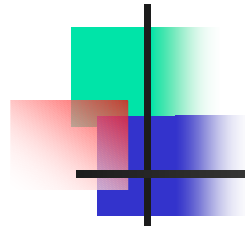


Where We Are

1 부. 서론	2 부. 방법 공학	3부. 작업 측정
작업관리의 개요	공정분석	표준시간 개요
문제해결의 과정	작업분석	직접시간연구법
	연합작업분석	레이팅
	라인작업분석	여유시간
	공장배치	PTS
	동작분석	워크샘플링
	동작경제의 원칙	표준자료법
	표준작업방법	



목 차

- 레이팅 평가 개요
- 레이팅 평가 방법
- 레이팅 능력 평가

레이팅 (Rating)

- 작업자의 페이스를 정상작업페이스(normal work rate) 혹은 표준 페이스(standard pace)와 비교하여 관측평균시간치를 보정해주는 과정
- 수행도평가(performance rating), 평준화(Leveling), 정상화(Normalizing)
- ILO (국제노동기구): 관측자가 표준페이스라고 마음속에 가지고 있는 페이스와 작업자의 작업페이스를 비교하는 것.
- 정미시간 = (관측평균시간치) × (레이팅계수)



레이팅 절차 및 방법

- 레이팅의 수행단계

- 해당회사는 표준페이스가 어느 정도의 작업수행도를 의미하는지 쉽게 인지할 수 있도록 그 개념을 정립한다.
- 측정자는 그 회사의 표준페이스 개념을 연구대상작업에 이전시켜 그 작업의 표준페이스를 마음속으로 그린다.
- 작업자의 실제 작업페이스와 마음속의 표준페이스를 비교하여 레이팅계수를 구한다.

- 레이팅 방법

- 속도평가법(또는 페이스평가법)
- Westinghouse 시스템(또는 평준화법)
- 객관적 평가법
- 합성평가법

수행도

■ 작업수행도의 분포

- D. Wechsler: 반자동선반 조작작업자 121명, 능력의 비율 = 1:2.04
- T. R. Turnball: 공장작업자 500명, 나무블록 던져넣기, 능력비 = 1:2.14

■ 표준페이스의 결정방법

- 걷기, 카드돌리기, 나무 핀 꽃기 등의 간단한 동작으로부터 기본 표준페이스를 결정한다.
- 공장내에서 일상적으로 수행되는 여러 가지 작업 중 대표적인 것을 몇 개 선정 한 후, 여러 사람의 의견을 종합하여 표준페이스라고 생각되는 임의의 페이스로 작업하도록 하고 이를 촬영해둔다.
- MTM, WF 등 이미 개발된 PTS(Predetermined Time Standards)중에서 한 개를 선정 한 후, 그 시스템에 내재되어 있는 수준을 그대로 받아들인다.
- 시간연구에 경험이 많은 전문가를 채용하여, 그 전문가의 생각을 회사의 수준으로 채택한다.
- 회사 내의 기준이 모든 작업에 대해 일관성 있고, 정확하게 적용되는 것이 중요하다.



레이팅의 유형

- 전체 일괄 레이팅 (Overall rating): 요소작업의 시간이 짧은 경우, 개별적으로 레이팅을 수행하지 않고 전체작업에 대해 레이팅 수행
- 개별 레이팅 (Individual rating): 요소작업의 시간이 충분히 긴 경우, 개별 요소작업에 대해 레이팅 수행

속도평가법 (Speed Rating)

- 단위시간당 작업성취도에만 관심을 두어 '얼마나 빠르게 작업을 하는가' 만을 평가



평준화법

■ Westinghouse 시스템의 평준화계수 표

숙련도(Skill)			노력(Effort)		
최우수 (Super)	A1	+0.15	초과(Excessive)	A1	+0.13
	A2	+0.13		A2	+0.12
우수 (Excellent)	B1	+0.11	우수(Excellent)	B1	+0.10
	B2	+0.08		B2	+0.08
양호 (Good)	C1	+0.06	양호(Good)	C1	+0.05
	C2	+0.03		C2	+0.02
보통(Average)	D	0.00	보통(Average)	D	0.00
미숙 (Fair)	E1	-0.05	미숙(Fair)	E1	-0.04
	E2	-0.10		E2	-0.08
불량 (Poor)	F1	-0.16	불량(Poor)	F1	-0.12
	F2	-0.22		F2	-0.17

