인공지능 시대 중국의 국가능력 제고 노력

‘사회계산’의 이론체계와 응용 현황 분석

이 상 국*

❖ 요 약 ❖

최근 정보통신기술, 인공지능, 컴퓨팅 기술에 기반을 둔 계산사회과학(computational social science)을 이용해 복잡한 사회문제를 분석하고 해결하려는 움직임 확대되고 있다. 이와 관련 중국에서는 계산사회과학의 하나로서 인공사회와 실제사회의 상호연계를 핵심으로 한 ‘사회계산’(social computing) 이론이 크게 주목받고 있다. 이와 같은 상황에서 본 연구는 사회계산의 출현 배경, 이론체계, 연구와 응용 현황을 살펴보고, 사회계산의 발전이 중국의 국가능력에 미치는 영향을 검토하고 있다. 이를 통해 본 연구는 ‘사이버-물리-사회 융합’의 새로운 사회 시스템이 출현하고 있는 상황에서 중국에서는 복잡한 사회문제의 분석과 해결을 위한 도구로서 사회계산이 크게 활성화하고 있음을 밝히고 있다. 나아가 본 논문은 사회계산은 실제 정책 영역에서 적극적인 응용됨으로써 정책결정 과정의 과학화와 합리화에 기여하고 있을 뿐만 아니라, 공공안보와 군사안보 같이 제반 안보 영역에서도 국가의 대응능력을 제고시킴 있음을 확인하고 있다.

핵심어: 인공지능, 복잡 시스템, 사회계산, 중국, 국가능력

Ⅰ. 서론

20세기 후반 행태주의(behaviorism)의 발흥, 컴퓨터 기술과 다양한 통계분석기법의 발전에 힘입어 양적 방법(quantitative method)을 이용한 사회현상 분석이 크게 활성화했다(Gary King 1991, 2-9; Charles H. Franklin 2008, 798-803). 그리고 2000년대 들어서는 인터넷, 빅데이터, 컴퓨팅, 인공지능 등을 활용해 사회현상을 연구하려는 움직임이 확대되면서, 최근 정보통신기술(ICT)과 컴퓨팅 기술을 이용해 사회현상을 분석하려는 ‘계산사회과학’(computational social science)이 탄

『국가전략』 2017년 제23권 1호
* 한국국방연구원 안보전략연구센터 연구위원

생했다(David Lazer 등 2009, 721-723; Rosaria Conte 등 2012, 325-346; Claudio Cioffi-Revilla 2014; Winter Mason 등 2014, 257-260). 계산사회과학은 뉴턴의 고전역학에서 출발하는, 선형 인과성(linear causality)과 환원론(reductionism)에 기초한 전통적인 사회과학 방법으로는 분석하기 어려운 복잡한(complex) 사회현상을 연구하는 데 기여하고 있다(Dirk Helbing ed. 2012, 33-34).

이러한 계산사회과학은 인구 구조의 변화, 경제와 금융의 불안정성, 사회·경제·정치의 양극화, 질병의 확산, 다극(多极)체제에서 권력의 불균형, 사이버 범죄·사회 불안·전쟁과 같은 조직범죄, 제도 설계와 제도 동학의 불분명성, 통신 및 정보 시스템의 비윤리적 이용과 같은 중요한 복잡 시스템적인 사회문제들을 분석하는 데 이용할 수 있다(Rosaria Conte 등 2102, 326). 이에 따라 계산사회과학은 일반 개인과 사회조직은 물론 국가의 정책 결정자들이 각종 사회, 정치, 경제적 위협과 위기를 예방할 수 있는 유용한 도구로 활용할 수 있다(Rosaria Conte, 2012, 342). 실제 미국 RAND 연구소는 1991년 이미 정보기술과 컴퓨터 기술에 기반 한 '인공사회'(artificial society) 개념을 제시하고, 이를 이용한 사회이론의 발전과 정책적 활용의 필요성을 제기한 바 있다(Builder and Bankes 1991). 이후 미국에서는 2001년 9·11 테러를 계기로 국가안보 차원에서 국토안전부 등 연방정부의 적극적인 관심 속에서 계산사회과학이 적극적으로 활용되기 시작했다(Hsinchun Chen 등, 2006, 1-14).

중국에서도 계산사회과학을 활용해 제반 사회현상을 분석하는 한편, 이를 바탕으로 정부의 정책결정을 지원하거나 다양한 사회문제를 해결하려는 움직임이 확대되고 있다. 2008년 중국과학기술협회가 주최한 계산사회과학 관련 학술회의에 따르면(中国科协学会学术部编, 2009), 이러한 움직임은 서구 이론을 직접 수용, 적용한 연구와 중국의 독자성 또는 선도성이 강한 연구로 구분된다. 예를 들면, '행위자 기반 컴퓨터 모형'(Agent Based Computational Model) 연구(盛昭瀚等, 2011), 인공지능 기반의 '지능 의사결정 지원 시스템'(Intelligent Decision Support Systems, IDSS) 연구(田军等, 2005, 71-75) 등은 서구의 이론을 직접적으로 적용하는 경우이다. 한편 중국의 복잡 시스템 이론가인 첸쉐이선(钱学森)의 의사결정 방법론인 '종합집성법'(综合集成法, metasynthesis) 연구(戴汝为·李耀东·李秋丹, 2013), 비선형 동력학·혼돈이론·자기조직(self-organization)·격변(catastrophe) 이론에 기초한 투쉬옌(涂序彦)의 '사회협조학'(社会协调学, Social Coordination)과 'SoftMan'

(软件人) 개념 연구(曾广平·涂序彦·王洪泊, 2007; 涂序彦·韩力群·马忠贵, 2012), 인공사회 기반 계산실험(computational experiment)에 초점을 둔 왕페이위에(王飞跃)의 '사회계산'(社会计算, social computing) 등은 중국이 주도하고 있거나 국제적으로 비교적 선구적인 위치에 있는 연구들이다.

이 중 사회계산은 각종 사회과학, 사회물리학, 자연과학의 지식을 바탕으로, 각종 유무선의 감지기, 데이터베이스, 인공지능, 시뮬레이션, 현대적인 제어기술 등을 활용하여, 실제사회 시스템과 인공사회 시스템을 상호 연동시킨 가운데 해당 사회 시스템을 관리, 제어(또는 통제)하기 위한 일련의 활동을 가리킨다(Wang 2008). 결국 사회계산은 다른 유형의 계산사회과학의 내용을 상당 정도 포함하고 있다.

사회계산은 그 실행을 위한 기술과 이론 연구, 실제 사회현상에 대한 응용 연구로 구분된다. 이러한 특징으로 사회계산은 자연과학과 사회과학의 다양한 영역의 학제 간 연구의 성격을 지니고 있다. 구체적으로 자연과학 영역에서는 인공지능, 데이터 마이닝(data mining), 사이버네틱스(cybernetics), 웹, 데이터베이스, 멀티미디어, 소프트웨어 엔지니어링, 컴퓨팅 관련 이론 및 기술 등이 요구된다. 사회과학 영역에서는 사회 심리학, 인류학, 사회학, 정치학, 경제학, 커뮤니케이션 이론 등의 도움이 필요하다. 이밖에 자연과학과 사회과학에 걸쳐 있는 시스템 이론, 사회연결망 이론(social network analysis), 시뮬레이션 이론, 인간과 컴퓨터 상호작용 이론(human-computer interaction theory) 등도 사회계산 연구에 필요하다(Fei-Yue Wang 등 2007, 79-83; 孟小峰·李勇·祝建华, 2013, 2484-5).

한편 중국의 사회계산 연구는 본문에서 살펴볼 것처럼 정부의 적극적인 관심과 지원 속에서, 경제, 사회, 안보 등 다양한 영역에서 진행돼 왔고, 실제 중앙 및 지방 정부, 국유기업, 중국군 등이 그 연구 성과를 상당 정도 수용, 응용하고 있다.

이와 같은 점을 고려해 이 연구는 사회계산에 초점을 두고 중국의 계산사회과학이 정부의 정책결정과 '사회관리'(social management) 등의 영역에 어떻게 활용되고 있는 지를 살펴봄으로써, 정보화와 인공지능 시대에 적응하기 위한 중국의 노력을 분석한다. 나아가, '정부가 관할권 내의 각종 인력, 자원, 활동에 미치는 통제력'으로 정의되는 국가능력에 사회계산이 미치는 영향에 대한 초보적인 평가를 시도한다.[1)]

이러한 목적에서 이 연구는 사회계산의 출현배경, 사회계산의 이론체계, 사회계

산의 연구와 응용 현황을 분석한다. 구체적으로 사회계산의 출현 배경 분석에는 사회계산 이론의 사회에 대한 관점, 현대 사회에 대한 평가, 사회계산의 방법론적 배경 등이 포함된다. 사회계산의 이론체계 분석에서는 사회계산의 기본 개념, 구성 내용과 실행 방법을 다룬다. 사회계산의 연구와 운용 현황 분석 차원에서는 중국 내 사회계산 연구 조직과 활동을 살펴보고, 공공안보(public security), 사회관리, 국방건설 등과 관련된 주요 연구 성과와 응용 사례를 검토한다. 마지막 장에서는 이를 토대로 사회계산이 사회문제 해결의 방법론으로서 갖는 의미를 따져보고, 중국의 국가능력에 어떠한 영향을 주고 있는 지를 평가한다. 나아가 향후 사회계산이 중국 정부의 사회관리에 미칠 수 있는 영향에 대해 전망해 본다.

