

기술혁신과 전략의 융합

기술 예측 및 기획

김명섭

기술 예측 및 기획

■ 기술 예측

- 기술예측 : 합리적/과학적 방법으로 자료를 분석한 결과를 바탕으로 미래의 기술특성의 변화 방향과 속도를 전망
 - 정성적, 정량적 분석
 - 실증적 자료를 통해 분석 결과를 입증
 - 결과를 예측가능하다는 가정하에 분석
 - 기술혁신, 기술전략과 병행
- 기술평가 : 신기술 출현, 기존기술의 변화가 사회에 미칠 영향에 대해 기술 출현 전후에 분석, 대응
 - 1960년대 이후 대형 공공프로젝트로 인한 사회구조와 환경에 대한 부정적인 영향을 경험한 이후 필요성 대두
 - 미국/유럽을 중심으로 기술평가 발달
 - 미국은 사후평가, 유럽은 사전평가 : 기술영향평가에 주력

기술 예측 및 기획

- 기술 예측
- 기술예측 목적과 요소

목적	제품개선 및 신제품 개발 영역/주제 선정
	대안 기술 확인, 신기술 도입시기 결정
	기술 진보의 사회적 영향 파악
	기술의 기회요소와 위험요소 파악

요소	예측시기 구체화 – 명확한 시기 표시
	대상기술 구체화 – 기술분류 체계, 공식명칭 사용
	기술 특성 구체화 – 성능, 용도 등
	기술출현 가능성 정량적 표현 – 가능성을 확률로 표시

기술 예측 및 기획

■ 기술 예측

• 기술예측 방법

구분	내용	예측방법
정성적 방법	<ul style="list-style-type: none">• 전문가의 지식과 경험에 의한 주관적 판단에 의해 예측• 기술예측이 포괄적이고 광범위해짐• 주로 전문가 설문조사 방식으로 진행	<ul style="list-style-type: none">• 인터뷰• 설문조사• 전문가 집단 활용법• 델파이법
정량적 방법	<ul style="list-style-type: none">• 통계자료를 사용한 통계적, 수학적 모델을 사용하여 분석/예측• 대상 기술이 구체적	<ul style="list-style-type: none">• 성장곡선모델• 대체곡선모델• 추세외삽모델• 상관관계분석
실험적 방법	<ul style="list-style-type: none">• 시뮬레이션 모델을 사용하여 예측• 대상기술이 복잡하고 외부환경 변화가 심할 경우 사용• 기술변화의 핵심변수, 영향을 주는 변수간의 관계 등을 관찰	<ul style="list-style-type: none">• 상호영향 시뮬레이션• 시스템 다이내믹스 시뮬레이션

기술 예측 및 기획

■ 기술 예측 방법

• 정성적 방법

- 전문가 판단에 의존

- : 기술예측에 필요한 과거 데이터 부족, 데이터 수집비용 과다한 경우
- : 기술변화는 추세가 불규칙함
- : 정치, 환경요인이 기술/경제적요인 보다 우세한 경우
- : 다양한 요인이 복합적으로 기술변화에 영향을 줄 경우

기법	내용
인터뷰	<ul style="list-style-type: none">- 직접대면에 의한 심층면접, 복잡한 전문적 질문 가능- 정성적 분석에 의한 다양한 예측 (의도적 왜곡도 가능)- 인터뷰 과정에 질문 방향 수정 가능 (주관적 견해에 치중)- 대면조사 과정에 답변의 신뢰도, 참여도 제고 (질문자의 능력)
설문조사	<ul style="list-style-type: none">- 적은 비용으로 광범위한 전문가 집단의 의견 수렴 가능(응답률 저조)- 응답자의 주관적 견해 최소화 (답변의 배경 파악 불가능)- 답변의 신뢰도 낮음
전문가 집단	<ul style="list-style-type: none">- 아이디어 창출법 : 10명 내외 전문가 집단 토론후 자유투표- 지명집단 이용법 : 10명 내외 전문가 Brain storming 후 비밀투표- 델파이법

