

# 2017 년~2019 년 Journal of Fluids Engineering 논문 분석을 통해서 본 유체공학 연구동향

이석(부산대학교 기계공학부), 정병규(기계·건설공학연구정보센터), 천봉환(기계·건설공학연구정보센터)

유체역학 (fluid mechanics)이란 유체(액체와 기체)와 유체에 가해지는 힘의 물리적 현상을 다루는 분야이다. 유체역학에는 정지하고있거나 운동하고 있는 유체를 연구하는 학문으로 유체 정역학(fluid statics)과 유체 동역학(fluid dynamics) 분야로 나누어지며, 최근에는 수치근사적인 방법(numerical approximation method)을 적용하여 유체의 운동을 분석하는 전산유체역학(CFD: Computational Fluid Dynamics)이 컴퓨터 기술의 발달에 따라 각광받고 있는 분야이다. 유체역학은 전통적인 기계공학의 응용분야(팬, 터빈, 비행기, 배, 엔진, 미사일 등)뿐만 아니라 생체역학(호흡, 혈액 유동), 환경 혹은 에너지(풍차, 배관, 하천 등)등 매우 많은 분야에 활용되고 있다.

이러한 유체역학의 최근 연구동향을 알아보기 위해 Journal of Journal of Fluids Engineering(ISSN: 0098-2202)의 최근 3 년간 발표된 논문들을 분석하였다. Journal of Journal of Fluids Engineering 미국기계학회(ASME)에서 매월 발행되는 Impact Factor: 1.72 의 저널이다. ASME Journal of Fluids Engineering 에 2017 년부터 2019 년까지 3 년간 게재된 총 510 편(2017 년 167 편, 2018 년 181 편, 2019 년 162 편)의 논문에 대한 저자 및 소속, 키워드 등을 추출하여 정리하였다.



Figure 1. Journal of Journal of Fluids Engineering, IF 1.72

## 1. 통계분석

### 1) 국가별 논문발표 순위

Journal of Fluids Engineering 의 3 년간 국가별 논문 발표 순위를 살펴보면 아래 Figure 2 와 같이 미국이 115 편으로 제일 많은 논문을 발표하였으며, 그 다음으로 중국이 103 편, 캐나다가 45 편, 인도가 39 편, 이란이 22 편, 영국이 19 편, 독일이 18 편의 논문을 발표하였다. 아래 Table 1 과 같이 3 년간 45 개국에서 510 편의 논문을 발표하였다.

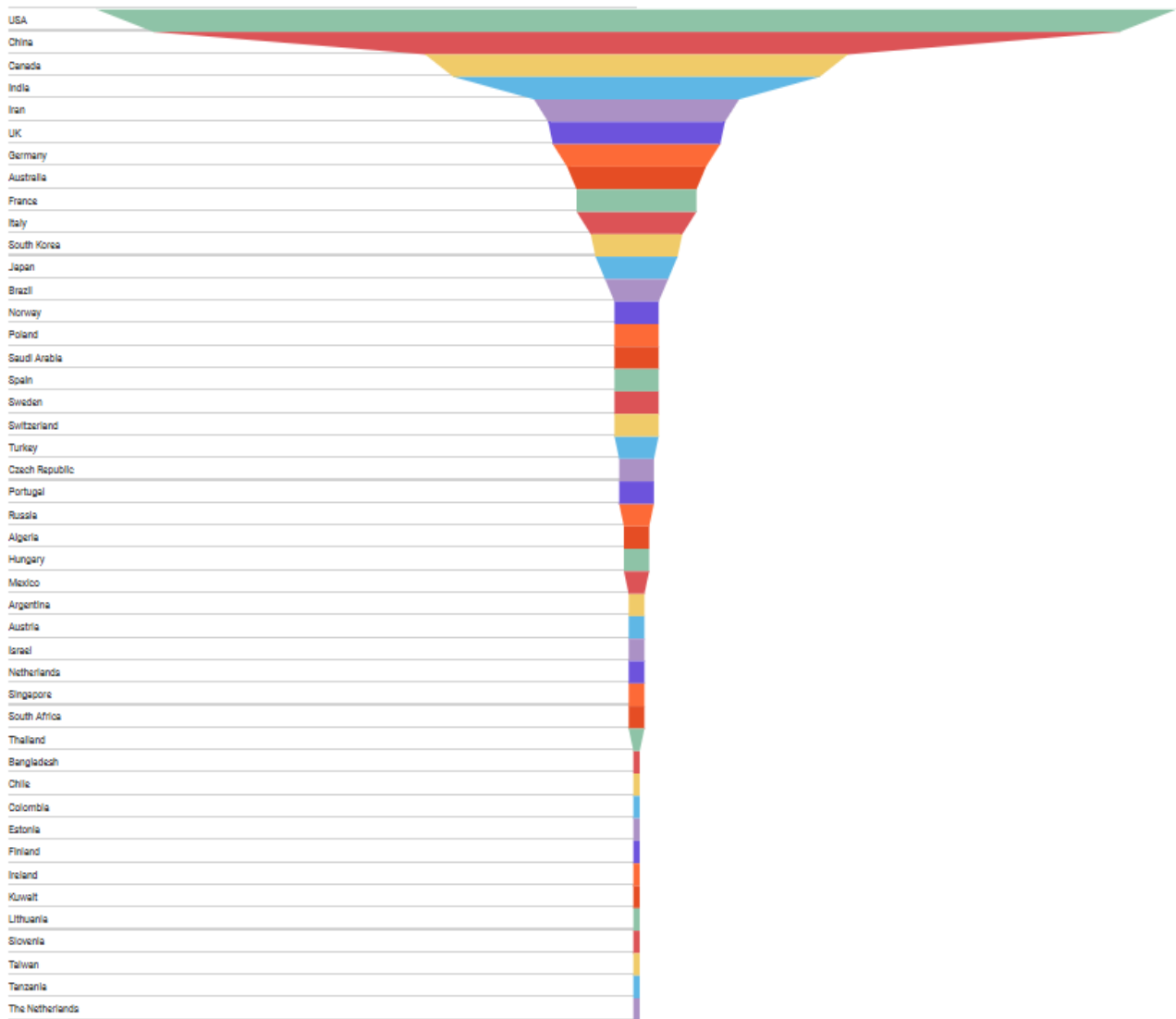


Figure 2. 국가별 논문발표 순위(2017~2019 년)

NO	국가명	논문수 (2017~2019)
1	USA	115
2	China	103
3	Canada	45
4	India	39
5	Iran	22
6	UK	19
7	Germany	18

NO	국가명	논문수 (2017~2019)
24	Algeria	3
25	Hungary	3
26	Mexico	3
27	Argentina	2
28	Austria	2
29	Israel	2
30	Netherlands	2

8	Australia	15	31	Singapore	2
9	France	13	32	South Africa	2
10	Italy	13	33	Thailand	2
11	South Korea	10	34	Bangladesh	1
12	Japan	9	35	Chile	1
13	Brazil	7	36	Colombia	1
14	Norway	5	37	Estonia	1
15	Poland	5	38	Finland	1
16	Saudi Arabia	5	39	Ireland	1
17	Spain	5	40	Kuwait	1
18	Sweden	5	41	Lithuania	1
19	Switzerland	5	42	Slovenia	1
20	Turkey	5	43	Taiwan	1
21	Czech Republic	4	44	Tanzania	1
22	Portugal	4	45	The Netherlands	1
23	Russia	4	<b>총합계</b>		<b>510</b>

Table 1. 국가별 논문발표 순위 (2017~2019 년)

## 2) 기관별 논문발표 순위

3 년간 (2017 년~ 2019 년) Journal of Fluids Engineering 의 기관별 발표 논문 수는 Table 2 와 같이 미국의 Texas A&M University 가 가장 많은 수인 13 편의 논문을 발표하였다. 그 뒤를 이어 Harbin Institute of Technology, Shanghai Jiao Tong University, Tsinghua University 에서 각각 9 편의 논문을 발표하였다.



Figure 3. 기관별 논문 발표 수(2017~2019 년 / 4 편 이상)

NO	기관명	논문수 (2017~ 2019)
1	Texas A&M University	13
2	Harbin Institute of Technology	9
	Shanghai Jiao Tong University	9
	Tsinghua University	9
	Beihang University	6
3	Sharif University of Technology	6
	Xi'an Jiao Tong University	6
	Zhejiang University	6
	Indian Institute of Technology Kanpur	5
	Jiangsu University	5

NO	기관명	논문수 (2017~ 2019)
4	The University of Adelaide	5
	University of Manitoba	5
	Wuhan University	5
5	Indian Institute of Technology Bombay	4
	Indian Institute of Technology Madras	4
	Laval University	4
	McGill University	4
	McMaster University	4
	Virginia Tech	4

Table 2. 기관별 논문 발표 수(2017~2019 년, 4 편 이상)

### 3) 한국 기관 논문 발표

한국 기관에서는 아래 Table3 와 같이 3 년간 KIST, 부산대학교, 서울대학교에서 각각 2 편의 논문을 발표하였으며, 동아대학교, 두산중공업, 인하대학교, 광주과학기술원에서 각각 1 편의 논문을 발표하였다.

