

신기술 국가연구개발사업의 사전 타당성 평가: 정부지원 타당성 분석을 중심으로

Ex-ante Validity Evaluation of Emerging Technology National R&D: Focused on Government Assistance Validity Analysis

김윤명 · 이우형 · 오해영 · 윤문섭

Yun Myung Kim · Woo Hyoung Lee · Hae Young Oh · Moon Seob Yoon

과학기술정책연구원 기술경제팀

Techno-Economics Team, Science & Technology Policy Institute

Abstract

Nowadays science and technology analyses appeared as standing on the basis of the scope and quantity of literature in the field of rapidly progressed science and technology. And using both of them, it is named "bibliometric" or "scientometrics". These analysis results answer emergence in science and technology and provide researchers, responsible persons, technological information specialists, and planners with useful value.

Accordingly, the purpose of this research is to suggest schematized change aspects and new research directions hidden in bibliographical phenomenon of a paper in the science and technology field to science and technology researchers and policy planners. For this, the field this paper researches is the next generation OLED field. The reason to choose this field is due to the importance of the next generation OLED, and wide scope connected by various fields. Besides, to measure application and technological fields by using bibliographical method and technology is as important as in a basic research field.

I. 서론

1.1 문제제기

세계는 기술과 지식이 가장 중요한 핵심요소인 지식기반경제로 급속하게 이행하고 있고, 이러한 지식기반경제로의 이행을 촉진시키는 직접적인 주요 동인이 과학기술진보이며 지식의 핵심적인 구성 요소가 과학기술 지식이라고 할 수 있다.

이러한 지식기반경제로의 이행에 대응하기 위해 정부는 새로운 성장 동력의 창출 및 신산업 육성을 위한 기술 개발 계획을 추진하고 있다. 과학기술기본계획에 의해 2002년부터 2006년까지 신기술(IT, BT, NT 등 6T)분야에 약 13조원을 집중 투자하여 미래 신산업 창출기반을 마련해 가고 있으며, 작년 7월에는 10대 차세대성장동력산업을 선정한다 있다.

신기술에 대한 투자가 대폭 확대되고 있으나 신기술 개발은 불확실성으로 인한 실패 위험이 크

기 때문에 본격적인 투자가 시작되기 이전인 연구기획단계에서부터 기술적·경제적 타당성을 지속적으로 분석할 수 있는 방안이 강구될 필요가 있다.

선진국에 있어서도 1990년대 중반 이후부터 신기술에 대한 연구평가는 사후(ex-post)평가 중심에서 신기술을 조기에 탐색하고 유망한 기술기회를 분석을 위한 사전(ex-ante)타당성 평가 중심으로 전환되고 있다. 우리나라의 경우에도 최근 100억원 규모이상의 대형연구개발사업에 대해서는 기술적·경제적 타당성 분석을 포함한 연구기획 보고서 작성을 의무화하였고 각 부처는 중장기 기술개발계획을 수립하고 부처별로 NTRM의 작성하는 등 연구기획의 사전 타당성 확보에 대한 노력을 강화하고 있다.

연구기획 타당성 검토와 관련된 상기 문제점들은 크게 두 가지 관점에서 발생한 것이다. 하나는 신기술의 불확실성으로 인해 여러 의사결정 대안들과 관련된 비용 및 확률을 사전에 산정하는 것이 어려워 전통적인 계량적 분석기법들은 적용하기 곤란하기 때문에 전문가 회의를 보완할 수 있는 대안을 찾기 어렵다는 것이다. 다른 하나는 연구기획 타당성 검토가 과도하게 전문가 회의 방식에 의존하고 있는 것이다. 전문가 회의가 국가연구개발사업의 자원배분에 대한 의사결정에 있어서 가장 장점이 많은 방법이지만 절차의 복잡성과 과도한 시간 소요, 많은 인력 동원으로 인한 사회적 비용 발생 및 소수 전문가의 과도한 영향력 발휘에 의한 왜곡 등 많은 단점이 있다.

선진국에 있어서도 신기술의 사전 타당성 평가에 있어서 과거에는 전통적인 전문가 회의방법에 주로 의존하였으나, 1990년대 이후 Bibliometrics, Technometric, IMPACT분석, Text Mining 등 대량의 과학기술 데이터에 근거하여 보다 객관적인 의사결정을 하는 새로운 방법이 개발됨에 따라 점차 연구기획·평가에 활용하는 사례가 증가하고 있다. 규모가 크게 증대되고 있는 신기술 분야국가연구개발사업의 효율적 관리를 위해 전문가 회의 방식을 보완할 수 있고 전통적인 경제성 분석 방법을 대체할 수 있는 새로운 접근 방법에 대한 검토와 적용 방안을 마련할 필요가 있다.

1.2 연구방법 및 연구내용

본 연구의 주 내용은 Text mining과 KDD(Knowledge discovery in database)방법을 기반으로 Bibliometrics, Technometrics, Information visualization 등의 기법을 통합하여 신기술의 구조, 관계 및 변화 양상을 도식화(Mapping)와 정량적 지표(S&T indicators)로 표현할 수 있는 정량적인 접근 방법의 개발과 이를 사례에 적용하여 유용성을 확인한 것이다. 사례는 차세대 성장동력산업의 핵심 기술로 선정된 OLED의 유용성을 검토하였다. 주요 분석 대상 정보는 SCI 논문 DB, 미국 특허 DB, 미국 정부보고서 DB, KISTEP 국가연구개발사업 DB 등 이다.

사례분석에 있어서 작성한 도식화는 다음의 세 가지 Mapping으로 요약될 수 있다. 1) Domain map : Global community에서 수행하는 S&T의 내용과 주제의 포트폴리오는 어떻게 구성되어 있고, 최근에 급격하게 증가한 기술분야(Explosion analysis)와 새롭게 떠오르는 기술분야(Just emerging), 상대적으로 쇠퇴하는 분야는 무엇인가? 2) Author

map/Institute map: 특정한 과학기술 주제에 대해 누가 어디서 수행하고 있으며 기술 협력의 기회는 무엇인가? 3) Country map : Global S&T와 해당 국가간의 Gap은 무엇인가? 이러한 분석 내용들은 연구기획의 타당성 분석 및 연구주체의 선정평가에 관련하여 활용될 수 있을 뿐만 아니라 질이 높은 TRM의 작성에도 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

II. 이론적 배경

2.1 계량서지학분석

일반적으로 계량서지학(Bibliometrics)이란 서지학적 기술사항, 조직 그리고 서비스의 통계적 분석을 말하며 최근에 들어 계량정보학(Informetrics)으로 그 영역이 확대되고 있다. 계량정보학은 정보이동의 정량적분석까지 포괄하는 학문이다. 또한 계량서지학이란 용어는 “Scientometrics”와 관계가 있다. Scientometrics는 과학과 과학정책의 정량적인 측면까지 포함하고 있다.

