这是基于gesture\_recognizer.py 文件的手势状态转换表和内部状态（state）转换表。

**手势状态转换表 (Gesture-centric)**

这张表从用户的**手势动作**出发，描述了一个动作序列会触发哪些被识别的**手势（Gesture）**。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **起始手势** | **用户动作** | **结束/中间手势** | **备注** |
| (任意) | **失去手部追踪** | GESTURE\_DRAG\_DROP | 仅在正在拖拽时发生 |
| GESTURE\_NONE | **捏合 (食指与拇指捏合)** | GESTURE\_NONE | 进入 PINCH\_DETECTED 状态，等待后续动作 |
| GESTURE\_NONE | **快速捏合后松开** | GESTURE\_LEFT\_CLICK | 完整的单击手势 |
| GESTURE\_LEFT\_CLICK | **在短时间内再次捏合** | GESTURE\_DOUBLE\_CLICK | 完整的双击手势 |
| GESTURE\_NONE | **捏合不放，并保持一小段时间** | GESTURE\_DRAG\_START | 开始拖拽 |
| GESTURE\_DRAG\_START | **保持捏合并移动手** | GESTURE\_DRAGGING | 正在拖拽 |
| GESTURE\_DRAGGING | **松开捏合** | GESTURE\_DRAG\_DROP | 结束拖拽 |
| GESTURE\_NONE | **稳定地张开手掌，然后快速挥动** | GESTURE\_SWIPE\_UP/DOWN/LEFT/RIGHT | 挥手动作 |
| GESTURE\_NONE | **保持握拳姿势一小段时间，然后张开手** | GESTURE\_FIST\_TO\_OPEN | 握拳到张手的切换手势 |
| GESTURE\_NONE | **保持张手姿势一小段时间，然后握拳** | GESTURE\_OPEN\_TO\_FIST | 张手到握拳的切换手势 |
| GESTURE\_NONE | **伸出食指（其他手指弯曲）并移动** | GESTURE\_MOUSE\_MOVING | 鼠标移动 |
| GESTURE\_NONE | **伸出中指或“赞”手势，并上下移动** | GESTURE\_SCROLL\_UP / GESTURE\_SCROLL\_DOWN | 滚动 |

**内部状态转换表 (state-centric)**

这张表详细描述了代码内部**状态机**的运转逻辑，更偏向技术实现。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **当前状态 (Current State)** | **触发条件 (Trigger Condition)** | **输出手势 (Output Gesture)** | **下一个状态 (Next State)** |
| STATE\_IDLE | 做出“赞”姿势并保持 | GESTURE\_NONE | STATE\_THUMBS\_UP\_SCROLL |
| **STATE\_IDLE** | 做出“握拳”姿势 | **GESTURE\_NONE** | STATE\_FIST\_STEADY |
| STATE\_IDLE | 做出“张手”姿势 | GESTURE\_NONE | STATE\_OPEN\_HAND\_STEADY |
| **STATE\_IDLE** | 做出“捏合”姿势 | **GESTURE\_NONE** | STATE\_PINCH\_DETECTED |
| STATE\_IDLE | 做出“食指伸出”的移动姿势 | GESTURE\_NONE | STATE\_MOUSE\_MOVING |
| **STATE\_FIST\_STEADY** | 姿势变为“张手”，且握拳时间足够长 | **GESTURE\_FIST\_TO\_OPEN** | STATE\_IDLE (重置) |
| STATE\_FIST\_STEADY | 不再是“握拳”姿势 (但未成功变为张手) | GESTURE\_NONE | STATE\_IDLE (重置) |
| **STATE\_OPEN\_HAND\_STEADY** | 姿势变为“握拳”，且张手时间足够长 | **GESTURE\_OPEN\_TO\_FIST** | STATE\_IDLE (重置) |
| STATE\_OPEN\_HAND\_STEADY | 不再是“张手”姿势 (但未成功变为握拳) | GESTURE\_NONE | STATE\_IDLE (重置) |
| **STATE\_OPEN\_HAND\_STEADY** | 手腕移动速度超过阈值 (挥手) | **GESTURE\_SWIPE\_...** | STATE\_IDLE (重置) |
| STATE\_MOUSE\_MOVING | 不再是“食指伸出”的姿势 | GESTURE\_NONE | STATE\_IDLE (重置) |
| **STATE\_MOUSE\_MOVING** | 持续保持姿势并移动 | **GESTURE\_MOUSE\_MOVING** | STATE\_MOUSE\_MOVING |
| STATE\_PINCH\_DETECTED | 捏合时间超过拖拽确认时长 | GESTURE\_DRAG\_START | STATE\_DRAGGING |
| **STATE\_PINCH\_DETECTED** | 松开捏合 | **GESTURE\_NONE** | STATE\_POSSIBLE\_DOUBLE\_CLICK |
| STATE\_POSSIBLE\_DOUBLE\_CLICK | 再次捏合 | GESTURE\_DOUBLE\_CLICK | STATE\_IDLE (重置) |
| **STATE\_POSSIBLE\_DOUBLE\_CLICK** | 超时未再次捏合 | **GESTURE\_LEFT\_CLICK** | STATE\_IDLE (重置) |
| STATE\_DRAGGING | 松开捏合 | GESTURE\_DRAG\_DROP | STATE\_IDLE (重置) |
| **STATE\_DRAGGING** | 手部追踪丢失 | **GESTURE\_DRAG\_DROP** | STATE\_IDLE (重置) |
| STATE\_DRAGGING | 持续捏合并移动 | GESTURE\_DRAGGING | STATE\_DRAGGING |
| **STATE\_SCROLL\_MODE** | 不再是中指滚动姿势 | **GESTURE\_NONE** | STATE\_IDLE (重置) |
| STATE\_SCROLL\_MODE | 中指上下移动 | GESTURE\_SCROLL\_UP/DOWN | STATE\_SCROLL\_MODE |
| **STATE\_THUMBS\_UP\_SCROLL** | 不再是“赞”姿势 | **GESTURE\_NONE** | STATE\_IDLE (重置) |
| STATE\_THUMBS\_UP\_SCROLL | 手腕上下移动 | GESTURE\_SCROLL\_UP/DOWN | STATE\_THUMBS\_UP\_SCROLL |

说明：

1. 后续可能要做的是把 gesture\_recognizer.py 中直接返回的 gesture\_data 参数

（Actionable: {gesture\_data.get('performed\_action', True / False)）**分离**至 app\_detector.py 检测到对应应用后再判断是否发生，能更好分离不同手势。

1. 目前张手到握拳的切换手势、握拳到张手的切换手势是状态转换，需要在屏幕前保持一段时间张手或握拳姿势 GESTURE\_TRANSITION\_TIME=0.05，而且由于两者动作镜像，可根据说明1来增加后续应用对应判断。目前是Open to Fist 的成功率更高。
2. 握拳时大拇指放在拳头外侧，和食指中关节对齐，拇指高度应不高于近端食指关节，避免主动导致和点赞/单击的冲突。

4、特定手势动作是否绑定键盘键位尚未测试。

5、如果认为捏合到drag的时间过长，调整 DRAG\_CONFIRM\_DURATION = 1 参数。

6、swipe动作可以正确识别，但在浏览器操作中未测试。每一个swipe识别间隔为 SWIPE\_ACTION\_DELAY=1。

7、单击双击动作建议靠近摄像机完成手势。

8、目前的状态机是有效的，可达 60 fps。

9、重中之重：请**务必将cv2的摄像机显示窗口置顶**，否则会因为切后台掉帧，导致部分手势识别失败。

10、目前 action\_controller.py 使用非阻塞式冷却检查。