

doi: 10.7690/bgzdh.2014.08.004

基于 DEVS 的作战指挥行为建模研究

李京¹, 王子明², 李冬¹

(1. 海军航空工程学院五系, 山东 烟台 264001; 2. 海军航空工程学院八系, 山东 烟台 264001)

摘要: 针对传统计算机兵力生成 (computer generated force, CGF) 建模所使用的经典人工智能编程语言存在的不足, 提出一种基于离散事件系统 (discrete event system specification, DEVS) 的作战指挥行为建模方法。从 DEVS 原子模型和耦合的 DEVS 模型对 DEVS 做规范介绍, 统一、规范描述指挥主体的生理和心理因素如何影响作战指挥行为, 建立一种包含评估模块、压力模块和行为模块的作战指挥行为模型。结果表明: 该模型能很好地将指挥主体的压力和自身生理状况融入到作战指挥行为中, 能较为合理地反映出在紧张对抗环境中指挥主体的实际指挥行为。

关键词: DEVS; 作战指挥行为; 指挥决策

中图分类号: TJ02 **文献标志码:** A

Study on Combat Commanding Behavior Modeling Based on DEVS

Li Jing¹, Wang Ziming², Li Dong¹

(1. No. 5 Department, Naval Aeronautical & Astronautical University, Yantai 264001, China;

2. No. 8 Department, Naval Aeronautical & Astronautical University, Yantai 264001, China)

Abstract: Aiming at the shortcoming of typical artificial intelligence programming language for traditional computer generated force (CGF) modeling, put forward a new modeling method of combat commanding behavior based on discrete event system specification (DEVS). From DEVS atomic model and coupling DEVS model, make a standard introduction for DEVS, and also make an unified and standard description about how the physiological and psychological factors of commander make an influence on commanding behavior, establish a commanding behavior model which including evaluation model, pressure model and behavior model. The results show that the model can combine the commander pressure and physiological state with commanding behavior, and it can reflect reasonably the commanding behavior under the circumstance full of nervousness and confrontation.

Keywords: DEVS; combat commanding behavior; command and control

0 引言

作战指挥是军事活动的重要内容, 是其他作战行动的基本依据, 其正确与否直接关系到作战的进程和结局。但是, 在更多地关注作战指挥方法、程序和手段的研究, 强调作战指挥的程序化、规范化和量化的同时, 对作战指挥与指挥主体心理素质、思维方式、行为取向的密切联系关注不够。其实, 作战指挥不仅是指令主体运用方法和技术的结果, 而且是指令主体心理因素作用的产物。指令主体在决策过程中需要遵守决策的原则和要求, 依照决策的程序, 采用科学的方法和使用现代化的工具, 这些都是作战指挥方法性的一面。但作战指挥方法的选择受作战指挥行为所支配, 在作战指挥的方法性活动进行的同时, 由心理因素决定的作战指挥行为活动也伴随着进行, 并且起着决定性的作用; 因此, 只有指令主体的作战指挥行为正确有效, 才能从根本上保证作战指挥的科学性。

传统的计算机兵力生成 (computer generated force, CGF) 建模所使用的经典人工智能编程语言, 其最大的不足就是模糊了建模与仿真的区别, 而造成模型的可重用性差。而基于离散事件系统 (discrete event system specification, DEVS) 方法可以使研究人员更加关注模型本身, 更加方便地表示大多数的动态系统, 而且, 这种以事件为驱动的方法可以使人们更加自然地理解复杂反应系统; 因此, 笔者利用 DEVS 进行作战指挥行为建模。

1 DEVS 规范

DEVS 是对离散系统的一种形式化描述^[1]。一个 DEVS 模型具有时序、输入、输出和状态, 而更大的模型是建立在相互连接的原子模型基础上, 原子模型间的交互通过其输入和输出端口来实现^[2-4]。

1.1 DEVS 原子模型

DEVS 原子模型的表现形式为:

