

基于AHP模型的电影拍摄日程安排

朱军伟, 李蕊

杨凌职业技术学院, 陕西 咸阳
Email: lutjwzhu@163.com, 1318258242@qq.com

收稿日期: 2021年6月7日; 录用日期: 2021年6月28日; 发布日期: 2021年7月12日

摘要

本文主要围绕电影拍摄日程问题, 从优先拍摄、演员档期、特殊道具、时间利用率四个方面研究拍摄时长的影响因素, 建立了适合拍摄时长的评价指标体系, 并在分析现有综合评价方法的基础上, 用AHP方法确定了指标权重, 结合Matlab软件进行绘图分析, 通过在原来模型的基础上引入模糊数学综合评价模型, 改变限制条件来表征这些突发情况带来的影响, 从而实现对问题的求解。

关键词

AHP方法, 演员档期, 层次分析法, 模糊数学综合评价模型

Film Shooting Schedule Is Based on AHP Model

Junwei Zhu, Rui Li

Yangling Vocational & Technical College, Xianyang Shaanxi
Email: lutjwzhu@163.com, 1318258242@qq.com

Received: Jun. 7th, 2021; accepted: Jun. 28th, 2021; published: Jul. 12th, 2021

Abstract

This article mainly around the film shooting schedule problem, from the first film, actors schedule, special props, four aspects research when shooting long time utilization factors. The evaluation index system suitable for shooting duration was established, and based on the analysis of the existing comprehensive evaluation methods, using AHP method to determine the index weight, combined with Matlab software for drawing analysis. By introducing the fuzzy mathematics comprehensive evaluation model on the basis of the original model, changing the restriction conditions to represent the impact of these emergencies, so as to realize the solution of the problem.

Keywords

AHP Method, Cast Schedule, Analytic Hierarchy Process, Fuzzy Mathematics Comprehensive Evaluation Model

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 问题重述

中国电影行业正处在蓬勃发展阶段, 2018 年总票房已超过 600 亿元。电影拍摄是一项复杂工程, 它由多个阶段构成, 每个阶段都要处理各自的任务, 例如筹备阶段的一项重要任务是安排拍摄日程。此任务涉及复杂的协调沟通和资源统筹, 需要考虑演员档期、拍摄场地、道具和拍摄时间等多种因素的同时尽量缩短拍摄时间。

本文针对此拍摄日程安排问题, 我们将建立数学模型, 就拍摄档期进行定性研究, 为缩短拍摄时间提供有效方案和拍摄决策。

重点解决以下问题

1) 建立合适的拍摄日程数学模型, 用以评价演员档期、不同场景拍摄时长、特殊道具等约束条件对拍摄日程的影响。

2) 通过对模型不同要素的层次分析, 研究若删除一个约束条件后重新安排可能会缩短拍摄日程的可能性, 以便协调后进一步缩短日程。

3) 拍摄日程的合理安排, 与拍摄过程中的突发情况紧密相关。通过进一步完善问题 1 中的数学模型, 根据突发情况, 调整后续的拍摄日程。

2. 模型分析

电影拍摄是一项复杂工程, 需要在开拍之前做大量准备工作, 考虑演员档期、拍摄场地、提前设计布景等, 因此一个简洁、明确而行之有效的拍摄日程安排就显得尤其重要。看似复杂的拍摄链, 其实完全可以找到一个综合评价的数学模型[1] [2] [3]来处理。

对于问题 1, 论文在全面分析影响拍摄日程的合理要素的基础上, 建立了适合拍摄时长的影响评价指标体系, 并在分析现有综合评价方法的基础上, 用 AHP 方法确定了指标权重[4] [5], 对相关指标进行了量化, 通过收集各大影视城的相关数据, 并对其进行整理和分化, 提出约束拍摄日程可行性的方法和理论依据。利用层次分析法进行综合优先度处理, 并引入残差序列进行平稳性和随机性检验以评估模型合理性。

对于问题 2, 通过分析和归纳问题 1 模型中的指标权重, 找出缩短日程最多的一个约束, 即关键约束。从而进一步探寻影响拍摄日程的关键因子, 建立一个有效的、完备的拍摄日程安排模型, 通过剔除原模型中的相关指标[6] [7], 以便协调后进一步缩短日程。