NO	한국 기관	논문 수(3 년간)
1	Korea Institute of Science and Technology	2
	Pusan National University	2
	Seoul National University	2
2	Dong-A University	1
	Doosan Heavy Industry & Construction Ltd.	1
	Inha University	1
	Gwangju Institute of Science and Technology	1
	7 개 기관	10 편

Table 3. 한국 기관의 논문 발표 수(2017~2019 년)

## 2. 네트워크 분석

### 1) 키워드 네트워크 분석

논문의 키워드를 분석하면 발표된 논문들이 어떤 분야와 주제의 연구인지 확인할 수 있다. 3년간 논문에 나타난 전체 키워드는 중복을 제외하고 504 개로 나타났으며, 2017년에는 68 개, 2018년에는 69 개, 2019년에는 490 개로 2019년에 키워드의 종류가 급격하게 늘어났다. 연도별로 논문의 수가 비슷함에도 이러한 변화가 일어난 것은 키워드의 세부 분류가 다양해 졌거나 입력 규칙에 어떤 정책적인 변화가 있었음을 짐작해 볼 수 있다. 키워드 Spring Layout 은 한 논문에 같이 나열된 키워드들을 서로 연결하여 그림으로 나타낸 것으로, 아래 Figure 4 는 2017년부터 2019년까지 Fluids Engineering 논문의 전체 키워드의 상관관계를 네트워크 분석 소프트웨어인 넷마이너(NetMiner)를 이용하여 도식화한 이미지이다. Figure 5 는 좀 더 알아보기 쉽게 빈도수 1이하인 값을 삭제한 (Link Reduction 1) 그림이다.

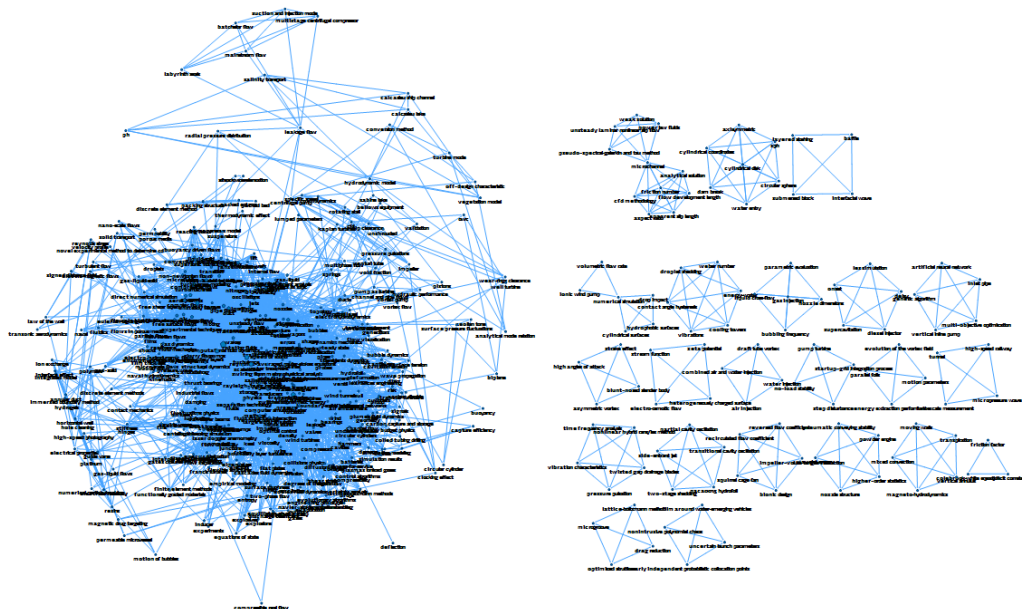


Figure 4. 키워드 네트워크 시각화 (2017년~2019년, Spring Layout)







16	Fluid-Structure Interaction	39	34	Fluid Transients	21
17	Experimental Techniques	38	35	Mixing	21
18	Fluid Instability	37	36	Stability	21

Table 4. 키워드 빈도수 순위 (3년간, 빈도수 21 이상)

## 2) 연도별 키워드 변화

Table 8 은 Journal of Fluids Engineering 의 3년간(2017년~2019년) 주요 키워드의 연도별 빈도수 추이를 나타낸 것이다. 3년간(2017~2019년)까지 키워드의 변화를 살펴보면 "Computational Fluid Dynamics"와 "Unsteady Flows"가 2017년과 2018년에 1번째와 2번째로 높게 나타났으나, 2019년도에는 4번째와 20번째로 내려간 것을 확인할 수 있다. 또한 "Channel, Duct, Pipe Flows"의 경우에도 2018년과 2019년에 차츰 순위가 내려간 것을 확인할 수 있다. 반면 2019년에는 2년간 없었던 "Flow Dynamics"가 가장 높은 빈도수를 차지한 것을 확인할 수 있다. 이외에도 "Turbulence, Pressure, Cavitation" 등이 2019년에 많이 상승한 키워드로 나타났다.

2017년 키워드	빈도수	2018년 키워드	빈도수	2019년 키워드	빈도수
Computational Fluid Dynamics	71	Computational Fluid Dynamics	76	Flow Dynamics	70
Unsteady Flows	32	Unsteady Flows	48	Turbulence	34
Channel	27	Pumps	32	Pressure	31
Duct	27	Turbomachines	32	Computational Fluid Dynamics	29
Pipe Flows	27	Aerodynamics	30	Cavitation	22
Turbulence	27	Turbulence	27	Simulation	22
Pumps	25	Hydrodynamics	26	Vortices	22
Turbomachines	25	Vortices	26	Reynolds Number	16
Boundary Layers	24	Multiphase Flows	25	Fluids	14
Vortices	24	Fluid-Structure Interaction	20	Pumps	14
Fluid Instability	22	Channel	19	Blades	12
Hydrodynamics	21	Duct	19	Boundary Layers	12
Aerodynamics	19	Pipe Flows	19	Nozzles	12
Experimental Techniques	18	Experimental Techniques	18	Wakes	12
Rans Simulations	17	Compressible Flows	17	Water	11
Complex Flows	16	Turbulence Modeling	15	Multiphase Flows	10

Fluid-Structure Interaction	16	Boundary Layers	14	Stress	10
Turbulence Modeling	16	Cavitation	14	Viscosity	10
Cavitation	15	Fluid Instability	14	Pipes	9
Wakes	14	Jets	14	Unsteady Flows	9
Multiphase Flows	13	Pressure Drop	13	Design	7
Drag	12	Complex Flows	12	Duct	7
Fluid Mechanics	12	Piv	11	Jets	7
Measurement Techniques	12	Rans Simulations	11	Modeling	7
Pressure Drop	12	Rotating Fluids	11	Waves	7
Gas-Liquid	11	Drag	10	Channel	6
Jets	11	Fluid Mechanics	10	Computer Simulation	6
Les	11	Les	10	Errors	6
Piv	10	Measurement Techniques	10	Hydrodynamics	6
Stability	10	Micro-Scale Flows	10	Impellers	6
Transition	10	Mixing	10	Particulate Matter	6
Fluid Transients	9	Shocks	10	Pipe Flows	6
Industrial Flows	9	Fluid Transients	9	Vibration	6
Newtonian Flows	8	Free Surface Flows	9		
Non-Newtonian Flows	8	Gas-Liquid	9		
Bubbly Flows	7	Newtonian Flows	9		
Micro-Scale Flows	7	Stability	9		
Acoustics	6	Transition	9		
Compressible Flows	6	Wakes	9		
Direct Numerical Simulation	6	Industrial Flows	8		
Gas Dynamics	6	Lift	8		
Mixing	6	Gas Dynamics	6		
Rotating Fluids	6	Microfluidics	6		
		Non-Newtonian Flows	6		
		Supersonic Flows	6		
		Waves	6		

Table 5. 연도별 주요 키워드 빈도수(빈도수 6 이상)

Degree Centrality 는 가장 간단한 측정 방법중 하나로 인접한 노드들의 수를 이용하여 Centrality 를 측정하는 방법이다. 즉, A 노드가 1000 개의 노드와 연결되어 있고 B 노드에 100 개의 노드가 연결되어 있으면 A 가 많은 노드들과 연결되어 있으므로 중요하다고 판단한다. 논문 키워드의 Degree Centrality 분석 결과는 Figure 7 과 같다. 이를 살펴보면 Computational Fluid Dynamics 를 중심으로 Flow Dynamics, Turbulence 가 2 번째로 가까운 원에 있으며, Unsteady Flow, Vortices 가 그 다음으로 가까이 있음을 알 수 있다. 이외에도 중심에 비교적 가까이 나타나는 키워드로 Pumps,



### 3) 연구자 네트워크 분석

키워드 분석과 마찬가지로 Journal of Fluids Engineering 의 2017 년~2019 년도 논문 공저자들의 상관관계를 넷 마이너를 사용하여 시각화(Spring Layout)하였다. Figure 8 과같이 많은 연구자 그룹이 형성되어 있는 것을 확인해 볼 수 있다. 이중 오른쪽 하단은 개인이나 실험실 단위로 그룹을 이루고 있으며, 왼쪽 상단으로 갈수록 여러 기관 소속의 연구자들이 모인 그룹임을 알 수 있다.

