

再论“广义智能系统工程”

涂序彦

(北京科技大学 信息工程学院, 北京 100083)

摘要: 为了进一步阐明“智能系统”的概念, 扩展智能系统及其应用的范畴, 提高“系统工程”的智能化水平, 从“广义智能”、“广义系统”的新观点, 再次论述“广义智能系统工程”(GISE)的概念涵义、学科架构、系统模型、系统分析、系统综合、系统类谱。“广义智能系统工程”是“广义智能”(GI)与“系统工程”(SE)相结合的产物, 其研究开发具有重要的科学意义和广泛的应用价值。

关键词: 系统工程; 智能系统工程; 广义智能系统工程

中图分类号: TP182 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-4785(2009)01-0007-05

New viewpoint on generalized intelligent systems engineering(GISE)

TU Xu-yan

(School of Information Engineering, Beijing University of Science and Technology, Beijing 100083, China)

Abstract: In order to further demonstrate the concept of intelligent system (IS), expand the domain of applications of IS, and improve the intelligent level of systems engineering(SE), from the new viewpoints of generalized intelligence(GI) and generalized system(GS), the conception, architecture, modeling, analysis, synthesis, and kinds of generalized intelligent systems engineering(GISE) are discussed again. GISE is the combination of GI and SE. It has important scientific significance and wide applications value.

Keywords: SE (systems engineering); IE (intelligent systems engineering); GISE (generalized intelligent systems engineering)

“系统工程”(systems engineering, SE),是关于系统建模、分析综合与组织管理的理论方法和应用技术。

为了提高“系统工程”的智能化水平,作者在人工智能^[1]、大系统控制论^[2]多年工作的基础上,于1994年在文献[3]中曾提“智能系统工程”的概念,如式(1)所示:

$$AI + SE = IE \quad (1)$$

式中: AI——人工智能 (artificial intelligence), SE——系统工程 (systems engineering), IE——智能系统工程 (intelligent systems engineering), “+”——结合 (combination), “=”——研究开发 (research & development). 式(1)表示:在“人工智能”与“系统工程”相结合的基础上,研究开发“智能

系统工程”。

由于“人工智能”学科已从传统的狭义人工智能向现代的“广义人工智能”^[4]发展,所以作者于2002年在文献[5]中提出了广义智能系统 (generalized intelligent systems)^[5]. 2003年,作者从“广义人工智能”的观点,在文献[6]中又提出了广义智能系统工程,如式(2)所示:

$$GA I + SE = GISE \quad (2)$$

式中: GA I——广义人工智能 (generalized artificial intelligence), SE——系统工程, GISE——广义智能系统工程 (generalized intelligent systems engineering).

为了进一步阐明“智能系统”的概念,扩展智能系统及其应用的范畴,提高“系统工程”的智能化水平,从“广义智能”、“广义系统”的新观点^[7-10],再次论述“广义智能系统工程”GISE的概念涵义、学科架构、系统模型、系统分析、系统综合、系统类谱。

收稿日期: 2008-11-07.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (60375038, 60374032).

通信作者: 涂序彦. E-mail: tuxuyan@126.com.

1 “广义智能系统工程”的概念涵义

现在,从“广义智能学”观点,进一步论述“广义智能系统工程”的概念内涵,如式(3)所示:

$$GI + SE = GISE \tag{3}$$

式中:GI——广义智能,SE——系统工程,GISE——广义智能系统工程.式(3)表示:在“广义智能”与“系统工程”相结合的基础上,研究开发“广义智能系统工程”.

什么是“广义智能”?根据“广义智能学”^[7]可知,“广义智能”包括:广义人工智能、生物智能、人机集成智能、群体协同智能等.其中,“广义人工智能”如式(4)所示:

$$GA I = \{MSA I,MLA I,MAA I\}. \tag{4}$$

式中:GA I——广义人工智能;MSA I——多学派人工智能(multi-schools AI),如:“符号主义”学派,“联结主义”学派,“行为主义”学派的人工智能;MLA I——多层次人工智能(multi-layers AI),如:思维层、感知层、行为层的人工智能;MAA I——多智体人工智能(multi-agent AI),即分布式人工智能(distributed AI,DAI).

