

지능형 재난 상황관리 의사결정 지원 방법: 문헌고찰과 도전과제

이혜선, 임선화, 김은주, 박소영, 이강복, 홍상기
한국전자통신연구원 산업안전지능화연구실
{hyesun.lee, limsh, ejkim, bubble, kblee, sghong}@etri.re.kr

Intelligent disaster situation management decision support method: literature review and challenges

Hyesun Lee, Sun-Wha Lim, Eun Joo Kim, Soyoun Park, Kang Bok Lee, Sang Gi Hong
Industrial and Personal Safety Intelligence Research Section
Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI)

요 약

도시의 복잡화와 노후화로 인해 신규·대형 재난의 발생 빈도가 늘고 재난의 피해 규모가 커짐에 따라 신속하고 정확한 재난 상황관리가 필요하다. 재난 상황관리의 신속성과 정확성을 높이기 위해 상황관리 의사결정을 지원하기 위한 보다 체계적인 방법의 필요성이 대두되고 있으며, 이를 위해 기존 재난 상황관리 의사결정 지원 방법의 고찰이 선행되어야 한다. 이 논문에서는 재난 상황관리 의사결정 지원을 위한 기존 방법을 비교·검토하고 이를 기반으로 지능형 재난 상황관리 의사결정 지원을 위해 해결해야 할 도전과제를 제안한다.

1. 서론

재난 상황관리는 재난의 사전방지 및 발생 재난에 대한 인명·재산 피해의 최소화를 위해 상황실에서 이루어지는 일련의 활동을 의미하며, 상황진과, 초동조치, 상황지휘 활동 등을 포함한다. 도시의 복잡화·노후화로 인해 신규·대형 재난의 발생 빈도가 늘고 재난의 피해 규모가 커지고 있다. 이에 따라 재난 상황관리의 신속성과 정확성의 중요도가 높아지고 있으며, 이를 지원하기 위한 체계적인 방법의 필요성이 대두되고 있다. 본 논문에서는 재난 상황관리 의사결정을 지원하기 위한 기존 방법들을 고찰하고, 재난 상황관리의 신속성과 정확성을 높이기 위해 해결해야 할 도전과제를 도출하여 제안한다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 기존 문헌의 고찰 결과를 소개하고, 3장에서 지능형 상황관리 의사결정 지원을 위한 도전과제를 제안한다. 4장에서는 결론과 함께 논문을 마무리한다.

2. 기존 문헌 고찰

재난 상황관리 업무를 지원하기 위한 기존 시스템 기술은 도메인의 특성상 학계나 민간기업보다 정부 주도로 개발, 구축, 운용됐다. 주로 부처별, 지역별,

재난유형별로 상황관리 시스템을 분산 운영하고 있으며, 미국 등 일부 재난안전 기술 선도국에서는 통합 재난상황관리 시스템을 구축하여 활용하고 있다.

국내에서는 행정안전부에서 국가재난관리정보시스템(NDMS)을 구축하여 재난관리 전 단계 업무를 전국단위로 종합적으로 지원하고 있다. 특히 NDMS의 GIS 기반 상황관리 시스템은 GIS 기반 상황판에 실시간 상황정보를 표출하여 효율적인 재난대응 업무를 지원한다. 국립재난안전연구원은 스마트 재난상황관리 시스템을 개발하여 재해연보와 재난연감을 데이터베이스화하여 지도위에 표출하고, 이를 기상정보 및 뉴스정보와 연계하여 지역별, 기간별, 재난유형별 과거 재난 발생 이력을 상황판단에 활용할 수 있도록 지원하였다 [1].

이와 같은 기존의 재난 상황관리 시스템 기술은 상황관리에 필요한 다양한 정보를 상황관리 담당자에게 지도 등을 기반으로 가시적으로 제공하여, 담당자가 재난 상황을 파악하고 이를 기반으로 상황관리를 수행할 수 있도록 지원하는 장점이 있다. 하지만 상황관리를 수행하기 위해 담당자가 처리하고 분석해야 하는 정보가 다양하고 많아서 이를 처리하는 것이 과중한 문제가 있다.