계량서지학 학술연구는 저널에 발표된 논문들, 계속 증가되고 있는 문헌들, 진부화된 문서들, 학술연구의 생산성과 영향력, 국가와 언어별로 발표된 과학논문들의 분포현황 등과 관련된 연구들이다. 이러한 연구들의 대부분은 국가, 사용자 그룹, 기관, 학문분야 등과 관계되어 있다. 계량서지학 분야의 이론적이고 철학적인 근거에 관한 연구들은 아직까지 그 수가 매우 적은 실정이다.

Circulation theory, 인용 분석, Sources-items relation 등의 분야에서 중요한 이론적 연구들을 찾아볼 수 있다. 이 중 계량서지학 연구의 가장 중요한 영역은 인용분석과 관련된 영역이다. 예를 들어 인용분석은 저널에 발표된 다양한 논문의 참고문헌의 검토와 아주 밀접한 관련이 있다. 인용분석은 다음을 중심으로 이루어진다.

- 어느 저자 혹은 어떤 저널이 가장 많이 인용되고 있는가?
- 관련성의 존재여부(누가 누구를 인용하며, 어떤 저널이 어떤 저널을 인용하고 있는가?, 특정 학문분야에서 어떤 주제영역이 인용되고 있는가? 등).

인용데이터에 근거한 계량서지학 연구들은 몇 가지 한계점을 가지고 있다.

- 대개 인용에 관한 연구들은 SCI 데이터에 의해 좌우된다. SCI 데이터는 단지 제한된 수의 저널만을 포함하고 있으며, 새로운 저널이 추가되거나 몇몇 저널이 제외되거나 하는 경우로 인해 데이터가 지속적으로 유지되지 못한다.
- 인용된 논문들이 가장 첫 번째 저자의 이름에만 표시된다.
- 자기인용을 제외시키는 작업은 비효율적인 작업이다.

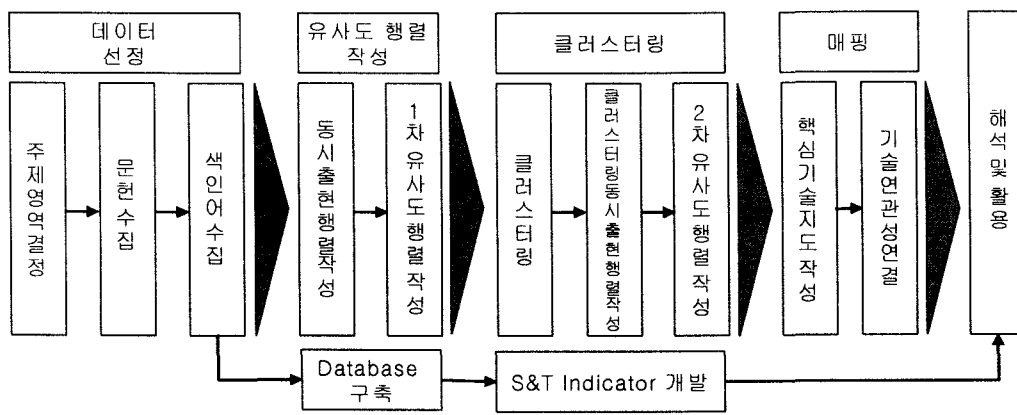
따라서 대부분의 계량서지학 연구에서는 다음과 같은 데이터를 수집하여 분석한다.

- 생산성 측정(발표한 논문의 수, 페이지 수, 비용-효과 측정 등)
- 영향력 측정(재판 요청, 사진복사횟수, 인용되어진 횟수, 인용 소스, 검색된 횟수, 채택된 비율 등)
- 저널 생산성 측정(규모: 페이지, 논문, 단어 등, 유포/판매, 이용, 영향력, 데이터베이스 내의 범위, 비용-효과 측정 등)

계량서지학 학술연구의 주요 목적은 가설을 설정하여 실험을 한 후 이로부터 일반적이고 체계적인 이론들을 도출하는 것이다. 그러나 만약 자료나 과학 혹은 정보현상을 단지 개인, 경험, 노하우에만 근거하여 설명하게 되면 정확하지 않거나 신뢰성이 없을 설명이 될 수도 있다. 따라서 이러한 설명은 일반화되지 못할 수도 있다.

2.2 지식맵과 지표개발 방법

본 연구에서는 이러한 Bibliometric 방법을 통해 지식맵과 지표들을 개발하고자 한다. [그림 1]은 이러한 지식맵과 지표들을 개발하는 프로세스를 나타낸 것이다.



[그림 1] 지식맵과 지표 개발 프로세스

III. 분석결과

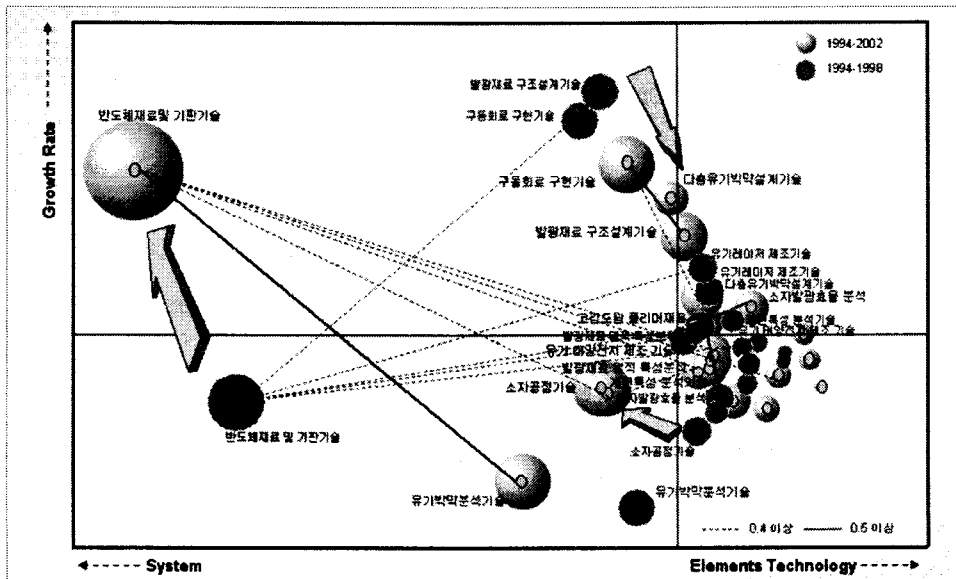
3.1 도메인 맵(knowledge map)을 통한 OLED 관련 연구분야 분석