평준화법

■ Westinghouse 시스템의 평준화계수

작업환경 (Conditions)			일관성 (Consistency)		
이상적 (Ideal)	A	+0.06	완전 (Perfect)	A	+0.04
우수 (Excellent)	B	+0.04	우수 (Excellent)	B	+0.03
양호 (Good)	C	+0.02	양호 (Good)	C	+0.01
보통 (Average)	D	0.00	보통 (Average)	D	0.00
미숙 (Fair)	E	-0.03	미숙 (Fair)	E	-0.02
불량 (Poor)	F	-0.07	불량 (Poor)	F	-0.04

예:

평가인자	기호	평준화 지수
숙련도	C2	+0.03
노력	B1	+0.10
작업환경	E	-0.03
일관성	C	+0.01
합계		+0.11

$$\begin{aligned}
 & \text{수행도 계수} \\
 & = 1 + 0.11 \\
 & = 1.11 (\text{또는 } 110\%)
 \end{aligned}$$



평준화법

- 숙련도(Skill)

- 불량(Poor)

- 손과 신경이 조화되지 않는다.
 - 동작이 서툴고 어색하다.
 - 작업순서를 이해하지 못한다.
 - 작업에 전혀 익숙하지 못하다.
 - 적성에 맞지 않거나 신입 작업자이다.
 - 작업을 수행하는 동안 주저한다.
 - 실책을 자주 범하며, 실책이 또 하나의 실책을 야기시킨다.
 - 자신감을 갖지 못한다.
 - 설계도면을 읽지 못한다.



평준화법

- 숙련도(Skill)

- 미숙(Fair)

- 적성은 없지만 장기간의 경험으로 작업을 익힌 상태이다.
 - 기계설비와 주위 상황에는 상당히 익숙하다.
 - 작업에 대해서 사전에 대체로 계획할 수 있다.
 - 작업에 대해서 완전한 자신감이 없다.
 - 설계도면을 어느 정도 읽을 수 있으며, 도면의 용어, 중요사항을 인지한다.
 - 어느 정도 어색하고 확실치는 않지만, 자기가 무엇을 하는지는 알고 있다.
 - 때때로 실책을 범하여 시간을 낭비한다.



평준화법

- 숙련도(Skill)

- 보통(Average)

- 자기 자신에 대하여 자신감을 갖는다.
 - 동작속도는 다소 늦은 감이 있으나 작업수행도는 만족스럽다.
 - 작업에 대해서 미리 계획하며, 치공구나 설비를 잘 사용한다.
 - 작업에 어느 정도 숙달되었으나, 아직 경험이 부족하다.
 - 주저함이 없이 작업순서대로 작업을 수행하며, 실책을 거의 범하지 않는다.
 - 동작의지와 손동작이 서로 조화를 이루고 있다.
 - 배우는 단계를 지나 숙달되는 문턱에 있다고 자신을 평가한다.
 - 작업을 웬만큼 정확하게 수행한다.



평준화법

■ 노력

■ 불량(Poor)

- 분명히 시간을 낭비한다.
- 작업에 대한 흥미가 부족하다.
- 제안을 받으면 싫어한다.
- 느릿느릿하게 일하기 때문에 게으름을 피우는 것 같다.
- 다음과 같은 방법으로 작업시간을 끈다.
 - 불필요한 공구나 재료를 가지러 왔다 갔다 한다.
 - 한 동작이면 될 일을 두 동작으로 처리한다.
 - Setup과 작업장 배치를 불량하게 준비한다.
 - 필요 이상으로 정밀하게 작업을 한다.
 - 고의적으로 부적합하거나 나쁜 공구를 사용한다.



