

六、模型的分析与检验

注：本部分的标题需要根据你的内容进行调整，很多论文也把这部分的内容直接称为“模型检验”部分。

模型的分析与检验的内容也可以放到模型的建立与求解部分，这里我们单独抽出来进行讲解，因为这部分往往是论文的加分项，很多优秀论文也会单独抽出一节来对这个内容进行讨论。

模型的分析：在建模比赛中模型分析主要有两种，一个是灵敏度(性)分析，另一个是误差分析。**灵敏度分析**是研究与分析一个系统（或模型）的状态或输出变化对系统参数或周围条件变化的敏感程度的方法。其通用的步骤是：控制其他参数不变的情况下，改变模型中某个重要参数的值，然后观察模型的结果的变化情况。**误差分析**是指分析模型中的误差来源，或者估算模型中存在的误差，一般用于预测问题或者数值计算类问题。

模型的检验：模型检验可以分为两种，一种是使用模型之前应该进行的检验，例如层次分析法中一致性检验，灰色预测中的准指数规律的检验，这部分内容应该放在模型的建立部分；另一种是使用了模型后对模型的结果进行检验，数模中最常见的是稳定性检验，实际上这里的稳定性检验和前面的灵敏度分析非常类似，等会大家看到例子就明白了。

灵敏度分析的例子

6.2 模型的灵敏度分析

2019年B047

在同心鼓颠球问题中存在大量颠球环境变量，包括绳长 L 、鼓面较绳子水平时下降高度 H_0 、球下落高度 H_2 、鼓重 M 等其他变量。另外颠球决策变量中所有队员的发力力度 F_0 也可以做灵敏度分析。它们的初值为 $L=1.7m$ ， $H_0=0.11m$ ， $H_2=0.4m$ ， $m=0.27kg$ ， $M=3.6kg$ ， $F_0=80N$ 。令这些变量上下连续波动5%，利用MATLAB软件绘制这5个参数分别与颠球高度之间的示意图（文件名sensity.m，详见灵敏度分析附件）：

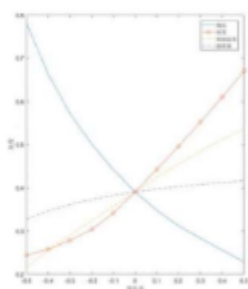


图18 颠球环境变量

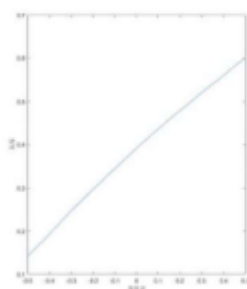


图19 颠球决策变量

图18中，问题一的颠球高度求解模型对绳长、鼓面较绳子水平时下降高度、球下落高度这3个参数较为敏感，其中绳长与球下落高度的变化会对颠球高度造成较大影响。因此在实际参与项目中应格外注意它们的取值情况。从图19中可以看出假设队员发力一致的情况下，颠球高度求解模型对发力大小也较为敏感，在实际参与项目时队员应格外注意这一点。

我们通过改变 λ 、 L 与 v 的值来观察问题三中乘车效率以及乘车点的变化，具体的变化如表 12 所示。观察表 12，随着 λ 、 L 与 v 的变化幅度从 10% 到 -10%，问题三中乘车点不变或者增加了一个，乘车效率变化幅度在 4% 以内，不超过 5%，这代表 λ 、 L 与 v 改变对问题三的结果影响不大，说明了我们模型的准确性。

表 12 λ 、 L 与 v 的改变对问题三结果的影响

	变化幅度	乘车点	每小时驶离停车区的辆数	$\frac{n}{t_{per}}$ 的变化幅度
λ	5%	6	182.45	-0.69%
	10%	6	178.89	-2.62%
	-5%	5	188.68	2.71%
	-10%	5	189.29	3.04%

6.1 误差分析

- 1. 标准解与模型所求解的误差：由于本模型使用了目标规划方法对问题进行求解，且对地理坐标进行了离散化，可能存在离散化所带来的误差；而且理论值与测量值本来就会存在误差，两者综合就是模型会产生的第一种误差，但求解发现其最大值为3.45%，是可以近似忽略的。
- 2. 局部最优解造成的地理坐标误差：粒子群算法的本身原理会导致其收敛在局部的最优解。为了减少运算量，也为了避免模型陷入局部最优，在程序运行过程中，有时候需要人为干预来筛去一些的地区，可能造成冗余解或缺解。
- 3. 视频数据预处理过程中的误差：利用 *Hough* 变换寻找出的平行线并不一定是处在同一水平面上的，因此做透视变换的时候可能会产生误差。