

Risk Management and Decision Analysis

Seokho Chi*

*Professor, Department of Civil and Environmental Engineering, Seoul National University

PART I

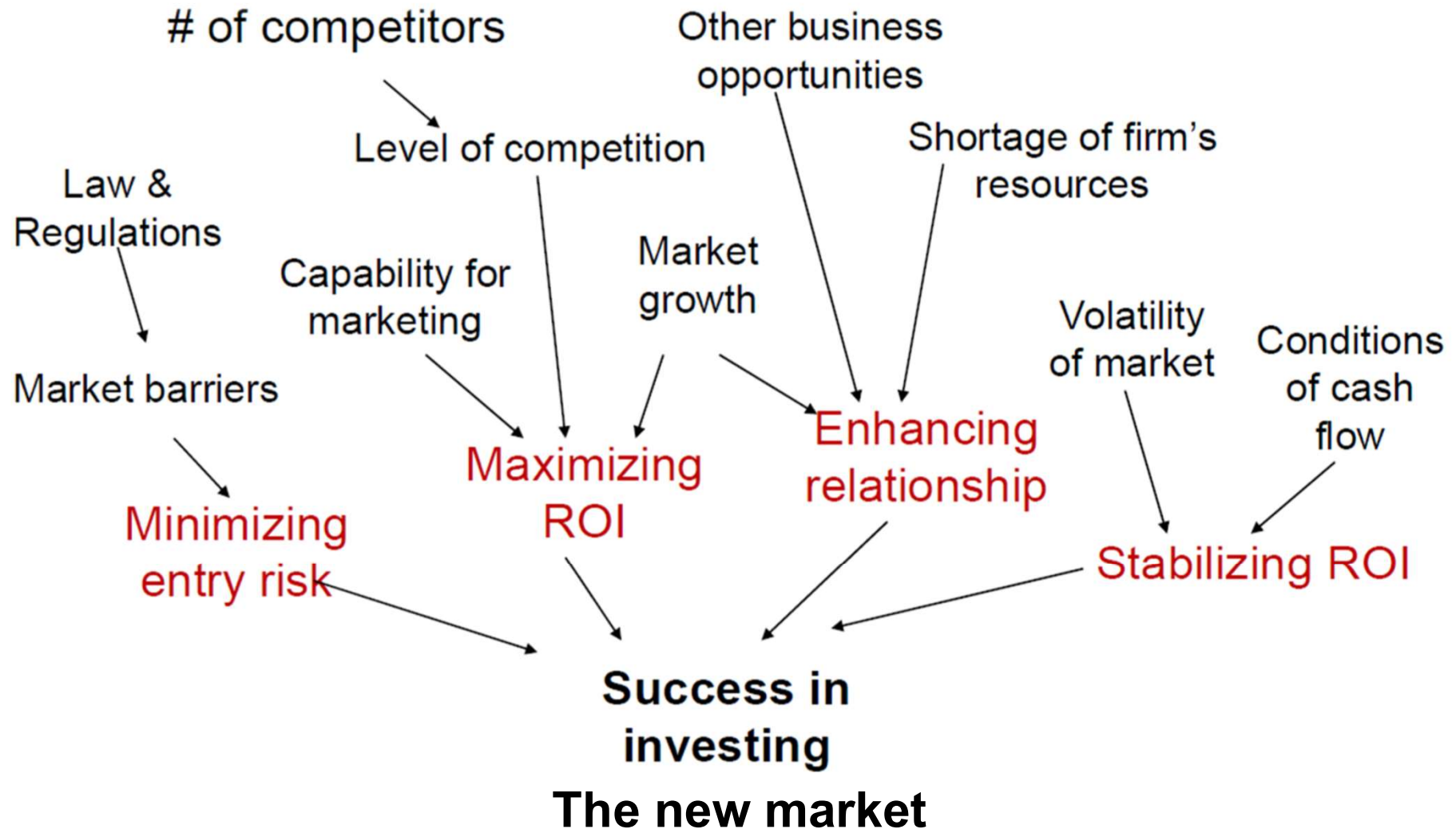
Multi-Criteria Decision Making

Recall: Motivating Example #2 (Lecture 1)

- **Case of Multinational Products Inc.**
 - Multinational Products Inc. is conducting an investigation of the possibility of investment in the new market.
 - Decision situation: whether to invest alone or go in as a joint venture with ATC Inc. has not been resolved.
 - Decision objectives
 - 1) Maximizing ROI
 - 2) Minimizing entry risk
 - 3) Enhancing long-term relationships with business partners
 - 4) Stabilizing profits...

Discuss how you can analyze the risky decision problem?

Motivating Example #2

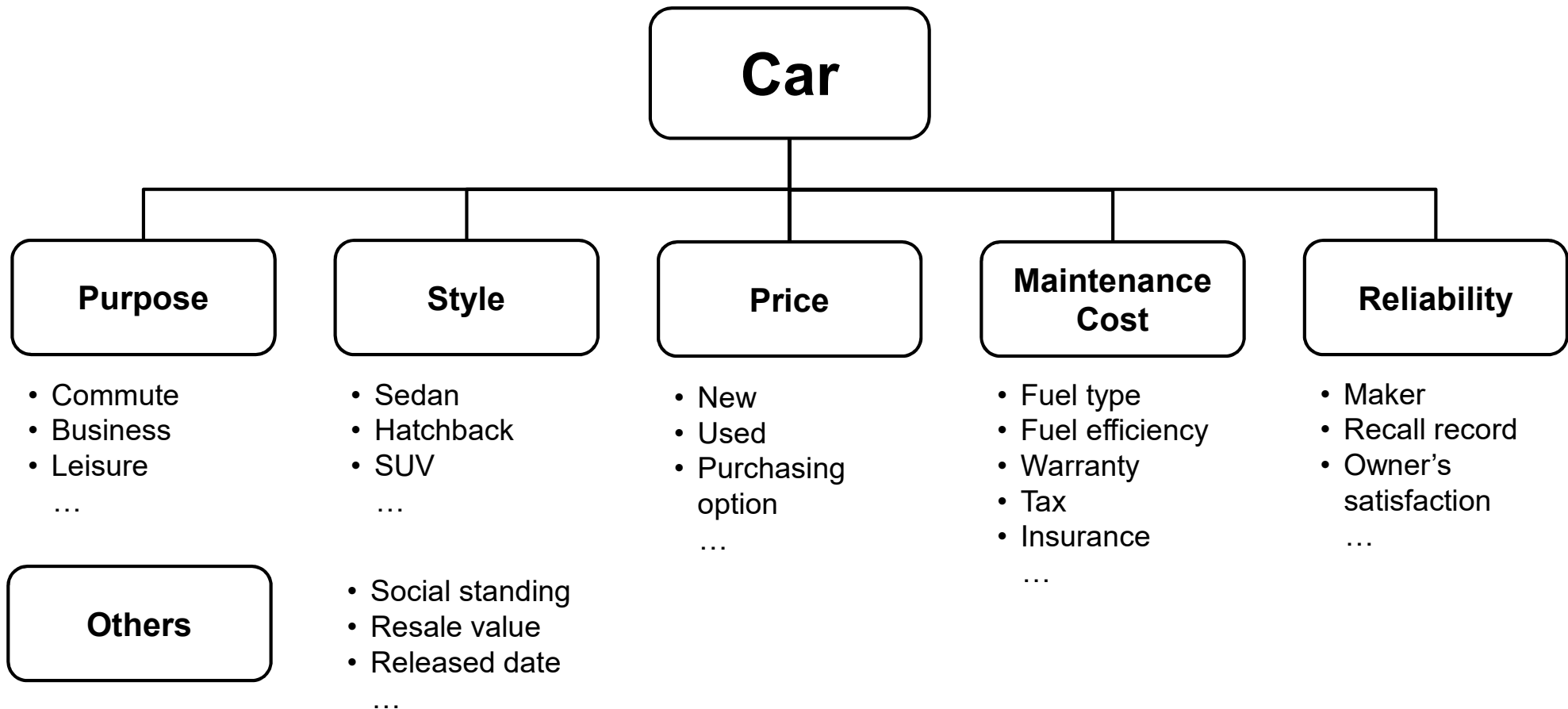


Multi-Criteria?

