XKF：一种以执行为先的最小形式系统

Kaifan XIE

2026.02.07

1 目的与范围

本文定义一个形式系统，记为 **XKF**，用于刻画满足以下约束的系统：

- 系统状态仅能通过执行过程生成；
- 命名是一种回溯操作，只能作用于已生成的状态；
- 统计结构用于总结执行历史，而不生成系统行为。

XKF 不定义目标函数、最优性、价值判断或规范性指导。它是一个纯结构性、描述性的形式系统。

2 对象域与记号

2.1 基本集合

- W：状态集合
- A：执行集合（动作或过程）
- T：时间集合，带全序关系 $<$
- N：命名集合（标签或标识符）
- S：统计或结构描述集合

2.2 基本函数

执行函数

$$E : W \times A \times T \to W$$

命名函数

$$\Lambda : W \to \mathcal{P}(N)$$

统计函数

$$\Sigma : \mathcal{H} \to S$$

其中 $\mathcal{H}$ 表示执行历史的集合。

3 执行历史

3.1 执行事件

一次执行事件定义为三元组：

$$\epsilon = (a, t, w')$$

其中

$$w' = E(w, a, t)$$

3.2 历史（轨迹）

给定初始状态 w_0，一次有限执行历史定义为序列：

$$h = \langle (w_0), \epsilon_1, \epsilon_2, \ldots, \epsilon_k \rangle$$

并满足时间单调性：

$$t_1 < t_2 < \cdots < t_k$$

记 $\mathcal{H}$ 为所有此类有限历史的集合。

定义投影函数：

$$\mathrm{last}(h) = w_k$$

表示历史 h 的末状态。

4 公理

4.1 公理 A1（执行优先）

$$\forall w \in W,\ \forall n \in \Lambda(w) : \exists h \in \mathcal{H} \text{ 使得 } \mathrm{last}(h) = w$$

解释：命名只能作用于能够由执行历史到达的状态。

4.2 公理 A2（命名非生成性）

执行函数不依赖命名：

$$E(w, a, t) \text{ 在定义上与 } N \text{ 无关}$$

等价地，不存在函数 F 使得：

$$E(w, a, t) = F(w, a, t, \Lambda(w))$$

解释：命名不参与状态生成。

4.3 公理 A3（统计的回溯性）

$$\Sigma : \mathcal{H} \to S$$

并且允许存在：

$$\exists h_1, h_2 \in \mathcal{H} \text{ 使得 } \mathrm{last}(h_1) = \mathrm{last}(h_2)\ \wedge\ \Sigma(h_1) \neq \Sigma(h_2)$$

解释：统计描述的是执行路径，而不仅是最终状态。

4.4 公理 A4（结构退耦）

定义描述层为:

$$\mathcal{D} := (N, S, \Lambda, \Sigma)$$

要求不存在从描述层到执行函数的映射:

$$\mathcal{D} \nrightarrow E$$

解释：描述结构不得对执行逻辑形成约束或反馈。

5 推理规则

5.1 规则 R1（命名回填）

$$h \in \mathcal{H} \Rightarrow \Lambda(\mathrm{last}(h)) \text{ 是良定义的}$$

5.2 规则 R2（统计抽取）

$$h \in \mathcal{H} \Rightarrow \Sigma(h) \text{ 是良定义的}$$

5.3 规则 R3（禁止反向推导）

$$(\Lambda(w), \Sigma(h)) \nRightarrow \text{关于 } E \text{ 的任何约束}$$

任何试图从命名或统计推导执行规则的推理，在 XKF 中均视为无效。

6 语义定义

6.1 命名有效性

$$\mathrm{Valid}(n, w) \stackrel{\mathrm{def}}{=} n \in \Lambda(w)$$

该谓词仅表示命名已被回填到状态 w，不蕴含正确性。

6.2 正确性的外部化

XKF 不在系统内部定义正确性。如有需要，可由外部给定集合 $W_{\mathrm{ok}} \subseteq W$:

$$\mathrm{Correct}(w) \stackrel{\mathrm{def}}{=} w \in W_{\mathrm{ok}}$$

该扩展不改变 XKF 的任何公理。

7 元性质

7.1 非闭合性

由于描述层不能对执行形成反向约束（公理 A2、A4 及规则 R3），XKF 无法在系统内部形成自生成或自修正的闭环。

7.2 被动演化性

给定不断增长的历史序列 $h_1, h_2, \ldots$，允许描述结构按如下方式演化：

$$\Lambda_{k+1} = \Lambda_k \cup \Lambda(\mathrm{last}(h_{k+1}))$$

$$\Sigma_{k+1} = \Sigma_k \cup \{\Sigma(h_{_{k+1}})\}$$

该演化不会影响执行函数 E。

7.3 去自指性

由于不存在从描述结构到执行逻辑的反馈路径，系统中不存在自指回路。

8 一致性要求

一个实现当且仅当满足以下条件时，视为符合 XKF：

- 执行逻辑不读取命名或统计作为输入；
- 命名仅基于已观测到的状态或历史；
- 统计仅基于执行日志或历史；
- 不允许基于命名或指标修改执行规则。

9 最小示例

设：

$$w_1 = E(w_0, a_1, t_1), \quad w_2 = E(w_1, a_2, t_2)$$

形成历史 h。
允许：

- 定义 $\Lambda(w_2)$；
- 抽取 $\Sigma(h)$。

禁止：

- 从 $\Lambda(w_2)$ 或 $\Sigma(h)$ 推导或修改 E。

10 冻结核心

以下内容构成 XKF 的不可移除核心：

- 公理 A1–A4；
- 规则 R3；
- 执行与描述之间的结构退耦。

允许扩展命名语言或统计结构，但不得引入任何对执行函数的反向约束。