文章编号:1000-5862(2020)06-0621-04

集值偏好的信息约束下公共元的通有稳定性

卢美华[1],翁贤杰[2]

(1. 江西科技学院理学部,江西 南昌 330022;2. 江西省科学技术信息研究所,江西 南昌 330046)

摘要:为采用集值映射方法刻画偏好,该文提出集族公共元,并研究集族公共元在信息约束机制下的一些稳定性结果,提出了信息机制上的同等连续性,获得了集值偏好的信息约束下公共元的通有稳定性结论. 该研究具有重要意义,特别是当不完全信息扩展式博弈等价地一般化且策略链更为复杂时,信息约束下公共元能初步处理其中的信息机制问题.

关键词:信息约束;集族公共元;通有稳定性

中图分类号:O 225 文献标志码:A DOI:10.16357/j.cnki.issn1000-5862.2020.06.13

0 引言

决策效率最大化、信息依赖最小化、行为目标激励相容是机制设计中机制评价的 3 个基本准则,其中信息机制最为抽象. 信息机制也是博弈理论的重要机制. 诺贝尔经济学奖获得者 J. C. Harsanyi 较早提出不完全信息博弈,并提出"Harsanyi 转换",将不完全信息静态博弈变成 2 阶段动态博弈,把"不完全信息"——策略空间、信息集、支付函数等局部信息转变成为完全但不完美信息予以处理. 诺贝尔经济学奖获得者 R. Selten 提出了子博弈精炼均衡(subgame perfect Nash equilibrinm)概念,提出扩展式博弈的精炼方法,由此也需要统一扩展式和一般式博弈的精炼方式. 对于均衡精炼,向淑文较早把信息集纳入精炼研究之中,近期采用通有稳定方法系统研究了信息集广义多目标博弈弱 Pareto-Nash 平衡点[1]、有限理性的信息集广义多目标博弈[2],在数学上把均衡精炼研究推到了一个新阶段.

博弈决策、经济决策为立足于更深的逻辑基础,已经把效用函数落实到偏好概念上. P. A. Samuelson[3]的偏好显示理论奠定了偏好的实践基础[3],其后基于"序"刻画的偏好获得了广泛的结果;如宋雪丽等[4]在 Fodor 模糊偏好构模的上研究模糊全序及偏序,刘常青等[5]研究了格序偏好关系. 本文先利用集值映射推广一些刻画偏好的方法,再利用"转换"思想,把扩展式博弈转换为一般式博弈,贯通不完全信息博弈和完全信息博弈理论,最后从数学上深化一些处理博弈模型的方法,提出另一种刻画信息集约束机制. 正如在均衡精炼理论中,最佳均衡策略组合难以构成立方体空间,从而产生了凸均衡集、本质联通区等数学形式概念. 由此,在信息集上考虑精炼,在集值偏好信息约束下考虑公共元通有稳定性具有重要意义,为公共元博弈均衡精炼提供了理论支持.

1 预备知识

一般地,效用函数是刻画博弈策略优劣的标度. 但是在不完全理性下,构造效用函数的基点的偏好却未必是全序的,也未必满足传递公理,为此,Mas-colell 提出广义极大元概念. 借鉴 Mas-colell 广义极大元,先提出集族公共元.

定义 1 给定空间 X,Λ 为指标集,$\alpha\in\Lambda$,$X_\alpha\subset X$ 为子集,称 $F=\bigcap\limits_{\alpha\in\Lambda}X_\alpha$ 为集族$\{X_\alpha\mid\alpha\in\Lambda\}$的公共元.

定义 2 对于空间 X,W: $X\to 2^X$ 为集值映射,且任何 $x\in W(x)$. W 的映像集为集族,称 W 为集族公共元映射;称 $x^*\in\bigcap\limits_{x\in X}W(x)$ 为 X 上 W 的公共元,并记 W 公共元的全体为 $F(W)$.