对于问题 3, 在拍摄过程中可能会出现突发状况, 比如演员生病导致一段时间内无法参与拍摄, 此时需要调整后续的拍摄日程。这些突发情况会改变拍摄的日程, 我们通过在原来模型的基础上引入模糊数学综合评价模型[1], 改变限制条件来表征这些突发情况带来的影响。

最后通过建立模糊数学综合评价模型对所建模型进行了验证, 事实证明方案可行。

3. 模型假设与符号说明

1) 模型假设

- ① 演员档期以天为单位, 使得日程安排比较容易;
- ② 对于调用样本数据的处理都是经过严格筛选, 不影响拍摄日程的最终结果;
- ③ 假设在补拍的时候演员都是以最佳状态参与拍摄。

2) 符号说明

ij	从场景 i 到场景 j
T_{ij}	场景 ij 上的拍摄时间, 单位 s
α_{ij}	在第 ij 个场景上的自由流时的拍摄时间, 单位 s
β_{ij}	在第 ij 个场景上的延误参数 s ; $\beta_{ij} = \delta \left(\frac{V_{ij}}{C_{ij}} \right)^\gamma, \delta = 0.15, \gamma = 4$
f_{ij}	一个场景上的拍摄时长
V_{ij}/C_{ij}	在第 ij 个理想拍摄条件下, 最大拍摄量与基本拍摄时长之比
η	演员生病影响程度

4. 模型的建立及求解

(一) 问题1的解决

在电影拍摄过程中, 拍摄时长是关键问题[8] [9]。由于拍摄日程过长就意味着要消耗大量的人力财力, 电影上市太晚就可能流失大量影迷。因此, 在本模型中, 缩短拍摄时间是一个主要目的。而拍摄时间当然受限于各种约束条件, 所以问题的解决要从分析影响拍摄时长的指标体系的权重做一分析, 结合综合优先度来尽量缩短拍摄日程。具体指标如图 1 所示:

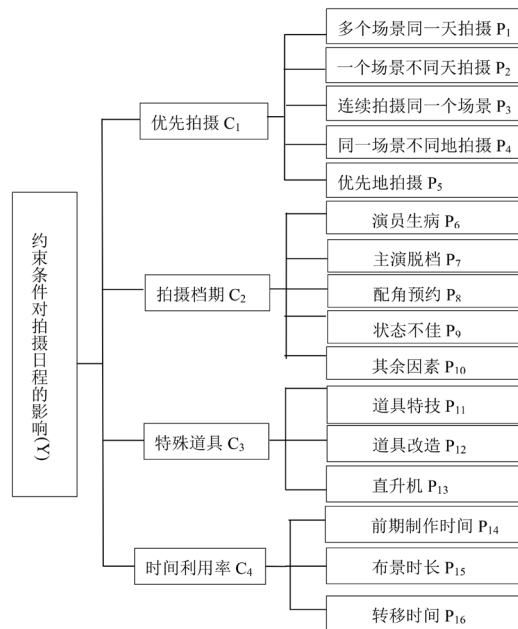


Figure 1. Evaluation system of film shooting system
图 1. 电影拍摄系统评价体系

1) 评价指标含义

各评价指标对于电影拍摄日程都有相当大的影响,这里给出相应指标的说明。其中 CI 是一致性指标; CR 是一致性比率; RI 是随机一致性指标。CR < 0.10 才能通过一致性检验。

2) 权重的确定

指标重要性程度采用专家打分形式,为确保评分的客观性及准确性,对各层次元素之间进行标度评判,综合各位专家的评分,对应于表 1 的相对重要性程度,假定上层元素与下层次元素中的元素有联系将它们两两比较,判断出其相对重要性。如表 2 所示:

Table 1. Scale of relative importance

表 1. 相对重要性的比例标度

相对重要性的权数	定义
1	同等重要
3	一个因素比另外一个因素稍微重要
5	一个因素比另外一个因素明显重要
7	一个因素比另外一个因素强烈重要
9	一个因素比另外一个因素极端重要
2, 4, 6, 8	上述两相邻判断的中值

