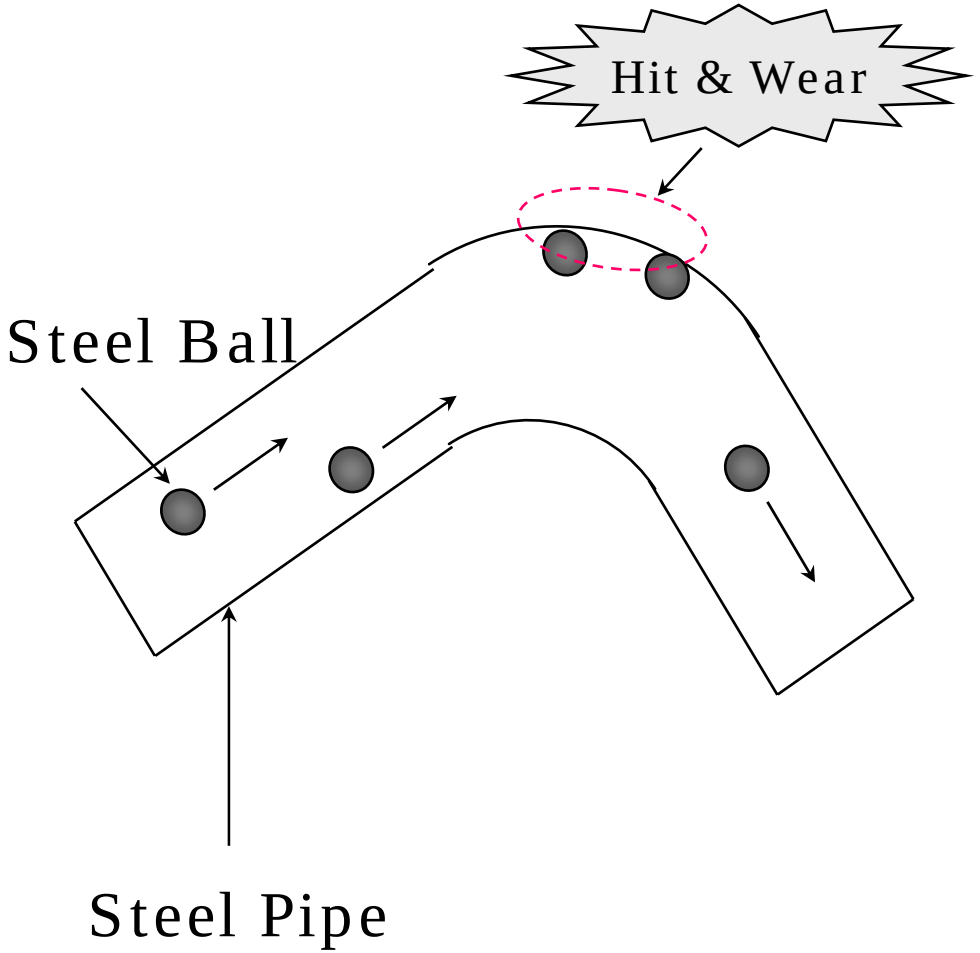
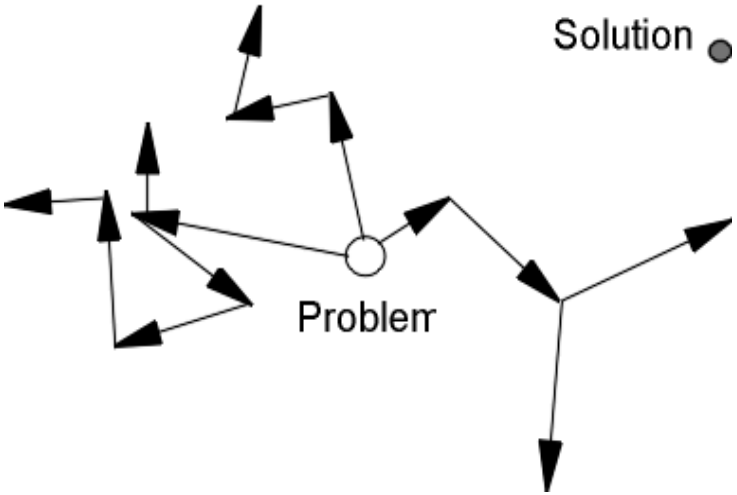
창조적 문제해결 이론 TRIZ 소개

How do you solve a problem?

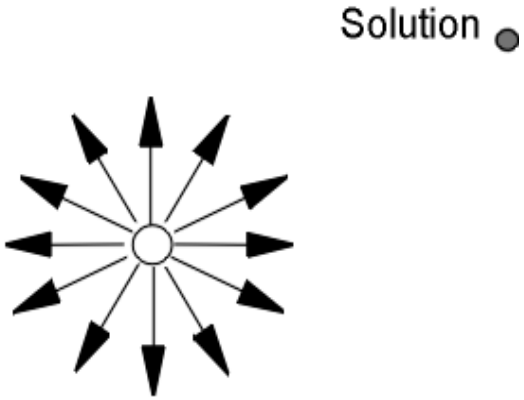


How do you solve a problem?

Trial and error ways for inventive problem solving.



The well-known techniques for psychological activation.



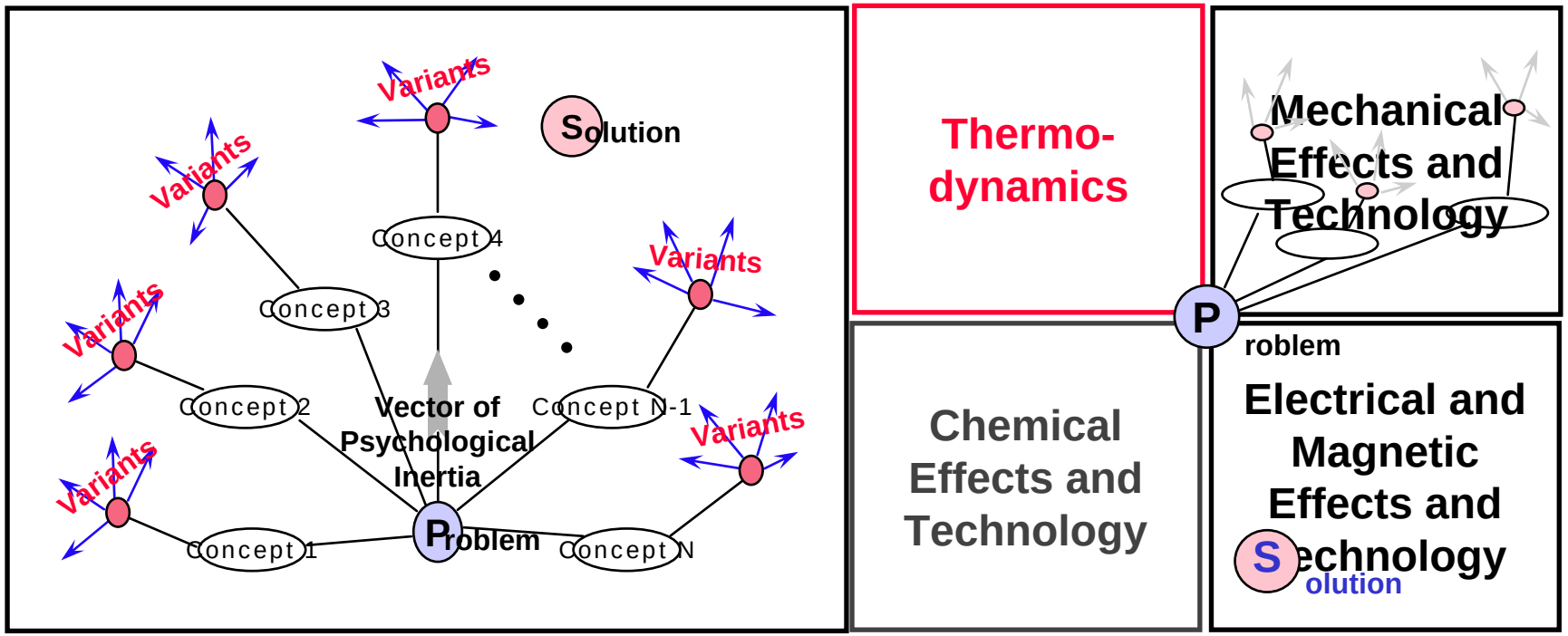
For instance, brainstorming, morphological analysis, synectics...

Problem Solving Methodologies

Method	*Premise*	*How?*
Trigger	대안의 제시에 의한 문제 해결	대안이 될만한 단어나 개념의 제시를 통하여 문제를 새로운 시각에서 보게 함
Checklist	기존 지식의 변형과 응용	유사개념들을 두루 조사하여 현재의 문제에 적용 노력
Focal Object	다양한 이미지의 합성에 의한 새로운 컨셉트 창출	전혀 별개의 여러 개념을 합성하여 현재의 문제 적용
Morphological Analysis	시스템의 기능과 이를 달성하는 수단들의 조합	대상의 기능/특징을 나열하고 이들의 구현기술을 나열 조합 최적의 조합을 구함
Brain Storming	가장 자유스런 상태로 많은 아이디어를 내어 최적해 선택	자유로운 상태에서 문제 해결에 도움이 되는 가능한한 많은 수의 아이디어를 도출
Synectics	무질서한 brainstorming에약간의 질서와 방법론 추가	Brainstorming에 facilitator와 몇개의 Analolgy* 를 이용하여 아이디어 도출을 향상시킴

심리적 방법론

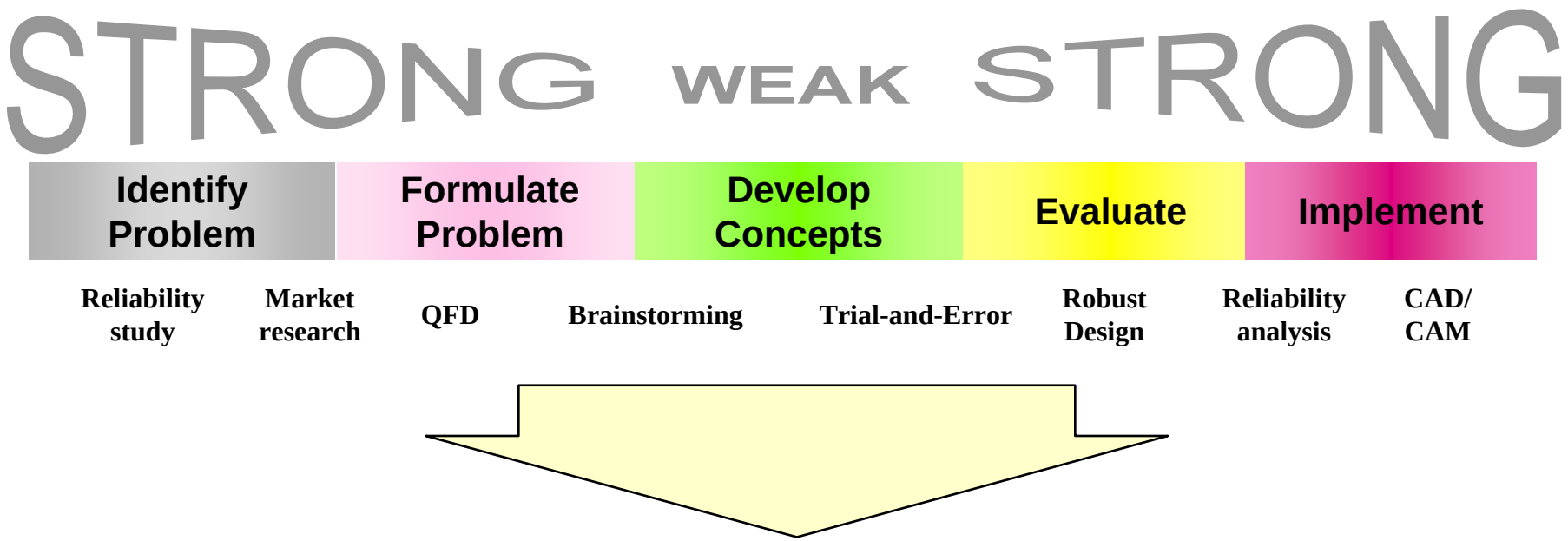
Usual Ways to Solve Problem



Trial & Error Methods
한 계 점

- 비효율적인 적용과 운영상의 문제
- ***Psychological Inertia*** 극복의 한계
- 참석자의 개별적 지식수준에 의존
- 지식보다는 Psychological Skill에 의존

Performance using Usual Methodologies



제품개발의 Neck과제 해결을 위한 혁신적 Concept의 기대가 어려움

성공의 제1조건 = 제품개발 Cycle의 모든 국면에 대한 창조성 발휘

Engineering Neck과제의 창조적 해결이 어려운 이유

■ *심리적관성(Psychological Inertia)*

- ❍ 관습적, 경험적인 사고방식은 새로운 아이디어의 창출을 저해함
- ❍ 문제를 다양한 관점에서 보지 못하므로 신규 아이디어의 수용이 어려움

■ *지식의 부족(Shortage of Knowledge)*

- ❍ 높은 수준은 문제를 해결하기 위한 다방면의 지식확보 불가능
- ❍ 불확실성의 Random Idea에 의한 문제접근으로 Idea의 신뢰성 저하

■ *잘못된 목표(Wrong Objectives / Directions)*

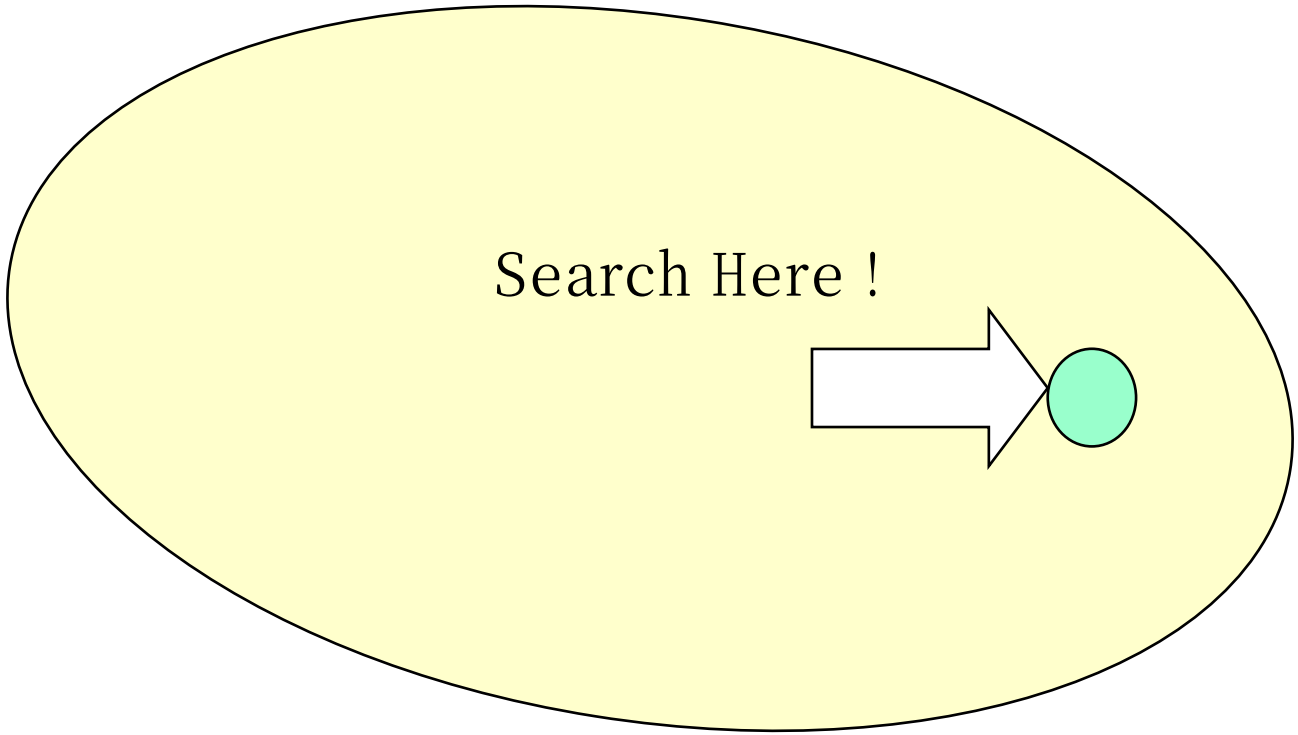
- ❍ 문제에 대한 정확한 정의 및 원인규명 과정이 부적절함.
- ❍ 문제의 본질과 무관한 문제를 해결함으로써 자원의 낭비