기술 예측 및 기획

■ 기술 예측 방법

• 델파이법

- 1950년대 미국 RAND 연구소 개발
- 전문가 집단에 대해 설문조사를 반복 실시하여 합의점 도출
- 장점 : 다수의 전문가의 판단을 종합 반영하기 때문에 예측의 신뢰도 향상
- 단점 : 조사 참여 전문가에게는 조사가 무언의 압력 -> 신뢰도 감소

: 본인의 예측이 평균값에서 벗어나는 경우 합리적 판단과정을 거치지 않고 평균값에 근사한 예측값 제시

: 시간과 비용이 과다하게 소요됨.

기술 예측 및 기획

■ 기술 예측 방법

• 델파이법 - 조사방법

조사 단계	내용
1차 준비	<ul style="list-style-type: none">- 조사주체에서 기술예측 대상 기술 목록, 참여 전문가 선정- 조사 진행과정에서 응답률이 낮아지기 때문에 초기에 충분한 인원 선발- 설문 문항 작성 : 분석적, 경험적 판단과 사고를 요하는 질문이 적절
2차 예측	<ul style="list-style-type: none">-전문가 대상 설문조사 실시 후 결과 통계분석(평균, 중앙값, 분산 등)-전문가의 의견 편차가 크기 때문에 평균보다 중앙값이 더 의미가 있음.-따라서 분산의 크기가 작을수록 결과 신뢰도 상승
3차 수정	<ul style="list-style-type: none">-전문가에게 1차 조사결과를 통보하고 전문가의 견해 수정 요청.-평균값과 차이가 있는 1차조사 답변과 동일하게 2차조사 답변시 객관적 근거 요청-2차조사결과 통계분석 후 분산의 크기를 비교 목표 신뢰도 미달성시 설문조사 반복 수행.-조사결과가 신뢰도가 목표치에 도달하면 조사 종료.-목표신뢰도는 조사주체의 주관적 판단-조사를 반복할수록 신뢰도의 증가율은 둔화됨.

기술 예측 및 기획

■ 기술 예측 방법

• 델파이법 - 사례

- 1995년 과학기술정책연구원(STEPI)에서 수행한 한국 과학기술의 장기적 발전 추세 예측 -> 국가연구개발사업 중점 분야 도출
- 25,000명 전문가 Brain Storming 실시 1,000개 기술과제 선정.
- 1차조사 : 5,000명 전문가 집단 설문조사
 : 1,600명 답변 (응답률 33%)
- 2차조사 : 1차조사 응답자 1,600명 대상
 : 1,200여명 응답 (응답률 75%)

델파이법 - 주요기술분야 실현시기 예측 (STEPI, 1995)

분야	~1995		1996~2000		2001~2005		2006~2010		2011~2015		2016~	
	국내	세계	국내	세계	국내	세계	국내	세계	국내	세계	국내	세계
1.전자정보통신			31	90	81	31	11	3	2	1		
2.기계생산가공			13	97	93	17	9	1				
3. 소재		1	2	82	98	46	31	2				
4.정밀화학			1	30	35	21	14		1			
5.생명공학				23	34	50	38	19	19		1	
6.농림수산			17	14	41	40	25	2				
7.의료보건			3	19	47	82	58	16	9			
8.에너지			5	57	53	27	26	3	2		1	
9.환경안전		1	11	62	56	21	17	1	1			
10.광물수자원		1	15	46	33	3	2					
11.건축토목		2	7	52	47	8	8					
12.교통		9	23	59	46	12	10		1			
13.해양지구			6	25	20	21	20					
14.천문우주		14	2	9	13	0	6	1	3			
15.극한기술		2	2	19	14	5	9		1			
합계	0	30	138	711	711	384	284	48	39	1	2	0

델파이법 – 세계최초 실현시기와 한국실현시기 예측 (STEPI, 1995) (중요도 상위 10개 과제)