평준화법

- 노력

- 미숙(Fair)

- 마지못해 제안을 받아들인다.
 - 주의력을 집중하여 작업을 하지 못한다.
 - 밤늦게 놀았거나 근심걱정이 많아 보인다.
 - 작업을 어느 정도 열심히 한다.
 - 다음과 같은 부적당한 방법으로 작업을 한다.
 - 상당히 체계적으로 일하지만, 항상 같은 순서로 작업을 하지는 않는다.
 - 어느 정도 필요 이상으로 정밀하게 작업한다.
 - 일을 어렵게 처리한다.
 - 제일 적합한 치공구를 쓰지 않는다.
 - 해야 할 일을 고의적으로 모르는 척 한다.

객관적 평가법

- 정미시간 = (관측시간) X (속도평가 계수) X (2차 조정 계수)
- 2차 조정 계수: 작업난이도 조정계수(Job Difficulty Adjustment Factor)

종류	조정 사항	문자 기호	상황 설명	조정 계수
1	사용 신체 부위	A	힘을 넣지 않는 상태로 손가락만 사용	0
		B	손목과 손가락	1
		C	팔꿈치 손목, 손가락	2
		D	팔 등	5
		E	몸통 등	8
		E2	다리의 힘으로 마루에서 들어 올린다	10
2	족답 페달	F	페달 없이 또는 지점(fulcrum)이 발바닥 아래 있는 페달 한	0
		G	개를 사용 지점이 발바닥 바깥 쪽에 있는 페달 사용	5
3	양손 작업	H	양손이 서로 돕거나 교대로 사용	0
		H2	똑같은 두 개 부품에 대하여 같은 작업을 동시 실시	18

객관적 평가법

■ 2차 조정 계수

종류	조정 사항	문자 기호	상황 설명	조정 계수
4	눈과 손의 조화	I	조잡한 작업, 눈으로 보지 않고 주로 감각으로 작업	0
		J	어느 정도 쳐다보면 된다.	2
		K	집중할 필요는 없으나 눈을 떼지는 말아야 한다.	4
		L	주의 깊게 비교적 집중하여 본다.	7
		M	시각면적 지름이 1/64 인치 이내	10
5	취급 상의 주의	N	거칠게 취급할 수 있다.	0
		O	적당히 조절만 하면 된다.	1
		P	조절이 필요하지만, 부품을 세게 짚 수 없다.	2
		Q	주의 깊게 취급	3
		R	깨지기 쉬운 부품을 취급	5
6	중량	W	실제의 중량 및 저항	

객관적 평가법

[표 15-4] 중량/저항 조정계수(중량 혹은 저항이 발생하는 요소작업에 한하여)

$$R(\%) = \frac{\text{1차 조정이 된 해당 요소작업시간}}{\text{1차 조정이 된 사이클시간}} \times 100 \text{을 계산한 후 표를 사용한다}$$

