

• 研究构想(Conceptual Framework) •

基于多传感器数据的航空管制员情境意识的计算*

周 勇¹ 曾 艳² 杨家忠¹ 石 荣¹ 王泉川¹

(¹中国民航飞行学院航空人因与工效学实验室, 广汉 618307)

(²中国民航飞行学院计算机学院, 广汉 618307)

摘 要 航空管制人员保持良好的情境意识是确保空中交通以安全、高效方式运行的必要条件。如果在管制员工作过程中, 能准确监测其情境意识状态, 并在情境意识丧失前给予及时告警, 那么将会极大地提高管制绩效和减少空中两机相撞的概率。目前, 国外评价管制员情境意识的方法虽然不少, 但这些方法基本都是诊断性质和回溯性质的, 无法对管制员的情境意识进行监测或预警。管制员的情境意识受个体差异、任务等多种因素的影响, 同时, 其也可以由某些指标来表征, 如某些作业绩效指标和生理指标。为了能够实现航空管制员情境意识的准确监控及告警, 拟通过雷达管制模拟实验、心理测量、专家评定等方法采集多传感器数据, 分别建立基于表征指标和基于影响变量的情境意识计算模型, 并比较其预测性能。该研究结果可为管制员情境意识的实时监测提供支持。

关键词 情境意识; 多传感器数据; 实时人因工程; 航空管制员; 人的因素

分类号 B849

1 问题的提出

情境意识(Situation Awareness, 简称 SA)是指操作者在特定的时段和特定的情境中对影响系统运行的各种因素的感知与理解, 以及对它们随后状态的预测(Endsley, 1995a)。情境意识由低到高可依次划分为三个水平: 操作者知觉和注意到环境中重要的线索或元素(SA1), 综合理解不同来源的信息(SA2), 预测未来可能出现的状态或事件(SA3)。

在空中交通管制领域, 保持良好的情境意识是航空管制员最重要的认知任务。飞行冲突的探测与化解在很大程度上依赖于这种意识(Seamster, Redding, Cannon, Ryder, & Purcell, 1993), 并且其它的一些管制操作绩效问题也都与情境意识紧密相关(Mogford, 1997; 杨家忠, 张侃, 2008)。情境意识不好的管制员会出现更多的技术差错和认知差错(Durso et al., 1999), 比如 58.6%的进近差错

和 69.1%的区域管制差错(Rodgers, Mogford, & Strauch, 2000)。可以说, 航空管制员的情境意识是影响其决策质量和作业绩效的关键因素, 而失去情境意识则可能直接导致灾难性的后果(Durso & Gronlund, 1999)。

假如我们能够监测并准确评估管制员的情境意识, 并在其情境意识丧失前及时予以告警, 那么提高管制绩效和预防飞行事故发生的可能性, 就会大大增加。另外, 从人因工程研究的发展来看, 实时人因工程的研究和应用已经在航空、核电等高风险系统领域中逐渐兴起。与传统的静态人因工程相比, 实时人因工程强调界面显示内容的适应性变化, 即与任务类型、任务环境、以及操作者的认知状态相适应(Vidulich, 2003; Feigh, Dorneich, & Hayes, 2012)。因此, 实时监测并评估管制员的情境意识, 不仅是空管人因工程理论研究的需要, 而且其应用将会有助于增进航空安全。

2 研究现状及评述

2.1 情境意识的测量方法

管制员的情境意识是一种非常复杂的认知活

收稿日期: 2014-09-09

* 国家自然科学基金项目(31300853, 31070915)。

通讯作者: 杨家忠, E-mail: jiazhongyang@msn.com

动,其随着任务情境等因素而不断地发生改变,所以实现对它的准确测量极具难度。从现在的研究来看,了解航空管制员情境意识的途径主要有生理测量法、记忆探查测量、作业绩效测量、主观评定测量。与心理负荷的测量一样,情境意识的测量同样存在效度与测量的敏感性、选择性、诊断性、干扰性、可靠性等问题,然而到目前为止,尚没有一种测量方法或技术能同时满足上述标准。