실현시기		과제명	중요도 (%)
국내	세계		
2015	2010	- 모든 암 억제유전자 확인, 암과의 관계 규명	90
2008	2003	- 자동차 바디부품 2~3개를 한 개의 부품으로 가공 가능한 강판 실용화	86
2005	1999	- 싱크로톤 방사광(SOR)을 광원으로한 링그래피로 10nm이하 패턴가공기술 상용화	85
2010	2005	- Ti 가격을 Al 가격으로 낮출 수 있는 정련기술 개발	84
2000	1995	- 고온 초전도체를 이용한 SQUID 개발	83
2003	1998	- 대단위 용수 사용지역에서 회수한 용수고도처리시스템 및 중수도 공급시스템 개발	81
2001	1996	- 지하철 운행 ATO/ATC 시스템 개발	81
2004	1998	- 박막 이용 소재, 부품, 반도체 산업에 적용 가능한 초고진공 기술 실용화	80
2010	2005	- Gene-transfer를 활용한 질병치료기술 개발	80
2010	2005	- 세포의 암세포화에 대한 시그널 전달 과정 규명	80

델파이법 – 선진국 대비 연구개발 수준 (STEPI, 1995)

분야	선진국 대비 국내 연구개발 수준				
	~ 20%	21 ~ 40%	41 ~ 60%	61 ~ 80%	81% ~
1.전자정보통신	4.0	56.8	39.2	1.6	0.8
2.기계생산가공	4.3	61.7	42.6	1.7	0.9
3. 소재	1.5	54.2	48.1	0.8	0
4.정밀화학	0	60.8	39.2	0	0
5.생명공학	19.6	64.1	19.6	0	0
6.농림수산	2.4	43.4	51.8	3.6	1.2
7.의료보건	22.2	69.2	14.5	1.7	0
8.에너지	3.4	57.5	43.7	1.1	0
9.환경안전	28.2	63.5	9.4	0	0
10.광물수자원	6.0	48.0	38.0	10.0	0
11.건축토목	11.3	37.1	51.6	9.7	0
12.교통	21.3	62.5	25.0	1.3	0
13.해양지구	13.0	47.8	34.8	4.3	0
14.천문우주	66.7	41.7	0	0	0
15.극한기술	42.3	50	19.2	3.8	0
전 분야	12.4	56.7	33.8	2.2	2.6

기술 예측 및 기획

■ 기술 예측 방법

• 정량적 방법

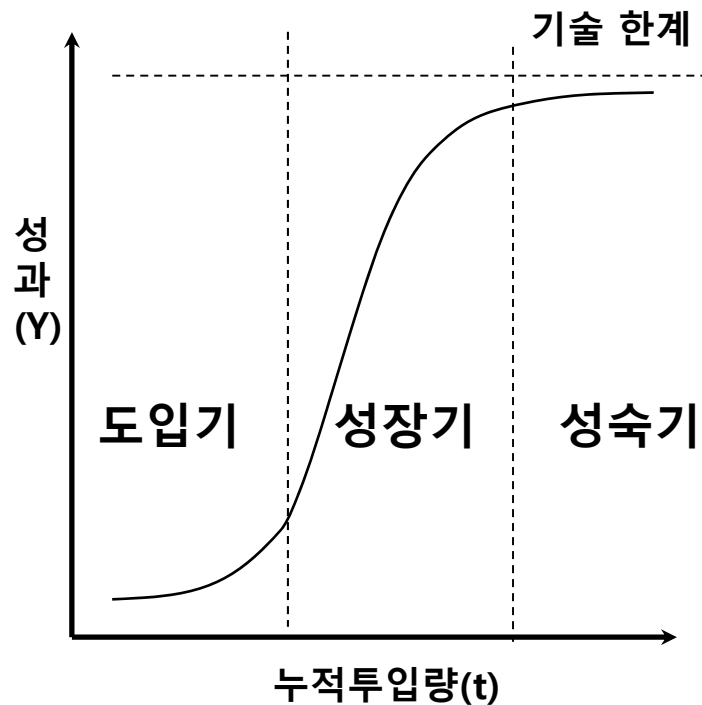
- 기술변화 과정에 대한 정량적 자료가 충분한 경우
- 변화과정 데이터를 수학적 모델화하여 추세 분석