收稿日期: 2014-02-20; 修回日期: 2014-03-24

作者简介: 李京 (1979—), 男, 陕西人, 回族, 博士, 讲师, 从事信息作战研究。

$$\text{AtomicDEVS} = \langle S, ta, \delta_{\text{int}}, X, \delta_{\text{ext}}, Y, \lambda \rangle$$

其中： S 代表状态集合； ta 是模型中某一状态的时间函数； δ_{int} 是模型内部的状态转移函数，使得系统在没有外部事件驱动下可以自动的由一个状态转移到另一个状态； X 是模型的外部输入集合； Y 是模型的输出集合； δ_{ext} 模型的外部转移函数，外部事件通过激活它来中断当前的状态。图 1 为 DEVS 原子模型状态转移示意图。

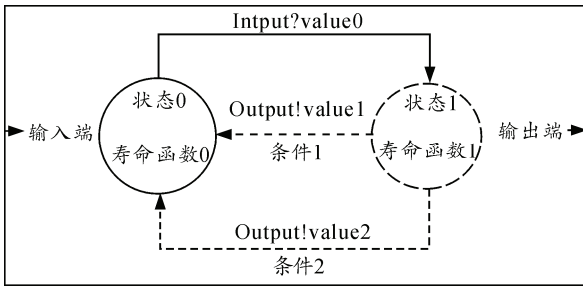


图 1 DEVS 原子模型状态转移示意图

图 1 中，带有输入和输出端的方框代表 1 个原子 DEVS 模型。模型各个状态由圆形节点表示，有向线段表示状态的转换。当 1 个圆形节点用实线表示时，表明处于该状态的原子 DEVS 模型处于静止状态，等待输入；而当被激活时，则以虚线圆形节点表示；在圆形节点内部有表示该阶段寿命的函数；有向线段代表阶段转换，外部转换用实线表示，其输入用“？”和事件值表示；内部转换以虚线表示，其输出以“！”和事件值表示，在有向线段下方标有转换发生的条件。

1.2 耦合的 DEVS 模型

耦合的 DEVS 模型描述了 1 个由耦合组件所构成的离散事件系统，可以表示为：

$$\text{CoupledDEVS} = \langle X_{\text{self}}, Y_{\text{self}}, D, \{M_i\}, \{I_i\}, \{Z_{i,j}\}, \text{select} \rangle$$

其中： $\cdot\text{self}$ 表示模型本身； $\cdot X_{\text{self}}$ 表示耦合模型的输入集合； $\cdot Y_{\text{self}}$ 表示耦合模型的输出集合； D 表示所有耦合的成员名称集合，但 self 不包含在 D 中； $\cdot\{M_i\}$ 是 DEVS 基本模型； $\cdot\{I_i\}$ 表示受成员 i 影响的所有其他成员的集合； $\cdot\{Z_{i,j}\}$ 定义了模型间的耦

合行为，即在一个耦合模型中将一个组件的输出转移到另一个组件的输入。

由于并行组件间的耦合，可能会使多个状态转移在同一时刻发生。因此，必须建立一种选择机制，以选择哪一转换被首先执行，而具有这一功能的函数被称作“select”。

2 作战指挥行为概述

关于“作战指挥行为”的直接定义还不多见，但从有关著作中还是可以间接地找到一些相关表述。例如，从作战指挥行为学的定义中可以剥离出一个定义：“作战指挥行为，就是军队指挥主体在作战指挥活动及其环境中的行为。”

这样定义过于简略和抽象，在下一个更为具体的定义时，还需进一步阐述“行为”这个概念。目前行为学界对行为的定义虽然还不太统一，但其基本含义一致。例如，心理行为学认为：“行为，心理学上泛指有机体外现的活动、动作、运动、反应或行动^[5]。”“行为，是受思想支配而表现在外面的活动。”“行为是个体或群体面临情境的一种反应^[6]。”

