基于 ACP 方法的犯罪现场平行系统

王帅[1,4]　叶佩军[1,2]　王晓[1,2]　袁勇[1,2]　刘烁[3]　王飞跃[1,2,5]

（1. 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，北京，100190；
2. 青岛智能产业技术研究院，青岛，266109；
3. 公安部物证鉴定中心，北京，100038；
4. 中国科学院大学，北京，100049；
5. 国防科学技术大学信息系统与管理学院，长沙，410073）

摘要　犯罪现场分析是侦查破案的起点和源头，是查明犯罪客观事实和证实犯罪的手段，也是侦查决策的基础。犯罪现场本质上属于开放的复杂社会巨系统，面临巨大的时空不确定性、犯罪行为复杂性、犯罪动机多样性等复杂系统特征，从而导致犯罪现场人工模型与真实物理犯罪现场之间巨大的“建模鸿沟”问题。为解决这一问题，本文首次提出基于 ACP 方法的犯罪现场平行系统体系，并提出自底向上的人工犯罪现场构建方法。在此基础上，给出了人工犯罪现场分析系统的组成部分和系统逻辑架构。

关键词　犯罪现场分析；平行系统；计算实验；ACP 方法

Crime Scene Parallel System Based on ACP Approach

WANG Shuai[1,4]　YE Pei-Jun[1,2]　WANG Xiao[1,2]　YUAN Yong[1,2]　LIU Shuo[3]　WANG Fei-Yue[1,2,5]

(1. The State Key Laboratory of Management and Control for Complex Systems, Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190
2. Qingdao Academy of Intelligent Industries, Qingdao 266109
3. Institute of Forensic Science, Ministry of Public Security, Beijing, 100038
4. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049
5. College of Information System and Management, National University of Defense Technology, Changsha 410073)

Abstract　*Crime scene analysis is the starting point and foundation of criminal investigation but also the key part for solving criminal cases. The crime scene is essentially an open complex social system, which presents a variety of complex features such as huge spatial-temporal uncertainty, criminal behavioral complexity and criminal motives diversity. These problems led to a huge “modeling gap” between the crime scene model and the real physical crime scene. In order to solve this problem, we proposed the parallel crime scene system based on ACP approach using a bottom-up artificial crime scene construction method. On this basis, the framework and components of the crime scene analysis system are proposed.*

Keywords　Crime scene analysis; parallel systems; computational experiments; ACP approach

犯罪现场是犯罪分子在一定时空范围内实施犯罪、产生并遗留犯罪信息的场所。犯罪现场分析工作完成质量的高低是决定公安机关能否有效侦查破案的关键。当前，我国正处于社会矛盾凸显、刑事犯罪高发期，社会安全形势复杂而严峻；公安机关打击犯罪、侦查破案的工作面临越来越大的

压力与挑战。犯罪日益智能化、专业化、职业化的特点，要求公安机关不断丰富打击犯罪技术、不断优化业务工作体系，而当前公安机关在犯罪现场分析工作中体现出来的过多依赖办案人员经验，体系化不足、碎片化突出等实际问题已无法适应新形势下公安工作的实战需求[1-2]。

犯罪现场本质上属于开放的复杂社会巨系统，面临巨大的时空不确定性（Uncertainty）、犯罪行为复杂性（Complexity）、犯罪动机多样性（Diversity）等复杂系统典型特征。为解决这一矛盾，本文首次提出基于 ACP 方法的犯罪现场平行系统，并提出自底向上的人工犯罪现场构建方法。在此基础上，设计了人工犯罪现场分析系统。基于平行系统的犯罪现场分析体系为解决新形势下公安侦查破案新需求提供了强有力的理论依据与实践支撑。

本文的结构如下：第 1 部分结合复杂系统理论与方法，揭示出复杂系统思维下的犯罪现场客观构成要素。第 2 部分提出基于 ACP 方法(Artificial societies + Computational experiments + Parallel execution，即利用人工系统进行建模和表示、通过计算实验进行分析和评估、最后借助平行执行实现对复杂系统的控制和管理)的犯罪现场分析体系。第 3 部分给出了人工犯罪现场分析系统的组成部分及系统逻辑架构体系。第 4 部分是总结与展望。

