

과학기술정책 수립을 위한 계량정보분석방법론 포트폴리오 구축: 사례분석을 중심으로

윤병운*, 하현학**, 손경원***, 김소정****, 김문수*****

초 록

국가의 신성장 동력을 찾고 국가 연구개발과제를 기획·평가하는 것은 국가 경쟁력에 직결되는 것이라 할 수 있으며, 이것은 해당 기술에 대한 철저한 분석을 토대로 정확한 기술 궤적(technology trajectory)을 도출할 수 있을 때 효과적으로 수행될 수 있다. 기존에는 이러한 과정이 직관에 의한 판단이나 경험에 의존하는 경향이 높았으나, 최근에는 기술이 보유하고 있는 지식과 정보에 대한 정량적인 수치화, 즉 계량화를 기반으로 분석하려는 시도가 미국, 일본 등 선진국을 중심으로 이뤄지고 있으며, 계량정보분석은 과학기술정책 수립에 주요 방법론으로 자리잡고 있다. 그러나 계량정보분석에 대한 기존 연구들은 방법론 적용 및 활용 프로세스 등과 관련된 한계를 가지고 있다. 따라서 본 연구는 이러한 한계를 극복하기 위하여 선진국의 계량정보분석방법론의 적용 사례를 바탕으로 방법론의 유형 및 활용영역을 분석함으로써 활용목적에 맞는 계량정보분석방법론 포트폴리오 구축하는 것을 목표로 한다. 이를 위해 과학기술정책 수립에 활용될 수 있는 계량정보분석방법론 적용 가이드라인을 제공하고 활용 목적에 맞는 적용 프로세스를 제시하였다. 본 연구의 결과는 유망 기술 영역과 핵심 기술을 탐색하고 모니터링 하는 방향으로 계량정보분석방법론의 활용영역이 확장될 수 있는 토대가 되며, 기술 지능(technology intelligence)적인 정보를 창출하여 실질적인 업무 지원 역할을 할 수 있는 계기가 될 것이다.

주제어 : 과학기술 정책수립, 계량정보분석, 포트폴리오구축, 사례분석

-
- * : 동국대학교 산업시스템공학과 조교수, 교신저자 e-mail : postman3@dongguk.edu
** : 동국대학교 산업시스템공학과 석사과정 e-mail : hyunhak@dongguk.edu
*** : 동국대학교 산업시스템공학과 석사과정 e-mail : isaiahson@dongguk.edu
**** : 동국대학교 산업시스템공학과 석사과정 e-mail : ks8406@dongguk.edu
***** : 한국외국어대학교 산업경영공학부 부교수 e-mail : kms@hufs.ac.kr

I. 서론

최근 들어 기술 경쟁력이 국가 경쟁력의 원천으로 인지되면서 많은 국가들은 과학기술 경쟁력을 높이기 위한 방법을 모색하고 있다. 즉, 국가의 신성장 동력을 찾고 국가 연구개발 과제를 기획하고 평가하는 것은 국가 경쟁력에 직결되는 것이라고 할 수 있으며, 이것은 해당 기술에 대한 철저한 분석을 토대로 정확한 기술 궤적(technology trajectory)을 도출할 수 있을 때에 효과적으로 수행될 수 있다. 따라서 효율적인 기술 경쟁력 향상을 위해서 해당 기술에 대한 정확한 평가와 예측을 토대로 핵심 및 유망 기술을 선별하고 기술 개발에 원천이 되는 과학 분야에 대한 집중적인 투자가 이루어져야 할 것이다[1].

이러한 현실적인 목적을 달성하기 위해 많은 학자들과 기술 개발 실무자들은 다양한 기술 예측 방법 및 분석 방법을 고안하여 활용하고 있다. 기존에는 과학기술 분야에 대한 평가와 예측을 주로 전문가의 판단과 분석에 의존하고 있었지만, 최근 일부 선진국에서는 이를 보완하기 위한 방안으로 기술이 보유하고 있는 지식과 정보에 대한 정량적인 수치화, 즉 계량화하여 분석하려는 시도를 수행하고 있으며, 계량정보분석은 과학기술 정책을 수립하는 주요 방법론으로 자리를 잡고 있다[2].

그러나 국내에서는 이러한 계량정보분석을 활용한 과학기술 분야에 대한 평가와 예측에 대한 활용이 미흡한 실정이다. 연구 개발비와 인력, 정보, 자원이 부족한 상황을 고려할 때, 전문가 중심의 평가와 예측을 보완해 줄 수 있는 계량정보분석의 활용이 필요하지만, 실제 정책 입안자들은 계량정보분석에 대한 중요성을 인지하지 못하고 있고, 실무에 활용할 수 있는 가이드라인이 명확하게 제시되지 않아 활용효율을 극대화하지 못하고 있는 수준이다. 이러한 한계는 다음과 같은 원인에서 발생한다. 첫째, 계량 정보 분석에 대한 체계적인 정리가 수행되지 못했다. 개별적인 프로젝트에서 상이한 방법들을 활용하고 있으나 다수의 관련 방법론들에 대한 특성 및 장단점 분석이 제시되지 못하고 있다. 둘째, 계량정보분석을 이용한 과학기술 분석 및 정책 수립에 활용할 수 있는 영역에 대한 명확한 정의를 내리지 못하고 있다. 각 정부 및 산업 단체에서 수행한 프로젝트들은 대부분 독립적이고 특수한 목적에 의해 특정한 방법론을 활용하여 결과물을 도출하며, 계량정보분석이 활용될 수 있는 영역의 범위에 대한 정의를 제시하지는 못하고 있다. 셋째, 각 계량정보분석이 적용되는 활용 영역에 대한 포

트폴리오가 구축되지 않았다. 계량정보분석에 속한 다양한 방법이 가장 적절하게 활용될 수 있는 영역이 존재할 것이며, 이들을 연결하여 효용성을 증대시킬 필요가 있을 것이다. 넷째, 활용 주체들의 활용 목적에 맞게 계량정보분석을 적용하는 기준이 제시되지 않았다. 따라서 관련 기관들이나 기업들이 적용할 수 있는 방법론과 활용 영역에 대한 이해도가 상대적으로 낮은 실정이다.

따라서 본 연구에서는 기존 계량정보분석의 한계점을 개선하여 계량정보분석의 활용도를 높이고자 한다. 이를 위해 선진국의 계량정보분석을 활용한 사례를 바탕으로 방법론의 활용 주체와 영역을 분석함으로써 활용 목적에 맞는 계량정보분석 포트폴리오 구축을 궁극적인 목표로 한다. 본 연구에서는 방법론을 크게 시각화, 통계분석, 추세분석, 데이터마이닝, 지표분석 등으로 나누어 각 분류에 속하는 세부적인 방법론들을 제시하고, 활용 영역을 기술의 탐색(scanning), 모니터링(monitring), 분석(analysis), 평가(evaluation)로 구분함으로써 각 영역별 세부 활용 목적을 정의하였다. 이를 토대로 해외 선진 사례를 정부, 협회, 기업 등 세 가지 유형으로 구분하여 각각에 활용되는 주요 방법론 및 지표들을 분석하고 활용 영역을 도출하였다. 또한 선진 사례 분석을 통해 도출된 결과를 기반으로 하여 활용목적별 방법론 활용형태를 분석함으로써 활용목적에 맞는 방법론을 최종적으로 제시하였다. 마지막으로 계량정보분석방법을 효율적으로 활용하기 위한 적용 프로세스를 정의하고 단계별 이슈를 제시하였다.