1회당 중량/ 저항 (lb)	R≤5% 인 경우 의 기본 치	R-5% > 0인 경우, 기본치에 더해줄 수치													계수 의 상한	
		R-5														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	20	30	40	45	
1	1														1	
2	2														2	
3	3														3	
4	3														3	
5	4														4	
6	5														5	
7	7														7	
8	8														8	
9	9	20파운드 미만은 기본치로만 조정함													9	
10	11														11	
11	12														12	
12	13														13	
13	14														14	
14	15														15	
15	16														16	
16	17														17	
17	18	조정계수는 최종적으로 사사오입하여 사용													18	
18	19														19	
19	20														20	
20	21	0.0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	1	1.3	1.7	2	23
21	22	0.0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	1	1.3	1.7	2	24
22	23	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	1.3	2.0	2.8	3	26
23	24	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.8	2.7	3.6	4	28
24	25	0.1	0.2	0.3	0.4	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	2.2	3.3	4.4	5	30
25	26	0.1	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	0.9	1.1	1.2	1.3	2.7	4.0	5.3	6	32
26	27	0.2	0.3	0.5	0.6	0.8	0.9	1.1	1.2	1.4	1.6	3.1	4.7	6.2	7	34
27	28	0.2	0.4	0.5	0.7	0.9	1.1	1.2	1.4	1.6	1.8	3.6	5.3	7.1	8	36
28	29	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	4.0	6.0	8.0	9	38
29	30	0.2	0.4	0.7	0.9	1.1	1.3	1.6	1.8	2.0	2.2	4.4	6.7	8.9	10	40
30	31	0.2	0.5	0.7	1.0	1.2	1.5	1.7	2.0	2.2	2.4	4.9	7.3	9.7	11	42
31	31	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.9	2.2	2.5	2.7	3.1	6.2	9.3	12.4	14	45
32	32	0.3	0.7	1.0	1.3	1.7	2.0	2.3	2.7	3.0	3.2	6.7	10.0	13.3	15	47
33	33	0.4	0.7	1.1	1.4	1.8	2.1	2.5	2.8	3.2	3.6	7.1	10.6	14.2	16	49
34	34	0.4	0.8	1.2	1.6	2.0	2.4	2.8	3.2	3.6	4.0	8.0	12.0	16.0	18	52
35	34	0.4	0.9	1.3	1.8	2.2	2.7	3.1	3.6	4.0	4.4	8.9	13.3	17.8	20	54
36	35	0.5	1.0	1.5	2.0	2.4	2.9	3.4	3.9	4.4	4.9	9.7	14.7	20.0	22	57
37	36	0.5	1.1	1.6	2.1	2.7	3.2	3.7	4.3	4.8	5.3	10.7	16.0	21.4	24	60
38	36	0.6	1.2	1.7	2.3	2.9	3.5	4.0	4.6	5.2	5.8	11.6	17.3	23.1	26	62
39	37	0.6	1.2	1.9	2.5	3.1	3.7	4.4	5.0	5.6	6.2	12.4	18.7	24.9	28	65
40	37	0.7	1.4	2.1	1.8	3.4	4.1	4.8	5.5	6.2	6.9	13.8	20.7	27.6	31	68
41	38	0.7	1.5	2.2	2.9	3.7	4.4	5.1	5.9	6.6	7.3	14.7	22.0	29.3	33	71

객관적 평가법 예제

- 작업내용: 2개 요소작업으로 구성. 요소작업 2는 25 lbs의 제품을 어디에 부딪치지 않고 바닥에서 들어올림
 - 관측평균시간: 0.125분(요소작업1), 0.08분(요소작업2)
 - 속도평가계수: 120%(요소작업1), 125%(요소작업2)
 - 요소작업 2의 신체사용부위: E (8%)
 - 요소작업 2의 페달사용: F (0%)
 - 요소작업 2의 양손조화: H (0%)
 - 요소작업 2의 눈과 손의 조화: K (4%)
 - 요소작업 2의 취급주의: P (2%)
- 표준시간을 산출하시오.
 - 요소작업 1: $0.125 * 1.2 = 0.15$ 분
 - 요소작업 2: $0.08 * 1.25 = 0.1$ 분
 - 중량 조정계수 = $0.1/0.25 * 100 = 40\% \Rightarrow 26\% + 4.65\% = 30.65\%$
 - 요소작업 2: $0.08 * 1.25 * (1.14 + 0.3065) = 0.14465$ 분



합성평가법

■ 적용순서

- 작업을 요소작업으로 구분한 후 시간연구를 통해 개별시간을 구한다.
- 요소작업 중 임의의 작업자 요소(manually paced element)를 몇 개 선정한다.
- 선정된 요소작업에 대하여 PTS 시스템 중 어느 한 개를 적용하여 대응되는 시간치를 구한다.
- PTS에 의한 시간치와 관측시간치의 비율을 구하여 레이팅계수를 산정한다.