구분	내용
기술성장곡선 (Growth Curve, S-Curve)	- 기술의 도입, 성장, 성숙기를 따라 기술의 발전속도의 차이를 나타냄 -- 성장속도가 비선형성 - 성숙기에 기술의 한계에 도달
추세외삽법 (Trend Extrapolation)	- 기술성장곡선에서 특정 세대의 기술이 한계에 도달하기 전에 대체 기술이 출현. - 장기적인 기술예측에 기술성장곡선이 부정확함. - 과거와 현재의 기술변화로부터 미래변화를 추정하는 추세선을 활용.: 선형모델

기술 예측 및 기획

■ 기술 예측 방법

- 정량적 방법 - 성장곡선 (Growth Curve, S-Curve)



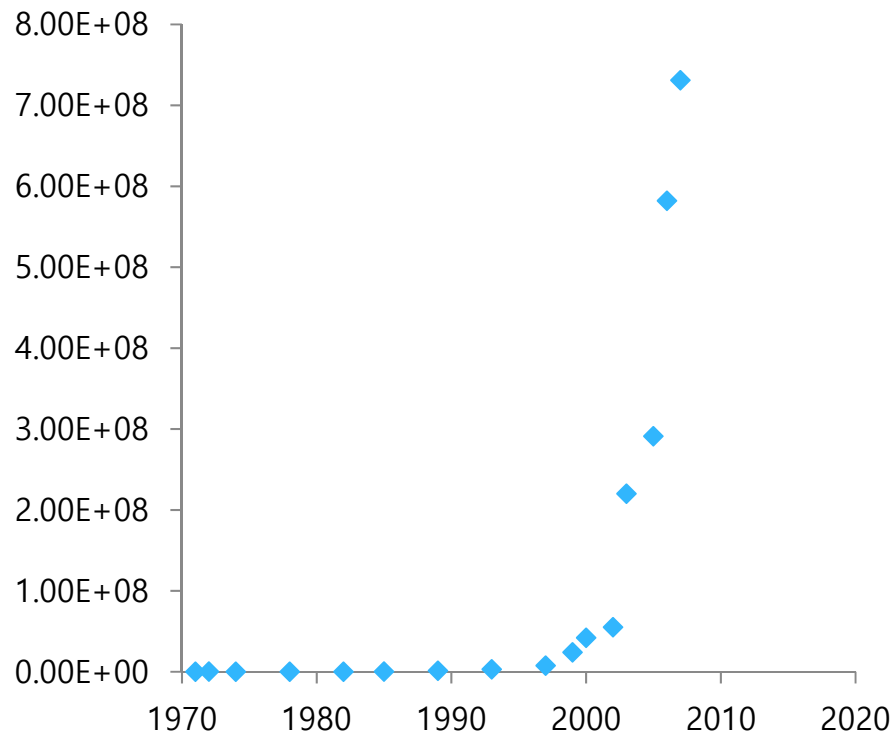
- 누저투입량에 대해 산출성과 (속도, 생산성, 집적도, 내구성, 출력, 연비 등)의 관계로 부터 해당 기술의 변화 예측
- 과거의 데이터를 만족하는 수학적 모델 선정
- 수학적 모델을 활용하여 미래 기술 수준을 예측

기술 예측 및 기획

■ 기술 예측 방법

- 정량적 방법 - 성장곡선 (Growth Curve, S-Curve)