II. 계량정보분석방법론

2.1 개념

계량정보분석은 과학기술 개발의 생산성이나 파급 효과, 연구개발 동향과 미래 유망기술 및 핵심기술에 대한 정량적인 분석과 전문가를 활용한 주관적 평가 및 예측 방법을 보완하기 위해 폭넓게 활용되고 있다. 이 방법은 Pritchard(1969)가 “*Statistical Bibliography or Bibliometrics?*”라는 논문에서 계량서지학(Bibliometrics)이라는 용어를 언급하면서 처음 사용되었다[3]. Pritchard는 이 논문에서 계량서지학을 “책 그리고 다른 의사소통 미디어에 수학 그리고 통계학적 방법을 적용하는 것”으로 정의 내렸으며, 이는 초기 계량정보학의 영역이 문헌중심이었다는 것을 보여주고 있다. 반면, Porter(1981)는 “서적과 그것의 저자들

의 모든 출판 유형을 연구하고 측정하는 것”이라는 좀 더 세부적인 의미로 정의하였다[4]. 그 이후 문헌 중심의 연구에서 벗어나 과학과 기술의 발달에 대한 측정에 관심을 가지게 되었고, Price(1963)의 저서 「Little Science, Big Science」에서 “과학 연구의 품질 측정을 위한 노력의 필요성”에 대한 제안으로 계량과학학(Scientometrics)의 개념이 시작되었다[5]. 이후 다양한 학자들이 계량과학학에 대해 언급하기 시작했다. Tijssen(1992)은 “계량과학 분석은 과학의 특성을 평가하기 위해 활용될 수 있다”는 좁은 의미로 정의했지만[6], Van Raan(1996)은 “과학과 기술의 계량적 연구에 공헌하며, 과학기술의 개발에 있어 지식의 진보를 목표로 하고, 또한 사회 활동과 정치적 문제와도 관련이 있다”라는 넓은 의미로 정의했다[7]. 한편, Diodato(1993)는 “과학에 계량서지분석 기법을 적용한 것”이라고 간략하게 정의하기도 했다[8].

이와 같은 계량서지학과 계량과학학을 토대로 포괄적인 개념의 계량정보학이 제안되었다. Diodato(1993)는 이를 “어떤 출판물에서 나타나는 정보의 패턴뿐만 아니라, 많은 Life Cycle 측면에서 어떤 패턴을 검사하는 과정”으로 보았고[8], Tijssen(1992)은 “계량서지학을 포함한 계량과학학의 전체 연구 도메인”으로 계량정보학을 정의내리면서[9], 계량서지학과 계량정보학을 포괄하는 개념으로 받아들였다. 최근에는 Web의 성장과 함께 Web 상에서 통용되는 모든 정보를 측정하고 평가하려는 시도의 결과로 Webometrics라는 개념이 생겨났다. Bjerneborn와 Ingwersen(2001), Vaughan과 Shaw(2003)는 서지적 접근 방법을 Web에 통용시킨 새로운 개념의 학문을 Webometrics라고 언급하기도 했다[10][11].

2.2 유형

계량정보분석은 활용하는 데이터가 통계자료, 과학기술 논문, 특허 등 형태가 매우 다양하고 상이한 형식을 띠고 있다. 통계치의 경우 매우 구조화(structured)되어 있기 때문에 분석에 용이한 반면, 논문이나 특허문서의 형태를 가지고 있는 자료는 비구조화(unstructured)되어 있기 때문에 일반적인 통계적 방법론을 활용하기에는 매우 어렵다. 따라서 다양한 형태의 데이터를 분석하는 계량정보분석방법론도 통계학, 데이터 마이닝, 시각화 방법론 등 다양한 방법론을 활용하여 의미있는 정보를 도출하게 된다.

초기 계량정보분석에서는 문헌 분석을 위해 기초 통계를 이용하고 있었다. 이후

통계학의 발달로 기초 통계량뿐만 아니라 데이터의 분류(Classification)와 군집화(Clustering)를 시행하는 통계분석이 가능해 졌다. Uzun(2000)은 1981년도부터 2000년도까지 과학계량학, 계량정보학, 계량서지학 3개 분야를 통틀어 주요 기관별 연구생산성(research productivity)을 지표로 생성하여 분석한 바 있으며[12], Dutt 등(2003)은 1978년도부터 2001년도까지 「Scientometrics」 학술잡지에 실린 논문을 인용/군집분석을 이용해 논문의 추이를 분석하였다[13]. 이와 같은 연구들이 빈도에 의한 분포 또는 추세 분석(scalar analysis)을 수행한 반면, 저자동시인용(Author-Cocitation Analysis, ACA)분석 등과 같은 관계 분석(relational analysis)을 한 사례도 상당수 진행되고 있었다. Chen 등(2002)은 20년간 「Scientometrics」에 실린 논문을 ACA분석을 통해 인용연구, 국제/국가별 과학 성과분석, 연구 산출물 평가의 3개 분과로 구분하고, pathfinder network로 가시화하기도 했다[14]. 2000년 들어서는 Web과 컴퓨터 프로그램의 활성화로 인해 시각화(MDS, 개념지도 등)를 활용한 방법이 대두하기 시작했다. Steven Morris(2002)는 기술 예측을 위한 과학문헌과 특허 정보의 활용을 통해 시각화를 수행할 수 있는 컴퓨터 프로그램인 DIVA(Database Information Visualization and Analysis)시스템을 소개하고 있으며[15], Yulan He(2002)는 Web Citation Database에 기반 해 ACA를 자동으로 수행할 수 있는 마이닝 프로세스(Mining Process)를 제안하고 있다[16].

이처럼 계량정보분석방법론은 과거 기초 통계자료와 지표를 바탕으로 한 분석이 시초를 이루었다. 그리고 수리 모형을 활용한 수학 모델링과 과거 자료의 패턴을 확장하여 미래를 예측하는 시계열 분석, 기술 예측에서 자주 사용하는 방법으로 수식으로서 데이터를 분석하여 모수를 추정하고 이를 예측하는 성장곡선 등의 추세분석을 시행했다. 또한 컴퓨터의 발달로 다양한 변인들 간의 구조를 3차원 상에서 나타낼 수 있는 MDS(Multi-Dimensional Scaling)와 개념 간의 관계를 나타내는 컨셉지도, 대상 간의 상호작용을 나타내는 사회공동망(social network) 등의 시각화 방법을 활용하게 되었다. 그리고 최근에는 Web과 컴퓨터 프로그램을 활용해 데이터를 쉽게 정제하고 빠르게 찾아 분석할 수 있는 웹 마이닝에 이르고 있다. 이러한 다양한 계량정보분석방법론을 활용 유형에 따라 정리해 보면, <표 1>과 같다.