- 레이팅계수 =
$$\frac{\text{PTS를 적용하여 산정된 시간치}}{\text{실제관측 평균치}}$$

합성평가법 예제

요소작업	관측평균시간(분)	요소작업유형	PTS시간치	레이팅계수(%)
1	0.08	M	0.096	123
2	0.15	M		123
3	0.05	M		123
4	0.22	M	0.278	123
5	1.41	P		123
6	0.07	M		123
7	0.11	M		123
8	0.38	P		123
9	0.14	M		123
10	0.06	M		123
11	0.20	M		123
12	0.06	M		123

1) $R = 0.096/0.08 = 120\%$

4) $R = 0.278/0.02 = 126\%$

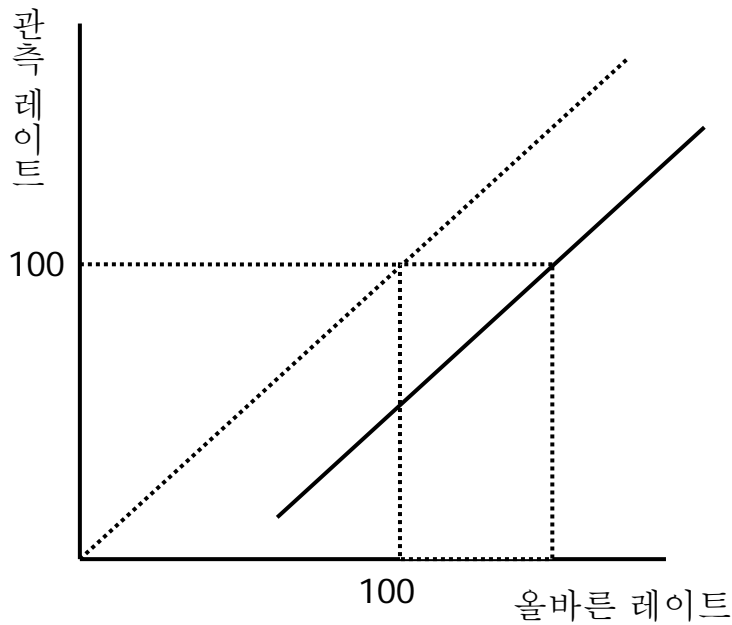
전체 $R = (120 + 126)/2 = 123\%$

합성평가법

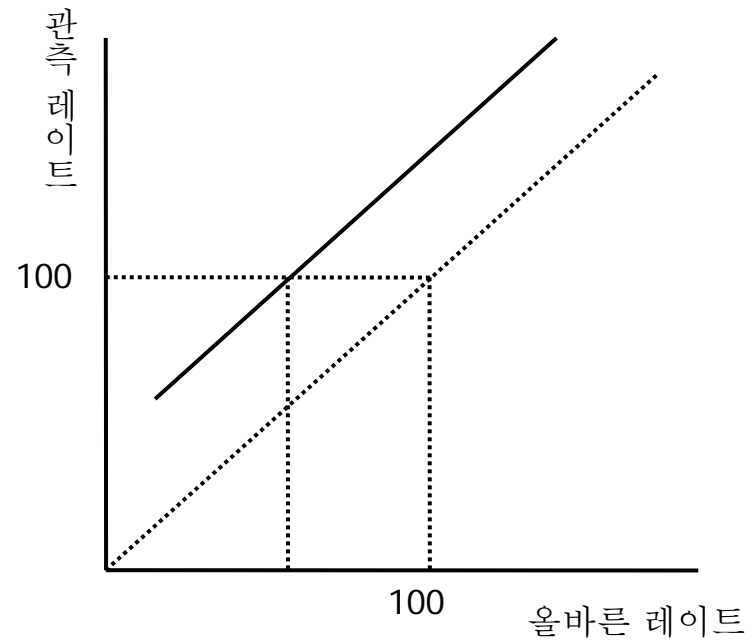
■ 합성평가법의 특성

- 기계요소작업의 레이팅계수는 보통 100%로 취급하기 때문에, 작업자 요소작업만 선정하여 비율을 구한다.
- 일종의 샘플링방법이기 때문에, 샘플오차를 줄이기 위해 두 개 이상의 요소작업을 선정한다.
- 샘플 수를 너무 많이 취하면 PTS에 의해 정미시간을 구하는 것과 차이가 없기 때문에 시간연구를 한 이유가 없어진다.
- 이 방법에 의해 레이팅계수를 정한다는 것은 PTS에 내재되어 있는 표준 페이스를 인정하여 받아들인다는 의미이다.
- 이 방법의 단점은 다른 레이팅방법과 비교하여 소요시간이 길다는 것과 샘플링오차를 피할 수 없다는 점이다.