3.1.1 Domain Map의 시기별 특성비교

OLED 관련 연구분야에 대한 Domain Map을 1994~1998년도와 1994~2002년도 두 개의 시기로 나누어 비교 분석하여 본 결과를 [그림 2]에 나타내었다. 분석결과 OLED 분야는 크게 시스템 연구분야와 요소 연구분야로 나누어지는데 시스템 연구분야는 관련 기술을 모두 포함하고 있는 통합적 연구분야이고 요소 연구분야는 공정기술, 설계기술 및 분석기술 등 특화된 연구분야를 의미하는 것이다. 1994~1998년도의 연구기간에는 반도체재료 및 기판기술에 대한 연구분야의 성장률이 매우 낮고 다른 연구분야와의 연관강도도 매우 낮았음을 알 수 있다. 또한 요소 연구분야 부분도 각각의 연구분야가 특성화 되지 않고 혼재된 구조를 보이고 있음을 알 수 있다.

1990년대 후반부터 2002년까지는 OLED 연구가 기술적 성장기에서 성숙기로 돌입하는 시기로 1994~1998년도와 비교하여 볼 때 반도체 재료 및 기판기술, 구동회로 구현기술, 소자 공정분야 등 응용 연구분야의 성장이 두드러진 반면에 발광재료 구조설계 연구분야 등 기초 연구분야의 성장률은 감소한 것으로 나타났다. OLED 연구분야에서 반도체 재료 및 기판기술 연구분야가 가장 두드러진 성장을 보였다는 것은 유기소자의 연구가 기존의 단순한 EL 현상만을 이용한 소자 제작에서 기존의 LED 분야의 기술을 접목하여 본격적인 OLED 개념의 소자에 대한 연구가 이

루어졌음을 의미하는 것이다. 이러한 반도체 재료 및 기판기술 연구분야가 가장 두드러진 성장은 1990년대 반도체 기판을 이용한 LED 기술의 급성장을 그 원인으로 들 수 있다. 또한 구동회로 구현기술 연구분야의 성장률이 두드러진 것은 EL 기술에 TFT-LCD 기술이 접목된 것으로 이는 OLED 디스플레이 연구가 대면적화를 이루는 방향으로 활성화 되고 있음을 의미하는 것이다.



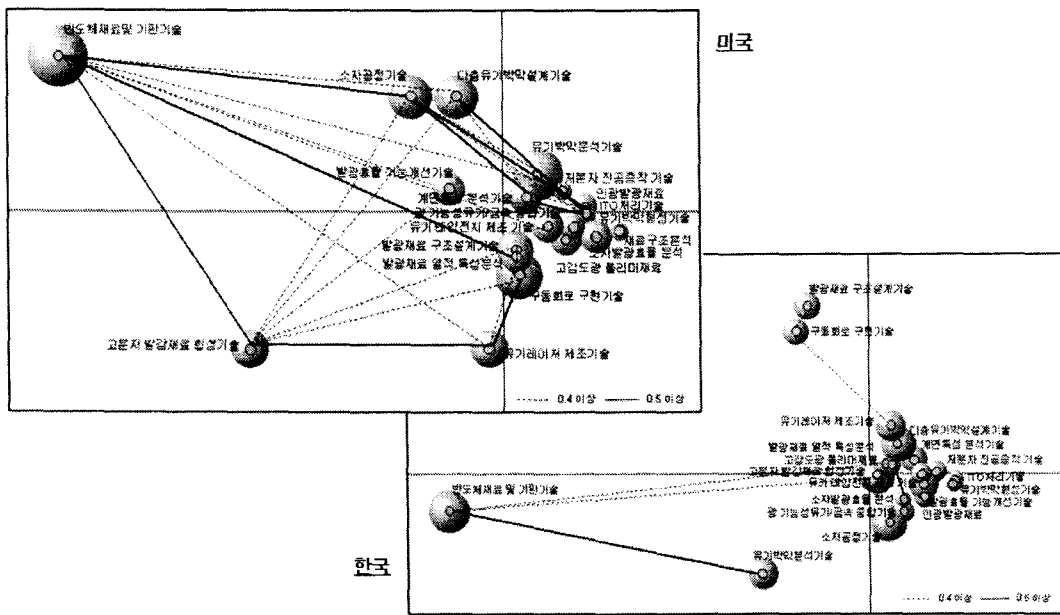
[그림 2] OLED 연구분야의 시기별 도메인 특성비교

3.1.2 Domain Map을 통한 우리나라와 미국의 OLED 연구분야 특성비교

도메인 맵의 비교를 통하여 우리나라와 미국의 OLED 관련 연구분야의 구조 및 상관관계의 차이점에 대한 파악과 우리나라가 강한 연구분야와 취약한 연구분야를 파악하고 OLED 연구분야에서 전략적으로 추진해야 할 연구분야의 도출을 위한 기반을 세우고자 하였다.

[그림 3]의 결과에서와 같이 미국의 경우 반도체 재료 및 기판기술과 소자 공정기술 등 응용분야의 연구가 활발히 진행되고 있음을 알 수 있다. 또한 다양한 특성분석 기술을 보유하고 있으며 연구분야 간 상호연관성이 높고 각 연구분야의 특성화도 잘 이루어지고 있음을 알 수 있다. 반면에 우리나라의 경우에는 응용분야의 연구가 미약한 것으로 나타났고 특히 재료구조 분석과 같은 연구분야에 대한 연구가 전무한 것으로 나타났다. 이는 우리나라에서 1980년대부터 1990년대 초반까지 활발하게 진행되었던 자기공명(magnetic resonance)에 대한 연구가 연구분야의 난해함과 연구비 지원의 부족, 기존 연구인력의 타 연구분야 전환 등으로 급격히 쇠퇴하였기 때문인 것으로 판단된다. 이러한 특성분석 연구분야는 미국, 캐나다, 독일, 호주 등의 선진국에서는 중요성이 점차 증가하고 있는 분야로 기초과학 연구분야에 대한 정부의 인식이 시급히 전환되어야 할 것으로 보인다.