这里,若采用 $W(x)$ 刻画偏好,$W(x)$ 为偏好下不劣于 x 全体,则集族公共元不劣于任何 x 中元素,

收稿日期:2020-03-27

基金项目:国家社会科学基金(17BJL025)资助项目.

作者简介:卢美华(1978-),女,江西都昌人,讲师,主要从事决策理论、模糊数学等研究. E-mail:1173071945@qq.com

集族公共元映射 W 本质上为择优映射.

$\bigcap_{x\in X} W(x) \neq \varnothing$ 才能保证公共元的存在. Mas-colell 在线性拓扑空间中给出了一个广义极大元存在性条件[6]，依据 Mas-colell 条件，给出公共元的存在性定理.

引理 1[6] 对于线性拓扑空间的非空紧凸子集 X，集族公共元映射 $W: X \to 2^X$ 满足 $x \in W(x)$；W 为闭值，$W(x)$ 闭集；且 W 逆凸值，$X\backslash W^{-1}(x)$ 为凸集；则 $\exists x^* \in \bigcap_{x\in X} W(x)$ 为 X 上 W 的公共元.

均衡精炼的稳定性通常难以达到，广泛的考虑是通有稳定性. 在 Baire 纲意义下通过比较空间子集剩余类，M. K. Fort 最早提出通有稳定性框架[7]，其主要依托集值拓扑映射的连续性. 考察拓扑空间 X、Y 的集值映射 $F: X \to 2^Y$，给出如下定义.

定义 3 X、Y 上的 $F: X \to 2^Y$，对于 $x_0 \in X$，若任意开集 u 在 Y 中 $F(x_0) \subset u$，都有 X 的开集 v，$x_0 \in v$，使 $x' \in v$ 均满足 $F(x') \subset u$，称在点 x_0 处 F 上半连续；若每一点都上半连续，则称在 X 上 F 上半连续. 另外，若任意开集 u 使 $F(x_0) \cap u \neq \varnothing$，有 X 开集 v，$x_0 \in v$，使 $x' \in v$ 均满足 $F(x') \cap u \neq \varnothing$，则称在 x_0 处 F 下半连续；在每一点处都下半连续，称在 X 上 F 下半连续；称 F 在点 x_0 处连续当且仅当 F 在 x_0 处既上半连续又下半连续.

Baire 的集合“纲”分类是通有稳定概念的基础. 显然，拓扑空间上第 2 纲集包含空间绝大多数元素，拓扑意义上第 2 纲集中元素远远多于第 1 纲集.

定义 4 X 为拓扑空间，Q 为 X 子集. 称 Q 为剩余集，若 Q 可表示为 X 不超过可数个开稠集之交；称 X 为 Baire 空间，若该空间的任何剩余集都稠密.

定义 5 设 Q 为拓扑空间 X 的子集，称 Q 在 X 无处稠密，若 $\mathrm{int}\,\overline{Q} = \varnothing$. 称 Q 为第 1 纲集，若 Q 可表示为至多可数个无处稠密集之并；否则，称 Q 为第 2 纲集.

M. K. Fort 提出连续选择是通有稳定性研究的基本框架[7]，如下引理刻画了 Fort 连续选择.

引理 2[7] X 为拓扑空间，Y 为度量空间，集值映射 $F: X \to 2^Y$ 为 usco 映射，即 F 上半连续且非空紧值，则 X 上存在一个稠密剩余集 Q，使 F 下半连续从而连续.

众多文献说明，决策人持有的偏好本质上是偏好片段，是不完全性偏好，并且是信息状态相依的. 一般的信息集是多个维度的，为此，设信息集 $\tilde{I}$ 有 k 个维度，即 $\tilde{I} = (I_1, I_2, \cdots, I_k)$，从数学形式上提出集值偏好的信息约束下公共元如下.