2.1.1 生理测量法

运用生理测量进行心理负荷的研究已有很长历史,但在情境意识的研究中则很少见(Endsley & Garland, 2000)。一些研究发现:在低水平的情境意识下,被试 θ 波的活动水平较高, α 波的活动水平较低(Vidulich, Stratton, Crabtree, & Wilson, 1994);心率变异性可以用来预测情境意识(Saetrevik, 2012);面部肌电图可以作为操作者认知状态的监测指标(Durso, Geldbach, & Corballis, 2012);管制员对兴趣区的注视时间可用来预测情境意识(Moore & Gugerty, 2010)。

从目前的研究来看,生理测量最为关键的问题是尚不清楚其能否直接触及包含情境意识的高水平的认知过程。比如P300和其他脑电测量技术可以说明信息是否已认知登记,但这只能说明环境中的某些元素是否被知觉和加工,至于这些信息是否已经正确登记,或当事人在多大程度上理解了这些信息,则无从通过生理测量反映出来。同样,眼动测量也无法说明处于边缘视觉的哪些元素已被观测到,或当事者是否已经加工了他所看到的对象。

尽管很难用生理指标来判断情境意识所包含的高水平的认知过程(杨家忠,张侃,2004),但还是有不少研究者提出,借助脑电图(EEG)、眼动数据、事件相关电位(ERP)、瞬时心率、皮电活动等神经与生理指标,可以对操作者的情境意识水平或认知状态进行适当的推断(Endsley & Garland, 2000; Feigh et al., 2012)。

2.1.2 记忆探查测量法

记忆探查测量要求操作者自我报告记忆中的内容,借此评估其情境意识。在航空领域,SA全面评估技术(简称SAGAT)使用最为广泛。使用这种方法时,让模拟情境在随机确定的时间点停止,清除所有与任务相关的情境信息,然后向被试提

问。被试回答问题的正确率越高,反应时间越短,其情境意识就越高。记忆探查测量的构念效度虽高,但研究者对它的客观性和预测效度还存在不少争论。一些研究者却认为,通过自陈报告所获取的数据,一方面可能受到操作者的偏见或先入为主概念的污染,另一方面可能会因工作记忆的局限而导致回忆错误,故该测量是主观的,而Endsley和Garland(2000)却认为记忆测量是客观的,因为所搜集的数据可以与真实状态进行客观比较。

另一种被普遍使用的记忆探查测量方法是情境意识的在线测量技术(简称SPAM)。与冻结测量不同,使用SPAM方法时,情境并不消失,管制员可以借助情境来回答问题(Durso & Dattel, 2004)。该方法主要以反应时作为测量情境意识的指标,如果管制员的情境意识越好,就能凭借记忆、或借助于情境更快地找到答案。

与SAGAT相比,SPAM法更适合空中交通管制的实际,因为情境在雷达上可以随时获取,管制员并不需要刻意去记忆相关信息(如航空器的高度、速度、航向以及位置等)。这也与分布认知的观点相吻合(Stanton, 2010; Woods & Sarter, 2010; Chiappe, Vu, & Strybel, 2012)。

2.1.3 基于作业绩效的测量法

这种测量方法是利用操作者的作业表现来推测其情境意识(Endsley, 1995b; 刘伟,袁修干,柳忠起,康卫勇,马锐,2004)。它的优点是客观、无干扰,且易于使用。它的主要问题在于,情境意识是作业绩效的必要而非充分条件,测量结果可能并不单单反映的是操作者的情境意识(Endsley & Garland, 2000)。

尽管如此,以实时获取的作业表现作为情境意识的指标还是得到了一些研究的支持(Durso et al., 1999; Pritchett & Hansman, 2000; Vidulich & McMillan, 2000)。对于航空管制任务而言,我们认为此方法特别值得尝试,因为冲突探测和化解是管制员最重要、最需要优先完成的任务。对训练有素的管制员来讲,如果两架航空器已经发生飞行冲突,但管制员仍然未采取任何行动,那么我们就有很大的把握认为其已经失去了情境意识。

2.1.4 主观评定测量法

主观评定法是基于操作者或观察者的意见来测量情境意识。它的优点是易于使用、成本也比较低,既可以用于模拟情境,也可用于实际的任

务环境,既可以在操作者执行任务过程中使用,也可以在其完成任务之后使用(杨家忠,张侃,2004)。但是,在任务进程中进行情境意识的自我评定,操作者可能会觉得困难,因为其无法将自己对情境与任务的感知和理解,同真实的情况进行比较,而在任务后评定,则有可能会受其作业表现的影响,导致评定的合理化和泛化。