레이팅 능력 분석(1 of 3)

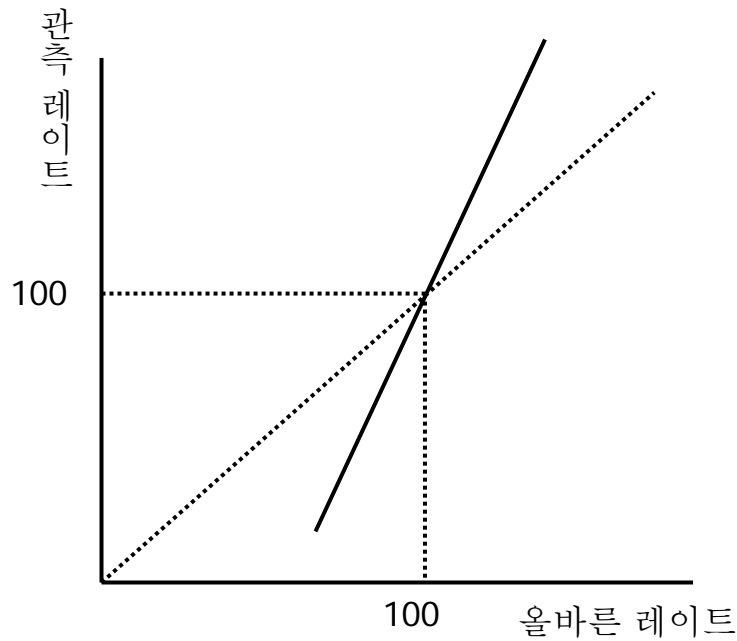


(a) 박한 레이팅

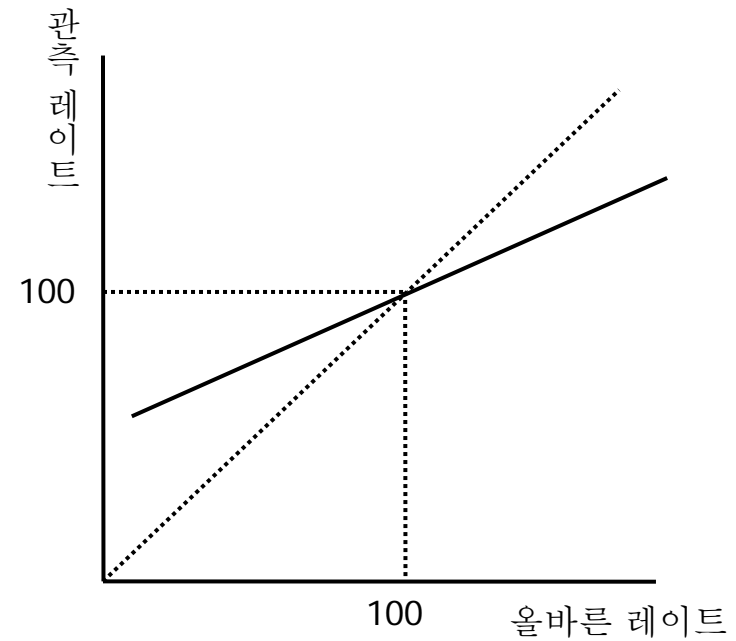


(b) 후한 레이팅

레이팅 능력 분석(2 of 3)



(c) 극단적 레이팅



(d) 보수적 레이팅

레이팅 능력 분석(3 of 3)

- 회귀분석(Regression)을 통한 추세선 설정

$$y_i = a + bx_i + e_i$$

$$\text{Minimize } Z = \sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i)^2$$

