

文章编号: 1001-0920(2002)03-0264-05

复杂系统的质量生存可达性决策

叶明确, 张世英

(天津大学 管理学院, 天津 300072)

摘要: 为进一步刻画复杂系统的有限理性决策, 在复杂系统生存可达性决策的基础上, 引入生存质量函数, 提出质量生存可达性决策的概念, 并给出了质量生存可达性决策存在的充要条件。讨论了复杂系统质量生存可达性决策的一般特点和决策方法。

关键词: 复杂系统; 生存可达性决策; 生存质量函数

中图分类号: C 934

文献标识码: A

Quality viability reachable decision of complex system

YE Ming-que, ZHANG Shi-ying

(Management School, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: On the basis of viability reachable decision of complex systems, a viability quality function is introduced, and a new concept of quality viability reachable decision is proposed to characterize limited rational decision. Necessary and sufficient conditions of existence for quality viability reachable decision are given. General features and decision making of quality viability reachable decision are discussed.

Key words: complex system; viability reachable decision; viability quality function

1 问题的提出

复杂系统生存决策研究的是如何保持系统的生存性问题。当系统不生存时, 需要考虑系统如何尽快恢复生存和能否恢复生存。出现系统不生存的情况有两种可能: 一种是系统原本就是不生存的, 生存性是决策目标, 决策者希望系统达到这个生存目标; 另一种是系统原本是生存的, 但由于某种原因(如环境的突然变化或决策者突然改变了生存要求)致使系统突然发生改变, 不再生存, 这时决策者考虑的是系统能否恢复生存和如何尽快恢复生存。

生存可达性决策研究的不是如何保持系统的生存性问题, 而是能否实现(或恢复)系统的生存性问

题。它是建立在 Aubin 和 Quincampoix 等人对生存核和不变核研究基础上^[1-3]。在实际决策中, 虽然系统没有通常意义上的最优目标, 但决策者一般也不会仅仅满足于决策系统生存。在这种情况下, 本文提出了质量生存可达性决策。它通过引入生存质量函数进一步刻画系统的生存状态, 使决策者有一个较为具体的决策依据。决策目标不仅是系统实现生存, 而且是系统的生存状态达到一定的质量要求。所以, 质量生存可达性决策实质上研究的是满意决策可实现性的问题。

2 生存可达性决策

收稿日期: 2001-04-05; 修回日期: 2001-06-26

基金项目: 国家自然科学基金项目(69874028)

作者简介: 叶明确(1974—), 女, 安徽滁州人, 博士生, 从事社会经济系统分析等研究; 张世英(1936—), 男, 北京人, 教授, 博士生导师, 从事社会经济系统建模与调控等研究。

对于复杂系统, 一般决策系统 (U, f) 用微分包含描述如下

$$\begin{cases} \text{a. e. } t & 0, x(t) = f(x(t), u(t)) \\ u(t) & U(x(t)) \end{cases} \quad (1)$$

或等价地

$$\begin{cases} \text{a. e. } t & 0 \\ x(t) & F(x(t)) \triangleq f(x(t), U(x(t))) \end{cases} \quad (2)$$

这里, $x \in X$ 是系统状态变量, $u \in Z$ 是决策者的决策变量。其中, $f: \text{Graph}(U) \rightarrow X$ 表示系统动态的单值映射, 它赋予每个状态控制对 (x, u) 一个状态速度 $f(x, u)$; 集值映射 $U: X \rightarrow Z$ 是“先验反馈”, 描述一个依赖于系统状态的决策约束; F 集值映射是由 U 和 f 共同形成的, $F(x)$ 表示系统状态为 x 时可能的状态速度集合。对于某一决策量 $u(\cdot)$, 决策系统的解(或轨线)是满足式(1)的绝对连续函数 $x(\cdot)$ 。解映射 S_F 是从初始点空间映射到解空间的集值映射, $S_F(x)$ 表示初始点为 x 的所有解(或称从 x 点出发的所有轨线)的集合。