■ *모순의 회피(Avoiding Contradictions)*

- ❍ Contradiction(모순점)의 Trade-off, Compromise
- ❍ 한번 Neck과제는 영원한 Neck과제로 인식하여 근본적 해결을 회피함
- ❍ 기술적 모순점에 대한 근본적인 미해결로 품질수준이 낮은 제품/시스템의 개

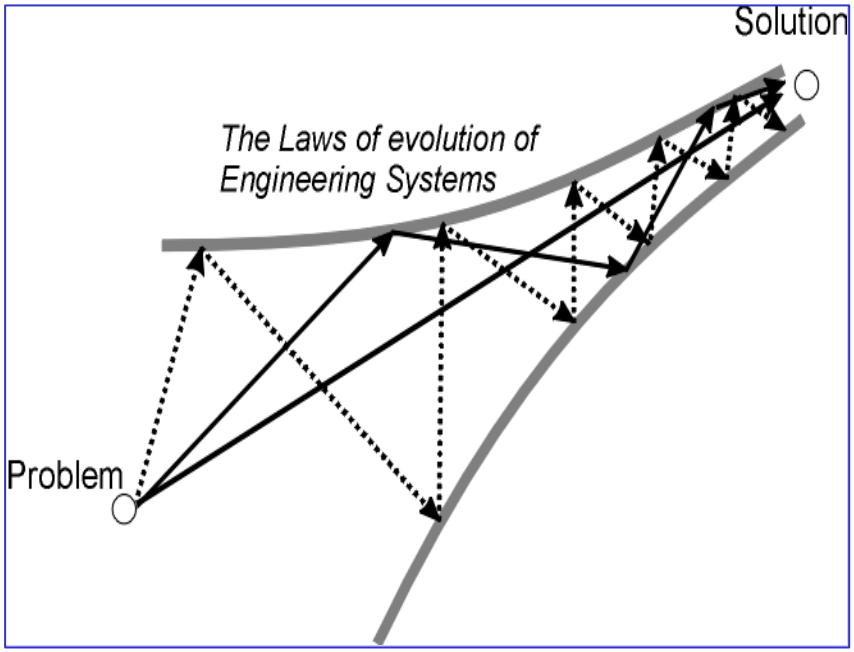
Main Problem in Problem Solving Process

해결책의 품질을 해치지 않는 한편 수 많은 시행착오와 심리적 관성 없이 해결책을 위한 조사 영역을 줄이는 것



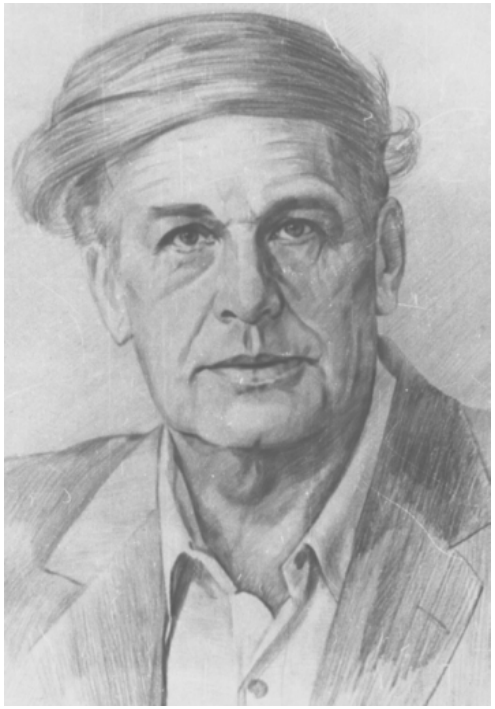
Altshuller's Approaches

- 해결책의 방향성을 획득하기 위해 기술시스템 진화의 법칙을 조사하였다.
- 강력한 발명원칙과 다른 분야의 지식들을 이용하여 모순을 해결한다.
- 특별한 문제상황을 위한 자원으로써 그것을 이용할 수 있도록 현상,성질 및 자연효과 들을 발견하였다.



■ TRIZ의 정의

- ❍ 기술과제에 대한 창조적 문제해결 방법론
- ❍ 창조성이 뛰어난 특허로부터 문제해결의 규칙성과 원리를 발견하여 절차화한 이론
- ❍ 과학과 공학분야의 다양한 지식을 체계화한 Inter-Disciplines적인 문제해결 방법론



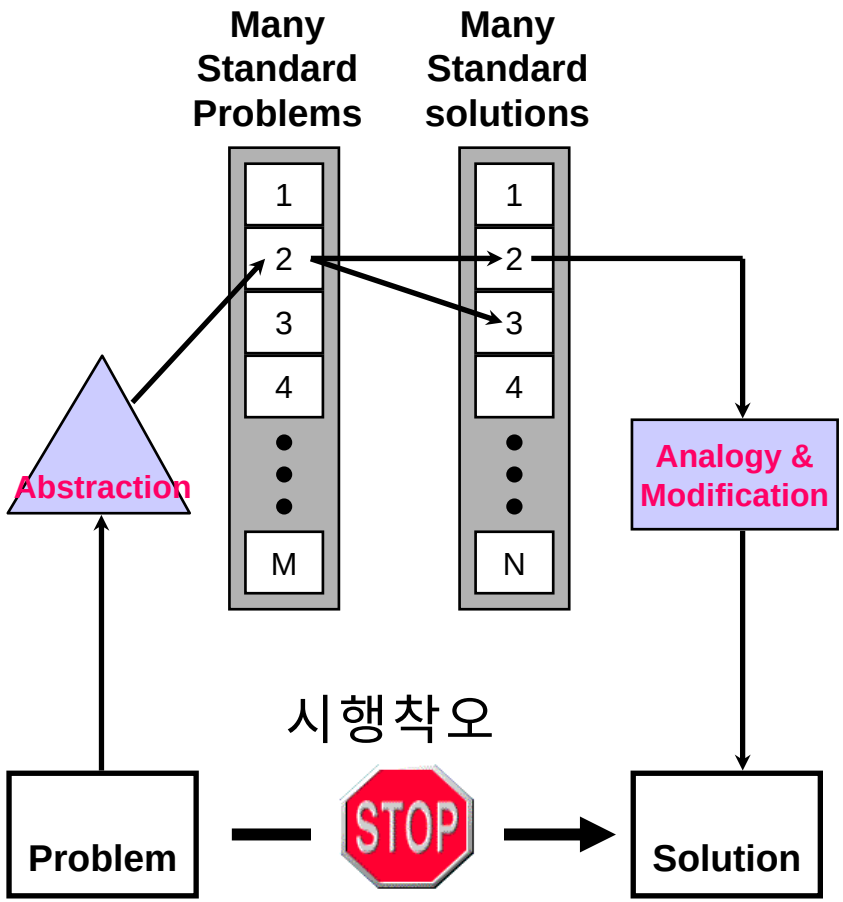
■ 연구 배경

- ❍ 연구의 시작 : 1946년부터 구 소련에서
- ❍ TRIZ의 창시 : Genrich H. Altshuller

■ 연구의 동기

- ❍ 왜 개인별로 창조성/문제해결능력에 차이가 발생하는가?
- ❍ 창조적인 사람들의 문제해결방법론을 전수하기 위한 체계를 개발할 수 없을까?
- ❍ 일반적인 영역에서 사용할 수 있는 신뢰성 있는 문제해결 방법론의 개발

TRIZ의 작동원리



- **Overview & 동작원리**
  구소련에서 개발된 구조적, 체계적인 기술적 문제 해결이론

  전 세계의 300만건 이상의 특허를 분석하여 문제의 기본 유형과 이들의 해결원리를 정리한 이론

  기술적 문제에 해당되는 표준화된 문제의 유형을 찾고 이의 해결원리를 이용하여 자신의 문제에 대한 해결Concept을 도출함

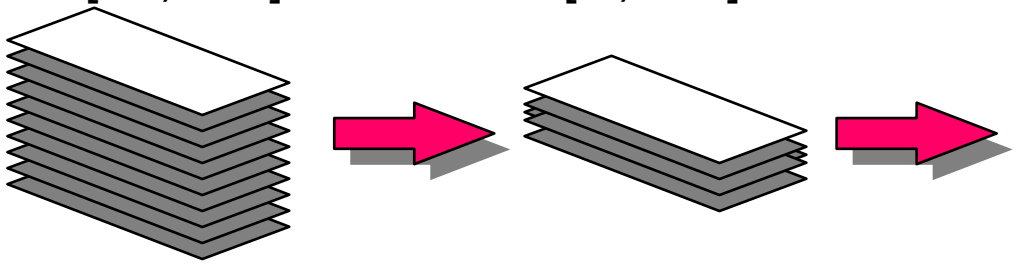
- **Effectiveness**
  기술적 문제를 시스템적으로 분석/해결방향
  문제에 대한 근본/구조적 해결원리의 도출
  기술적 모순점을 해결할 수 있는 해결원리 제시

  개개인의 창조력, 문제 해결 능력 향상

- **Applications**
  제품개발, 공정개발, 신기술개발, Neck과제 해결 등의 Engineering 영역
  경영관리, 창의성 교육 및 비기술분야에도 응용

■ Altshuller의 연구방법

◎ 특허분석



Key Findings

- ***Definition of Inventive Problems***
- ***Levels of Solution***
- ***Patterns of Evolution***
- ***Regularities of Problem & Solution***
- ***Innovation comes from Other Domain***

◎ 과학현상 및 Effects

목적 : 문제해결을 위한 Knowledge Source로써 이용하기 위하여 과학적 현상을 기능별로 정리/분류

자료의 구분 : 물리 / 화학 / 기하학적 현상과 Effects를 대상으로 분류

자료의 갱신 : 과학적 현상의 발견을 매년 발전하므로 구소련의 TRIZ관련기관에서 지속적으로 갱신함

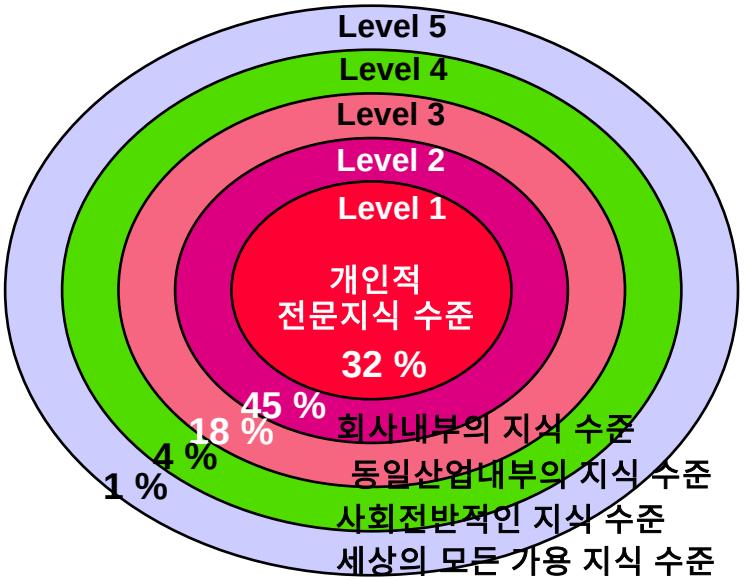
TRIZ Engineering Problem Solving Methodology rooted in TECHNOLOGY not PSYCHOLOGY

TRIZ의 Key Findings (1/2)

1. Inventive Problem/Solution의 정의

Inventive Problem : 한가지 이상의 기술적인 모순점을 가지고 있는 기술적 과제
Inventive Solution : Inventive Problem을 타협 없이 근본적으로 해결한 Solution

2. Level of Solution



LEVEL 1 :
명백한 사실이나 잘 알려진 이론으로 쉽게 해결 가능한 문제
기존 시스템에 별다른 개선을 가져오지 못함

LEVEL 2 :
해당분야의 전문지식의*Compromise*로 해결 가능한 문제
기존 시스템의 개선 및 합리화를 가져옴

LEVEL 3 :
다른 분야의 지식/기술을 합성하여 해결이 가능한 문제
기존 시스템에 대한 *Essential improvement*를 가져옴

LEVEL 4 :
현존 시스템의 목적을 달성하는 새로운 원리의 발견
시스템에 대한 *New Generation*의 개발을 가속화 함

LEVEL 5 :
새로운 시스템의 출현을 가속화하는 발명

TRIZ의 Key Findings (2/2)

3. Pattern of System Evolution

기술적 시스템이 진화/발전하는데에는 일정한 **Pattern**이 있으며
기술분야와 시대적 상황이 다르다고 하더라도 시스템의 발전에는 동일한 **Pattern**이 적용됨