이러한 분석 작업은 사회계산의 사회과학 측면에 초점을 두고 진행하고, 사회계산의 기술적 기반과 관련되는 자연과학에 대한 논의는 논지 전개에 필요한 내용으로 제한한다.

Ⅱ. 사회계산의 출현 배경

1. 사회 시스템의 복잡성과 기존 접근법의 한계

사회계산은 기본적으로 사회에 대한 시스템이론에 기초하고 있다. 곧 사회계산은 사회가 전형적인 복잡 시스템(또는 복잡계, complex system)으로, 그 복잡성은 전체성(entirety), 창발성(emergence), 불확정성(uncertainty), 비선형성(nonlinearity), 비중복성(non-repeatability) 등으로 표출되고 있는 것으로 인식한다(邱晓刚·张志雄, 2013, 13). 사회계산이론에 따르면, 우선 사회 시스템의 전체적인 속성과 현상(overall activity)은 사회 시스템의 구성요소(행위자, 환경 등) 간의 상호작용을 통해 창발하는, 비선형적 인과성(nonlinear casuality)의 특징을 지니고 있다. 다음으로 사회 시스템은 자신의 환경에 대해서 개방적 특징(openness)을 지니고 있다. 이에 따라 사회 시스템은 환경과 에너지, 정보, 물질을 끊임없이 교류하게 되고, 이러한 교류로 시스템 자체가 변화하게 된다. 동시에 사회 시스템은 무수한 하부

1) 국가능력에 대해서는 Doug McAdam, Sidney Tarrow, and Charles Tilly(2001, 78).

시스템들(subsystems)이 다층적으로 구성, 형성하게 되는 데, 이 하부 시스템 구조의 변화에 따라 전체 시스템도 변화 또는 진화하게 된다. 결국 전체 사회 시스템의 구조는 불명확한 특징을 지니게 된다. 앞의 요인들로 인해 엄밀한 인과관계와 전체의 속성과 행위에 대한 구성요소의 속성과 행위에 의한 결정을 가정하는 전통과학이론은 사회 시스템에 적용할 수 없다. 다실 말해, 사회 시스템은 인과성 측면에서 본질적으로 '불확정적' 성격을 지니고 있다. 이러한 불확정성은 미래 사회가 하나의 방향으로 결정된 것이 아니고 다양한 가능성으로 존재하며, 바람직한 미래 사회를 실현하기 위해서는 다양한 가능성에 대한 분석에 기초해, 사회문제에 적극적으로 개입해야 한다는 논리로 이어지게 된다(钱学森·于景元·戴汝为, 1990, 4-5; 胡晓峰, 2012; 王飞跃, 2004a, 25-36).

사실 중국에서는 사회 시스템에 대한 복잡 시스템적 관점에서 사회문제를 해결하려는 일련의 노력이 있었다. 이 중 첸쉐이선(钱学森), 위징웬(于景元), 다이루웨이(戴汝为) 등은 사회를 '개방된 복잡 거대 시스템'(开放的复杂巨系统, open complex giant system)으로 이해하고 새로운 접근법을 개발해 왔다. 시스템 이론 전문가이자 인공지능 전문가인 이들은 사회문제 해결을 위한 방법론으로서 인간과 기계(컴퓨터 등) 결합에 기초 한 '종합집성법'(综合集成法, meta-synthesis)을 제시하고, 이를 구체적으로 운용하기 위한 '종합집성 워크숍 홀 체계'(定性到定量的综合集成研讨厅, Hall for WorkShop of Metasynthetic Engineering, HWSME)를 발전시켜 왔다. 이 구상의 핵심은 전문가 집단, 데이터·정보 및 (모델링과 시뮬레이션 기술을 포함한) 컴퓨터 기술을 결합하고, 각종 과학이론과 사람의 경험지식을 결합해 복잡한 사회문제를 분석하고 이와 관련된 의사결정(또는 정책결정)을 지원하는 데 있다(钱学森·于景元·戴汝为, 1990, 3-10; 戴汝为·操龙兵, 2002, 10-16). 그런데 종합집성법의 기초가 되는 '개방적 복잡 거대 시스템 이론'은 미시적 메커니즘에 의한 거시적 현상의 출현에 관한 이론, 곧 하부 시스템(subsytem)의 상호작용이 어떻게 전체 시스템을 형성하는 지에 대한 이론을 제시하지 못하고 있다(钱学森·于景元·戴汝为, 1990, 5). 나아가 사회계산 이론가들은 복잡 시스템의 문제 처리를 위한 기존의 다양한 경험과 노력이 일반화된 이론으로 발전하지 못하고 있는 점도 복잡한 사회문제의 해결에 어려움을 주고 있는 것으로 인식하고 있다(王飞跃等, 2012, 3).

이에 더해 사회계산 주창자들은 과학기술의 발전에 따른 사회 시스템의 변화도

사회문제 해결을 위한 새로운 접근법의 필요성을 강화시키고 있는 것으로 인식하고 있다. 이들에 따르면, 정보통신기술과 인터넷의 발전을 배경으로 사이버 공간, 물리적 환경, 개인 또는 사회 행위가 상호연계, 상호작용하는 새로운 복잡 시스템, 곧 '사이버-물리-사회 융합 시스템'(Cyber-Physical-Social Systems, CPSS)이 출현하게 됐다. 이에 따라 사회·경제·생산 과정의 복잡성, 상호작용성, 실시간성이 크게 강화되면서 새로운 사회문제를 야기하고 있다. 예를 들면, 소셜 네트워크 서비스(SNS)를 매개로 한 인터넷의 정보 전파는 '군중성 사건'(群众性事件)을 유발, 조장할 뿐만 아니라, 돌발적 군중성 사건의 전개 방향을 예측하거나 이러한 사건을 통제하는 데 어려움을 주고 있다(王飞跃·曾大军·毛文吉, 2010, 4; Fei-Yue Wang 2010, 85-88; 李杰, 2015). 또 거시경제 측면에서는 정보의 비대칭으로 경제 시스템의 취약성이 증대되는 한편, 경제의 글로벌화로 대다수 국가의 주식·선물·외환 시장이 연계되는 거대 복잡 시스템이 형성됐다. 이 결과 사소한 위험 요인이 이 거대 경제 시스템에서 상호작용·중첩·합류와 같은 과정을 거치면서 그 파괴력이 폭발적으로 증대돼, 전통적인 방법으로는 이 문제를 해결할 수 없는 상황이 벌어지기도 한다(王飞跃·曾大军·毛文吉, 2010, 4).

2. 인공사회·계산실험·평행집행의 필요성

이러한 이유로 사회계산 주창자들은 현대 사회의 복잡 시스템적 문제에 대해 아래와 같은 세 가지 관점에서 새로운 접근법과 방법론을 모색하고 있다. 첫째, 사회현상을 분석하고 사회문제를 해결하기 위해서는 선형적 인과론과 환원론적 시각이 아닌 전체론(holism)적 관점에서 접근해야 한다는 것이다. 동시에 이러한 접근법의 효과적인 적용을 위해서는 구성요소의 상호작용이 전체 시스템으로 창발하는 이론이 필요하다는 것이다. 둘째, 사회의 비중복성, 지속적인 변화, 동태성은 사회현상과 사회문제에 대한 끊임없는 재인식 과정을 필요로 한다. 따라서 복잡한 사회현상 분석과 문제에 대한 해결법 제시는 '부단한 탐색과 개선'의 원칙에서 진행해야 한다. 셋째, 사회의 불확정성은 전통과학이론에 기초한 단일한 '최적해'(optimal solution)가 존재하지 않는다. 곧 특정의 사회문제는 단일한 해법이 존재하지 않고 대신 다수의 유효한 해결방안이 존재하고 있어, 이러한 해결방안을 찾아내는 것을 목표로 해야 한다는 것이다(王飞跃·史帝夫 兰森, 2004. 33-41; 王飞跃, 2004a, 27).

이와 같은 접근법에 기초해, 사회계산 연구자들은 미시적 상호작용에 의한 거시적 사회현상의 창발이라는 실제사회의 복잡 시스템적 특성을 반영한 '인공사회'(artificial society)의 구축과 이를 기반으로 한 '계산실험'(computational experiment)의 필요성을 강조하고 있다. 사회계산 이론에 따르면, 이는 우선 사회문제의 유효한 해결방안을 도출하기 위해서는 여러 가지 상황에 대응하는 다양한 실험이 필요하기 때문이다. 다음으로 실제사회가 아닌 인공사회를 대상으로 실험을 해야 하는 이유는 앞서 언급한 실제사회의 존재론적 특성과 경제, 법률, 도덕적 이유로 실제사회에 대한 실험이 어려운 것과 관련된다(王飞跃, 2004a, 29). 구체적으로 첫째, 실제사회 시스템은 복잡 시스템의 전체성(entirety)의 특징으로 구성요소로 분해할 경우 사회 시스템이 지닌 본래의 기능과 작용을 상실하기 때문에, 환원 분석을 할 수 없다는 것이다. 다음으로 실제 복잡 시스템의 규모와 비용 요인은 인공사회를 대상으로 한 실험을 선택하게 하고 있다. 곧 대규모의 사회 시스템에 대한 실험에는 상당한 비용이 필요하고 이에 따른 경제적 부담으로 실제사회 시스템을 대상으로 한 실험을 어렵게 한다. 이와 함께, 많은 실제사회 시스템은 국가안보, 공공안보, 군사전략 등과 관련돼 있어 종종 법률로 보호받고 있기 때문에 직접적인 실험이 곤란한 경우가 많다. 마지막으로 실제사회 시스템은 종종 상당히 많은 인원이 연루돼 있다는 점도 도덕적 측면에서 실험을 어렵게 하고 있다. 만일 실제 시스템을 대상으로 실험을 진행할 경우, 많은 사람의 생명과 재산을 위협하거나 이들의 정상적인 생활을 방해할 수 있기 때문이다(王飞跃, 2004b, 5-6).