生存可达性决策是建立在对生存域、生存核及不变核的研究基础上的。以下讨论的基本概念和结论都是基于下面的微分包含系统

$$\text{a. e. } t \geq 0, \dot{x}(t) \in F(x(t)) \quad (3)$$

满足初值条件 $x(0) = x_0$ 。

下面简要介绍一些讨论中必需的基本概念。这些概念是: 生存函数、生存性、不变性、生存域和不变域^[1, 4]。

1) 令 K 为有限维向量空间 X 中的子集, 函数 $x(\cdot): [0, T] \rightarrow X$ 在 K 中生存, 是指 $\forall t \in [0, T], x(t) \in K$;

2) 称子集 K 在 F 下生存(或对 F 具有生存性), 是指对 K 中任意初始状态 x_0 , 微分包含(3)有一个以 x_0 为起始点并在 K 中生存的解;

3) 称子集 K 在 F 下是不变的(或对 F 具有不变性), 是指对 K 中任意初始状态 x_0 , 微分包含(3)的所有解都在 K 中生存;

4) 称子集 $K \subset \text{Dom}(F)$ 是 F 的生存域, 当且仅当 $\forall x \in K, F(x) \cap T_K(x) \neq \emptyset$;

5) 称子集 $K \subset \text{Dom}(F)$ 是 F 的不变域, 当且仅当 $\forall x \in K, F(x) \subset T_K(x)$, 其中 $T_K(x)$ 是在 x 点对 K 的相依锥^[1]。

生存定理^[1]指出, 当 F 是 Marchaud 集值映射时, 闭生存域具有生存性。而当 K 不是生存域时, 生存核存在定理^[2]指出, 当 F 是 Marchaud 集值映射时, 闭集 K 中存在一个最大的闭生存域——生存

核, 记为 $\text{Viab}_F(K)$ 或 $\text{Viab}(K)$ 。从生存核中的每一点出发, 都至少存在一个在 K 中生存的解。

不变定理^[1]指出, 当 F 是 Lipschitz 集值映射时, 闭不变域具有不变性。而当 K 不是不变域时, 不变核存在定理^[2]指出, 当 F 是 Lipschitz 集值映射时, 闭集 K 中存在一个最大的闭不变域——不变核, 记为 $\text{Inv}_F(K)$ 或 $\text{Inv}(K)$ 。从不变核中的每一点出发, 所有的解都在 K 中生存。

在 Aubin 等人研究的基础上, Quincampoix 着重研究了生存核和不变核的边界。关于生存核和不变核的边界有如下两个定理:

定理 1^[3](生存核半透性定理) 设 $F: X \rightarrow X$ 是一个严格的 Marchaud 映射且 $K \subset X$ 是一个闭子集, 假定解映射 S_F 从 K 到 $C(0, \cdot; X)$ 是下半连续的, 且 K 的生存核包含在 K 集内部。称生存核是半透性的, 是指若 $x \in \partial \text{Viab}_F(K)$, 则所有在 K 中生存的解 $x(\cdot) \in S_F(x)$ 仍停留在生存核的边界内。

定理 2^[3](不变核边界的生存性) 设 $F: X \rightarrow X$ 是一个严格的 Marchaud 映射且 $K \subset X$ 是一个闭子集, 假定解映射 S_F 从 K 到 $C(0, \cdot; X)$ 是下半连续的, 且 K 的不变核包含在 K 集内部。则边界 $x \in \partial \text{Inv}_F(K)$ 在 F 下是生存的。

设 Ω 是状态空间 X 中的一个开目标集, $X \setminus \Omega$ 是目标余集。生存可达性决策研究的是: 首先是在何种区域内, 决策者存在生存可达策略使得决策系统的轨线能到达生存目标集; 其次是如果生存可达策略存在, 生存可达策略是什么或具有什么特征。参照文献[2]中命题 5.2, 引入下述符号

$$\begin{cases} \text{Def}_F(\Omega) \triangleq \text{Inv}_F(X \setminus \Omega) \\ \text{Stal}_F(\Omega) \triangleq \text{Viab}_F(X \setminus \Omega) \setminus \text{Inv}_F(X \setminus \Omega) \\ \text{Vict}_F(\Omega) \triangleq X \setminus \text{Viab}_F(X \setminus \Omega) \end{cases} \quad (4)$$

