

引用格式:刘金星,赵冬梅,高劲松.赛博空间战术机动的要素分析[J].电光与控制,2018,25(9):1-6. LIU J X, ZHAO D M, GAO J S. Study on elements of cyber tactical maneuver[J]. Electronics Optics & Control, 2018, 25(9):1-6.

赛博空间战术机动的要素分析

Study on Elements of Cyber Tactical Maneuver

刘金星^{1,3}, 赵冬梅², 高劲松³

(1. 空军工程大学航空机务士官学校,河南 信阳 464000;

2. 河北师范大学信息技术学院,石家庄 050024; 3. 光电控制技术重点实验室,河南 洛阳 471000)



刘金星

刘金星(1964-),毕业于西北工业大学系统工程专业,博士,空军工程大学航空机务士官学校航空军械工程系教授,全军院校育才奖金获得者,空军教学系列职称评委,空军高层次人才。主持和参研国家级、军队级项目多项,获军队科技进步奖多项,发表论文50余篇。《电光与控制》期刊编委。主要研究方向为协同空战指挥控制、多智能体系统、武器系统作战运用等。

0 引言

目前,赛博空间已成为与陆、海、空、天等领域共同存在的一个全新作战领域,是夺取制信息权与制网权的重要空间。对赛博作战兵力进行有效的规划,使之在交战中进行有效的机动,以夺取赛博空间中的作战优势是当前赛博空间指挥控制中的一个重要研究方面。美军2011年发布的联合出版物^[1-2]中给出了赛博机动的定义,即:通过运用己方赛博力量获

取、扰乱、拒绝、降低、毁伤敌方计算或者信息资源,以获取对敌方的信息优势。BERAUD等提出了赛博防御机动的思想,以提高网络的安全性和可靠性^[3-4];文献[5-13]对赛博空间战术机动的概念进行了研究;文献[14-22]对赛博空间防御机动等进行了研究。这些成果或给出了赛博空间战术机动的概念,或从机动实施手段、机动实施效益方面开展研究。其结果为赛博空间战术机动的研究奠定了基础,但未能从机动的目的性、运动约束、效能收益等方面对赛博空间战术机动进行要素分析,难以对赛博空间战术机动的详细和定量规划提供支撑。

关键词:赛博空间;战术机动;物理空间;机动要素

中图分类号: E11 doi:10.3969/j.issn.1671-637X.2018.09.001

取、扰乱、拒绝、降低、毁伤敌方计算或者信息资源,以获取对敌方的信息优势。BERAUD等提出了赛博防御机动的思想,以提高网络的安全性和可靠性^[3-4];文献[5-13]对赛博空间战术机动的概念进行了研究;文献[14-22]对赛博空间防御机动等进行了研究。这些成果或给出了赛博空间战术机动的概念,或从机动实施手段、机动实施效益方面开展研究。其结果为赛博空间战术机动的研究奠定了基础,但未能从机动的目的性、运动约束、效能收益等方面对赛博空间战术机动进行要素分析,难以对赛博空间战术机动的详细和定量规划提供支撑。

目前,关于物理空间机动类的研究文献^[23-29]虽然众多,但也缺乏全面和深入的机动要素分析,在规划机动时存在着因素考虑不全等问题。为此,本文从分析物理空间战术机动属性要素入手,结合承载空间和平台运动属性,对赛博空间战术机动的属性要素进行分析。

1 物理空间战术机动要素分析

机动就是一种带有目的性的运动,是作战平台在其承载空间里的

运动,不仅具有运动属性,更具有目的指向性^[23,25-27,29]、能力、时间和效益属性^[24,28]。因此,将陆、海、空、天等物理空间内的战术机动,从目标指向、运动、能力约束和时间约束、效能收益等方面进行分解,即可获取机动的详细要素,如图1所示。