1. 复杂系统思维下的犯罪现场分析

一般而言，犯罪现场包含三大要素，即施害主体、承害客体，以及与犯罪行为相关的媒介环境。在特定的时空环境下，施害主体在犯罪目的驱动下，对承害客体实施犯罪行为的过程中，必然在三者之间造成能量的转换、物质的转移和信息的交流。尽管不同案件现场情形各异，现场的环境、遗留的物证、痕迹大相径庭，但从一般意义上，都是转换的能量、转移的物质、交流的信息的不同表现形式[3]。这些相互关联的时间和空间环境共同构成了犯罪现场。犯罪现场的客观要素分类如图 1 所示。

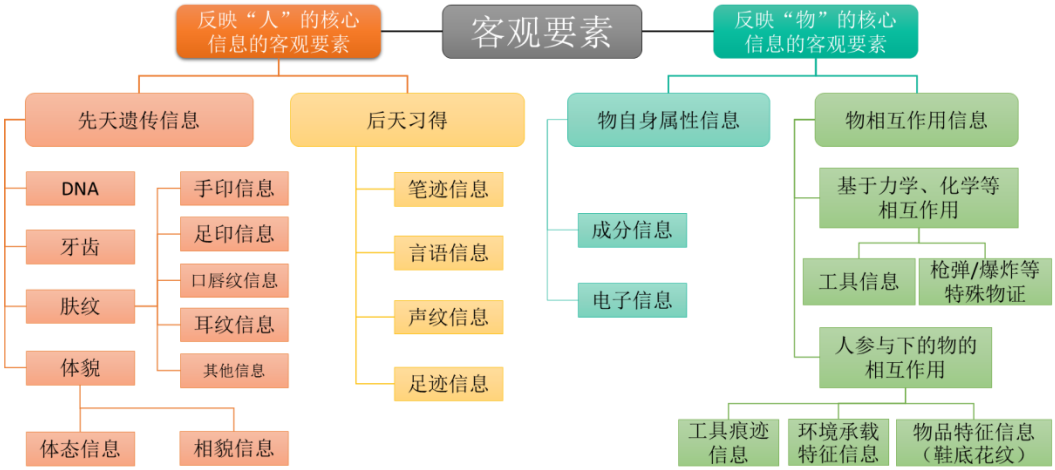

图 1 犯罪现场的客观要素分类

传统的犯罪现场分析，更多是从线性和静态思维出发，从犯罪现场的相对静止状态去研究问题、观察事物。当前的犯罪现场分析现状表明，静止的、孤立的思维，已经无法适应当前新型犯罪的复杂特征，也无法有效应对严峻的犯罪形势。因此，本文认为有必要采用复杂系统思维来重新审视犯罪现场分析问题[4]。

从系统论的观点来看，犯罪现场虽有其独特性，但仍然是一个系统。本文认为犯罪现场是一个涉及犯罪人员、受害人员、犯罪行为以及与犯罪现场相关的时空信息等要素在内的一个动态复杂系统；而犯罪现场分析是将专家经验知识、犯罪现场物证信息与物证检验技术等科学理论有机结合的

复杂系统分析体系。因此，犯罪现场具有实物性系统与概念性系统相结合、静态与动态相结合、开放与封闭相结合的特点[5-6]。犯罪现场存在变化和动态性，即各要素间相互作用、系统与环境之间相互作用并随时间演进而变化、结果的非预期性，等等。具体而言，由于涉案主体的心理、行为以及决策模式具有复杂性和突发性特征，同时环境条件包含海量因素且具有开放性等特点，犯罪现场表现出组成体系复杂、系统行为复杂以及互动关系复杂等突出特性[7]。

2. 基于 ACP 方法的犯罪现场平行系统

对于犯罪现场分析这一本质上的复杂性科学与工程问题，目前尚不存在通用的解决方案。笔者认为，犯罪现场分析的本质问题可归纳为如何将该复杂系统所面临的不确定性（Uncertainty）、多样性（Diversity）和复杂性（Complexity）问题，通过软件定义的分析过程和知识自动化方案[8]，转化为针对特定刑侦任务的灵捷（Agility）、聚焦（Focus）和收敛（Convergence）。