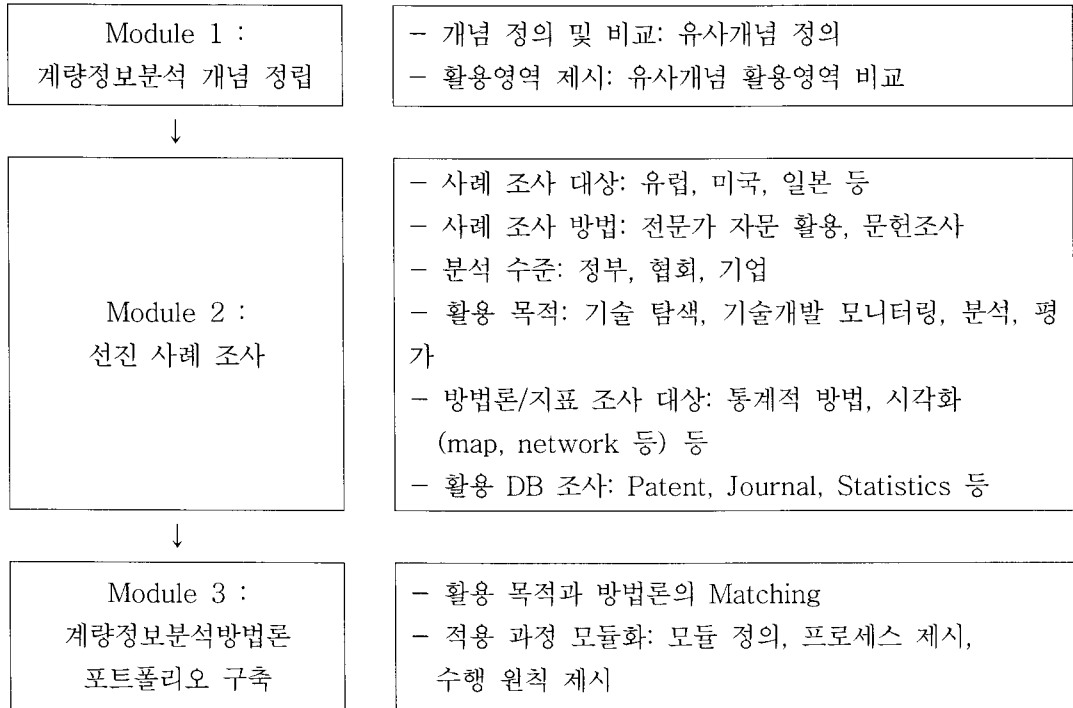
<표 1> 각 유형별 대표적인 계량정보분석방법론

유형에 따른 방법론				
시각화	통계분석	추세분석	데이터마이닝	지표분석
·MDS ·Concept Map ·Social Network Analysis	·기초통계량 ·Clustering ·Classification	·시계열 분석 ·성장곡선 ·수학 모델링	·텍스트 마이닝 ·웹 마이닝	·입력지표 ·중간지표 ·출력지표 ·성과지표

Ⅲ. 분석 방법론

3.1 연구 프레임워크

본 연구는 과학기술 영역에서 계량정보분석방법론의 활용을 활성화하기 위한 방법을 제시하기 위해 선진 사례에 대한 분석을 실시하였다. 전체적인 연구는 [그림 1]과 같이 크게 세 가지 모듈로 나누어 진행되었다. 먼저 계량정보분석의 개념 정립을 유사한 방법론의 개념과 비교함으로써 제시하였다. 선진사례분석에서는 조사 대상을 유럽, 미국, 일본으로 나누어 관련 사례를 조사하였으나 이와 같이 사례 조사를 나누어 분석하는 것은 분석의 기준이 매우 모호하기 때문에, 본 연구에서는 사례 분석의 영역을 정부 주도, 협회 주도, 기업 주도로 분리하여, 우선적으로 대표적인 사례에 대해 사례 분석을 실시하였다. 활용 목적 측면에서 각 사례별로 신기술 개발, 기술 개발 모니터링 등의 목적을 구분하였고, 활용하는 방법론과 지표들을 조사하였다. 또한 활용한 데이터베이스를 특허, 논문 등을 구분하여 조사하고, 계량 정보 분석 방법론을 적용하는 프로세스를 조사하였다. 사례에서 나타난 활용 목적과 방법론을 바탕으로 ‘활용 목적-활용 방법론’의 형태로 매칭시켜 계량정보분석방법론의 포트폴리오를 구축하였다.



[그림 1] 연구 프레임워크

3.2 사례 분석 프로세스

본 연구에서는 계량정보분석방법론을 활용한 사례 조사 및 분석을 체계적으로 수행하기 위해서 네 단계의 과정을 적용하였다.

첫째, 선진 사례 리스트를 도출하였다. 리스트를 도출하기 전, 사례 분석 대상을 정부, 협회, 기업의 세 가지 유형으로 구분하였다. 이를 통해 각 유형에 적용되는 수집 가능한 사례의 전체 리스트를 도출하였다. 둘째, 문헌 조사와 보고서 입수 과정을 통해 사례에 관련된 자료를 수집하였다. 이 과정에서 충분히 입수되지 못한 내용들은 실제 담당자와 접촉하여 입수 가능한 부분에 대해서 정보를 받아 보충했다. 셋째, 도출된 리스트와 수집된 자료를 이용하여 사례 분석을 수행하였다. 사례 분석에서는 분석 대상의 유형별 활용 목적과 활용된 방법론 및 지표 그리고 활용 데이터를 분류하였다. 넷째, 사례 분석에서 나타난 결과를 종합 하였다. 앞서 분류한 활용 목적과 방법론을 분석 대상에 따른 구별 없이 ‘활용 목적-활용 방법론’의 형태로 매칭시켜 최종 포트폴리오를 도

출하였다. 세 번째 단계에서 분석 결과를 유형별로 분류한 뒤, 마지막으로 ‘활용 목적-활용 방법론’의 관계를 확인하기 위해 다시 종합적으로 정리하였다. <표 2>는 본 연구에서 분석한 각 분야별 대표적인 사례와 보고서 목록에 대한 내용이다.