“行为，是指在外部情境的刺激下，经由内部经验的折射而产生的反应活动，由一连串的动作所构成，是人和环境交互作用的产物和表现，是可以观察到的一种人类活动^[7]。”综合以上认识，对作战指挥行为可以作如下界定：“指挥员作战指挥行为，是指挥员在作战环境和指挥活动中为履行指挥职责而进行的一系列对作战产生实际影响的行动。”这是指挥员作战指挥行为的定义，而作战指挥行为的主体既可以是指令员个体，也可以是一个指挥机构，即指挥组织。因此，用指挥主体代替指挥员。

为了方便建模，这里对指挥主体的指挥行为进行概括性的总结，限于篇幅，对指挥主体的作战指挥行为进行简化和抽象。

根据完整的指挥决策过程，指挥主体的作战指挥行为可以归纳为如表 1^[8]所示的内容。

表 1 指挥主体作战指挥行为

指挥主体的作战指挥行为	包含内容
察情活动	指挥情报是作战指挥的源泉和基础。大量的情报需要指挥主体分析判断，去伪存真，避免情报欺骗带来的损失。而在情报分析活动中，情报判断和情报价值分析又比较棘手的问题。
筹划活动	作战指挥筹划是指挥主体在原有经验的基础上，根据对情报的分析判断和情报效能辅助决策的结果，对下一步作战行动的创造性思维的过程，是对未来作战的运筹与谋划，设想与构思。
决策活动	指挥决策，是指挥主体在指挥所属部队遂行作战行动以及其他军事行动的过程中，在一定的客观条件下为达到一定的目的，为确定部队的行动目标和行动方法而进行的一系列筹划、优选和决断活动。
调控活动	为达成作战目的，指挥主体依据作战决策和计划对指挥对象的作战行动进行支配的活动，使部队保持作战行动的有序性和自身的稳定性。

3 作战指挥行为 DEVS 模型

如前所述, DEVS 方法是一种能方便描述作战指挥行为的工具。通过它, 建模者可以精确地建立受各种人为因素影响的作战指挥行为模型, 也可以利用新的功能模块拓展原有模型的功能。

通过对有关文献的研究^[6], 发现, “压力”是影响军事实体典型行为的一个关键因素。在存在作战压力的条件下, 作战人员完成复杂任务的能力会出现下降, 并且在人的反应时间、学习能力、记忆能力以及逻辑推理能力等方面都会产生重大影响。

目前关于压力如何影响人类反应行为还没有一个明确的描述, 但以下理论被普遍接受: 压力对于行为的影响首先是从外界环境所产生的刺激源开始, 当刺激源被人接收后, 首先要对刺激源进行威胁评估, 判断会造成多大的伤害或者损失; 其次,

根据评估的威胁程度, 产生相应的压力反应行为。当人感觉到难以应对面临的压力源时, 就会感受到压力。而该压力源可以是任何的事件, 或是需要个体进行行为变化的态势, 并且, 这种压力源表现了一种对个体收益、甚至生存的威胁, 同时具有正面和负面的影响。而个体对于压力源的物理反应通常表现为寻求解决威胁的行为或者选择逃避。

