

文章编号: 1001-0920(2003)03-0355-03

自适应决策组织的鲁棒性设计

肖 兵, 瞿 坦, 王明哲

(华中科技大学 控制科学与工程系, 湖北 武汉 430074)

摘要: 为适应一般系统的应用需求, 将自适应设计和鲁棒设计相结合, 提出具有鲁棒性的自适应决策组织结构的概念和设计方法。所得到的组织结构, 既能满足变化异常的战事需求, 又具有相对的稳定性。决策组织的鲁棒性能保证在动态环境中无需改变组织结构即可获得较好的组织性能。

关键词: 决策组织结构; 自适应; 鲁棒性; 不确定性; 一致性

中图分类号: TP273

文献标识码: A

Design of robustness on adaptive decision-making organizations

XIAO Bing, QU Tan, WANG Ming-zhe

(Department of Control Science and Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: In order to fit the demands of common systems, the concept and design method of robust and adaptive decision-making organizations are presented by integrating robustness and adaptation. The organizations obtained not only satisfy unforeseen changes but also have relative stability. The robustness of organizations guarantees the high levels of performance in dynamic environments without changing their structures.

Key words: Decision-making organizational structure; Adaptation; Robustness; Uncertainty; Congruence

1 引言

C³I 系统的中心工作是指挥与决策。设计一个在不确定动态作战环境下运行的决策组织结构时, 由于许多相关的任务参数无法预知, 并且在整个过程中可能出现各种偏差, 它们将引起难以预料的任务环境或组织结构的变化。因而, 实时结构再配置和决策策略的自适应对于任务完成的成功与否具有重要的意义。由于不存在能适应各种指挥任务或战事控制问题的不变的决策组织结构, 因此, 要求决策组织结构应具有自适应性。

由于频繁的变结构对决策组织的灵敏性、及时性等有较高的要求, 而纯鲁棒性组织结构在出现异常情况时性能会降低甚至无效。因此, 本文在符合成

本预算的基础上, 构造具有相对稳定性的决策组织, 即在一定扰动范围内进行鲁棒性的组织设计, 当任务参数或环境变化到一定程度时, 则采用自适应变结构策略。这样, 所得到的组织结构, 既能满足变化异常的战事需求, 又具有相对的稳定性。

2 自适应决策组织的设计

为某个特定任务构建一个决策组织, 并允许在线进行结构重构和策略自适应来处理在任务和组织中未预测到的变化, 则称该组织结构具有自适应性, 它能够产生新策略和再配置其结构以获取更高的组织性能。组织自适应是为决策系统运行在动态和不确定环境中而设计的。

目前, 已有不少自适应决策组织设计的相关研

收稿日期: 2001-11-08; 修回日期: 2002-05-08。

基金项目: 国防预研基金资助项目(98J6. 3. 4. JW0508); 船舶工业国防科技应用基础研究基金资助项目(98J43. 2. 1)。

作者简介: 肖兵(1966—), 女, 贵州毕节人, 讲师, 博士生, 从事控制理论与应用、C³I 系统建模与仿真等研究; 瞿坦(1934—),

男, 江苏靖江人, 教授, 博士生导师, 从事控制理论与应用、计算机分布式控制等研究。 <http://www.cnki.net>

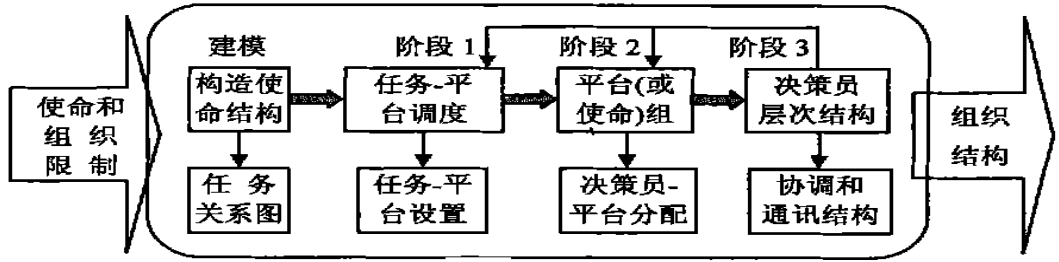


图 1 3-阶段组织设计过程

究和方法^[1,2]。在此引用 Levchuk 等的 3-阶段组织设计过程^[3],如图 1 所示。

当某决策端出现故障时,重新寻求优化的决策员-任务-平台的分配。如果新的任务-资源定义矩阵破坏了组织限制,则通过阶段 2 和阶段 3 产生新的组织结构,实现自适应变结构。