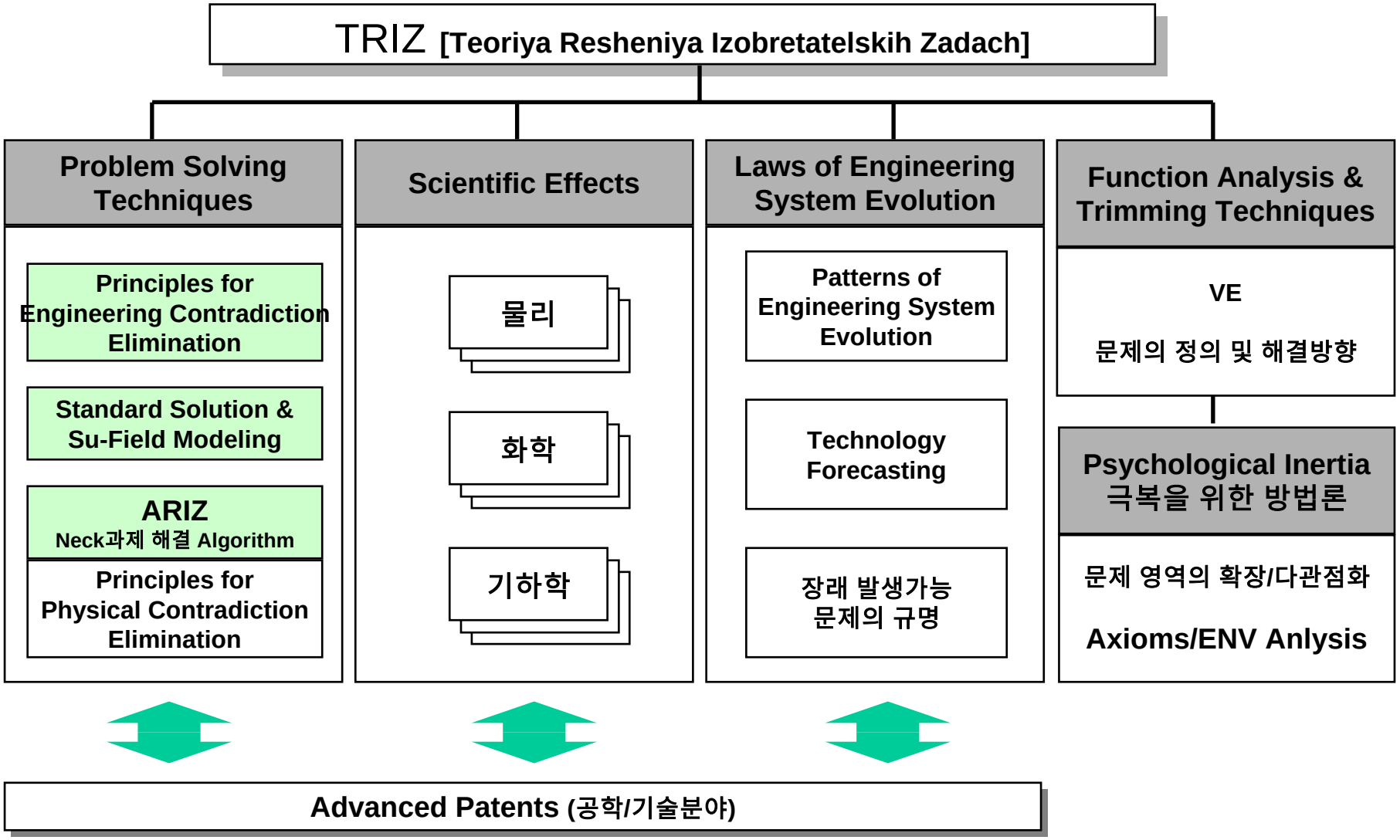
이러한 **Pattern**을 활용하여 제품/공정 시스템의 차세대 기술을 개발하는 **Tool**로 응용함.

4. Regularity of Invention

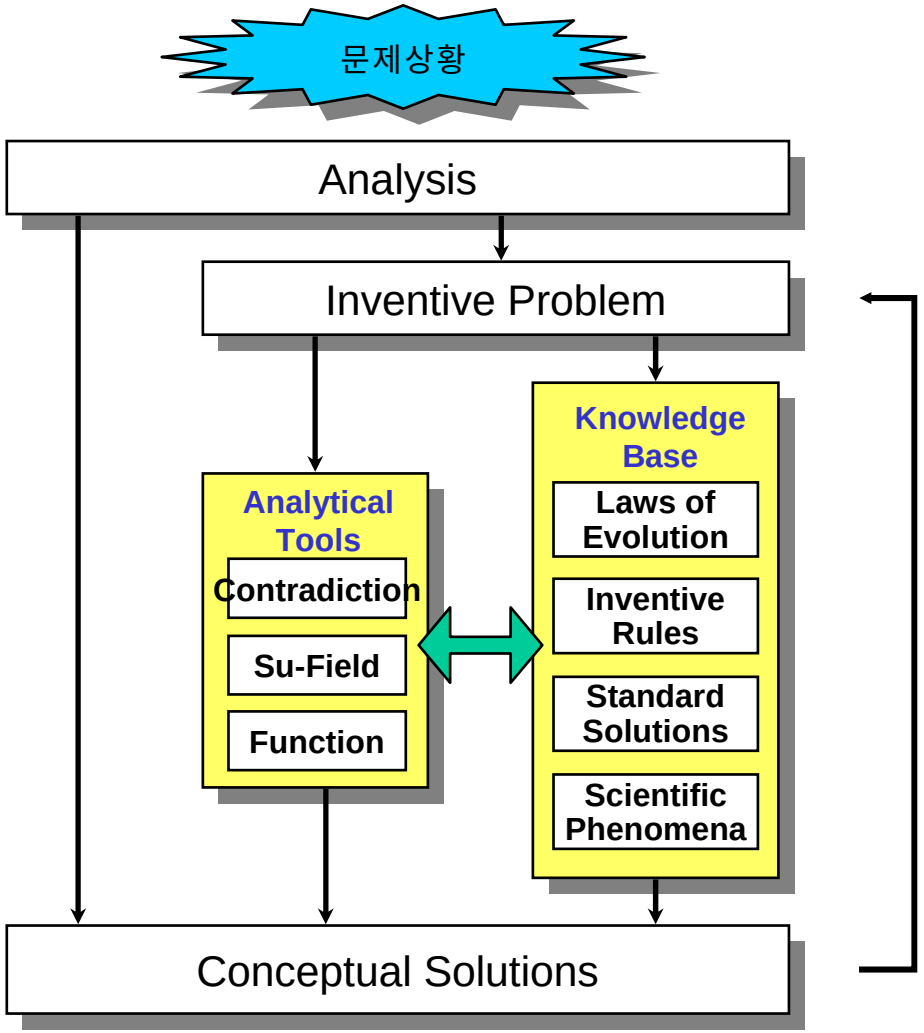
동일한 문제해결원리가 서로 상이한 기술분야에서 반복적으로 사용될 수 있음
동일한 문제해결원리가 시대를 달리한 문제 상황에서도 반복적으로 재사용될 수 있음

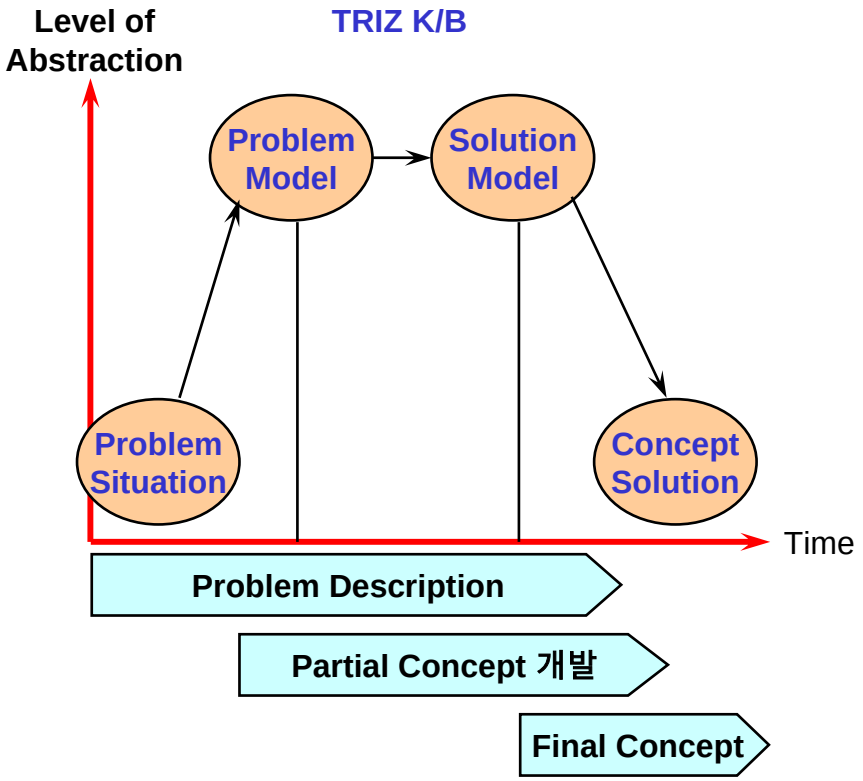
이러한 **Regularity**를 추출하여 기술시스템(제품/공정)을 혁신하는 **Tool**로 반복 재사용함.

Structure of TRIZ Tools

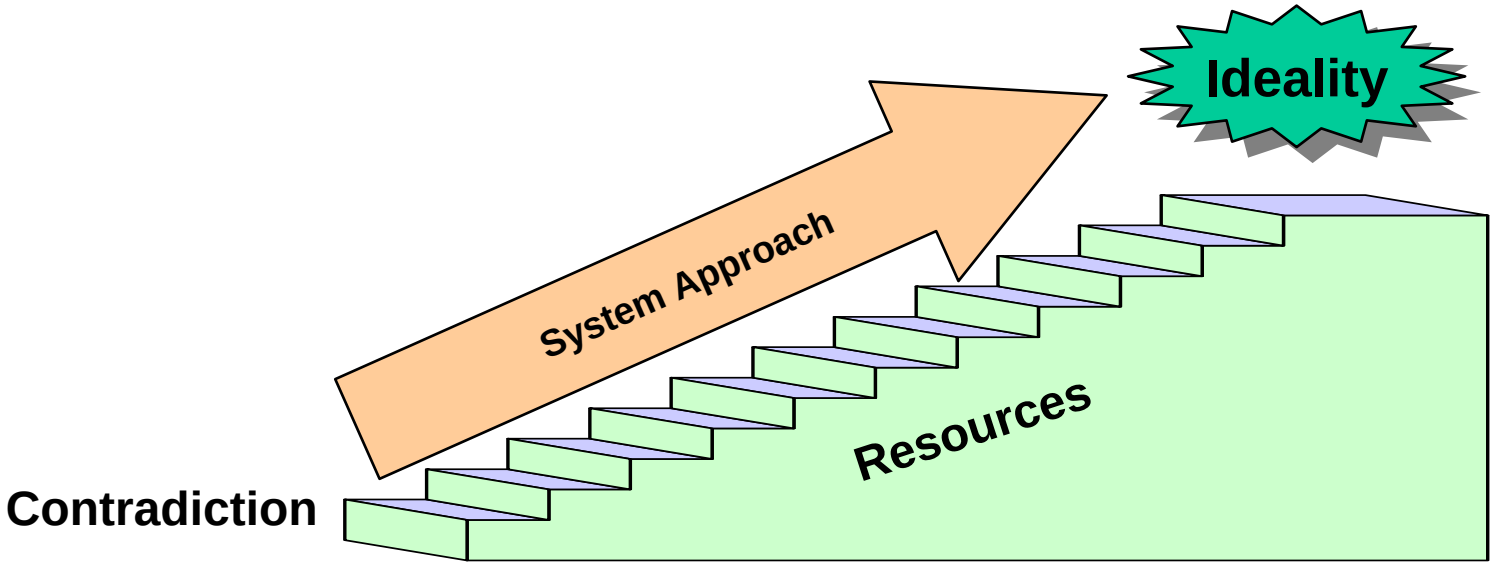


TRIZ Process





Basic Elements in TRIZ



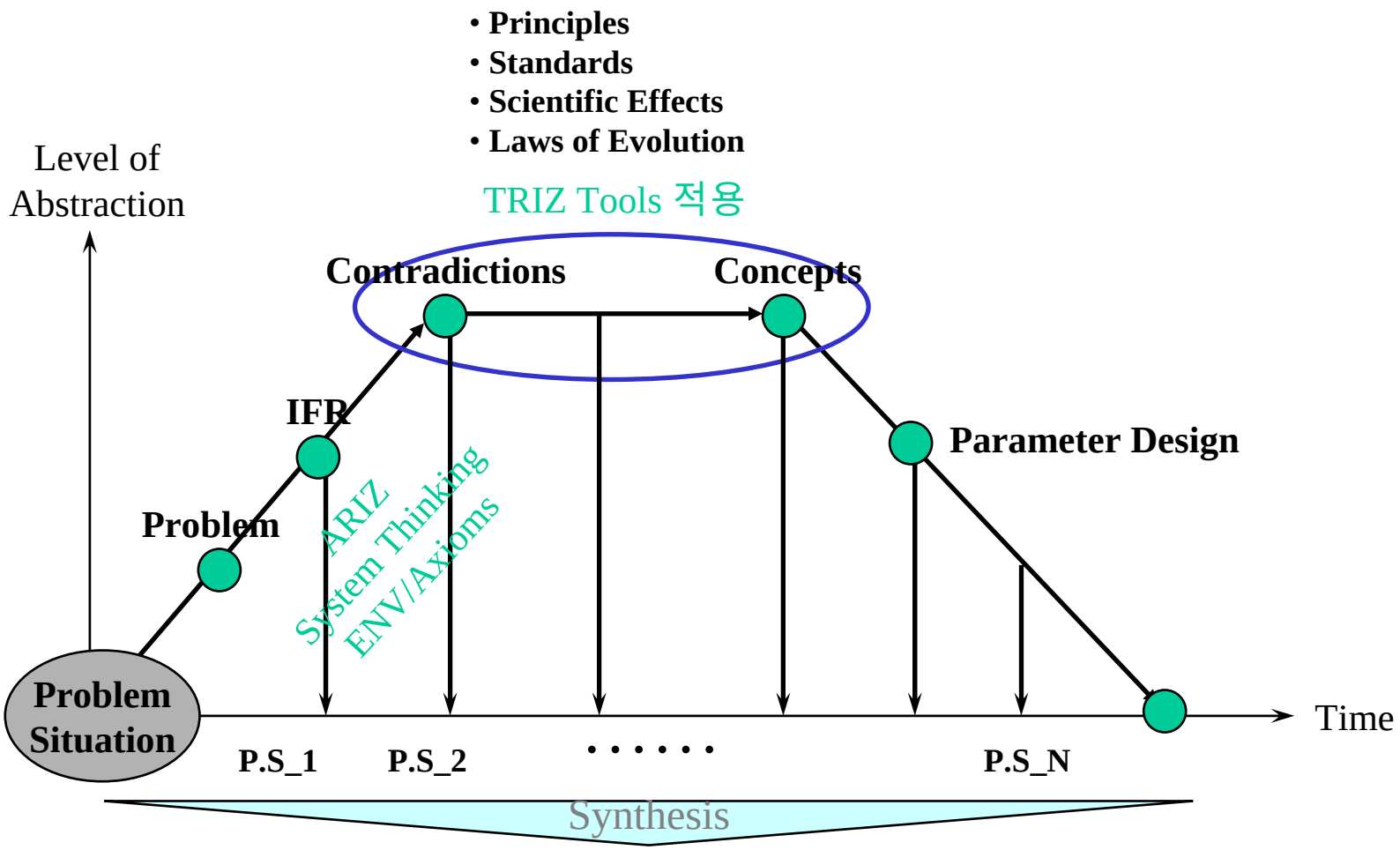
■ **Ideality :**이상지향의 목표 (시스템의 기능은 유지하면서 부작용이나 추가적 비용이 발생되지 않는 이상적 상태)

■ **Contradiction :** 목표를 이루는데 있어서 장애 요인 (하나의 특성이 개선되면 다른 특성이 악화되는 갈등관계)

■ **Resource :** 시스템의 이상적 목표를 달성하기 위해 사용되는 시스템내/외의 가용자원
(시스템을 구성하고 있는 물질, 에너지장, 공간, 부산물 등)

■ **System Approach :** 문제를 정의하고 해결하는 관점으로 문제해결을 위한 자원을 정의하는 방법

Problem Deployment Scheme using TRIZ



Final Concept Solution

Basic Concept of Contradictions

Administrative Contradiction
문제 해결자에게 부여되는 상반된 요구 : 희망과 현실과의 모순

Technical Contradiction
기술시스템에 부여되는 상반된 요구 : 서로 다른 2개의 Parameter 간의 모순

Physical Contradiction
기술적 Parameter에 부여되는 상반된 요구 : 하나의 Parameter에서 값의 모순

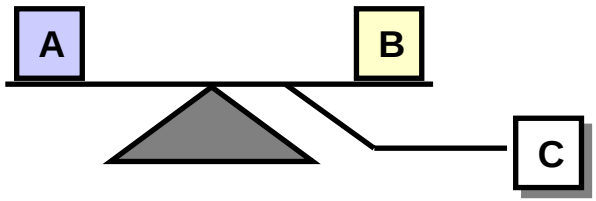
Technical Contradiction

도금공정에서 가열을 하면 생산성(A)은 향상되지만
도금용 재료의 낭비(B)가 발생함.

