

• 全市卷烟投放预测的数学模型与算法描述

数学模型

全市卷烟投放预测问题可以建模为一个单区域（全市）的优化问题。其核心目标是在满足**非递增约束**的前提下，为全市30个档位的客户制定一个统一的分配方案，使得最终的实际总投放量与预设的总投放量误差最小。

- 设投放区域 $R = 1$ ，代表“全市”这一个整体区域。
- 设档位数量 $B = 30$ ，从最高档位D30（对应 $j = 1$ ）到最低档位D1（对应 $j = 30$ ）。
- 对于每个档位 j ，令 c_j 表示全市范围内该档位的客户总数。此数据从 `city_clientnum_data` 表中 `URBAN_RURAL_CODE` 为“全市”的记录里获取。
- 令 x_j 为分配给全市档位 j 的卷烟数量（即每个该档位的客户获得的数量）。 x_j 是一个非负数，并满足**非递增约束**：

$$x_1 \geq x_2 \geq \cdots \geq x_B$$

- 实际总投放量 S 的计算公式为：

$$S = \sum_{j=1}^B x_j c_j$$

- 预投放量 T 从 `demo_test_ADVdata` 表中获取，对应每个卷烟品种。
- 算法的目标是：**最小化误差** $|S - T|$ 。

算法描述

该算法在 `CityCigaretteDistributionAlgorithm.java` 中实现，通过贪心填充和迭代微调相结合的方式，在满足约束的同时，逐步逼近预设的投放总量 T 。

- 确定客户数向量：**从 `city_clientnum_data` 表中查询“全市”的记录，获取一个包含30个档位客户数的向量 $C = [c_1, c_2, \dots, c_{30}]$ 。
- 初始化分配方案：**在 `calculateDistribution` 方法中，创建一个大小为 `[1][30]` 的分配矩阵 `allocationMatrix`，并将其所有元素 x_j 初始化为0。
- 贪心填充过程 (greedyFill 方法)：**
 - 这是一个初步的粗调过程，旨在快速接近目标投放量 T 而不超过它。
 - 算法会循环遍历所有档位（从D30到D1）和所有区域（在此模型中仅有“全市”一个区域）。
 - 在每次循环中，只要增加一个单位的投放量（`INCREMENT`，值为1）后，计算出的总投放量 `currentAmount` 仍然小于等于 T ，并且满足非递增约束（通过 `isValidIncrement` 方法检查），就会将该档位的分配值 x_j 增加1。
 - 此过程会持续进行，直到无法再增加任何档位的分配值为止，形成一个基础的分配方案。
- 迭代微调过程 (iterativeRefinement 方法)：**
 - 在贪心填充的基础上，进行精细调整以进一步减小误差 $|S - T|$ 。
 - 此方法会进行最多 `MAX_ITERATIONS`（预设为100次）的循环。
 - 在每次迭代中，算法会遍历所有30个档位，尝试对每个档位的分配值 x_j 进行两种操作：增加1或减少1。

- 每次尝试调整后，都会使用 `isMonotonic` 方法检查整个分配方案是否仍然满足**非递增约束**。
- 如果调整有效（满足约束），则计算新的总投放量和新的误差。算法会记录下在本次迭代中能够使误差变得最小的那一次调整（哪个档位、增加还是减少）。
- 在单次迭代结束后，采纳那个最优的调整。如果没有任何调整能减小误差，则提前终止微调。

5. 最终约束强制执行 (`enforceMonotonicConstraint` 方法):

- 在微调过程结束后，为确保最终结果的绝对可靠，此方法会最后进行一次检查。
- 它会从第二个档位（D29）开始遍历，如果发现任何档位的分配值 x_j 大于了它前一个（更高一级）档位的分配值 x_{j-1} ，就会强制将 x_j 设为与 x_{j-1} 相等，从而保证最终输出的分配方案严格遵守非递增约束。

关键因素

- **非递增约束**：这是算法的核心约束，确保高等级客户的配额不会低于低等级客户。此约束在 `iterativeRefinement` 和 `greedyFill` 过程中被持续检查，并在 `enforceMonotonicConstraint` 中被最终强制执行，确保了分配方案的合理性与公平性。
- **误差最小化**：算法通过“粗调 (`greedyFill`) + 精调 (`iterativeRefinement`)”的两阶段设计，致力于找到一个能使实际投放总量 S 与预设目标 T 最为接近的分配方案。
- **全市统一方案**：此算法是为全市预测场景设计的，因此它不处理多区域的复杂分配矩阵，而是生成一个统一的、适用于“全市”范围的一维档位分配方案。