将生存核和不变核的有关概念和定理直接用到目标余集上, 并考虑策略选择问题, 便可得到如下定理:

定理 3(生存可达性决策定理) 对于 Marchaud 决策系统 (U, f) (U 是闭集值映射, f 是连续函数), F 是 Lipschitz 映射, Ω 是状态空间 X 内的一个开目标集, 则有:

- 1) $\text{Def}_F(\Omega)$ 是失败域: $\forall x_0 \in \text{Def}_F(\Omega)$, 不存在生存可达策略使从 x_0 出发的轨线能到达目标集。
- 2) $\text{Vict}_F(\Omega)$ 是胜利域: $\forall x_0 \in \text{Vict}_F(\Omega)$, 存在生存可达策略映射 $R_{\Omega} x_0 \in \text{Vict}_F(\Omega) \rightarrow U(x) \subset Z$ 。生存策略映射 R_{Ω} 中的任何一个选择 r_{Ω} 都是一个生存可达策略。

3) $\text{Stal}_F(\Omega)$ 是僵局域: $\forall x_0 \in \text{Stal}_F(\Omega)$, 存在一个生存可达策略 $r_{\Omega, x_0}: x \in \text{Stal}_F(\Omega) \rightarrow r_{\Omega, x_0}(x) \in U(x)$, 使从 x_0 出发的轨线能到达目标集, 且此生存可达策略满足: 至少存在一个 $x_1 \in \text{Stal}_F(\Omega)$, 使得 $f(x_1, r_{\Omega, x_0}(x_1)) \notin T_{X \setminus \Omega}(x_1)$; 也存在一个策略, 使从 x_0 点出发的轨线永远不能到达目标集。

4) $\partial \text{Viab}_F(X \setminus \Omega)$ 是界栅: $\forall x_0 \in \partial \text{Viab}_F(X \setminus \Omega)$, 即存在一个生存可达策略 r_{Ω, x_0} , 使从 x_0 点出发的轨线能在有限时间内达到目标集; 不能到达目标集的轨线是在界栅中生存的, 不存在任何策略使轨线进入 $\text{Stal}_F(\Omega)$ 内部。

5) $\partial \text{Def}_F(\Omega)$ 在 F 下是生存的。

证明略。

3 质量生存可达性决策

从上节的分析可以看出, 决策者在决策时缺乏具体的依据。例如在失败域中, 失败的根本原因可能是目标定得太高, 需要降低目标。不过对于一个只区分生存和死亡状态的系统而言, 降低目标的策略具体执行依据是什么? 又如系统在没有达到生存目标以前实际上都是处于“死亡”状态, 显然决策者需要知道的不仅仅如此, 他需要判断目前状态距离目标状态有多远? 即“死亡”的“程度”是在加深还是有所缓解(“生存”和“死亡”的相互转化是一个渐变过程)。因此本文引入了生存质量的概念。生存质量是系统生存状态水平的度量与表征, 用正实数表示。由于实数具有排序的唯一性, 所以通过生存质量, 系统状态之间便具有可比性。决策者也有了具体的决策依据。

定义 1(生存质量函数) 称从系统状态空间 X 映射到生存质量空间 R_+ (R_+ 为不包含 $+$ 的正实数) 的函数 $W: x \in X \rightarrow W(x) \in R_+$, 为定义在子集 $M \subset X$ 上的生存质量函数。这里 $M = \{x \in X \mid W(x) > 0\}$, 并记 W 的定义域 $\text{Dom}(W) = M$ 。

由该定义可知, 生存质量函数定义域 M 之外的状态都是死亡状态; 定义域内的状态是生存状态, 各生存状态具有一个实数值表征的生存质量的不同。有了生存质量函数, 决策者就可以确定满意目标。决策者的满意目标是使系统的生存质量超过一个时变下限 $W(t)$ 。生存质量可达性决策研究的是下面的质量生存目标能否达到或恢复的问题。