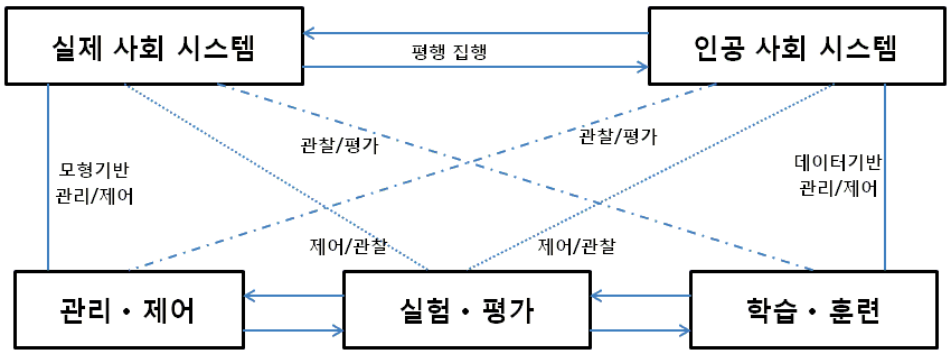
한편 사회계산은 언급한 사회의 복잡성, 상호작용성, 실시간성 증대와 같은 새로운 사회적 상황과 함께, '공정(工程) 시스템의 사회화'와 '사회 시스템의 공정화' 추세는 평행집행(parallel execution)의 필요성을 강화시키고 있는 것으로 인식하고 있다. 이중 공정 시스템의 사회화는 현대 사회에서는 안전, 저탄소, 환경보호, 인간중심(以人为本)적 사고에 대한 요구가 중시되면서 전통적인 공정 영역에서도 사회와 인간을 더 많이 고려해야 하는 상황이 된 것을 뜻한다. 이는 곧 공정 시스템의 추진 과정에서 복잡 시스템적인 특징을 지닌 사회적 요인을 더욱 고려해야 한다는 것을 의미한다. 다음으로 사회 시스템의 공정화는 국가 업무나 사회 서비스의 수량화, 실시간화, 고효율, 개방에 대한 요구가 증대되면서, 전통적인 사회 영역에서도 점차 공정(工程)적 고려가 필요하게 됐고, 결국 복잡 시스템적인 공정 요인을 고려해야 한다는 것이다. 이밖에 사회계산 전문가들은 정보통신기술의 발

전으로 인공사회와 실제사회의 상호연동에 기반한 평행집행을 가능케 하는 물질적 기초가 형성되고 있는 것으로 인식한다(王飞跃, 2013, 293-294). 이러한 기술 발전에는 인터넷·사물인터넷·Web N.0·빅데이터·클라우드 컴퓨팅 등의 데이터 수집 및 처리 기술, 어의(语义) 연결망(semantic network)·사회연결망(social network) 등 복잡현상 이론과 분석기술 등이 포함된다(彭希羡·朱庆华·盛昭瀚, 2013, 73-79).

Ⅲ. 사회계산의 이론체계

중국과학원 자동화연구소의 왕페이위에(王飞跃) 교수는 2004년 사회 지식과 인문 지식을 컴퓨터와 정보기술에 접목한(embedding) 사회계산(social computing)이라는 개념을 제시했다. 이 사회계산은 인공사회(Artificial society), 계산실험(Computational experiment), 평행집행(Parallel execution)을 통합한 ACP 방법을 활용해, 복잡사회 시스템에 대한 모델링, 실험 · 분석, 제어(또는 통제) 및 관리를 위해 수행하는 일련의 활동을 가리킨다. 곧 사회계산은 인공사회에 기반한 ACP 방법을 활용하여 복잡한 사회문제에 대해서 '부단한 탐색과 개선'이라는 원칙 하에 유효한 해결방안을 모색하는 것이다(王飞跃, 2004a, 25-35).

〈그림 1〉 ACP 기반 관리 · 통제



(출처) 王飞跃, "平行控制: 数据驱动的计算控制方法," 『自动化学报』, 第39卷 第4期(2013), p. 298 보완.

1. 인공사회의 모델링

사회계산은 실제사회의 데이터와 컴퓨터의 알고리즘을 활용해 인공사회를 구축하는 데서 출발한다. 사회계산의 인공사회 구축은 일반적으로 Epstein과 Axtell 등이 발전시킨 '행위자 기반 모델'(Agent Based Model, ABM)에 기초한 인공사회 개념과 Holland의 '복잡 적응 시스템'(Complex Adaptive System, CAS) 이론에 기초하고 있다(王飞跃·史帝夫 兰森, 2004, 33-41; 胡晓峰等编, 2010, 17-27).

행위자 기반 모형(ABM)에 기초한 인공사회는 행위자(agent), 환경(environment), 규칙(rules) 세 가지로 구성된다. 행위자는 인공사회에 존재하는 사람으로, 자신의 내부 상황(속성)과 행위 규칙을 가지고 있고, 시간·교류·외부 세계의 변화에 대응해 그 속성과 규칙도 변화한다. 환경은 행위자가 생존하는 공간(sites)으로, 실제의 물리적인 환경일 수도 있고 가상의 디지털 또는 컴퓨팅 과정일 수도 있다. 마지막으로 규칙은 행위자, 공간 그 자체가 행위(또는 작용)하거나, 행위자 사이, 공간 사이, 행위자와 공간 사이에 상호작용하는 준칙과 절차를 가리킨다. 이러한 규칙에는 간단하게는 행위자의 물리적 이동에 관한 규칙부터 복잡하게는 문화, 전쟁, 무역과 관련된 규칙 등이 있다. 그리고 이렇게 구성된 인공사회에서 컴퓨팅 기술을 통해 행위자, 환경 사이의 상호작용 과정에서 시스템적인 사회현상을 창발(emergence)시키게 된다. 인공사회는 이와 같은 창발 작업을 통해 협력·조절·피드백(feedback)·경쟁·충돌 등과 같은 복잡 시스템적 사회현상이나 이러한 현상의 상호작용 또는 전환을 간편하게 생성해 낼 수 있다.[2] 한편 복잡 적응 시스템(CAS)의 인공사회는 행위자 기반 모형의 인공사회 개념과 유사하고 그 구성요소도 동일하다. 그러나 CAS는 행위자가 주동적 행위 과정에서 갖게 되는 '적응성'(adaptiveness)이 시스템의 복잡성에 미치는 영향을 중시하고 있다는 점에서 차이가 있다. 곧 행위자가 자신의 목표를 실현하기 위해 부단한 학습과 경험 축적을 통해 자신의 행위 양식과 패턴을 변화시킴으로써 결국 전체 시스템 차원의 변화를 초래하게 되는 것을 고려하고 있다.[3]

인공사회의 모델링을 위한 행위자, 환경, 규칙을 정의하는 데에는 사회 연결망

---

2) 행위자 기반 모형에 기초한 인공사회에 대해서는 Epstein J. M. and Axtell R. L. 1996).
3) 복잡 적응 시스템에 대해서는 Holland J. H. and Mimnaugh H.(1995).

이론, 시스템 다이내믹스 등 사회물리학 이론과 사회학, 심리학, 경제학, 정치학 등 다양한 사회과학 이론이 활용된다. 그리고 인공사회는 일반적으로 개인, 조직, 사회 시스템 차원에서 구성된다. 곧 개인의 심리 활동(기억, 인지, 학습, 선호, 행위 등)과 행위, 조직의 기본 특징과 기능, 사회의 운행 메커니즘에 대한 모델링 작업이 이뤄진다. 여기서 조직의 모델링 작업에는 연구 목적에 따라 기업, 사회조직, 정부 등이, 사회 시스템에는 행정구역, 경제 시스템, 산업, 공급사슬 등이 모델링 작업에 포함될 수 있다(盛昭瀚, 2012, 11).

