

## 灰色预测

### 一、核心思想

灰色预测：用“少数据、不确定信息”建立预测模型，适用于数据量少、波动大的场景。

文旅场景：预测疫情后首个五一假期的游客量（历史数据少但需提前规划）、估算新开业景区的年收益（缺乏长期运营数据）。

技术本质：通过“数据生成”挖掘潜在规律，把“不确定”转化为“可预测”。

### 二、核心步骤（以景区月游客量预测为例）

数据预处理

原始数据：假设某景区近 3 个月游客量为 [10 万, 15 万, 20 万]。

累加生成：计算累加序列（10 万, 25 万, 45 万），使数据趋势更平滑。

建立微分方程模型（GM (1, 1)）

核心公式：
$$\frac{dX^{(1)}}{dt} + aX^{(1)} = b$$

参数求解：通过最小二乘法确定系数 a（发展系数）和 b（灰色作用量）。

预测未来值

还原计算：将累加预测值逆运算为原始数据（如第 4 个月预测为 25 万游客）。

模型检验

残差检验：计算预测值与实际值的误差（如误差率需 < 10%）。

### 三、算法变种与文旅适配

算法名称	核心逻辑	文旅应用示例
GM(1,1)	单变量一阶微分方程模型	预测某景区下个月的游客量（如根据过去 3 个月数据）
新陈代谢 GM (1,1)	动态更新数据，淘汰旧数据	实时预测暑期每日游客量（每天新增数据，替换最早的数据）

算法名称	核心逻辑	文旅应用示例
灰色 Verhulst 模型	引入饱和因子，处理增长受限场景	预测某网红景点的游客量峰值（考虑接待能力上限）
多变量灰色模型	同时分析多个影响因素	结合天气、节假日、促销活动预测景区门票销量

## 四、文旅行业典型应用

### 短期游客量预测

输入：过去 3 个月的游客数据（小样本）。

输出：下个月游客量预测值（如 25 万）及误差范围（±2 万）。

价值：提前调配工作人员、优化景区限流方案。

### 新景点收益预估

输入：周边类似景点的首年运营数据（类比数据）。

输出：新景区年收益预测（如 8000 万元）。

价值：为投资决策提供依据（是否扩建停车场、增设餐饮设施）。

### 突发事件影响评估

输入：疫情前 3 个月和疫情后 1 个月的游客数据。

输出：疫情对全年旅游收入的影响程度（如减少 30%）。

价值：制定补贴政策或调整营销预算。

## 五、技术挑战与对策

### 挑战：

长期预测精度下降：灰色模型适合短期预测（如 1-3 步），长期误差可能放大。

数据波动敏感：极端值（如自然灾害导致游客骤降）会影响模型稳定性。

参数依赖强：a、b 系数需通过多次迭代优化，否则可能产生偏差。

### 对策：

组合预测：将灰色预测与时间序列模型（如 ARIMA）结合，提升长期预测能力。

数据清洗：剔除异常值后再建模（如疫情期间数据单独处理）。

动态调整参数：每新增一批数据，重新计算 a、b 系数（如每周更新模型）。

## 六、行业实践案例

某古城景区通过灰色预测优化运营：

问题：春节假期游客量波动大，历史数据仅 3 年，需预测 2024 年春节游客量。

方法：

用 GM (1, 1) 模型分析 2021-2023 年春节数据（12 万，18 万，25 万）。

预测 2024 年游客量为 32 万，误差  $\pm 3$  万。

效果：

提前租赁 100 个临时厕所，避免排队拥堵。

与周边民宿合作推出 “早鸟票”，提升住宿预订率 20%。

总结：灰色预测是文旅行业应对 “小数据、大波动” 场景的利器，尤其适用于新兴业务（如新景区）或突发事件（如疫情后复苏）的预测。在文旅领域，它不仅能辅助资源调度（如临时设施配置），还能支持战略决策（如投资可行性分析）。未来，结合机器学习的混合预测模型（如灰色模型 + 神经网络）将进一步提升预测精度，为文旅产业的韧性发展提供技术支撑。