3 自适应组织的鲁棒性设计

一般在进行自适应组织设计时,首先是为某个特定的任务环境构造固定组织,所得到的一系列组织结构在一定的条件下,应环境和使命任务的变化进行相应的转换。对此的切入点是,进行固定组织结构设计时,考虑在一定的扰动范围内,该固定组织依然能够满足各种约束。当变化达到一定程度时,才采用自适应变结构策略。

3.1 自适应组织的鲁棒性

鲁棒性是指构建的组织结构能够处理一系列所期望的使命任务,在整个动态环境中无需改变其结构就能获取满足要求的组织性能。

这种鲁棒性的实现,通常是通过引入冗余的任务-资源分配,使得组织能够在环境扰动和出现决策/过程偏差时保持相对稳定。显然,这种结构缺乏灵敏性,导致了每个特定使命的性能稍有降低,但减少了结构的脆弱性。

3.2 鲁棒性设计方法

进行动态组织设计的难点在于其不确定性。根据静态参数和预测参数设计的固定组织结构都是不准确的。因此在进行设计时要考虑可能出现的不确定性,如:测量误差(测量任务数据、任务处理时间、任务位置、任务-资源需求等可能出现的偏差)、任务优先权偏差、任务分解偏差、意外事件的出现、决策员以及资源等的偏差。

那么,在进行设计时,可将一定范围内可能出现的不确定性考虑在一个具有鲁棒性的组织结构中,具体设计为:设计计划使命任务为 M ,其对应的最

优组织为 OG ;而在实际情况下, M 可能会因动态不确定性而出现偏差,这时的 OG 便可能不是最优了。故本文考虑,在一定的误差范围内,利用不确定性在 M 附近产生一组 $M_i, i = 1, 2, \dots, K$,得到使命 M_{c_k} ,其中各 M_i 不能并行完成,即必须在 M_1 的所有任务都完成后才能启动 M_2 ,保证所有资源的释放,如图 2 所示。



图 2 M_{c_k} 的图解表示

采用 3-阶段方法为使命 M_{c_k} 设计相应的优化组织结构 OG_k 。这样, OG_k 虽然对于特定的使命 M 来说性能不是最好的,但对于 M_{c_k} 内的各 M_i 却是健壮的,并能满足性能要求。

4 实例说明

下面采用一个实例,进一步说明鲁棒组织的设计。例中使命所含的 9 个任务的参数如表 1 所示,任务序列如图 3 所示。

假设例中的使命有下列可能的不确定性(对每个任务均成立):任务资源需求偏差: $\epsilon_R = [2, 3, 2, 5, 4, 5, 2, 1]$;任务位置偏差: $\epsilon_L = [5, 10]$;任务处理时间偏差: $\epsilon_P = [5]$;可能出现至多 5 个新任务,其参数范围见表 2。

根据上述可能的不确定性,考虑随机出现的事件,得到使命 M_1 ,其优化结构 OG_1 。类似地,可根据其他可能的不确定性得到使命序列 $M_k, k = 1, 2, \dots, K$,进而得到使命 M_{c_k} 。用 3-阶段法设计相应的优化组织结构 OG_{c_k} ,作为该阶段的固定结构。当变化到一定程度时,则进入自适应阶段,在该阶段重复上面的设计过程,保证每个阶段的组织结构都具有一定的鲁棒性。

根据相应的平台参数,假设组织中有 5 个决策员(DMs),可分别得到完成使命 M, M_1, M_{c_k} 的优化

表 1 任务参数表

任务	资源需求									位 置		Time
	AAW	ASUW	ASW	GASLT	FIRE	ARM	MINE	DES	x	y		
T1	0	0	0	10	14	12	0	0	24	60	10	
T2	0	0	0	10	14	12	0	0	28	73	10	
T3	0	0	0	10	14	12	0	0	28	83	10	
T4	5	0	0	0	0	5	0	0	28	73	10	
T5	5	0	0	0	0	5	0	0	28	83	10	
T6	0	0	0	0	0	10	5	0	25	45	10	
T7	0	0	0	0	0	10	5	0	5	95	10	
T8	0	0	0	20	10	4	0	0	25	45	15	
T9	0	0	0	20	10	4	0	0	5	95	15	