한편 사회계산 주창자들은 복잡 시스템적인 실제사회에 대한 인공사회의 모델링은 양자역학 이론가인 에버렛(Hugh Everett III)이 제시한 '다중세계'(多重世界, multiverse world)의 관점에 기초해 실행할 것을 요구한다. 곧 복잡 시스템의 인공 모델은 일종의 현실로 실제 복잡 시스템의 가능한 잠재적 형식이자 또 다른 가능한 실현 방식으로서, 복잡 시스템의 모델링 작업 시 특정한 실제 시스템에 근접하는 것을 절대적인 기준으로 삼지 말아야 한다는 것이다. 이러한 시각에서 사회계산은 실존하는 사회 복잡 시스템도 존재 가능한 다양한 실현 방식 가운데 하나로 간주한다. 이에 따라 실제 복잡 시스템의 행위와 인공 모델의 행위는 서로 다르지만 등가성(equivalence)을 지닌 것으로 간주한다. 그리고 이러한 접근법은 철학적 문제의 성격을 지니고 있지만, 실제 응용에서는 효과적이라고 주장한다. 이를 테면, 특정의 경제정책이 도시의 사회경제 발전에 미치는 영향을 분석할 경우, 특정의 도시에 정확하게 일치하는 사회경제 모델을 만들 필요가 없다. 이는 사회경제 시스템이 상당히 복잡해, 이론상 1개 도시의 결과를 다른 도시에 직접적으로 확대 적용할 수 없고, 하나의 합리적인 사회경제 모델이 특정의 1개 도시를 대표한다고 해도, 다른 '존재 가능한 도시'의 사회경제적 '현실'을 기술할 수 없기 때문이다. 따라서 합리적이고 효과적인 경제정책 결정은 합리적인 사회경제 모델로부터 생산되는 결과로 인식한다(王飞跃 2004c, 486-487). 그리고 이러한 맥락과 연구 목적에 따라 하나의 실제사회에 대응한 인공사회는 다중적으로 구축할 수 있다. 예를 들면, 실제사회 시스템은 1개 이지만, 이에 대응한 인공사회 시스템은 영상(映像), 이상(理想), 실험, 응급, 안전, 최적화, 평가, 훈련, 학습 인공사회 시스템과 같이 여러 가지로 구축할 수 있다(王飞跃 2013, 296-297).

2. 계산실험의 논리와 실행

사회계산은 효과적 해결방안 제시를 위해 소프트웨어로 정의된 인공사회를 일종의 실험실로 삼아서, 일련의 실험과 평가, 곧 계산실험을 실시한다. 이 계산실험은 전통적인(사회과학) 실험과 대비해 몇 가지 중요한 차이가 있다. 우선 전통적인 사회 실험의 주체는 실험의 참여자(인간)이지만 계산실험의 주체는 인공사회의 개인, 조직 등 인공의 행위자이다. 둘째, 전통실험과 계산실험은 실험 대상과 초점에서 차이가 존재한다. 전통적인 실험은 주로 실존하는 행위자의 참여에 대한 실험과 기타 보조 도구·시스템의 설계 형식으로 진행된다. 반면 계산실험은 행위자 기반 모형을 활용한 미시적 상호작용의 거시적 창발, 곧 사회현상의 거시적인 전체 행위의 창발과 발전(또는 진화) 추세를 시뮬레이션 하는 데 초점을 두고 진행된다(盛昭瀚, 2012, 11).

사회현상에 대한 계산실험의 진행 과정은 기존의 실물(实物) 대상 실험이나 컴퓨터 시뮬레이션과 마찬가지로, 문제 제기, 관련 이론 선택, 인공사회에 대한 모델링, 인공사회 모델에 대한 교정(calibration), 실험 설계, 실험 실행 및 분석, 타당성 검증(validation) 등의 과정을 거친다. 그리고 계산실험의 설계, 분석, 검증에는 기존 통계학의 일반 실험 설계와 분석 방법을 그대로 차용한다(王飞跃, 2004d, 896). 다만 계산실험은 복잡 시스템을 대상으로 하기 때문에 일반 실험에는 없는 창발성(emergence) 식별이나 실제사회와 인공사회 모델 사이의 '등가성'(equivalence) 평가 등이 필요하다(王飞跃, 2004a, 29-30; 王飞跃, 2004d, 893-897). 이 중 등가성 확인 문제의 경우, 계산실험이 일반 시뮬레이션과 달리 실제 시스템에 대한 최근접 모형을 추구하지 않는 것과 관련되며 학계에서 수용되고 있는 방법은 계산 모형의 산출과 실제 시스템의 산출 사이의 통계적 특성을 비교해 계산모형의 등가성을 증명하는 것이다. 한편 창발성 식별 방법으로는 최근 제기된 '창발성 계산'(emergent computation)이 주목받고 있다. 창발성 계산은 아래와 같이 세 가지 방면에서 진행된다. 첫째, 새로운 구조의 출현과 같은 직관적인 창발 현상의 경우, 통상의 통계방법과 각종 계산 지능 알고리즘(computational intelligence algorithm)을 활용한다. 둘째, 기존 조직으로부터 새로운 패턴이 생성되는 창발의 경우, 패턴 인식 알고리즘(pattern recognition algorithm)과 데이터 마이닝(data-mining) 방법을

활용한다. 셋째, 기존 조직과 새로운 패턴의 상호 영향과 같은 기타 존재론적 창발(ontological emergence)의 경우, 특정 시스템에 대한 인공지능 방법을 이용할 수 있다(王飞跃, 2006, 31).

계산실험은 일반 실험설계와 마찬가지로 시스템의 최종적인 산출물이 희망하는 수준으로 근접하도록 하기 위해, 통제 불가능한 변량(또는 사건)의 작용을 최소화하고 통제 가능한 유효한 요인(또는 의사결정 사항)을 발굴하고 이를 적절하게 설정하는 것을 목표로 한다(王飞跃, 2004d, 895-896). 이러한 목적에서 앞서 언급한 논리와 방법에 기초해 인공사회를 대상으로 실험을 진행하고 창발 방법과 각종 통계적 수단을 통해 복잡 시스템에 대한 해결 방안의 유효성을 분석·평가하고, 이에 상응해 해결 방안을 수정, 보완하는 작업을 수행한다.

3. 평행집행의 주요 내용

마지막으로 사회계산은 앞서 논의한 인공사회 구축과 계산실험을 바탕으로 복잡 시스템적인 사회 시스템에 대한 관리와 같은 일련의 집행 작업을 통해 완성된다. 이러한 집행은 인공사회와 실제사회가 상호 연동하는 평행시스템을 구축하고, 이를 바탕으로 실행하게 된다. 여기서 평행시스템은 실제 하는 하나의 시스템과 이에 대응하는 하나 또는 다수의 인공 시스템으로 구성되는 공동 시스템으로, 평행시스템은 인공사회와 실제사회의 유기적 통합체의 성격을 지니고 있다. 이 때 실제 시스템과 인공 시스템은 컴퓨터 기반 플랫폼과 평행제어 기술을 통해 동시간대로 상호 정보교환과 상호작용을 하게 된다. 평행집행은 이렇게 구성된 평행시스템에 기반 해 실제 복잡 사회 시스템을 관리하거나 제어(또는 통제)함으로써 완성된다(王飞跃, 2007, 25).

평행집행은 인공 시스템에 대한 다양한 실험을 수행하고 이에 상응해 실제 시스템에 대한 관리와 제어(또는 통제) 방법을 조정하는 방식으로 진행된다. 거꾸로 실제 시스템을 통해서 인공 시스템 모형을 수정하고 이를 통해 인공 시스템이 실제 시스템의 예비 시스템이 되도록 한다. 인공 시스템에서 다량의 계산실험을 실행하고 이렇게 산출된 결과를 실제 시스템에 투입하는 방식으로 평행집행이 실행된다. 다시 말해, 실제사회 시스템과 인공 시스템 사이의 참조 비교와 연계 분석을 통해 미래 상황에 대한 각각의 시나리오에 대해 인공과 실제 간의 '참조'와 '추정

(예측)' 작업을 수행한다. 그리고 이에 상응해 각각의 관리와 제어(통제) 방식을 조절하고, 특정의 해결방안에 대한 수정·실행이라는 목적을 달성하게 된다(伦淑娴, 2012, 1603).

평행시스템에 기반 한 사회 복잡 시스템에 대한 평행집행은 학습과 훈련, 실험과 평가, 제어와 관리 크게 세 가지 작업으로 나뉜다. 우선 학습과 훈련의 경우 인공 시스템을 위주로 진행하고, 인공 시스템과 실제 시스템 사이에 큰 차이가 있을 수 있기 때문에 반드시 두 개 시스템을 평행 운행하는 것은 아니다. 이러한 학습과 훈련을 통해 관련 인원(人员)은 해당 사회 시스템의 각종 상황에 대해 대응하는 행동을 할 수 있고 관련 이론과 기술 지식도 신속하게 파악할 수 있게 된다. 특히 관련 인원의 직무 시나리오에 대한 가상의 시뮬레이션, 전방위적인 학습과 훈련은 사회 시스템의 전체 효과와 시스템 기능의 질적 성숙에도 크게 기여할 수 있다(王飞跃, 2013, 296; 张小峰·王兆魁, 2012, 7).