1.1 目标指向属性

目标指向属性包括机动的目标和机动的意图(图1)。在物理空间中,敌对双方以火力杀伤、电磁攻击武器进行对战,机动的最终目标即攻击和防御。攻击和防御又是建立在获取敌方信息的基础上的,因此,机动目标为侦察、攻击和防御。其中:侦察机动目标,即在机动过程中,运用自身传感器对敌方目标进行搜索、探测和跟踪^[24],以获取敌方信息,为决策制定、攻击和防御提供信息;攻击机动目标,即通过运动进入有效的武器发射区域,对敌方进行射击^[24,26];防御机动目标,即通过机动摆脱敌方的跟踪和射击^[25,28-29]。

机动的意图是对机动目标的具体实现,是当前欲实现的机动目标。但此机动目标的实现将受到效用性、目标实现的时间约束、能力约束等因素的影响。

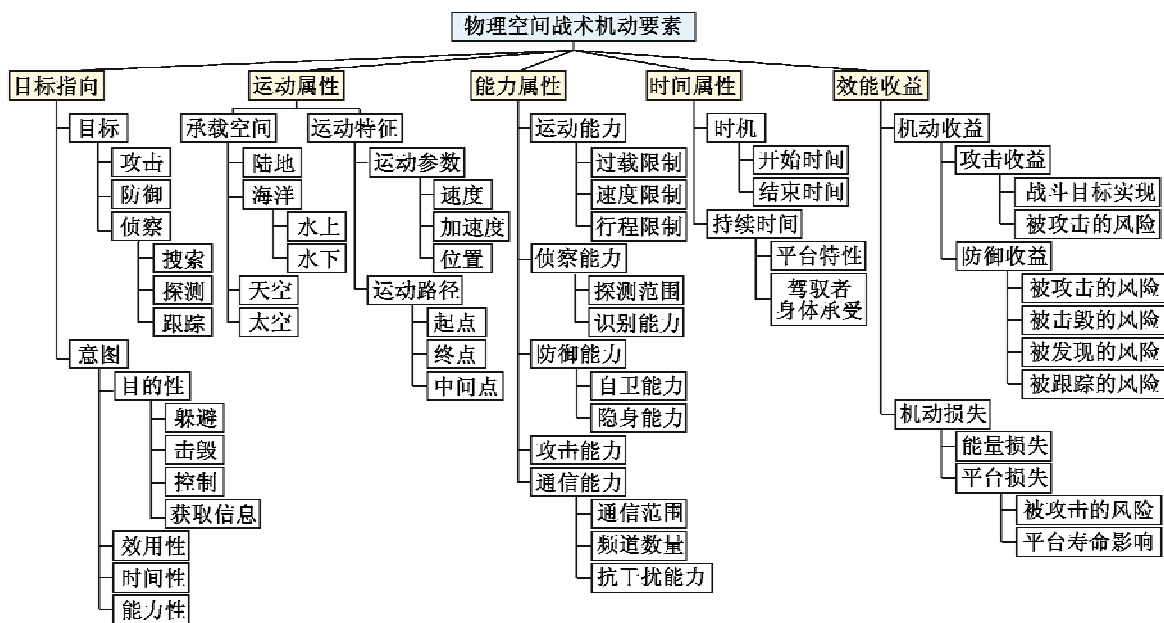


Fig.1 Elements of tactical maneuver in kinetic space

1.2 运动属性

物理空间中作战平台运动受到承载空间的限制。承载空间类型决定了平台在机动中的运动属性。陆地上的作战力量和水面上的舰艇^[23,26,28],其运动是二维平面上的运动,水下、天空和太空的运动是三维^[25,27-28]运动。物理空间中的运动遵循牛顿定律,并受到空间特性的约束。地面平台受到地形、道路的约束,水面舰艇受制于水深、风浪等约束,空中平台受天气等自然条件的影响。

1.3 能力及时间属性

1) 能力属性。

物理空间中的机动受到平台运动能力的约束和限制。例如,空中平台受升限、最大过载的自身能力约束,地面平台受速度、越野能力、巡航时间等约束。水下潜艇受自身下潜能力和海深洋流等海况限制。除平台的运动能力之外,能力属性还包括侦察能力、攻击能力、防御和通信能力(图1)。其中,侦察能力可分解为探测能力和识别能力,通信能力可分解为通信范围、频道和抗干扰能力。