表 2 随机任务的参数范围

任务	资源需求									位 置		Time
	AAW	ASUW	ASW	GASLT	FIRE	ARM	MINE	DES	x	y		
T1	0	1	0	10	5	3	0	0	5	15	5	
T2	3	2	0	20	10	8	4	1	30	60	15	

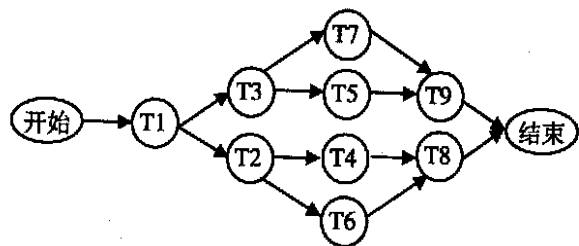


图 3 任务序列

结构 OG , OG_1 及 OG_{c_5} , 据此可计算各结构对使命的一致性。用表示协调性能和处理性能的度量来比较 $C(OG_{c_i}, M_j) = [协调性, 处理性]$, 有

$$C(OG_{c_5}, M_1) = [0.6723, 0.5298]$$

$$C(OG, M_1) = [0.6716, 0.3758]$$

当 $k = 20$ 时, 有 $C(OG_{c_{20}}, M_1) = [0.7659, 0.7397]$ 。

可见, OG_{c_5} 对 M_1 的协调性能和处理性能都好于 OG , 而 $OG_{c_{20}}$ 又好于 OG_{c_5} 。当考虑的随机事件 k 较大时, 所得结构 OG_{c_k} 是健壮的。虽然, k 的增大会增加设计复杂度, 但在设计中可根据情况, 在满足性能需求条件下和成本允许的范围内, 构建具有一定冗余度的鲁棒组织。

5 结 论

本文将自适应设计与鲁棒设计相结合, 设计了一个具有鲁棒性的固定组织结构, 使之在一定扰动范围内, 在保证组织性能要求的条件下, 能够完成组织应有的功能。当条件变化使得该鲁棒组织的性能

遭到破坏时, 采用自适应策略, 平滑实现组织结构的再配置, 以保持决策组织相应的职能平稳、有效地实现。通过实例分析, 说明了上述鲁棒组织结构设计方法是可行的。

参考文献(References):

- [1] Perdu D. Distributed process coordination in adaptive command and control teams[D]. Washington George Mason University, 1997.
- [2] Levchuk Y N, Luo J, Levchuk G M, et al. A multi-functional software environment for modeling complex missions and devising adaptive organizations[A]. Proc of the 1998 Command & Control Research & Technology Symposium[C]. Monterey, 1998.
- [3] Levchuk Y N, Pattipati K R, Kleinman D L, et al. Designing adaptive organizations to process a complex mission: Algorithms and applications[A]. Proc of the 1998 Command & Control Research & Technology Symposium[C]. Monterey, 1998.
- [4] Jensen K. Coloured Petri Nets, Basic Concept, Analysis Method and Practical Use[M]. Springer-Verlag, 1992.
- [5] Zaidi A K, Levis A H. Validation and verification of decision making rules[J]. Automatica, 1997, 33 (2): 155-169.
- [6] Kevin L Boettcher, Levis A H. Modeling and analysis of teams of interacting decisionmakers with bounded rationality[J]. Automatica, 1983, 19(6): 703-709.