⇔

Physical Contradiction

생산성(A) 향상을 위해서는 온도(C)가 높아야 하며
재료(B)의 절약을 위해서는 온도(C)가 낮아야 함



Control Parameter(C) - 온도

Elimination of Physical Contradiction

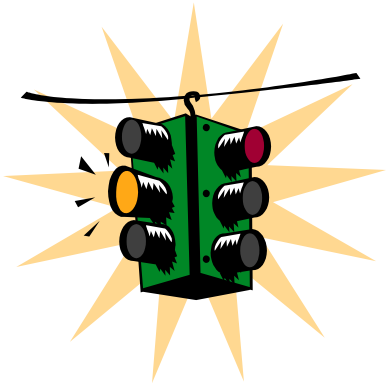
System내에 있는 어떤 Parameter C에 대하여, 동시에 상반되는 C의 값이 요구될 때

(예) 비행기의 날개는 이륙시엔 큰 면적이 필요하나 고속비행을 위해서는 면적이 작아야 함

TRIZ에서는 두개의 서로 모순되는 조건을 분리함으로써 Physical Contradiction을 제거

자연과학적 현상 및 효과

Separation Principles



Separation in Time

Separation in Space

Separation in Scale (or Between parts & the whole)

Separation upon Condition

1) Separation in Time

어떤 특성은 한 시점에선 커야 하고 (존재해야 하고), 다른 시점에선 작아야 함 (사라져야 함)

이 특성은 '항상' 커야 (존재해야) 하는가? (이 특성이 필요하지 않은 시간대가 있는가?)
그런 시간대가 존재한다면 반대되는 요구 조건들을 시간상에서 분리(separation)하는 것이 가능한가?

동일한 공간이나 장소에 상반된 요구가 있을 때 적용

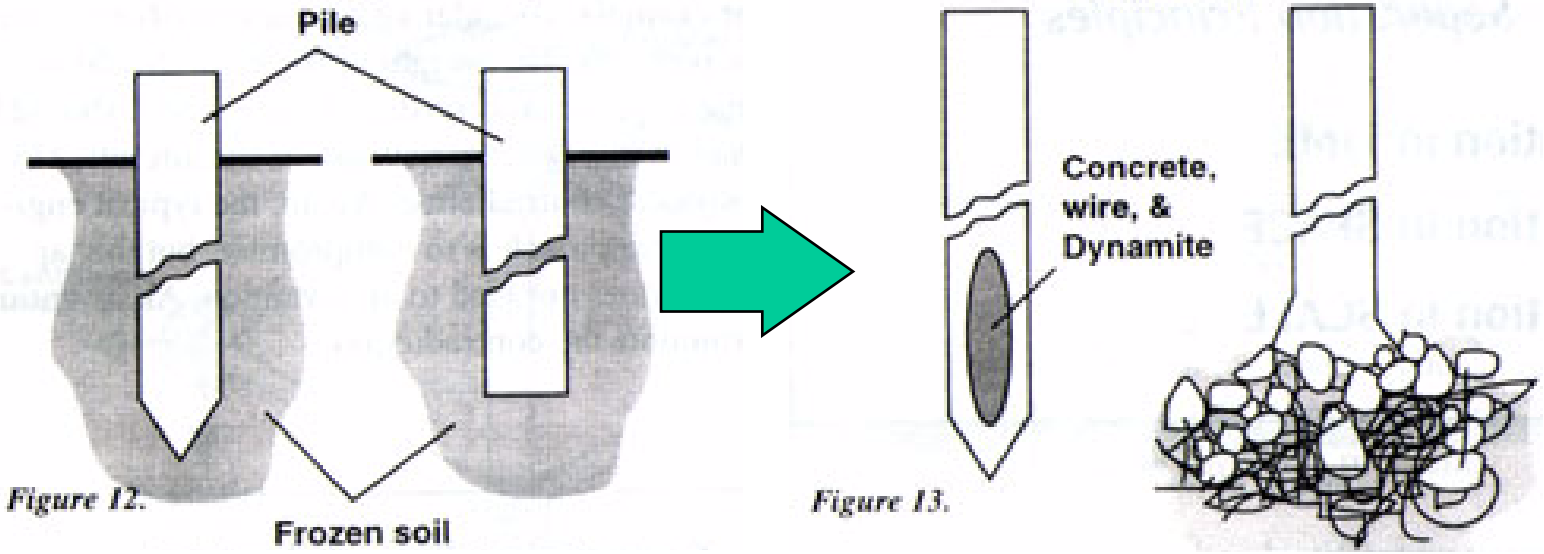


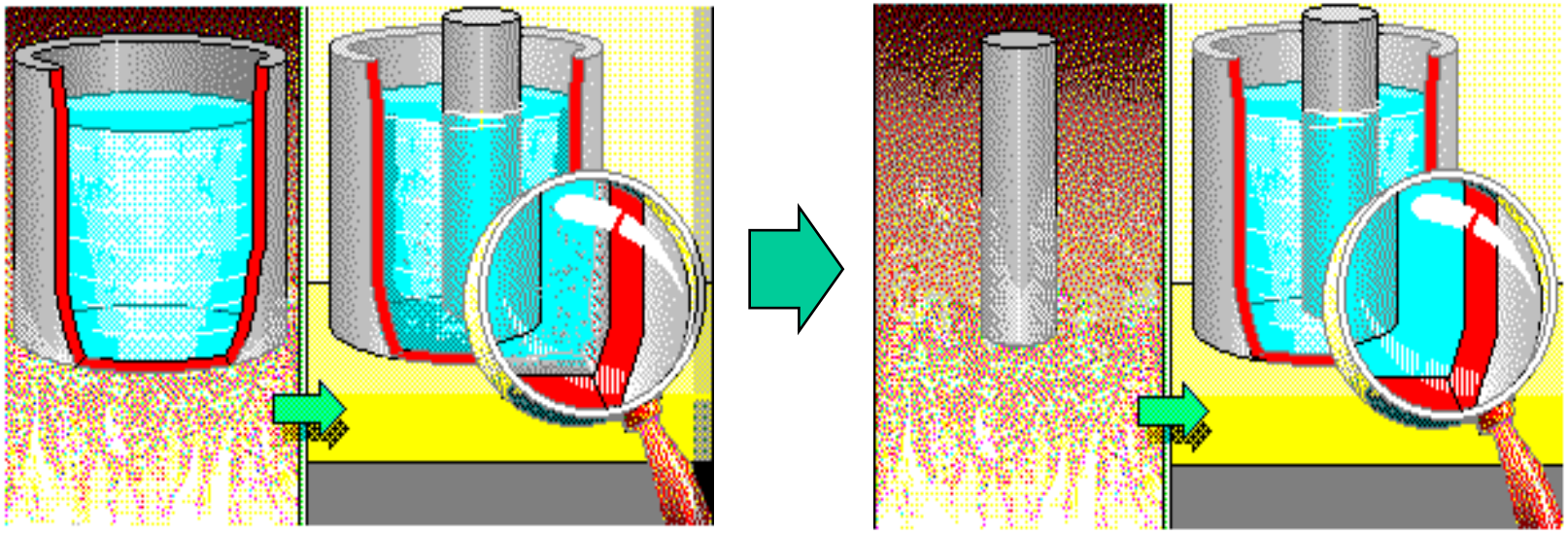
Figure 12.

Figure 13.

2) Separation in Space

어떤 특성은 한 장소에선 커야 하고 (존재해야 하고) 다른 장소에선 작아야 함 (사라져야 함)
이 특성은 '모든 곳에서' 커야 (존재해야) 하는가? (이 특성이 필요하지 않은 장소가 있는가?)
그런 장소가 존재한다면 반대되는 요구 조건들을 공간적으로 분리하는 것이 가능한가?

동일한 시점에 서로 상반되는 요구가 있을 때 적용

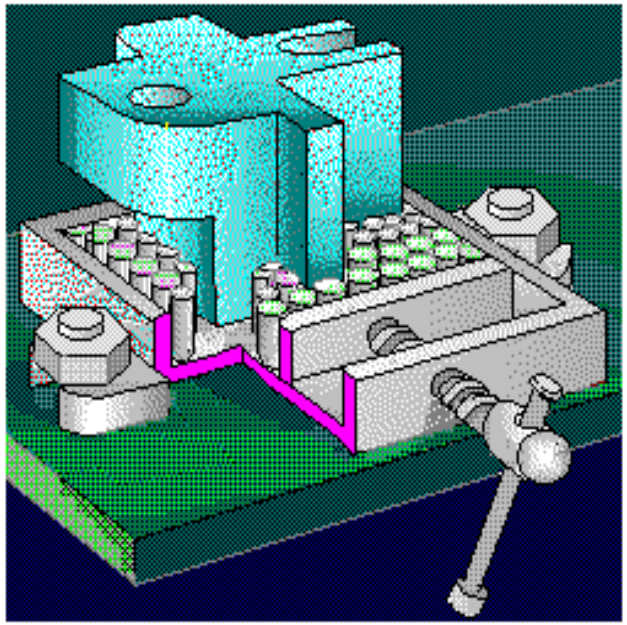


Ideation Int'l ©

3) Separation in Scale

어떤 특성은 System Level에선 어떤 값을 갖지만 (존재해야 하고), Component Level에선 반대값을 가짐 (사라져야 함)

동일한 시점과 공간에 상반된 요구조건이 존재할 때 적용



Ideation Int'l ©

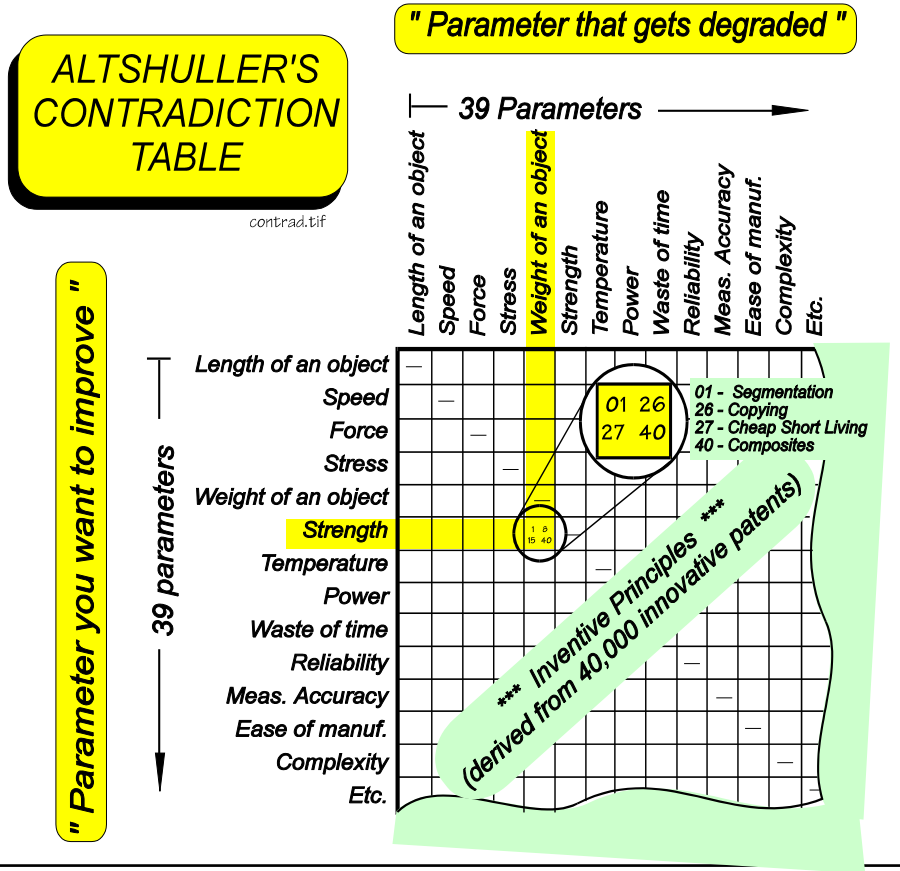
Principles for Contradiction Elimination

장소에 따라 분리
시간으로 분리
시스템 전이 1a : 동질 또는 이질의 시스템들을 하나의 시스템으로 결합
시스템 전이 1b : 반대기능을 수행하는 Anti-System을 활용 및 결합
시스템 전이 1c : 시스템 전체로써 하나의 성질을 갖고 이 시스템의 구성요소들은 반대의 성질을 갖도록 구분
시스템 전이 2 : 미세수준에 의해서 동작되는 시스템으로 전이
상태전이 1 : 시스템 또는 외부 환경의 상태를 다른 상태로 대체
상태전이 2 : 동일한 물질의 두가지 물리적 상태를 이용
상태전이 3 : 상태전이의 결과로 발생되는 효과를 이용
상태전이 4 : 서로 다른 물리적 상태에 있는 두 물질의 이용
물리-화학적 전이 : 용해-분해, 결합-재결합 등으로 인해 발생하는 물질의 생성-소멸 현상을 이용

Elimination of Technical Contradiction

System내에 있는 어떤 Parameter A를 개선하면, 다른 Parameter B가 악화되는 문제

Contradiction Matrix Table
Engineering Parameters (39)
Inventive Principles (40)