전체적인 연구분야의 구조적인 측면에서도 우리나라는 각 연구분야 간 상호연관성이 매우 적 으며 연구분야별 특성화도 잘 이루어지지 않고 있는 것으로 나타났다. 또한 연구분야의 구조가 1994~1998년 기간의 세계 연구분야 구조와 매우 유사한 것으로 나타나 선진국에 비해 4년 정도 의 기술격차를 보이고 있는 것으로 나타났다. 이는 우리나라가 선진국에 비해서 OLED 관련 핵 심연구 분야 및 중점지원 연구분야에 대한 정보부재와 최근 연구동향에 대한 상황인식 부족 등 에 의한 것으로 OLED 관련 핵심연구 분야 및 분야간 협력체계 설정의 선진화가 시급한 것으로 나타났다.



[그림 3] OLED 관련 한국과 미국의 연구분야 포트폴리오의 차이

3.2 정부지원의 타당성

3.2.1 OLED 관련 각국의 산·학·연 비율

[표 1]은 1994년부터 2002년까지의 OLED 관련 SCI 저널에 발표된 논문을 대상으로 분석 한 것이다. OLED 관련 우리나라 산·학·연 연구주체의 총 수는 125 개이며 이 중 기업의 수 는 35 개로 전체의 28 %를 차지하고 있다. 이는 OLED 관련 상위 20 개국 기업 평균 비율인 17 % 보다도 높은 값이며, 50 개 이상의 연구주체를 가진 국가 중에서도 일본(41 %), 미국(33 %) 이어 세 번째로 높은 비율이다. 또한, 우리나라 연구기관 중 기업이 발표한 논문 수는 68 건으로 전체 발표논문 수의 10.4 %를 차지하고 있는데 이 결과 역시 상위 20 개국의 기업 평균 비율인 7.2 % 보다 높은 값이며 스위스, 일본, 네덜란드, 미국, 캐나다에 이어 6위를 차지하는 값이다.

한편 OLED와 같은 신기술 영역의 국가연구개발사업에서는 급변하는 기술 시장에서 시장의 필요성 변화와 기술변화 추이에 따라 민간기업의 기술수요를 지속적으로 지원하고, 정부 주도의 연구개발사업에서 관리·평가 기준 및 포트폴리오 운영시 유연성을 갖는 것이 중요하다. 이와 관 련 우리나라 OLED 관련 연구주체 중 기업의 역할이 매우 크다는 점은 고무적이라 할 수 있다.

왜냐하면 산·학 간의 연구교류가 활발하다는 것은 물질·인적 교류의 구축으로 중복투자를 방지하고, 대학이나 연구소의 연구인력이 기업 주도의 연구개발사업에 참여하게 될 때 재교육 등에 따른 비용 등 시장 경쟁력 저하도 막을 수 있다는 것을 의미하기 때문이다.

그러나 우리나라의 산·학 간 교류의 질적 측면은 선진국에 비해 현저히 뒤떨어지고 있는 것으로 나타났다. 우리나라와 미국 두 나라의 발표 논문 비율 및 미국 등록 특허 수의 비율에 대한 분석결과에 의하면([그림 4]), 논문의 경우 우리나라 미국 모두 기업의 참여도가 높은 것으로 나타났지만, 특허 부분에서는 미국은 학교 등록 특허비율이 15 %인 반면 우리나라는 학교 등록 특허비율이 전무한 것으로 나타났다. 이는 실제로 우리나라에서 학교가 단독으로 특허를 등록하고 유지하는 것이 힘든 여건을 감안할 때 학교와 기업간의 연구성과에 대한 교류가 전혀 없었음을 의미하는 것이다.

이처럼 우리나라에서 선진국들에 비해서 산·학 간의 기술교류가 전무한 원인은 우리나라 OLED 관련 기업의 연구정책이나 방향에서 그 원인을 찾을 수 있다. OLED 관련 연구의 후발성으로 인해 우리 기업들은 원천기술을 보유하지 못한 상태에서 외국 기업들과의 제휴 또는 합작 및 기술도입을 통해 OLED 분야에 진출하였고, 이로 인해 장기투자에 의한 연구성과보다는 단기 특정 목적의 달성을 위한 집중투자에 주력하고 있어 학교와의 연구성과 및 기술교류에는 근본적인 한계점을 지니게 되는 것이다. 또한 정부 주도의 연구사업에 민간기업의 저조한 참여도 산업 기반 기술이나 공공재 성격이 강한 기술분야에 민간 부분의 낮은 연구 투자 유인 역시 국가 전체인 기술기반이 취약을 초래하고 있다.

이와 관련 정부 주도 연구 개발 사업의 추진에 있어서 효율성을 높이고 급변하는 기술시장 환경의 요구에 유연하게 대응하기 위해서 정부 스스로가 국가기술혁신시스템의 핵심적인 구성 요소인 대학, 연구소, 기업 등에 해당하는 연구개발에 대한 주체들을 정부 주도 연구개발사업의 진행 과정에 어떻게 합리적으로 참여 시키고 분배하는가가 중요하다 하겠다.

또한 정부정책이 효율적인 산·학 협력관계 유지하기 위해, 단기사업보다는 각 연구주체들이 실질적인 공동연구를 수행할 수 있는 공간을 확보하고 연구인력 및 대형연구기기를 공동 관리하는 연구센터 제공 등 장기적인 연구개발 지원 중심으로 전환하는 것이 필수적이라 할 수 있다.