인텔 CPU 트랜지스터 집적도



- 대표적인 모델
- Logistic Function

$$Y(t) = \frac{L}{1 + ae^{-bt}}$$

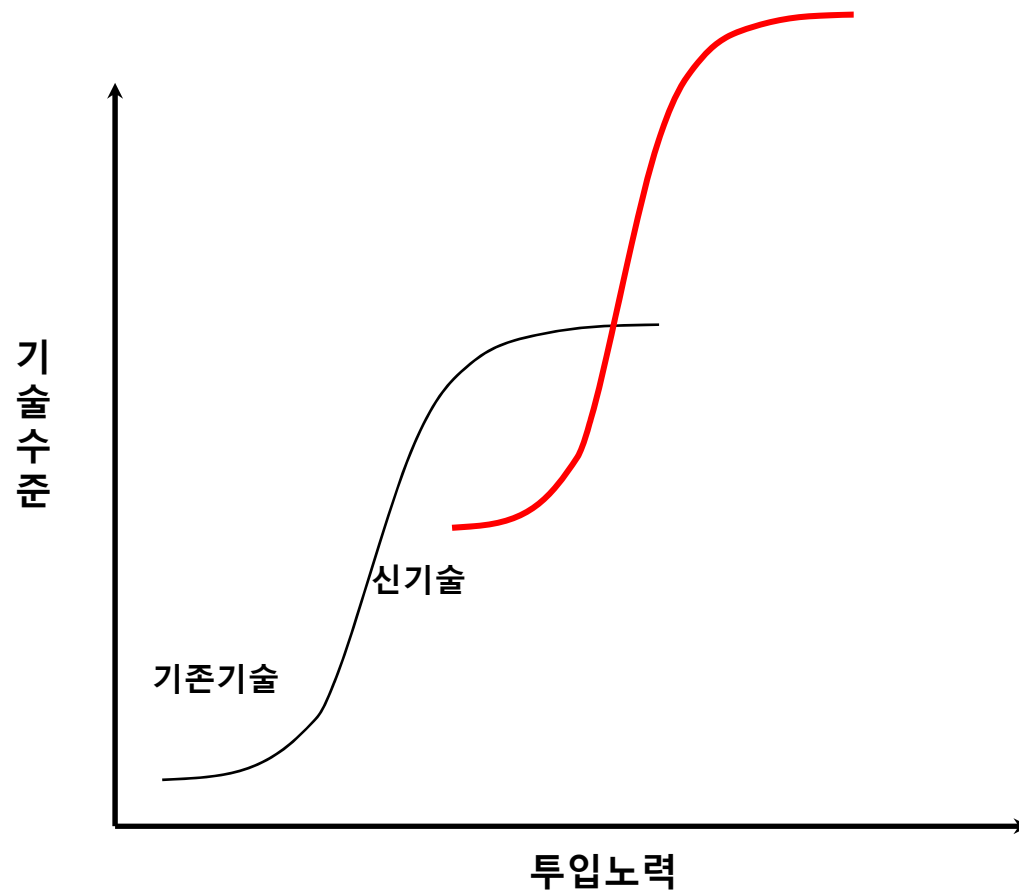
- Gompertz Function

$$Y(t) = Le^{-be^{-kt}}$$

기술 예측 및 기획

■ 기술 예측 방법

- 정량적 방법 - 대체곡선 (Substitution Curve)