둘째, 실험과 평가는 계산실험을 위주로, 인공 시스템과 실제 시스템이 서로 상호작용하는 가운데 진행한다. 이를 통해 각종 해결방안에 대해 다양한 테스트를 하고, 이에 근거해 해결방안의 효과를 평가하고 예측한다. 이러한 실험과 평가의 주요 대상은 사회적 요소(예를 들면, 정책 환경, 관리, 시장, 인원 등)와 기술 공정(工程)요소(예를 들면, 기술성과, 정보 시스템, 금융공정 시스템 등)의 유기적인 총체로서, 전체 시스템과 하위 시스템의 목표를 구분하고, 각 방면에서 실험과 평가를 진행한다. 이 과정에서 인공 시스템은 주로 각종 실험에 이용돼, 여러 가지 상황에서 복잡 시스템의 가능한 결과를 분석한다. 동시에 다양한 환경 요소, 관리 방식, 관련 인원(人员)의 행위 방안 등에 대한 효과를 검증하고 평가함으로써 관리와 통제에 대한 의사결정의 근거로 삼는다(王飞跃, 2013, 296; 张小峰·王兆魁, 2012, 7).

셋째, 제어(또는 통제)와 관리는 평행집행을 위주로 진행하며, 인공 시스템과 실제 시스템은 (실시간) 상호연동, 상호참조를 통해, 복잡 시스템에 대한 효과적 통제와 관리를 완성하게 된다. 평행집행 시 인공 시스템의 거시적 현상(또는 행위)에 대해 평가를 진행함으로써 실제 시스템에 대해 유효한 해결방안과 기존 방안의 개선점에 대한 근거를 제공한다. 나아가 실제 시스템과 인공 시스템의 평가 간의 차이점을 관찰해, 인공 시스템의 평가방식이나 매개변수(parameter)를 수정하거나 실제 시스템과 인공 시스템 사이의 차이를 축소시킴으로써 시스템의 새로운

최적화(optimization)나 평가를 실시한다. 그리고 사회 시스템에 대한 사회계산의 목적에 맞춰 제어와 관리 기능을 최적화하거나 응급 대응 능력 제고를 도모하게 된다(王飞跃, 2013, 296; 张小峰·王兆魁, 2012, 7).

한편 사회의 복잡성과 공정(工程)의 복잡성 정도는 관리와 의사결정 방식에 영향을 주게 된다. 구체적으로 공정의 복잡도가 비교적 높을 경우 평행제어 방법을 선택해, 제어(통제) 위주의 관리 방식을 선택하게 된다. 공정 복잡도과 사회 복잡도가 각각 반반(半半)을 이룰 경우 평행관리 방법을 선택해 인간과 기계 결합의 관리를 하게 된다. 만일 사회 복잡도가 비교적 높은 경우에는 사회계산 방법을 위주로, '종합집성법'(meta-synthesis)을 통한 문제 분석과 해결을 시도하게 된다(王飞跃 2013, 298). 여기서 종합집성법의 적용은 앞서 언급한 '종합집성 워크숍 홀 체계'(HWSME)를 통해 사회계산의 계산실험 결과와 전문가 집단의 지식과 경험을 결합해 정책의 결정과 집행을 하는 것을 가리킨다(王飞跃, 2004a, 32-33).

Ⅳ. 사회계산 연구와 응용 현황

1. 사회계산 연구 조직 및 학회 활성화

중국 내 사회계산 연구는 2000년대 초반 중국 국책연구기관인 중국과학원 주도로 개시됐다. 2000년 중국과학원 자동화연구소는 '시스템 복잡성 연구센터'(系统夏杂性研究中心)를 설치하고, 경제, 시회 특히 인구 복잡 시스템 연구에 집중하면서, ACP 발전에 초석을 다졌다. 이후 왕페이위에 교수 등은 ACP 방법에 기초한 다양한 사회계산 연구에 착수해, 2003년 국가계획생육위원회(国家计划生育委员会) 사업의 일환으로 '복잡 인구 문제'를 연구했고, 2004년에는 '국가중점기초연구발전계획'(国家重点基础研究发展计划, 약칭 '973계획')의 일환으로 인공 교통 시스템을 연구했다. 이와 함께, 2003년 ACP 방법을 주요 방법으로 한 '정보 및 안보 정보학'(ISI, 情报与安全信息学)을 주창하고, 2004년에는 ISI·사회계산연구 국제 협력팀을 구성했다. 그리고 2004년 처음으로 정보통신기술을 활용한 사회현상의 연구와 관리를 의미하는 '사회계산' 개념을 소개한 데 이어, 2005년에는 '사회계산: 과학·기술·인문'(社会计算: 科学·技术·人文) 보고를 통해 이를 공식화했다. 이러

한 분위기를 반영해 2008년 중국과학원 자동화연구소는 '사회계산· 평행관리 연구센터'(社会计算与平行管理研究中心)를 설치했다(王飞跃等, 2014a; 杨静, 2014). 그리고 같은 해 중국과학원은 '정보·안전 정보학과 사회계산의 기초이론 및 원형 시스템' 프로젝트를 개시했다. 이 프로젝트에서 따라 사회계산·평행관리 연구센터는 관련 이론과 방법 연구, 시스템 개발 등을 추진하고, 도시 교통, 석유화학 에틸렌 안전 생산 등의 영역에서 ACP를 응용한 평행관리 시스템 구축사업을 벌였다(王飞跃等, 2014b, 85-94). 이 기간 왕페이웨이 교수 등은 '언어동력학'(Linguistic Dynamic Systems, LDS), '적응 동적 프로그래밍'(Adaptive Dynamic Programming, ADP), '행위자 기반 제어'(Agent-Based Control, ABC) 등과 같은 기술을 개발하고, 이를 위주로 한 ACP 이론과 방법을 발전시키면서, 국가안보, 국방건설, 경제 및 생산 등 중요 영역 내 ACP 응용에서 큰 성과를 거두었다(杨静, 2014).

왕페이웨이 교수 등은 이와 같이 ACP 이론 개발과 응용을 적극적으로 모색하는 한편 사회계산의 중국 내 확산을 위한 노력을 병행했다. 이러한 배경에서 2007년 중국과학원은 사회계산의 기초이론과 응용을 주제로 한 '향산과학회의'(香山科学会议)를 조직하였다. 이 회의에서는 사회 지능 과학, 사이버사회 거시 정보화 연구, 정보(intelligence)와 안보 정보학 연구 등이 중점적으로 논의됐다(科技部 2007). 또 2008년에는 중국 과학기술학회가 주최한 '사회계산, 사회계산할 수 있는가?'라는 제목의 학술회의를 개최했다. 이 회의는 중국과학원 인사들이 적극적으로 참여한 가운데, 사회계산의 실행 가능성, 과학적 문제, 핵심적인 방법, 응용 문제 등이 논의됐다(中国科协学会学术部编, 2009).

이러한 과정에서 사회계산이 중국 학계에 점차 수용되면서, 다양한 연구기관에서 사회계산 관련 연구를 강화하기 시작했다. 예를 들면, 톈진대학(天津大学)은 국가자연과학기금위원회와 교육부의 지원 아래 복잡 사회 경제 시스템에 대한 계산실험 연구를 전개했다. 저장대학(浙江大学)의 컴퓨터학원과 사회과학 기초연구 플랫폼(社会科学基础研究平台)은 각각 사회계산을 수행하는 학제간 연구팀을 구성했다. 2011년 중국인민대학은 사회계산을 '중대 기초연구계획 사업'으로 선정하고, 사회계산에 관한 일련의 연구를 수행했다(王飞跃等, 2014b, 88-89). 동시에 중국의 많은 대학과 과학연구기관에서 사회계산과 연관된 실험실과 연구센터를 설립했다. 예를 들면, 중국과학원 자동화연구소는 2011년 '복잡시스템 관리·제어 국가중점실험실'(夏杂系统管理与控制国家重点实验室)을 공식 오픈한 가운데 사

회계산을 연구의 전략적 방향으로 선정하고 ACP 이론과 방법에 기초한 사회계산 연구와 응용 방안을 제시하시기 시작했다. 하얼빈공업대학(哈尔滨工业大学)은 기존의 정보검색연구센터(信息检索研究中心)를 '사회계산·정보검색 연구센터'(社会计算与信息检索研究中心)로 변경하고, 사회계산을 연구업무에 포함시켰다. 수도경제무역대학(首都经济贸易大学)은 '사회계산연구원'(社会计算研究院)을 설치하고, 클라우드 컴퓨팅 시스템을 이용해, 사이버공간, 사회경제, 국민생활, 사회 쟁점 문제 등에 관한 조사 데이터 정리, 분석, 모델링을 하고 있다. 중국과학원의 '가상경제·데이터과학 연구센터'(虚拟经济与数据科学研究中心)는 호주의 빅토리대학(University of Victoria)과 공동으로 '중-호 사회계산·전자건강 연합실험실'(中澳社会计算和电子健康联合实验室)을 설립했다(王飞跃等, 2014b 89). 한편 국방 영역에서는 국방과학기술대학이 '군사계산실험·평행체계 연구센터'(军事计算实验与平行系统研究中心)를 설치하고, 국방, 군사, 공공안보 영역과 관련된 ACP의 이론과 방법, 응용 연구를 본격화하기 시작했다.

한편 중국과학원 자동화연구소는 중국자동화학회, 중국관리현대화연구회 등과 2009년부터 '전국사회계산회의'(全国社会计算会议), '전국평행관리회의'(全国平行管理会议), '전국평행제어회의'(全国平行控制会议)와 같은 사회계산의 이론과 응용에 관한 학술회의를 매년 1회 개최하고, 이 분야의 대중화와 연구 활성화를 위해 노력하고 있다. 이와 함께, 최근 중국지휘통제학회와 중국자동화학회는 '항공우주안전 평행시스템 전문위원회'(空天安全平行系统专业委员会)와 '평행제어 및 관리 전문위원회'(平行控制与管理专业委员会)를 각각 설치하고, 국방 영역 등에서의 사회계산 활성화를 위한 학술활동을 지원하고 있다.