2.2 影响情境意识的因素

根据已有研究者所提出的情境意识理论模型(Endsley, 1988),以及对空中交通管制任务特点的研究(Seamster et al., 1993; Wickens, Mavor, & McGee, 1997),航空管制员的情境意识既受空中交通环境因素、雷达人-机界面的影响,也受管制员个体差异的影响。如果能通过恰当的方法或模型对某些重要的影响因素进行处理,那么其也能够实现对管制员情境意识状况的监测。

影响情境意识的空中交通环境因素,主要表现为管制扇区的静态特征与动态交通模式。就扇区静态特征变量而言,冲突角较小时,管制员进行冲突探测的反应时也较小,准确率也更高(Rantanen & Nunes, 2005)。复杂交叉的航路会增加管制员完成任务的认知复杂程度(Mogford, Guttman, Morrow, & Kopardekar, 1995)。就扇区动态交通模式变量而言,研究发现扇区内航空器的数量、扇区内航空器数与扇区容量的比值,航空器之间的平均水平间隔距离,以及航空器的高度、速度或航向的变动情况,都会影响情境的难度与管制员完成任务的认知复杂程度(Kopardekar & Magyarits, 2003; Hilburn, 2004)。

从理论上讲,随着情境难度的增加,管制员需要知觉与加工的信息也随之增加,注意资源的需求增大,会给注意分配带来困难;情境越复杂,也越需要管制员进行更多的推理或计算来进行冲突探测和化解,这就容易造成工作记忆过载。因此情境难度的增加,不仅会影响管制员对情境中元素的知觉与理解(第一水平与第二水平的情境意识),也会影响到其对冲突的预测(第三水平的情境意识,如:带会聚角飞行的两架航空器会在何时发生冲突?)。我们的一项实验研究证实:扇区的动态属性增强,的确会降低管制员的情境意识(杨家忠, Rantanen, 张侃, 2010);而扇区的情境难度过低,又容易导致管制员完成任务的认知复杂程度处于较低水平,从而陷入到低唤醒状态,出

现情境意识差的状况。

影响情境意识的个体差异因素主要包括经验、训练、以及认知能力(Endsley, 1995b; Durso & Gronlund, 1999; Wickens, 1999)。空中交通管制任务的认知模型与情境意识的决策关系模型都表明(Wickens et al., 1997; Endsley, 1988),一些认知成分,如知觉速度与准确性、工作记忆、前瞻记忆,与情境意识的获取与保持具有相关性。因此,这些认知成分可能在某种程度上能够预测管制员的情境意识。有研究发现,空间工作记忆好的管制员操作差错更少(Durso, Bleckley, & Dattel, 2006)。我们之前以航空管制学员作为研究对象的实验结果也显示,管制学员获取与保持情境意识的能力具有个体差异上的稳定性(杨家忠, 张侃, 2008)。时间效能感强、空间能力好的管制学员,其情境意识与作业绩效也更好(Yang & Zhang, 2008; Yang, Rantanen, & Zhang, 2010)。

除了扇区静态特征变量、扇区动态交通模式变量、个体差异类变量外,雷达人-机界面也会对航空管制员的情境意识造成影响,其中最典型的就是自动化的冲突告警,涉及告警的通道类型、可靠性、级别、呈现时机、呈现时长及告警的抑制等属性(李倩, 杨家忠, 石荣, 2012)。操作者可能因自动化降低工作负荷而有助于其保持高水平的情境意识,也可能因自动化使操作者成为被动的监控者而削弱其情境意识(Durso & Sethumadhavan, 2008; Wickens, 2008)。

2.3 小结

通过上述分析可得出:(1)可以实时监测某些生理指标与作业绩效用于推断航空管制员的情境意识;(2)单一的生理指标、作业绩效指标难以准确反映管制员的情境意识;(3)扇区静态特征变量、动态交通模式变量、个体差异等变量也会对航空管制员的情境意识产生极大影响。为了实现管制员情境意识的准确监测,有必要综合利用上述各类表征数据和影响变量数据,建立情境意识的计算模型。

3 研究构想

为了能满足上文所提及的充分利用各类数据的要求,以及考虑到空中交通流量与管制员的情境意识具有高度的非线性、动态性和不确定性的特点(Sharma & Ivancevic, 2010),拟借助多传感