设有界 k 维闭凸集 $\tilde{I} \subset \mathbf{R}^k$ 构成信息集，对信息元 $I = (t_1, t_2, \cdots, t_k) \in \tilde{I}$，$W: X \times \tilde{I} \to 2^X$ 适合 $x \in W(x, I)$，称 W 为信息约束公共元映射.

设 $G: \tilde{I} \to 2^X$ 提供信息机制，称 $x^* \in \bigcap_{x\in G(I)} W(x, I)$ 为 X 上信息集 I 下集族公共元，$F_D(W, I, G)$ 为全体公共元. 若 $W(x, I)$ 为逆凸余集、闭值，则 $F_D(W, I, G)$ 非空，甚至更弱的条件，毕竟 $G(T) \subset X$. 本质上 $G(T) \subset X$，信息约束扩大集族公共元集，这是由于信息约束下公共元更粗糙. 显然 $F_D(W, I, G) = \bigcap_{x\in G(I)} W(x, I)$ 是信息约束集族公共元问题空间的解映射.

2 主要结果

构造公共元映射是采用新方法刻画满足传递公理的偏好. 构造信息约束下公共元可为研究不完全信息博弈均衡点的精炼，塞尔腾子博弈精炼均衡是以扩展式博弈为目标. 但扩展式博弈在“拓扑树”展开博弈过程中难以刻画博弈的扰动，为此需要把扩展式博弈一般化. 有诸多转化思想和方法进行扩展式博弈一般化，其中扩展式博弈的一般化需要博弈策略组合为策略链的组合，这里会产生未经历的策略链；为保证博弈均衡点的相互包含性，在扩展式博弈的一般化后，定义局中人未经历的策略链的全体支付函数值均小于扩展博弈全体局中人支付函数值最小值，为方便起见，可定义一般化后未经历的策略链的全体局中人支付函数值均为“最小值减少 1”. 这样保证了扩展式博弈一般化均衡点的相互包含性，同时，扩展式博弈信息集构成一般式博弈策略组合链的约束. 本文先研究在集值偏好的信息约束下公共元的通有稳定性，为扩张式博弈均衡精炼提供信息精炼工具.

如前所述，均衡精炼的稳定性难以达到，文献[8]也论证了最大元形式的公共元不具有稳定性，在通有稳定性下可以合适精炼公共元. 在公共元通有稳定性及其刻画集值拓扑相关性质中，还需要俞建[9]的如下引理.

引理 3[9] 非空集合 X 在线性拓扑空间中紧、凸，X 全体非空紧子集记为 $K(X)$，取可数序列集族 $A_n \subset K(X)$，若存在子集 $A \in K(X)$，在线性拓扑生

成的 Hausdorff 拓扑下 $A_n \to A$，则有

(i) 开集 $G \supset A$，n 充分大后 $G \supset A_n$;

(ii) 若在集族列中取收敛点列 $\{x_n\}_1^{\infty}$ ($x_n \in A_n$ 且 $x_n \to x$) ，则 $x \in A$;

(iii) $\forall x' \in A$ 及任何开集 G'、$x \in G'$，n 充分大有 $G' \cap A_n \neq \varnothing$;

(iv) $\bigcup_{n=1}^{\infty} A_n \cup A \in K(X)$.

在公共元映射中引入信息元，当然要求信息元不直接作用到公共元映射的拓扑结构上; 为此，引入同等连续概念，以保证公共元在博弈偏好空间上的应用时信息机制介入策略链的整体性.

定义 6　对于具有信息机制的公共元映射 $W(x,\tilde{I})$，称 $x \to W(x,\tilde{I})$ 在点 x 关于 I 是同等上半连续，若对于 $\delta > 0$，有一个开集邻域 $o(x)$，$x \in o(x)$，当 $x' \in o(x)$ 时，$W(x',\tilde{I}) \subset W(x,\tilde{I}) + \delta$ 对于任何信息元 $I \in \tilde{I}$ 一致成立.

另外，考虑信息机制的扰动性，还需要构造信息机制空间，也就是由同等类型的集值映射 $G: \tilde{I} \to 2^X$ 形成空间. 这显然不同于机制设计的信息空间[8].