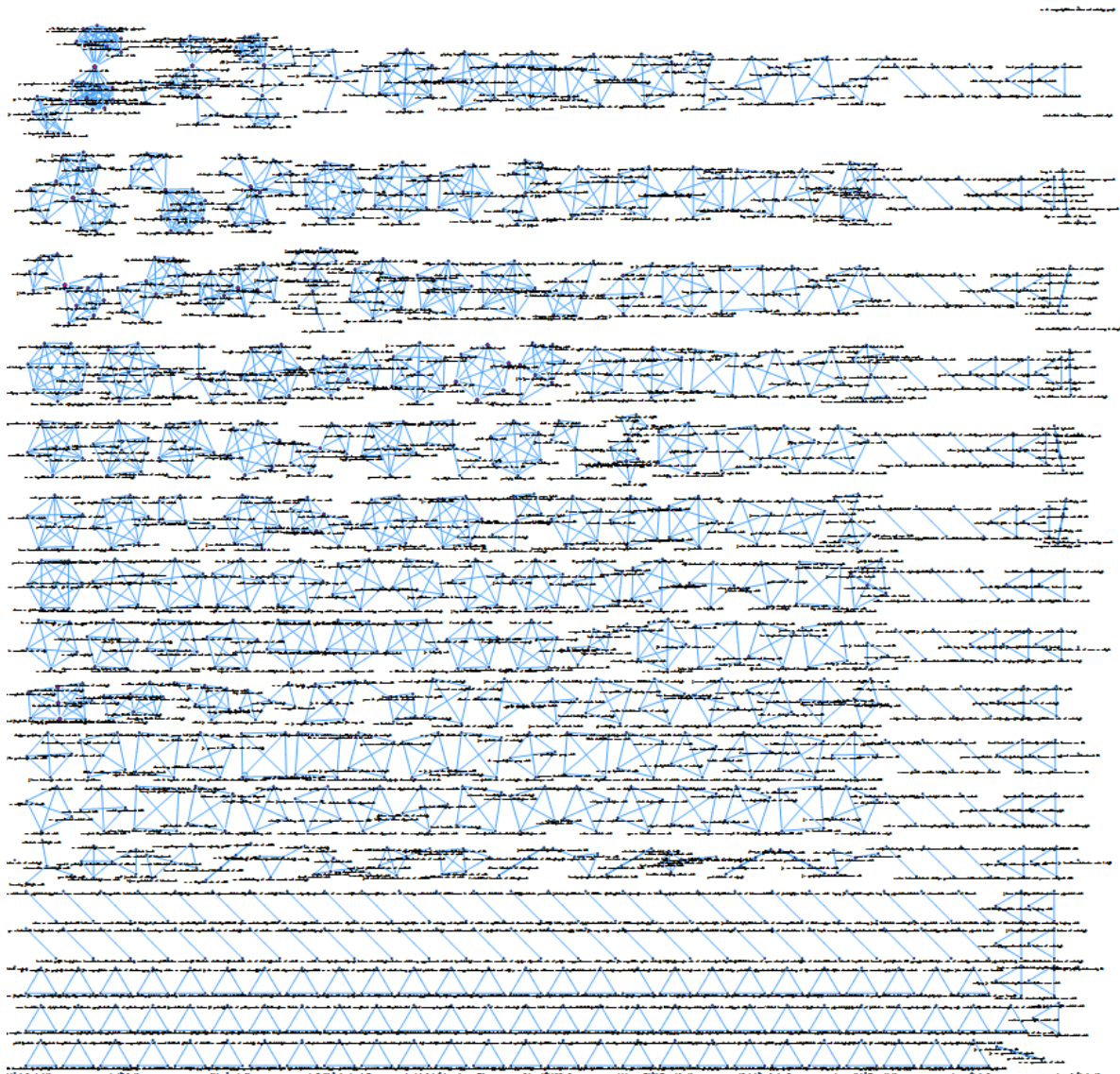


Figure 8. 공저자 네트워크 시각화(2017 년~2019 년)

이들 연구자 그룹 중 좌측 상단의 가장 큰 그룹은 Figure 9 와 같다. 이 그룹은 F. Stern(University of Iowa)과 M. Visonneau (Ecole Centrales de Nantes), 두 연구자의 연결로 이루어진 그룹으로 University of Iowa, IHEEA, CNRS/ECN, Ecole Centrales de Nantes 등 소속의 연구자 22 명이 연결된 그룹이다.

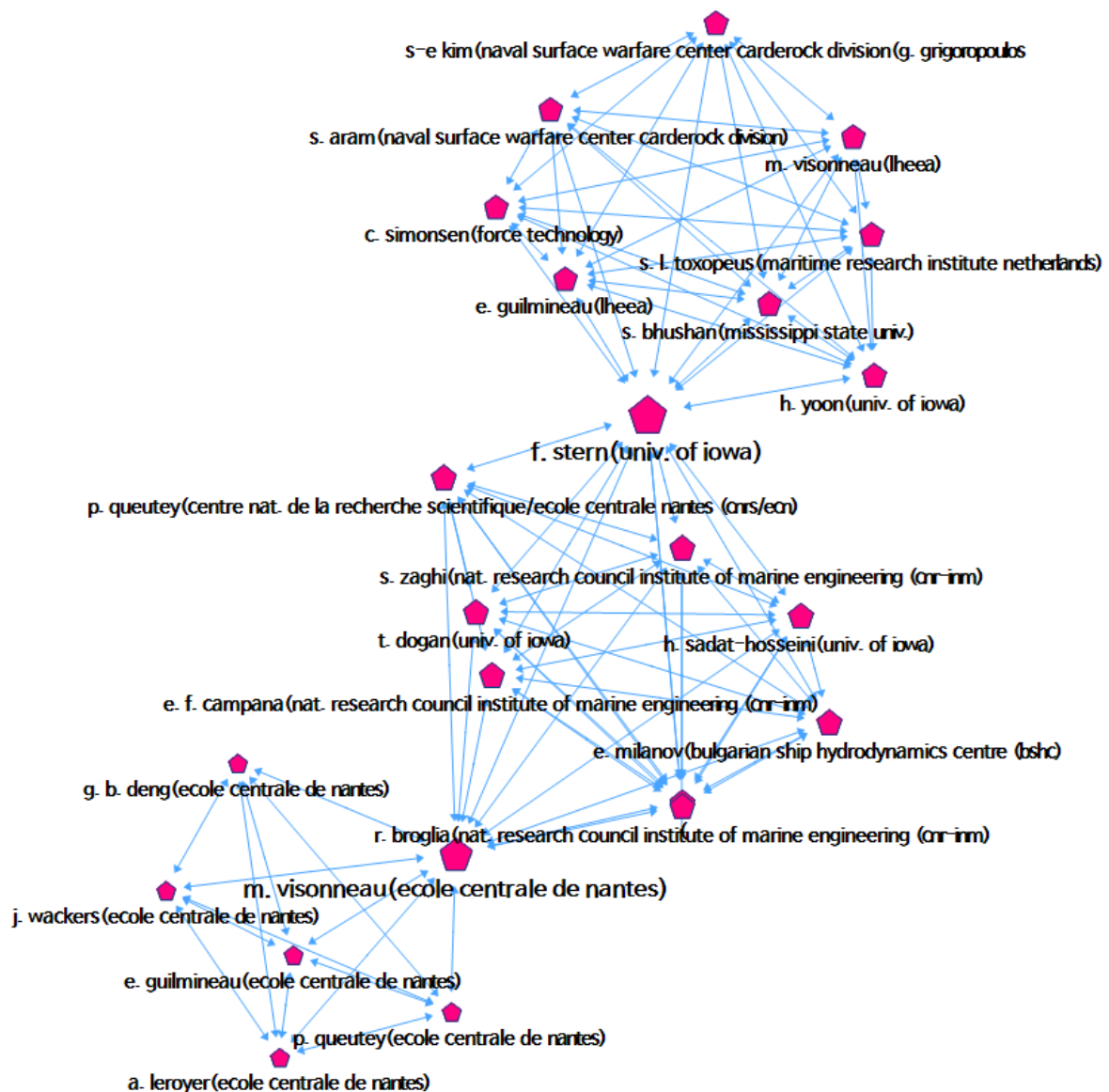


Figure 9. F. Stern(University of Iowa)와 M. Visonneau (Ecole Centrale de Nantes) 중심그룹  
(2017 년~2019 년, Spring Layout)

또한 연구자 그룹 중 2 번째로 큰 그룹은 Figure 10 과 같이 Yassin A. Hassan(Texas A&M University)와 Elia Merzari(Argonne Nat. Lab.)가 연결된 그룹으로 Texas A&M University 와 Argonne Nat. Lab., Kairos Power LL 등의 16 명의 연구자가 연결되어 있다.