我们认为，当前犯罪现场分析主要面向的是信息物理系统（Cyber-Physical Systems, CPS）[5]。未来的犯罪现场分析还应在 CPS 的基础上继续拓展，新增一个社会及人的因素，即社会物理信息系统（Cyber-Physical-Social Systems, CPSS）。之所以要引入社会及人的因素，是因为在犯罪过程中犯罪人与被害人之间存在一种错综复杂的、精神的、社会因素诱发的相互作用、相互吸引、相互排斥的关系[9]。单纯从互动的角度来看，可以说犯罪人和被害人在犯罪进程中都起着不可或缺的作用， 甚至对犯罪的发生共同承担责任。因此要根据犯罪人、被害人在犯罪行为过程中的作用以及自身的特性，还要结合犯罪现场客观要素和社会因素才能具体分析。另一方面，随着近年来社会网络和社交媒体的飞速发展和广泛应用，其客观促成了“人在系统之中”的场景构建，使物理社会与网络社会的实时平行互动成为可能，这也使得 CPSS 在犯罪现场分析中的作用愈加突出。

如何在犯罪现场分析中充分利用 CPSS？如何使犯罪现场分析从不确定、多样、复杂（UDC）转向灵捷、聚焦、收敛（AFC），从而更好地指导侦查活动，为侦查指挥提供决策支持？笔者认为一条可行途径就是引入我国学者为解决复杂系统管理与控制问题而提出的 ACP 方法和相应的平行技术体系[10]。

所谓 ACP，是指人工社会（Artificial societies）、计算实验（Computational experiments）、平行执行（Parallel execution）三者的有机结合。ACP 方法用于犯罪现场平行系统建模和分析主要由三部分构成。首先，利用人工犯罪现场或人工系统对复杂犯罪过程进行建模。在某种程度上，我们可以视人工犯罪现场为一个软件定义的犯罪现场或者一种“科学化游戏”，可以采用游戏工程师的设计方法对实际犯罪现场进行建模；第二步，利用计算实验对人工犯罪现场进行分析和评估。一旦有了特定的人工犯罪现场，我们就可以把真实犯罪现场遗留的物证痕迹连同犯罪人的行为和心理、 社会网络等要素全部放到计算机里面，将计算机等效成一个演化犯罪过程的“实验室”。通过设计类型各异的实验，引入各种不确定甚至传统上难以量化的因素，多次重复并以统计的方法对结果进行分析，得到各种可能和假设；第三步，将实际犯罪现场与人工犯罪现场并举，通过实际系统与人工系统之间的虚实互动，以平行执行的方式对犯罪现场的运行进行有效地预测与控制，从而为案件侦破提供新的线索和方向，进而有效指导刑侦人员确定侦查方向和范围。整个体系框架如图 2 所示。