目标层 Y 对准则层的指标 C_1, C_2, C_3, C_4 的判断矩阵:

Y 层对 C 层	C_1	C_2	C_3	C_4	W
C_1	1	1/3	1/2	2	0.1519
C_2	3	1	2	6	0.4891
C_3	2	1/2	1	4	0.2830
C_4	1/2	1/6	1/4	1	0.0760

$\gamma_{\max} = 4.3135$, CI = 0.0035, RI = 0.90, CR = 0.0038 < 0.10, 具有满意的一致性;

准则层 C_1 对指标层的指标 P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 的判断矩阵:

C_1	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	W
P_1	1	1	2	3	2	0.4760
P_2	1	1	2	3	2	0.2106
P_3	1/2	1/2	1	2	1	0.1212
P_4	1/3	1/3	1/2	1	1/2	0.1212
P_5	1/2	1/2	1	2	1	0.0711

$\gamma_{\max} = 5.0133$, CI = 0.03325, RI = 1.12, CR = 0.00296 < 0.10, 具有满意的一致性;

准则层 C_2 对指标层的指标 $P_6, P_7, P_8, P_9, P_{10}$ 的判断矩阵:

C_2	P_6	P_7	P_8	P_9	P_{10}	W
P_6	1	3	4	2	5	0.4126
P_7	1/3	1	3	1/2	3	0.1736
P_8	1/4	1/3	1	1/4	2	0.0859
P_9	1/2	2	4	1	3	0.2627
P_{10}	1/5	1/3	1/2	1/3	1	0.0652

$\gamma_{\max} = 5.1580$, CI = 0.0395, RI = 1.12, CR = 0.0353 < 0.10, 具有满意的一致性;

准则层 C₃ 对指标层的指标 P₁₁, P₁₂, P₁₃ 的判断矩阵:

C ₃	P ₁₁	P ₁₂	P ₁₃	W
P ₁₁	1	2	1/2	0.2973
P ₁₂	1/2	1	1/3	0.1638
P ₁₃	2	3	1	0.5390

$\lambda_{\max} = 3.0092$; CI = 0.0046; RI = 0.58; CR = 0.0079 < 0.10, 具有满意的一致性;

准则层 C₄ 对指标层的指标 P₁₄, P₁₅, P₁₆ 的判断矩阵:

C ₄	P ₁₄	P ₁₅	P ₁₆	W
P ₁₄	1	1/2	1/3	0.1634
P ₁₅	2	1	1/2	0.2970
P ₁₆	3	2	1	0.5396

$\lambda_{\max} = 3.0092$; CI = 0.0046; RI = 0.58; CR = 0.0079 < 0.10, 具有满意的一致性;

利用 Matlab 软件求解, 其程序如下:

```
Z=[a1 a2 a3 a4 a5;b1 b2 b3 b4 b5;c1 c2 c3 c4 c5;d1 d2 d3 d4 d5;e1 e2 e3 e4 e5];
[V,D]=eig(z)
w=V(:,1)/sum(V(:,1)) % 归一化特征向量
lambda=max(eig(z))
n=size(z)
CI=(lambda-n)/(n-1)
RI=R % 查表
CR=CI./RI
if CR>=0.1
    error('z 不通过一致性检验')
else'pass text'
end
```

将判断矩阵数值带入 Matlab 程序运算, 得到最大特征向量及一致性检验指标和权重, 如表 2 所示。

Table 2. Evaluation index system and weight of film shooting schedule
表 2. 电影拍摄日程影系统评价指标体系与权重

一级指标	权重	二级指标	权重	指标层对目标层的权重
优先拍摄 C ₁	0.1519	多个场景同一天拍摄(P ₁)	0.4760	0.0723
		一个场景不同天拍摄(P ₂)	0.2106	0.0320
		连续拍摄同一个场景(P ₃)	0.1212	0.0184
		同一场景不同地拍摄(P ₄)	0.1212	0.0184
		优先地拍摄(P ₅)	0.0711	0.0108
演员档期 C ₂	0.4891	演员生病(P ₆)	0.4126	0.2018
		主演脱档(P ₇)	0.1736	0.0849
		配角预约(P ₈)	0.0859	0.0420
		状态不佳(P ₉)	0.2627	0.1284
		其他因素(P ₁₀)	0.0652	0.0319