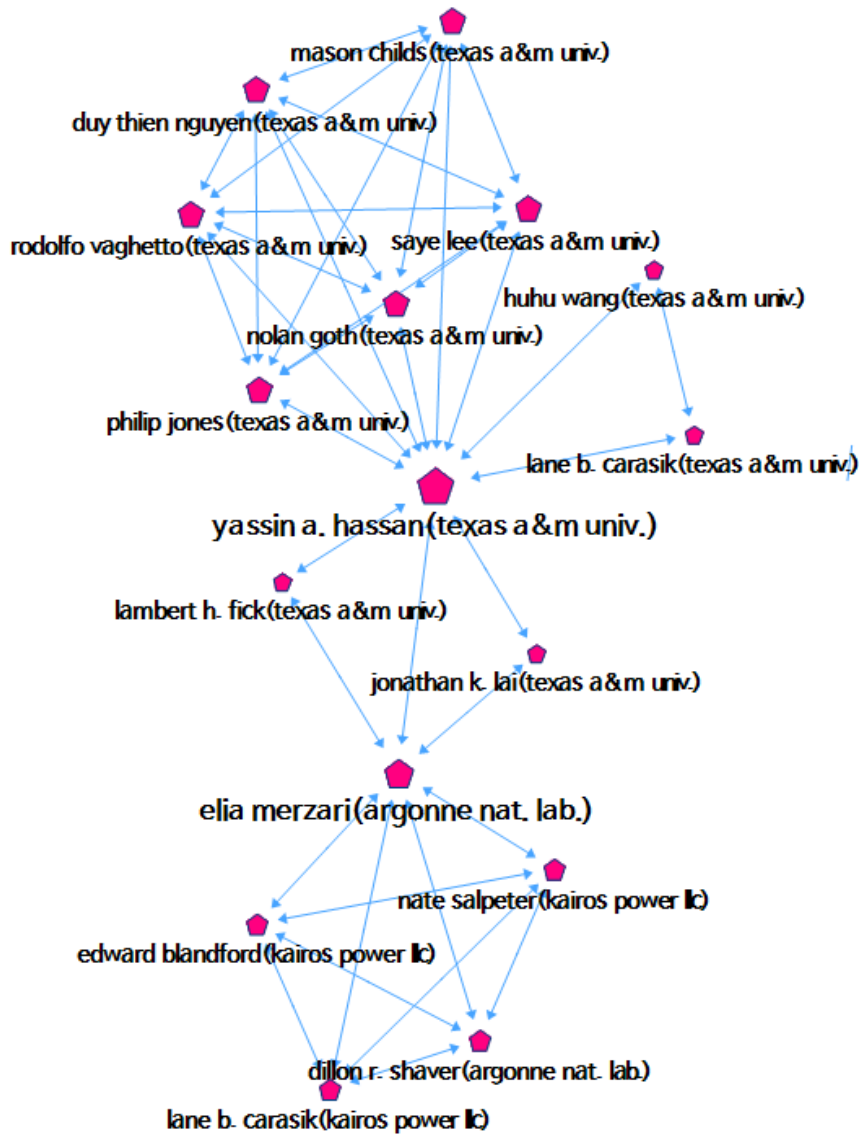


Figure 10. Yassin A. Hassan(Texas A&M University)와 Elia Merzari(Argonne Nat. Lab.) 연결그룹  
(2017 년~2019 년, Spring Layout)



3 번째로 큰 그룹을 Figure 11 에 나타내었다. 이 그룹은 Japan Aerospace Exploration Agency 소속의 Masaharu Uchiumi 와 Satoshi Kawasaki, 그리고 Yuka Iga(Tohoku University)가 연결된 그룹으로 Japan Aerospace Exploration Agency 와 Tohoku University 등의 연구자 15 명으로 구성되어 있다.

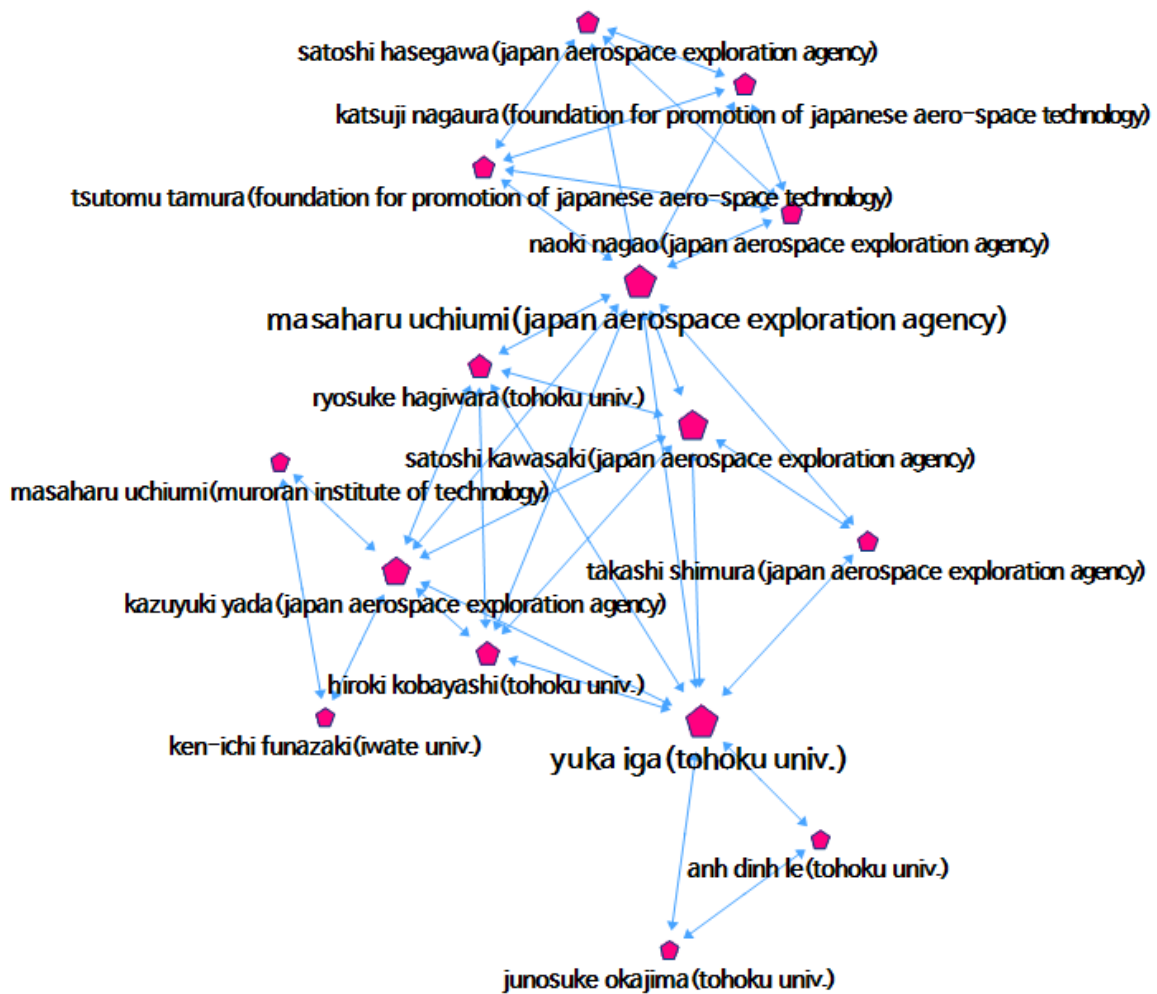


Figure 11. Masaharu Uchiumi(Japan Aerospace Exploration Agency)와 Satoshi Kawasaki(Japan Aerospace Exploration Agency), Yuka Iga(Tohoku University) 연결그룹



4 번째로 큰 그룹은 Figure 12 와 같이 Beihang University 의 연구자들이 연결된 그룹으로 Xiaofeng Sun(Beihang University)을 중심으로 14 명의 연구자가 연결되어 있다.