定义 2(质量生存目标与目标集) 对于决策系

统 (U, f) , 给定生存质量下限函数 $w(\cdot): t \in [0, +\infty) \rightarrow w(t) \in R_+$, 它是微分方程 $\dot{w}(t) = \rho(w(t))$ 的解, 其中 $\rho: R_+ \rightarrow R$ 是一个给定的线性增长的 Lipschitz 连续函数。定义质量生存目标集为一个时变的开集合 $\Omega(t) = \{x \in X \mid W(x) > w(t)\}, t \geq 0$ 。则对一个在 t_0 时刻从 $x_0 = x(t_0)$ 出发的轨线, 设其初始生存质量满足 $W(x_0) > w(t_0)$, 它能到达质量生存目标是指: 存在时刻 $T > t_0$, 使得轨线状态 $x(T) \in \Omega(T)$, 即轨线状态的生存质量满足 $W(x(T)) > w(T)$ 。

从该定义可以看出系统的生存质量要求是随时间变化的。一个不断变化的目标可能给决策者带来更大的决策难度, 但这也更加符合实际决策需要。下面提出质量生存决策系统的定义。

定义 3(质量生存决策系统) 将赋予生存质量函数 $W(\cdot)$ 、生存质量下限函数 $w(\cdot)$ 以及质量生存目标的决策系统 (U, f) 定义为质量生存决策系统 (U, f, W, w) 。它由以下几个部分组成:

- 1) 系统微分包含: 对 a. e. $t \geq 0, x(t) \in F(x(t)) \triangleq f(x(t), U(x(t)))$;
- 2) 生存质量下限函数 $w(\cdot): t \in [0, +\infty) \rightarrow w(t) \in R_+$, 它是微分方程 $\dot{w}(t) = \rho(w(t))$ 的解, 其中 $\rho: R_+ \rightarrow R$ 是一个给定函数;
- 3) 初始条件: $x(0) = x_0, w(0) = w_0, W(x_0) > w_0$;
- 4) 质量生存目标集: $\Omega(t) = \{x \in X \mid W(x) > w(t)\}, t \geq 0$;
- 5) 质量生存目标余集: $K(t) = X \setminus \Omega(t)$;
- 6) 质量生存目标: $\forall t \geq 0, x(t) \in \Omega(t)$ 。

称质量生存可达性决策系统 (U, f, W, w) 是 Marchaud 系统, 如果系统满足: 1) U 是闭集值映射; 2) f 和 ρ 是连续函数; 3) 速度子集 $F(x)$ 是凸集; 4) U, f 和 ρ 具有线性增长。

下面给出讨论中涉及的一些概念。函数 W 的上图 $\mathfrak{G}(W) = \{(x, \lambda) \mid W(x) \leq \lambda\}$, 函数 W 的下图 $H_p(W) = \{(x, \lambda) \mid W(x) \geq \lambda\}$ 。可见, 函数 W 的图是其上、下图的交集。

定理 4(决策系统等价定理) 质量生存决策系统 (U, f, W, w) 与下面的拓展决策系统 (G, W) 是等价的。拓展决策系统定义为:

- 1) 系统微分包含: 对 a. e. $t \geq 0, (x(t), w(t)) \in G(x, w) = F(x) \times \{\rho(w)\}$;
- 2) 初始条件: $x(0) = x_0, w(0) = w_0, (x_0, w_0) \in H_p(w)$;

3) 生存目标集 Ω : 生存质量函数 W 的下图内部 $\text{int}(H_\rho(W))$;

4) 生存目标余集: $K = \{X \times R_+\} \setminus H_\rho(W) = \mathcal{C}_\rho(W)$;

5) 生存目标: $\forall t \geq 0, (x(t), w(t)) \in \text{int}(H_\rho(W))$ 。

拓展决策系统 (G, W) 中的 G 集值映射是 Marchaud 映射, 当且仅当质量生存可达性决策系统 (U, f, W, w) 是 Marchaud 系统。