2) 时间属性。

机动具有很强的时效性。例如,

规避机动^[25]若不及时,则被敌方命中;攻击机动不及时^[24],则失去战机。为此,机动的属性包括时机和持续时间(图1),即机动必须在合适的时机上机动到攻击位置并发起攻击,或者在合适的时机开始或结束机动,以实施防御;并且,要保证机动目标的有效实现,还必须保证机动持续一个有效的持续时间,机动的持续时间受到平台自身能力以及平台驾驭者承受能力的限制。例如,飞机长时间大过载飞行条件下的飞机平台及飞行员的承受能力。

1.4 效能收益

机动的实施一方面要获取对敌最大作战收益,另一方面,无论是攻击、防御还是侦察机动,都是一个对自身能量消耗的过程,以及充满风险的过程^[24]。因此,效能收益属性包括收益和损失(图1)。收益即实施机动所获取的收益;损失则包括实施机动可能对平台能力的消耗,以及被敌方所攻击的风险。其中,攻击收益可划分为战斗目标的实现和被攻击的风险两部分;防御收益可分为被发现、跟踪、攻击、击毁的风险,即通过防御要降低这些风险。机动的损失可分为能量损失和平台损失,其中,平台

损失包括被攻击的风险和对平台寿命的影响。

2 赛博空间战术机动要素分析

目前,关于赛博空间战术机动的相关研究文献主要集中于赛博空间战术机动的条令^[1-4],机动原理分析^[5-7]、机动在赛博防御中的应用分析^[8-13]、赛博机动实现的相关技术途径和手段的研究^[14-22]。

综合文献[1-22]的研究结果可见,赛博空间中的战术机动同样可以按照目标指向、运动、能力和时间、效能收益对机动的要素进行划分。只是由于赛博空间中作战力量的运动属性和承载空间发生了变化,每个要素的进一步分解也将发生变化。

2.1 赛博空间战术机动的目标指向属性

在美国国防部2011年发布的联合出版物(JP3.0)中对赛博空间的机动目标做了顶层描述^[1-2]。文献[13-17]给出了赛博防御机动的目标指向,即“增加攻击者攻击的成本,降低不确定攻击者攻击的成功率以及提高对未知入侵的检测概率”。在一定程度上对赛博战术机动的目标指向具体细化,但未能对

攻击和侦察类机动^[8]的目标指向进行具体化。基于赛博战术机动类型划分^[9]和赛博空间结构特点,本文对赛博空间战术机动的目标指向属性进行了分解和细化,如图2所示,即情报获取、攻击信息系统、自身网

络防御这3大子属性。情报获取即侦察机动,其目的是获取敌方网络结构信息或者是敌方作战指控信息。例如:侦察网络的脆弱点、获取攻击入口;入侵敌方指控网络,窃取敌方作战情报信息。