可见,现代的“广义人工智能”GA I是多学派兼容的,多层次结合的,多智体分布的人工智能,是传统的狭义人工智能的新发展,是适应互联网时代和环境的分布式人工智能.

2 “广义智能系统工程”的学科架构

根据“广义智能系统工程”GISE的概念涵义,其学科架构如图1所示.

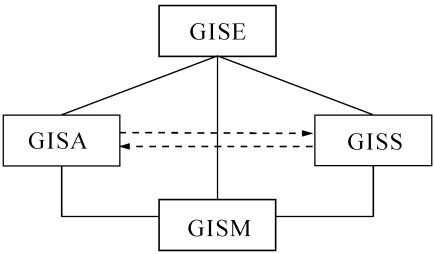


图 1 “广义智能系统工程”的学科架构
Fig 1 Architecture of generalized intelligent systems engineering

在图1中:GISE——广义智能系统工程,GISA——广义智能系统分析(generalized intelligent systems analysis),GISM——广义智能系统模型(generalized intelligent systems model),GISS——广义智能系统综合(generalized intelligent systems syn-

thesis).

图1表明,“广义智能系统工程”GISE包括:“广义智能系统分析”GISA、“广义智能系统综合”GISS两大分支,两者彼此相互关联、相辅相成.“广义智能系统模型”GISM如式(5)所示:

$$GISE = \{ GISA, GISS \} / GISM. \tag{5}$$

式(5)表示,“广义智能系统工程”GISE包括:“广义智能系统分析”GISA与“广义智能系统综合”GISS,基于“广义智能系统模型”GISM.

3 “广义智能系统模型”

由于工程技术、社会经济、生态环境各领域的发展,相应的系统工程规模庞大,结构复杂,因素众多,功能综合,具有不确定、不确定、主动性、分散性、非线性、变结构、随机性、模糊性等各个复杂性.所以,仅仅依靠传统的、狭义的数字模型及建模方法,已不能适应现代广义系统工程的需求.

为此,在《大系统控制论》^[2]中,作者曾提出“广义模型化”(generalized modeling)的理念和方法,可用于“广义智能系统”建模.“广义模型”的概念如图2所示.

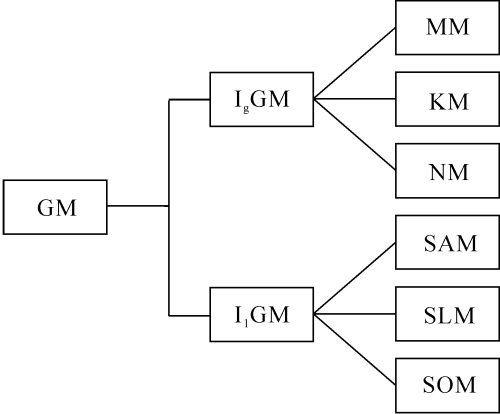


图 2 “广义模型”GM的概念

Fig 2 Concept of generalized model

在图(2)中:GM——广义模型(generalized model);IGM——集成广义模型(integrated GM);MM——数学模型(mathematical model),如:传递函数、状态方程等;KM——知识模型(knowledge model),如:产生式规则、谓词逻辑等;NM——网络模型(network model),如:赋值有向图、信息流程图等;IIGM——智能广义模型(intelligent GM);SAM——自适应模型(self-adaptive model),如:自校正变参数、变结构模型等;LM——自学习模型(self-learning model),如:基于人工神经网络的自学习模型,

SOM——自组织模型 (self-organizing model),如:基于模型库的可组合可重构模型。

基于“广义模型化”方法,作者开发了面向复杂大系统的 2 种典型的广义模型:

1) 多层状态空间模型 MLSS “多层状态空间”模型 (multi-layer state space),简称 MLSS,由各层的变粒度状态空间模型和纵向、横向关系模型组成,适用于具有多级递阶结构的复杂大系统。

2) 多种广义算子模型 MKGO “多种广义算子”模型 (multi-kind generalized operators),简称 MKGO,由多种广义算子、多种联接方式组成,适用于具有多段流程结构的复杂大系统。