定义 7　称 $C(\tilde{I}) = \{G \mid G: \tilde{I} \to 2^X$ 连续且闭值$\}$ 为信息机制空间，并在信息机制空间上构造度量函数，设 $\rho_C(G_1,G_2) = \sup_{I \in \tilde{I}} H_d(G_1(T),G_2(T))$.

由 Hausdorff 度量的特点，显然，$\rho_C(G_1,G_2)$ 满足度量公理，是信息空间度量函数. 由引理 3 可保证 $(C(\tilde{I}),\rho_C)$ 的完备性.

同时，对应广义最大元形式的公共元，文献 [8] 和文献 [10] 也能证明集值偏好的信息约束下公共元问题空间的完备性. 即定义 $D(X,\tilde{I}) = \{W: X \times \tilde{I} \to 2^X \mid W: X \times \tilde{I} \to 2^X, x \to W(x,\tilde{I})$ 在所有点上关于 I 均同等上半连续，$I \to W(\cdot,I)$ 连续$\}$. 再定义度量为 $\forall W_1,W_2 \in D(X,\tilde{I})$，$\rho_D(W_1,W_2) = \sup_{(x,T) \in X \times \tilde{I}} H_d(W_1(x,T),W_2(x,T))$，则易证 $(D(X,\tilde{I}),\rho_D)$ 完备. 文献 [2] 讨论了信息集扰动，其特征是在策略空间上嵌入一个信息集约束，文献 [1] 提出了局中人信息集联结为整个博弈的信息集. 本文在新的方式下引入信息机制，主要是策略链上信息集，以上信息映射 $G: \tilde{I} \to 2^X$ 提供信息机制，是通过多个维度的 $\tilde{I} \subset \mathbf{R}^k$ 刻画信息集机制; 一方面，1 个局中人在展开式博弈策略链上未必只有 1 个信息集，可能有多个信息集; 另一方面，也未必每个局中人都具有信息集限制其信息不完全; 从而这里信息机制维度为 k 未必和局中人个数 n 相等.

以下给出信息约束下集值偏好公共元刻画框架，设线性度量空间的非空子集 X 为紧、凸，$\tilde{I}$ 为 k 个维度的信息集，信息集 I 下集族公共元为 $W: X \times \tilde{I} \to 2^X$，信息机制空间为 $(C(\tilde{I}),\rho_C)$. 由此构造信息集约束集族公共元的问题空间 $D(X,\tilde{I}) \times \tilde{I} \times C(\tilde{I})$ 为完备的从而是 Baire 空间. 集映射 $F_D(W,I,G) = \bigcap_{x \in G(I)} W(x,I)$ 为建立在 $D(X,\tilde{I}) \times \tilde{I} \times C(\tilde{I}) \to 2^X$ 上的信息集约束集族公共元的问题的解映射.

定理 3　解映射 $F_D: D(X,\tilde{I}) \times \tilde{I} \times C(\tilde{I}) \to 2^X$ 在 $D(X,\tilde{I}) \times \tilde{I} \times C(\tilde{I})$ 上是 usco 映射，其中 $D(X,\tilde{I}) \times \tilde{I} \times C(\tilde{I})$ 为度量 ρ_D、$\mathbf{R}^k$ 的欧氏度量与度量 ρ_C 联合生成的乘积拓扑.

证　由于 X 紧，证明解映射的上半连续性最为重要. 而若 F 为闭图值，则证明了 F 的上半连续性. 为此，任取定向集 $(D,>)$，考虑解映射图像空间的闭集要求，对于问题空间的 $\alpha \in D$ 的任意收敛网 $(W_\alpha,I_\alpha,G_\alpha) \to (W_0,I_0,G_0)$，$x_\alpha \in F_D(W_\alpha,I_\alpha,G_\alpha)$ 且 $x_\alpha \to x_0$，只须 $x_0 \in F_D(W_0,T_0,G_0)$，就能证明解映射 F_D 的图像空间中图像闭.