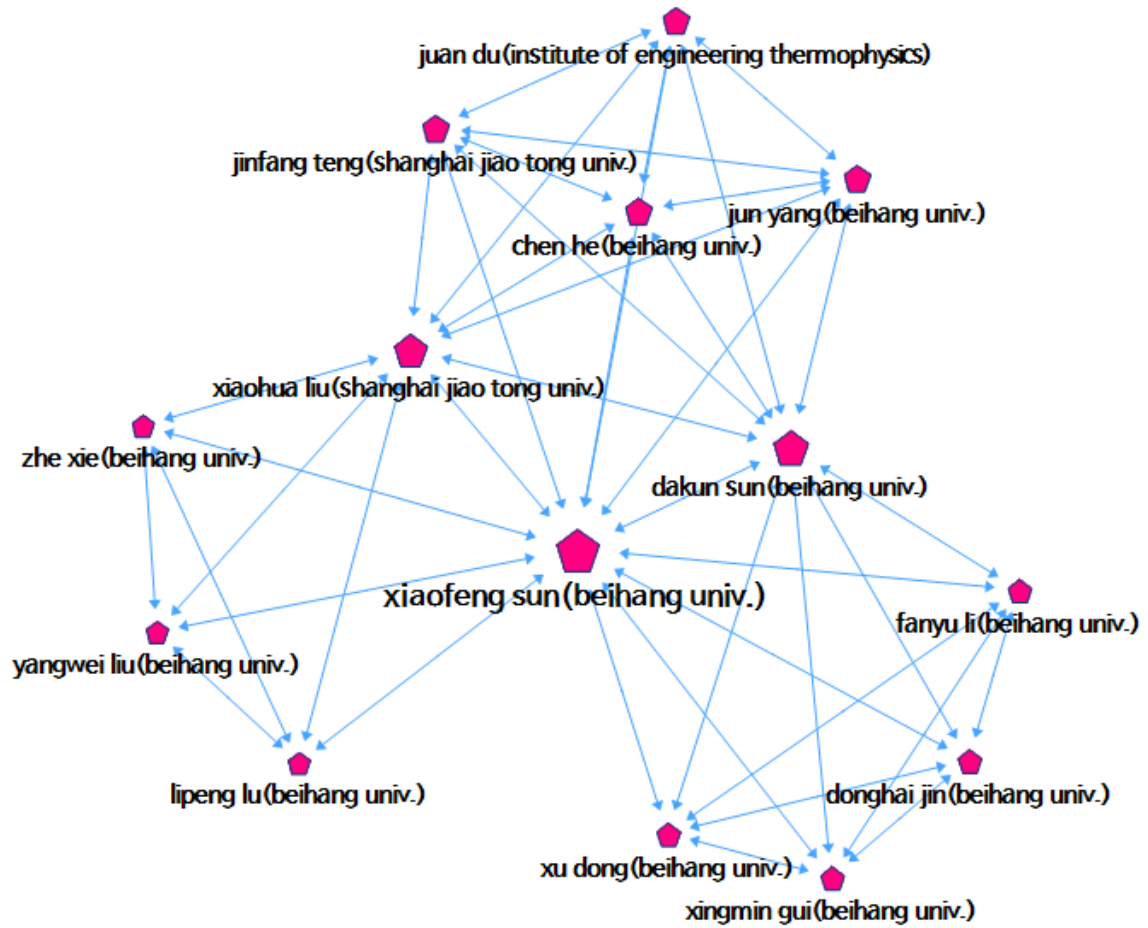


Figure 12. Xiaofeng Sun(Beihang University) 중심그룹

그리고 5 번째로 큰 그룹은 Figure 13 와 같이 Hua Liu(Shanghai Jiao Tong University)를 중심으로 Sichuan University 와 Shanghai Jiao Tong University, University of Sheffield, China Ship Scientific

Research Center 소속인 12 명의 연구자가 연결되어 있다.

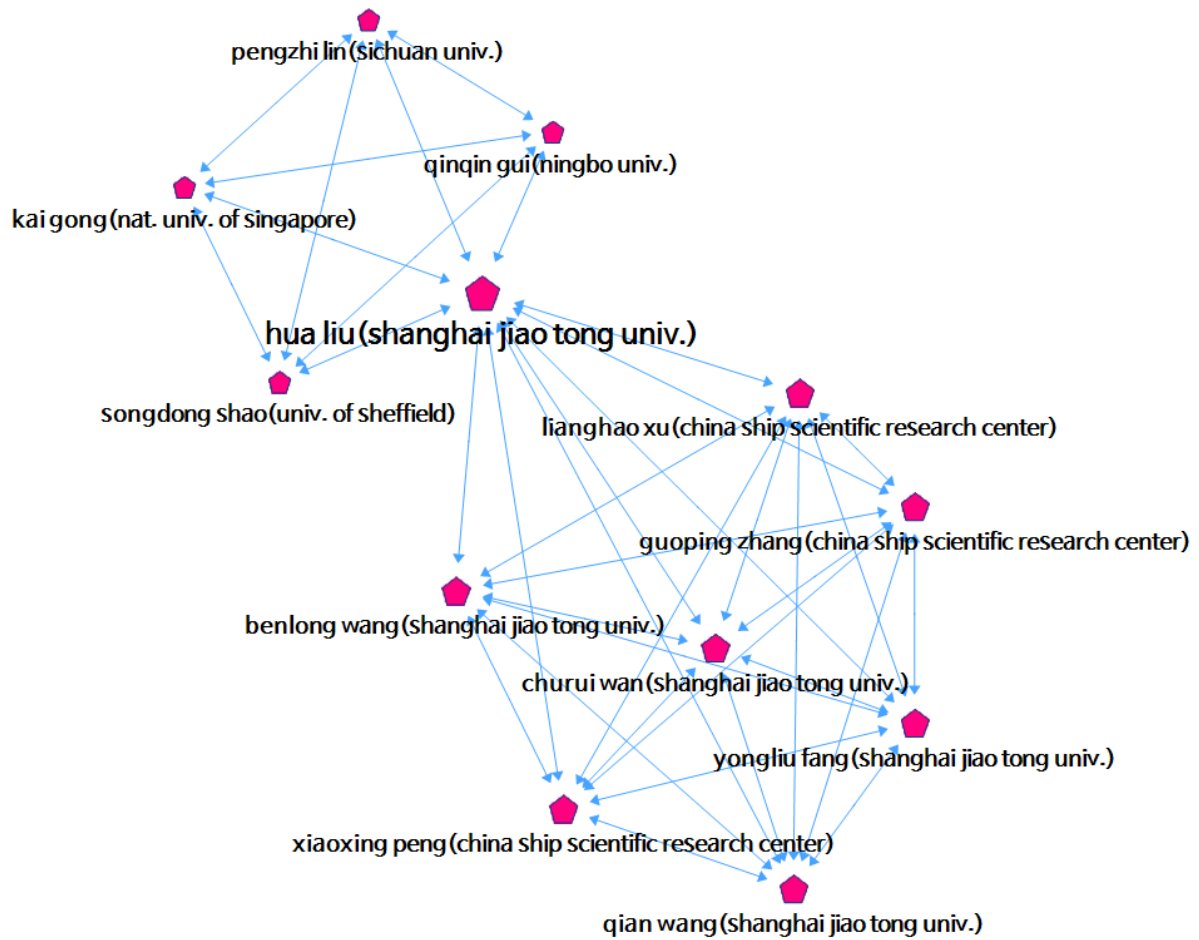


Figure 13. Hua Liu(Shanghai Jiao Tong University) 중심그룹

위에서 추출한 연구자 데이터를 바탕으로 하여 Figure 14 와 같이 연구자의 Degree Centrality 를 분석하였다. Degree Centrality 는 연결 정도 중심성으로 한 개인이 전체 네트워크에서 얼마만큼 중심에 가까이 자리 잡고 있는지를 나타내는 지표로 여러 논문과 다른 연구자와의 연결 관계가 많을수록 네트워크 가운데 쪽으로 위치하게 된다.

이를 살펴보면 위에서 제일 큰 그룹(Figure 9)의 중심 연구자였던 F. Stern(University of Iowa)과 Jiandong Yang(Wuhan University)이 제일 중심에 있으며, 그 다음 가까운 위치에 Fu Chen(Harbin Institute of Technology), Guihui Ma(Harbin Institute of Technology), Jianyang Yu(Harbin Institute

of Technology), M. Visonneau(Ecole Centrale de Nantes), Yassin A. Hassan(Texas A&M University), Zhengwei Wang(Tsinghua University), Angelo Cervone(Delft University of Technology)가 있는 것을 볼 수 있다.



Figure 14. 공저자 Degree Centrality (2017 년~2019 년)

Table 6 은 공저 논문 수 3 편 이상의 연구자 리스트이다. 공저 논문의 순위와 Figure 14 의 중심도 결과가 크게 비례하지 않는 이유는 Degree Centrality 는 공저 논문 수와 함께 다른 연구자와의 공저 관계도 같이 고려되기 때문이다. 또한 공저 논문의 수가 3 편 이상인 연구자가 40 명으로 매우 많은 편이기 때문에 중심도의 결과는 공저 논문 수보다는 같이 연결된 공저 연구자의 연결 관계에 의해 좌우될 가능성이 높다.

NO	공저자	공저 논문수
1	Fu Chen(Harbin Institute of Technology)	4
	Guihui Ma(Harbin Institute of Technology)	4
	Jiandong Yang(Wuhan University)	4
	Jiayang Yu(Harbin Institute of Technology)	4
	Lei Tan(Tsinghua University)	4
	Michel J. Cervantes(Lulea University of Technology)	4
	Samir Ziada(McMaster University)	4
	T. Lee(McGill University)	4
	Yassin A. Hassan(Texas A&M University)	4
2	Abhay Patil(Texas A&M University)	3
	Ahmad Nourbakhsh(University of Tehran)	3
	Alexandrina Untaroiu(Virginia Tech)	3
	Amir H. Azimi(Lakehead University)	3
	Angelo Pasini(University of Pisa)	3
	C. Y. Wang(Michigan State University)	3
	Claire Deschenes(Laval University)	3
	Dario Valentini(Sitael S.P.A)	3
	Eduard Amromin(Mechmath Llc)	3
	Elia Merzari(Argonne Nat. Lab.)	3
	Francois Avellan(Swiss Federal Institute of Technology)	3

NO	공저자	공저 논문수
2	Giovanni Pace(Sitael S.P.A)	3
	Ji Pei(Jiangsu University)	3
	Jin-Yuan Qian(Zhejiang University)	3
	Luca D'Agostino(University of Pisa)	3
	Mark Francis Tachie(University of Manitoba)	3
	Masaharu Uchiumi(Japan Aerospace Exploration Agency)	3
	Ning Zhang(McNeese State University)	3
	Peter F. Pelz(Technical University Darmstadt)	3
	Romuald Skoda(Ruhr University Bochum)	3
	Ruzbeh Hadavandi(Sitael S.P.A)	3
	Sebastien Houde(Laval University)	3
	Seyed Sobhan Aleyasin(University of Manitoba)	3
	Shouqi Yuan(Jiangsu University)	3
	Xiao Chen(The University of Adelaide)	3
	Xiaofeng Sun(Beihang University)	3
	Yuka Iga(Tohoku University)	3
	Zhao F. Tian(The University of Adelaide)	3
	Zhengwei Wang(Tsinghua University)	3
	Zhi-Jiang Jin(Zhejiang University)	3
	Zhi-Xin Gao(Zhejiang University)	3

Table 5. 공저자 빈도수 순위(3 년간)

#### 4) 연도별 연구자 네트워크

연도별 중심도 분석과 가장 큰 연구 그룹을 그림으로 나타내면 Figure 15~20 과 같다. 2017 년의 Degree Centrality 에서 제일 중심에 있는 연구자는 Figure 15 와 같이 F. Stern(University of Iowa)으로 나타났으며, 제일 큰 연구그룹 또한 Figure 16 과 같이 F. Stern(University of Iowa)을 중심으로 17 명의 연구자가 연결된 그룹으로 나타났다.