재난 상황관리에는 재난 감지, 재난 피해 규모 산정, 재난 확산 예측, 자원 배치 등 다양한 상황판단과 의사결정이 필요한데, 이를 지원하기 위한 재난 상황관리 의사결정 지원 기술이 국내외에서 활발하게 연구되고 있다.

기존의 많은 재난 상황관리 의사결정 지원 기술은 특정 유형의 재난에 대한 발생예측 및 상황판단의 의사결정에 활용하기 위한 정제화된 분석정보를 제공하는 것을 목적으로 한다. 폭염에 대한 상황판단을 지원하기 위해 미국 해양대기청은 GIS를 이용해서 폭염 취약성을 분석하여 폭염지도를 제작하고 위험정보를 제공하여 의사결정에 활용하도록 했다 [2]. 다중밀집시설 대형화재에 대한 발생예측과 대비를 위해 미국 화재예방협회는 날씨정보, 건물정보, 건축물 밀도 등의 빅데이터를 기반으로 화재 위험도를 예측하는 모델을 개발했고, 뉴욕소방청은 건축물의 화재 위험도를 수치화하여 주기적으로 화재 위험성이 높은 건물을 제시하는 서비스를 제공했다 [3]. 라이스대학 연구진은 산사태, 지진, 화산 폭발에 대해 빅데이터와 딥러닝 기술을 활용하여 지진신호와 클러스터를 식별하고 재난을 예측하여 조기경보할 수 있는 기술을 개발했다 [4]. 성균관대학 연구진은 산불, 폭염, 한파에 대해 빅데이터와 인공지능 기술을 활용하여 재난을 조기 감지하고 확산·피해 예측을 제공하는 기술을 개발했다 [5]. IBM에서는 미세먼지에 대하여 인공지능 왓슨을 활용하여 대기오염 상태를 예측하는 기술을 개발했다 [6]. 이 외에도 감염병에 대한 발생, 분포, 확산예측 기술, 풍수해에 대한 집중 호우 위험성 평가 및 발생예측 기술 등, 특정 유형의 재난 예측 및 상황판단을 위한 의사결정 지원기술이 다수 연구되었다.

이와 같은 기존 연구가 특정 재난 유형에 대한 특정 상황관리 업무(즉, 발생예측 및 상황판단)에 대한 의사결정을 지원하는 것이었다면, 일부 연구는 여러 재난 유형에 공통으로 수행되는 특정 상황관리 업무에 대한 의사결정을 지원하는 것을 목적으로 하였다. 재난 상황의 자원관리 업무를 지원하기 위해, 미국 국가사건관리시스템의 자원정보관리시스템은 담당기관, 사건담당자, 관계기관에 실시간 정보를 제공하고 자원 재고 파악을 위한 자원 추적기능 및 의사결정 지원기능을 제공했다 [7]. 재난 상황에서의 의료서비스 제공 업무를 지원하기 위해, 유럽 EU 프로젝트에서는 과거 재난 상황정보, 실시간 재난 상황, 사상자, 가용 자원정보 등을 활용할 수 있는 의

사결정지원시스템을 개발했다 [8].

지금까지 소개한 기존 재난 상황관리 의사결정 지원 기술은 재난 상황관리의 일부 업무(특정 유형 재난에 대한 발생예측 및 상황판단 업무, 또는 자원관리 등의 특정 공통 업무)의 의사결정에 필요한 정제된 분석정보를 제공하여, 상황관리 담당자가 해당 업무를 수행할 때 신속한 의사결정을 내릴 수 있도록 지원하는 장점이 있다. 하지만 기존 기술이 제공하는 분석정보는 상황관리에 필요한 다양한 정보의 극히 일부분이며, 상황관리 담당자는 상황관리 업무 프로세스 전체를 수행하기 위해 추가적인 다양하고 방대한 정보를 처리해야 한다. 상황관리 특정 업무가 아니라 상황관리 업무 프로세스 전체를 보는 관점에서 상황관리에 필요한 다양하고 방대한 정보를 체계적으로 관리하고 특정 상황관리 시점에 필요한 정보만을 제공하여 담당자의 정보처리량을 획기적으로 줄일 수 있는 새로운 방법이 필요하다.