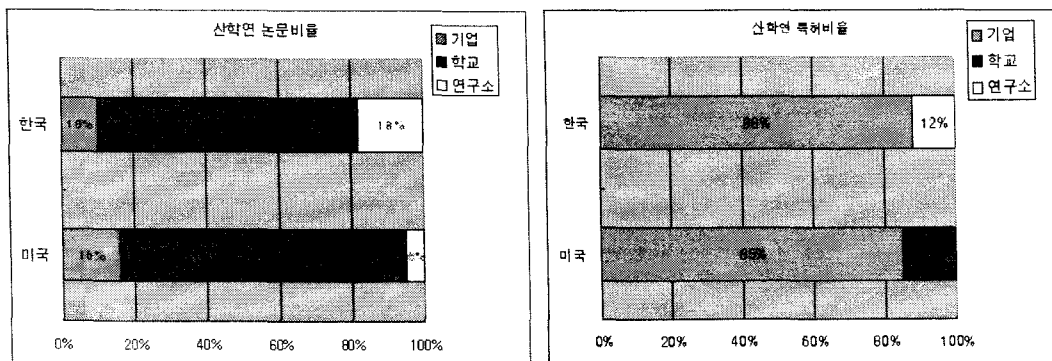
<표 1> 상위 20개국의 산·학·연 기관 수 및 발표논문 수

국가	기업	학교	연구소	기업비율	학교비율	연구소 비율
오스트리아	5 (10)	15 (135)	4 (6)	21% (7)	62% (89)	17% (4)
벨기에	5 (5)	17 (156)	2 (5)	21% (3)	71% (94)	8% (3)
캐나다	5 (22)	30 (145)	4 (33)	13% (11)	77% (73)	10% (16)
영국	18 (40)	69 (644)	7 (11)	19% (6)	73% (93)	8% (1)
프랑스	9 (28)	59 (238)	36 (144)	9% (7)	57% (58)	34% (35)
독일	28 (85)	86 (715)	52 (272)	17% (8)	52% (67)	31% (25)
인도	0 (0)	29 (72)	8 (47)	0% (0)	78% (61)	22% (39)
이탈리아	5 (5)	54 (264)	17 (142)	7% (1)	71% (64)	22% (35)
일본	97 (250)	113 (991)	27 (87)	41% (19)	48% (75)	11% (6)
네덜란드	8 (49)	16 (206)	3 (12)	30% (18)	59% (77)	11% (5)
중국	6 (14)	86 (567)	8 (168)	6% (2)	86% (76)	8% (22)
폴란드	0 (0)	24 (90)	3 (21)	0% (0)	89% (81)	11% (19)
러시아	3 (3)	38 (81)	46 (205)	3% (1)	44% (28)	53% (71)
싱가포르	1 (1)	5 (102)	2 (15)	13% (1)	63% (86)	24% (13)
한국	35 (68)	75 (473)	15 (115)	28% (10)	60% (72)	12% (18)
스페인	1 (1)	32 (86)	2 (15)	3% (1)	91% (84)	6% (15)
스웨덴	8 (11)	9 (187)	2 (2)	42% (6)	47% (93)	11% (1)
스위스	6 (23)	12 (52)	5 (25)	26% (23)	52% (52)	22% (25)
대만	4 (6)	28 (207)	2 (4)	12% (3)	82% (95)	6% (2)
미국	111 (387)	198 (1903)	26 (108)	33% (16)	59% (79)	8% (5)

* ()은 각 산·학·연 별 발표논문 수 및 비율을 나타낸 것임

한국 미국 산·학·연 논문비율

한국 미국 산·학·연 특허비율



[그림 4] 우리나라와 미국의 산·학·연 발표논문 및 특허 비율

3.2.2 정부지원의 적시성

국가연구개발사업은 그 특성상 시장실패요인과 정부개입의 불가피성을 가지고 있다. 즉, 기술적, 시장적 불확실성이 크고 비전유성(Inappropriability) 혹은 외부성(Externality) 이 크게 나타나며, 연구 개발 소요 투자규모가 민간 기업 자체의 규모에 비해 감당하기 어려운 수준으로 요구되는 경우가 있다. 이렇게 정부주도 국가연구개발사업이 내포하고 있는 기술, 시장적 불확실성을 최소화하고 정부개입의 타당성 및 효율성을 높이기 위해서는 관련연구 분야에 대한 정부의 적정 개입시기를 결정할 수 있는 체계 확립이 가장 중요하다. 이는 정부 스스로가 최적의 개입시기 결정으로 중장기 대규모의 국가연구개발사업에 대한 합리적 과학기술정책 기초를 설정하고 이에 따른 투자 수준에 대해 예측하는 것을 가능하도록 하기 때문이다.

한편 정부의 적정 개입시기 결정을 위해서는 관련 기술에 대한 최신 정보 수집과 이를 데이터베이스화할 수 있는 네트워크 체계 형성, 선진국과 우리나라의 기술수준 및 기술 진입단계, 선진국의 정부개입시기 등에 대한 파악을 필요로 한다.

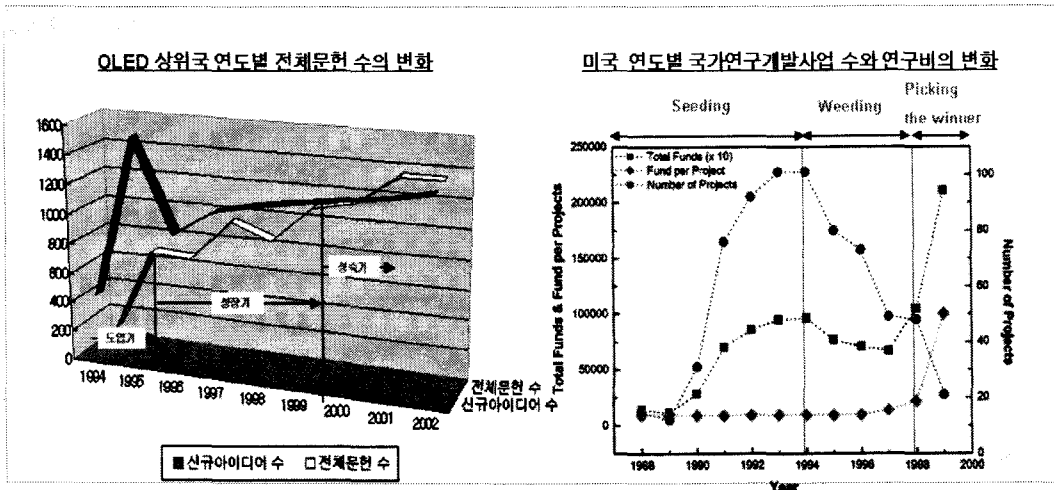
그러므로 우리나라와 미국의 OLED 관련 기술 수준 및 기술 진입단계에 대한 현황을 파악하고 양국 간 기술수준 차이에 대한 분석 및 미국과 우리나라의 연구개발사업의 정부 개입시기를 비교해 봄으로써 우리나라 정부의 연구개발사업 시기의 적절성과 정부의 합리적인 개입시기의 적절성 제고를 위한 정책 방안을 제시하였다.