器数据处理的相关方法,尝试建立航空管制员情境意识的计算模型。

对多传感器来源的数据进行融合处理,是上世纪70年代在信息科学领域中崛起的一个前沿性的研究方向。与单传感器相比,多传感器数据的融合能通过冗余信息和互补信息增加测量的维数和置信度,从而提高测量结果的容错性和鲁棒性(臧大进,严宏凤,王跃才,2005;周芳,韩立岩,2006)。目前对多传感器数据进行融合处理的方法大致可以分两类:概率统计的方法和人工智能的方法(王军,苏剑波,席裕庚,2004)。基于概率统计的融合方法需要获取先验概率,但是先验概率的获取难度较大,也不适合用于处理复杂的非线性问题,所以基于人工智能的融合方法,更适合处理管制员情境意识预测这类复杂的非线性问题。

具体来讲,管制员情境意识计算模型的建立拟采取两种不同的路线(图1):第一、基于情境意识的表征指标(即SA表征指标:如某些作业绩效指标和生理指标);第二、基于情境意识的影响因素(即SA影响变量:如扇区静态特征变量和扇区动态交通模式变量,雷达人-机界面变量,以及管制员个体差异变量)。

3.1 探析情境意识的表征指标及影响变量,并设计传感器

通过采用元分析方法回溯国内外相关研究文献,以及采用焦点小组、开放式问卷等方法,获取SA表征指标清单与SA影响变量清单。为了使SA表征指标具备实时监测的特点,将某些作业绩效指标(如提前化解冲突的时间)和某些生理测量指标(如面部肌电图、心率变异性等)作为SA表征指标。

根据航空管制员工作的实际特点,以及工程心理学人-机-环的研究框架,将SA影响变量分

为以下类别:个体差异类变量(如工作记忆、时间效能感、空间能力、中央执行能力、工作经验等),雷达人-机界面变量(如信息凸显度、自动化的可靠性等),扇区静态与动态交通模式变量(如扇区边界数、航路间的交叉点数、航空器在扇区内的飞行时间、爬升/下降航空器所占比例等)。

对于SA表征指标与SA影响变量的筛选,主要采取两种途径:一是有相关文献提供支持证据(理论分析与实验研究结果支持);二是采用德尔菲法由资深管制员评定,并计算各变量的权重,然后选取权重较高的指标。

在确定好变量后,设计或选择传感器,以用于数据采集。按照数据融合理论,传感器既可以是物理性的,比如皮电、脑电、心电传感器和航空器飞行高度传感器;也可以是人工性质的,如资深管制员对雷达所呈现信息的凸显度的评分。

3.2 确定传感器数据与情境意识实测数据的获取方法

对于SA表征指标:在雷达管制模拟实验过程中,利用眼动仪、多导生理仪、摄像机等获取生理指标;绩效指标则利用其它传感器采集到的数据获取,如通过被试操作的时间戳传感器数据可获得被试是否接收或移交某架航空器。

对于SA影响变量:主要通过问卷测量与实验的方法采集个体差异类传感器数据;采用专家评定的方法获取雷达人-机界面的传感器数据;而反映扇区静态特征变量与动态交通模式变量的传感器数据,则在雷达管制模拟实验过程中采集(拟设计两个难度水平的情境(易/难),以充分反映扇区静态特征与动态交通模式的变化)。