- It is generally impossible to maximize several parameters at once.
- Most real decision problems are driven by multiple objectives, and even objectives in conflict or competition with one another.
 - **Construction Projects**: cost vs. schedule; cost vs. quality; cost vs. safety; schedule vs. quality; schedule vs. safety
 - **Investments**: risk vs. return; mean profit vs. volatility
- Qualitative as well as Quantitative information

Real World Decision Problems

■ Buying a car

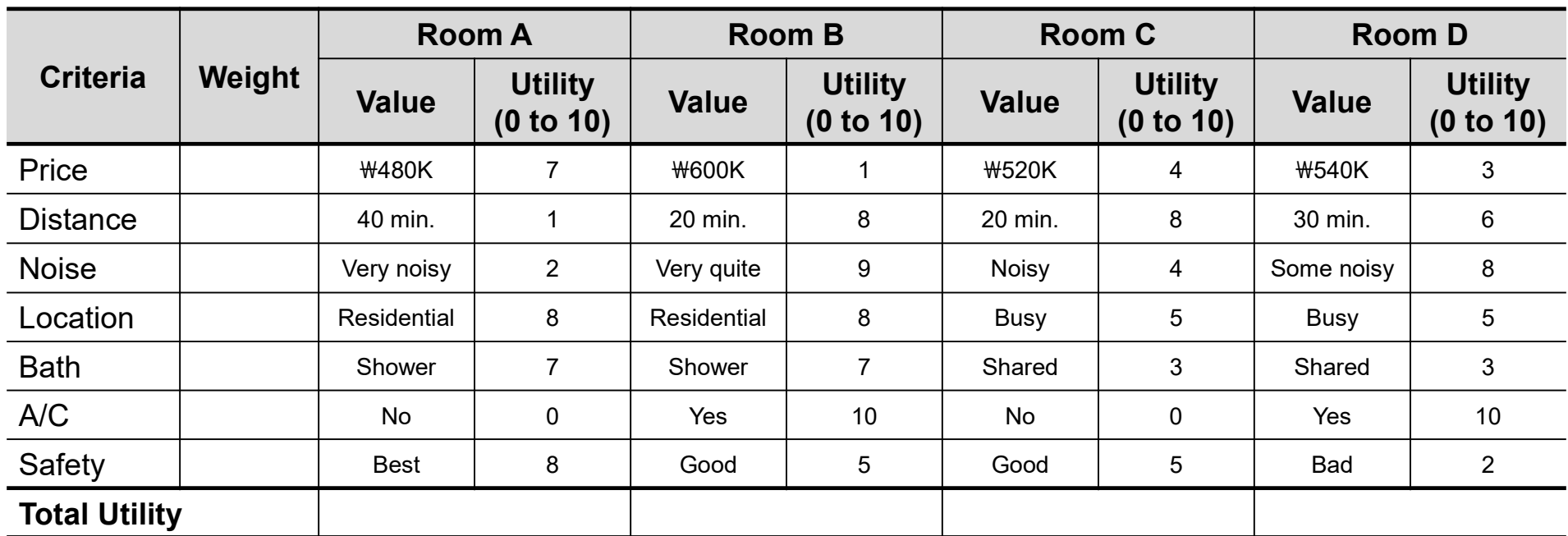


Methods for Weighting Objective or Attributes

- **How Important is Each Attribute?**
 - Percentage Allocation Method
 - Ranking Method
 - Multiple-of-One Method
 - Pair-wise Comparison Method (Analytic Hierarchy Process: AHP)
 - Statistics/Regression-driven Method

1. Percentage Allocation Method

- Allocate a total of 100 points (percentages) among the various attributes.
- Assumes analyst is comfortable with percentages and related assignments.
- Simple Multi-Attribute Rating Technique (SMART)



2. Ranking Method

- Rank each attribute as first, second, third, etc.
- Use an **inverse sum-of-digits** approach for determining weights.

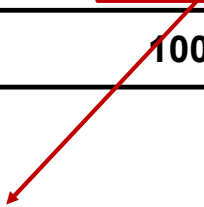
Example: for 3 ranked attributes

- #1 ranked item is weighted as: $\frac{1}{1} / \left(\frac{1}{1} + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} \right) = 0.54$
- #2 ranked item is weighted as: $\frac{1}{2} / \left(\frac{1}{1} + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} \right) = 0.28$
- #3 ranked item is weighted as: $\frac{1}{3} / \left(\frac{1}{1} + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} \right) = 0.18$

2. Ranking Method

Example: Vehicle selection (5 ranked items)

Attribute	Ranking	Weighting (%)
Maintenance expense	5	8.8
Fuel efficiency	4	11.0
Purchase price	3	14.5
Safety record	2	21.9
Ride quality	1	43.8
Total		100.0


$$\frac{1}{1} / \left(\frac{1}{1} + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5} \right) = 0.438$$

3. Multiple-of-One Method

- Assign the least weighed attribute or objective a value of 1.
- Weight all other attributes at some multiple (or multiple + fraction) of the least-weighted attribute.
- Weight %s are then determined on a *pro-rata basis* (proportion) relative to the sum of all weights.

3. Multiple-of-One Method

Example: Vehicle selection

Attribute	Weighting Points	Weighting (%)
Maintenance expense	1 (least)	
Fuel efficiency		
Purchase price		
Safety record		
Ride quality		
Total		

4. Analytic Hierarchy Process (AHP)

- Developed by Saaty in 1982, most widely used.
- Information is decomposed into a **hierarchy of alternatives and criteria**.
- Information is then synthesized to determine **relative ranking of alternatives**.
- Both **qualitative and quantitative information** can be compared using informed judgements to derive weights and priorities.

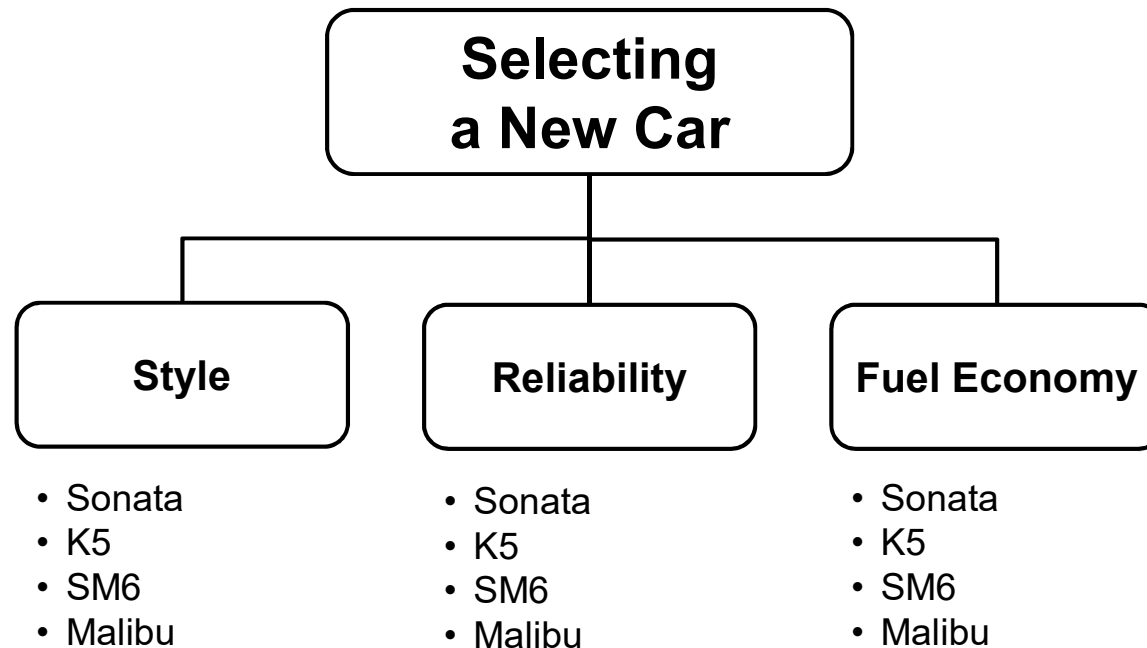
4. Analytic Hierarchy Process (AHP)

Example: Car Selection

- Objective: Selecting a best valuable car
- Criteria
 - Benefits? (Style, Reliability, Fuel-economy, ...)
 - Costs?
- Alternatives: Sonata, K5, SM6, Malibu, ...