1) 미국 국가연구개발사업의 개입시기와 지원형태

OLED 관련 우리나라와 상위국의 국가연구개발사업의 개입시기와 지원형태에 대한 연구는 OLED 관련 논문과 논문에서 추출한 신규아이디어 수의 연도별 변화분석을 통해서 이루어졌다. [그림 5]는 1995년부터 2002년까지 8년의 연구기간 동안 발표된 OLED 관련 논문 8,217건 중에서 추출한 논문 수 및 신규아이디어 수의 연도별 변화를 나타낸 것이다. 신규아이디어란 연구대상 논문에서 가장 먼저 출현한 기술적인 키워드를 의미하는 것으로 신규아이디어의 출현은 대상 연구분야 관련기술의 출현을 의미하는 것으로 생각할 수 있다. 이러한 신규아이디어 수와 논문 수의 연도별 변화를 비교함으로써 관련 연구분야의 기술적 주기의 단계를 파악할 수 있다.

OLED 관련 세계전체의 논문 수와 신규아이디어 수는 1994년에 113 건 439 개였던 것이 1995년에 684 건 1,529 개로 급격히 증가하는 것을 알 수 있는데 이는 1995년도를 기점으로 OLED 분야가 기술적인 도입기에 진입했음을 의미하는 것이다. 일반적으로 기술 도입기에는 관련된 모든 분야의 연구자들이 참여하게 되고 연구분야의 특화도 이루어지지 않기 때문에 논문 수와 신규아이디어 수가 급증하는 경향을 보이게 된다. 기술적인 성장기에는 논문 수와 신규아이디어 수가 일정한 비율로 증가하게 되지만 증가율은 도입기에 비해 감소하고 대부분 이 시기에 연구자와 중점연구분야의 선별이 이루어지게 된다. 한편 OLED 분야에서 기술적으로 성숙기에 접어드는 2000년 이후 논문 수의 증가율은 지속되는 반면에 신규아이디어 수의 증가율은 거의 증가하지 않는 것을 알 수 있는데, 이는 2000년을 기점으로 OLED에 대한 초기의 연구활동이 원천기술에 관련된 전체 기초기술 분야를 대상으로 이루

어진 것과는 달리 특정분야 연구가 활성화 되고 있는 것으로 볼 수 있다. 또한 이 시기에는 도입기의 연구참여자들 중 핵심적인 역할을 수행하는 연구자들만이 관련분야의 연구에 계속 참여하고 있는 것으로 나타났다.



[그림 5] 미국 국가연구개발사업의 연도별 현황

OLED 관련 미국 국가정보기술서비스(National Technical Information Service: NTIS) 현황을 보면 1989~1990년까지 12~31개이던 국가연구개발사업수가 1991년을 기점으로 76개로 급격히 증가하였으며 특히 1992년부터 1994년까지 국가개발연구사업의 수는 각각 92, 101, 101 개로 가장 많은 사업 수를 기록하고 있음을 알 수 있다.

이로 보아 미국은 도입기가 시작되기 이전부터 OLED 분야에 대한 본격적인 지원을 시작하였고 도입초기에는 신규아이디어의 창출증대를 목적으로 공개경쟁 원칙에 따라 여러 분야에 속한 다수연구자의 참여를 권장하는 정책을 실행하고 있는 것으로 판단된다(Seeding 기). 미국은 이러한 정책의 결과로 초기 OLED 연구에는 다양한 관련분야 연구자의 활발한 참여로 인해 신규아이디어 수가 급증하게 되고 우수한 연구인력 및 연구잠재력을 양성할 수 있는 기반을 마련하게 된 것으로 판단된다. 반면 이 시기의 과제당 연구비는 대략 940,000 달러로 지원초기의 과제당 연구비와 거의 동일한 값을 보이고 있는데 이는 연구인력 양성 및 연구잠재력의 형성 이전에 대형연구과제의 지원에 따른 위험도를 줄이려는 정부정책이 반영된 결과로 보인다.

한편 1994년 이후, OLED 연구분야의 도입기에서 기술적 성장기를 거치는 동안에 미국 정부는 초기의 공개경쟁 체제를 유지하는 정책에서 우수연구주체 선별을 목적으로 하는 정책으로 변모하는 것으로 나타났다. 즉 이 시기 미국 국가연구개발사업의 총 연구비의 규모는 급격히 축소시키고 과제당연구비 규모는 유지하는 제한경쟁을 시행함으로써 우수한 연구능력을 지닌 연구주체를 선별하는 정책을 유지하고 있는 것이다(Weeding기).

1998년 이후 미국 국가연구개발사업의 총 연구비와 과제당연구비 규모는 급격히 증가하고

상대적으로 총 과제 수는 급격히 감소하는 지원형태를 보이고 있음을 알 수 있다. 이는 미국의 국가연구개발사업 정책이 성숙기에 들어서서 Weeding기를 거쳐 선발된 핵심연구자에 대한 지원방식으로 변환하고 연구과제의 형태도 소형연구과제에서 대형화되고 있음을 의미하는 것이다. 이처럼 연구과제가 대형화되고 있는 것은 미국 정부가 OLED 연구분야를 전자종이의 개발 등 국가의 고유 mission에 활용하고 있기 때문인 것으로 판단된다. 실제 1998년 이전 주된 연구비 지원기관 대상이 대학이나 기업이었던데 비해 1998년 이후 군 등 국방 관련기관으로 변경되고 있는 사실은 이를 반영하는 것이라 할 수 있다(Picking the winner기).

2) OLED 관련 우리나라 국가연구개발사업의 개입시기와 지원형태

분석결과 OLED 분야 분석대상인 8,217 건의 전체 논문 중에서 국내 저자가 발표한 논문 수는 총 465건이고 이들 논문에서 1235 개의 신규아이디어가 검출 되었다. [그림 6]의 결과에서 보면 국내 저자들이 발표한 논문 수와 신규아이디어 수에 대한 연도별 추이를 보면 세계 전체와는 다른 패턴을 보이고 있음을 알 수 있다. 이러한 차이는 세계 상위국가의 경우 OLED 연구분야가 이미 기술적으로 성숙기에 접어든 반면 국내의 경우 아직 성장기에 머물러 있기 때문으로 판단된다. 국내의 경우 논문 수와 신규아이디어 수의 급격한 증가는 1995 년경으로 선진국과 유사하지만 2000년 이후에도 신규아이디어 수가 지속적인 증가세를 유지하고 있는 것이 예이다.