(下转第 360 页)

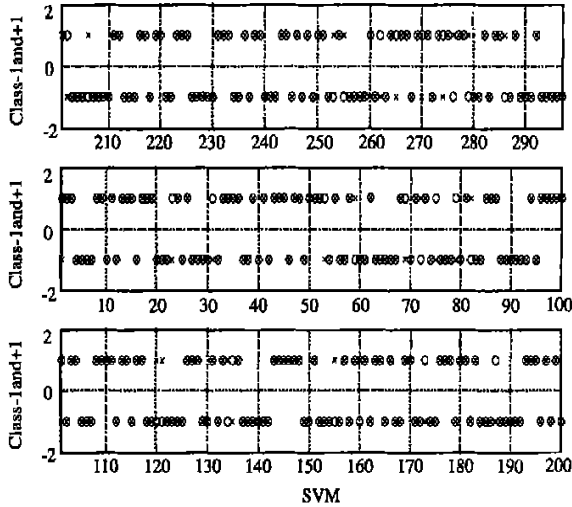


图 1 标准支持向量机分类器的测试仿真

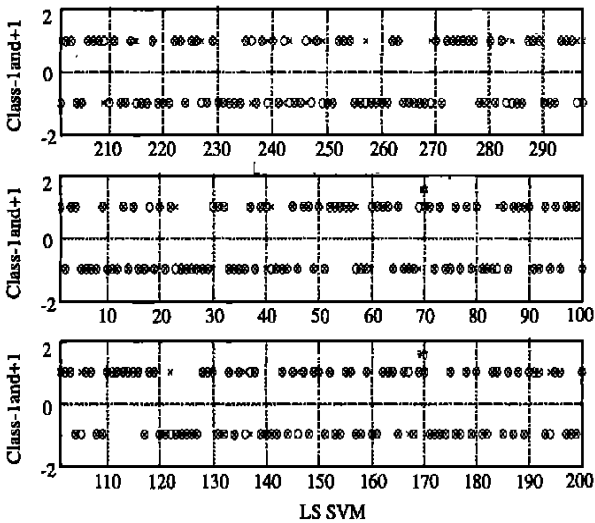


图 2 最小二乘支持向量机分类器的测试仿真

证其解为所求问题的全局最优解,但线性方程的求解速度要比二次规划快,且所需计算资源少。

通过与其他方法所得结果^[5]比较发现,标准支

持向量机分类器和最小二乘支持向量机分类器均具有较高的准确率。这说明支持向量机能较好地解决小样本、非线性等实际问题,具有很强的泛化能力。二者在心脏病的诊断等医疗诊断中具有很大应用潜力。

4 结 论

本文比较了标准支持向量机分类器和最小二乘支持向量机分类器,并将它们用于心脏病诊断。标准支持向量机分类器和最小二乘支持向量机分类器均具有较高的准确率。标准支持向量机求解一个凸二次规划,其解是唯一的且为最优解,这样不存在一般神经网络的局部极值问题。最小二乘支持向量机求解线性方程,其解满足极值条件,但不能保证是全局最优解,最小二乘支持向量机具有更快的求解速度,求解所需的计算资源较少。两者能较好地解决小样本、非线性等实际问题,在医疗诊断中均具有很大应用潜力。

参考文献(References):

[1] Vapnik V N. *The Nature of Statistical Learning Theory*[M]. New York: Springer-Verlag, 1995.

[2] Vapnik V N. An overview of statistical learning theory [J]. *IEEE Trans Neural Network*, 1999, 10(5): 988-999.

[3] Vapnik V N. *The Nature of Statistical Learning Theory*[M]. New York: Springer-Verlag, 1999.

[4] Probenl L P. A set of neural network benchmark problem and benchmark rules [R]. Germany: University Karlsruhe, 1994.

[5] Turney P D. Cost-sensitive classification: Empirical evaluation of a hybrid genetic decision tree induction algorithm [J]. *J of Artificial Intelligence Research*, 1995, 2: 369-409.

(上接第 357 页)

[7] Lehner P, Connor M F, Sak S, et al. Cognitive biases and time stress in team decision making [J]. *IEEE Trans on Systems, Man and Cybernetics, Part A*, 1997, 27(5): 698-703.

[8] Song A, Mathur A, Pattipati K R. Design of process parameters using robust design techniques and multiple

criteria optimization [J]. *IEEE Trans on Systems, Man and Cybernetics*, 1995, 25 (11): 1437-1446.

[9] Handley H A, Zaidi Z R, Levis A H. The use of simulation models in model driven experimentation [A]. *Proc of the 1999 Command & Control Research & Technology Symposium* [C]. Newport, 1999.