Continued

		道具特技(P ₁₁)	0.2973	0.0841
特殊道具 C ₃	0.2830	道具改造(P ₁₂)	0.1638	0.0464
		直升机(P ₁₃)	0.5390	0.1525
		前期制作时间(P ₁₄)	0.1634	0.0124
时间利用率 C ₄	0.0760	转移时间(P ₁₅)	0.2970	0.0226
		布景时间(P ₁₆)	0.5396	0.0410

从上述结果可以看出：演员档期所包含的指标数量位居所有因子的首位，超过了优先拍摄、特殊道具、时间利用率。布景时间、直升机、多个场景同一天拍摄、演员生病、道具特技、前期制作时间权重在所有指标中位居前六，说明有更多的影视拍摄基地已经不再将电影拍摄日程过长问题单纯的认定为某一类拍摄或前期制作因素，而是更加倾向于将电影拍摄日程问题提高到整个团队的高度来看待和解决。

(二) 问题2的解决

1) 部分数据获取

原始数据是模型求解的基础，其可靠性与真实性决定结果的正确性。电影拍摄日程原始数据的主要获取方式是查阅资料和调查获取。采取原始数据的原因是就当前拍摄日程过长问题做一分析，通过研究部分实际数据来对问题作出客观的评价。

2) 关键约束分析

由问题 1 所建立的模型可以得出，布景时间在所有指标中位居首位，所以要更好地进行拍摄日程安排就得提前解决好布景时间问题，通过解决布景时间问题来提高时间利用率，也就是减少拍摄时间，以便协调后进一步缩短日程。

3) 剔除关键约束模型的建立

拍摄日程机制设计

显然，拍摄日程机制的设计需要程序验证。具体如下：

① 输入影视基地提供的数据 $\{(c_1, w_1), (c_2, w_2), \dots, (c_n, w_n)\}$ 及预拍摄日程 B ；

② 初始化：把数据对按照 $c_1 \leq c_2 \leq \dots \leq c_n$ 排序，设置 $i = 1$ ；

③ 如果 $c_i \leq \frac{B}{\sum_{j < i} \bar{w}_j + 1}$ 成立；

④ 设置 $p = c_i$ ；

⑤ $\bar{w}_i = \min \left\{ w_i, \left[\frac{B}{p} \right] - \sum_{j < i} \bar{w}_j \right\}$ ；

⑥ $i = i + 1$ ；

⑦ 结束循环；

⑧ 算法结束。

因此，在预拍摄日程所占比例进行拍摄且设初始值为 $p = c_i$ 时，指标被检测到的数量为

$\bar{w}_i = \min \left\{ w_i, \left[\frac{B}{p} \right] - \sum_{j < i} \bar{w}_j \right\}$ ，即初次时长 a_i 与实际拍摄为 p 时利于预算能完成的拍摄场景之间选择最小

值，作为时长 a_i 被分配到的拍摄场景。故较之问题 1 的模型而言，剔除关键约束条件布景时间的数据结果如下。

本次实验只考虑经过收集资料筛选后的 800 个数据对比分析(重复类型省略)，下表给出了拍摄真实情况、最优情况时长的完成结果(不能进行拍摄记为 0，能够拍摄记为 1)，如表 3 所示：

Table 3. Statistical table of shooting situation
表 3. 拍摄情况统计表

拍摄情况统计表							
1	1	0	1	0	1	0	1
1	1	0	1	0	1	0	1
1	1	0	1	0	0	0	1
0	1	0	1	0	1	0	0
1	1	0	1	0	0	1	1
0	0	0	1	0	1	1	1
1	1	0	1	0	0	1	0
0	1	1	1	0	1	1	1
1	1	0	1	0	1	0	0
0	1	0	1	0	1	1	1
1	0	1	0	0	1	0	1
0	1	0	1	0	0	0	0
1	1	0	1	0	0	1	0
0	1	1	1	0	1	0	0
1	1	1	1	0	0	1	0
0	1	1	1	0	0	1	1
1	1	0	1	0	1	1	1
1	1	0	1	0	1	0	1
0	1	0	1	0	0	1	1
0	1	0	1	0	1	1	0
0	1	0	0	0	1	0	1
1	1	0	1	0	1	1	0
1	1	0	1	0	1	1	0
...