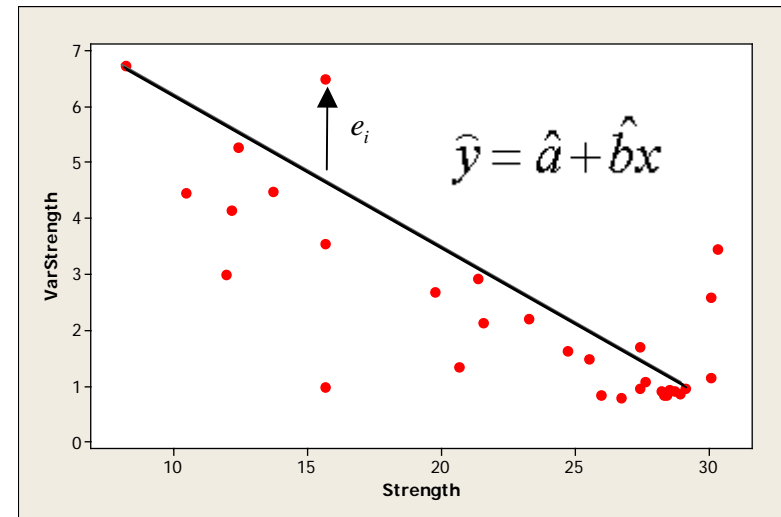
- Normal equation

$$\frac{\partial Z}{\partial a} = -2 \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i) = 0$$

$$\frac{\partial Z}{\partial b} = -2 \sum_{i=1}^n x_i (y_i - a - bx_i) = 0$$

$$\hat{a} = \bar{y} - \hat{b}\bar{x}$$

$$\hat{b} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - n\bar{x}\bar{y}}{\sum_{i=1}^n x_i^2 - n(\bar{x})^2}$$



통계적 레이팅 능력 평가

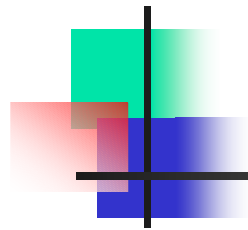
- 우수한 레이팅 결과는 올바른 레이팅 계수의 $\pm 5\%$ ($100 \times 0.05 = 5$) 범위 내에 있어야 함.
- 우수할수록 $\pm 5\%$ 범위 내에 있을 확률이 높음

$$X_{\text{Difference}} = X_{\text{Standard}} - X_{\text{Analysis}} \sim N(\mu, \sigma^2)$$

$$\Pr(-5 \leq X_D \leq 5) = \Pr\left(\frac{-5 - \bar{X}_D}{s_d} \leq Z \leq \frac{5 - \bar{X}_D}{s_d}\right)$$

- 레이팅 데이터의 개수가 30개 미만인 경우

$$\Pr(-5 \leq X_D \leq 5) = \Pr\left(\frac{-5 - \bar{X}_D}{s_d} \leq t \leq \frac{5 - \bar{X}_D}{s_d}\right)$$



