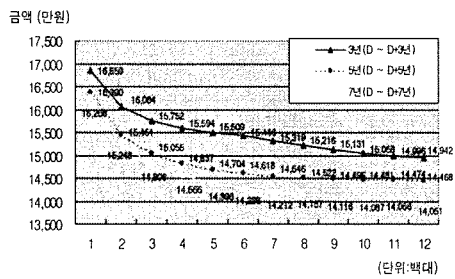
71

● 엔지니어링비용 단가



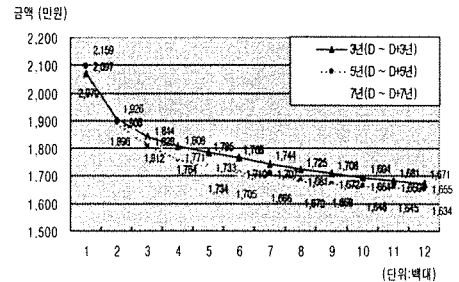
72

● 제조비용 단가



73

● 기타비용 단가



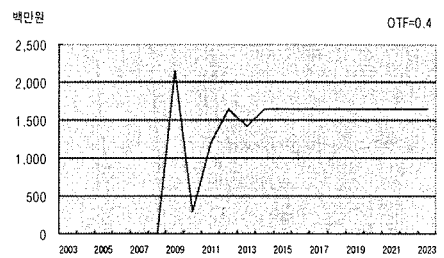
74

■ 운영유지비 산출

● 총괄

	Development	Production	Support	Total
Program Cost				
Mission Study	3429633.5	133184225.9	-	142623125.4
Support Equip	4151750.3	-	6227625.4	10379375.7
Supply	-	17010325.0	16660091.1	33670416.1
Supply Admin	-	177.1	2657.2	2834.3
Labor	-	-	12391.4	12391.4
Contractor	-	-	32555.0	32555.0
Other	0.0	-	415.4	415.4
Total	3429633.5	160365758.3	23136625.8	166931017.4
Thinker Costs				
Field Support	0.00	0.00	0.00	0.00
Field Test	0.00	0.00	0.00	0.00
Software	0.00	0.00	0.00	0.00
Other	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	0.00	0.00	0.00	0.00
Grand Total	3429633.51	160365758.32	23136625.56	166931017.39
MTRF	791	0.9271	0.9859	1.0000

● 운영유지비 변화

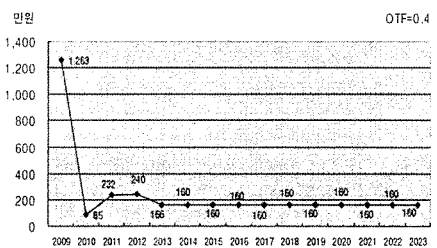


76

■ 연도별 대당 운영유지비

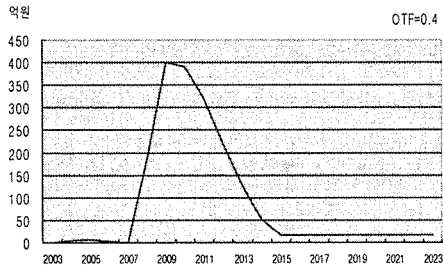
연도	총비용(억원)	대당비용(백만원)
09	21.6	12.6
10	2.9	0.9
11	11.9	2.3
12	16.4	2.4
13	14.2	1.7
14	16.4	1.6
15	16.4	1.6
16	16.4	1.6
17	16.4	1.6
18	16.4	1.6
19	16.4	1.6
20	16.4	1.6
21	16.4	1.6
22	16.4	1.6

■ 연도별 대당 유지비 (계속)



78

■ 총비용 (개발, 생산, 운영유지비)



79

결 언

- CAIV / DTC 비용관리체계 구축 필요
 - SE적 분석기법 발전
 - 한국실정에 맞는 비용지수 / 변수 표준화
 - 임플, MCPLX, Global / Financial 요소 등
 - 모델 적용 제한 분야에 대한 추가 연구
 - ILS 요소, 운용시험비용요소 등
 - 비용관련 자료에 대한 D/B화 구축
 - ⇒ 실시간 공유체계 유지
 - Parametric 비용분석모델 지속 확보
 - ⇒ 상호 검증 체계 유지
- ※ 한국적 환경을 기초한 독자적 비용분석 모델 구축[※]시급