2. 사회계산 연구와 응용의 확장

당초 인구 관리, 교통 시스템 영역에서 시작된 중국 내 사회계산 연구는 〈표 1〉과 같이 현재 사회 제반 영역으로 확장됐다. 구체적으로 교통, 물류, 생태, 인구, 보건, 금융, 경제, 산업, 농업, 공공안보, 사이버공간, 군사, 항공·우주, 교육·학술 등에서 ACP 기반 사회계산 관련 연구가 활발하게 이뤄지고 있다. 예를 들면, 교통 영역에서는 평행교통 시스템, 보건 영역에서는 유행병 및 전염병 통제, 경제 영역에서는 경제·금융 정책결정(또는 의사결정) 지원 시스템, 지능 전자상거래, 제조업

생산 시스템의 평행관리, 평행농업관리 시스템 등의 연구가 있다. 공공안보 및 사이버 안전 영역에서는 평행응급관리 시스템, 석유화학기업·핵발전소·광산의 안전관리, 다양한 영역의 화재대피 시스템, 사이버 공공안보 연구 등이 있다. 그리고 국방 영역에서는 평행군사체계, 평행정보체계, 전략결정지원 시스템, 무기장비 개발 및 제조 시스템 연구, 교육 및 학술 영역에서는 지식자동화, 과학기술연구 지원 시스템 연구 등이 있다.

〈표 1〉 주요 영역 별 사회계산 연구 분야 및 사례

영역	연구 분야 및 사례
교통/물류	지능철로운수 시스템, 평행교통 시스템, 도시 평행정차(停車) 시스템, 자동평행주차 시스템, BRT 평행운용, 지능교통 시스템, 도시 궤도교통 환승·긴급대피, 고속철도 시스템, 클로스터 공급사슬(cluster supply chain), 지역 물류 통합
생태/인구/보건	인구 동태분석, 전염병/유행병 통제, 퇴경지(退耕地) 생태 변화
산업/농업 기업/경제/금융	경제·금융정책결정 지원 시스템, 생산시스템 평행관리, 제조 집행 시스템 평행관리, 기업기술혁신 전략선택, 상업 지능 시스템, 동태적 기업제휴관리, 스마트기업 평행관리 시스템, 스마트 전자상거래, 주가와 거래 관계, 기업자원 배분, 기업환경 관리, 중국과학기술정책 변동 효과예측, 금융시장 정보전파 메커니즘, 이동형 로봇 평행제어, 광산 평행관리 시스템, 중대공정(工程) 의사결정, 건설공정 품질 최적화, 농가·농업 토지 이용, 평행농업관리 시스템
공공안보/사이버 안보	평행 응급관리 시스템, 석유화학기업·핵발전소·광산 안전관리 및 화재대피 시스템, 사이버공간 여론, 사이버공간의 비정상적 안전상황, 사이버 공공안보 사건, 휴대폰 여론 전파 진화, 무장경찰의 오프소스 정보 시스템, 사회 돌발성사건 응급관리 시스템, 테러사건 시 공포감 전파과정
군사/항공/우주	평행군사체계, 평행정보체계, 전략결정지원 시스템, 무기장비 개발·제조 시스템, 작전실험, 지휘자동화 시스템, C4ISR 시스템, 항공우주안전 시스템, 우주공간 관리, 항공우주 발사시험 관리
교육/학술	지식자동화, 과학기술연구 지원 시스템, 연구생 양성 방식 다양화, 연구생 혁신 배양 모델, 지식교류와 Team 건설

(출처) '인공사회(人工社会),' '계산실험(计算实验)', 'ACP', '평행시스템(平行系统)', '평행관리(平行管理)' 와 같은 키워드를 이용, 중국의 국가지식 인프라(CNKI, http://www.cnki.net/) 자료 검색 정리(검색일: 2016년 3월25일)

이처럼 제반 사회영역에서 사회계산 연구가 활발하게 진행되고 있는 가운데, 많은 연구 성과가 중국의 중앙과 지방 정부, 기업, 중국군에서 응용되고 있다. 이러한 분야에는 교통, 물류, 전력, 석유화학, 농업, 전자상거래, 경제·금융 정책 및 의사 결정, 인구관리, 보건, 학술연구, 교육, 응급관리, 국방 등이 포함된다(伦淑娴, 2012, 1602; Wang Fei-Yue, 2007, 65-67).

지식의 자동화와 과학기술연구지원 시스템 구축

사회계산의 다양한 응용 가운데는 지식생산 방식의 혁신으로 국가정책 결정의 효율성을 제고하려는 노력도 포함된다. 예를 들면, 군사 데이터의 지식화 시스템 구축(黄红兵, 2015, 361-374), 소프트웨어 형태의 로봇과 물리 형태의 로봇의 평행 집행에 기반 한 평행로봇(parallel robotics) 개발과 같이(王飞跃, 2015a, 39-44), 지식(知识)의 자동화, 곧 인공지능에 기반 한 지식의 자동 생산과 활용 노력이 활발하게 진행되고 있다.

이러한 상황에서 중국과학원은 국가의 거시정책결정 지원 사업 가운데 하나로 과학기술 의사결정 지원 시스템 구축을 적극적으로 추진하고 있다(中国科学院, 2010). 구체적으로 2009년 중국과학원은 전문 인력으로 구성된 연구개발팀을 구성하고, 과학기술 상황에 대한 정보를 실시간으로 수집, 분석 처리해 관련 연구 활동을 지원하는 '과망'(科网) 시스템 구축에 본격적으로 나섰다. 이 '과망' 시스템은 빅데이터와 오픈소스 정보를 바탕으로 과학기술 태세를 분석하고 관련된 의사결정을 지원하기 위한 것이다. 곧 이 시스템은 과학기술 정보의 획득, 과학기술 정보의 전파, 과학기술 성과의 영향, 과학기술 지식의 생산 방식에서 근본적인 변화를 도모하기 위한 것이다. 이 '과망' 시스템은 사회과학, 정보과학(intelligence & information science)을 융합한 과학 이론을 기초로 ACP 방법에 의해 구축되고 있는 가운데, 전체 시스템은 '천망'(天网), '천안'(天眼), '천응'(天鹰)과 같이 세 가지 망(网)으로 구성된다. 그리고 천망, 천안, 천응은 각각 과학기술 상황에 대한 정보(information) 모니터링, 과학기술 상황에 대한 정보 분석과 마이닝(mining), 과학기술 상황에 대한 정보 관리와 의사결정 지원을 주요 기능으로 하고 있다. 과망은 최종적으로 과학기술 연구자나 학술기구에 연구 수행에 필요한 인력과 조직 등에 대한 특성화된 정보를 제공하고, 연구자들 간의 온라인 기반 학술 교류를 지원함으로써, 제반 분과 학문의 교차 연구에 기반 한 '팀 사이언스'(team science)

의 활성화를 지원하게 된다. 향후 '과망' 시스템 구축 이론과 방법은 경제, 사회 등 다른 연구 영역의 중요한 의사결정(정책결정) 분야로 확대 적용될 수 있을 것으로 기대되고 있다(王飞跃, 2012, 527-537).

공공안보 영역 응용

ACP 방법에 기초한 사회계산은 공공안보 영역에서도 활용되고 있다. 예를 들면, 중국자동화연구소는 국가의 대테러와 사회 안정을 위한 의사결정을 지원하는 평행 오픈소스 정보(intelligence) 시스템을 개발했다. 이 시스템 구축의 핵심은 온라인과 오프라인의 오픈소스 정보(information), 빅데이터를 활용하는 천순계획(天盾计划)으로, 이 천순계획은 '천망'(天网), '천안'(天眼), '천응'(天鹰)과 같이 3개 공정(工程)으로 구성된다. 이 가운데 '천망' 공정은 사이버 공간과 실제사회의 다양한 영역에서 대량의 오픈소스 정보(information)를 탐색하고, 각종 사회 감지 장치와 네트워크를 이용해 각종 인공사회(또는 조직)를 생성해 내는 데 사용된다. '천안'은 계산실험을 이용한 분석을 통해, 오픈소스 정보(intelligence)가 시의성과 필요성에 부응하도록 한다. '천응'은 소프트웨어가 '기계 지식인'의 형식으로 조직화해 현재 상황이 원하는 목표 상황으로 수렴하도록 하는 데 있어서 의사결정을 지원한다(王飞跃 2015, 11; 黄松筠 2015). 실시간 여론 상황 분석과 조기 경보 기능을 갖춘 이 평행정보 시스템은 '인터넷 정보 분석과 처리 영역의 기술적 문제 해결, 특히 인터넷 정보 수집과 분석, 의사결정 지원 측면에서 크게 기여한 것으로 평가되고 있다(北京市朝阳区, 2016). 그리고 실제 이 시스템을 도입한 지역에서는 각종 범죄사건 해결 건수가 도입 전에 비해 수십 퍼센트 포인트 증가하는 등 시스템의 효과가 큰 것으로 조사되고 있다(广电局, 2015).