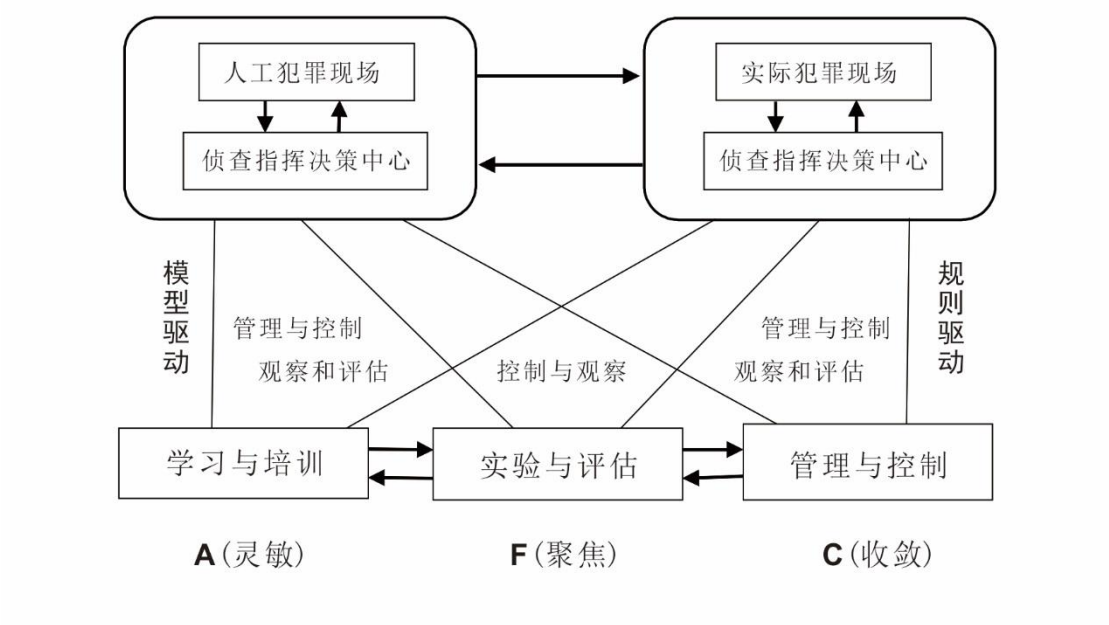

图 2 犯罪现场平行系统

该体系框架的核心在于使得真实犯罪现场与人工犯罪现场组成平行系统，以虚实互动、平行执行的方式来指导具体案件的侦查指挥工作。在此框架之下，有三种主要的工作模式：

（1）学习与培训：此时以人工系统为主。通过人工系统，刑侦人员可以迅速掌握犯罪现场的各种复杂状况，商讨对应行动；可以进一步开展情景式学习培训。同时，人工系统与实际系统可以进行实时互动与学习。由于人的情绪、心理或行为存在各种不定性、复杂性问题，容易导致系统发生异常，此时人工系统与实际系统相互配合，可以弥补上述不足，实现有效的学习培训；

（2）实验与评估：此时以计算实验为主。在人工犯罪现场输入真实犯罪现场各种物证信息、行为数据等，用实验的手段模拟并分析犯罪现场相关当事人面对不同情景和状况时的行为和反应，并对不同方案、策略的效果进行评估，作为辅助刑侦指挥决策的依据；

（3）控制与管理：此时以平行执行为主。初建平行系统时，应尽量对其各种可能的“状况”进行预估，为确定适合当前实际犯罪现场的有效侦查方案或改进当前侦查策略提供依据；其次，当实际犯罪现场与人工犯罪现场产生状态误差时，产生误差反馈信号，同时对人工系统和实际系统的评估方式或参数进行修正，以减少差别，并开始分析新一轮的优化与评估[11-12]。

简言之，基于 ACP 方法的犯罪现场平行系统，除了包含现场痕迹、物证等客观实体要素以及刑侦领域专家的判断、经验和洞察力的集成因素外，还应包含涉案人员的相关行为、心理以及社会网络等要素。基于平行系统的犯罪现场分析过程，其首要特征便是必须依靠数据驱动，使得人工犯罪现场成为刑侦指挥决策行动的“知识库”和“试验场”。最后，通过将现场空间与时间、现实世界与虚拟空间、物证与信息进行综合，明确案件性质、作案人犯罪动机以及犯罪实施过程的何人、何时、何地、何事、何物、 何为、何故（7W）等要素，以达到查明犯罪事实、发现侦查线索、固定犯罪证据的目的[13]。

3. 人工犯罪现场分析系统的基本体系架构

3.1. 人工犯罪现场分析系统框架体系

人工犯罪现场分析体系设计主要立足于专家经验、信息技术、知识学习三大基础。一方面集成在犯罪现场分析过程中起主导作用的刑侦及刑事科学技术专家的经验和智慧[14]；另一方面充分发挥

科学技术，包括刑事科学技术、刑侦大情报技术、及其它智能化技术（如数据挖掘、数据分析与仿真计算等）对专家智慧的互补作用。而知识体系则可以集成专家经验、同类型案件的检验方法等，还可以结合具体案件实际情况，提炼产生新知识，形成犯罪现场分析的有机组成部分。人工犯罪系统在综合以上三个体系的基础上，充分发挥机器学习、专家经验和信息技术的互补优势，从而更好地完成犯罪现场的综合分析研判工作。如图 3 所示。