由上面统计可得出结论，对于剔除关键约束条件后的拍摄日程模型而言，确实缩短了拍摄日程，即时间利用率显著提高。经 MATLAB 程序调试协调前后的对比图，如图 2 所示：

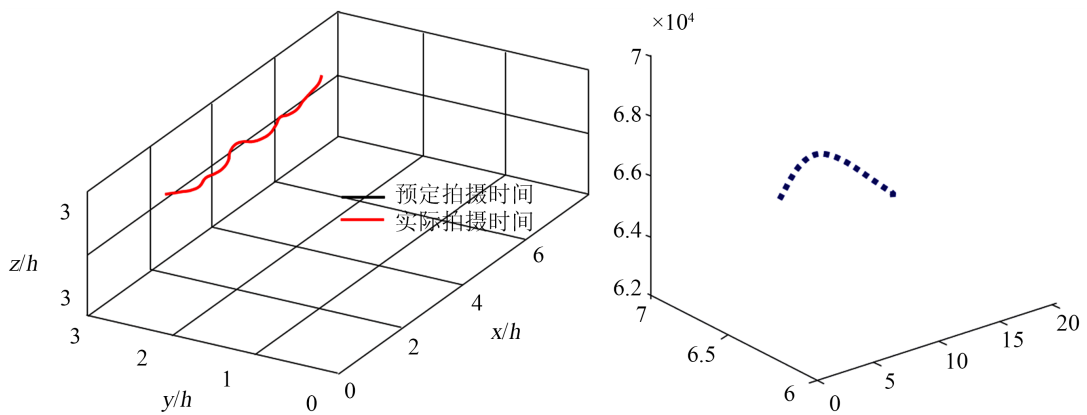


Figure 2. Simulation comparison diagram of shooting schedule
图 2. 拍摄日程模拟比较图

(三) 问题3的解决

在拍摄过程中可能会出现突发状况, 比如演员生病导致一段时间内无法参与拍摄, 此时需要调整后续的拍摄日程。这些突发情况会改变拍摄的日程, 我们通过在原来模型的基础上引入模糊评价矩阵, 改变限制条件来表征这些突发情况带来的影响。

对某以场景 z_i 建立模糊数学综合评价模型:

1) 假设模糊评价矩阵 $P = (p_{ij})_{m \times n}$, 其中 $p_{ij} = p_{ij}(x)$ 表示拍摄日程的方案 z 在第 i 个目标处于第 j 级评语的隶属度, 当对多个 (m 个) 目标进行综合模糊评价时, 先对各个目标分别进行加权, 设第 i 个目标权系数为 W_i , 则可得权系数向量 $A = (W_1, W_2, \dots, W_m)$, 满足:

$$\sum_{i=1}^m W_i = 1, W_i \geq 0$$

2) 利用矩阵的模糊乘法得到综合模糊评价向量 B , 即

$$B = AP = (W_1, W_2, \dots, W_m) \otimes \begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} & \cdots & p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} & \cdots & p_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ p_{m1} & p_{m2} & \cdots & p_{mn} \end{pmatrix}$$

综合模糊评价矩阵 $B = (b_1, b_2, \dots, b_n)$ 表示方案 z 处于各档评语的隶属情况。矩阵的模糊乘法 “ \otimes ” 只需将矩阵乘法中普通想成改为最小 “ \wedge ” 运算, 普通加法换成取最大 “ \vee ” 运算。

3) 对 z_i 的合理性进行模糊综合评价

设评价指标集 $U = \{\text{拍摄场景, 预定拍摄时间, 时间时间}\}$,

评语集合 $V = \{\text{可行, 不可行}\}$;