同时, 个体的疲劳感也是 1 个影响作战指挥行为的已知因素。美军的《陆军野战手册 FM21-18》中详细研究了军事环境下个体的能量消耗标准。

此外, 作战人员本身的性格因素在作战指挥中也扮演了重要的角色。

通过以上讨论, 笔者建立基于 DEVS 的作战指挥行为模型。图 2 是 1 个耦合的作战指挥行为 DEVS 模型, 由评估模块、压力模块和行为模块组成。

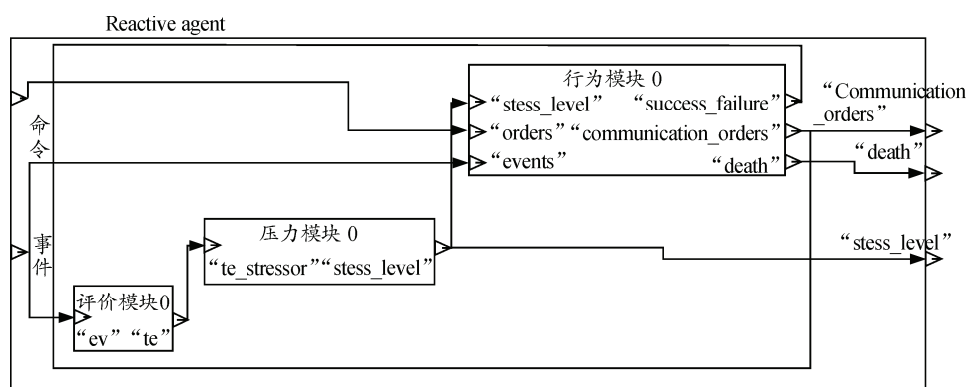


图 2 耦合的作战指挥行为模型

3.1 评估模块

根据压力认知理论, 压力的产生开始于对事件的评估。首先, 人对压力源的本质进行判断(威胁性或良性); 其次, 如果压力源有威胁性, 则评估他是否有能力进行控制; 再次, 评估模块的压力源可以是环境、生理、认知或情感事件。另外, 在进行评估时, 性格是不可忽略的因素。

由于人的性格因素对于评估的准确与否至关重要, 笔者在考虑到人对负面情感的敏感性, 将指挥主体的性格分为迟缓型(Resilient, “R-”)、响应型(Responsive, “R”)、过激型(Reactive, “R+”)3类。负面事件以 X、Y、Z 表示, 其威胁程度以(1,2,3)表示; 正面事件以 A、B、C 表示。评估模块的初始状态设为 “app”。

当指挥主体的性格属于响应型(R), 则他可以以理性的方式对负面事件进行评估, 并产生适当的压力源输出, 当接收到 X1、Y1、或 Z1 事件

(“ev?X1,Y1,Z1”)时, 评估模块的状态为 Te1, 并将值 “1” 通过输出端 “Te” 传递到压力模块。

当指挥主体的性格属于迟缓型(R-), 则他对负面事件的评估程度将低于实际, 即指挥主体接收到事件 X2、Y2 或 Z2 时, 评估模块状态将保持在 Te1, 并将值 “1” 通过输出端 “Te” 传递到压力模块。

当指挥主体的性格属于过激型(R+), 则他对负面事件的评估程度将高于实际, 即指挥主体接收到事件 X2、Y2 或 Z2 时, 评估模块状态将保持在 Te3, 并将值 “3” 通过输出端 “Te” 传递到压力模块。

当指挥主体接收到正面事件 A、B 或 C 时, 无论性格属于何种类型, 评估模块的状态变为 Te4, 并将值 “4” 通过输出端 “Te” 传递到压力模块, 该值将作为压力削减因素。

在评估模块中, 压力源既可以是外部事件, 也可以是内部事件。评估模块的输出值表明当前事件是否是压力源, 以及它对总体压力水平的影响。评估模块如图 3 所示。

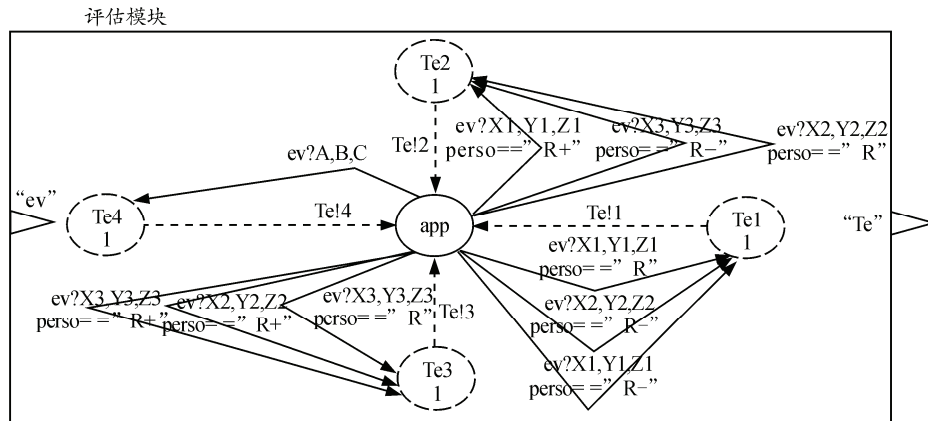


图 3 评估模块

通过对负面事件的敏感性分析，当前的任务和每一个事件都能进行分类，并且指挥主体所执行的任务或他所处的态势都会成为影响事件分类的重要因素（比如，当有子弹射来时，指挥主体在没有掩护的情况下必然会产生由生命威胁所带来的压力）。另外，压力也与时间和任务的成败有关，同样，当前指挥主体的压力水平也会对事件的评估产生影响。