证明 拓展系统的微分包含由定义 3 的 1) 和 2) 部分综合得到, 拓展决策系统定义中的 2) ~ 5) 部分由定义 3 中的 3) ~ 6) 部分通过下图定义得到。比较 Marchaud 质量生存可达性决策系统 (U, f, W, w) 和 Marchaud 决策系统条件, 可知 F 集值映射是 Marchaud 映射。由定义 3 中条件 2) 和 4), 知 ρ 是线性增长的连续函数 (即 Marchaud 单值映射)。所以 $G(x, w) = F(x) \times \{\rho(w)\}$ 是 Marchaud 映射。

由定理 4 知, 质量生存决策系统 (U, f, W, w) 与拓展决策系统 (G, W) 是等价的, 因而质量生存决策系统的质量生存可达性决策就是拓展系统的生存可达性决策。拓展决策系统中的目标余集是生存质量函数 W 的上图 $\mathcal{C}_\rho(W)$ 。对于上图 $\mathcal{C}_\rho(W)$ 在 G 映射下的生存核和不变核, 有以下两个引理 (证明略)。

引理 1 (拓展决策系统中目标余集生存核定理) 假定拓展决策系统中的 G 映射是 Marchaud 集值映射, 则生存质量函数 W 上图 $\mathcal{C}_\rho(W)$ 存在一个生存核, 且该核是另一函数 W^* 的上图 $\mathcal{C}_\rho(W^*)$ 。其中函数 W^* 是大于生存质量函数 W 且满足

$$\begin{cases} \forall z \in \text{Dom}(\tilde{W}) \\ \inf_{v \in F(x)} D \tilde{W}(x)(v) - \rho(\tilde{W}(x)) \geq 0 \end{cases} \quad (5)$$

的最小下半连续函数。

引理 2 (拓展决策系统中目标余集不变核定理) 假定拓展决策系统中的 G 映射是 Lipschitz 集值映射, 则生存质量函数 W 上图 $\mathcal{C}_\rho(W)$ 存在一个不变核, 且此不变核是另一函数 W^0 的上图 $\mathcal{C}_\rho(W^0)$ 。其中函数 W^0 是大于生存质量函数 W 且满足

$$\begin{cases} \forall z \in \text{Dom}(\tilde{W}) \\ \sup_{v \in F(x)} D \tilde{W}(x)(v) - \rho(\tilde{W}(x)) \leq 0 \end{cases} \quad (6)$$

的最小下半连续函数。

有了拓展决策系统的目标余集生存核和不变核, 引入下述符号

$$\begin{cases} \text{Def}_c(\Omega) \triangleq \text{Invc}(\bar{K}) \\ \text{Stal}_c(\Omega) \triangleq \text{Viabc}(\bar{K}) \setminus \text{Invc}(\bar{K}) \\ \text{Vict}_c(\Omega) \triangleq \{X \times R_+\} \setminus \text{Viabc}(\bar{K}) \end{cases} \quad (7)$$

由于质量生存决策系统与拓展系统是等价系统, 故可得到如下定理:

定理 5 (质量生存可达性定理) 对 Marchaud 质量生存可达性决策系统 $(U, f, W, w), F$ 是 Lipschitz 映射, ρ 是 Lipschitz 连续函数。则有:

1) $\text{Def}(t) \triangleq \{x \in X \mid W^0(x) \leq w(t)\}$ 是失败域: $\forall x_0 \in \text{Def}(t_0)$, 不存在质量生存可达策略, 使从 x_0 出发的轨线能到达质量生存目标集。

2) $\text{Vict}(t) \triangleq \{x \in X \mid W^*(x) > w(t)\}$ 是胜利域: $\forall x_0 \in \text{Vict}(t)$, 存在质量生存可达策略映射 $R_t: x \in \text{Vict}(t) \rightarrow U(x) \subset Z$ 。质量生存策略映射 R_t 中的任何一个选择 r_t 都是一个质量生存可达策略。