39 Engineering Parameters

1.Weight of moving object (이동 물체의 무게)
2.Weight of binding object (정지 물체의 무게)
3.Length of moving object (이동 물체의 길이)
4.Length of binding object (정지 물체의 길이)
5.Area of moving object (이동 물체의 면적)
6.Area of binding object (정지 물체의 면적)
7.Volume of moving object (이동 물체의 부피)
8.Volume of binding object (정지 물체의 부피)
9.Speed (빠르기, 속력)
10.Force (힘)
11.Tension, Pressure, Stress (인장강도, 압력, 응력)
12.Shape (형상)
13.Stability of object (물체의 구조적, 상태적 안정성)
14.Strength (강도)
15.Durability of moving object (이동 물체 동작의 지속)
16.Durability of binding object (정지 물체 동작의 지속)
17.Temperature (온도)
18.Brightness (밝기)
19.Energy spent by moving object (이동 물체의 에너지 소비)
20.Energy spent by binding object (정지 물체의 에너지 소비)
21.Power (파워, 동력)
22.Waste of energy (에너지 손실)
23.Waste of substance (물질의 손실)
24.Loss of information (정보의 손실)
25.Waste of time (시간의 소비)
26.Amount of substance (물질의 양)
27.Reliability (신뢰성)
28.Accuracy of measurement (측정의 정확도)
29.Accuracy of manufacturing (제조의 정밀도)
30.Harmful factors acting on object (가해지는 부작
31.Harmful side effects (발생된 부작용)
32.Manufacturability (제조의 편의성)
33.Convenience of use (조작/사용의 편이성)
34.Repairability (수리의 용이성/보전성)
35.Adaptability (적응능력)
36.Complexity of device (장치의 복잡성)
37.Complexity of control (측정/통제의 복잡성)
38.Level of automation (자동화의 정도)
39.Productivity (생산성)