4. Analytic Hierarchy Process (AHP)

Example: Car Selection



4. Analytic Hierarchy Process (AHP)

Example: Car Selection – Ranking of Criteria

- Weights? → Pair-wise relative importance

[1: Equal, 3: Moderate, 5: Strong, 7: Very strong, 9: Extreme]

	Style	Reliability	Fuel Economy
Style	1/1	1/2	3/1
Reliability	2/1	1/1	4/1
Fuel Economy	1/3	1/4	1/1

“Style” is moderately important than “Fuel economy”.

4. Analytic Hierarchy Process (AHP)

Example: Car Selection – Ranking of Criteria

- Consistency checks between weightings are possible and necessary

	<i>j</i>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>
<i>i</i>	Criteria	W_1	W_2	W_3
1	W_1	$W_1/W_1=1$	$\frac{W_1}{W_2}=0.5$	$\frac{W_1}{W_3}=3$
2	W_2	$\frac{W_2}{W_1}=2$	$W_2/W_2=1$	$\frac{W_2}{W_3}=4$
3	W_3	$\frac{W_3}{W_1}=1/3$	$\frac{W_3}{W_2}=1/4$	$W_3/W_3=1$

- Values for the cells shown as blue are inverses from other cells: reciprocal
- Assess $\frac{W_2}{W_3}$, but recognize that for consistency it should be:

$$\frac{(W_1/W_3)}{(W_1/W_2)} = (\frac{W_2}{W_3}) = \frac{3.0}{0.5} = 6 \neq 4$$

- Then, the analyst should iterate on the assessment of **all** W_i/W_j ; Thus, **consistency checks** are possible.
- AHP software is now available that makes use of **consistency checks** in reaching conclusions (**Consistency Ratio should be less than 10%**)

4. Analytic Hierarchy Process (AHP)

Example: Car Selection – Ranking of Priorities

- Eigenvector $[A\mathbf{x} = \mathbf{x}]$: find $\mathbf{x}$ vector

Iterate

1. Take successive squared powers of matrix
2. Normalize the row sums

Until difference between successive row sums is less than a pre-specified value

4. Analytic Hierarchy Process (AHP)

Example: Car Selection – Ranking of Priorities

- Eigenvector $[A\mathbf{x} = \mathbf{x}]$: find $\mathbf{x}$ vector

①

$$\begin{bmatrix} 1 & 0.5 & 3 \\ 2 & 1 & 4 \\ 0.333 & 0.25 & 1 \end{bmatrix} \xrightarrow{\text{squared}} \begin{bmatrix} 3.0 & 1.75 & 8.0 \\ 5.333 & 3.0 & 14.0 \\ 1.166 & 0.666 & 3.0 \end{bmatrix} \rightarrow \begin{array}{r} 12.75 \\ 22.333 \\ 4.833 \\ \hline 39.917 \end{array} \rightarrow \begin{array}{r} 0.3194 \\ 0.5595 \\ 0.1211 \\ \hline 1.0 \end{array}$$

Row sums

Normalized Row sums

1st Eigenvector

1.00	0.50	3.00		0.30	0.29	0.38	0.96	0.3202
2.00	1.00	4.00		0.60	0.57	0.50	1.67	0.5571
0.33	0.25	1.00		0.10	0.14	0.13	0.37	0.1226
3.33	1.75	8.00		1.00	1.00	1.00	3.00	1.0000

② New iteration gives normalized row sum

0.97	0.3201		0.0001
1.69	0.5590		-0.0018
0.37	0.1221		0.0005
3.02	1.0011		

$$\begin{bmatrix} 0.3196 \\ 0.5584 \\ 0.1220 \end{bmatrix}$$

2nd Eigenvector

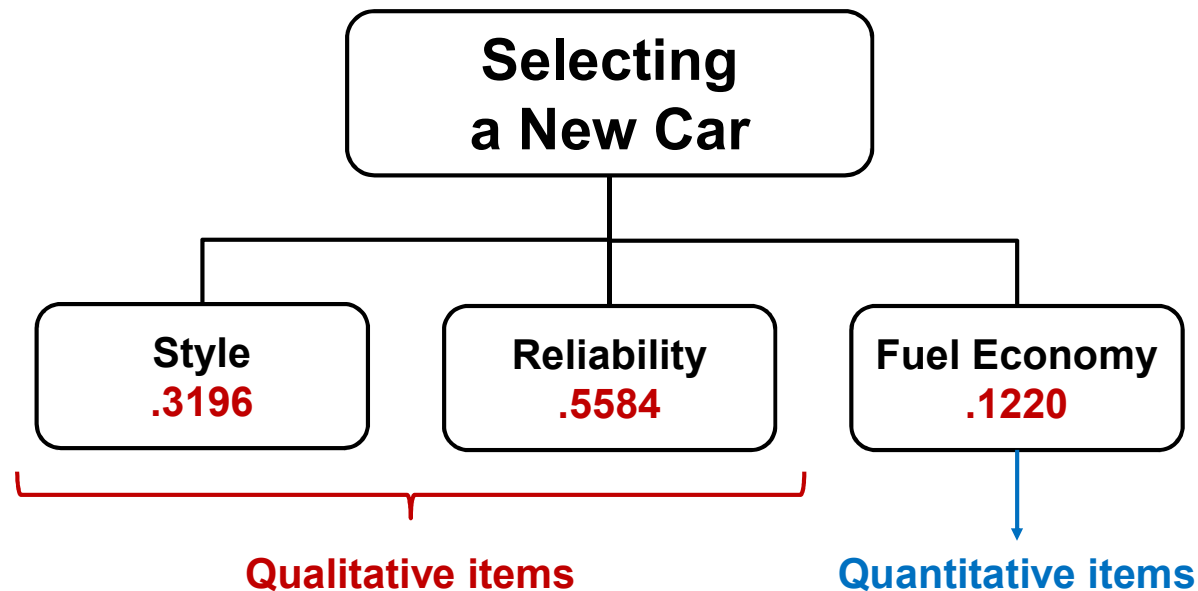
③ Difference is:

$$\begin{bmatrix} 0.3194 \\ 0.5595 \\ 0.1211 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0.3196 \\ 0.5584 \\ 0.1220 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.0002 \\ 0.0011 \\ -0.0009 \end{bmatrix} \rightarrow \text{Allowable differences}$$

4. Analytic Hierarchy Process (AHP)

Example: Car Selection – Ranking of Priorities

- Preference (Weight)**
- Style .3196
 - Reliability .5584
 - Fuel Economy .1220



4. Analytic Hierarchy Process (AHP)

Example: Car Selection – Assessing alternatives (qualitative items)

<u>Style</u>	Sonata	K5	SM6	Malibu		Eigenvector
Sonata	1/1	1/4	4/1	1/6	→	$\begin{bmatrix} .1160 \\ .2470 \\ .0600 \\ .5770 \end{bmatrix}$
K5	4/1	1/1	4/1	1/4		
SM6	1/4	1/4	1/1	1/4		
Malibu	6/1	4/1	5/1	1/1		

<u>Reliability</u>	Sonata	K5	SM6	Malibu		Eigenvector
Sonata	1/1	2/1	5/1	1/1	→	$\begin{bmatrix} .3790 \\ .2900 \\ .0740 \\ .2570 \end{bmatrix}$
K5	1/2	1/1	3/1	2/1		
SM6	1/5	1/3	1/1	1/4		
Malibu	1/1	1/2	4/1	1/1		