3) $\text{Stal}(t) \triangleq \{x \in X \mid W^*(x) \leq w(t) < W^0(x)\}$ 是僵局域: $\forall x_0 \in \text{Stal}(t)$, 存在一个质量生存可达策略 $r_{x_0, t}: x \in \text{Stal}(t) \rightarrow U(x)$, 且此质量生存可达策略满足: 至少存在一个 $x_1 \in \text{Stal}_F(t)$, 使得 $D W(x_1)(f(x_1, r_{x_0, t}(x_1))) - \rho(W(x_1)) > 0$; 也存在一个策略使从 x_0 点出发的轨线永远不能到达质量生存目标集。

4) $\text{Barr}(t) \triangleq \{x \in X \mid W^*(x) = w(t)\}$ 是界栅: $\forall x_0 \in \text{Barr}(t)$, 存在一个质量生存可达策略 r_{Ω, x_0} , 使从 x_0 点出发的轨线能在有限时间内实现质量生存目标; 不能实现质量生存目标的轨线是在界栅中生存的, 不存在任何策略使轨线进入 $\text{Stal}(t)$ 内部。

证明 Marchaud 质量生存可达性决策系统 (U, f, W, w) 中的 F 是 Lipschitz 映射, ρ 是线性增长的 Lipschitz 连续函数。则拓展决策系统 (G, W) 中的 G 集值映射 $G(x, w) = F(x) \times \{\rho(w)\}$ 是 Lipschitz 映射, 拓展决策系统 (G, W) 满足定理 3 的条件。

1) 失败域: 根据定理 3, 拓展决策系统 (G, W) 的失败域 $\text{Def}_c(\Omega) \triangleq \text{Invc}(\bar{K})$ 。根据引理 2, 不变核 $\text{Invc}(\bar{K})$ 为函数 W^0 的上图 $\mathcal{C}_\rho(W^0)$ 。根据定理 4, 质量生存可达性决策系统 (U, f, W, w) 的失败域为 $\text{Def}(t)$ 。 $\forall x_0 \in \text{Def}(t_0)$, 不存在质量生存可达策略使从 x_0 出发的轨线能到达质量生存目标集。

2) 胜利域: 根据定理 3, 拓展决策系统 (G, W) 的胜利域为 $\text{Vict}_c(\Omega)$ 。根据引理 1, $\text{Viabc}(\bar{K}) = \mathcal{C}_\rho(W^*)$ 。从而 $\text{Vict}_c(\Omega) = \{X \times R_+\} \setminus \mathcal{C}_\rho(W^*) = \{(x, w) \mid W^*(x) > w\}$ 。根据定理 4, 质量生存可达性决策系统 (U, f, W, w) 的胜利域是 $\text{Vict}(t)$ 。 $\forall x_0 \in \text{Vict}(t)$, 存在质量生存可达策略映射 $R_t: x \in \text{Vict}(t) \rightarrow U(x) \subset Z$ 。质量生存策略映射 R_t 中的任何一个选择 r_t 都是一个质量生存可达策略。

3) 僵局域: 根据定理 3, 拓展决策系统 (G, W)

的僵局域为 $\text{Stal}_c(\Omega)$ 。根据引理 1 和引理 2, $\text{Stal}_c(\Omega) = \{(x, w) \mid W^*(x) - w < W^0(x)\}$ 。根据定理 4, 质量生存可达性决策系统 (U, f, W, w) 的胜利域是 $\text{Stal}(t), \forall x_0 \in \text{Stal}(t)$, 存在一个质量生存可达策略 $r_{x_0, t}: x \in \text{Stal}(t) \mid r_{x_0, t}(x) \in U(x)$, 且此质量生存可达策略满足: 至少存在一个 $x_1 \in \text{Stal}_f(t)$, 使得 $D W(x_1)(f(x_1, r_{x_0, t}(x_1))) - \rho(W(x_1)) > 0$; 也存在一个策略使从 x_0 点出发的轨线永远不能到达质量生存目标集。