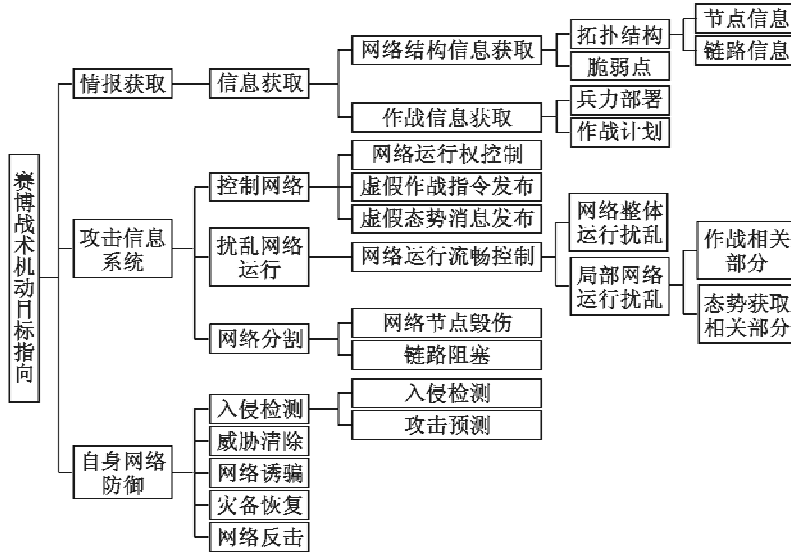


图2 赛博空间战术机动的目标指向属性

Fig.2 Goal directness of the tactical maneuver in cyberspace

攻击信息系统包括控制网络、扰乱网络运行以及对网络进行分割。这3类目标中,前2类只能靠赛博空间的作战力量来实现,即通过网络入侵来实现,而最后1类任务目标则既可以通过软杀伤实现,亦可以通过硬杀伤来实现。

自身网络防御包括入侵检测、威胁清除、网络诱骗、灾备恢复、网络反击等子属性。

2.2 赛博空间战术机动的运动属性

由于赛博空间对平台的承载与物理空间截然不同,因此,赛博空间中战术机动的机动路径、机动特征与物理空间的机动也迥然不同。

2.2.1 承载空间属性

赛博空间依托的是网络,网络的运行依托硬件网络设施和网络服务、数据存储等软件系统。为保证数据交换传递等网络服务的有效运行就必须做到以下几点。

1) 网络服务系统对相关用户赋予一定的权限,允许其访问授权内

的数据以及使用授权内的网络服务设施。这些网络服务设施以及数据存储设施在为网络用户提供网络服务的同时也同样会受到非授权用户的访问或者攻击。攻击这些网络服务设施可使网络瘫痪或者降低网络服务性能以及窃取数据。

2) 网络是一个具有层次结构的服务设施,即包括顶层服务、中间服务和底层服务设施。从网络接入点到顶层网络服务设施以及内部各网络节点,需要经过相关网络链路才能抵达。

因此,赛博空间是一个既有形又无形的空间。一方面,网络依托位于物理空间中的网络设施而存在,网络节点和网关在物理空间中有着具体的位置和覆盖范围,节点、网关之间的链路也有对应的物理空间的起始和终止点;另一方面,网络中数据的流通不能像物理空间中的平台运动一样是有形的。由此可见,赛博机动的空间属性可从以下两方面来衡量。

1) 物理空间中位置和网络安全覆盖范围。

由于网络依托于物理空间中的承载平台,欲进入网络,首先要进入有效网络安全覆盖范围内(无线网覆盖范围、有线网接入),因而,在局部战术区域的网络中,可用物理空间中的位置和节点联通情况对局部赛博交战空间进行衡量。

2) 节点之间的跳数。

在网络联通区域内,节点之间的信息传递不受物理空间地域距离之间的约束,其传播时间受转发次数的影响。因此,对于赛博空间机动的距离不能用物理空间中的度量方法进行度量,可引入无线电传输概念中的“跳数”或者复杂网络理论中的链路距离来描述。

2.2.2 机动路径属性

网络中信息的传播需要网络连通和网络服务,赛博空间战术机动的路径依托于网络有效连通的链路。图3所示为一个攻击面的思想^[13]。

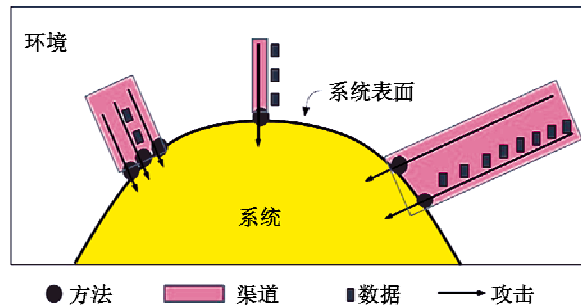


图3 攻击面定义

Fig.3 Definition of attacking surface

其要点是:将需保护网络设施视为一个系统,该系统处于网络环境中;攻击者以不同的方法,从不同的渠道,用数据对系统表面进行攻击,以达到进入系统的目的^[14]。文献[22]提出通过改变密钥来实现赛博防御,阻止攻击者的攻击。基于网络攻击、防御方面的文献、网络服务特征和物理空间机动的路径属性,赛博机动的路径属性可划分为机动进入(防御)点、攻击链路(链路阻塞)、攻击目标点(重点防御)以及攻击退出点等要素。