Feature to Improve	Undesired Result	Weight of moving object	Weight of stationary object	Length of moving object	Length of stationary object	Area of moving object	Area of stationary object	Volume of moving object	Volume of stationary object	Speed	Force (intensity)	Stress or pressure	Shape	Stability of object's composition	Strength	Duration of action of moving object	Duration of action of stationary object	Temperature	Illumination intensity	Use of energy by moving object	Use of energy by stationary object	Power	Loss of energy	Loss of substance	Loss of information	Loss of time	Quantity of substance	Reliability	Measurement accuracy	Manufacturing precision	Object-affected harmful factors	Object-generated harmful factors	Ease of manufacture	Ease of operation	Ease of repair	Adaptability or versatility	Device complexity	Difficulty of detecting and measuring	Extent of automation	Productivity	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	
Weight of moving object	1		***	15, 8, 29, 34	***	29, 17, 38, 34	***	29, 2, 40, 28	***	2, 8, 15, 38	8, 10, 18, 37	10, 36, 37, 40	10, 14, 35, 40	1, 35, 19, 39	28, 27, 18, 40	5, 34, 31, 35	***	6, 29, 4, 38	19, 1, 32	35, 12, 34, 31	***	12,36, 18, 31	6, 2, 34, 19	5, 35, 3, 31	10, 24, 35	10, 35, 20, 28	3, 26, 18, 31	3, 11, 1, 27	28, 27, 35, 26	28, 35, 26, 18	22, 21, 18, 27	22, 35, 31, 39	27, 28, 1, 36	35, 3, 2, 24	2, 27, 28, 11	29, 5, 15, 8	26, 30, 36, 34	28, 29, 26, 32	26, 35, 18, 19	35, 3, 24, 37	1
Weight of stationary object	2	***		***	10, 1, 29, 35	***	35, 30, 13, 2	***	5, 35, 14, 2	***	8, 10, 19, 35	13, 29, 10, 18	13, 10, 29, 14	26, 39, 1, 40	28, 2, 10, 27	***	2, 27, 19, 6	28, 19, 32, 22	19, 32, 35	***	18, 19, 28, 1	15, 19, 18,22	18, 19, 28, 15	5, 8, 13, 30	10, 15, 35	10, 20, 35, 26	19, 6, 18, 26	10, 28, 8, 3	18, 26, 28	10, 1, 35, 17	2, 19, 22, 37	35, 22, 1, 39	28, 1, 9	6, 13, 1, 32	2, 27, 28, 11	19, 15, 29	1, 10, 26, 39	25, 28, 17, 15	2, 26, 35	1, 28, 15, 35	2
Length of moving object	3	8,15, 29, 34	***		***	15, 17, 4	***	7, 17, 4, 35	***	13, 4, 8	17, 10, 4	1, 8, 35	1, 8, 10, 29	1, 8, 15, 34	8, 35, 29, 34	19	***	10, 15, 19	32	8, 35, 24	***	1, 35	7, 2, 35, 39	4, 29, 23, 10	1, 24	15, 2, 29	29, 35	10, 14, 29, 40	28, 32, 4	10, 28, 29, 37	1, 15, 17, 24	17, 15	1, 29, 17	15, 29, 35, 4	1, 28, 10	14, 15, 1, 16	1, 19, 26, 24	35, 1, 26, 24	17, 24, 26, 16	14, 4, 28, 29	3
Length of stationary object	4		35, 28, 40, 29	***		***	17, 7, 10, 40	***	35, 8, 2, 14	***	28, 10	1, 14, 35	13, 14, 15, 7	39, 37, 35	15, 14, 28, 26	***	1, 40, 35	3, 35, 38, 18	3, 25	***		12, 8	6, 28	10, 28, 24, 35	24, 26	30, 29, 14		15, 29, 28	32, 28, 3	2, 32, 10	1, 18		15, 17, 27	2, 25	3	1, 35	1, 26	26		30, 14, 7, 26	4
Area of moving object	5	2, 17, 29, 4	***	14, 15, 18,4	***		***	7, 14, 17, 4		29, 30, 4, 34	19, 30, 35, 2	10, 15, 36, 28	5, 34, 29, 4	11, 2, 13, 39	3, 15, 40, 14	6, 3	***	2, 15, 16	15, 32, 19, 13	19, 32	***	19, 10, 32, 18	15, 17, 30, 26	10, 35, 2, 39	30, 26	26, 4	29, 30, 6, 13	29, 9	26, 28, 32, 3	2, 32	22, 33, 28, 1	17, 2, 18, 39	13, 1, 26, 24	15, 17, 13, 16	15, 13, 10, 1	15, 30	14, 1, 13	2, 36, 26, 18	14, 30, 28, 23	10, 26, 34, 2	5
Area of stationary object	6	***	30, 2, 14, 18	***	26, 7, 9, 39	***		***		***	1, 18, 35, 36	10, 15, 36, 37		2, 38	40	***	2, 10, 19, 30	35, 39, 38		***		17, 32	17, 7, 30	10, 14, 18, 39	30, 16	10, 35, 4, 18	2, 18, 40, 4	32, 35, 40, 4	26, 28, 32, 3	2, 29, 18, 36	27, 2, 39, 35	22, 1, 40	40, 16	16, 4	16	15, 16	1, 18, 36	2, 35, 30, 18	23	10, 15, 17, 7	6
Volume of moving object	7	2, 26, 29, 40	***	1, 7, 4, 35	***	1, 7, 4, 17	***		***	29, 4, 38, 34	15, 35, 36, 37	6, 35, 36, 37	1, 15, 29, 4	28, 10, 1, 39	9, 14, 15, 7	6, 35, 4	***	34, 39, 10, 18	2, 13, 10	35	***	35, 6, 13, 18	7, 15, 13, 16	36, 39, 34, 10	2, 22	2, 6, 34, 10	29, 30, 7	14, 1, 40, 11	26, 25, 28	25, 28, 2, 16	22, 21, 27, 35	17, 2, 40, 1	29, 1, 40	15, 13, 30, 12	10	15, 29	26, 1	29, 26, 4	35, 34, 16, 24	10, 6, 2, 34	7
Volume of stationary object	8	***	35, 10, 19, 14	19, 14	35, 8, 2, 14	***		***		***	2, 18, 37	24, 35	7, 2, 35	34, 28, 35, 40	9, 14, 17, 15	***	35, 34, 38	35, 6, 4		***		30, 6		10, 39, 35, 33		35, 18, 32, 18	35, 3	2, 35, 16		35, 10, 25	34, 39, 19, 27	30, 18, 35, 4	35		1		1, 31	2, 17, 26		35, 37, 10, 2	8
Speed	9	2, 28, 13, 38	***	13, 14, 8	***	29, 30, 34	***	7, 29, 34	***		13, 28, 15, 19	6, 18, 38, 40	35, 15, 18, 34	28, 33, 1, 18	8, 3, 26, 14	3, 19, 35, 5	***	28, 30, 36, 2	10, 13, 19	8, 15, 35, 38	***	19, 35, 38, 2	14, 20, 19, 35	10, 13, 28, 38	13, 26		10, 19, 29, 38	11, 35, 27, 28	28, 32, 1, 24	10, 28, 32, 25	1, 28, 35, 23	2, 24, 35, 21	35, 13, 8, 1	32, 28, 13, 12	34, 2, 28, 27	15, 10, 26	10, 28, 4, 34	3, 34, 27, 16	10, 18		9
Force (intensity)	10	8, 1, 37, 18	18, 13, 1, 28	17, 19, 9, 36	28, 10	19, 10, 15	1, 18, 36, 37	15, 9, 12, 37	2, 36, 18, 37	13, 28, 15, 12		18, 21, 11	10, 35, 40, 34	35, 10, 21	35, 10, 14, 27	19, 2		35, 10, 21	***	19, 17, 10	1, 16, 36, 37	19, 35, 18, 37	14, 15	8, 35, 40, 5		10, 37, 36	14, 29, 18, 36	3, 35, 13, 21	35, 10, 23, 24	28, 29, 37, 36	1, 35, 40, 18	13, 3, 36, 24	15, 37, 18, 1	1, 28, 3, 25	15, 1, 11	15, 17, 18, 20	26, 35, 10, 18	36, 37, 10, 19	2, 35	3, 28, 35, 37	10
Stress or pressure	11	10, 36, 37, 40	13, 29, 10, 18	35, 10, 36	35, 1, 14, 16	10, 15, 36, 28	10, 15, 36, 37	6, 35, 10	35, 24	6, 35, 36	36, 35, 21		35, 4, 15, 10	35, 33, 2, 40	9, 18, 3, 40	19, 3, 27		35, 39, 19, 2	***	14, 24, 10, 37		10, 35, 14	2, 36, 25	10, 36, 3, 37		37, 36, 4	10, 14, 36	10, 13, 19, 35	6, 28, 25	3, 35	22, 2, 37	2, 33, 27, 18	1, 35, 16	11	2	35	19, 1, 35	2, 36, 37	35, 24	10, 14, 35, 37	11
Shape	12	8, 10, 29, 40	15, 10, 26, 3	29, 34, 5, 4	13, 14, 10, 7	5, 34, 4, 10		14, 4, 15, 22	7, 2, 35	35, 15, 34, 18	35, 10, 37, 40	34, 15, 10, 14		33, 1, 18, 4	30, 14, 10, 40	14, 26, 9, 25		22, 14, 19, 32	13, 15, 32	2, 6, 34, 14		4, 6, 2	14	35, 29, 3, 5		14, 10, 34, 17	36, 22	10, 40, 16	28, 32, 1	32, 30, 40	22, 1, 2, 35	35, 1	1, 32, 17, 28	32, 15, 26	2, 13, 1	1, 15, 29	16, 29, 1, 28	15, 13, 39	15, 1, 32	17, 26, 34, 10	12
Stability of object's composition	13	21, 35, 2, 39	26, 39, 1, 40	13, 15, 1, 28	37	2, 11, 13	39	28, 10, 19, 39	34, 28, 35, 40	33, 15, 28, 18	10, 35, 21, 16	2, 35, 40	22, 1, 18, 4		17, 9, 15	13, 27, 10, 35	39, 3, 35, 23	35, 1, 32	32, 3, 27, 15	13, 19	27, 4, 29, 18	32, 35, 27, 31	14, 2, 39, 6	2, 14, 30, 40		35, 27	15, 22, 35		13	18	35, 24, 30, 18	35, 40, 27, 39	35, 19	32, 35, 30	2, 35, 10, 16	35, 30, 34, 2	2, 35, 22, 26	35, 22, 39, 23	1, 8, 35	23, 35, 40, 3	13
Strength	14	1, 8, 40, 15	40, 26, 27, 1	1, 15, 8, 35	15, 14, 28, 26	3, 34, 40, 29	9, 40, 28	10, 15, 14, 7	9, 14, 17, 15	8, 13, 26, 14	10, 18, 3, 14	10, 3, 18, 40	10, 30, 35, 40	13, 17, 35		27, 3, 26		30, 10, 40	35, 19	19, 35, 10	35	10, 26, 35, 28	35	35, 28, 31, 40		29, 3, 28, 10	29, 10, 27	11, 3	3, 27, 16	3, 27	18, 35, 37, 1	15, 35, 22, 2	11, 3, 10, 32	32, 40, 28, 2	27, 11, 3	15, 3, 32	2, 13, 28	27, 3, 15, 40	15	29, 35, 10, 14	14
Duration of action of moving object	15	19, 5, 34, 31	***	2, 19, 9	***	3, 17, 19	***	10, 2, 19, 30	***	3, 35, 5	19, 2, 16	19, 3, 27	14, 26, 28, 25	13, 3, 35	27, 3, 10		***	19, 35, 39	2, 19, 4, 35	28, 6, 35, 18		19, 10, 35, 38		28, 27, 3, 18	10	20, 10, 28, 18	3, 35, 10, 40	11, 2, 13	3	3, 27, 16, 40	22, 15, 33, 28	21, 39, 16, 22	27, 1, 4	12, 27	29, 10, 27	1, 35, 13	10, 4, 29, 15	19, 29, 39, 35	6, 10	35, 17, 14, 19	15
Duration of action of stationary object	16	***	6, 27, 19, 16	***	1, 40, 35	***		***	35, 34, 38	***				39, 3, 35, 23	***			19, 18, 36, 40		***		16		27, 16, 18, 38	10	28, 20, 10, 16	3, 35, 3	34, 27, 6, 40	10, 26, 24		17, 1, 40, 33	22	35, 10	1	1	2		25, 34, 6, 35	1	20, 10, 16, 38	16
Temperature	17	36, 22, 6, 38	22, 35, 32	15, 19, 9	15, 19, 9	3, 35, 39, 18	35, 38	34, 39, 40, 18	35, 6, 4	2, 28, 36, 30	35, 10, 3, 21	35, 39, 19, 2	14, 22, 19, 32	1, 35, 32	10, 30, 22, 40	19, 13, 39	19, 18, 36, 40		32, 30, 21, 16	19, 15, 3, 17		2, 14, 17, 25	21, 17, 35, 38	21, 36, 29, 31		35, 28, 21, 18	3, 17, 30, 39	19, 35, 3, 10	32, 19, 24	24	22, 33, 35, 2	22, 35, 2, 24	26, 27	26, 27	4, 10, 16	2, 18, 27	2, 17, 16	3, 27, 35, 31	26, 2, 19, 16	15, 28, 35	17
Illumination intensity	18	19, 1, 32	2, 35, 32	19, 32, 16		19, 32, 26		2, 13, 10		10, 13, 19	26, 19, 6		32, 30	32, 3, 27	35, 19	2, 19, 6		32, 35, 19		32, 1, 19	32, 35, 1, 15	32	13, 16, 1, 6	13, 1	1, 6	19, 1, 26, 17	1, 19		11, 15, 32	3, 32	15, 19	35, 19, 32, 39	19, 35, 28, 26	28, 26, 19	15, 17, 13, 16	15, 1, 19	6, 32, 13	32, 15	2, 26, 10	2, 25, 16	18
Use of energy by moving object	19	12, 18, 28, 31	***	12, 28	***	15, 19, 25	***	35, 13, 18	***	8, 15, 35	16, 26, 21, 2	23, 14, 25	12, 2, 29	19, 13, 17, 24	5, 19, 9, 35	28, 35, 6, 18	***	19, 24, 3, 14	2, 15, 19		***	6, 19, 37, 18	12, 22, 15, 24	35, 24, 18, 3		35, 38, 19, 18	34, 23, 16, 18	19, 21, 11, 27	3, 1, 32		1, 35, 6, 27	2, 35, 6	26, 26, 30	19, 35	1, 15, 17, 28	15, 17, 13, 16	2, 29, 27, 28	35, 38	32, 2	12, 28, 35	19
Use of energy by stationary object	20	***	19, 9, 6, 27	***		***		***		***	36, 37			27, 4, 29, 18	35				19, 2, 35, 32	***				28, 27, 18, 31				3, 35, 31	10, 36, 23		10, 2, 22, 37	19, 22, 18	1, 4					19, 35, 16, 25		1, 6	20
Power	21	8, 36, 38, 31	19, 26, 17, 27	1, 10, 35, 37		19, 38	17, 32, 13, 38	35, 6, 38	30, 6, 26	15, 35, 2	26, 2, 36, 35	22, 10, 35	29, 14, 2, 40	35, 32, 15, 31	26, 10, 28	19, 35, 10, 38	16	2, 14, 17, 25	16, 6, 19	16, 6, 19, 37				10, 35, 38	10, 19	35, 20, 10, 6	4, 34, 19	19, 24, 26, 31	32, 15, 2	32, 2	19, 22, 31, 2	2, 35, 18	26, 10, 34	26, 35, 10	35, 2, 10, 34	19, 17, 34	20, 19, 30, 34	19, 35, 16	28, 2, 17	28, 35, 34	21
Loss of energy	22	15, 6, 19, 28	19, 6, 18, 9	7, 2, 6, 13	6, 38, 7	15, 26, 17, 30	17, 7, 30, 18	7, 18, 23	7	16, 35, 38	36, 38			14, 2, 39, 6	26			19, 38, 7	1, 13, 32, 15			3, 38		35, 27, 2, 37	19, 10	10, 18, 32, 7	7, 18, 25	11, 10, 35	32		21, 22, 35, 2	21, 35, 2, 22		35, 32, 1	2, 19		7, 23	35, 3, 15, 23	2	28, 10, 29, 35	22
Loss of substance	23	35, 6, 23, 40	35, 6, 22, 32	14, 29, 10, 39	10, 28, 24	35, 2, 10, 31	10, 18, 39, 31	1, 29, 30, 36	3, 39, 18, 31	10, 13, 28, 38	14, 15, 18, 40	3, 36, 37, 10	29, 35, 3, 5	2, 14, 30, 40	35, 28, 31, 40	28, 27, 3, 18	27, 16, 18, 38	21, 36, 39, 31	1, 6, 13	35, 18, 24, 5	28, 27, 12, 31	28, 27, 18, 38	35, 27, 2, 31			15, 18, 35, 10	6, 3, 10, 24	10, 29, 39, 35	16, 34, 31, 28	35, 10, 24, 31	33, 22, 30, 40	10, 1, 34, 29	15, 34, 33	32, 28, 2, 24	2, 35, 34, 27	15, 10, 2	35, 15, 10, 28, 24	35, 18, 10, 13	10, 18	28, 35, 10, 23	23
Loss of information	24	10, 24, 35	10, 35, 5	1, 26	26	30, 26	30, 16		2, 22	26, 32					10	10		19				10, 19	19, 10			24, 26, 28, 32	24, 28, 35	10, 28, 23			22, 10, 1	10, 21, 22	32	27, 22				35, 33	35	13, 23, 15	24
Loss of time	25	10, 20, 37, 35	10, 20, 26, 5	15, 2, 29	30, 24, 14, 5	26, 4, 5, 16	10, 35, 17, 4	2, 5, 34, 10	35, 16, 32, 18		10, 37, 36, 5	37, 36, 4	4, 10, 34, 17	35, 3, 22, 5	29, 3, 28, 18	20, 10, 28, 18	28, 20, 10, 16	35, 29, 21, 18	1, 19, 26, 17	35, 38, 19, 18	1	35, 20, 10, 6	10, 5, 18, 32	35, 18, 10, 39	24, 26, 28, 32		35, 38, 18, 16	10, 30, 4	24, 34, 28, 32	24, 26, 28, 18	35, 18, 34	35, 22, 18, 39	35, 28, 34, 4	4, 28, 10, 34	32, 1, 10	35, 28	6, 29	18, 28, 32, 10	24, 28, 35, 30		25
Quantity of substance	26	35, 6, 18, 31	27, 26, 18, 35	29, 14, 35, 18		15, 14, 29	2, 18, 40, 4	15, 20, 29		35, 29, 34, 28	35, 14, 3	10, 36, 14, 3	35, 14	15, 2, 17, 40	14, 35, 10, 40	3, 35, 10, 40	3, 35, 31	3, 17, 39		34, 29, 16, 18	3, 35, 31	35	7, 18, 25	6, 3, 10, 24	24, 28, 35	35, 38, 18, 16		18, 3, 28, 40	3, 2, 28	35, 20	35, 33, 29, 31	3, 35, 40, 39	35, 25, 10	2, 32, 10, 25	15, 3, 29	3, 13, 27, 10	3, 27, 29, 18	8, 35	13, 29, 3, 27	26
Reliability	27	3, 8, 10, 40	3, 10, 8, 28	15, 9, 14, 4	15, 29, 28, 11	17, 10, 14, 16	32, 35, 40, 4	3, 10, 14, 24	2, 35, 24	21, 35, 11, 28	8, 28, 10, 3	10, 24, 35, 19	35, 1, 16, 11		11, 28	2, 35, 3, 25	34, 27, 6, 40	3, 35, 10	11, 32, 13	21, 11, 27, 19	36, 23	21, 11, 26, 31	10, 11, 35	10, 35, 29, 39	10, 28	10, 30, 4	21, 28, 40, 3		32, 3, 11, 23	11, 32, 1	27, 35, 2, 40	35, 2, 40, 26		27, 17, 40	1, 11	13, 35, 8, 24	13, 35, 1	27, 40, 28	11, 13, 27	1, 35, 29, 38	27
Measurement accuracy	28	32, 35, 26, 28	28, 35, 26, 26	28, 26, 5, 16	32, 28, 3, 16	26, 28, 32, 3	26, 28, 32, 3	32, 13, 6		28, 13, 32, 24	32, 2	6, 28, 32	6, 28, 32	32, 35, 13	28, 6, 32	28, 6, 32	10, 26, 24	6, 19, 28, 24	6, 1, 32	3, 6, 32		3, 6, 32	26, 32, 27	10, 16, 31, 28		24, 34, 28, 32	2, 6, 32	5, 11, 1, 23			28, 24, 22, 26	3, 33, 39, 10	6, 35, 25, 18	1, 13, 17, 34	1, 32, 13, 11	13, 35, 2	27, 35, 10, 34	26, 24, 32, 28	28, 2, 10, 34	10, 34, 28, 32	28
Manufacturing precision	29	28, 32, 13, 18	28, 35, 27, 9	10, 28, 29, 37	32, 2, 10	28, 33, 29, 32	2, 29, 18, 36	32, 23, 2	25, 10, 35	10, 28, 32	28, 19, 34, 36	3, 35	32, 30, 40	30, 18	3, 27	3, 27, 40		19, 26	3, 32	32, 2		32, 2	13, 35, 2	22, 31, 2	35, 31, 10, 24		32, 26, 28, 18	32, 30	11, 32, 1			26, 28, 10, 26	4, 17, 34, 26		1, 32, 35, 23	25, 10		26, 2, 18		26, 28, 18, 23	10, 18, 32, 39	29
Object-affected harmful factors	30	22, 21, 27, 39	2, 22, 13, 24	17, 1, 39, 4	1, 18	22, 1, 33, 28	27, 2, 39, 35	22, 23, 37, 35	34, 39, 19, 27	21, 22, 35, 28	13, 35, 39, 18	22, 2, 37	22, 1, 3, 35	35, 24, 30, 18	18, 35, 37, 1	22, 15, 33, 28	17, 1, 40, 33	32, 3, 35, 2	1, 19, 32, 13	1, 24, 6, 27	22, 32, 1	19, 22, 31, 2	21, 22, 35, 2	33, 22, 19, 40	22, 10, 2	35, 18, 34	35, 33, 29, 31	27, 24, 2, 40	28, 33, 23, 26	26, 28, 10, 18			24, 35, 2	2, 25, 28, 39	35, 10, 2	35, 11, 22, 31	22, 19, 29, 40	22, 19, 29, 40	33, 3, 34	22, 35, 13, 24	30
Object-generated harmful factors	31	19, 22, 15, 39	35, 22, 1, 39	17, 15, 16, 22		17, 2, 18, 39	22, 1, 40	17, 2, 40	30, 18, 35, 4	35, 28, 3, 23	35, 28, 1, 40	2, 33, 27, 18	35, 1	35, 40, 27, 39	15, 35, 22, 2	15, 22, 33, 31	21, 39, 16, 22	22, 35, 2, 24	19, 24, 39, 32	2, 35, 6	19, 22, 18	2, 35, 18	21, 35, 2, 22	10, 1, 34	10, 21, 29	1, 22	3, 24, 39, 1	24, 2, 40, 39	3, 33, 26	4, 17, 34, 26						19, 1, 31	2, 21, 27, 1	2	22, 35, 18, 39	31
Ease of manufacture	32	28, 29, 15, 16	1, 27, 36, 13	1, 29, 13, 17	15, 17, 27	13, 1, 26, 12	16, 40	13, 29, 1, 40	35	35, 13, 8, 1	35, 12	35, 19, 1, 37	1, 28, 13, 27	11, 13, 1	1, 3, 10, 32	27, 1, 4	35, 16	27, 26, 18	28, 24, 27, 1	28, 26, 27, 1	1, 4	27, 1, 12, 24	19, 35	15, 34, 33	32, 24, 18, 16	35, 28, 34, 4	35, 23, 1, 24		1, 35, 12, 18		24, 2			2, 5, 13, 16	35, 1, 11, 9	2, 13, 15	35, 12, 18	27, 26, 1	6, 28, 11, 1	8, 28, 1	35, 1, 10, 28	32
Ease of operation	33	25, 2, 13, 15	6, 13, 1, 25	1, 17, 13, 12		1, 17, 13, 16	18, 16, 15, 39	1, 16, 35, 15	4, 18, 39, 31	18, 13, 34	28, 13, 35	2, 32, 12	15, 34, 29, 28	32, 35, 30	32, 40, 3, 28	29, 3, 8, 25	1, 16, 25	26, 27, 13	13, 17, 1, 24	1, 13, 24		35, 34, 2, 10	2, 19, 13	28, 32, 2, 24	4, 10, 27, 22	4, 28, 10, 34	12, 35	17, 27, 8, 40	25, 13, 2, 34	1, 32, 35, 23	2, 25, 28, 39		2, 5, 12		12, 26, 1, 32	15, 34, 1, 16	32, 26, 12, 17		1, 34, 12, 3	15, 1, 28	33
Ease of repair	34	2, 27, 35, 11	2, 27, 35, 11	1, 28, 10, 25	3, 18, 31	15, 13, 32	16, 25	25, 2, 35, 11	1	34, 9	1, 11, 10	13	1, 13, 2, 4	2, 35	11, 1, 2, 9	11, 29, 28, 27	1	4, 10	15, 1, 13	15, 1, 28, 16		18, 10, 32, 2	15, 1, 32, 19	2, 35, 34, 27		32, 1, 10, 25	2, 28, 10, 25	11, 10, 1, 16	10, 2, 13	25, 10	35, 10, 2, 16		1, 35, 11, 10	1, 12, 26, 15		7, 1, 4, 16	35, 1, 13, 11		34, 35, 7, 13	1, 32, 10	34
Adaptability or versatility	35	1, 6, 15, 8	19, 15, 29, 16	35, 1, 29, 2	1, 35, 16	35, 30, 29, 7	15, 16	15, 35, 29		35, 10, 14	15, 17, 20	35, 16	15, 37, 1, 8	35, 30, 14	35, 3, 32, 6	13, 1, 35	2, 16	27, 2, 3, 35	6, 22, 26, 1	19, 35, 29, 13		19, 1, 29	18, 15, 26, 1	15, 10, 2, 13		35, 28	3, 35, 15	35, 13, 8, 24	35, 5, 1, 10		35, 11, 32, 31		1, 13, 31	15, 34, 1, 16	1, 16, 7, 4		15, 29, 37, 28	1	27, 34, 35	35, 28, 6, 37	35
Device complexity	36	26, 30, 34, 36	2, 26, 35, 39	1, 19, 26, 24	26	14, 1, 13, 16	6, 36	34, 26, 6	1, 16	34, 10, 28	26, 16	19, 1, 35	29, 13, 28, 15	2, 22, 17, 19	2, 13, 28	10, 4, 28, 15		2, 17, 13	24, 17, 13	27, 2, 29, 28		20, 19, 30, 34	10, 35, 13, 2	35, 10, 28, 29		6, 29	13, 3, 27, 10	13, 35, 1	2, 26, 10, 34	26, 24, 32	22, 19, 29, 40	19, 1	27, 26, 1, 13	27, 9, 26, 24	1, 13	29, 15, 28, 37		15, 10, 37, 28	15, 1, 24	12, 17, 28	36
Difficulty of detecting and measuring	37	27, 26, 28, 13	6, 13, 28, 1	16, 17, 26, 24	26	2, 13, 18, 17	2, 39, 30, 16	29, 1, 4, 16	2, 18, 26, 31	3, 4, 16, 35	36, 28, 40, 19	35, 36, 37, 32	27, 13, 1, 39	11, 22, 39, 30	27, 3, 15, 28	19, 29, 39, 25	25, 34, 6, 35	3, 27, 35, 16	2, 24, 26	35, 38	16	19, 1, 16, 10	35, 3, 15, 19	1, 18, 10, 24	35, 33, 27, 22	18, 28, 32, 9	3, 27, 29, 18	27, 40, 28, 8	26, 24, 32, 28		22, 19, 29, 28	2, 21	5, 28, 11, 29	2, 5	12, 26	1, 15	15, 10, 37, 28		34, 21	35, 18	37
Extent of automation	38	28, 26, 18, 35	28, 26, 35, 10	14, 13, 17, 28	23	17, 14, 13		35, 13, 16		28, 10,	2, 35	13, 35	15, 32, 1, 13	18, 1	25, 13	6, 9		26, 2, 19	8, 32, 19	2, 32, 13		28, 2, 27	23, 28	35, 10, 18, 5	35, 33	24, 28, 35, 30	35, 13	11, 27, 32	28, 26, 10, 34	28, 26, 18, 23	2, 33	2	1, 26, 13	1, 12, 34, 3	1, 35, 13	27, 4, 1, 35	15, 12, 17, 28, 24	34, 27, 25		5, 12, 35, 26	38
Productivity	39	35, 26, 24, 37	28, 27, 15, 3	18, 4, 28, 38	30, 7, 14, 26	10, 26, 34, 31	10, 35, 17, 7	2, 6, 34, 10	35, 37, 10, 2		28, 15, 10, 36	10, 37, 14	14, 10, 34, 40	35, 3, 22, 39	29, 28, 10, 18	35, 10, 2, 18	20, 10, 16, 38	35, 21, 28, 10	26, 17, 19, 1	35, 10, 38, 19	1	35, 20, 10	28, 10, 29, 35	28, 10, 35, 23	13, 15, 23		35, 38	1, 35, 10, 38	1, 10, 34, 28	18, 10, 32, 1	22, 35, 13, 24	35, 22, 18, 39	35, 28, 2, 24	1, 28, 7, 19	1, 32, 10, 25	1, 35, 28, 37	12, 17, 28, 24	35, 18, 27, 2	5, 12, 35, 26		39
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	