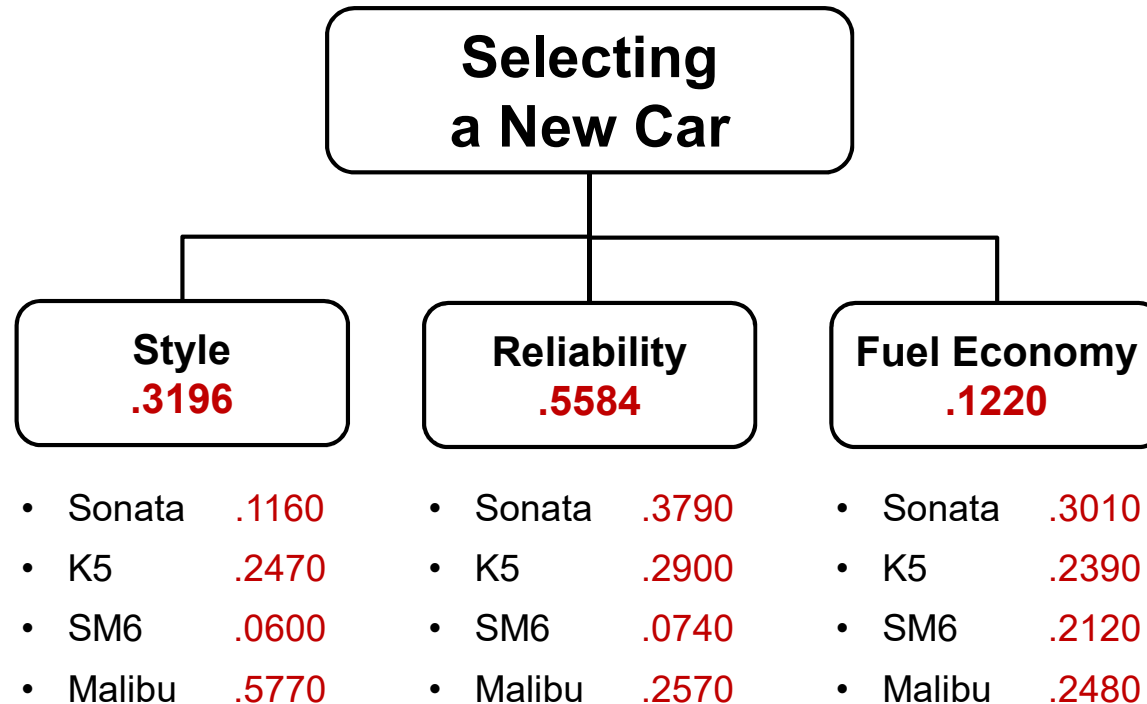
4. Analytic Hierarchy Process (AHP)

Example: Car Selection – Assessing alternatives (quantitative items)

<u>Fuel Economy</u>	Miles/gallon	Normalized
Sonata	34	.3010
K5	27	.2390
SM6	24	.2120
Malibu	28	.2480
	113	1.0

4. Analytic Hierarchy Process (AHP)

Example: Car Selection – Scoring alternatives



4. Analytic Hierarchy Process (AHP)

Example: Car Selection – Scoring alternatives (Benefit)

	Style	Reliability	Fuel Economy
Sonata	.1160	.3790	.3010
K5	.2470	.2900	.2390
SM6	.0600	.0740	.2120
Malibu	.5770	.2570	.2480

$$\times \begin{bmatrix} 0.3196 \\ 0.5584 \\ 0.1220 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} .3060 \\ .2720 \\ .0940 \\ .3280 \end{bmatrix}$$

Malibu is the best option when considering benefit sides.

4. Analytic Hierarchy Process (AHP)

Example: Car Selection – Costs vs. Benefits

	Cost	Normalized Cost	Benefits/Cost Ratio
• Malibu	\$18K	.333	.9840
• Sonata	\$12K	.222	1.377
• K5	\$15K	.278	.9791
• SM6	\$9K	.168	.5639

Sonata is the best option
when considering cost & benefits.

Sonata	.3060
K5	.2720
SM6	.0940
Malibu	.3280



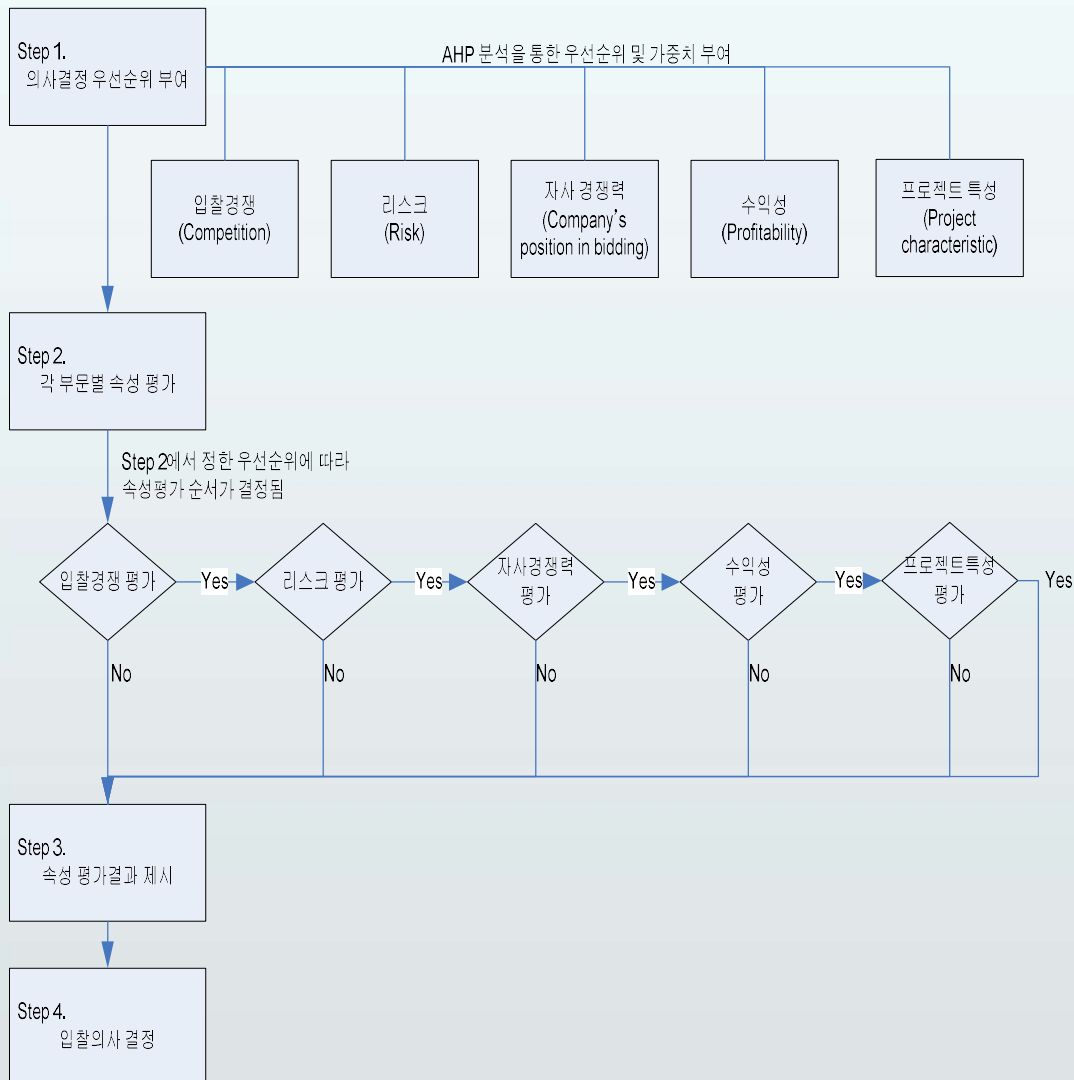
해외건설 입찰의사결정지원 프로그램

사용자 ID

비밀번호

로그인

입찰의사결정지원 프로그램 사용절차



본 프로그램은 해외건설공사의 수주 및 계획단계에서 입찰 의사결정을 지원하기 위한 것으로, 대상 프로젝트에 대한 입찰여부를 결정하기 위해 고려해야 할 5개 주요 부문에 대한 평가를 통해서 입찰여부에 대한 판단을 지원합니다. 5개 주요 부문은 “프로젝트 특성”, “입찰경쟁”, “프로젝트 수익성”, “자사 경쟁력”, “프로젝트 리스크”로 구성되어 수주 및 계획단계에서 대상 프로젝트의 입찰여부 결정을 위해 고려해야 할 주요 요소를 포함하고 있으며, 이러한 각 부문에 대한 평가를 토대로 해당 프로젝트의 성향을 파악하여 전략적인 수주계획 수립에 도움이 될 수 있도록 하였습니다.