这里,可以将“广义模型化”方法应用于“系统工程”建模,研究开发广义智能系统模型,如式 (6) 所示:

$$GM + SE = GISM \quad (6)$$

式 (6) 表示:在“广义模型”GM 与系统工程 SE 相结合的基础上,研究开发“广义智能系统模型”GISM。

例如:研究开发面向“广义智能系统工程”GISE 的集成广义模型 I_{GM} 、智能广义模型 I_{GM} ,适用于复杂大系统工程的“多层状态空间”模型 MLSS “多种广义算子”模型 MKGO。

4 “广义智能系统分析”

基于“广义智能系统模型”GISM,在“广义人工智能”GAI 与系统分析 SA (system s analysis)相结合的基础上,可研究开发“广义智能系统分析”GISA 的方法和技术,如式 (7) 所示:

$$GAI + SA = GISA \quad (7)$$

而“系统分析”包括:历史评估、现状分析、前景预测等,如式 (8) 所示:

$$SA = \{SE_h, SA_c, SF_f\} \quad (8)$$

式中:SA——系统分析, SE_h ——系统历史评估 (system s evaluation of history), SA_c ——系统现状分析 (system s analysis of current), SF_f ——系统前景预测 (system s forecast of future)。

由式 (7) 与式 (8) 可得式 (9)。

$$GISA = \{GISE_h, GISA_c, GISF_f\} \quad (9)$$

式中:GISA——广义智能系统分析, $GISE_h$ ——广义智能系统历史评估 (GI system s evaluation of history), $GISA_c$ ——广义智能系统现状分析 (GI system s analysis of current), $GISF_f$ ——广义智能系统前景预测 (GI system s forecast of future)。

采用广义智能系统分析 GISA 的方法和技术,

可以对系统进行历史评估、现状分析与前景预测,如图 3 所示。

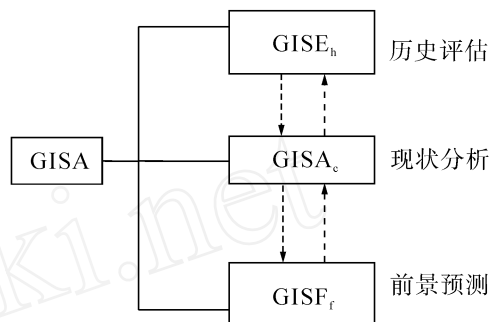


图 3 广义智能系统分析

Fig 3 Analysis of generalized intelligent systems

在图 (3) 中:

1) 广义智能系统历史评估 $GISE_h$ 采用广义智能系统历史评估 $GISE_h$ 的方法和技术,如:案例推理、数据挖掘、知识发现、统计回归、机器学习等,对系统的性能、行为、功能、结构、效益和问题进行历史评估。

2) 广义智能系统现状分析 $GISA_c$ 采用广义智能系统现状分析 $GISA_c$ 方法和技术,如:多层状态空间、多种广义算法、情景树、有限状态机、petri 网等,对系统当前运行性能、行为、功能、结构、效益和问题进行现状分析。

3) 广义智能系统前景预测 $GISF_f$ 采用广义智能系统前景预测 $GISF_f$ 方法和技术,如:统计预测、情景预测、贝叶斯网络、人工神经网络、专家系统等,对系统未来发展进行前景预测。

5 “广义智能系统综合”

基于“广义智能系统模型”GISM,在“广义人工智能”GAI 与系统综合 SS (system s synthesis)相结合的基础上,可研究开发“广义智能系统综合”GISS 的方法和技术,如式 (10) 所示:

$$GAI + SS = GISS \quad (10)$$

而系统综合包括:系统优化、系统决策、系统规划等,如式 (11) 所示:

$$SS = \{SD, SO, SP\} \quad (11)$$

式中:SD——系统决策 (system s decision), SO——系统优化 (system s optimization), SP——系统规划 (system s planning)。

由式 (10) 与式 (11) 可得式 (12) 如下:

$$GISS = \{GISD, GISO, GISP\} \quad (12)$$

式中:GISD——广义智能系统决策 (GI system s deci-

sion), GISO——广义智能系统优化 (GI system s optimization), GISP——广义智能系统规划 (GI system planning).

因此,采用广义智能系统综合 GISS的方法和技
术,可以进行复杂系统工程的优化,决策和规划,如
图 4所示.

