# 忆阻器类脑应用研究的阶段性演进总结（2021–2025）

## 一、研究方向的持续与深化

该系列论文持续聚焦于忆阻器（Memristor）建模及其在类脑神经网络中的应用，具体体现在：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 年份 | 标题关键词 | 主要研究方向 |
| 2021 | Concise Window Function, SNN, BCPNN | 面向尖峰神经网络的忆阻器建模（非线性漂移建模） |
| 2023 | Optoelectronic Memristor, Optical Synaptic, STDP | 光电忆阻器建模，研究光诱导STDP学习 |
| 2024 | Cycle-to-Cycle Variation, Trace-STDP | 建模忆阻器写入波动性对STDP学习的影响 |
| 2025 | MemMIMO, Simulation Framework | 设计忆阻器-交叉阵列的端到端系统级仿真平台 |

## 二、研究方法的演化

### 2021年 — 基础模型优化

* 目标：设计更简洁且具备通用性的新窗口函数，增强忆阻器建模的灵活性与模拟效率。
* 方法：基于VTEAM模型；提出两个参数的窗口函数，平衡“边界效应”、“边界锁定”与“函数灵活性”；应用于三轨迹BCPNN神经网络建模，提升大规模仿真效率达5.8倍。

### 2023年 — 引入光电刺激

* 目标：构建能响应光脉冲的忆阻器模型以实现STDP类学习。
* 方法：建立光刺激+电刺激联合建模框架；捕捉光诱导导通机制（如电荷捕获、陷阱态迁移）；结合电流-时间积分建模，实现突触权值更新的类脑调节。

### 2024年 — 统计变异性建模

* 目标：建模忆阻器在非监督STDP学习中的写入变异性（Cycle-to-Cycle Variation）。
* 方法：使用高斯函数和对数正态函数建模写入延迟、权值变化等随机性；验证其在 Trace-STDP 学习规则下对网络学习稳定性的影响；提供可调性高的统计建模接口。

### 2025年 — 构建系统级仿真平台

* 目标：实现将忆阻器行为建模、阵列映射、系统性能估算一体化的平台（MemMIMO）。
* 方法：构建设备建模、映射和性能估算三大模块；支持真实器件数据导入与系统级指标评估；平台用Python实现，接口模块化。

## 三、研究深度的演进

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 年份 | 研究内容 | 建模粒度 | 应用场景 | 技术深度 |
| 2021 | 非线性漂移建模+窗口函数优化 | 微观建模（器件级） | BCPNN神经网络 | ✦✦✧（建模+类脑仿真） |
| 2023 | 光电忆阻器行为建模 | 微观-中观（光诱导机制） | STDP型突触 | ✦✦✦（物理建模+类脑功能） |
| 2024 | 写入变异性统计建模 | 中观建模（分布统计） | Trace-STDP学习规则 | ✦✦✦✧（统计建模+网络训练） |
| 2025 | 系统级端到端仿真平台 | 宏观建模（阵列级+系统级） | DNN/SNN加速器架构 | ✦✦✦✦（系统软件工具开发） |