在新任务数据提供的部分有效信息作如下赋值及计算:

$$U = \{\text{拍摄场景, 预定拍摄时间, 时间时间}\} = (0.5, 0.3, 0.2),$$

$$P = \begin{pmatrix} 0.5 & 0.3 & 0.2 \\ 0.3 & 0.2 & 0.5 \\ 0.3 & 0.4 & 0.3 \end{pmatrix},$$

$$\begin{aligned} V &= U \otimes P = (0.5, 0.3, 0.2) \otimes \begin{pmatrix} 0.5 & 0.3 & 0.2 \\ 0.3 & 0.2 & 0.5 \\ 0.3 & 0.4 & 0.3 \end{pmatrix} \\ &= (0.40, 0.29, 0.22) = (0.44, 0.32, 0.24). \end{aligned}$$

得出预定拍摄日程, 再以预定拍摄日程的 $\frac{1}{3}$, 作为实际拍摄日程即 $1:3 = x:70$, 这就验证了当因演员生病时无法参加拍摄时可采用预定拍摄时间的方案重新调整开拍时间, 与其他演员交换参拍时间即可。

故对于突发情况可建立如下具体数学模型:

$$\begin{aligned} T_{ij} &= \alpha_{ij} + \beta_{ij} f_{ij} + t_1 \\ &= \alpha_{ij} + \delta \left(\frac{V_{ij}}{C_{ij} \eta} \right)^\gamma f_{ij} + \frac{0.5T \left(1 - \frac{t_g}{T} \right)}{1 - \left[\min(1, x) \times \frac{t_g}{T} \right]}. \end{aligned}$$

下表给出了系数建议值, 如表 4 所示:

Table 4. Suggested value of correction factor for the shooting schedule due to the actor's illness**表 4.** 演员生病对于拍摄日程的修正系数建议值

影响程度	很严重	严重	较严重	一般	很小	无
η	0.4	0.52	0.64	0.76	0.88	1.0

对于上述模型我们只需要使得 T_{ij} 达到最小即可, 这是符合问题 1 的实际情况的, 说明这只是一种特殊情况而已。

结论: 电影拍摄日程安排不仅仅是一门技术, 更是一门艺术, 在日后的拍摄日程安排中, 应多结合实际情况, 从演员自身因素及拍摄场景等多方面考虑, 已达到合理合情安排拍摄日程。

5. 模型的优缺点及改进方向

优点:

1) 利用层次分析法, 建立了电影拍摄日程影响评价指标体系, 权重计算的具体方法, 结合 Matlab 软件对拍摄日程安排进行了具体分析;

2) 模型简洁, 能够准确的反映出拍摄日程方案。而且根据建立模糊数学综合评价模型, 可以对建立的模型进行合理验证, 使得分析更加全面;

3) 分析结果用图表形式呈现, 简洁直观。对电影拍摄日程安排问题具有一定的指导意义。

缺点:

本模型中数据不是对实地进行调查收集获得, 而是间接获得, 模型的稳定性、结果的可靠性有待提高。

改进方向:

由于时间紧迫, 我们没有考虑镜头调整对拍摄时间的干扰系数, 改进时考虑其他实际因素以及镜头转换时的影响系数, 进一步优化模型。

参考文献

- [1] 赵静, 但琦. 数学建模与数学实验[M]. 第 4 版. 北京: 高等教育出版社, 2015.
- [2] 蔡锁章. 数学建模[M]. 北京: 中国林业出版社, 2003.
- [3] 姜启源, 谢金星, 叶俊. 数学建模[M]. 北京: 高等教育出版社, 2003.
- [4] 韩中庚. 美国大学生数学建模竞赛题解析与研究[M]. 北京: 高等教育出版社, 2013.
- [5] 袁新生, 邵大宏, 郁时炼. Lingo 和 Excel 在数学建模中的应用[M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [6] 刘卫平. MATLAB 程序设计教程[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2010.
- [7] 张红兵. SPSS 宝典[M]. 北京: 电子工业出版社, 2007.
- [8] 李昕航. 电影拍摄时间规划[J]. 北京: 人文科技, 2010.
- [9] 薛定宇, 陈阳泉. 高等应用数学问题的 MATLAB 求解[M]. 北京: 清华大学出版社, 2008.