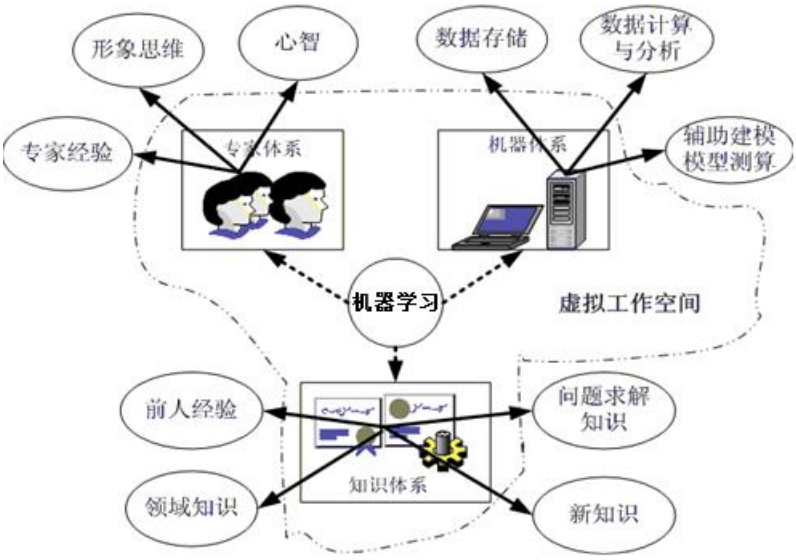

图 3 人工犯罪现场分析系统框架

3.2. 人工犯罪现场分析系统的主要组成部分

人工犯罪现场分析系统的整体设计思路是，以犯罪现场复杂系统为视角，充分结合犯罪现场系统特性，基于业务流程优化后的犯罪现场系统内外部逆向侦查结果，以及行为模拟正向推演分析结果，积极应用新一代的大数据大情报技术多源信息技术，并重点发挥刑事科学技术及刑侦专家的经验思维和研判能力优势，构建起功能完善、结构合理，从定性到定量的人工犯罪现场分析系统，从而进行全面、准确、有效的犯罪画像，为侦查指挥决策提供科学有力的支持。图 4 给出了人工犯罪现场分析系统的主要组成部分。具体包括：

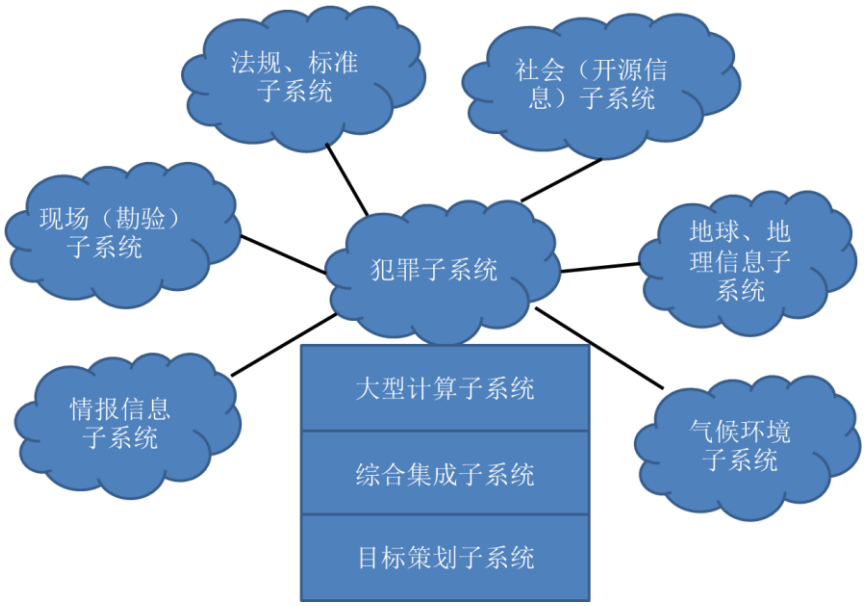

图 4 人工犯罪现场分析系统的主要组成部分

1）犯罪子系统：施害主体、承害客体、媒介环境之间能量转换、物质转移以及信息交流的管理规则等；

2） 现场（勘验）子系统：犯罪现场四维基础信息、现场痕迹物证信息、生物物证、电子物证以及其它环境和媒介承载的一切客观信息；

3）法律（法规）子系统：行政法规、行业标准以及现场勘查规则等；

4）情报信息子系统：国家犯罪人员及高危人员信息库、DNA 数据库、公安部大情报系统以及与犯罪有关的专业数据库；

5） 社会（开源信息）子系统：人口、经济、商业活动、大型社会群体活动，以及互联网虚拟社会信息等；

6） 地球（地理）信息子系统：国家地理标记信息系统、基于土壤同位素、植纹、孢粉学的地理区域推断系统，以及环境污染、生态特征等；

7）气候环境子系统：自然气候、环境条件等；

8）大型计算和计算试验子系统：并行、分布、网格计算，试验设计等；

9）综合集成与决策分析子系统：数据挖掘、多因素综合、决策评估等；

10）目标策划与任务规划子系统：目标设定、任务分配和调度等。

其中现场（勘验）、情报信息和法律（法规）子系统为整个人工犯罪系统的基础内容，社会（开源情报信息）、地球（地理）信息子系统是犯罪系统状态的影响因素，而大型计算和仿真计算试验、集成决策、目标策划等是直接为人工犯罪系统服务的。人工犯罪系统中的计算反演、综合分析和指标评估可通过机器学习和人工智能等技术实现。这些子系统除了与犯罪系统直接相关之外，子系统之间也具有能够影响犯罪行为的相互关联。