“입찰의사결정 지원프로그램”의 사용절차는 먼저 5개 부문에 대한 상대적 중요도 평가를 통해 각 부문에 대한 평가 우선순위 및 가중치를 도출하는 과정을 거치며, 이후 이러한 평가 우선순위에 따라 각 부문별 속성평가를 통해 해당 부문의 결과를 도출하여 최종적으로 대상 프로젝트의 평가결과를 제시하도록 구성하였습니다.

Skip >>



1단계. 평가 부문 가중치 산정

□ 입찰의사결정을 위한 프로젝트 평가부문 설명

프로젝트 특성
(Project characteristic)

입찰경쟁
(Competition)

프로젝트 수익성
(Project profitability)

자사 경쟁력
(Company's position in bidding)

프로젝트 리스크
(Project risk)

“프로젝트 특성” 부문은 대상 프로젝트의 계약형태, 규모, 기술적 난이도, 현장 및 환경, 발주자 등 프로젝트와 연관된 제반 조건에 대해 검토하는 부문입니다.

우선순위 평가 >>

1단계. 평가 부문 가중치 산정

다음단계 >>

상대적 중요도 평가	프로젝트 특성 (Project characteristic)	입찰경쟁 (Competition)	프로젝트 수익성 (Project Profitability)	자사 경쟁력 (Company's position in bidding)	프로젝트 리스크 (Project Risk)
프로젝트 특성 (Project characteristic)		[프로젝트 특성]이 [입찰경쟁]에 비해 1/3 배 중요하다.	[프로젝트 특성]이 [프로젝트 수익성]에 비해 1/5 배 중요하다.	[프로젝트 특성]이 [자사 경쟁력]에 비해 2 배 중요하다.	[프로젝트 특성]이 [프로젝트 리스크]에 비해 1/3 배 중요하다.
입찰경쟁 (Competition)	[입찰경쟁]이 [프로젝트 특성]에 비해 3 배 중요하다.		[입찰경쟁]이 [프로젝트 수익성]에 비해 1/2 배 중요하다.	[입찰경쟁]이 [자사 경쟁력]에 비해 3 배 중요하다.	[입찰경쟁]이 [프로젝트 리스크]에 비해 2 배 중요하다.
프로젝트 수익성 (Project Profitability)	[프로젝트 수익성]이 [프로젝트 특성]에 비해 5 배 중요하다.	[프로젝트 수익성]이 [입찰경쟁]에 비해 2 배 중요하다.		[프로젝트 수익성]이 [자사 경쟁력]에 비해 5 배 중요하다.	[프로젝트 수익성]이 [프로젝트 리스크]에 비해 3 배 중요하다.
자사 경쟁력 (Company's position in bidding)	[자사 경쟁력]이 [프로젝트 특성]에 비해 1/2 배 중요하다.	[자사 경쟁력]이 [입찰경쟁]에 비해 1/3 배 중요하다.	[자사 경쟁력]이 [프로젝트 수익성]에 비해 1/5 배 중요하다.		[자사 경쟁력]이 [프로젝트 리스크]에 비해 1/3 배 중요하다.
프로젝트 리스크 (Project Risk)	[프로젝트 리스크]가 [프로젝트 특성]에 비해 3 배 중요하다.	[프로젝트 리스크]가 [입찰경쟁]에 비해 1/2 배 중요하다.	[프로젝트 리스크]가 [프로젝트 수익성]에 비해 1/3 배 중요하다.	[프로젝트 리스크]가 [자사 경쟁력]에 비해 3 배 중요하다.	

□ 평가부문 우선순위(가중치) 산정방법

1) 평가부문별 쌍별비교 결과가 다음과 같을 경우

쌍별비교	특성	경쟁	수익성	경쟁력	리스크
특성	1	a_{12}	a_{13}	a_{14}	a_{15}
경쟁	a_{21}	1	a_{23}	a_{24}	a_{25}
수익성	a_{31}	a_{32}	1	a_{34}	a_{35}
경쟁력	a_{41}	a_{42}	a_{43}	1	a_{45}
리스크	a_{51}	a_{52}	a_{53}	a_{54}	1

※ 여기서, $a_{ij}=1/a_{ji}$, $a_{ii}=1$, $\forall i$

2) 쌍대비교행렬 A는 다음과 같은 역수 행렬을 취함

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & a_{14} & a_{15} \\ a_{21} & 1 & a_{23} & a_{24} & a_{25} \\ a_{31} & a_{32} & 1 & a_{34} & a_{35} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & 1 & a_{45} \\ a_{51} & a_{52} & a_{53} & a_{54} & 1 \end{bmatrix}$$

3) 평가부문의 가중치 행렬을 w 라 할 때, $w =$

$$\begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \\ w_4 \\ w_5 \end{bmatrix}$$

※ 여기서, w_i = 각 평가부문별 가중치

4) 따라서, 각 평가부문의 가중치 w_i 는 다음 식에 의해 구할 수 있다.

$$Aw = \lambda_{\max} w$$

$$\Leftrightarrow (A - \lambda_{\max} I) w = 0$$

$$\begin{bmatrix} 1-\lambda & a_{12} & a_{13} & a_{14} & a_{15} \\ a_{21} & 1-\lambda & a_{23} & a_{24} & a_{25} \\ a_{31} & a_{32} & 1-\lambda & a_{34} & a_{35} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & 1-\lambda & a_{45} \\ a_{51} & a_{52} & a_{53} & a_{54} & 1-\lambda \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \\ w_4 \\ w_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

5) 가중치 w_i 가 0이 아닌 해를 갖기 위해서는 좌측 5×5 행렬의 행렬식이 0이 되어야 한다.

따라서, 좌측 5×5 행렬에 대해서 여인수 전개를 하여 $\lambda_{\max}$ 값을 구한다.

도출된 $\lambda_{\max}$ 값을 원래 행렬에 대입하여 부문별 가중치 w_i 값을 구한다.