情境意识的实测数据通过采用SPAM变式来获取。40名全能管制员参加两个情境难度水平的

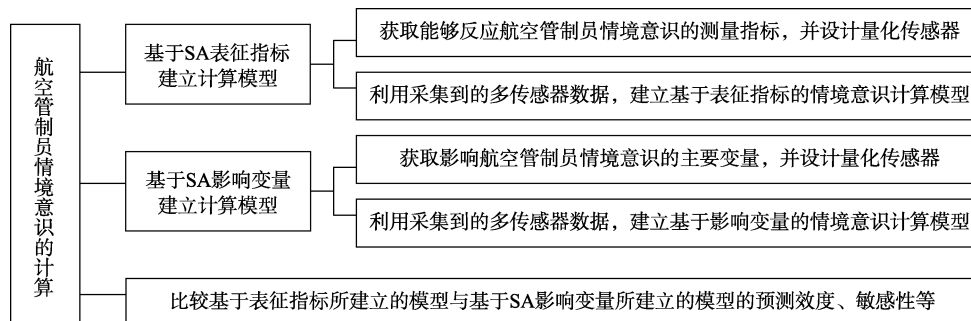


图1 研究框架构思

实验, 实验时长 60 分钟, 实验过程中每隔一定的时间间隔(如 6 分钟)或随机的时间点, 采用 SPAM 变式测量管制员第一、第二, 以及第三水平的情境意识(SA1, SA2, SA3), 将获取的反应时数据用作建立模型所需的情境意识实测值。

3.3 建立情境意识的计算模型

用传感器数据作为自变量, 以 SPAM 变式所获得的情境意识实测值作为因变量, 利用基于人工智能的数据融合处理方法建立情境意识的计算模型。下面, 以基于影响变量的 SA 计算模型的建立为例进行说明。

为简化起见, 记航空管制员情境意识值为 $y \in R$, SA 影响变量 $x \in R^n$ 。随机选取 20 名管制员的 SA 影响变量数据与 SA 实测值, 构成一组样本容量为 $N=20$ 的集合 $(x_i, y_i)(i=1, \dots, N)$ 。那么, 建立航空管制员情境意识预测模型就是要寻找到一个实值函数 $f(x)$:

$$f: R^n \rightarrow R \quad (1)$$

使得 x_i 与 y_i 之间具有关系:

$$y_i = f(x_i) \quad (2)$$

最后, 通过所确立的函数模型, 计算出余下的 20 名管制员的 SA 预测值, 并将它们与对应的 SA 实测值进行比较, 以验证模型的合理性。

3.4 分析模型的预测效能

利用 3.3 所建立的 SA 表征指标模型和 SA 影响变量模型, 分别计算出两种情境难度水平下若干名管制员的 SA 预测值, 然后将它们与 SA 的实测值进行对比 (包括预测误差分析、方差分析等), 从而得到 SA 表征指标模型与 SA 影响变量模型在预测性能方面的差异(包括模型的敏感性、预测精度、泛化能力), 并最终选择预测效果最佳的模型用于管制员情境意识的实时计算。

4 总结

由于情境意识关系到人一机系统的安全运行, 它是近 20 年来是人因工程领域的前沿与热点研究问题。本研究主要探讨通过 SA 表征指标和 SA 影响变量, 建立航空管制员情境意识的计算模型, 以期实现对管制员情境意识水平的实时监测及告警功能, 从而达到保障飞行安全的目的。

相对于国内外已有的研究, 本研究的特色在于: 第一、研究视角新颖。传统上, 获取管制员

情境意识的各种方法, 基本上都是诊断性质与回溯性质的, 即通过情境意识测量的结果来剖析其作业表现, 评估人-机界面设计, 诊断不安全事件或人为差错的原因等。本项目的研究视角则是通过建立管制员情境意识的实时计算模型, 来实现对其情境意识的监测与预警, 从而达到提前干预及增进绩效和安全之目的。第二、采用基于多传感器数据来源的方法, 对管制员的情境意识进行计算, 可以提高情境意识监测的可靠性和精确度, 在国内外尚未有此方面的研究或报告。第三、研究内容比较全面, 尝试建立各种情境意识水平(SA1, SA2, SA3)条件下的实时模型。