为此采用反证法，若 $x_0 \in F_D(W_0,T_0,G_0)$ 不成立，必有 $x^* \in G_0(T_0)$ 使 $x_0 \notin W_0(x^*,I_0)$，则存在某个 $\delta > 0$，使 $(x_0 + \delta) \cap (W_0(x^*,I_0) + \delta) = \varnothing$.

在子网 $\{x_\alpha \mid \alpha \in (D,>)\}$ 中，由于 $x_\alpha \to x_0$ 网收敛，取定向集 $(D,>)$ 中 $\alpha_1 \in D$，使得定向 $\alpha > \alpha_1$ 以及对于 δ，$x_\alpha \in x_0 + \delta$.

同样，在子网 $\{W_\alpha \mid \alpha \in (D,>)\}$ 中，由于 $W_\alpha \to W_0$ 网收敛，取定向集 $(D,>)$ 中 $\alpha_2 \in D$，使得定向 $\alpha > \alpha_2$ 以及对于 δ，有 $\rho_D(W_\alpha,W_0) < \delta/4$，即对于任何 x、I 均有 $W_\alpha(x,I) \subset W_0(x,I) + \delta/4$.

由于公共元映射关于信息元的同等上半连续，对于 $\delta/4$，有 x^* 的某邻域(为方便设为 $x^* + r$)，当 $\forall x' \in (x^* + r)$ 时，有 $W_0(x',I) \subset W_0(x',I) + \delta/4$. 固定 x^*，由于信息集 I 下集族公共元映射关于信息元 $I \to W(x^*,I)$ 连续，从而在子网 $\{I_\alpha \mid \alpha \in (D,>)\}$

中有$I_\alpha \to I_0$,取在定向集$(D,>)$中$\alpha_3 \in D$,使得当定向$\alpha > \alpha_3$时,有$W_0(x^*, I_\alpha) \subset W_0(x^*, I_0) + \delta/4$.由此在定向集$(D,>)$中$\exists \alpha \in D$,按定向有$\alpha > \alpha_2$、$\alpha > \alpha_3$,同时限定$x' \in x^* + r$,必有$W_\alpha(x', I_\alpha) \subset W_0(x', I_\alpha) + \delta/4$,而$W_0(x', I_\alpha) + \delta/4 \subset W_0(x^*, I_\alpha) + \delta/2$,而$W_0(x^*, I_\alpha) + \delta/2 \subset W_0(x^*, I_0) + 3\delta/4$.

另一方面,由于假设的$x^* \in G_0(I_0)$使$x_0 \notin W_0(x^*, I_0)$,则$(x^* + r/4) \cap G_0(I_0) \neq \varnothing$.由$G_0$的连续性及$I_\alpha \to I_0$,在定向集$(D,>)$中$\exists \alpha_4 \in D$,按定向有当$\alpha > \alpha_4$时$(x^* + r/4) \cap G_0(I_\alpha) \neq \varnothing$.而此时定向集$(D,>)$中$\forall \alpha' \in D$,按定向取$\alpha > \alpha'$保证了$(x^* + r) \cap G_\alpha(I_\alpha) \neq \varnothing$.若不然,则可设定向集$(D,>)$中$\exists \alpha_5 \in D$,按定向有当$\alpha > \alpha_5$时,$(x^* + r) \cap G_\alpha I_\alpha \neq \varnothing$,则可有$(x^* + r/4) \cap (G_\alpha(I_\alpha) + r/4) \neq \varnothing$.另外,又由子网$G_\alpha \to G_0$,定向集$(D,>)$中$\exists \alpha_6 \in D$,按定向有当$\alpha > \alpha_6$时,对所有$I$都有$G_0(I) \subset G_\alpha(I) + r/4$.则在定向集$(D,>)$中$\exists \alpha \in D$,按定向有当$\alpha > \alpha_4$、$\alpha > \alpha_5$、$\alpha > \alpha_6$时,$G_0(I_\alpha) \subset (G_\alpha(I_\alpha) + r/4)$成立,但由于前述证明的包含关系,有$G_0(I_\alpha) \subset (G_\alpha(I_\alpha) + r/4) \subset ((x^* + r/4) \cap (G_\alpha(I_\alpha) + r/4)) \neq \varnothing$,这就导致矛盾.要避免此处矛盾发性,则必然成立“在定向集$(D,>)$中$\forall \alpha' \in D$,按定向可取$\alpha > \alpha'$以保证$(x^* + r) \cap G_\alpha(I_\alpha) \neq \varnothing$”.