이와 같은 천순계획을 비롯하여, 중국자동화연구소는 공공안보 영역에서 다양한 사회계산 연구를 수행했으며, 그 성과는 각급 정부 기관에 의해 적극적으로 수용돼 이용되고 있다. 구체적으로 이들 분야의 연구는 북경 올림픽, 상해 세계박람회, 전국인민대표대회와 전국정치협상회의 등 국가 중요 활동의 안전 업무에 실제로 응용되는 한편, 생물 및 테러, 중대 전염병 퇴치 등 국가 유관 부문의 사회 안보와 국가 안보 영역에서 활용되고 있다. 그리고 그 응용 효과가 입증되면서, 해당 연구성과는 북경시, 중국군 등 5개 성(省) 정부와 국무원 유관 부서로부터 표창을 받았다(刘勇进, 2012).

‘평행군사체계’ 구축

ACP 방법에 기초한 사회계산은 국방 영역에서도 응용되기 시작했다. 특히 국방 영역에서는 전반적인 군사력 건설과 운용과 관련되는 ‘평행군사체계’(平行军事体系)라는 새로운 이론으로 발전해 가고 있다. 이 평행군사체계는 2012년 과학기술부, 중국과학원, 기존의 중국군 총장비부(현 중앙군사위원회 장비발전부), 기존의 국방과학기술공업위원회(현 공업정보화부 국가국방과학기술공업국) 등의 지원으로 개최된 제428차 향산과학회의(香山科学会议)에서 처음으로 공식 소개됐다(香山科学会议, 2012).

평행군사체계는 평행군사시스템(平行军事系统)의 집합으로, 평행군사시스템은 다른 사회 시스템과 마찬가지로 실제 군사시스템과 이와 평행 운행하는 인공 군사시스템으로 구성되며, 실제 군사시스템에 대한 연구, 관리, 제어(통제)에 이용된다. 평행군사시스템은 각 전장(战场) 요소의 상호관계를 반영해 구성된 인공 전장을 기초로, 작전 시뮬레이션과 계산실험을 수단으로, 계산실험 결과를 실제 전장에 이용하게 된다. 평행군사시스템은 최신의 동태에 대한 ‘초실시간 시뮬레이션’(faster-than-real-time simulation) 분석과 평가를 통해 지휘관이 미래를 충분히 예견하고 군사행동의 전개를 신속히 이해하게 함으로써, 미래의 대응 방안을 부단히 준비, 선택, 조정, 보완하도록 하게 하기 위한 것이다. 중국군은 평행군사시스템의 응용으로 전쟁(또는 작전) 승리 요인이 ‘정보 우세’로부터 ‘(지휘관의) 결정 우세’로의 전환 속도를 가속화시키면서 결국 집행(또는 작전행동) 우세를 획득함으로써, 전장의 급속한 변화에 대한 대응력을 높여 줄 것으로 기대하고 있다(邱晓刚·张鹏, 2015, 1667).

이와 같은 평행군사체계는 현재 중국군의 작전 및 군사전략에 이미 응용되고 있는 가운데(朱启超·刘戟锋·张煌, 2015; 肖天亮 2016, 6), 전반적으로는 탐색적인 응용 단계에 있다. 구체적으로 중국 군사과학자들은 한편에서는 복잡 시스템 이론과 방법과 계산실험에 기초하고 있는 ACP 방법을 군사 영역의 복잡성에 대한 인지(认知) 문제를 처리하기 위한 수단으로 활용하고 있다. 다른 한편에서는 구체적인 필요에 따라 일련의 영역에서 평행군사체계를 설계, 발전시켜 나가고 있다. 현재 중국군에서는 주로 장비실험, 작전실험, 사이버-전자 공간, 전략 결정 지원과 시스템 엔지니어링, 무기장비 시스템 논증, 지휘자동화 등의 영역에서 평행군사체

계를 적용하거나 활용하는 연구가 진행되고 있다(邱晓刚等, 2013, 15-16).

V. 평가와 전망

지금까지 이 연구는 서구와 중국 전통의 복잡 시스템 이론을 발전적으로 통합하고 있는 사회계산을 중심으로, 중국의 계산사회과학의 출현배경, 발전 현황, 응용 실태 등을 살펴보았다. 그리고 이러한 과정에서 중국의 계산사회과학은 인터넷과 정보통신기술의 발전으로 사회의 복잡성이 증대되는 가운데 각종 사회문제에 신속하고 효과적으로 대응하기 위한 차원에서 발전해 왔음을 확인했다.

사회계산은 인공사회, 계산실험, 평행집행의 통합이라는 ACP 방법에 기초하고 있고, 이러한 독특한 방법론은 기존 복잡 시스템 이론의 한계를 상당 정도 극복하는 한편, 복잡 시스템 문제의 해결을 위한 방법론의 일반화에도 기여하고 있는 것으로 평가된다. 천쉐이선 등이 발전시킨 중국 전통의 복잡 시스템 이론이 복잡 현상의 가장 큰 특징 중 하나인 미시적 상호작용의 거시적 현상으로의 창발에 관한 설명이 부재한 가운데, 사회계산은 행위자 기반 모형을 채용함으로써 이 문제를 해결하였다. 이에 더해, ACP 방법에 기초한 사회계산은 평행집행이론을 인공사회와 계산실험에 접목시킴으로써, 복잡 시스템적 사회문제 해결을 위한 하나의 방법론으로서 자리잡을 수 있게 됐다. 이러한 장점으로 ACP 방법에 기초한 사회계산은 본문에서 논의한 바와 같이 금융 및 경제, 산업, 교육, 공공안보, 국방, 지식 생산 등 다양한 영역에서 연구되고 있고, 중국 정부도 적극적으로 이러한 연구 성과를 수용하고 있다. 이 가운데 특히 주목되는 점은 사이버 공간과 실제사회 과정에서 생산되는 빅데이터를 활용해 ACP 방법을 기반으로 실시간으로 사회문제를 해결하려는 노력이 점차 강화해고 가고 있다는 것이다.

결국 사회계산을 비롯한 계산사회과학의 적극적인 응용 노력은 각종 인력, 자원, 사회 활동에 대한 통제력 측면에서 중국의 국가능력 향상에 기여하고 있다. 우선 계산사회과학의 응용은 중국의 정책결정 과정의 과학화와 합리화에 기여하고 있다. 곧 계산사회과학의 응용은 사회문제 해결 방식을 점차 자동 제어나 관리 형태로 대체시키면서 데이터에 기반 한 의사결정과 정책 결정 움직임을 강화할 수밖에 없기 때문이다. 다시 말해 다양한 행위자들의 이해관계에 따른 정보의 해석을 달

리하면서 정책결정 과정이 왜곡되는 현상을 크게 완화시켜줄 것이기 때문이다. 다음으로 사회계산 등 계산사회과학의 응용은 국가의 응급 및 위기 상황에 대한 대응능력을 강화시켜주고 있다. 구체적으로 다양한 영역에서 응용되고 있는 평행 정보시스템은 실시간 대응과 조기경보 기능을 갖추고 있어 특정 사건이 정치적 혼란과 같은 극단적인 상황으로 발전하는 것을 사전에 차단하는 데 기여함으로써 다양한 안보 문제에 대한 국가의 '임계관리'(critical management) 능력을 향상시키는 결과를 가져오고 있다. 마지막으로 사회계산의 응용은 국가의 인력과 자원에 대한 동원력과 통제력을 강화시키는 효과를 가져 오고 있다. 이를테면, 과학기술 분야의 '과망' 구축은 국가발전 전략에 필요한 인재와 조직을 발굴하고 관리하는 데 기여할 것이다.

이러한 이유로 향후 중국에서는 더욱 효과적인 사회계산을 위해 기존 영역에서 다양한 기술과 이론이 지속적으로 개발되면서 그 응용이 더욱 심화해 갈 것이다. 아울러 중국 정부 차원의 빅데이터 구축과 활용, 클라우드 컴퓨팅 능력 강화 노력 등을 배경으로(国务院, 2015a, 2015b), 사회계산의 응용 범위는 더욱 확대될 것으로 보인다. 이러한 분야에는 다량의 데이터의 확보와 이를 처리할 수 있는 고성능 컴퓨팅 능력을 필요로 하는 국가전략과 대외정책 영역이 포함될 가능성이 있다(陈潭等 2015). 이러한 추세가 지속될 경우 중국에서는 빅데이터를 이용한 사회계산이 국가의 사회관리를 넘어서 민간의 다양한 행위자 사이의 관계를 규율하는 사회 거버넌스에도 영향을 미칠 수 있을 것으로 보인다(王飞跃等, 2015, 460-469).

투고일 : 2016.12.19.
심사완료일 : 2017.02.07.
게재일 : 2017.02.28.

참고문헌

Builder, Carl H. and Steven C. Bankes. 1991. "A Concept for Basic Research on the Societal Impacts of Information Technology." http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/papers/2008/P7740.pdf

Chen, Hsinchun, et al.. *Intelligence and Security Informatics for International Security: Information Sharing and Data Mining*. New York: Springer.

Cioffi-Revilla, Claudio. 2014. *Introduction to Computational Social Science: Principles and Applications*. Ithacha: Springer.