상황관리 정보를 체계적으로 관리하는 방안 중 하나로, 상황관리 업무 프로세스를 기반으로 상황관리 정보를 구성하여 관리하는 방안이 있다. 일반적으로 상황관리 업무 프로세스는 재난유형별, 상황관리 조직별로 개발된 상황관리 업무 표준 매뉴얼(SOP)을 기반으로 한다. 일부 기존 연구들은 SOP를 기반으로 재난대응 의사결정을 지원하는 방법을 제안했다. 네덜란드 국방부는 해안 경비대 작업 절차를 기반으로 해양재난에 대한 의사결정 지원 도구를 개발하여 해안 감시관에게 사건 발생 시 사건 전개에 따라 SOP를 기반으로 대응계획을 자동으로 계산하여 제공했다 [9]. 재난 상황관리 관점은 아니지만, 소방관의 다중밀집시설 대형화재 대응 관점에서 SOP를 기반으로 화재대응 업무 프로세스 단계별로 의사결정 지원정보를 제공하는 방법이 연구되었다 [10].

이들 연구는 SOP를 기반으로 재난대응 관련 정보를 체계적으로 관리하고 제공하는 장점이 있지만 특정 재난 유형과 상황에 국한되어서만 적용되는 한계가 있다. 재난 상황관리가 대상으로 하는 재난 유형과 상황이 다양하므로 여러 재난 유형과 상황에 적용할 수 있는 방법이 필요하다. 즉, 재난 유형 및 상황별로 필요한 상황관리 정보를 SOP를 기반으로 체계적으로 관리하고 제공할 새로운 방법이 필요하다.

일부 재난 상황관리 의사결정 지원 기술은 상황관리 의사결정의 일부를 자동화하는 방법을 제공한다.

겐트대학 연구진은 소방서의 응급 대응을 위해 시멘트 추론 엔진을 결합한 이벤트 기반 의사결정 지원 시스템을 제안하여 주어진 응급 환경에 적합한 의사결정을 일부 자동화할 수 있는 틀을 제공했다 [11]. 트벤테대학 연구진은 재난관리 상황인지 응용 개발을 위해 온톨로지 모델 기반의 프레임워크를 제안하여, 상황 모델 기반으로 의사결정을 일부 자동화할 방법을 제공했다 [12]. KAIST에서는 재난 상황정보를 종합적으로 활용하여 환자이송 우선순위 및 이송병원 결정을 지원하는 의사결정 모델과 알고리즘을 개발했다 [13].

이들 연구는 상황관리 의사결정의 일부를 자동화하여 신속한 상황관리를 지원하는 장점이 있지만, 특정 재난 상황과 특정 상황관리 업무에만 적용할 수 있는 한계가 있다. 여러 재난유형별 및 상황별로 상황관리 담당자가 보유한 다양한 상황판단 및 의사결정 지식을 자산화하고 이를 기반으로 의사결정 자동화를 지원할 방법이 필요하다.

3. 지능형 상황관리 의사결정 지원을 위한 도전과제

문헌고찰을 기반으로, 신속하고 정확한 상황관리를 위한 지능형 상황관리 의사결정 지원을 위해 해결해야 하는 네 가지 도전과제를 도출했다.