从而,可取定向集$(D,>)$的任何α',一方面,只须定向$\alpha' > \alpha_1$、$\alpha' > \alpha_2$、$\alpha' > \alpha_3$;另一方面,再取定向集$(D,>)$的某个α,保证按定向$\alpha > \alpha'$并且保证$(x^* + r) \cap G_\alpha(I_\alpha) \neq \varnothing$.于是取某个$x' \in ((x^* + r) \cap G_\alpha(I_\alpha))$,则能保证$W_\alpha(x', I_\alpha) \subset (W_0(x', I_\alpha) + \delta/4) \subset W_0(x^*, I_\alpha) + \delta/2 \subset W_0(x^*, I_0) + 3\delta/4$.而此时又有$(x_0 + \delta) \cap W_\alpha(x', I_\alpha) = \varnothing$.只要考虑到当$x_\alpha \in x_0 + \delta$时$x_\alpha \notin W(x', I_\alpha)$,则有$x_\alpha \notin \bigcap_{x \in G_\alpha(I_\alpha)} W_\alpha(x, I_\alpha)$,于是导致矛盾.

综上所述,$F_D: D(X, \tilde{I}) \times \tilde{I} \times C(\tilde{I}) \to 2^X$是闭图像的,从而$F_D: D(X, \tilde{I}) \times \tilde{I} \times C(\tilde{I}) \to 2^X$在$D(X, \tilde{I}) \times \tilde{I} \times C(\tilde{I})$上是上半连续的.再考虑到$F_D$的非空紧值,从而$F_D$是usco映射.

从而由引理2(Fort引理)可知如下定理成立.

定理4 信息集约束集族公共元的问题空间解映射$F_D: D(X, \tilde{I}) \times \tilde{I} \times C(\tilde{I}) \to 2^X$在$D(X, \tilde{I}) \times \tilde{I} \times C(\tilde{I})$的某个稠密剩余集$Q$上连续.

3 结论

定理4说明信息集约束集值偏好的集族公共元是通有稳定的,从而采用公共元映射刻画不具传递公理的偏好,能讨论更广泛的博弈;同时以信息集构造相关约束,确实也为一类不完全信息的扩展式博弈的均衡精炼提供了一种方法.当然,赫维兹的《经济机制设计》中的一些信息机制原理也可以为均衡的数学精炼提供一些参考[6].扩展式博弈在“拓扑树”展开博弈过程中难以刻画博弈的扰动,扩展式博弈一般化需要保证转化后与扩张式博弈自身的等价性,其中,最为关键的是保证均衡集的相同性.这一点还需要深入研究.同时信息机制问题也具有一些应用[11].

4 参考文献

[1] 贾文生,向淑文.信息集广义多目标博弈弱Pareto-Nash平衡点的存在性和稳定性[J].运筹学学报,2015,19(1):9-17.

[2] 何基好,向淑文,贾文生,等.基于有限理性的信息集广义多目标博弈[J].深圳大学学报:理工版,2018,35(1):105-109.

[3] Samuelson P A. Consumption theory in terms of revealed preference[J]. Economica,1948,15(60):243-253.

[4] 宋雪丽,王绪柱.模糊全序及偏序结构[J].模糊系统与数学,2006,20(3):47-53.

