

针对WNBA 动态决策模型（最大化利润与品牌估值），以下是结合现有数据表格的**具体算法求解步骤整理**。该过程将理论模型（IPSO-SA 算法）与实际数据字段（CSV 文件）深度挂钩，确保模型可计算、可验证。

## 1. 数据预处理与参数初始化（基于 CSV 数据）

在算法启动前，需将非结构化数据转化为算法可调用的参数矩阵。

**球员库构建：**从 `player_salaries_2025.csv` 提取球员名单  $i$ 、薪资  $C_i$  和合同类型。

**竞技数据标准化：**从 `30_MASTER_PLAYER_GAME` 提取球员 PER 值、得分等，利用离差标准化公式将其缩放至  $[0, 1]$  区间，生成  $S_{it}$ 。

**商业号召力拟合：**结合 `team_valuations.csv` 中的 `notes`（如球星效应）和 `attendance_data.csv` 的增长率，为核心球员设定商业指数  $F_{it}$ 。

- **约束阈值设定：**

- 薪资帽：从 `salary_cap_history.csv` 获取 2025 年硬帽  $Cap_{2025} = 150.71$  万美元。
- 运营参数：从 `model_parameters.csv` 获取折现率  $\gamma = 0.075$  和胜率收入系数 0.023。

## 2. IPSO-SA 融合算法求解流程

该算法通过粒子群的快速迭代与模拟退火的全局搜索能力，寻找最优决策向量  $\mathbf{X} = \{x_{it}, y_t, z_{it}, p_t\}$ 。

### 步骤 A：编码与种群初始化

- **粒子结构：**每个粒子代表一个决策方案，包含 0-1 变量（是否签约球员）和连续变量（推广投入、出场时间、票价）。
- **合法性检查：**初始随机生成的粒子必须通过“阵容人数（11-12人）”和“必须覆盖 G/F/C 位置”的初步筛选。

### 步骤 B：适应度计算（目标函数量化）

算法计算每个粒子的适应度值  $f(x)$ ，公式结合了利润与估值：

1. **计算当期利润  $\Pi_t$ ：**
  - **门票收入：**基于 `attendance_data.csv` 的容量和 `model_parameters.csv` 的弹性系数计算。
  - **版权分成：**直接带入 `media_deals.csv` 的 1130 万美元（2026 年新合同预测值）。
2. **计算品牌估值  $V_{franchise}$ ：**利用 `team_valuations.csv` 中的估值倍数（8.2）进行折现汇总。
3. **引入惩罚项：**若总薪资超过 150.71 万美元，适应度值扣减  $10^5$ 。

### 步骤 C：粒子速度与位置更新（IPSO 核心）

- **更新公式：**粒子向个体最优  $pbest$  和全局最优  $gbest$  靠近。
- **处理混合变量：**对球员签约  $x_{it}$  采用 `round` 取整，对连续变量  $z_{it}$  若超出  $[0, 1]$  则截断至边界。

## 步骤 D: Metropolis 准则判断 (SA 引入)

- **接受新解:** 即使新解的适应度略低, 也以概率  $P = e^{\Delta f/T_k}$  接受, 以跳出局部最优。
- **降温:** 按  $\eta = 0.95$  的速率降低温度  $T$ , 使算法后期趋于稳定收敛。

## 3. 算法输出结果与决策应用

求解完成后, 算法将给出 2025-2030 年的最佳决策路径:

输出维度	对应具体决策内容	数据反馈循环
球员签约表 ( $x_{it}$ )	决定 2025 年是否续约顶薪球员 (如 Jackie Young) 或保留新秀	对标 <code>player_salaries_2025.csv</code>
推广预算 ( $y_t$ )	确定在社交媒体和品牌推广上的最优投入额度	对标 <code>media_deals.csv</code> 的曝光增长
票价策略 ( $p_t$ )	给出各赛季场均建议票价, 平衡上座率与收入	对标 <code>model_parameters.csv</code> 的价格弹性
时间分配 ( $z_{it}$ )	优化核心球员 (如 Caitlin Clark) 的出场时间以规避伤病风险	对标 <code>30_MASTER_PLAYER_GAME</code> 的负荷记录

## 4. 模型检验 (以印第安纳狂热队为例)

- **可行性验证:** 将算法输出的  $x_{it}$  代入, 验证总薪资范围。
- **有效性对比:** 对比发现, 使用 IPSO-SA 优化后的狂热队利润。