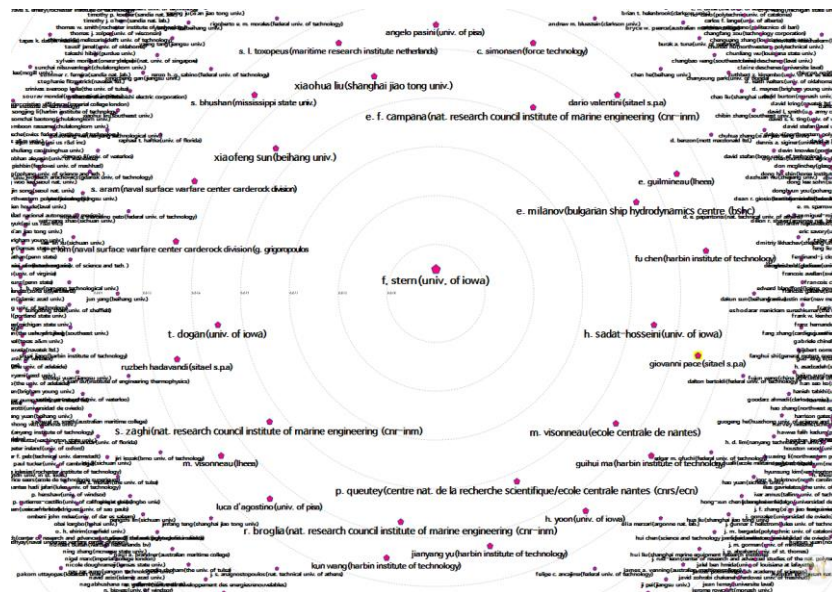


Figure 15. 공저자 Degree Centrality (2017년)

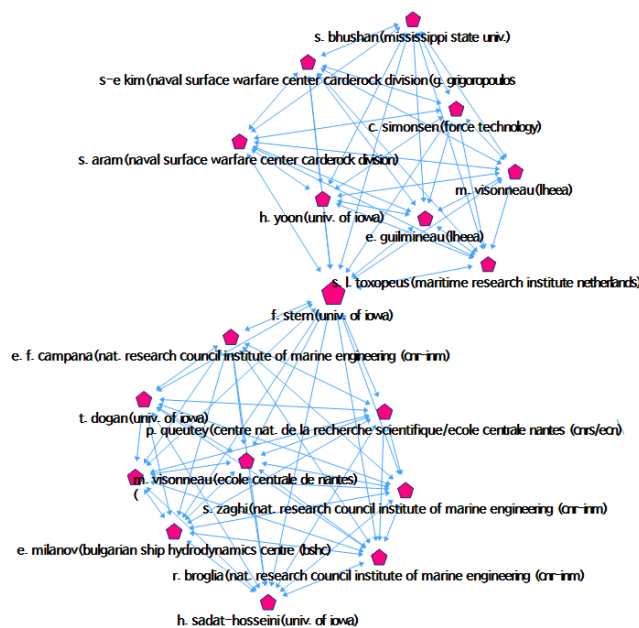


Figure 16. 2017년도 제 1 그룹(2017년, Spring Layout)

2018 년의 Degree Centrality 에서 제일 중심에 있는 연구자는 Masaharu Uchiumi(Japan Aerospace Exploration Agency)로 나타났으며, 제일 큰 연구그룹 또한 Masaharu Uchiumi(Japan Aerospace Exploration Agency)를 중심으로 한 Japan Aerospace Exploration Agency 와 Tohoku University 소속의 11 명의 연구자가 연결된 그룹으로 나타났다.

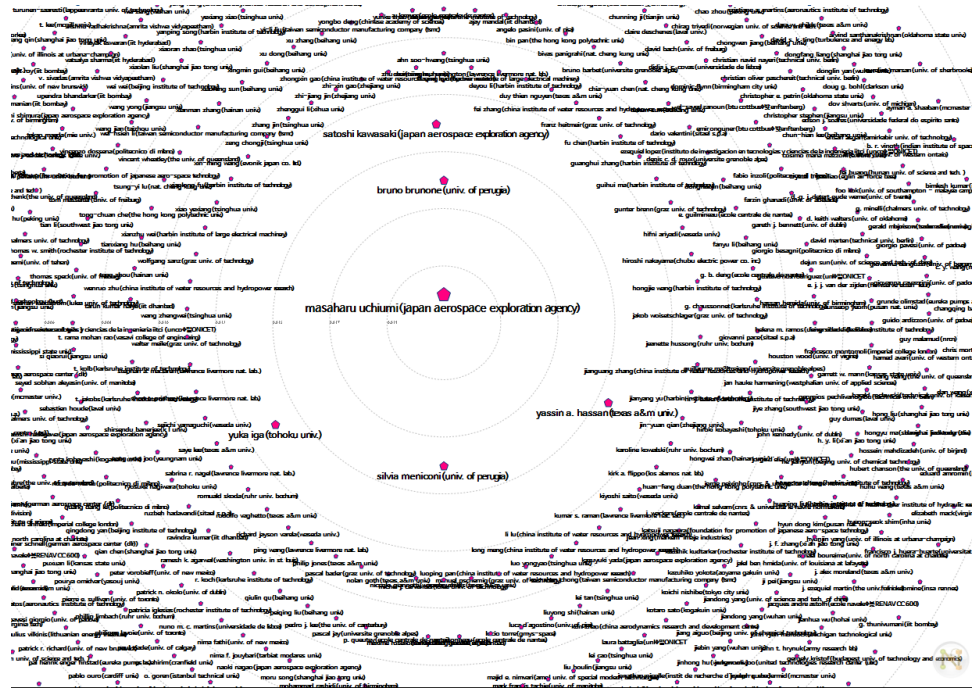


Figure 17. 공저자 Degree Centrality (2018 년)

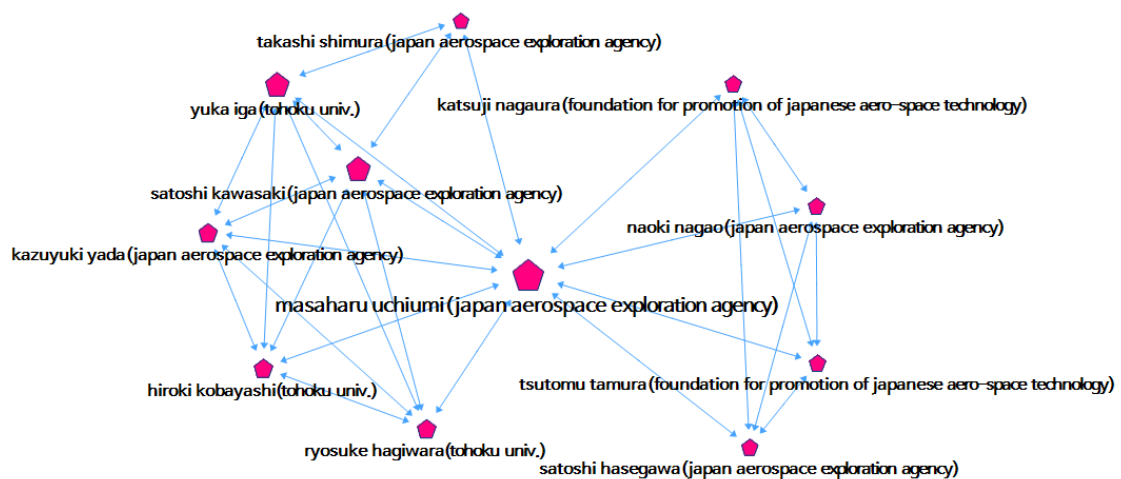


Figure 18. 2018 년도 제 1 그룹(2018 년, Spring Layout)



2019 년의 Degree Centrality 에서는 Jiandong Yang(Wuhan University), Zhongdong Qian(Wuhan University), Jianfeng You(Wuhan University), Linsheng Xia(Wuhan University), Zhengwei Wang(Tsinghua University), Yongguang Cheng(Wuhan University)의 6 명의 연구자가 중심연구자로 나타났다. 제일 큰 연구그룹 이들 중 Zhengwei Wang(Tsinghua University)을 중심으로 한 Universitat Politècnica de Catalunya, Alstom hydor Espana, China Agricultural University, Tsinghua University, University of Minnesota, Roorkee College of Engineering 소속의 10 명의 연구자가 연결된 그룹으로 나타났다.