6) 도출된 결과에 대해 일관성 검사를 하여 CR값이 10%를 초과할 경우 다시 평가하도록 하는 창을 보여주며, 10% 이내에 들 경우 일관성이 있다고 간주하여 결과화면으로 넘어간다.

$$CI = (\lambda_{\max} - 5) / (5 - 1)$$

$$CR = (CI / 1.12) \times 100\%$$

Random Consistency Index - RI - (for number of items compared in a matrix)									
n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0.00	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.51

1단계. 평가 부문 가중치 산정

<< 이전단계

다음단계 >>

□ 입찰의사결정을 위한 평가부문 산정결과

도출된 우선순위

프로젝트 수익성
(Project profitability)

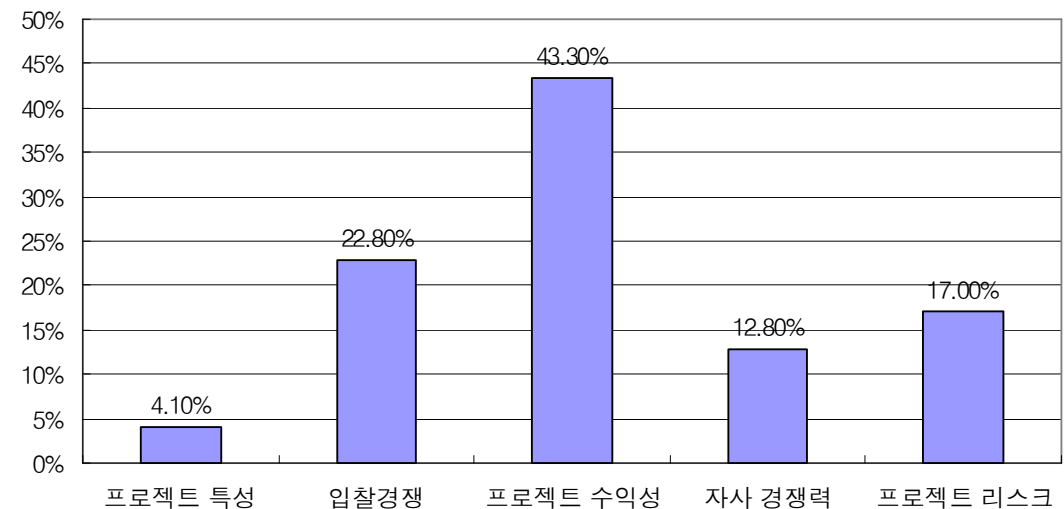
입찰경쟁
(Competition)

프로젝트 리스크
(Project risk)

자사 경쟁력
(Company's position in bidding)

프로젝트 특성
(Project characteristic)

부문별 우선순위 평가결과 (상대적 중요도)



귀하의 본 프로젝트에 대한 입찰의사결정 부문별 우선순위평가결과
프로젝트 수익성→입찰경쟁→프로젝트 리스크
→자사 경쟁력→프로젝트 특성
의 순으로 나타났습니다. 우선순위를 다시 평가하시길 원하시면
“Previous”를, 계속 진행하시려면 “Next”를 눌러주십시오.

2단계. 각 부문별 속성 평가

<< 이전단계

다음단계 >>

□ 입찰경쟁(Competition) 부문 속성 평가 (예시)

속성평가 항목	평가항목의 중요도	속 성 평 가
PQ 자격요건	중요도가 가장 작다 1 2 3 4 5 중요도가 가장 크다	매우 엄격함 ← 보통 → 전혀 엄격하지 않음 ☐ ☐ ☐ ☒ ☐
입찰 방식	중요도가 가장 작다 1 2 3 4 5 중요도가 가장 크다	매우 부적합함 ← 보통 → 매우 적합함 ☐ ☒ ☐ ☐ ☐
입찰 준비기간	중요도가 가장 작다 1 2 3 4 5 중요도가 가장 크다	매우 부족함 ← 보통 → 매우 충분함 ☐ ☒ ☐ ☐ ☐
경쟁사 정도	중요도가 가장 작다 1 2 3 4 5 중요도가 가장 크다	매우 심함 ← 보통 → 전혀 심하지 않음 ☐ ☐ ☒ ☐ ☐

□ 부문별 속성평가 방법

1) 속성별 중요도의 환산

부문	속 성	중요도	환산 중요도	상대적 중요도
입찰 경쟁	자격요건	2	2/5=0.4	$0.4/(0.4+0.6+0.4+1.0)$ =0.17
	입찰방식	3	3/5=0.6	$0.6/(0.4+0.6+0.4+1.0)$ =0.25
	준비기간	2	2/5=0.4	$0.4/(0.4+0.6+0.4+1.0)$ =0.17
	경쟁사	5	5/5=1.0	$1.0/(0.4+0.6+0.4+1.0)$ =0.42

2) 평가 점수 계산

$$\text{부문점수} = \sum (\text{속성 중요도} \times \text{속성 평가점수})$$

부 문	속 성	속성 중요도	속성 평가점수 (사용자 입력점수)
입찰경쟁	자격요건	0.17	4
	입찰방식	0.25	2
	준비기간	0.17	5
	경쟁사	0.42	3

$$\begin{aligned} \therefore \text{입찰경쟁 부문점수} &= (0.17 \times 4) + (0.25 \times 2) + (0.17 \times 5) + (0.42 \times 3) \\ &= 3.29 \end{aligned}$$

3) 평가점수 환산

100점 만점 기준으로 환산

입찰경쟁 부문점수 = 3.29

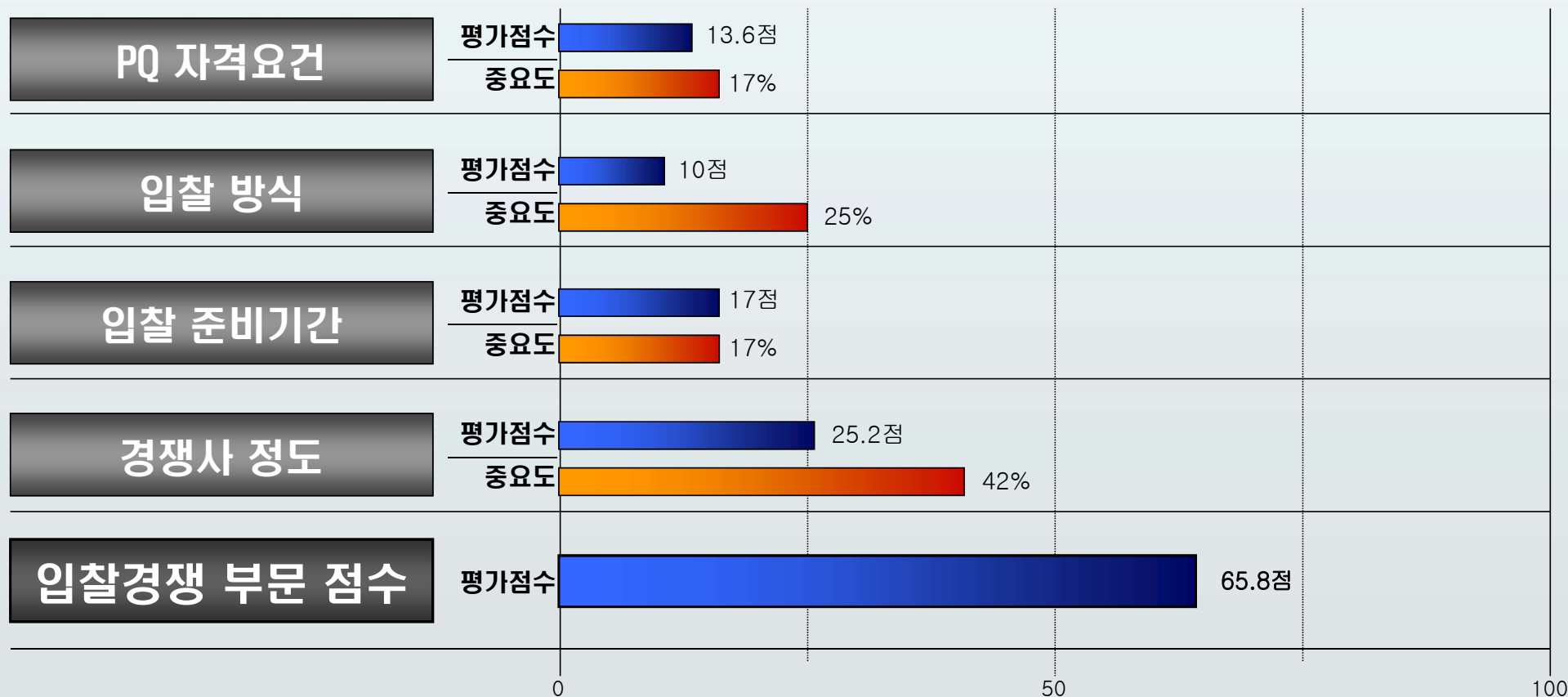
$$\begin{aligned} \therefore \text{입찰경쟁 100점 환산 점수} &= (3.29/5) \times 100 \\ &= 65.8(\text{점}) \end{aligned}$$

2단계. 각 부문별 속성 평가

[<< 이전단계](#)[다음단계 >>](#)

□ 입찰경쟁(Competition) 부문 속성 평가 결과

“입찰경쟁” 부문 평가점수는 65.8점으로 분석되었으며, 특히 경쟁사 정도 항목의 중요도가 42%로 가장 높은 것으로 나타났습니다.