参考文献

- 李倩, 杨家忠, 石荣. (2012). 自由飞行下冲突告警对管制员冲突探测绩效的影响. *心理科学进展*, 20(2), 292-300.
- 刘伟, 袁修干, 柳忠起, 康卫勇, 马锐. (2004). 飞行员情境认知的模糊综合评判. *心理学报*, 36(2), 168-173.
- 王军, 苏剑波, 席裕庚. (2004). 多传感器融合综述. *数据采集与处理*, 19(1), 72-76.
- 杨家忠, Rantanen, E. M., 张侃. (2010). 交通复杂度因素对空中交通管制员脑力负荷与情境意识的影响. *心理科学*, 33(2), 368-371.
- 杨家忠, 张侃. (2004). 情境意识的理论模型、测量及其应用. *心理科学进展*, 12(6), 842-850.
- 杨家忠, 张侃. (2008). 空中交通管制员情境意识的个体差异. *人类工效学*, 14(2), 12-14.
- 臧大进, 严宏凤, 王跃才. (2005). 多传感器信息融合技术综述. *工矿自动化*, (6), 30-32.
- 周芳, 韩立岩. (2006). 多传感器信息融合技术综述. *遥测遥控*, 27(3), 1-7.
- Chiappe, D., Vu, K. P. L., & Strybel, T. (2012). Situation awareness in the NextGen air traffic management system. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 28(2), 140-151.
- Durso, F. T., Bleckley, M. K., & Dattel, A. R. (2006). Does situation awareness add to the predictive validity of cognitive tests? *Human Factors*, 48(4), 721-733.
- Durso, F. T., & Dattel, A. R. (2004). SPAM: The real-time assessment of SA. In S. Banbury & S. Tremblay (Eds.), *A cognitive approach to situation awareness: Theory and application* (pp. 137-154). UK: Ashgate.
- Durso, F. T., & Gronlund, S. D. (1999). Situation awareness. In F. T. Durso, R. Nickerson, R. Schvaneveldt, S. Dumais, S. Lindsay, & M. Chi (Eds.), *The handbook of applied cognition* (pp. 283-314). New York: Wiley.
- Durso, F. T., Geldbach, K. M., & Corballis, P. (2012). Detecting confusion using facial electromyography.

- Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 54(1), 60–69.
- Durso, F. T., Hackworth, C. A., Truitt, T. R., Crutchfield, J., Nikolic, D., & Manning, C. A. (1999). *Situation awareness as a predictor of performance in En route air traffic controllers* (DOT/FAA/AM-97/ 13). Washington, DC: Federal Aviation Administration.
- Durso, F. T., & Sethumadhavan, A. (2008). Situation awareness: Understanding dynamic environments. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 50(3), 442–448.
- Endsley, M. R. (1988). *Design and evaluation for situation awareness enhancement*. Paper presented at the Human Factors Society 32nd Annual Meeting. Santa Monica, CA: Human Factors and Ergonomics Society.
- Endsley, M. R. (1995a). Toward a theory of situation awareness in dynamic systems. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 37(1), 32–64.
- Endsley, M. R. (1995b). Measurement of situation awareness in dynamic systems. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 37(1), 65–84.
- Endsley, M. R., & Garland, D. J. (2000). *Situation awareness analysis and measurement*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Feigh, K. M., Dorneich, M. C., & Hayes, C. C. (2012). Toward a characterization of adaptive systems: A Framework for researchers and system designers. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 54(6), 1008–1024.
- Hilburn, B. (2004). *Cognitive complexity in air traffic control: A literature review*. Eurocontrol Experimental Centre (EEC Note No. 04/04).
- Kopardekar, P., & Magyarits, S. (2003). *Measurement and prediction of dynamic density*. Paper presented at the 5th USA/Europe ATM R & D Seminar, Budapest.
- Mogford, R. H., Guttman, J., Morrow, S. L., & Kopardekar, P. (1995). *The complexity construct in air traffic control: A review and synthesis of the literature* (DOT/FAA/CT-TN95/22). Atlantic City: FAA William Hughes Technical Center.
- Mogford, R. H. (1997). Mental models and situation awareness in air traffic control. *The International Journal of Aviation Psychology*, 7(4), 331–341.
- Moore, K., & Gugerty, L. (2010). *Development of a novel measure of situation awareness: The case for eye movement analysis*. Paper presented at the Human Factors Society 54th Annual Meeting. Santa Monica, CA.
- Pritchett, A. R., & Hansman, R. J. (2000). Use of testable responses for performance-based measurement of situation awareness. In M. R. Endsley & D. J. Garland (Eds.), *Situation awareness analysis and measurement* (pp. 189–209). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Rantanen, E. M., & Nunes, A. (2005). Hierarchical conflict detection in air traffic control. *The International Journal of Aviation Psychology*, 15(4), 339–362.
- Rodgers, M. D., Mogford, R. H., & Strauch, B. (2000). Post-hoc assessment of situation awareness in air traffic control incidents and major aircraft accidents. In M. R. Endsley & D. J. Garland (Eds.), *Situation awareness analysis and measurement* (pp. 73–111). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Saetrevik, B. (2012). *A controlled field study of situation awareness measures and heart rate variability in emergency handling teams*. Paper presented at the Human Factors Society 56th Annual Meeting. Santa Monica, CA.
- Seamster, T. L., Redding, R. E., Cannon, J. R., Ryder, J. M., & Purcell, J. A. (1993). Cognitive task analysis of expertise in air traffic control. *The International Journal of Aviation Psychology*, 3(4), 257–283.
- Sharma, S., & Ivancevic, V. G. (2010). Nonlinear dynamical characteristics of situation awareness. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 11(5), 448–460.
- Stanton, N. A. (2010). Situation awareness: Where have we been, where are we now and where are we going? *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 11(1-2), 1–6.
- Vidulich, M. A. (2003). Mental workload and situation awareness: essential concepts for aviation psychology practice. In: P. S. Tsang & M. A. Vidulich (Eds.), *Principles and practices of aviation psychology* (pp. 115–146). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Vidulich, M. A., & McMillan, G. (2000). The Global Implicit Measure: Evaluation of metrics for cockpit adaptation. In P. T. McCabe, M. A. Hanson, & S. A. Robertson (Eds.), *Contemporary ergonomics* (pp. 75–80). London: Taylor & Francis.
- Vidulich, M., A., Stratton, M., Crabtree, M., & Wilson G. (1994). Performance-based and physiological measures of situational awareness. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 65(5), A7–A12.
- Wickens, C. D. (1999). Cognitive factors in aviation. In F. T. Durso, R. S. Nickerson, R. W. Schvaneveldt, S. T. Dumais, D. S. Lindsay, & M. T. H. Chi (Eds.), *Handbook of applied cognition* (pp. 247–282). Chichester, UK: Wiley.
- Wickens, C. D. (2008). Situation awareness: review of Mica Endsley's 1995 articles on situation awareness theory and measurement. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 50(3), 397–403.
- Wickens, C. D., Mavor, A. S., & McGee, J. P. (1997). *Flight to the future: human factors in air traffic control*. Washington, DC: National Academy Press.