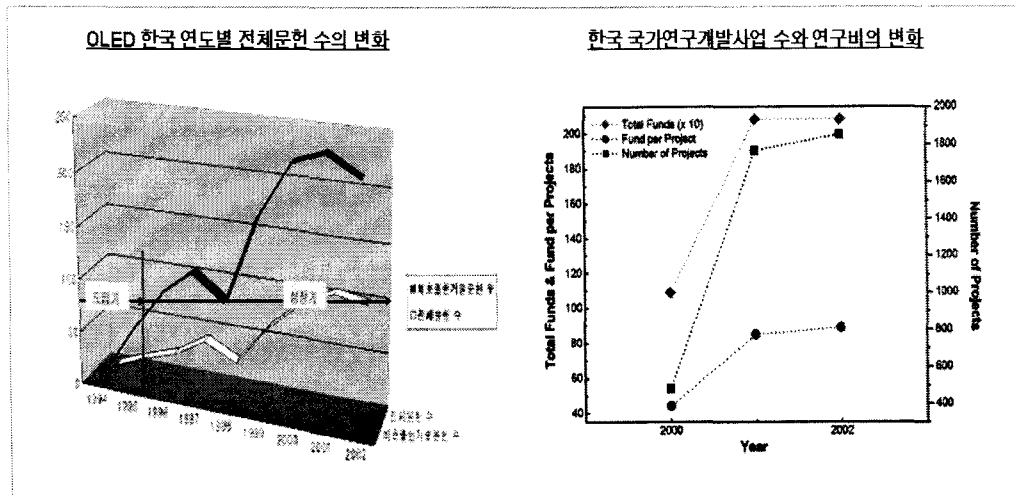
이러한 선진국과의 기술 격차 요인으로서는 정부지원 시기의 부적절성 및 불합리한 지원방식을 들 수 있다. 우선 우리나라 OLED 분야에 대한 정부지원은 2000년부터 본격적으로 이루어졌는데 이는 미국의 1990년에 비해 10년 이상 뒤진 것이다. 이처럼 정부지원의 시기가 늦어진 것은 과학 기술 관련 국제네트워크의 형성부족 등 정부의 신기술에 대한 정보부재와 기초과학기술에 대한 인식부족, 열악한 반도체기술력, 산업화 중심 과학정책의 편중 등을 원인으로 들 수 있다.

한편 우리나라 국가연구개발사업의 지원형태를 보면 미국과 달리 지원초기부터 모든 연구분야에 집중하는 방식을 채택하고 있으며 지원규모도 미국이 기술도입기와 성장기에 소규모의 지원을 한 후 성숙기에 들어 대형연구과제 형태의 지원을 하는 것과는 달리 초기부터 대형연구과제 형태의 지원을 하는 것으로 나타났다. 그러나 이와 같이 연구인력 확보 및 연구잠재력 형성 과정이 생략된 무조건적이고 불합리한 국가연구개발사업의 추진은 오히려 정부지원에 대한 불확실성을 키우고 국가연구개발사업의 비효율적인 결과만을 가져올 것으로 추정된다.

또한 이러한 국가연구개발사업의 합리적인 분배와 지원성과의 효율을 저하시키는 또 하나의 주요한 원인으로 국가개발연구사업의 기획 및 연구주체 선정과정에서의 문제점을 들 수 있다. 여타 연구분야와 마찬가지로 우리나라 OLED 연구분야에 참여하는 연구인력은 크게 세 가지 그룹으로 나눌 수 있는데 첫 번째는 유사 연구분야에 종사한 국내 연구자가 OLED 연구분야에 새롭게 참여한 경우이고 두 번째는 교환교수 및 방문연구원 등의 형식으로 단기간에 걸쳐 외국연구기관과의 공동연구를 통해 OLED 관련분야에 참여한 경우이며 세 번째 그룹은 선진국에서 OLED 관련 분야를 전문적으로 연구한 연구자가 국내에 들어와 연구에 참여한 경우이다.

그러나 우리나라 국가연구개발사업의 기획·선정 위원회 구성이 주로 첫 번째와 두 번째 그룹 연구자에 의해 이루어졌기 때문에 정부연구개발 자원의 분배가 객관적 자료에 의한 평가결과에 따라 합리적으로 이루어지고 있지 못하며 이로 인해 관련분야의 선진기술을 보유한 연구자들이 국내에 들어와 국가연구개발사업에 참여할 수 있는 범위가 매우 제한적일 수밖에 없는 현실이다. 그러므로 이러한 문제점을 해소하고 정부지원 국가연구개발사업의 불확실성 감소 및 효율성 제고를 위해서는 보수적이고 비합리적인 기존의 기획·선정 방법에서 탈피하고 실질적인 공개경쟁을 통해서 국내뿐만 아니라 해외의 우수한 연구인력의 참여를 유도하는 정책의 전환이 시급한 것으로 판단된다.

특히, OLED 분야는 여전히 높은 성장 가능성을 지니고 있고 산업화정도도 아직 미비한 단계이기 때문에 정부 주도로 산·학·연과의 네트워킹 형성을 통해서 국가차원의 지원·조정이 합리적으로 분배되고 활성화된다면 OLED 분야에서도 세계적인 경쟁력을 보유할 여지는 충분한 것으로 판단된다. 미국과 우리나라의 국가연구개발사업 추진정책의 특성을 [표 2]에서 비교하였다.