<표 2> 계량정보분석방법론을 활용하고 있는 주요 연구 기관 및 보고서 목록

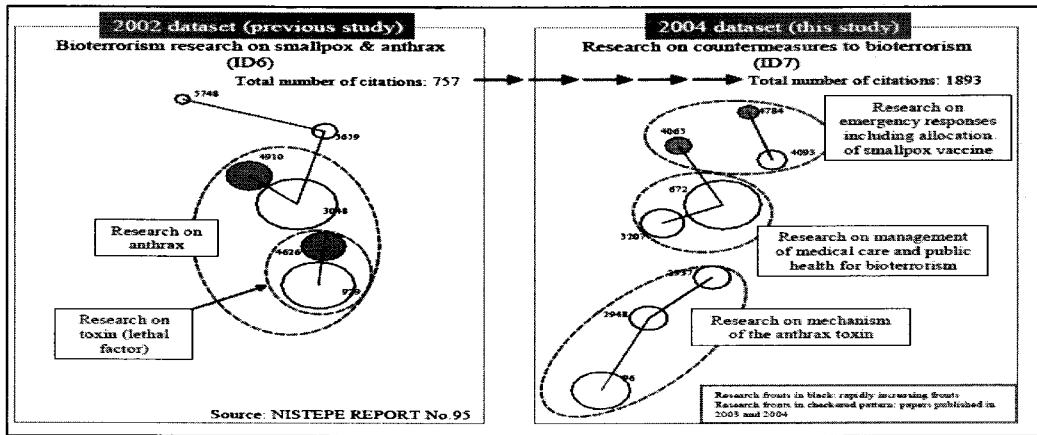
주도 주체		기관명	주요 보고서 목록
정부 주도	미 국	NSB	Science and Engineering Indicator 2008[17]
		NBER	Patents, Citations and Innovations[18]
	영 국	OSI	PSA(Public Service Agreement) target metrics[19]
		SPRU	Mapping Technological Trajectories as Patent Citation Network[20]
정부 주도	네덜란드	NOWT	Science and Technology Indicator Summary 2008[21]
		CWTS	Mapping Excellence in Science and Technology across Europe[22] Developing Bibliometrics Indicators of Research Performance in Computer Science : An Exploratory Study[23]
	프랑스	OST	Science and Technology Indicator 2007[24]
	캐나다	OST	Collaborative research in the social sciences and humanities[25] Long-Term Variations in the Aging of Scientific Literature : From Exponential Growth to Steady-State Science(1900-2004) [26] The declining scientific impact of theses : Implications for electronics thesis and dissertation repositories and graduate studies[27]
	일본	NISTEP	Science Map 2004 - Study on Hot Research Areas (1999-2004) by Bibliometrics Method[28] Comprehensive Analysis of Science and Technology Benchmarking and Foresight Science Indicator 2008[29]
협회 주도	EU	PRO INNO Europe	European Innovation Scoreboard 2007[30] Measuring Innovation Efficiency[31] European Innovation Progress Report 2006[32]
		European Commission	European Competitiveness Report 2004[33] Key Figures 2007[34] Identifying 'Hot Spots' in Engineered[35]
		IPTS	Biocatalyst Research and Application by Means of Bibliometrics[36]
	미국	TPAC	Is Science becoming more interdisciplinary?[37] Tech Mining to Drive Open Innovation[38]
	OECD	TIP	Innovation in Fuel cells : A bibliometric analysis[39]
기업 주도	일본	HITACHI	HITACHI R&D and Intellectual Property Report 2007[40]

IV. 선진 사례 분석

4.1 정부 주도 선진 사례

정부 주도의 계량정보분석을 시행하는 대표적인 기관으로 일본의 과학기술정책을 연구하는 NISTEP(National Institute of Science and Technology Policy)을 꼽을 수 있다. 본 연구에서는 NISTEP이 2007년에 발간한 보고서인 'Science Map 2004' 를 중심으로 분석하였다. 보고서의 목적은 일본 과학기술 분야의 동향을 파악하고 133개의 연구 분야에 대한 지도(Individual RA(Research Area) map, Relation map with traditional disciplines, Correlation map 등)를 완성하여 과학기술의 발전 방향에 대한 거시적인 조망할 수 있는 과학지도(Science Map)를 개발하고 이를 정책적으로 반영하는데 있다.

NISTEP은 보고서 작성을 위해 ESI(Essential Science Indicator) of Thomson Scientific Inc.의 자료를 이용하였고, RA에 대한 시계열 분석에는 이번 조사를 통한 2004년 자료와 NISTEP REPORT No.95 (Rapidly-Developing Research Areas)의 2002년 자료를 이용하였다. 사례 조사 분석에서는 8500개의 저널을 대상으로 133개의 연구 영역에 대한 개별적인 RA map 분석, RA의 상관성 mapping 그리고 RA에서의 변화 패턴을 데이터 분석을 실시하였다. 개별적인 RA Map 분석에서는 map 간의 비교를 통한 시계열 분석을 활용하였고, 이러한 시계열 분석을 이용해 인용논문의 변화에 대해 분석하였다. 방법론적 측면에서는 동시인용(co-citation) 기법을 주로 활용하였다. 먼저 과학자, 논문, 연구 협회, 국가, 저널에 대한 동시인용 분석을 실시하여 동시인용이 이루어지는 연구 간의 공통분야로 군집화(clustering)를 실시하였다. 그리고 RA를 정의하기 위해 각각의 군집(Cluster)에 대한 동시인용의 빈도를 측정하여 높은 빈도를 갖는 연구 영역을 RF(Research Fronts)로 선정한 후, 선정된 RF 간의 동시인용 빈도를 측정하여 높은 빈도를 갖는 RF를 RA로 선정하였다. 또한 개별 RA에 대한 mapping을 위해 RA를 구성하는 과학기술에 대한 동시인용 관계를 도식화하였다. [그림 2]는 단일 영역 RA Map 분석의 예시로서 원은 각 연구 영역을 나타내고 원 옆의 숫자는 기술의 ID를 나타내는데, 원의 영역이 넓을수록 인용횟수가 많고 거리가 가까울수록 강한 동시인용 관계를 나타낸다.



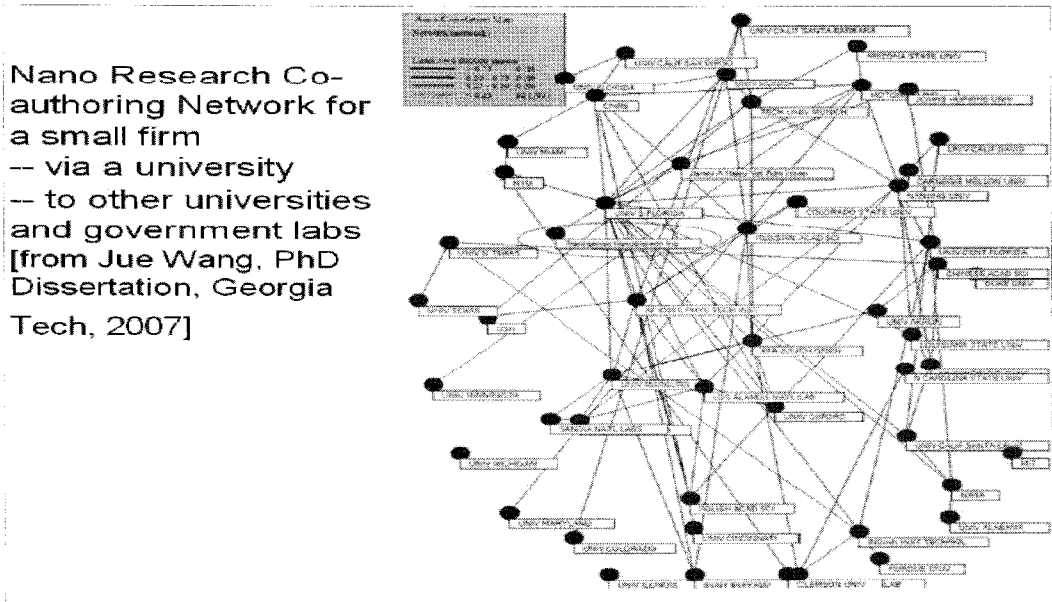
[그림 2] 단일 영역 RA Map 분석 예

4.2 협회 주도 선진 사례

국가 주도 사례가 국가 경쟁력 강화와 우위 확보를 목표로 계량정보분석방법론을 활용하고 있다면 협회는 전체적인 산업이나 국가의 균형발전, 특정 학문의 발전을 목표로 계량정보분석방법론을 활용하고 있다. 대표적인 협회 주도의 사례로는 미국의 TPAC(Technology Policy & Assessment Center)가 있다. 본 연구에서는 TPAC의 "Tech Mining to Drive Open Innovation"이라는 연구 논문에 대해 분석하였다. 본 연구에서 TPAC은 개방적 혁신의 결과로서 나노기술이 갖는 의의를 분석하고 나노기술의 세부 활용 영역에 대한 분류를 통해 나노기술 연구자들의 학제 간 연구 영역의 관계를 시각화 할 수 있는 네트워크 구축을 목표로 하고 있다. 분석을 시행하기 위해 TPAC은 INSPEC SCI의 데이터베이스와 IPC (International Patent Classification)의 특허정보 그리고 SCI WoS를 활용하였다.