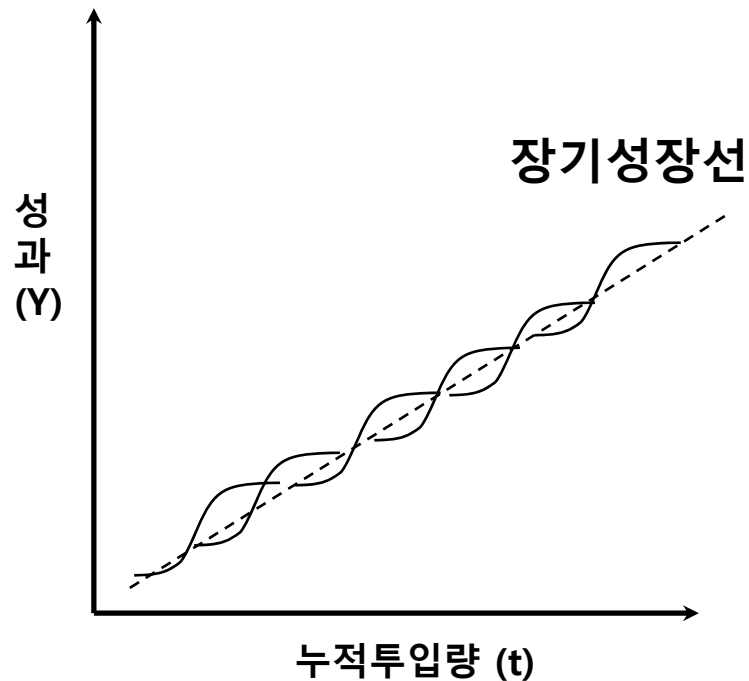


- 기존기술이 기술한계에 도달하기 전에 신기술 도입.
- 신기술 단독성장모형은 S-curve
- S-Curve와 동일한 분석방법 사용

기술 예측 및 기획

■ 기술 예측 방법

- 정량적 방법 - 추세외삽법 (Trend Extrapolation)



- 장기간의 기술발전 과정을 이해하고 기술발전 방향을 예측.
- 단순 선형 또는 지수형 함수 모델이 적합!
- 선형회귀분석

$$Y(t) = a + bt$$

- 지수회귀분석

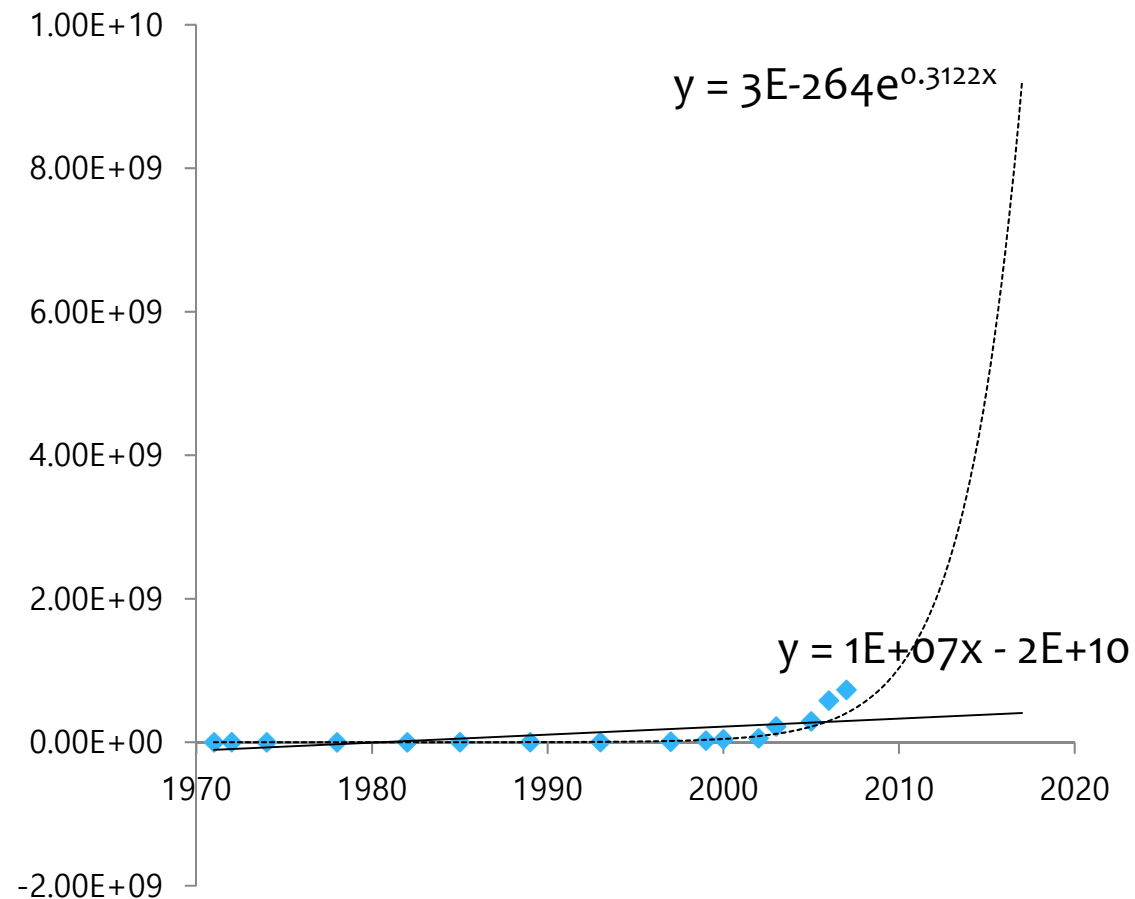
$$Y(t) = y_0 e^{kt}$$

기술 예측 및 기획

■ 기술 예측 방법

- 정량적 방법 - 추세외삽법 (Trend Extrapolation)