도전과제 1: 발생한 재난 상황 특성을 고려하여 맞춤형 상황관리 의사결정을 지원하는 방법이 필요하다. 재난 상황은 재난 유형, 발생 원인, 피해 예상 범위, 피해 대상물 특징 등의 측면에서 서로 다른 특성을 가지며, 발생한 재난 상황 특성에 따라서 상황관리 업무와 의사결정이 크게 다를 수 있다. 예를 들어, 다중밀집시설 대형화재는 주로 국지적인 상황관리가 필요하지만, 산불은 주로 광역적인 상황관리가 필요하다. 상황관리 업무의 효율성을 높이기 위해 발생한 재난 상황 특성을 고려하여 현재 상황 특성에 필요한 상황관리 정보만을 제공하는 것이 필요하다. 하지만 기존에는 특정 재난 유형에 특화된 상황관리 지원 방법, 또는 범용적인 성격의 상황관리 지원 방법이 제안되었으며, 다양한 재난 상황 특성을 고려한 재난 상황 맞춤형 상황관리 의사결정 지원 방법이 부재한 실정이다.

도전과제 2: 상황관리 의사결정에 필요한 다양한 지원정보의 복잡성을 처리하고 체계적으로 관리하는 방법이 필요하다. 정확한 상황관리 의사결정을 내리기 위해서는 다양하고 방대한 각종 지원정보를 모니터링·분석하고 이를 의사결정에 활용해야 한

다. 각종 지원정보에는 기초정보, 관측정보, 이력정보, 현황정보, 분석정보 등이 포함된다 [14]. 기존 방법은 각종 지원정보를 상황관리 담당자에게 충실하게 제공하는 데 효과적이지만, 방대하고 다양한 지원정보의 복잡성을 처리하는 데 한계가 있어서 담당자의 정보처리 업무가 과중한 문제가 있다. 각종 지원정보를 체계적으로 관리하고 현 재난 상황과 상황관리 시점에 필요한 정보만을 제공하여 상황관리 업무 복잡도를 획기적으로 낮출 방법이 필요하다.

도전과제 3: 재난 상황관리 업무 프로세스를 기반으로 한 체계적인 상황관리 의사결정 지원 방법이 필요하다. 상황관리 업무는 재난 유형 및 상황관리 조직별로 작성된 상황관리 업무 SOP를 기반으로 수행된다. 각 SOP에는 특정 재난 유형에 대해 특정 상황관리 조직에서 수행해야 하는 일련의 상황관리 업무 프로세스가 정의된다. 상황관리 업무 프로세스 단계별로 수행해야 하는 업무, 고려사항, 모니터링·분석해야 하는 지원정보, 필요한 의사결정 내용이 다르므로, 상황관리 업무 프로세스를 중심으로 하여 업무 프로세스 단계별로 체계적인 상황관리 의사결정을 지원하는 방법이 필요하다. 하지만 기존 방법에서는 상황관리 업무 프로세스가 방법에 내재화되지 않았기 때문에 체계적인 상황관리 의사결정 지원이 어렵고 상황관리 업무가 상황관리 담당자의 역량에 지나치게 의존하게 되는 문제가 있다.

도전과제 4: 상황관리 담당자의 다양한 상황판단 및 의사결정 지식을 자산화하여 활용하는 방법이 필요하다. 상황관리 담당자는 상황관리 업무 프로세스 단계별로, 현 단계에서 필요한 상황관리 지원정보를 기반으로 상황을 판단하고 의사결정을 내린다. 기존 방법은 대부분 의사결정에 필요한 지원정보를 효과적으로 제공하는 데 초점을 맞추었고 의사결정 자체는 담당자의 개인적 역량과 경험에 의존했다. 하지만 담당자마다 상황판단 및 의사결정 지식이 다르고 순환보직으로 인해 담당자가 변경되면 지식이 소실되는 문제가 있다. 이를 해결하기 위해 담당자의 상황판단·의사결정 지식을 자산화하고 이를 의사결정에 활용하는 방법이 필요하다. 일부 기존 연구에서 의사결정 일부를 자동화하는 방법이 제안되었지만, 제한적인 특정 상황 조건과 특정 업무에만 적용할 수 있는 한계가 있다. 다양한 재난 유형과 상황에 대해 상황관리 담당자의 상황판단·의사결정 지식을 자산화하고 이를 활용하여 의사결정 자동화를 지원할 새로운 방법이 필요하다.