在人工犯罪系统宏观框架的基础上，进一步建立了人工犯罪系统的逻辑架构体系。如图 5 所示。

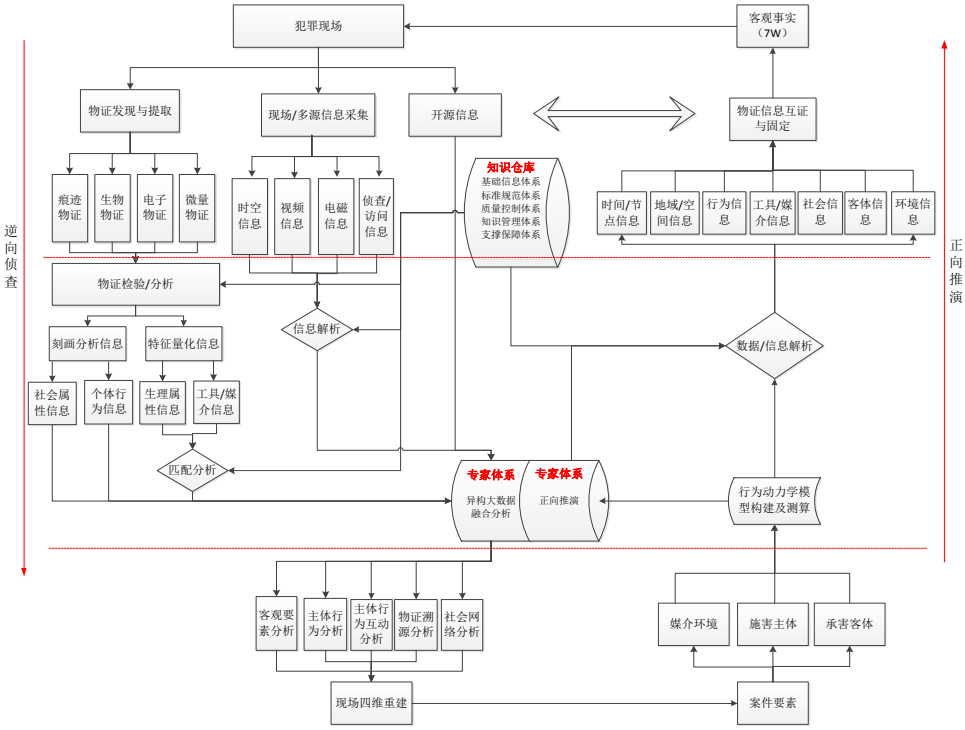

图 5 人工犯罪现场分析系统逻辑架构体系

人工犯罪系统逻辑架构体系以犯罪现场逆向侦查和正向推演为逻辑基础，围绕犯罪现场侦查工作的现场勘验、现场调查、现场实验、物证检验、现场重建、犯罪画像、综合研判七个环节逐步展开[15]。综合集成了现场勘验信息、物证检验信息、调查访问信息、分析刻画信息、专家研判信息、

计算机比对信息、知识信息以及开源信息等，将专家的智慧、计算机的智能、各种学科的相关理论以及人的知识结合起来，构建了一个统一的系统。

4. 结论与展望

本文充分借鉴复杂系统与复杂性科学最新的理论成果，提出了一种基于平行系统的犯罪现场分析体系，包括其基本设想、框架结构和主要方法等。并在此基础上，构建了人工犯罪现场分析系统，给出其组成部分和系统逻辑架构体系。从而建立了一个综合、全面、系统的犯罪现场分析新体系。本文开展的研究在公共安全领域特别是犯罪调查领域是开创性的，也希望通过本文的研究，开拓犯罪现场分析的理论视野，并在实战实务中发挥指导作用。

References

[1] 郝宏奎. 犯罪现场勘查工作的科学化规范化和理论化—《李昌钰博士犯罪现场勘查手册》评介 [J]. *犯罪研究*，2006，(6)：2-6.