TPAC은 수집된 자료를 바탕으로 나노기술의 연구 영역별 키워드(keyword)를 검색하였고, 다양한 연구 영역에서 학제 간 연구가 대두되고 있음을 보여주기 위해 연구자들에 대한 공동저자(co-author) 분석과 연구 주제 대한 동시발생빈도(co-occurrence)분석을 실시하였다. 그리고 학제 간 연구 영역의 성과를 측정하기 위해 SCs(Subject Categories)의 영역별로 논문의 저자 형태(개인 / 공동)에 따른 출판 논문의 수를 동시발생빈도를 이용해 추출하였다. [그림 3]은 동시발생빈도를 이용한 매핑(mapping)을 통해 나노 연구에서의 학제 간 공

동 연구자 네트워크를 형성한 결과를 나타내고 있다.



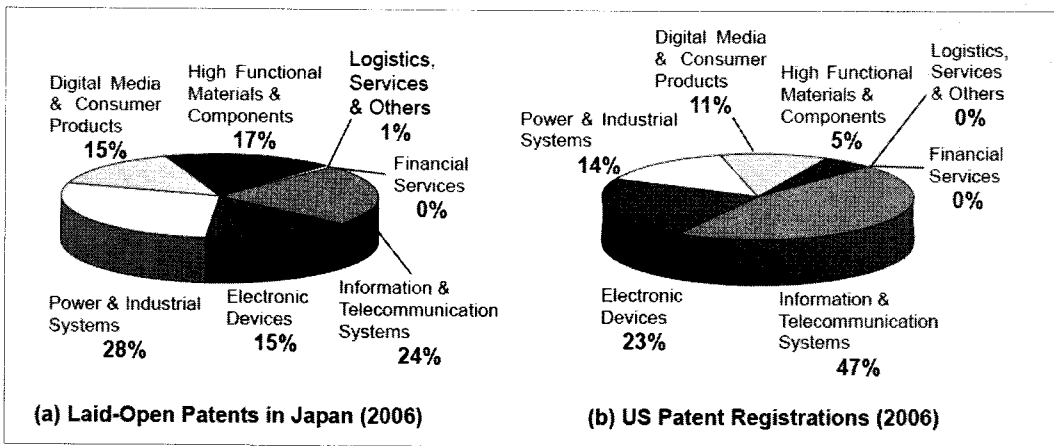
[그림 3] 나노 연구에서의 학제 간 공동 연구자 네트워크의 형성

4.3 기업 주도 선진 사례

기업 주도 선진 사례에서의 계량정보분석방법론은 기업들 간의 경쟁 우위 확보를 위해 실시가 되고 있으며, 주로 자신들이 소유한 특허나 지적재산권의 관리 및 R&D 활동의 방향 수립을 목표로 하고 있다. 기업 주도 선진 사례 분석을 위해 일본의 HITACHI의 “R&D and Intellectual Property Report 2007”을 분석하였다. HITACHI는 자기기업의 기술경영 시행에 대한 성과 평가와 미래 기술경영 전략수립을 목표로 계량정보분석방법론을 활용하였다. 먼저 USPTO(United States Patents and Trademark Office)의 데이터베이스와 HITACHI 그룹 내의 모든 지적 재산 자료를 담고 있는 Group Patent Pool을 이용하여 데이터를 확보했다.

보고서에서는 기술경영의 성과 지표로 R&D 지출액을 통한 R&D 활동성 평가와 특허 개수를 통한 R&D의 활동성 평가를 활용하고 있다. R&D 투자비용에 대한 R&D 활동성 측정을 통해 HITACHI는 R&D 활동의 활성화 추세를

비교하였고, 특허 정보를 이용해 국내와 해외의 특허 출원 현황을 분석하여 R&D 활동을 비교하였다. [그림 4]는 HITACHI 그룹의 특허 포트폴리오 분석을 나타낸 것이다. HITACHI는 그룹 내의 특허 저장소(Patent Pool)를 이용하여 일본에서 사용 허가된 특허의 수, 미국에 등록된 특허의 수, 일본에서 보유하고 있는 특허의 수, 미국에서 보유하고 있는 특허의 수에 대해 특허의 구성을 분석하였다. 이렇게 등록된 특허 비율을 비교하여 특정영역의 R&D 활성성을 평가하였다.



[그림 4] 특허 포트폴리오 비교

4.4 유형별 방법론 적용의 차이점

본 연구에서는 계량정보분석방법론을 적용한 사례를 정부, 협회, 기업 수준의 세 가지 주요 유형으로 나누어 분석을 실시하였다. 이와 같은 세 가지 주요 유형의 사례에서는 각각의 목적에 따라 활용된 방법론도 다양하게 나타나고 있었다. 먼저 정부 주도의 경우, 과학기술 전체 영역을 포괄할 수 있는 여러 연구 영역에 대한 인용(citation)과 과학기술의 변화 양상 측정을 위한 추세분석인 시계열(time-series) 기법을 주로 사용하고 있었다. 협회 주도의 경우, 특정 기술을 적용한 연구 영역의 네트워크 구축을 위해 연구 대상 간의 연관관계를 알아보기 위한 공동저자(co-author)분석과 동시발생빈도(co-occurrence)분석을 시행하고 있었다. 그리고 기업 주도의 경우에는 경영성과 평가를 위해 특정 지표(index)를 적용하였다. 특히 평가 지표의 선정에 있어서 기업의 특성을 고려해 R&D 투자비용에 따른 성과 측정이나 특허 출원 등의 성과를 측정하였

다. 종합하면, 정부주도의 경우, 국가의 전체 연구개발 방향을 모니터링하고 기획하는데 초점을 맞추는 반면, 협회주도의 경우 산업내의 기업 및 기술개발자들의 네트워크를 형성하는 데 관심을 기울인다. 또한 기업의 경우에는 연구개발 투자에 대한 성과평가를 수행하는 목표를 가지고 있으므로 활용하는 방법론도 다를 것이다. 따라서 각 주도 유형이 추구하는 성향에 따라 대상의 변화 양상 분석, 대상 간 관계 구축 그리고 평가 활동에 대한 주요 방법론이 적용되고 있다.