- Woods, D. D., & Sarter, N. B. (2010). Capturing the dynamics of attention control from individual to distributed systems: The shape of models to come. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 11(1–2), 7–28.
- Yang, J. Z., Rantanen, E. M., & Zhang, K. (2010). The impact of time efficacy on air traffic controller situation awareness and mental workload. *The International Journal of Aviation Psychology*, 20(1), 74–91.
- Yang, J. Z., & Zhang, K. (2008). *The impact of spatial ability on air traffic controller situation awareness and mental workload*. In R. Liu, J. Zhang, & C. Q. Guan (Eds.), *Symposium conducted at the Eighth International Conference of Chinese Logistics and Transportation Professionals* (pp. 4460–4467). American Society of Civil Engineers.

A Computational Approach to Air Traffic Controller Situation Awareness Based on Multi-sensor Data

ZHOU Yong¹; ZENG Yan²; YANG Jiazhong¹; SHI Rong¹; WANG Quanchuan¹

(¹ Aviation Human Factors and Ergonomics Lab, Civil Aviation Flight College of China, Guanghan 618307, China)

(² Department of Computer Science, Civil Aviation Flight College of China, Guanghan 618307, China)

Abstract: Good situation awareness (SA) is highly important for air traffic controllers (ATCos) to maintain the safe, orderly and expeditious flow of air traffic. If ATCos' situation awareness can be accurately monitored and alerted before it has been lost, it will be highly possible to improve ATCos' performance and prevent accidents. At present, many ways exist to evaluate ATCos' situation awareness, but they are basically diagnostic and retrospective methods, early warning and forecasting cannot be achieved. ATCos' situation awareness could be affected by many factors, but it can be demonstrated by some performance and physiological indicators. In order to improve the prediction accuracy of SA, multi-sensor data which are relevant to ATCos' situation awareness will be collected by radar control simulation experiment, psychological measurement, and expert ratings. The ultimate aim of the research is to establish SA computational models by two different approaches, which address demonstration indicators and contributing variables of the above multi-sensor data respectively. An evaluation of the two prediction Models will also be made. The research results are expected to provide supports for monitoring ATCos' situation awareness.

Key words: situation awareness; multi-sensor data; real-time human factor engineering; air traffic controllers; human factors