Figure 19. 공저자 Degree Centrality (2019 년)

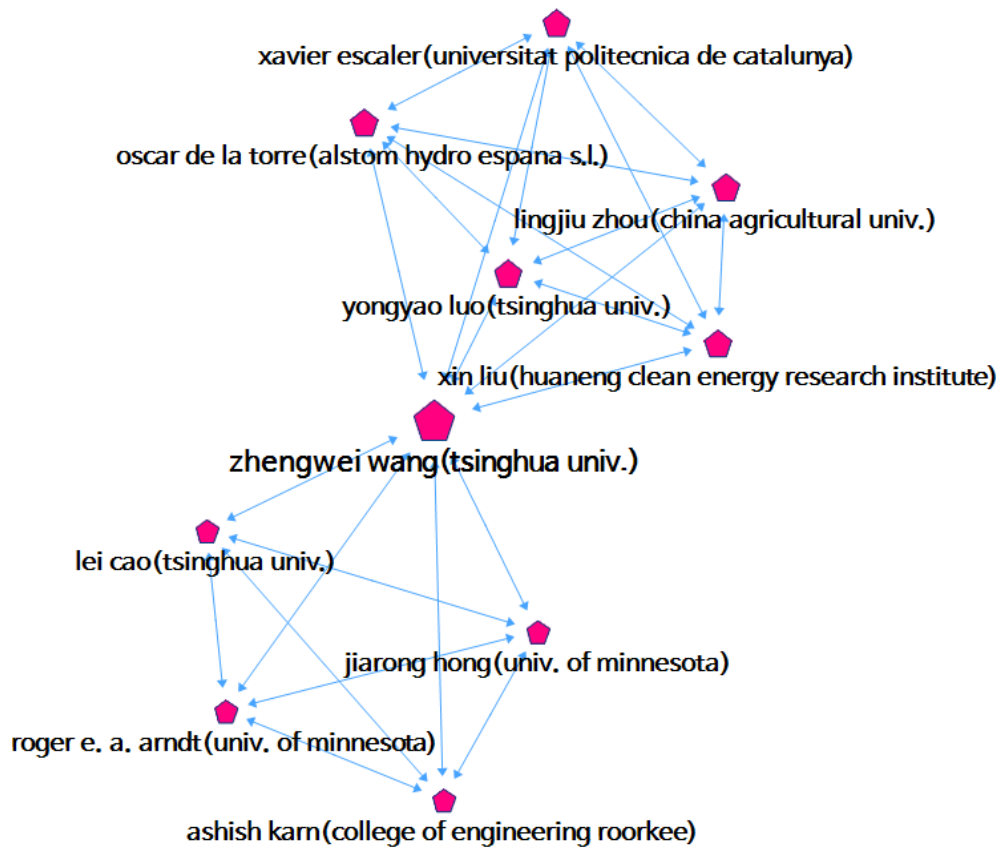


Figure 20. 2019 년도 제 1 그룹(2019 년, Spring Layout)

위의 결과를 바탕으로 2017 년에서 2019 년의 연도별로 중심연구자를 정리하면 Table 6 과 같다.

연도별	중심 연구자 (소속)
2017 년	F. Stern(University of Iowa)
2018 년	Masaharu Uchiumi(Japan Aerospace Exploration Agency)
2019 년	Zhengwei Wang(Tsinghua University), Jiandong Yang(Wuhan University), Zhongdong Qian(Wuhan University), Jianfeng You(Wuhan University), Linsheng Xia(Wuhan University) Yongguang Cheng(Wuhan University)

Table 6. 연도별 중심 연구자(2017 년~2019 년)



## ● 주요 연구자 정보

1. F. Stern(University of Iowa): <https://scholar.google.com/citations?user=5G6Di9YAAAAJ&hl=en>
2. Masaharu Uchiumi(Japan Aerospace Exploration Agency):  
<https://researchmap.jp/read0136608/?lang=english>
3. Zhengwei Wang(Tsinghua University): [https://www.researchgate.net/scientific-contributions/2006005509\\_Zhengwei\\_Wang](https://www.researchgate.net/scientific-contributions/2006005509_Zhengwei_Wang)
4. Jiandong Yang(Wuhan University): [https://www.researchgate.net/scientific-contributions/2069803440\\_Jiandong\\_Yang](https://www.researchgate.net/scientific-contributions/2069803440_Jiandong_Yang)
5. Zhongdong Qian(Wuhan University): [http://swrh.whu.edu.cn/en\\_home/people/Faculty/Dept-of-Agricultural-Water-Resources-Engineering/2016-12-27/311.html](http://swrh.whu.edu.cn/en_home/people/Faculty/Dept-of-Agricultural-Water-Resources-Engineering/2016-12-27/311.html)
6. Jianfeng You(Wuhan University) : [https://www.researchgate.net/profile/You\\_Jianfeng](https://www.researchgate.net/profile/You_Jianfeng)
7. Linsheng Xia(Wuhan University) : <https://publons.com/researcher/1500042/linsheng-xia/>
8. Yongguang Cheng(Wuhan University): [https://www.researchgate.net/profile/Yongguang\\_Cheng](https://www.researchgate.net/profile/Yongguang_Cheng)

## 4) 기관-키워드 분석(2MODE)

논문 주 저자의 소속 기관과 그 논문에 대한 키워드를 정리하여 기관과 키워드 간의 관계를 네트워크 시각화한 그림은 Figure 21 이며, 이를 좀 더 자세히 보기 위해 1 이하의 연결 관계를 제외한(Link Reduction 1) 한 결과를 Figure 22 에 나타내었다.

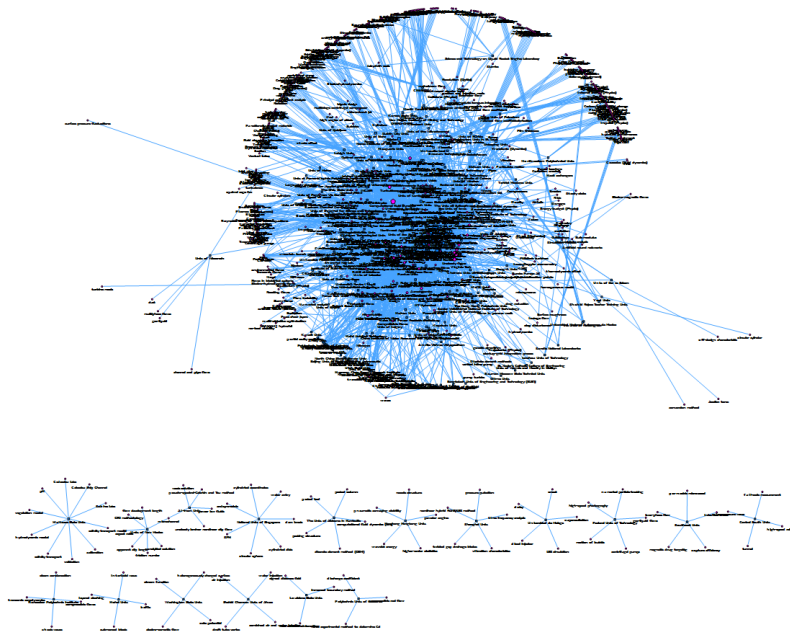


Figure 21. 기관-키워드 네트워크 시각화(2017~2019년, 2-MODE 분석)

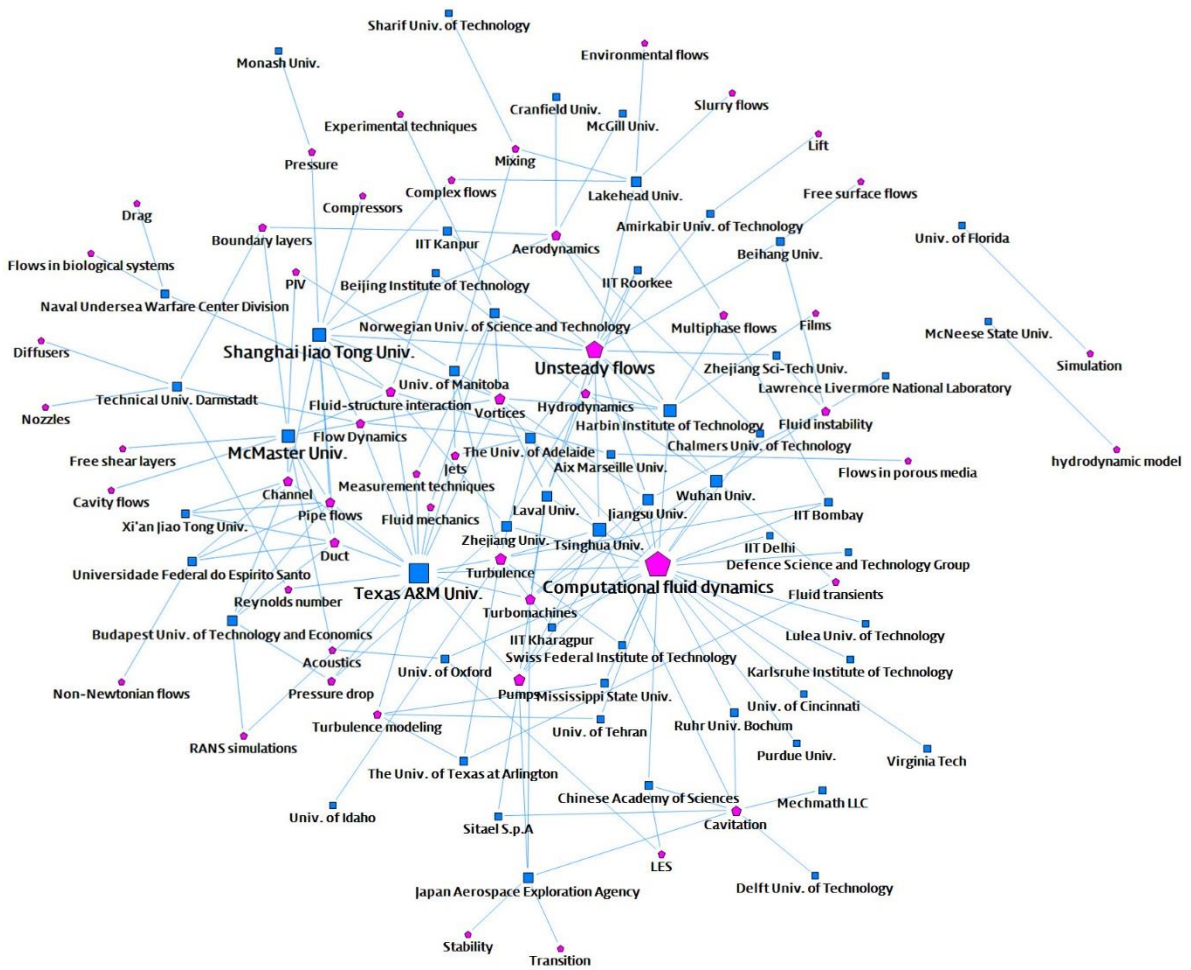


Figure 22. 기관-키워드 네트워크 시각화(2017~2019년, 2-MODE 분석, Link Reduction 1)