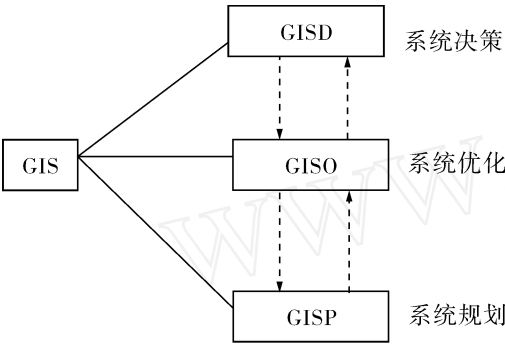


图 4 广义智能系统综合

Fig 4 Synthesis of generalized intelligent systems

在图 4中:

- 1)广义智能系统优化 GISO. 基于广义智能系
统模型 GISM,采用广义智能优化方法,如:多级智能
优化、遗传算法、进化优化、启发优化、粒子群优化
等.在给定的约束条件下,实现广义智能系统工程的最
优化或满意化.
- 2)广义智能系统决策 GISD. 采用广义智能决
策方法,如:多目标决策、决策技术、决策网、对策论、
群决策方法等,基于广义智能系统优化 GISO方法,
进行广义智能系统工程的优化决策.
- 3)广义智能系统规划 GISP. 采用广义智能规
划方法,如:线性、非线性规划、动态规划、多目标规划、

启发式规划、进化规划等,基于广义智能系统优化
GISO方法,进行广义智能系统工程的优化规划.

6 “广义智能系统 类谱

2006年,在文献 [9]中,作者进一步论述了“广
义智能系统 的概念、模型和类谱.

6.1 “广义智能 的概念模型

“广义智能 的概念模型如式 (13)所示:

$$GI = \{MKI,MLI,MPI,MCI,MSI,MDI\}.$$
 (13)

式中: GI——广义智能 (generalized intelligence),
MKI——多 种 类 智 能 (multi-kind intelligence),
MLI——多 层 次 智 能 (multi-layer intelligence),
MPI——多 模 式 智 能 (multi-patem intelligence),
MCI——多 特 征 智 能 (multi-characteristic intelligence),
MSI——多 阶 段 智 能) (multi-stage intelligence),
MDI——多 范 畴 智 能 (multi-domain intelligence).

6.2 “广义系统 的概念模型

“广义系统 的概念如式 (14)所示:

$$GS = \{VKS,VSS,VAS,VPS,VCS,VFS\}.$$
 (14)

式中: GS ——广义系统 (generalized system),
VKS ——各 种 类 系 统 (various kind system),
VSS ——各 规 模 系 统 (various scale system),
VAS ——各 结 构 系 统 (various architecture system),
VPS ——各 参 数 系 统 (various parameter system),
VCS ——各 特 征 系 统 (various characteristic system),
VFS ——各 功 能 系 统 (various function system).

根据“广义智能 ”GI与“广义系统 ”GS的概念,
给出下面类谱表.

6.3 “广义智能系统 的类谱表

“广义智能系统 的类谱表如表 1所示.

表 1 “广义智能系统 的类谱表

Table 1 The kinds of generalized intelligent systems

GI	GS					
	VKS	VSS	VAS	VPS	VCS	VFS
MKI	MKI VKS	MKI VSS	MKI VAS	MKI VPS	MKI VCS	MKI VFS
MLI	MLI VKS	MLI VSS	MLI VAS	MLI VPS	MLI VCS	MLI VFS
MPI	MPI VKS	MPI VSS	MPI VAS	MPI VPS	MPI VCS	MPI VFS
MCI	MCI VKS	MCI VSS	MCI VAS	MCI VPS	MCI VCS	MCI VFS
MSI	MSI VKS	MSI VSS	MSI VAS	MSI VPS	MSI VCS	MSI VFS
MDI	MDI VKS	MDI VSS	MDI VAS	MDI VPS	MDI VCS	MDI VFS