2.2.3 赛博机动的运动特征

赛博空间与物理空间不同之处在于:物理空间是一个实体空间,所有的运动实体受到动力的作用和影响,其运动特征可用运动学和动力学进行描述;而赛博空间是虚拟空间,传递的是数字和信息,无物理空间受力的特征,无法沿用物理空间中的动力学和运动学进行描述。但赛博空间中信息传播和获取也受到网络客观条件和信息拥有(发送)方和接收方条件所限制,可用发送速度和发送范围等物理量进行描述,其运动特征可从以下几个方面进行分析和研究。

1) 信息流量。

在网络中发送或者接收信息的数量受网络自然条件以及网络上其他信息发送方在网络上发送信息的流量的影响。当网络带宽大,发送的信息流量就大,反之就小。当多方信息发送者同时共用网络发送或传播信息,则自身信息传播量就会下降。

2) 信息流通速度。

赛博空间中信息的运动速度与物理空间不同:在物理空间中,物体的运动是用距离和时间来衡量;而在赛博空间中,物理空间中的距离已经不存在,信息的流通和传播速度取决于信息的转发速度和转发次数。

3) 信息流通的加速度。

在传播过程中,信息的不断再次转发将导致其传播的速度加快,因

此,信息的再次转发扩大传播的范围,可视为信息传播的加速度。

4) 信息传播的初始位置。

与物理空间中的物体运动类似,赛博空间中信息的传播也有起始位置,这种起始位置不仅包括信息发送者在赛博空间的位置,而且包括其在物理空间所对应的位置。这是因为:在赛博空间中,信息是从网络中的一个节点发出的,这个节点在网络中有其移动或固定的IP地址,即网络空间中的位置,而该节点则依托于物理空间中的硬件网络设备。

2.3 赛博机动的的时间属性

与物理空间的机动一样,赛博空间的战术机动同样具有时间属性。物理空间中的机动的的时间属性主要包括机动的起始时间、持续时间和到达时间,即从机动的起始点运动到目标点。赛博空间中作战兵力的运动与物理空间中截然不同,因此,从机动的出发点(网络中的某一点)到目标点(网络中的另一点)这个过程时间极其短暂,但赛博空间中的机动实施需要准备时间,且准备时间会受到多种因素的影响。图4所示为一个网络攻击和防御对抗的时间过程描述^[14]。

根据这个对抗过程,赛博机动的的时间属性可划分为机动准备时间、机动开始时间、机动持续时间和机动失效时间。机动准备时间包括对敌方网络侦察的时间;机动开始时间即开始对敌方进行攻击;开始攻击时间和达到最大效果、预期攻击效果或机动失效时间点之间的时

间为机动持续时间。

2.4 赛博机动的效用属性

与物理空间的机动一样,赛博空间的机动也需追求效能,即以最小代价获取最大效能。文献[3-4]以信息防御为目标,提出了以成功攻击率、部分成功攻击率、干扰中断平均数量、攻击阶段周期时间等作为效能指标。该指标既可以作为防御机动的效能指标,又可以作为攻击的部分效能指标。文献[22]基于攻击和防御给出了相关攻防策略,但未能给出具体的效能指标。

赛博空间中的战术机动包括侦察、攻击、防御机动,其任务目标不尽相同,因而其效用指标着眼点也不同。

1) 侦察机动。

侦察机动的目标主要是侵入并获取情报。为保证情报的有效性和持续性,侦察机动效能的评估应从空间可达性、时域可用性以及赛博入侵可能性这3方面入手来考虑。空间可达,即承载侦察机动力量的平台,在物理空间中能否到达发起赛博空间侦察机动的位置;时域可用,即能否在敌方网络运行期间进行侦察;赛博入侵可能性,即从网络入侵的角度来说,能否侵入敌方网络。