[2] 何家弘. 新编犯罪侦查学 [M]. 北京：中国法制出版社，2007.

[3] Bitzer S, Ribaux O, Albertini N, Delémont O. To analyse a trace or not? Evaluating the decision-making process in the criminal investigation [J]. *Forensic Science International*, 2016, (262): 1-10.

[4] 樊家林. 关于构建现场分析理论体系几个基本问题的研究 [J]. *中国人民公安大学学报*, 2003, (1)：104-107.

[5] 刘烁, 王帅, 傅焕章, 王飞跃. 软件定义的犯罪现场分析过程及其知识自动化方案 [J]. *模式识别与人工智能*, 2016, **29**(10)：876-883.

[6] Larsen-Freeman D. Chaos/complexity science and second language acquisition [J]. *Applied Linguistics*. 1997, **18**(2): 141-165.

[7] Peter Klerks. The network paradigm applied to criminal organizations: theoretical nitpicking or a relevant doctrine for investigators? Recent developments in the Netherlands [J]. *Connections*, 2001, **24**(3): 53-65.

[8] 王飞跃. 软件定义的系统与知识自动化：从牛顿到默顿的平行升华 [J]. *自动化学报*, 2015, **41**(1)：1-8.

[9] 杨善林, 朱克毓, 付超, 卢广彦. 基于元胞自动机的群决策从众行为仿真 [J]. *系统工程理论与实践*, 2009, **29**(9)：115-124.

[10] 王飞跃. 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 [J]. *复杂系统与复杂性科学*, 2004, **1**(4)：25-35.

[11] 王飞跃. 平行控制：数据驱动的计算控制方法. *自动化学报* [J]，2013，**39**(4)：293-302.

[12] Xiao Wang, Lingxi Li, Yong Yuan, Peijun Ye, Fei-Yue Wang. ACP-based social computing and parallel intelligence: Societies 5.0 and beyond [J]. CAAI *Transactions on Intelligence Tech-nology*, 2016, **1**(4):377-393.

[13] 刘烁, 王帅, 孟庆振, 叶佩军, 王涛, 黄文林, 王飞跃. 基于 ACP 行为动力学的犯罪主体行为平行建模分析 [J]. *自动化学报*（待发表）.

[14] 马方. 犯罪网络分析:社会网络分析在有组织犯罪研究中的应用 [J]. *西南政法大学学报*, 2012, (2)：34-43.

[15] 赵维佳. 犯罪行为的理性与博弈分析 [J]. *中国人民公安大学学报（社会科学版）*, 2007, (6)：41-46.

作者简介

王帅，男，1988 年生，博士研究生，主要研究方向为社会计算和平行管理.E-mail: wangshuai2015@ia.ac.cn.

(**WANG Shuai**, born in 1988, Ph.D. candidate. His research interests include social computing and parallel management.)

叶佩军，男，1985 年生，博士，助理研究员，主要研究方向为多代理系统，复杂系统建模与分析，智能交通系统，分布式计算.E-mail: peijun_ye@hotmail.com.

(**YE Peijun**, born in 1985, Ph.D., assistant researcher. His research interests include agent based modeling and social computing, travel behavior analysis and simulation, artificial intelligence, distributed computing.)

王晓，女，1988 年生，博士，助理研究员，主要研究方向为人工智能，社会交通，大规模网民群体组织，社会网络分析.E-mail: x.wang@ia.ac.cn.

(**WANG Xiao**, born in 1988, Ph.D., research assistant. His research interests include artificial intelligence, social transportation, cyber movement organizations, and social network analysis.)

袁勇，男，1980 年生，博士，副研究员，主要研究方向为商务智能与计算广告学.E-mail: yong.yuan@ia.ac.cn.

(**YUAN Yong** , born in 1980, Ph.D., associate professor. His research interests include business intelligence and computational advertising.)

刘烁，男，1970 年生，博士，主要研究方向为管理科学与工程.E-mail: lskjj04@sina.com.

(**LIU Shuo**, born in 1970, Ph.D. His research interests include management science and engineering.)

王飞跃（通讯作者），男，1961 年生，博士，研究员，主要研究方向为智能系统和复杂系统的建模, 分析与控制.E-mail: feiyue.wang@ia.ac.cn.

(**WANG Feiyue**(Corresponding author), born in 1961, Ph.D., Professor. His research interests include modeling, analysis, and control of intelligent systems and complex systems.)