3.2 压力模块

压力模块的理论基础是倒 U 型假设 (inverted-U hypothesis)，如图 4 所示。该理论建立了压力与行为表现间的关系函数。坐标横轴表示指挥主体担负的压力大小，是分布在区间 [low, high] 的连续值。low 表示无压力，high 为最高压力值。曲线有一个最优值位于顶部。该函数说明，在低压力端时，人的行为表现比较低；随着压力的增大，其表现也越来越强直到其最优值；然后，如果压力继续增大，则人的行为表现将开始降低；当压力达到人的负担极限后，则行为将出现混乱，最后以致崩溃。

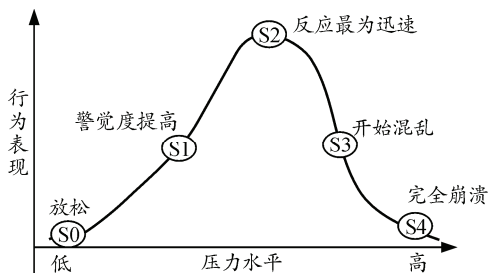


图 4 倒 U 型压力曲线

依据倒 U 型曲线理论，建立基于 DEVS 压力模块。在该模块中，新的压力状态依据当前的状态和新的压力源计算得到。同时，指挥主体的性格在这里将影响压力状态所持续的时间。比如，当指挥主体的性格属于迟缓型时，他从高压状态恢复到正常压力水平的要短；相反，过激型由于会产生

更加悲观的态度。因此，在应对有压力的事件时将花费更多的时间。

如图 5 所示，建立的压力模块从评估模块接受压力源的压力程度，依据当前的压力状态计算出最新的压力状态值，然后模型离开当前状态进入到过渡状态。模型过渡状态的主要作用是向行为模块发送最新的压力值。

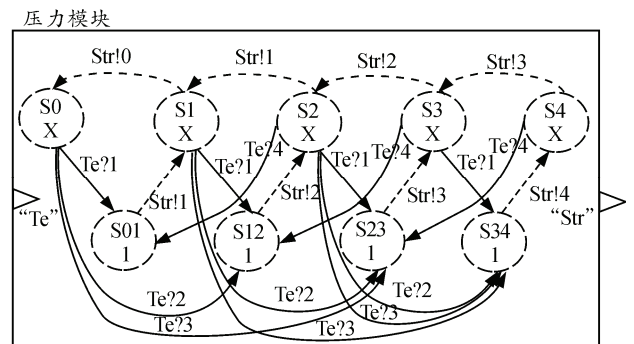


图 5 压力模型

3.3 行为模块

基本的行为模块是一个 DEVS 原子模型，其中的各个阶段代表了作战指挥的主要行为，行为间的转换以实际的作战规则确定。指挥主体的行为选择主要受 2 个方面的影响：1) 受指挥主体所处的环境事件影响；2) 受到主体自身状态变化的影响（比如：压力、疲劳以及认知的复杂性等）。行为模块的压力值从压力模块中产生，每一个阶段或行为都允许更新压力状态，而压力状态与特定的行为特征采用如下的对应关系：

- 1) 当压力状态处于 S0 时，指挥主体的行为特征表现为不活跃；
- 2) 当压力状态处于 S1 时，指挥主体的行为特征表现为反应迟缓、精确度一般；
- 3) 当压力状态处于 S2 时，指挥主体的行为特