4) 界栅: 根据定理 3, 拓展决策系统 (G, W) 的界栅为 $\partial(\text{Viab}(K))$ 。根据引理 1, 界栅为 $\{(x, W) \mid W^*(x) = w\}$ 。根据定理 4, 质量生存可达性决策系统 (U, f, W, w) 的界栅为 $\text{Barr}(t), \forall x_0 \in \text{Barr}(t)$, 存在一个质量生存可达策略 r_{Ω, x_0} , 使从 x_0 点出发的轨线能在有限时间内实现质量生存目标; 不能实现质量生存目标的轨线是在界栅中生存的, 不存在任何策略使轨线进入 $\text{Stal}(t)$ 内部。

4 质量生存可达性决策与生存可达性决策的比较

(1) 相同点

状态空间的区域划分类型是相同的, 也分为失败域、僵局域、胜利域和目标域。僵局域将失败域和胜利域分开, 界栅在僵局域和胜利域之间。

(2) 不同点

1) 质量生存可达性决策的状态空间的区域划分是时变的;

2) 在某一时刻, 状态空间一般存在多个同类区域, 如多个目标域或多个失败域等;

3) 当生存质量下限提高时, 目标域变小, 失败域变大, 僵局域移动, 胜利域变小; 当生存质量下限降低时, 目标域变大, 失败域变小, 僵局域移动, 胜利域变小。

反映在决策者的策略上, 有如下特点:

(1) 策略的相同点

决策者在各个域内的策略重点基本相同。当系统处于失败域时, 决策者不存在可到达目标的策略, 唯一能做的就是重新审视目前的生存目标, 看目标是否有改变的可能性, 如果没有, 则决策者只能主动放弃; 当系统处于胜利域时, 决策者具有一个集值映

射形式的策略集, 决策重点是如何选择对应某一特定类型轨线的特定策略, 如要求状态变化最小的慢解, 或要求控制量能不变就不变的惰性解等^[2]; 当系统处于僵局域时, 决策者首先考虑确保系统能走出僵局, 等到穿过界栅进入胜利域后再考虑策略选择的问题。

(2) 策略的不同点

1) 决策者的策略选择更加灵活, 因为系统区域划分是时变的, 某一时刻处于失败域的点在下一时刻可能成为僵局域的点, 某一时刻处于僵局域的点在下一时刻可能成为胜利域的点。选择合适的时机可能成为决策者制胜的关键因素。

2) 当系统状态处于失败域时, 决策者重新审视目标有了具体的含义和依据。失败域中的目标改变是指降低质量生存下限函数的值。由上述区域划分特点可知, 此时失败域会变小, 失败域中的一些状态点会转变成僵局域中的点。因而决策者可根据目前系统状态推知生存质量要求至少应降低多少, 再看这个最低要求能否满足。

与生存可达决策的决策者相比, 质量生存可达决策的决策者面对的是看似复杂的局面, 目标集在时刻变化, 各个区域的大小和位置也随时间变化。但他的策略选择也更加灵活, 适当的决策时机将成为制胜的一个关键因素, 而且决策者有了一个更有力的决策依据——质量生存函数, 它可帮助决策者了解目前状态的“生存程度”或“死亡程度”, 并在重新制定目标过程中发挥重要作用。总之, 质量生存决策更好地刻画了复杂系统中有限理性的目标决策和决策者。

参考文献(References):

- [1] J P Aubin. Viability theory: Systems and control [M]. Boston: Birkhauser, 1991.
- [2] M Quincampoix. Differential inclusions and target problems [J]. SIAM J Control Optim, 1992, 30(2): 324-335.
- [3] H Frankowska, M Quincampoix. Viability kernels of differential inclusions with constraints: Algorithm and applications [J]. J of Mathematic Systems Estimation Control, 1991, 1(3): 371-388.
- [4] J P Aubin. Dynamic economic theory: A viability approach [M]. Berlin: Springer-Verlag, 1997.