Conte, Rosaria, et al. 2012. "Manifesto of Computational Social Science," *The European Physical Journal*. 214.

H. Franklin, Charles. 2008. "Quantitative Methodology," Janet M. Box-Steffensmeier, Henry E. Brady and David Collier, eds. *The Oxford Handbook of Political Methodology.* New York: Oxford University Press.

Helbing, Dirk ed.. 2012. *Social Self-Organization: Agent-Based Simulations and Experiments to Study Emergent Social Behavior.* Heidelberg: Springer.

J. H., Holland and Mimnaugh H.. 1995. *Hidden Order: How Adaptation Builds Complexity,* MA: Addison-Wesley Publishing Company.

J. M., Epstein and Axtell R L.. 1996. *Growing Artificial Societies: Social Science from the Bottom up*. New York: The Brooking Institute Press and the MIT Press.

King, Gary. 1991. "On Political Methodology," *Political Analysis.* Vol. 2.

Lazer, David, et al. 2009. "Computational Social Science," Science, Vol. 323, No. 6.

McAdam, Doug, Tarrow, Sidney, and Charles Tilly. 2001. *Dynamics of Contention,* Cambridge: Cambridge University Press.

Mason, Winter, et al.. 2014. "Computational Social Science and Social computing," *Machine Learning.* Vol. 95, No. 3.

Wang, Fei-Yue. 2007. "Toward a Paradigm Shift in Social Computing: the ACP Approach," *IEEE Intelligent Systems.* Vol. 22.

_____. 2008. "Social Computing: Fundamentals and Applications," *IEEE ISI 2008*

*Invited Talk. http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.*550.3683&rep=rep1&type=pdf

_____. 2010. "The Emergence of Intelligent Enterprises: From CPS to CPSS," IEEE Intelligent Systems. Vol. 25, No. 4.

Wang, Fei-Yue et al. 2007. "Social Computing: From Social Informatics to Social Intelligence," *IEEE Intelligent Systems*. Vol. 22, No. 2.

科技部. 2007. "香山科学会议研讨社会计算基础理论和应用," 4月20日, http://www.most.gov. cn/jcs/jcsgzdt/200704/t20070420_53036.htm

广电局. 2015. "'天眼'布满全县: '天网'护卫公众安全," 11月30日, http://www.tongguan.gov.cn/news/20151130/n492414368.html

邱晓刚等. 2013. "通过计算透视战争: 平行军事体系,"『国防科技』. 第34卷 第3期.

邱晓刚·张鹏. 2015, "面向平行军事系统的领域仿真知识工程研究,"『系统仿真学报』, 第27卷 第8期.

邱晓刚·张志雄. 2013. "通过计算透视战争: 平行军事体系,"『国防科技』. 第34卷 第3期.

国务院. 2015a. "关于促进云计算创新发展培育信息产业新业态的意见," 1月6日, http://www.gov.cn/zhengce/content/2015-01/30/content_9440.htm

国务院. 2015b. "关于印发促进大数据发展行动纲要的通知," 8月31日, http://www.gov.cn/zhengce/content/2015-09/05/content_10137.htm

戴汝为·操龙兵. 2002. "综合集成研讨厅的研制,"『管理科学学报』. 第5卷 第3期.

戴汝为·李耀东·李秋丹, 2013.『社会智能与综合集成系统』. 北京: 人民邮电出版社.

刘勇进. 2012. "社会计算与平行管理研究团队," 中国科学院自动化研究所复杂系统管理与控制国家重点实验室 2012年12月11日, http://www.compsys.ia.ac.cn/shehuijisuanpingxingguanli.html

伦淑娴. 2012. "ACP 理论的平行执行方式分类研究,"『自动化学报』. 第38卷 第10期.

孟小峰·李勇·祝建华. 2013. "社会计算：大数据时代的机遇与挑战,"『计算机研究与发展』. 第50卷 第12期.

_____. 2014.『社会物理学: 社会治理』. (社会物理学系列第5号). 北京: 科学出版社.

涂序彦·韩力群·马忠贵. 2012.『协调学: 工程技术协调学, 生物生态协调学, 社会经济协调学』. 北京: 科学出版社.

北京市朝阳区. 2016(검색) "复杂系统管理与控制国家重点实验室," http://xinhuadu.cyppc.gov.cn/web/lab/detail.action?id=7&cid=3

盛昭瀚. 2012. “计算实验：社会科学研究的新方法,”『光明日报』. (4月11日).

盛昭瀚 等. 2011.『社会科学计算实验案例分析』, 上海: 三联书店.

杨静. 2014, “王飞跃：人工世界与计算社会,” 在中国科学院计算技术研究所一层报告厅举行, http://bayang.blogchina.com/2205376.html

王飞跃. 2004a. “人工社会, 计算实验, 平行系统: 关于复杂社会经济系统计算研究的讨论,”『复杂系统与复杂性科学』. 第1卷 第1期.

_____. 2004b. “关于复杂系统研究的计算理论与方法,”『中国基础科学』. 第6卷 第41期.

_____. 2004c. “平行系统方法与复杂系统的管理和控制,”『控制与决策』. 第19卷 第5期.

_____. 2004d. “计算实验方法与复杂系统行为分析和决策评估,”『系统仿真学报』, 第16卷 第 5期.

_____. 2006. “关于复杂系统的建模, 分析, 控制和管理,”『复杂系统与复杂性科学』. 第3卷 第2期.

_____. 2007. “平行应急管理系统PeMS的体系框架及其应用研究,”『中国应急管理』. 12.

_____. 2012. “知识产生方式和科技决策支撑的重大变革: 面向大数据和开源信息的科技态势解析与决策服务,”『中国科学院院刊』. 第27卷 第5期.

_____. 2013. “平行控制: 数据驱动的计算控制方法,”『自动化学报』. 第39卷 第4期.

_____. 2015a. “机器人的未来发展: 从工业自动化到知识自动化,”『科技导报』. 第33卷 第 21期.

_____. 2015b. “X5.0：平行时代的平行智能体系,”『智能产业快讯』. 第1期, p. 11.

王飞跃等. 2012. “复杂系统的平行控制理论及应用,”『复杂系统与复杂性科学』. 第9卷 第 3 期.

_____. 2014a. “前言,”『社会计算的基本方法与应用』. (杭州: 浙江大学出版社, 2013)

_____. 2014b. “大数据与社会计算,” CODATA中国全国委员会编,『大数据时代的科研活动』. 北京: 科学出版社.

_____. 2015. “社会计算与计算社会: 智慧社会的基础与必然,”『科学通报』. 第60卷 第5-6期.

王飞跃·史帝夫 兰森, “从人工生命到人工社会: 复杂社会系统研究的现状和展望,”『复杂系统与复杂性科学』. 2004年1期.

王飞跃·曾大军·毛文吉. 2010. “社会计算的意义, 发展与研究状况,” e-Science, 7月.

李杰. 2015. “中科院曾大军教授来访我院,” 华中科技大学管理学院 웨사이트, http://cm.hust.edu.cn/xwzx/xydt/2015-05-25/11468.html

陈潭等. 2015.『大数据时代的国家治理』, 北京: 中国社会科学出版社.

张小峰·王兆魁. 2012. “科技成果熟化条件构成及其平行管理策略,”『第七届(2012)中国管理学年会平行管理分会场论文集(选编)』.

田军等. 2005. “我国决策支持系统应用研究的进展,”『科研管理』. 第23卷 第7期.

曾广平·涂序彦·王洪泊. 2007.『‘软件人’研究及应用』. 北京: 科学出版社.

朱启超·刘戟锋·张煌. 2015., “科技革命视野中的军事战略创新,”『中国军事科学』. 第3期. http://cuomi.com/html/content/15/1023/06/16788185_507704434.shtml

中国科学院. 2010. “中科院决策科技支持系统建设研讨会在京召开,” 8月30日, http://www.cas.cn/xw/yxdt/201008/t20100830_2936160.shtml

中国科协学会学术部编. 2009.『社会计算: 社会能计算吗』. (新观点新学说学术沙龙, 20). 北京: 中国科学技术出版社.

肖天亮. 2016. “顺应军事变革潮流把握改革主动,”『解放军报』. (1月5日).

钱学森·于景元·戴汝为. 1990. “一个科学的新领域: 开放的复杂巨系统及其方法论,”『自然杂志』. 第13卷 第1期.

彭希羡·朱庆华·盛昭瀚. 2013. “社会计算领域技术方法及应用分类研究,”『情报杂志』. 第32卷 第4期.

香山科学会议. 2012. “‘ACP方法与平行军事体系(SoPMS)’学术讨论会将于6月26日在北京召开,” 5月31日, http://www.xssc.ac.cn/ConfRead.aspx?ItemID=2042

黄松筠, “平行时代的智能产业：实践与愿景,” 2015年11月2日, http://www.wtoutiao.com/p/W42bTn.html

黄红兵. 2015. “作战数据知识化: 需求与方法,”『指挥与控制学报』. 第1卷 第4期.

胡晓峰. 2012.『战争工程论: 走向信息时代的战争方法学』. 北京: 国防大学.

胡晓峰等编. 2010.『社会仿真: 信息化战争研究的新领域』. 北京: 电子工业出版社.