3단계. 속성평가 결과 제시

[<< 이전단계](#)[출력화면](#)

□ 입찰의사결정을 위한 프로젝트 평가결과

귀하의 본 프로젝트에 대한 입찰의사결정 부문별 평가결과 전체 프로젝트의 입찰 타당성은 51.57점으로 나타났으며, 각 부문별 점수는 다음과 같이 분석되었습니다.

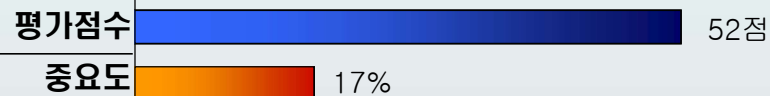
프로젝트 수익성 (Project profitability)



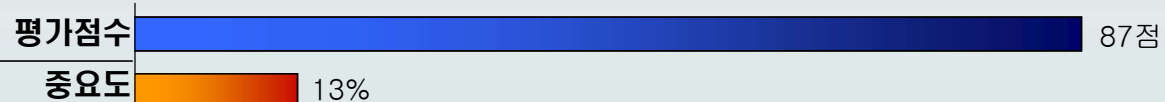
입찰경쟁 (Competition)



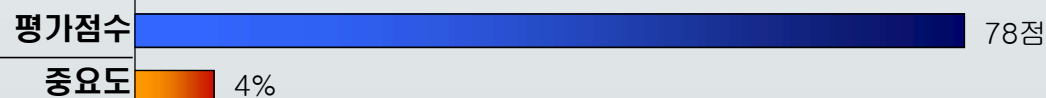
프로젝트 리스크 (Project risk)



자사 경쟁력 (Company's position in bidding)



프로젝트 특성 (Project characteristic)



프로젝트 입찰 타당성



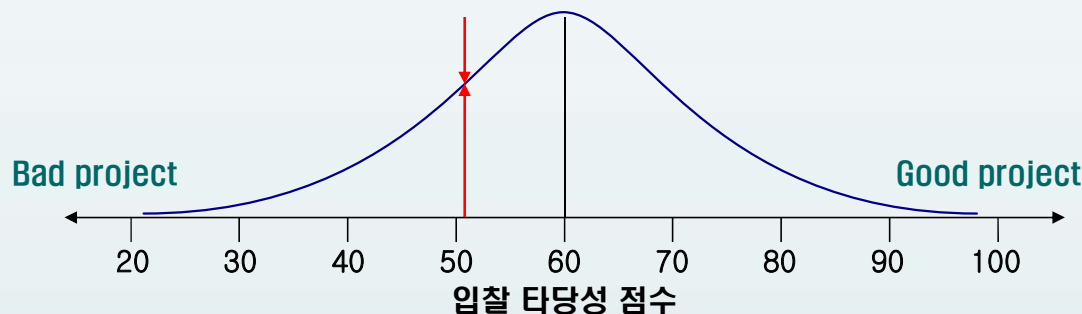
3단계. 속성평가 결과 제시

<< 이전단계

출력화면

□ 입찰의사결정을 위한 프로젝트 평가결과

프로젝트의 입찰 타당성 점수 51.57점은 사례분석 결과 분포에서 다음과 같이 하위 40%로 분석되었습니다.



귀하의 프로젝트에 주요하게 영향을 미치고 있는 것은 프로젝트 수익성 부문으로 수익성 부문의 평가결과를 보면 다음과 같습니다.

프로젝트 수익성 (Project profitability)



과거 유사 프로젝트 수익정도



과거 유사 프로젝트 실패율



필요 수익률



예상 수익률



특히 중요도가 높은 예상 수익률 부문에서 낮은 평가점수를 나타내 프로젝트 수익성 부문의 평가점수를 악화시키고 있는 것으로 분석되었습니다.

본 프로젝트의 조건을 개선시키기 위해서는 예상 수익률을 향상시키기 위한 전략이 필요합니다.

Indifference Curve

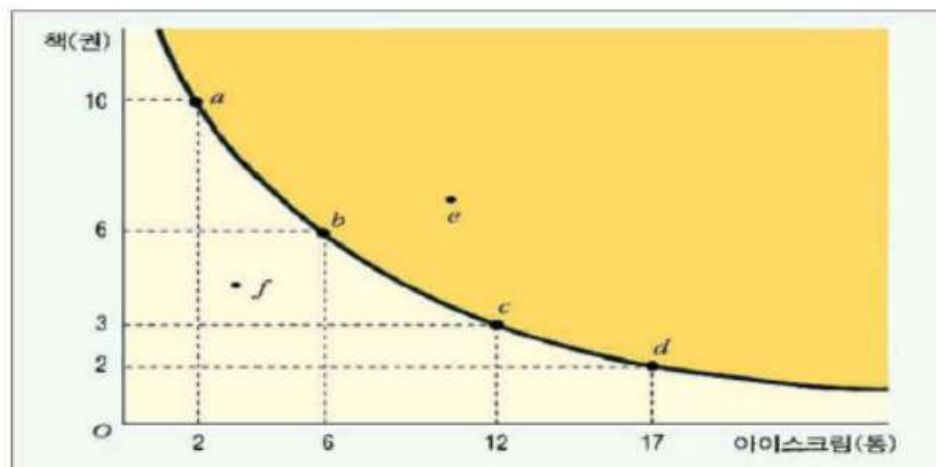
<https://www.youtube.com/watch?v=filsU7NzDEs>

무차별곡선이란 소비자에게 동일한 만족이나 효용을 나타내는 재화의 조합을 연결한 곡선을 말한다.

상품묶음	아이스크림(통)	책(권)
A	2	10
B	6	6
C	12	3
D	17	2

도표에서는 똑같은 효용을 주는 아이스크림과 책의 조합이 나타나고 있다. 소비자가 A라는 아이스크림 2통과 책 10권, 혹은 D라는 17통의 아이스크림과 2권의 책을 소비하게 될 때 소비자가 느끼는 만족도는 모두 동일하다는 것을 나타내고 있다.

A라는 조합에서는 소비자가 아이스크림이 적은 반면 보다 많은 책을 가지게 됨으로, 그리고 D라는 조합에서는 책의 소비는 적으나, 보다 많은 아이스크림을 소비하게 됨으로 동일한 만족을 느끼게 된다는 것이다.