[그림 6] 우리나라 국가연구개발사업의 연도별 변화

<표 2> 우리나라와 미국의 국가연구개발사업 추진전략 비교

	미국	한국
정부개입시기	도입기 이전부터 정부지원 시작 - 새로운 개념의 기술이 시작되면 지원 (EL 기술의 경우 1960년대부터 지원 시작)	도입기의 지원이 전무하고 성장기에 들어서야 정부지원이 시작됨
지원분야	도입기 - 기초분야 지원 성숙기 - 응용분야 지원	기초와 응용에 전방위적 지원
Seeding기 - 초기 지원의 정책기조	<ul style="list-style-type: none"> ■ 도입초기부터 본격적인 지원 시작 - 공개경쟁체제 유지 (연구인력 양성과 원천기술 확보에 노력) ■ 신규아이디어수의 증가에 목적이 있음 ■ 총 연구비는 증가하지만 과제당 연구비는 일정 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 초기부터 과제 수와 총 연구비가 동시에 증가함 ■ 대형국가연구개발사업을 동시 추진함
Weeding기 - 연구주체 선별기의 정책기조	<ul style="list-style-type: none"> ■ 과제 수는 급격히 감소하고 총 연구비도 감소하는 추세임 ■ 과제당 연구비는 현상유지함 	
Picking the winner기의 정책기조	<ul style="list-style-type: none"> ■ 국가연구개발 사업의 대형화 : 과제 수는 줄고 과제 당연구비는 급격히 증가함 ■ 국방에 실용화 시도 	

IV. 결론

본 연구의 주 내용은 Text mining과 KDD(Knowledge Discovery in Database) 방법을 기반으로 Bibliometrics, Technometrics, Information Visualization 등의 기법을 통합하여 신기술의 구조, 관계 및 변화양상을 도식화(Mapping)와 정량적 지표로 표현할 수 있는 정량적인 접근 방법의 개발과 이를 사례에 적용하여 유용성을 확인한 것이다.

본 연구에서 개발한 지식맵은 신기술의 사전 타당성 평가에 매우 유용한 정보와 객관적인 근거를 제공할 수 있었으며, 현재의 전문가 회의(Peer review)방식과 지식맵 방식을 통합하는 형태의 새로운 사전 조정 방식은 매우 유용할 것으로 판단된다.

지식맵은 빠르게 변화하는 국내의 기술환경과 관련된 다양한 변수에 관한 객관적 근거를 제공할 수 있다. 또한 지식맵은 신기술의 복잡한 기술구조와 연관도를 용이하게 파악함으로써 전문가의 이해 및 해석 능력을 크게 증대시킬 수 있다.

기술융합이 가속화되고 있는 신기술 분야의 평가에 있어서 이(異)분야 전문가간 의사소통을 원활하게 해주며 광범위한 이해관계자들(정책, 경제, 경영, 일반인 등)이 참여하는 사용자 평가(Merit evaluation)를 가능하게 한다.

지식맵 작성 과정을 전산화하여 신속하게 제공한다면 단기간내에 많은 과제를 평가해야 하는 예산 사전조정 심의에 유효할 것이다. 일단 한번 작성된 지식맵에 대해 추가적인 Update를 통해 해당기술의 지속적인 변화를 추적할 수 있기 때문에 다년도 과제의 중간평가, 성과평가에도 재차 활용할 수 있을 것이다.

이러한 연구결과를 바탕으로 향후에 연구를 발전시키기 위해서는 다음과 같은 연구가 필요하다. 먼저, 지식맵 작성 S/W Tools 개발을 통해 차세대 성장동력산업관련 등 핵심 신기술에 대한 지식맵을 작성, 보급해야 할 것이다. 다음으로 High quality TRM, 국제협력지도, 기

술분류체계 작성에 활용되어야 할 것이다. 마지막으로 세계의 연구개발 프론티어에 대한 지속적인 지식맵 작성 및 축적으로 우리나라 신기술 분야의 취약점 및 기술기회를 조기에 알려주는 과학기술 조직 모니터링시스템(S&T early monitoring system)을 구축해야 할 것이다.

참고문헌

- Chen, C. and Paul, R.J. (2001), "Visualizing a knowledge domains intellectual structure," *Computer*, 34(3), pp. 65-71.
- _____, Gagaudakis, G., and Rosin, P. (2000), "Content-based image visualisation," *Proceedings of IEEE international Conference on Information Visualisation (IV 2000)*, 19-21 July 2000, london, UK, pp. 13-18.
- _____, Kuljis, J., and Paul, R.J. (2001a), "Visualizing latent domain knowledge," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews*, 31(4), pp. 518-29.
- _____, Paul, R.J., and O'Keefe, B. (2001b), "Fitting the jigsaw of citation: information visualization in domain analysis," *Journal of the American Society for Information Science*, 52(4), pp. 315-30.
- _____, Cribbin, T., Macredie, R., and Morar, S. (2002), "Visualizing and tracking the growth of competing paradigms: two case studies," *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 53(8).
- Chung, Young Mee, and Jae Yun Lee (2001), "A corpus-based approach to comparative evaluation of statistical term association measures," *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 52(4), pp. 283-296.
- Coulter, N., Monarch, I. & Konda, S.(1998), "Software engineering as seen through its research literature: A study in co-word analysis", *Journal of the American Society for Information Science*, 49(13), pp. 1206-1223
- Donghua Zhu, and Alan Porter (2002), "Automated extraction and visualization of information for technological intelligence and forecasting," *Technological Forecasting & Social Change*, 69, pp. 495-506.
- Fayyad, U.M., Haussler, D., and Stolorz, Z. (1996), "KDD for Science Data Analysis: Issues and Examples," *In Proceedings of the Second International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining(KDD-96)*, Menlo Park, Calif., American Association for Artificial Intelligence, pp. 50-56.
- Garfield, E. (1979a), *Citation Indexing : Its Theory and Application in Science, Technology and Humanities*, New York : John Wiley & Sons.
- _____(1979b), "Is Citation Analysis a Legitimate Evaluation Tool?," *Scientometrics*, 1(4), pp. 359-375.

- Kessler, M.M. (1963), "Bibliographic Coupling Between Scientific Papers," *American Documentation*, 14, pp. 10-25.
- Kostoff, R.N. (1993), "Database Tomography for Technical Intelligence," *Competitive Intelligence Review*, 4(1).
- Noyons, E.C.M., and Raan, A.F.J., van (1998), "Monitoring scientific developments from a dynamic perspective: self-organized structuring to map neural network research," *Journal of the American Society for Information Science*, 49(1), pp.68-81.
- Small, H. (1973), "Cocitation in the Scientific Literature : A New Measure of the Relationship Between Two Documents," *Journal of the American Society for Information Science*, 24, pp. 265-269.
- _____(1977), "A co-citation model of a scientific specialty: a longitudinal study of collagen research," *Social Studies of Science*, 7, pp. 139-66.
- Smith, L.C. (1981), "Citation Analysis," *Library Trends*, 80(1), pp. 83-106.