[5] 刘常青,郭耀煌.格序偏好关系及其偏好结构研究[J].系统工程学报,2000,51(4):352-355.

[6] 利奥尼德·赫维茨,斯坦利·瑞特.经济机制设计[M].田国強,费建平,陆梏利,等译.上海:格致出版社,上海三联书店,上海人民出版社,2009.

[7] Fort M K. Essential and nonessential fixed points[J]. Amer J Math,1950,72(2):315-322.

[8] 卢美华,肖莉娜,左勇华.向量参变量的约束集族最大元的通有稳定性[J].数学的实践与认识,2019,49(13):239-244.

[9] 俞建.博弈论与非线性分析[M].北京:科学出版社,2008.

[10] 左勇华.集合族交运算的上半连续性和公共元的通有稳定性[J].江西师范大学学报:自然科学版,2012,36(1):67-70.

[11] 翁贤杰,张恩琴,曾开.江西省高校科技成果转化存在的问题与对策研究[J].科技广场,2020(2):14-19.

(下转第632页)

与趋势[M].北京:机械工业出版社,2018:1-68.

[42] CCF 软件工程专业委员会.软件分析:技术、应用与趋势[M].北京:机械工业出版社,2016:56-114.

[43] 张健,张超,玄跻峰,等.程序分析研究进展[J].软件学报,2019,30(1):80-109.

[44] 马晓星,刘譞哲,谢冰,等.软件开法方法发展回顾与展望[J].软件学报,2019,30(1):3-21.

[45] 王戟,詹乃军,冯新宇,等.形式化方法概貌[J].软件学报,2019,30(1):33-61.

The Derivation and Formal Proof of Binary Tree Sorting Non-Recursive Algorithm

ZUO Zhengkang[1],FANG Yue[1],HUANG Qing[1],LIAO Yunyan[1],WANG Yuan[2],WANG Changjing[1*]

(1. College of Computer Information Engineering,Jiangxi Normal University,Nanchang Jiangxi 330022,China;

2. College of Software,Jiangxi Normal University,Nanchang Jiangxi 330022,China)

Abstract: The development of loop invariants for recursive problems of nonlinear data structures are always difficult problems in formal development. In this paper,an approach for the derivation and formal proof of binary tree non-recursive algorithm are researched,and the non-recursive Apla (Abstract Programming Language) algorithm of binary tree sorting algorithm and its exact and simple loop invariant are derived. Then,the correctness of the algorithm is proved by Dijkstra-Gries standard proving technique. In the end,the PAR platform C++ program automatic generation system automatically generates C++ code. The experimental results of the example simplify the derivation and proof of the algorithm program and are useful for the direction for the exploration of loop invariant of non-recursive algorithm for recursive problems,which has guiding significance for the formal proof of algorithm program for nonlinear data structure.

Key words: binary tree class non-recursive algorithm; loop invariant; PAR platform; Dijkstra-Gries standard proving technique; nonlinear data structure

(责任编辑:冉小晓)

(上接第 624 页)

The Generic Stability of Common Element under Information Constraint of Set-Valued Preference

LU Meihua[1],WENG Xianjie[2]

(1. School of Science,Jiangxi University of Technology,Nanchang Jiangxi 330022,China;

2. Institute of Scientific and Technical Information of Jiangxi Province,Nanchang Jiangxi 330046,China)

Abstract: In order to use the set-valued mapping method to describe preferences,the set-family common element is proposed,and some stability results of the set-family common element under the information constraint mechanism are studied. The equal continuity in the information mechanism is proposed,and generic stability conclusion of the common element under the set-valued preference information constraint is obtained. This research is of great significance,especially when the incomplete information expansion game is equivalently generalized,the strategy chain is more complicated,and the common element of a set family can initially deal with the information mechanism problem under the information constraint.

Key words: information constraint; common element of a set family; generic stability

(责任编辑:曾剑锋)