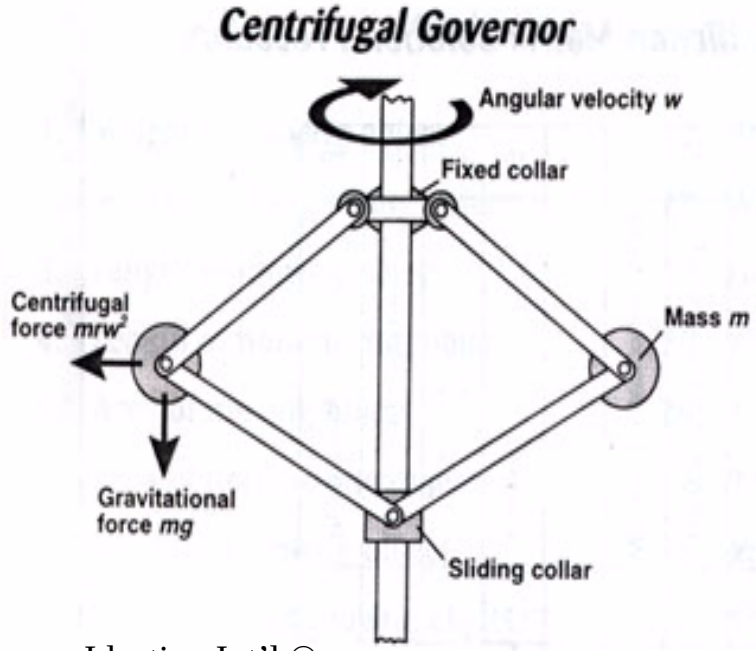
40 Inventive Principles

1) Division(분할)
2) Extraction(제거/추출)
3) Local Quality(국부적인 성질)
4) Asymmetry(비대칭)
5) Combinig(조합)
6) Universality(범용성)
7) Nesting(입자/끼워넣기)
8) Counterweight(균형)
9) Preliminary Counteraction(선점 반작용)
10) Preliminary Action(선점 작용)
11) Compensation(사전보호)
12) Equipotentiality(등 포텐셜)
13) Reverse(역 발상)
14) Sphericity(곡선/곡면)
15) Degree of Dynamism(다이나믹성)
16) Excess or Shortage(대략)
17) Change Dimension(다른 차원)
18) Oscillation(기계적 진동)
19) Periodic Actions(주기적 작용)
20) Steady Useful Action(유용한 효과 연속)
21) Rushing Through(초고속 실행)
22) Turn a Minus into a Plus(전화 위복)
23) Feedback(피드백)
24) Inserting(중개)
25) Self Service(셀프 서비스)
26) Copying(복사)
27) Cheap Short Life(쓰고 버림)
28) Redesigning(기계적인 시스템을 변경)
29) Fluid System(공기압과 액체압)
30) Flexible Membranes and Thin Films(박막)
31) Porous Materials(다공질 소재)
32) Changing color(변색)
33) Homogeneity(균질성)
34) Rejection and Regeneration(부품의 배제/재생
35) Changing Properties(응집상태를 변경)
36) Use of Phase Change(상 변화)
37) Thermal Expansion(열 팽창)
38) Oxidant (고농도 산소이용)
39) Inert Environment(불활성 분위기 이용)
40) Composite Materials(복합재료 이용)

Ex : Helicopter의 속도 조절용 Centrifugal Governor

회전하는 Ball의 질량 m은 비행을 위해 작아야 하지만 동시에 Governor의 역할을 위해서 m은 커야 함.

즉, 질량을 증가시키면 비행속도 감소 및 연료소비가 커지고 질량을 감소시키면 속도조절을 위한 Governor역할이 감소됨



Ideation Int'l ©

Solution Procedures

1) 문제상황을 기술한다.

2) 개선되어야 할 부분이 어디인지 정의한다.

3) 개선되어야 할 부분중에서 39가지 Parameter중 적절한 것을 선택한다.

4) 선택한 Parameter를 개선하기 위한 기술을 정의한다.

5) 개선하기 위해 변화를 줄 때 악화되는 부분을 정의한다.

6) 39가지 Parameter중 악화되는 것을 선택한다.

7) 모순을 해결하기 위해 모순표(Contradiction Table)에서 제시하는 Principle들을 찾는다.

8) 제시된 Principle들로부터 적용 Idea를 도출한다.

Contradiction Matrix

Contradiction Matrix Table로부터 개선하고자 하는 Parameter와 악화되는 Parameter를 선택하였을때 해당 좌표에 표시된 숫자들이 TRIZ에서 제안하는 문제해결을 위한 40 Inventive Principles이며 이 제안에 따라 구체적인 적용 Idea를 도출하게 됨.

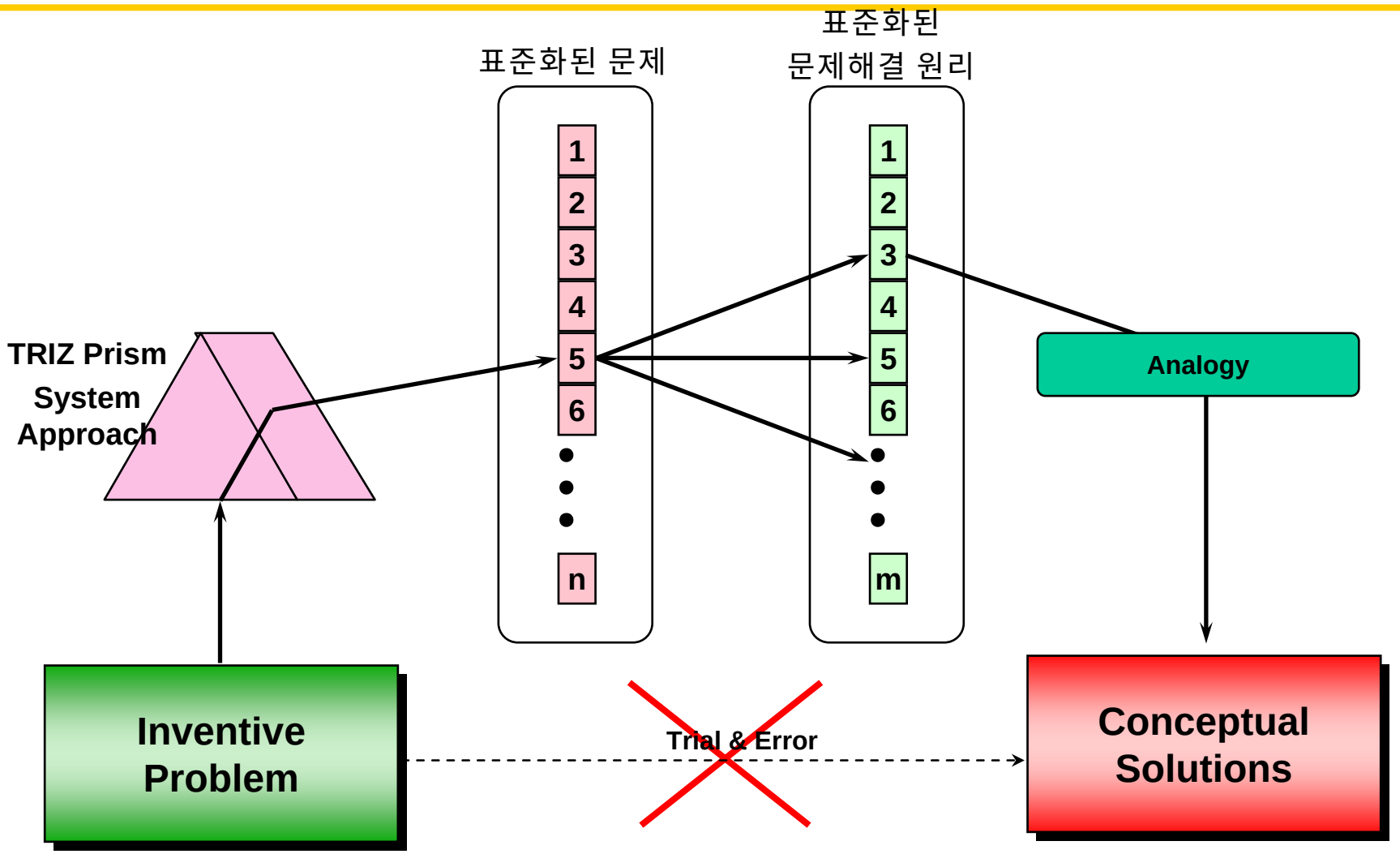
Technical Contradiction Matrix Solution Procedure

Undesired Result (Degraded Feature) / Feature to Improve		1 Weight of moving object	2 Weight of nonmoving object	• •	10 Force	• •	38 Level of automation	39 Productivity
1	Weight of moving object				8,10, 18,37			
2	Weight of nonmoving object							
• •	• •							
38	Level of automation							
39	Productivity							

Proposed Solution Pathways:

- 8 Counterweight
- 10 Prior action
- 18 Mechanical vibration
- 37 Thermal expansion

How does the TRIZ work ?



Advantages using TRIZ

STRONG

Identify Problem	Formulate Problem	Develop Concepts	Evaluate	Implement

기술적 문제에 대한 고품질의 **Feasible Concept Solutions** 개발

기술적 고정관념의 한계극복, 연구생산성 향상

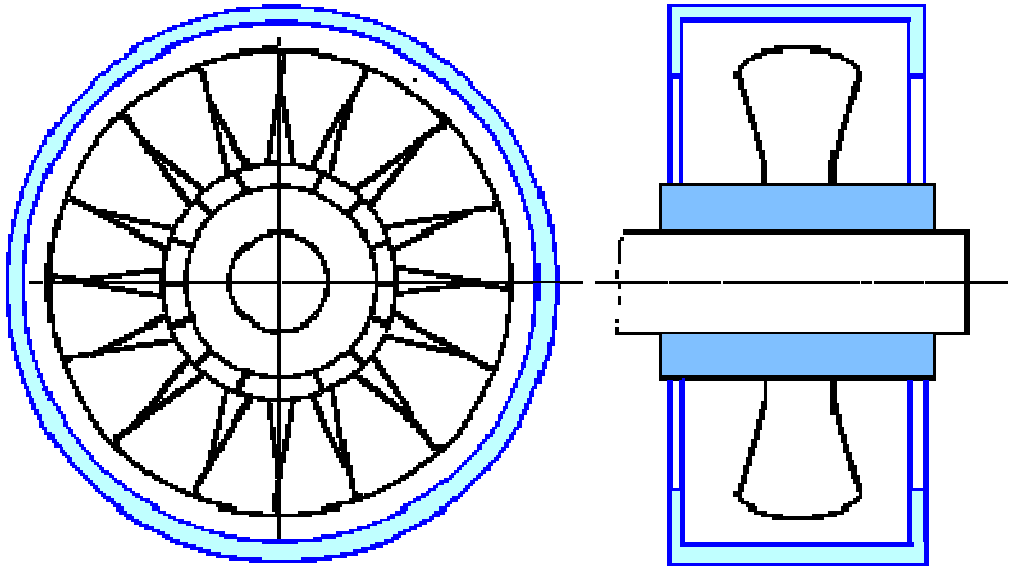
TRIZ is not easy way to solution!
But this is efficient way to powerful Solution!

TRIZ is a very complex science!

It is required to spend a lot of time for practice

사례연구: 1단계: 문제상황의 기술(문서화)

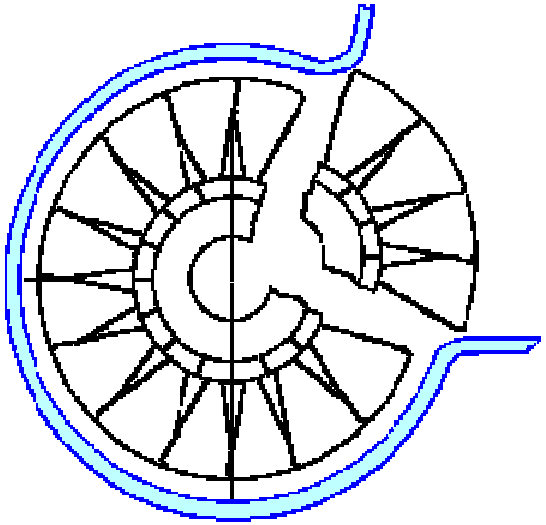
문제개요: 견제 링은 항공기 에어컨디셔닝 시스템의 팬에 사용되는 부품이다. 이 링은 팬이 파열되었을 때 팬의 균열을 보호하도록 설계되었다. 이 링은 강해야 하기 때문에 두껍고 무겁다. 문제는 어떻게 하면 이 링의 무게를 줄일 것인가 하는 것이다. 그러나 링의 무게를 줄이는 것은 허용하기 어려울 정도로 강도를 감소 시킨다.



팬의 회전속도는 팬의 파열을 일으키는 원심력을 만든다. 이것이 생기면 팬의 파편들이 고속으로 날아간다. 이들 파편은 주변의 설비를 파괴시키거나 가까이 있는 사람들을 다치게 한다.

초기의 유용한 기능: 견제 링의 초기의 유용한 기능은 날아가는 쪽으로 부터 임펠러의 파열로 생기는 파편들을 막아주는 데 있다.