실습

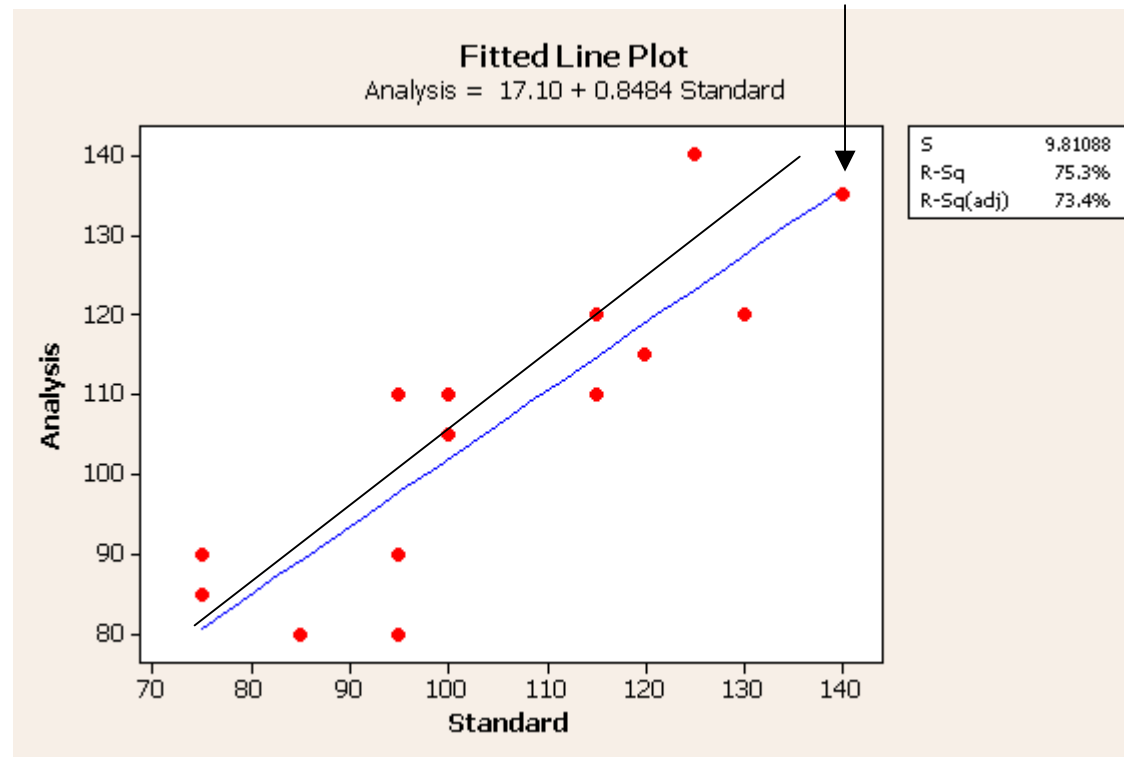
- 아래의 레이팅 결과에 대해 정성적 분석과 통계적 분석을 수행하시오.

	Operation	Standard Rating	Rating
1	Countersink	95	90
2	Grind	115	120
3	Shear	75	90
4	Form	120	115
5	Assemble & spotweld	85	80
6	Pack	100	105
7	Bend edges	95	90
8	Assemble tips	125	140
9	Press bushings	95	110
10	Stack sheet metal	100	110
11	Spotweld brackets	130	120
12	Notch	75	85
13	Pierce	95	80
14	Form tubes	140	135
15	Spotweld boxes	115	110

실습

- 레이팅 능력의 정성적 분석

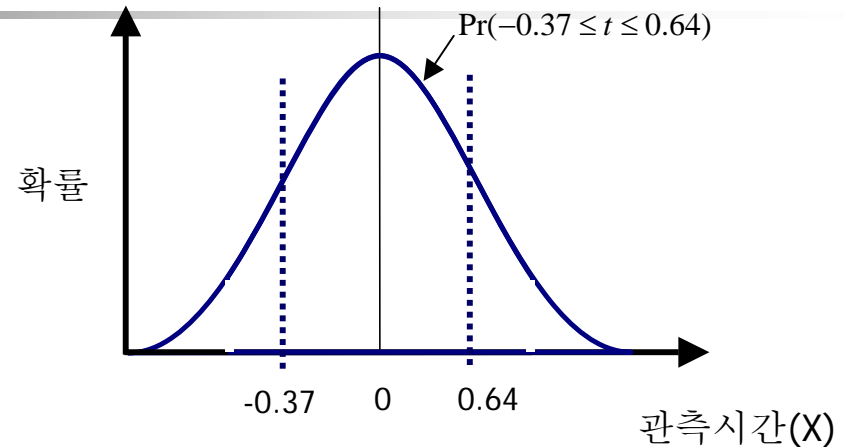
보수적 rating ($b < 1$)



실습

- 통계적 레이팅 능력의 분석
 - 차이의 평균 = -1.33
 - 차이의 표준편차 = 9.90

$$\Pr\left(\frac{-5 - (-1.33)}{9.9} \leq t \leq \frac{5 - (-1.33)}{9.9}\right) = \Pr(-0.37 \leq t \leq 0.64)$$
$$= 37.5\%$$



- 표준 레이팅과 관측된 레이팅의 차이가 $\pm 5\%$ 이내일 확률은 37.5%