V. 계량정보분석방법론 포트폴리오 구축

5.1 활용 목적별 적합한 방법론 분석

본 연구의 4장에서는 해외 선진 사례를 정부, 협회 그리고 기업의 세 가지 주도 유형으로 나누어 사례별로 활용된 계량정보분석방법론을 소개하였다. 이외에도 정부 주도에는 네덜란드의 CWTS(Center for Technology and Science Studies), 미국의 NBER(the National Bureau of Economic Research) 등 6개의 사례와 협회 주도에는 EU와 OECD 등의 3개의 사례를 더 조사하여 총 12개의 사례를 분석하였다. 이와 같은 사례 분석을 바탕으로 사례별로 나타난 활용목적에 따른 활용 방법론을 주도 유형에 대한 구분 없이 종합하여 <표 3>에 제시하였다.

활용 목적의 측면에서는 연구개발 모니터링, 기술-산업 연계, 과학-기술 연계, 성과측정, 기술경쟁력 평가 등이 빈도수가 높았다. 또한 유망기술영역이나 기술 환경에 대한 탐색보다는 모니터링, 분석, 평가 등의 구체적인 기술 분석의 목적으로 방법론을 활용하고 있었다. 이러한 현상이 나타나는 주요한 원인으로 현재까지 계량정보분석 이용자들의 목적이 현상파악과 과거 결과물의 평가라는 테두리에서 벗어나지 못했기 때문이며, 계량정보분석방법론의 성능이나 결과 형태가 유망한 기술영역을 보여줄 만큼 발전하지 못했다는 사실을 고려할 수 있다.

방법론의 측면에서는 컨셉지도, 시계열분석, 입력지표 및 출력지표 등이 활발하게 이용되는 방법론들이었다. 대부분의 선진사례들은 네트워크로 관계를 시각화하는 컨셉지도와 시간의 흐름에 따라 수치의 변화를 관찰하는 시계열분석, 연구개발과 관련된 입력지표와 출력지표를 활용하여 계량정보분석을 수행하고

있다. 통계분석의 활용이 미비한 이유는 현재 선진사례들은 기초 통계를 제시하는 단계를 이미 넘어섰고, 군집화나 분류는 현재 계량정보분석에서 유의미한 정보를 생산해내지 못했기 때문이라고 판단된다. 하지만 군집화의 경우 향후 시각화와 더불어 활발하게 이용될 것이라고 생각된다. 또한 데이터마이닝 측면에서 텍스트 마이닝과 웹 마이닝의 활용도가 낮다는 것은 문서형태나 웹에서 창출되는 정보들에 대한 분석 수준이 아직까지는 낮은 수준으로 나타났기 때문이다. 성장곡선이나 수확모델을 통한 추세의 도출은 미흡한 것으로 분석되었다.

<표 3> 계량정보분석방법론 활용형태 종합결과

사례종합		방법론														빈도수	
		시각화			통계분석			추세분석			데이터마이닝		지표 분석				
		MD S	CM	SN A	SA	CG	CN	TS	GC	MM	TM	WM	II	TI	OI		OCI
Scanning	유망기술	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	기술환경	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2
Monitoring	핵심기술	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	경쟁관계	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	1	2	0	8
	연구개발	0	5	0	2	1	0	5	0	0	0	0	5	1	3	0	22
Analysis	과급효과	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	1	1	1	0	6
	기술간 연계	0	2	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5
	기술-산업 연계	0	1	0	2	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	8
	과학-기술 연계	0	2	0	1	0	0	2	0	0	0	0	1	1	0	0	6
	연구자 네트워크	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	5
Evaluation	투자방향	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	3
	성과측정	2	6	2	0	0	0	5	1	0	1	0	5	4	5	2	33
	기술경쟁력	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	1	6
	기술가치	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	4
총합		2	23	3	9	3	0	20	1	0	2	0	20	10	13	5	111

<표 3>에 나타난 활용 목적별 방법론을 분석해 보면, 유망기술영역의 발굴이나 핵심기술도출은 역시 추세분석을 수행하거나 컨셉지도를 작성해야할 것으로 판단된다. 과거의 패턴을 고려하여 이것을 미래로 확장할 수 있어야 할 것이고, 시각화를 통해 유망한 기술이나 핵심기술 요소를 얻어낼 수 있기 때문이다. 경쟁관계분석은 대개 지표를 활용하며, 특히 입력지표와 출력지표를 활용하여 기업별, 산업별로 투입요소와 산출요소를 통해 경쟁도를 조사했다. 연구개발동향 모니터링은 시계열분석과 컨셉지도를 작성하여 연구개발관계의 동적변화

를 관찰했다. 기술간 관계, 기술-산업관계, 과학-기수관계, 연구자 네트워크는 컨셉지도를 활용하여 네트워크로 표시하는 것을 주로 수행했고, 관계의 동적 변화 양상을 관찰하기 위해 추세분석을 실시했다. 성과측정에서는 매우 다양한 방법론이 활용되었는데, 일반적으로는 컨셉지도와 시계열분석 외에 입력지표와 출력지표의 이용 정도가 높았다. 이것은 성과평가가 지표를 활발하게 이용하기 때문으로 고려할 수 있다. 기술경쟁력 및 기술 가치의 평가에는 지표 활용이 매우 높았으며, 다른 형태의 평가가 용이하지 않은 기술경쟁력 및 기술가치의 평가는 입력지표, 중간지표, 결과지표 등 다양한 지표의 적용이 적절했다. 이와 같은 분석결과를 토대로 활용 목적별로 적합한 방법론을 나타내 보면 <표 4>와 같다.

<표 4> 활용목적별 채택 방법론

활용목적		채택 방법론
Scanning	유망기술	컨셉지도, 시계열분석
	기술환경	컨셉지도, 입력지표
Monitoring	핵심기술	컨셉지도, 시계열분석
	경쟁관계	입력지표, 출력지표
	연구개발	컨셉지도, 시계열분석
Analysis	과급효과	기초통계, 시계열분석
	기술 간 연계	컨셉지도, 시계열분석
	기술-산업연계	컨셉지도, 시계열분석, 입력지표, 출력지표
	과학-기술연계	컨셉지도, 시계열분석
	연구자 네트워크	컨셉지도, 시계열분석
Evaluation	투자방향	시계열분석, 입력지표, 출력지표
	성과측정	컨셉지도, 시계열분석, 입력지표, 출력지표
	기술경쟁력	입력지표, 중간지표, 결과지표
	기술가치	입력지표, 중간지표, 결과지표

5.2 방법론 적용 프로세스

선진사례분석을 통해 각 사례별로 결론이나 활용 방법론의 형태 등에서는 분명 차이가 있지만, 분석 프로세스는 일정한 동일 방식이 있다는 것을 발견할 수 있다. 이러한 계량정보분석방법론을 적용하는 프로세스를 일반화 시켜 보면 다음과 같다.