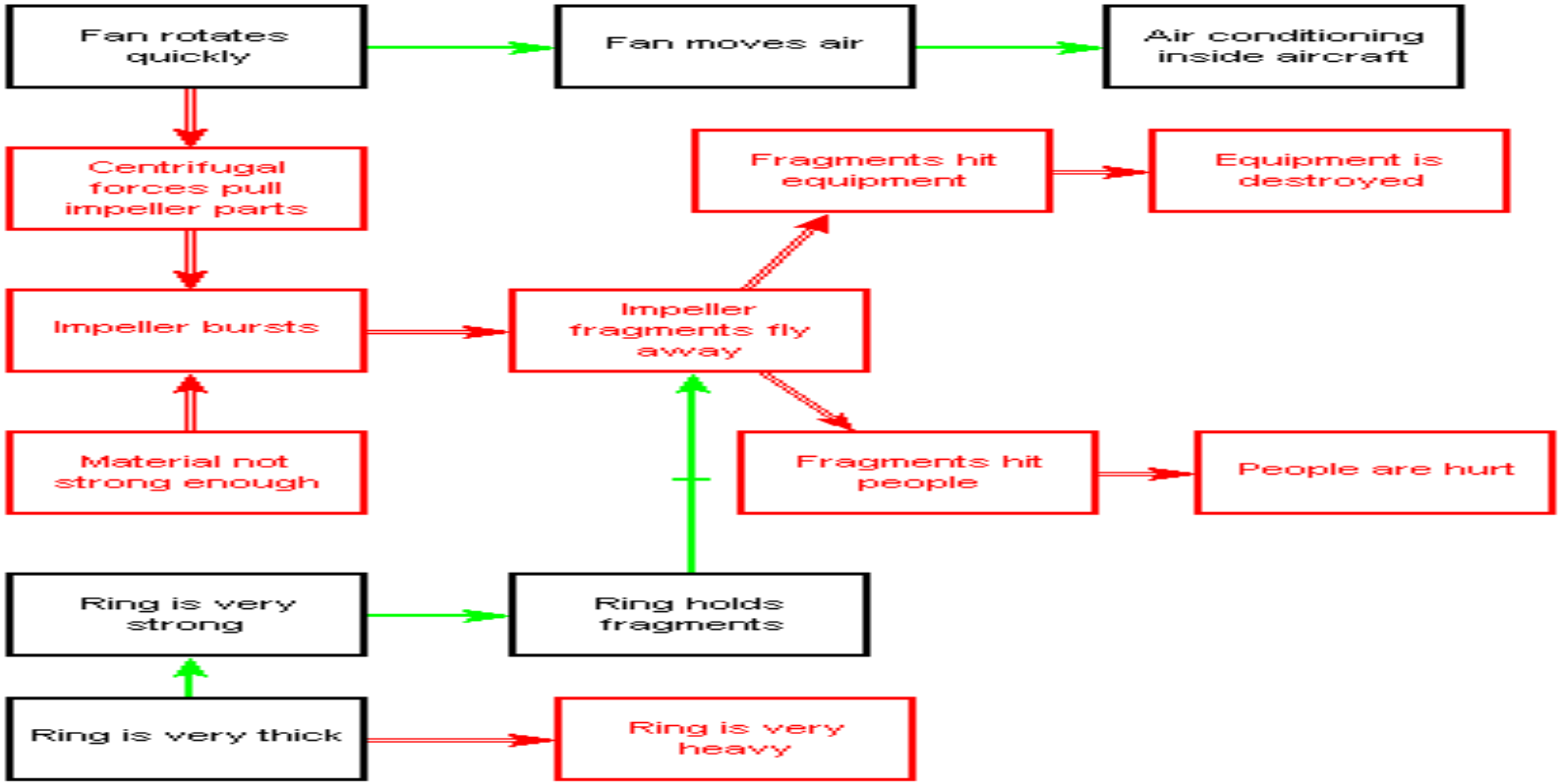
약점: 얇은 견제 링은 가볍지만 날아가는 파편들을 막을 수 없고, 두꺼운 견제 링은 날아가는 쪽으로 부터 팬의 파편들을 보호하지만 너무 무겁다.



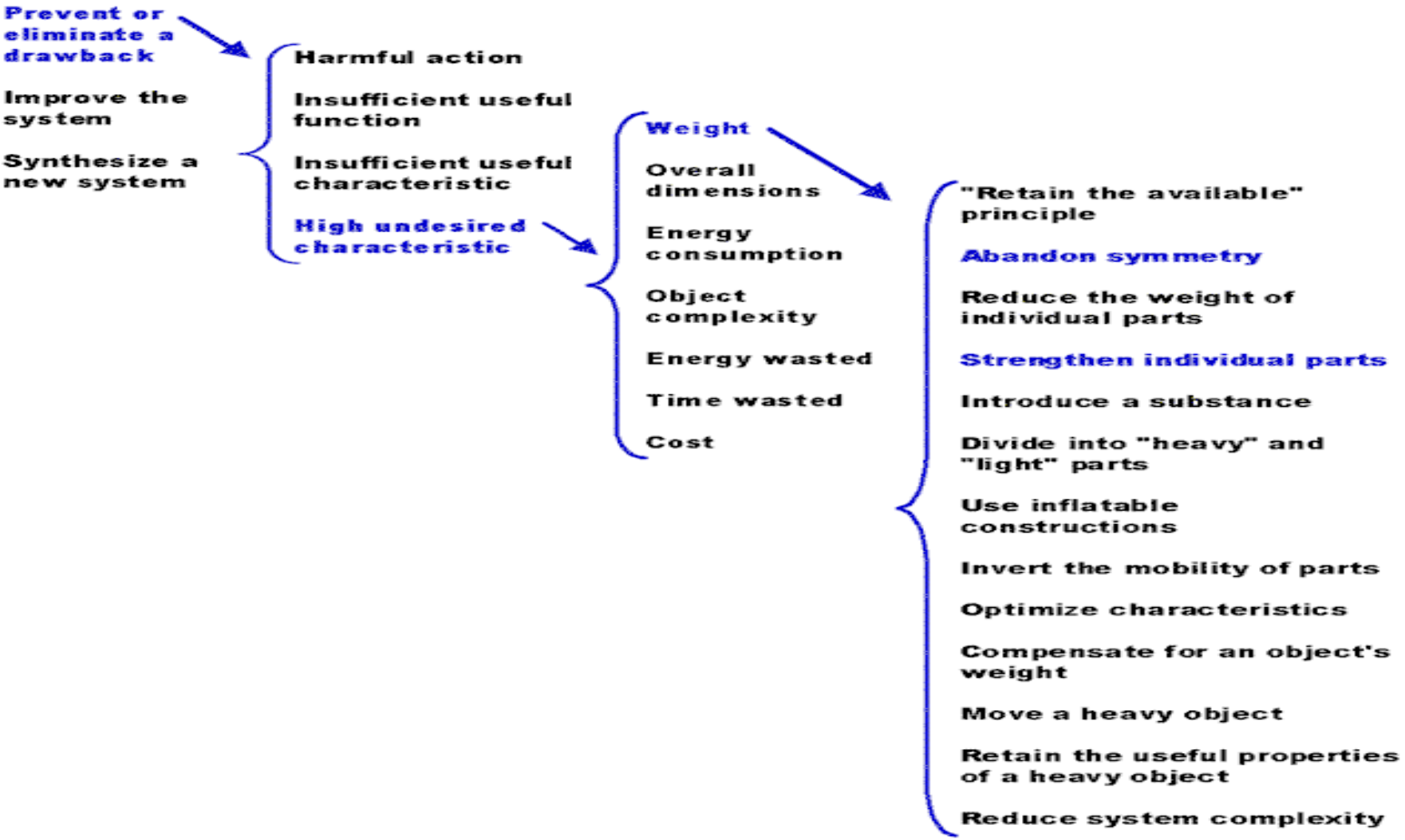
2단계 :문제의 공식화 (Cause-Effects적용)

견제 링의 문제를 설명하는 문제의 공식화 모델은 아래와 같다(IWB 소프트웨어의 문제의 공식화 모듈을 가지고 그린다) 이 문제는 그것을 해결하기 어렵게 만드는 2가지의 모순을 포함하고 있다는 점을 유의하라::

- 팬의 고속 회전은 공기의 이동을 생성하지만, 또한 임펠러를 잡아 당기는 원심력을 일으킨다.
- 링의 두께는 링의 강도를 생성하지만 또한 링을 무겁게 만드는 결과를 초래한다.



3단계: 해결방향의 최적화 및 아이디어 창출



Operator: "Abandon Symmetry"

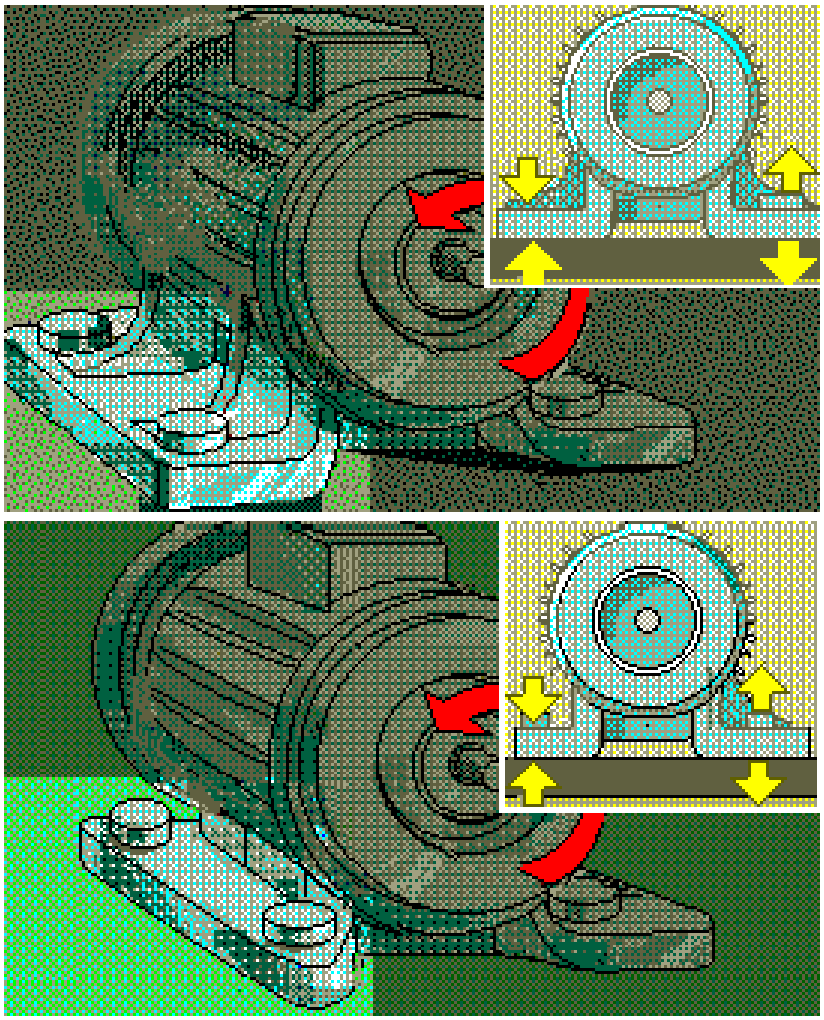
Recommendation:

If an object is symmetrical, consider reducing its weight by abandoning the symmetry. Consider, for example, excluding a part of the object that does not bear the main load.

Illustration:

Designing asymmetrical mounts For aesthetic reasons, motor and generator mounts are often designed with symmetrical shapes. But because the machines rotate, the load on the mounts is actually asymmetrical.

To reduce the weight and conserve material, mounts for non-reversible units should be designed to support only the loads they must actually bear.



Ideas Generated:

- **Vary the thickness of the ring, reducing the thickness where permissible.**

Operator: "Strengthen Individual Parts"

Recommendation:

Consider strengthening those parts that bear the main load, and also reducing the weight of the parts that do not bear the main load.

Illustration:

Pump housing made of standard pipe

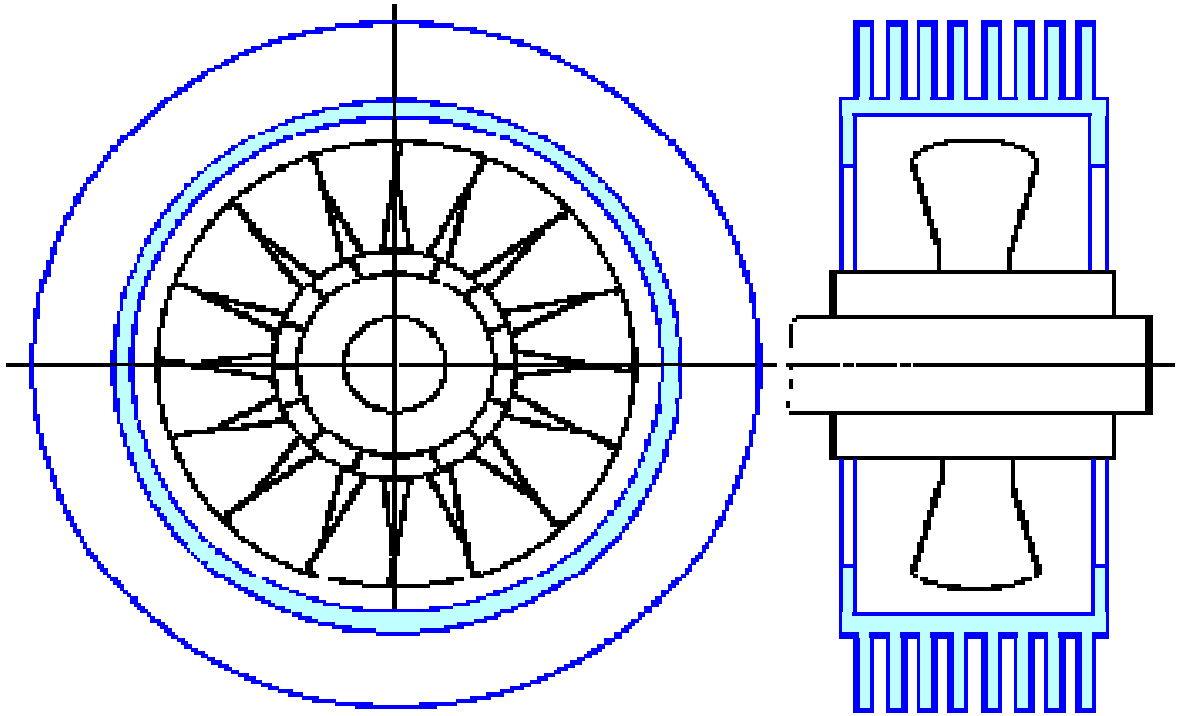
The housing of a high pressure pump, made from a steel casting, was complicated in shape. Since cavities and uneven surfaces were frequently found in the casting (necessitating repairs made by welding), a very thick, heavy casting was used.

The defects were eliminated, and the weight reduced by nearly half, when the housing was fabricated by welding several pieces together. High-strength rolled pipe was used for the section that was required to withstand the greatest pressure.

Ideas Generated:

- **Make a multi-layer ring**
- **Add "ribs" to a thin ring**

Concept #1: Make the ring thin, but composed of several circular ribs. These ribs can significantly increase the strength of the ring with a less significant increase in mass.



Concept #2: Make a multi-layer ring as described by the following: *Internal layer* made of a thin steel ring

***Intermediate layer* to absorb the energy of the fragments, made of:**

- **radial brush**
- **balls**
- **honeycomb**

***External layer* to hold the fragments, made of:**

- **steel pipe**
- **coil**
- **textile or wire needles**