征表现为最优，完全符合作战原则；

4) 当压力状态处于 S3 时，指挥主体的行为特征表现为过于冒险，方案选择不理想；

5) 当压力状态处于 S4 时，指挥主体的行为特征表现为惊慌失措或逃避。

图 6 显示了指令主体的 DEVS 行为模块。行为模块的每个阶段(或任务)都可以接收外部转换(str?事件值),更新当前的压力状态。行为模块的输入端口包括压力、所属部队信息和上级命令,而模块的输出端是指令主体的命令端口。指挥主体首先选择任务方案,进入激活状态;然后向所属部队下达作战任务,进入等待状态收集部队执行任务的信息和上级的有关指示,并进行控制;当指挥主体收到停止行动的命令后,从等待状态进入激活状态,向部队下达撤退的命令,并向上级报告。

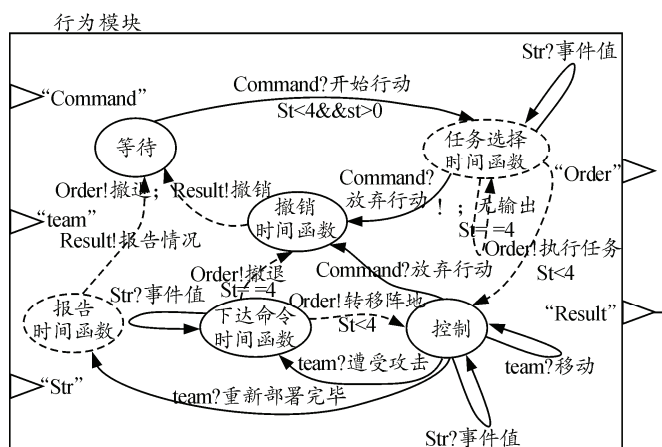


图 6 指挥主体行为模块

在整个指挥行为过程中,指挥主体所承担的压力值决定了每个阶段(或任务)的持续时间,以及阶段转换的条件。不同性格的指挥主体在进行方案选

择时,由于压力的存在,所消耗的时间不同,并且,压力值不同,指挥主体所选择的行为方式不尽相同。比如,指挥主体的压力状态处在 S4 时,由于其行为已经近于崩溃状态,因此,很难向部队下达新的作战命令而处于原有状态犹豫不决。

4 结论

利用 DEVS 建立的指挥主体作战指挥行为模型,可以很好地将指挥主体所承担的压力和自身生理状况融入到作战指挥行为中去,而这些心理、生理的因素是影响指挥主体指挥决策能力的重要方面。因此,该模型能够较为合理地反映出在紧张对抗环境中指挥主体的实际指挥行为。

但是,目前所建立的模型较为粗糙,对于压力、疲劳和性格是如何影响作战指挥决策还需进一步研究和细化,并且还要充分考虑到认知心理学、认知行为学等学科的相关理论,进一步丰富作战指挥行为模型,为下一步的仿真和评估打下基础。

参考文献:

- [1] 李雪飞, 孙永侃, 熊正祥. 基于 DEVS 的舰艇作战模拟训练操作行为建模[J]. 兵工自动化, 2013, 32(9): 4-8.
- [2] 胡睿, 张国春, 柳少军. 基于 DEVS 的防空作战模型可重用性研究[J]. 系统仿真学报, 2011, 23(7): 30-33.
- [3] 刘忠, 邓苏, 沙基昌, 等. DEVS 的面向对象可视化建模[J]. 计算机仿真, 2001, 18(1): 15-18.
- [4] 唐俊, 张明清, 刘建峰. 离散事件系统规范 DEVS 研究[J]. 计算机仿真, 2004, 21(6): 62-66.
- [5] 夏征农. 辞海[S]. 上海: 上海辞书出版社, 1999: 958.
- [6] 罗利建. 中国行为科学导论[M]. 北京: 电子工业出版社, 1988: 11.
- [7] 姚平. 军事行为学[M]. 北京: 解放军出版社, 1989: 19.
- [8] 程启月. 作战指挥决策运筹分析[M]. 北京: 军事科学出版社, 2004: 47-174.