첫째, 분석 영역에 대한 정의를 내려야 한다. 즉, 어떤 영역에 왜 계량정보분

석이 필요한지 당위성을 부여하고 분석 영역을 확정지어야 한다. 단순히 분석 영역에 대한 지정만이 아닌 분석 영역의 어떤 점을 비교 분석할 것인가라는 관점도 정의가 필요하다. 유럽의 경우, 네덜란드의 CWTS나 EU와 같은 기관들은 주기적으로 분야별 계량정보분석을 실시하여 해당 분야의 발전 모습이나 국가적 위치에 대해 지속적으로 모니터링을 하고 있음을 확인할 수 있었다.

둘째, 분석 영역에 대한 정의를 내리고 그 비교 범위가 결정되면 계량정보분석을 위한 데이터를 수집해야 한다. 과학이나 기술을 담은 대표적인 데이터 형태는 논문과 특허인데, 어떤 분야에 어떤 데이터를 활용할지에 따라 SCI 데이터베이스, Scopus 데이터베이스, WPO(World Patent Office), USPTO, JPO(Japan Patent Office, EPO(European Patent Office) 그리고 Web 상의 과학 전용 검색엔진인 SCIRUS 등에서 제공하는 다양한 데이터를 활용할 필요가 있다. 과학과 기술의 현주소를 분석하는 연구에서 연구에 적합한 데이터베이스의 구축은 연구 결과에 설득력을 증가시킬 것이기 때문에 본격적인 계량정보분석에 앞선 선행 작업 중 가장 중요한 프로세스가 바로 데이터 수집이라고 볼 수 있다.

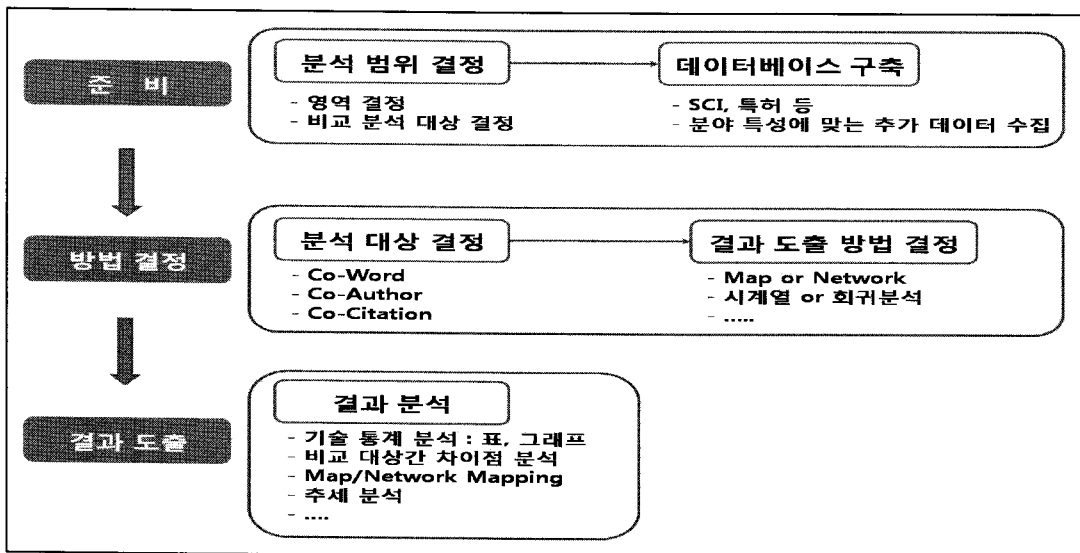
셋째, 분석 영역의 정의와 데이터 확보를 통해 이제는 입력 값들을 어떤 방법으로 분석할 것인지에 대한 분석 방법을 결정해야 한다. 과학과 기술의 현주소를 파악하는 방법에는 여러 논리적인 방법이 있다. 각 문서별 출현 빈도수가 높은 단어나 논문이나 특허 작성자 중에서 중복되어 나온 학자의 이름이 있다면, 단어가 해당하는 영역에 대한 연구 및 해당 학자의 연구 활동이 활발하다는 사실을 유추해낼 수 있다. 이러한 논리적 가정을 세운다면, 단어에 대해 분석할 것인지, 저자에 대해 분석할 것인지, 인용 횟수에 대해서 분석할 것인지와 같은 분석 방법론에 대한 결정이 필요할 것이다.

넷째, 결정된 분석 방법을 데이터에 적용시키기 위해 적절한 데이터의 정제가 수행되어야 한다. 이 때, 데이터의 형태를 바꾸거나 효율성을 높이는 정제 과정의 결과에 앞 단계에서 결정한 분석 방법을 적용하면 수치화된 데이터를 획득할 수 있다. 그러나 수치화된 데이터는 가시성이 낮으며 전체적인 흐름을 파악하기에 어려움이 따르기 때문에 다음의 데이터 분석 및 시각화 과정이 필요하다.

다섯째, 수치화된 데이터를 분석하는 과정에는 다양한 기법들을 활용하여 결과를 도출하게 된다. 먼저 시각화를 하는 방법에는 다양한 형태의 표나 그래프를 이

용하거나, 원이나 기타 도형들을 이용하여 지도로 표현하는 방법, 네트워크로 표현하는 방법이 많이 활용되고 있다. 이와 같은 시각화를 통한 방법은 전체적인 연구 방향이나 흐름을 좀 더 빨리 파악할 수 있기 때문에 시계열 분석이나 회귀 분석을 이용하여 추세를 분석하고 예측을 수행하는 방법도 동시에 적용할 수 있다.

이와 같은 다섯 단계의 일반적인 분석 프로세스를 통해 계량정보분석방법론이 연구에 적용되어 모니터링, 분석, 평가 등에 활용되고 있다. 이러한 프로세스를 [그림 5]에 나타내었다.



[그림 5] 과학 기술 영역의 계량정보분석 적용 프로세스

VI. 결론

본 연구는 계량정보분석방법론을 활용하여 과학기술정책을 수립하는 해외선진사례들을 정부, 협회, 기업의 세 가지 주도 형태로 나누어 조사하여 각 사례에서 해당 방법론을 활용하는 목적과 분석방법을 분석하였다. 분석결과 현재 계량정보를 적용하는 분야는 모니터링, 분석, 평가 등 매우 구체적인 기술분석의 목적으로 활용되는 영역이었다. 또한 방법론 활용의 경우 네트워크 형태의 컨셉지도나 추세분석을 위한 시계열분석을 많이 활용하였다. 이것은 계량정보분석이 아직 기술지능(technology intelligence)의 수준에 도달하지 못한 것으로 판단할 수 있으며, 지능적인 결과물을 제공하기 보다는 동향파악과 분석, 성과평가에 초점을 맞추고 있다고 볼 수 있다.

본 연구는 해외 선진사례분석을 중심으로 계량정보분석방법론의 활용측면에서 접근했기 때문에, 다음과 같은 한계점이 있다. 첫째, 대표적인 사례를 분석함으로써 계량정보분석을 활용한 전체 사례를 모두 고려하지는 못했다. 특히 기업 사례에서는 기업의 전략상 연구 사례에 대한 노출을 피했기 때문에 계량정보분석을 활용한 자료 수집이 어려웠다. 둘째, 논문에서 제시되는 학술적인 접근방법을 폭넓게 고려하지 못했다. 최근 연구들은 학술적이고 수리적인 방법을 통해 계량정보분석을 수행하려는 시도를 하고 있으며, 시스템 다이내믹스(system dynamics)나 마코브 체인(markov chain) 등과 같은 학술적인 접근방법이 계량정보분석에 활용되고 있다. 셋째, 계량정보분석방법론의 시스템에 대한 상세한 분석을 수행하지 못했다. 대부분의 해외사례들은 상용프로그램을 활용했으며, 이들은 대개 계량정보분석을 위하여 개발된 소프트웨어는 아니다. 계량정보분석방법론을 수행하는 시스템의 기능을 분석한다면, 계량정보분석의 실질적인 목표와 활용범위를 좀 더 명확하게 분석할 수 있을 것이다.