4. 결론

이 논문에서는 재난 상황관리 의사결정을 지원하기 위한 기존 방법들을 고찰하고, 재난 상황관리의 신속성과 정확성을 높이기 위하여 기존 방법에서 해결해야 하는 네 가지 도전과제를 제안하였다. 논문에서 제안한 도전과제를 해결하기 위한 지능형 상황관리 의사결정 지원 방법에 관한 연구를 현재 추진 중이며, 연구 결과를 후속 논문으로 발표할 계획이다.

5. Acknowledgements

본 연구는 행정안전부 지능형 상황관리 기술 개발 사업의 연구비지원(과제번호 2021-MOIS37-001)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] J.-Y. Park et al., "A study on the support plan of disaster situation management using the history of disaster occurrence," in Proc. KSIS Joint Fall Conf. 2018, Jeju Island, Korea, Nov. 2018, pp.88-89.
- [2] U.S. National Oceanic and Atmospheric Administration, Extreme Heat Vulnerability Map Tool, Retrieved Apr. 22, 2022, from <https://nihhis.cpo.noaa.gov/vulnerability-mapping>.
- [3] J. Roman "In pursuit of smart," NFPA Journal, pp. 41-50, Nov./Dec. 2014.
- [4] L. Seydoux et al., "Clustering earthquake signals and background noises in continuous seismic data with unsupervised deep learning," Nature Communications, vol. 11, no. 1, pp. 1-12, Aug. 2020.
- [5] M. Park et al., "Research of bigdata-AI based decision support systems for disaster management," in Proc. KSCE 2019 Convention, Pyeongchang, Korea, Oct. 2019, pp. 7-8."
- [6] L. Cooper, Air pollution in China and IBM green initiatives (2016), Retrieved Apr. 22, 2022, from <https://www.ibm.com/blogs/internet-of-things/air-pollution-green-initiatives/>.
- [7] FEMA, National Incident Management System - Third Edition (2017), Retrieved May 21, 2022, from https://www.fema.gov/sites/default/files/2020-07/fema_nims_doctrine-2017.pdf.
- [8] O. Steen et al., "A comprehensive decision

support system for enhanced emergency decision management and training," in Proc. First IFIP TC 5 DCITDRR Int. Conf., Sofia, Bulgaria, Nov. 2016, pp. 183-197.

[9] B. Lijnse et al., "Incidone: A task-oriented incident coordination tool," in Proc. 9th Int. Conf. Information Systems for Crisis Response and Management, Vancouver, Canada, Apr. 2012.

[10] H. Lee et al., "A Rule-based Fire Response Decision Support Method using Spatial Information and Fire Safety Information," in Proc. KIFSE Fall Conf. 2020, Seoul, Korea, Nov. 2020, pp. 634-636.

[11] A. Hristoskova et al., "Semantic reasoning for intelligent emergency response applications," in Proc. 11th IEEE Int. Conf. Industrial Informatics, Bochum, Germany, Jul. 2013, pp. 547-554.

[12] J. Moreira et al., "Towards ontology-driven situation-aware disaster management," Appl. Ontology, vol. 10, no. 3-4, pp. 339-353, 2015.

[13] K. Shin and T. Lee, "A meta algorithm for reinforcement learning: emergency medical service resource prioritization problem in an MCI as an example," in Proc. 4th Int. Conf. Health Care Systems Engineering, Montreal, Canada, May 2019, pp. 103-115.

[14] J. Lee et al., "An analysis of work-based disaster information for disaster context awareness," Technical Report, National Disaster Management Research Institute, no. 11-1741056-000199-01, Dec. 2019.