2) 攻击机动。

攻击机动的成功实施取决于赛博侦察情报的完备率,因此,攻击机动评估的首要指标是完备的赛博侦察情报,其次是攻击的可用性。与侦察机动类似,赛博攻击机动同样取决于空间可达性与时域可用性。

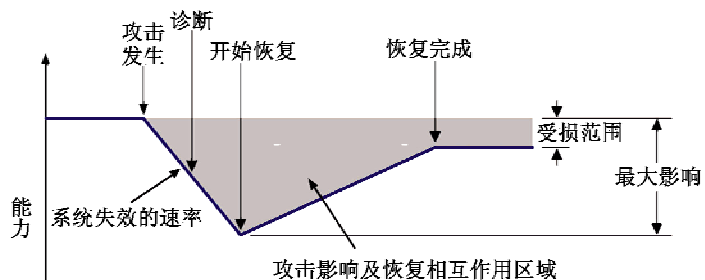


图4 网络对抗过程

Fig. 4 Attack and defense process of networks

3) 防御机动。

防御机动的效用评估可从威胁的判断和预测、自身能力的评估、自身所拥有的资源以及资源的配置情况等方面开展。

3 结束语

综合对比物理空间和赛博空间战术机动要素可见,虽然二者在空间特征、平台属性等方面的差异导致了机动属性的差异,但是,通过综合运用任务目标细分、承载空间分析、运动属性分析、效能指数评估等方法,可以发掘出其共性及特性。通过对共性和特性的有机规划及融合,来实现物理空间和赛博空间战术机动的一体化融合,为物理空间和赛博空间的联合作战指挥控制提供借鉴和技术储备。

参考文献

- [1] Joint Publication 3-0. Joint operations, JP 3-0 [R]. Joint Chiefs of Staff, United States Department of Defense, Washington D. C., 2011.
- [2] Joint Publication 3-12. Cyberspace operations [R]. Joint Chiefs of Staff, United States Department of Defense, Washington D. C., 2013.
- [3] BERAUD P, CRUZ A, HASSELL S, et al. Using cyber maneuver to improve network resiliency[C]//Military Communications Conference (MILCOM), 2011;1121-1126.
- [4] BERAUD P, CRUZ A, HASSELL S, et al. Cyber defense network maneuver commander[C]//International Carnahan Conference on Security Technology, 2010;112-120.
- [5] U. S. Air Force. Air force basic doctrine, organization, and command. Air Force Doctrinal Document (AFDD) 1 [R/OL]. (2011-10-14) [2018-05-01]. <http://www.e-publishing.af.mil>.
- [6] CROWELL R M. Some principles of cyber warfare (NWC 2160) [D]. Newport; U. S. Naval War College, 2015.
- [7] MCGRAW M W R. USMC, beyond mission command: maneuver warfare for cyber command and control [D]. Newport; U. S. Naval War College, 2015.
- [8] APPLGATE S D. The principle of maneuver in cyber operations [C]//The 4th International Conference on Cyber Conflict, 2012;1-13.
- [9] 刘金星,陈哨东,王芳. 赛博空间的战术机动 [J]. 电光与控制, 2014,21(9):1-4.
- [10] LORD W T. Air force cyber command strategic vision [R]. Air Force Cyberspace Command, Barksdale AFB LA, 2008.
- [11] ZACHAR F. Strategic maneuver: defined for the future army [D]. Fort Leavenworth, KS; Command and General Staff College, 2000.
- [12] HUBER C, MCDANIEL P, BROWN S E, et al. Cyber fighter associate: a decision support system for cyber agility [C]//Annual Conference on Information Science and Systems (CISS), 2016;198-203.
- [13] WELLS L. Maneuver in the global commons—the cyber dimension [J/OL]. (2010-12-01) [2018-05-01]. <https://www.afcea.org/content/maneuver-global-commons—cyber-dimension>.
- [14] JAJODIA S, GHOSH A K, SWARUP V, et al. Moving target defense: creating asymmetric uncertainty for cyber threats (advances in information security 54) [M]. New York; Springer, 2011.
- [15] JAJODIA S, GHOSH A K, SUBRAMANIAN V S, et al. Moving target defense II: application of game theory and adversarial modeling [M]. New York; Springer, 2013.
- [16] RAMUHALLI P, HALAPPANAVAR M, COBLE J, et al. Towards a theory of autonomous reconstitution of compromised cyber-systems [C]//IEEE International Conference on Technologies for Homeland Security (HST), 2013;577-583.
- [17] TORRIERI D. Cyber maneuvers and maneuver keys [C]//IEEE Military Communications Conference, 2014;262-268.
- [18] SHAN Z Y, NEAMTHU I, QIAN Z Y, et al. Proactive restart as cyber maneuver for Android [C]//IEEE Military Communications Conference, 2015;9-24.
- [19] LU Z, MARVEL L M, WANG C. To be proactive or not: a framework to model cyber maneuvers for critical path protection in MANETs [C]//Proceedings of the Second ACM Workshop on Moving Target Defense, 2015;85-93.
- [20] MOODY W C, HU H X, APON A. Defensive maneuver cyber platform modeling with stochastic Petri nets [C]//IEEE International Conference on Collaborative Computing: Networking, Applications and Work Sharing, 2014;531-538.
- [21] AKYAZI U. Possible Scenarios and maneuvers for cyber operational area [C]//The 13th European Conference on Cyber Warfare and Security (ECCWS), 2014;1-7.
- [22] MPOFU N, CHIKATI R. Strategy matrix for containing cyber attacks: a generic approach [C]//The 10th International Conference on Cyber Warfare and Security (ICCWS), Krouger National Park, South Afri-