따라서 향후연구과제는 앞에서 제시한 한계점들을 해결하는 방향으로 수행되어야 할 것이다. 우선, 사례분석의 수를 늘리고, 특히 기업에 대한 계량정보분석 사례를 추가적으로 분석함으로써 정부주도의 프로젝트뿐만 아니라 기업수준에서의 계량정보분석 특성을 도출하는데 유용하게 활용될 것이다. 또한 학술논문에서 제시하는 최신 방법론들을 추가적으로 고려함으로써 향후 계량정보분석의 성과를 증진시킬 수 있을 것이다. 마지막으로 계량정보분석을 제공하는 시스템들에 대한 기능, 활용 데이터 분석을 수행함으로써 방법론과 활용 업무 측면에서 새롭게 고려되어야 하는 부분을 제시할 수 있을 것이다.

참고문헌

1. D. Zhu and A.L. Porter(2002), "Automated extraction and visualization of information for technological intelligence and forecasting", 「Technological Forecasting and Social Change」 69, 495-506
2. J. Zhu, A.J. Meadows, and G. Mason(1991), "Citations and departmental research ratings", 「Scientometrics」 21, 171-179
3. A. Pritchard(1969), "Statistical Bibliography or Bibliometrics?", 「Journal of Documentation」 24, 348-349
4. F. A. Rossini, A. L. Porter, P. Kelly, and D. E. Chubin(1981), *Interdisciplinary Integration Within Technology Assessments*, TPAC(Technology Policy and Assessment Center)
5. D. Price(1963), *Little science, big science*, New York: Columbia University Press
6. R.J.W. Tijssen(1992), "A quantitative assessment of interdisciplinary structures in science and technology: co-classification analysis of energy research.", 「Research Policy」 21, 27-44
7. A.F.J. Van Raan(1997), "Advanced bibliometric methods as quantitative core of peer reviewbased evaluation and foresight exercises", 「Scientometrics」 36(3), 397-420
8. V. Diodato and F. Smith(1993), "Obsolescence of music literature.", 「JASIS」 44(2), 101-112
9. R.J.W. Tijssen(1994), "Mapping changes in science and technology.", 「Evaluation Review」 18(1), 98-115
10. L. Bjerneborn and P. Ingwersen(2001), "Perspective of webometrics.", 「Scientometrics」 50(1), 65-82
11. L. Vaughan and D. Shaw(2003), "Bibliographic and Web citation: what is the difference?", 「JASIST」 54(14), 1313-1322
12. A. Uzun(2002), "Library and information science research in developing countries and Eastern European countries: A brief

- bibliometric perspective", 「International Information and Library Review」 34, 21-33
13. B. Dutt, K. Garg and A. Bali(2003), "Scientometrics of the International Journal Scientometrics", 「Scientometrics」 56(1), 81-93
 14. C. Chen, K. McCain, H. White, and X. Lin(2002), "Mapping Scientometrics(1981-2001)", 「Proceedings of the ASIST Annual Meeting」 39, 25-34
 15. S. Morris(2002), "DIVA: a visualization system for exploring document databases for technology forecasting", 「Computers & Industrial Engineering」 43, 841-862
 16. Y. He(2002), "Mining a Web Citation Database for author co-citation analysis", 「Information Processing and Management」 38, 491-508
 17. NSB(2008), *Science and Engineering Indicator 2008*, NSB(National Science Board)
 18. NBER(2006), *Patents, Citations and Innovations : Tracing the links (NBER Working Papers)*, NBER(National Bureau of Economic Research)
 19. OSI(2006), *PSA(Public Service Agreement) target metrics*, OSI(Office of Science and Innovation)
 20. SPRU(2007), *Mapping Technological Trajectories as Patent Citation Network*, SPRU(Science and Technology Policy Research)
 21. NOWT(2008), *Science and Technology Indicator Summary 2008*, NOWT(Netherlands Organizations for Technologies) & CWTS(Center for Science and Technology Studies) & UNU-MERIT(United Nations University and Maastricht University)
 22. CWTS(2003), *Mapping Excellence in Science and Technology across Europe(Life Sciences)*, CWTS(Center for Science and Technology Studies)
 23. CWTS(2007), *Developing Bibliometrics Indicators of Research*

- Performance in Computer Science : An Exploratory Study*, CWTS(Center for Science and Technology Studies)
24. OST(2007), *Science and Technology Indicators 2007*, OST (Observatoire des Sciences et des Techniques)
 25. OST(2004), *Collaborative research in the social sciences and humanities : Bibliometric Analysis of Practice*, OST(Observatoire des Sciences et des Techniques)
 26. OST(2007a), *Long-Term Variations in the Aging of Scientific Literature : From Exponential Growth to Steady-State Science (1900-2004)*, OST(Observatoire des Sciences et des Techniques)
 27. OST(2007b), *The declining scientific impact of theses : Implications for electronics thesis and dissertation repositories and graduate studies*, OST(Observatoire des Sciences et des Techniques)
 28. NISTEP(2007), *Science Map 2004 - Study on Hot Research Areas(1999-2004) by Bibliometric Method*, NISTEP(National Institute of Science & Technology Policy)
 29. NISTEP(2008), *Comprehensive Analysis of Science and Technology Benchmarking and Foresight Science Indicator 2008*, NISTEP(National Institute of Science & Technology Policy)
 30. PRO INNO Europe(2007a), *European Innovation Scoreboard 2007*, PRO INNO Europe
 31. PRO INNO Europe(2007b), *Measuring Innovation Efficiency*, PRO INNO Europe
 32. PRO INNO Europe(2006), *European Innovation Progress Report 2006*, PRO INNO Europe
 33. European Commission(2004), *European Competitiveness Report 2004*, European Commission
 34. European Commission(2007), *Key Figures 2007*, European Commission
 35. European Commission(2007), *Identifying 'Hot Spots' in Engineered*, European Commission

36. IPTS(2004), *Biocatalyst Research and Application by Means of Bibliometrics*, IPTS(Institute for Prospective Technological Studies)
37. TPAC(2008), *Is Science becoming more interdisciplinary? – Measuring and mapping six research fields over time –*, TPAC(Technology Policy and Assessment Center)
38. TPAC(2008), *Tech Mining to Drive Open Innovation*, TPAC(Technology Policy and Assessment Center)
39. TIP(2006), *Innovation in Fuel cells: A bibliometric analysis*, the OECD Working Party on Innovation and TIP(Technology Policy)
40. HITACHI(2007), *HITACHI R&D and Intellectual Property Report 2007*, HITACHI