利用类谱表 1,不仅可以对已有的“智能系统 ”
进行分类、聚类;而且可以预见未来,研究开发新的

智能系统.
同理,根据文献 [9],类似地,可以进一步建立

“广义智能系统工程”的类谱表,不仅可用于对已有的“智能系统工程”进行分类、聚类,而且可预见未来,研究开发新的“智能系统工程”。

7 结束语

本文论述了“广义智能系统工程”的概念涵义,其学科构架,系统建模、分析与综合、以及“广义智能系统”类谱。“智能系统工程”是“人工智能”与“系统工程”相结构的产物,是“系统工程”向“智能化”方向的发展。“广义智能系统工程”是“广义智能”与“系统工程”相结合的产物,是“智能系统工程”向“广义化”方向的发展。“智能系统工程”与“广义智能系统工程”的研究发展,具有重要科学意义和广泛的应用价值。

参考文献:

- [1] 涂序彦. 人工智能及其应用 [M]. 北京:电子工业出版社, 1988
- [2] 涂序彦. 大系统控制论 [M]. 北京:国防工业出版社, 1994
- [3] 涂序彦. 智能系统工程 [J]. 军事系统工程, 1994, 30 (4): 34-40
TU Xuyan. Intelligent systems engineering [J]. Military Systems Engineering, 1994, 30 (4): 34-40
- [4] 涂序彦. 广义人工智能 [C]//中国人工智能学会第 9 届全国人工智能学术年会论文集. 北京:北京邮电大学出版社, 2001.
TU Xuyan. Generalized artificial intelligence [C]// Proceedings of the 9th - National Conference on Artificial Intelligence of CAAI Beijing: Beijing University Posts & Telecommunications Press, 2001.
- [5] TU Xuyan. Generalized intelligent systems [C]// Proceedings of the First “Korea-China” workshop on Intelligent Systems Seoul, 2002
- [6] TU Xuyan. Generalized intelligent systems engineering [C] // Proceedings of 2003 “Sino-Korea”, Symposium on Intelligent Systems Beijing, 2003
- [7] 涂序彦. 广义智能学 [C]//中国人工智能学会第十一

届全国人工智能学术大会论文集. 北京:北京邮电大学出版社, 2005.

TU Xuyan. Generalized intelligences [C]// Proceedings of the 11th-National Conference on Artificial Intelligence of CAAI Beijing: Beijing University Posts & Telecommunications Press, 2005.

- [8] 涂序彦,何华灿,钟义信,等. 广义智能信息系统论 [C]//中国人工智能学会第八届全国人工智能学术大会论文集. 杭州:浙江大学出版社, 1994.

TU Xuyan, HE Huacan, ZHONG Yixin, et al. Theory on generalized intelligence information systems [C]// Proceedings of the 8th-National Conference on Artificial Intelligence of CAAI Hangzhou: Zhejiang University Press, 1994.

- [9] 涂序彦. 广义智能系统的概念、模型和类谱 [J]. 智能系统学报, 2006, 1 (2): 7-10

TU Xuyan. Concept, model & kinds of generalized intelligent systems [J]. CAAI Transactions on Intelligent Systems, 2006, 1 (2): 7-10.

- [10] 涂序彦,韩力群. 人工智能:回顾与展望 [M]. 北京:科学出版社, 2005.

作者简介:



涂序彦,男,1935年生,教授,博士生导师。现任中国人工智能学会荣誉理事长、指导委员会主席,北京人工智能学会名誉理事长、指导委员会主席。北京科技大学信息工程学院特聘教授,计算机与系统科学研究所所长。历任中国人工智能学会理事长,中国自动化学会常务理事,中国软件行业协会常务理事,全球华人智能控制与智能自动化大会主席、世界专家系统大会(远东区)主席。兼任中国科学院自动化研究所、清华大学、华中科技大学、北京理工大学、北京邮电大学等高等院校的教授、博士生导师,中国军事科学院特邀研究员,清华大学智能技术与系统国家实验室学术委员等。主要研究方向为“多变量协调控制理论”、“最经济控制”理论、“生物控制论、大系统控制论”、人工智能、专家系统、智能控制、智能管理、智能系统工程。获得国家科技攻关重大成果奖,冶金部、电子部等科技进步奖多项,英国 IBC、美国 AB I 世界名人录列选人。发表学术论文数百篇,出版专著 7 部。