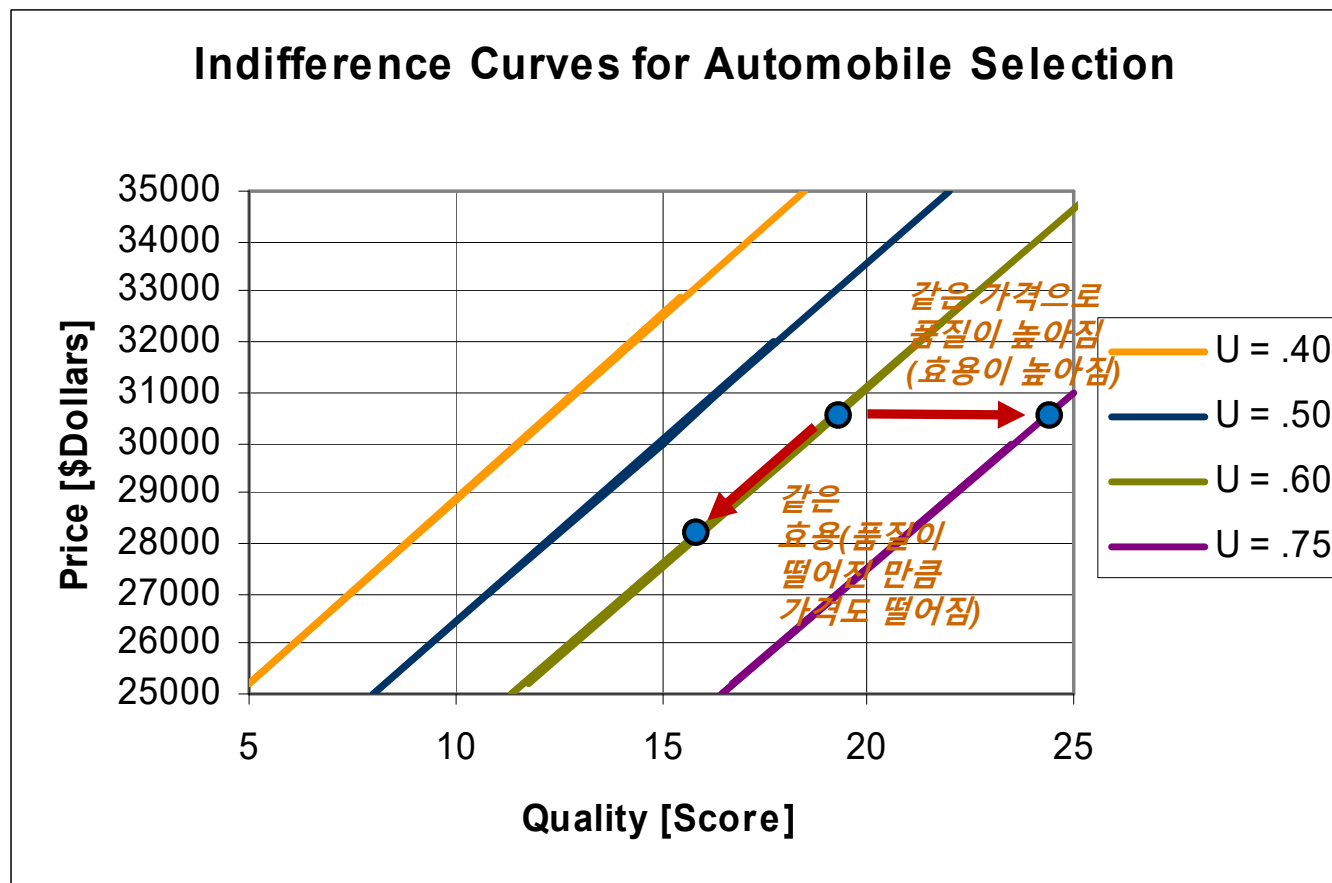
Indifference Curve

- The Concept of Vehicle “Quality”

	WorstBest				
	1	2	3	4	5
Fuel Efficiency [mpg]	≤ 20	21-23	24-26	27-29	≥ 30
Maintenance Warranty [years]	≤ 1	2	3	4	> 5
Comfort	1	2	3	4	5
Safety	0-5	6-10	11-15	16-20	21-25
Horsepower	< 160	160-219	220-279	280-340	> 340

Indifference Curve

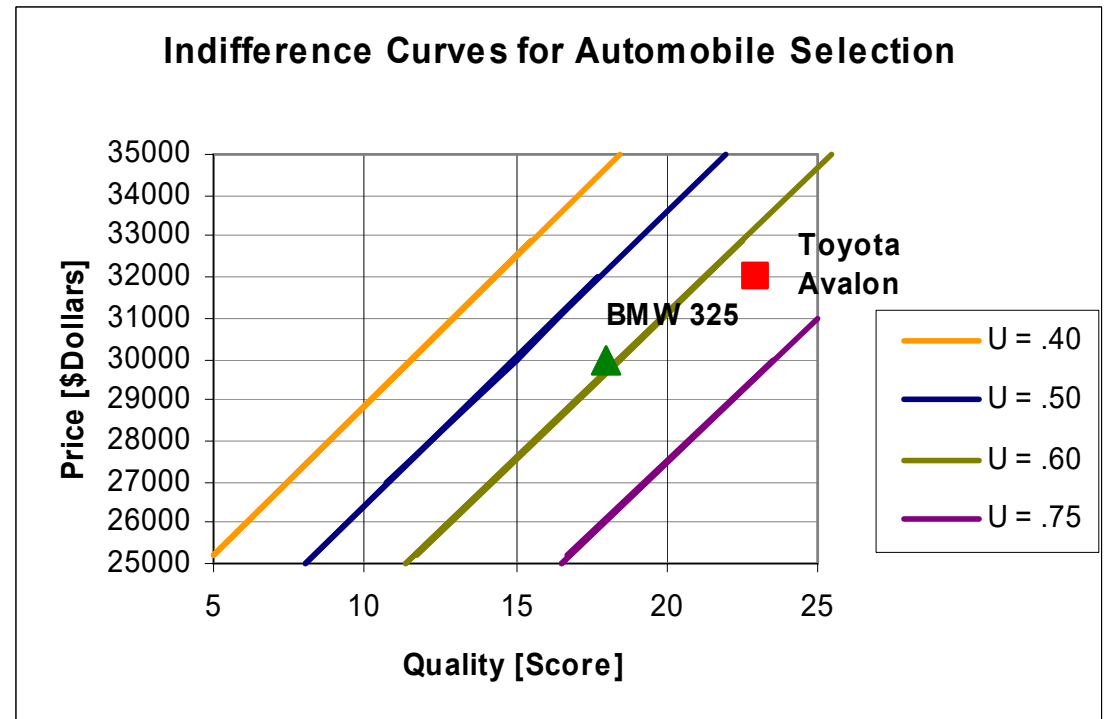
- “Quality” and “Price” Tradeoff (Indifference Curve)



Indifference Curve

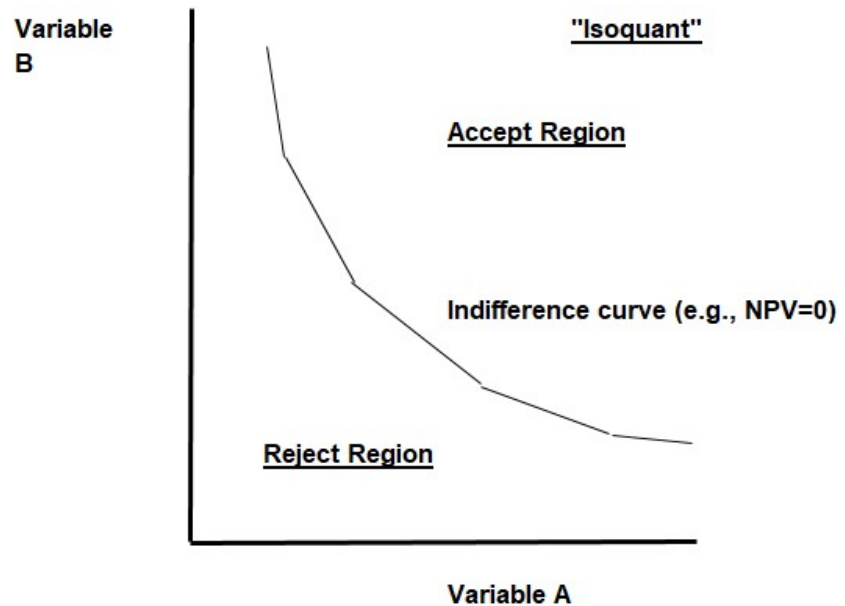
- Vehicle Choice

	Toyota Avalon	BMW 325
Price(\$)	32,000	30,000
Fuel Efficiency [mpg]	31	27
Maintenance Warranty [years]	3	4
Comfort	5	3
Safety	22	18
Horsepower	280	184
Quality Score	21	18



Indifference Curve

- Preferred Vehicle: ***Toyota Avalon***
- Even though ***Avalon*** is more expensive and less maintenance warranty, it is preferred because of
 - Better fuel efficiency
 - Better comfort
 - Better safety
 - Higher horsepower



Q & A