인텔 CPU 트랜지스터 집적도



기술 예측 및 기획

■ 기술 예측 방법

- 정량적 방법 - 상관관계분석 (Correlation Analysis)

- 유사한 기술과의 상관관계가 높은 기술의 변화 경향을 분석하여 관심 기술의 변화를 예측

- 선행기술의 추이를 분석하여 신기술의 변화경향을 예측

- 예) 민간항공기의 속도의 발전 경향을 확인하기 위한 자료 부족

- 군용전투기의 속도 발전 경향의 추세분석

- 민간항공기와 군용전투기 속도의 발전의 시간적 차이를 추정

- 민간항공기의 속도 발전을 예측

기술 예측 및 기획

■ 기술 예측 방법

- 실험적 방법 – 상호영향분석(CIA, Cross-Impact Analysis)
 - 시스템의 변화과정에 일련의 사건이 집합적으로 영향을 미침
 - 각 사건들의 발생 확률을 고려하여 상호영향을 분석
 - 단일 기술의 변화 방향을 예측하기보다 기술의 변화에 대한 상호영향을 분석

분석단계	내용
사건정의	대상기술과 연관된 기술 분석. 주관적 분석
확률 추정	특정 기술의 발생확률 추정. 델파이법 등을 사용한 설문조사로 정의
발생확률비	추정확률을 사용하여 기술상호간 연관성 계산
시뮬레이션	발생확률비를 사용하여 특정기술에 대한 상대기술의 발생가능성 시뮬레이션
민감도분석	확률 추정치의 변화 등에 의한 결과 민감도 분석

기술 예측 및 기획

■ 기술 예측 방법

- 실험적 방법 – 상호영향분석(CIA, Cross-Impact Analysis)

기술	내용
A	4G DRAM
B	1G Byte 처리속도 대용량 저장장치
C	90% 이상의 예측정확도 일기예보시스템
D	멀티미디어 OODB

기술	초기확률	A	B	C	D
A	0.6		0.4	0.2	0.6
B	0.4	0.7		0.15	0.7
C	0.2	0.1	0.2		0.15
D	0.5	0.8	0.7	0.3	

상호발생확률비

기술	초기확률비	A	B	C	D
A	1.5		0.67	0.25	1.5
B	0.67	2.33		0.18	2.33
C	0.25	0.11	0.25		0.18
D	1.0	1.5	2.33	0.43	

추정 발생확률비

기술	초기확률	최종확률	변화
A	0.6	0.63	+0.03
B	0.4	0.47	+0.07
C	0.2	0.13	-0.07
D	0.5	0.62	+0.12

기술 예측 및 기획

■ 기술 예측 방법

• 실험적 방법 – System Dynamics Simulation

- 기술변화와 관련된 모든 변수를 동시에 하나의 시스템으로 구성하여 각 변수가 기술변화에 미치는 영향을 종합적으로 분석.
- 대상 기술과 관련 변수를 파악
- 변수와 변수간의 관계 파악
- 변수와 변수간의 관계를 함수로 정의
- 기술변화에 영향을 주는 주요요소 분석

예) 신제품의 잠재고객수, 소비자집단의 수, 실구매자수 등의 관계를 변수로하여 신제품 출시 시점에서 시간변화에 따른 각 변수의 변화 경향을 예측.

- 기존 데이터를 기준으로 분석
- 복잡한 시스템에서 변수 추출, 변수와 변수의 함수관계 가정 등 수많은 요인들에 의해 분석 결과의 정확성 결정