- ca, 2015:207-215.
- [23] 刘昌云,刘进忙,陈长兴. 基于风险型决策的目标机动策略研究[J]. 系统工程理论与实践, 2003, 23(10):99-103.
- [24] 罗卫平,李战武,孙源源,等. 一种利用机载雷达多普勒盲区隐蔽接敌的机动决策方法[J]. 电光与控制, 2015, 22(1):28-33, 44.
- [25] 刘钢,周峰,周智超,等. 快艇机动规避直升机火箭弹攻击战术仿真[J]. 系统工程理论与实践, 2011, 31(12):2439-2446.
- [26] MARZAT J. A missile guidance law tolerant to un-estimated evasive maneuvers [J]. Aircraft Engineering and Aerospace Technology, 2017, 89(2):314-319.
- [27] 夏佩伦,武志东,李博. 潜艇攻击多目标条件下的占位机动研究[J]. 火力与指挥控制, 2016, 41(4):104-108.
- [28] 高长生,陈尔康,荆武兴. 高超声速飞行器机动规避轨迹优化[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2017, 49(4):16-21.
- [29] 于大腾,王华,孙福煜. 考虑潜在威胁区的航天器最优规避机动策略[J]. 航空学报, 2017, 38(1):281-289.

Abstract: The elements of the maneuver form the basis for the tactical maneuver planning. In this paper, the elements of the tactical maneuver in kinetic space are analyzed from such aspects as goal directness of the maneuvering, movement feature and time constraints of the combat platform, and the gains and losses of the combat. Based on the movement characteristics of the combat forces in cyberspace and the characteristics of carrying space, the specific elements of tactical maneuver in cyberspace are given.

Key words: cyberspace; tactical maneuver; kinetic space; element of tactical maneuver

下 期 要 目

基于自适应嵌入式 CKF 的目标跟踪算法
电子防空光电对抗目标识别与威胁评估方法
基于 S 函数的改进变步长 LMS 自适应算法
纯反馈非线性系统的鲁棒自适应跟踪控制
基于 FPGA 的扩跳频信号源的设计与实现
胚胎电路自检测研究综述
光电经纬仪多数据源融合控制策略

空间微型光学载荷主结构优化设计
四旋翼飞行器线性自抗扰控制
卫星导航定位 P 码直接捕获算法研究
基于物理学的改善粒子图像测速稳健光流方法研究
基于时间序列模型的残差控制图在 MAP 中的应用
陀螺稳定平台神经网络滑模变结构控制
单目六自由度形变监测方法与系统



请扫描二维码关注我刊