Figure 25 에 나타난 바와 같이 Fluids Engineering 분야에서 기관으로는 Texas A&M University 가장 많은 키워드와 연결되어 있으며, 그 다음으로 Shanghai Jiao Tong University, McMaster University, Harbin Institute of Technology 등이 다양한 주제의 연구를 수행하는 기관으로 나타나 있다. 이들 기관에서 어떤 키워드의 논문이 많이 발표되었는지 각각 살펴 보면 Texas A&M University에서는 “Computational Fluid Dynamics, Turbulence, Jets, Flow Dynamics, Turbomachines, Pressure Drop, Channel, RANS Simulations, Pumps, Turbulence Modeling, Pipe Flows, Reynolds Number, Fluid Mechanics, Measurement Techniques, Duct, Fluid-Structure Interaction” 등의 키워드가 많이 나왔으며, Shanghai Jiao Tong University에서는 “Unsteady Flows, Pipe Flows, Channel, Vortices, Complex Flows, Aerodynamics, Flow Dynamics, Fluid-Structure Interaction, Pressure, Duct, Compressors” 등의 키워드가, McMaster University에서는 “Fluid-Structure Interaction, Boundary Layers, Cavity Flows, Duct, Pipe Flows, Free Shear Layers, Channel, Vortices, Acoustics, PIV” 등의 키워드가, Harbin Institute of Technology에서는 “Computational Fluid Dynamics, Unsteady Flow, Aerodynamics, Vortices, Multiphase Flows, Hydrodynamics, Films, Aerodynamics” 등의 키워드가 많이 등장하였다. 또한 여러 기관과 연계되어 높게 나오는 키워드는 “Computational Fluid Dynamics,” “Unsteady Flows” 등으로 나타났다. 3년간 주요 기관에서 발표된 논문의 키워드를 정리하면 아래 Table 7 과 같다.

주요 기관	키워드
Texas A&M University	Computational Fluid Dynamics, Turbulence, Jets, Flow Dynamics, Turbomachines, Pressure Drop, Channel, RANS Simulations, Pumps, Turbulence Modeling, Pipe Flows, Reynolds Number, Fluid Mechanics, Measurement Techniques, Duct, Fluid-Structure Interaction
Shanghai Jiao Tong University	Unsteady Flows, Pipe Flows, Channel, Vortices, Complex Flows, Aerodynamics, Flow Dynamics, Fluid-Structure Interaction, Pressure, Duct, Compressors
McMaster University	Fluid-Structure Interaction, Boundary Layers, Cavity Flows, Duct, Pipe Flows, Free Shear Layers, Channel, Vortices, Acoustics, PIV
Harbin Institute of Technology	Computational Fluid Dynamics, Unsteady Flow, Aerodynamics, Vortices, Multiphase Flows, Hydrodynamics, Films, Aerodynamics

Table 7. 3년간 주요 연구기관에서 발표된 논문의 키워드

### 3. 결론

2017년부터 2019년까지 ASME Journal of Fluids Engineering 에 게재된 논문은 45 개 국가에서 투고한 510 편이다. 3 년간 국가별 논문 발표 순위는 미국이 115 편으로 제일 많은 논문을 발표하였으며, 그 다음으로 중국이 103 편, 캐나다가 45 편, 인도가 39 편, 이란이 22 편, 영국이 19 편, 독일이 18 편의 논문을 게재하였다.

기관별 발표 논문 수를 보면 미국의 Texas A&M University 가 가장 많은 수인 13 편의 논문을 게재하였으며, Harbin Institute of Technology, Shanghai Jiao Tong University, Tsinghua University 에서 각각 9 편의 논문을 발표하였고 그 뒤를 Beihang University, Sharif University of Technology, Xi'an Jiao Tong University, Zhejiang University 가 각각 6 편의 논문으로 쫓고 있다. 한국에서는 KIST, 부산대학교, 서울대학교에서 각각 2 편의 논문을 발표하였으며, 동아대학교, 두산중공업, 인하대학교, 광주과학기술원에서 각각 1 편의 논문을 발표하였다.

3 년간 논문에 나타난 전체 키워드는 중복을 제외하고 504 개로 나타났으며, 2017년에는 68 개, 2018년에는 69 개, 2019년에는 490 개로 2019 년도에 키워드 수가 급격하게 늘어난 것을 알 수 있다. “Computational Fluid Dynamics, Unsteady Flows, Turbulence, Vortices” 의 빈도가 높게 나오며 다른 키워드 간의 연결 관계가 많음을 확인할 수 있다. 키워드 전체의 빈도 순위를 보면 “Computational Fluid Dynamics, Unsteady Flows, Turbulence, Vortices, Pumps, Flow Dynamics, Turbomachines” 의 빈도수가 60 이상으로 높게 나타난 것을 확인할 수 있다.

3 년간(2017~2019 년)까지 키워드의 변화를 살펴보면 “Computational Fluid Dynamics”와 “Unsteady Flows”가 2017 년과 2018 년에 1 번째와 2 번째로 높게 나타났으나, 2019 년도에는 4 번째와 20 번째로 내려간 것을 확인할 수 있다. 또한 “Channel, Duct, Pipe Flows”의 경우에도 2018 년과 2019 년에 차츰 순위가 내려간 것을 확인할 수 있다. 반면 2019 년에는 2 년간 없었던 “Flow Dynamics”가 가장 높은 빈도수를 차지한 것을 확인할 수 있다. 이외에도 “Turbulence, Pressure, Cavitation” 등이 2019 년에 많이 상승한 키워드로 나타났다.

키워드들의 중심도(Degree Centrality)를 살펴보면 Computational Fluid Dynamics 를 중심으로 Flow

Dynamics, Turbulence 가 2 번째로 중심에 가까운 원에 있으며, Unsteady Flow, Vortices 가 그 다음으로 가까이 있음을 알 수 있다. 이외에도 중심에 비교적 가까이 나타나는 키워드로 Pumps, Boundary Layers, Cavitation, Channel, Duct, Hydrodynamics, Pipe flows, Pressure, Turbomachines 등이 있다.

연구자 네트워크를 분석해 보면 연구자 그룹 중 좌측 상단의 가장 큰 그룹은 F. Stern(University of Iowa)과 M. Visonneau (Ecole Centrais de Nantes)의 두 연구자의 연결로 이루어진 그룹으로 University of Iowa, IHEEA, CNRS/ECN, Ecole Centrais de Nantes 등의 22 명의 여러 연구자가 연결된 그룹으로 나타났다.

위에서 추출한 연구자 데이터를 바탕으로 하여 연구자의 Degree Centrality 를 분석해보면 위에서 제일 큰 그룹의 중심 연구자였던 F. Stern(University of Iowa)과 Jiandong Yang(Wuhan University)이 제일 중심에 있으며, 그 다음 가까운 위치에 Fu Chen(Harbin Institute of Technology), Guihui Ma(Harbin Institute of Technology), Jianyang Yu(Harbin Institute of Technology), M. Visonneau(Ecole Centrale de Nantes), Yassin A. Hassan(Texas A&M University), Zhengwei Wang(Tsinghua University), Angelo Cervone(Delft University of Technology)가 있는 것을 볼 수 있다.

논문 주 저자의 기관과 그 논문에 대한 키워드를 정리하여 기관과 키워드 간의 관계를 네트워크 나타내 보면, Fluids Engineering 분야에서 기관으로는 Texas A&M University 가 가장 많은 키워드와 연결되어 있으며, 그 다음으로 Shanghai Jiao Tong University, McMaster University, Harbin Institute of Technology 등이 비중이 높은 기관으로 등장하고 있다. Texas A&M University 에서는 “Computational Fluid Dynamics, Turbulence, Jets, Flow Dynamics, Turbomachines, Pressure Drop, Channel, RANS Simulations, Pumps, Turbulence modeling, Pipe Flows, Reynolds Number, Fluid Mechanics, Measurement Techniques, Duct, Fluid-structure Interaction” 등에 관련된 논문을 게재한 것을 알 수 있다.