

6-14-2018

3D Visual Effects Assessment Based on Comprehensive Weight

Yanyang Zeng

1. *College of Computer Science and Technology of Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454000, China;*

Zhenjing Feng

2. *Medicine College of Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454000, China;*

Follow this and additional works at: <https://dc-china-simulation.researchcommons.org/journal>



Part of the Artificial Intelligence and Robotics Commons, Computer Engineering Commons, Numerical Analysis and Scientific Computing Commons, Operations Research, Systems Engineering and Industrial Engineering Commons, and the Systems Science Commons

This Original Article is brought to you for free and open access by Journal of System Simulation. It has been accepted for inclusion in Journal of System Simulation by an authorized editor of Journal of System Simulation.

3D Visual Effects Assessment Based on Comprehensive Weight

Abstract

Abstract: There are various indicators for assessing the 3D visual effects, while the general weight of each index needs pre-determined coefficients individually, for which either the expert knowledge model or theoretical model used has advantages and disadvantages empowerment. *Based on expert knowledge and theoretical models, the comprehensive weight method, optimization model, and direct solution of the index weight vectors have subjective and objective information. Experimental results show that the method of determining the weight vector different sort results of the assessment is also slightly different.* Integrated weighting method to determine the weight of each index and the corresponding results of the assessment meet the needs of users, and are consistent with the principles of rigorous and objective evaluation.

Keywords

expert knowledge, theoretical model, comprehensive weight, three-dimensional visual effect, evaluation method

Recommended Citation

Zeng Yanyang, Feng Zhenjing. 3D Visual Effects Assessment Based on Comprehensive Weight[J]. Journal of System Simulation, 2018, 30(6): 2258-2262.

基于综合赋权的三维视景效果评估方法

曾艳阳¹, 冯振敬²

(1. 河南理工大学计算机科学与技术学院, 焦作 454000; 2. 河南理工大学医学院, 焦作 454000)

摘要: 在三维视景效果评估中有多个指标的评估, 一般各指标的权重系数需事先确定, 单独运用专家知识或理论模型这两种赋权方法各有利弊, 提出了基于专家知识和理论模型的综合赋权方法, 通过建立优化模型, 直接求解出具有主客观信息的指标权重向量。实验结果表明, 确定权向量的方法不同, 评估的排序结果也略有差别。采用综合赋权法来确定各指标权重, 相应的评估结果即满足景观观察者的需求, 又符合严谨的客观评价原则。

关键词: 专家知识; 理论模型; 综合赋权; 三维视景效果; 评估方法

中图分类号: TP391.9 文献标识码: A 文章编号: 1004-731X(2018)06-2258-05

DOI: 10.16182/j.issn1004731x.joss.201806032

3D Visual Effects Assessment Based on Comprehensive Weight

Zeng Yanyang¹, Feng Zhenjing²

(1. College of Computer Science and Technology of Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454000, China;

2. Medicine College of Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454000, China)

Abstract: There are various indicators for assessing the 3D visual effects, while the general weight of each index needs pre-determined coefficients individually, for which either the expert knowledge model or theoretical model used has advantages and disadvantages empowerment. Based on expert knowledge and theoretical models, the comprehensive weight method, optimization model, and direct solution of the index weight vectors have subjective and objective information. Experimental results show that the method of determining the weight vector different sort results of the assessment is also slightly different. Integrated weighting method to determine the weight of each index and the corresponding results of the assessment meet the needs of users, and are consistent with the principles of rigorous and objective evaluation.

Keywords: expert knowledge; theoretical model; comprehensive weight; three-dimensional visual effect; evaluation method

引言

近年来, 在三维视景仿真评估领域一些研究人员提出许多方法, 并取得了一定成果。文献[1]描述了一个仿真逼真度等级尺度的潜在应用, 以此来

支持旋翼机训练模拟器的主观评价。文献[2]提出了一种满足飞行模拟器逼真度要求的方法, 不仅可以用于飞行员的分析或分析报告还可以用于模糊推理的识别, 在模拟器逼真度方面它都能被用于识别做过的一些改动。文献[3]提出了基于改进灰色聚类的三维视景效果评估方法, 依据底层指标值加权得到视景效果综合聚类系数, 为三维视景效果的评估提供新视角, 但其指标体系的确立尚需完善。还有一些其他方法研究逼真度评估^[4-5]。总的来说,



收稿日期: 2016-05-10 修回日期: 2016-08-10;
基金项目: 国家自然科学基金(61503124), 高等学校重点科研项目(15A520018);
作者简介: 曾艳阳(1987-), 男, 河南固始, 博士, 讲师, 研究方向为仿真方法及应用。

<http://www.china-simulation.com>

• 2258 •

基于人类视觉的逼真性评估是人的主观感受,与人类的认知行为密切相关。对虚拟三维视景系统的逼真度效果进行评估,需从视点观察、模型逼真度、绘制方法、内部认知模型等多个层次对观察者对不同场景逼真度的心理期望进行综合度量,确定合理有效的评估方法。对于有多个评估要素的视景系统来说,一般需事先确定各指标的权重系数,以确定最终评估结论的科学性。在三维视景评估过程中,运用基于专家知识的主观赋权方法来确定权重虽然在一定程度上反映了领域专家的主观判断意见,但是总体的评估结果可能根据个人的喜好、经验等较大的主观性,受到领域知识和经验的局限性的约束;而运用基于理论模型的客观赋权方法来确定权重,一般是利用现有的数学方法,又容易忽略领域专家的主观能动性。总之,这样两种赋权方法各有利弊,在三维视景效果评估中也会遇到同样的问题,本文考虑将两种赋权方法进行综合^[6],提出了基于专家知识和理论模型的综合赋权方法,在确定指标的权重后,可以采用加权法则等进行评估结果的分析。视景效果的评估是一个多指标评估问题,主客观加权评估方法实际上就是将主观赋权与客观赋权相结合,使逼真度的评估分析结果即能反映观察者的主观偏好,又能反映的客观排序结果。

文献[7]总结了指标权重确定的主客观综合方法,主要有以下两种:

$$\omega_j = \alpha \omega'_j + (1 - \alpha) \omega''_j, j = 1, 2, \dots, n; 0 \leq \alpha \leq 1 \quad (1)$$

$$\omega_j = \frac{\omega'_j \omega''_j}{\sum_{j=1}^n \omega'_j \omega''_j}, j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

式中: ω_j 是由主客观综合加权确定的第 j 个指标 P_j 的权重; ω'_j 和 ω''_j 分别是由基于专家知识赋权和基于理论模型赋权确定的第 j 个指标 P_j 的权重。

由式(1)和式(2)可以看出,这两种方法都是将已确定出的 ω'_j 和 ω''_j 进行综合计算,最终结果准确度不够,特别在(1)中系数 α 的确定较为困难。

这里针对上述主客观评估方法给出指标权重判断矩阵的多指标评估问题,提出一种综合加权方

法。将专家知识的主观赋权与理论模型的客观赋权这两种方法有机结合,通过建立优化模型,直接求解出具有主客观信息的指标权重向量。需要指出的是综合赋权方法虽然有人的参与,但是权重是在为视景仿真模型的组合优化方法实施之前确定,不影响全自动模拟的实现。

1 综合赋权方法的提出

设三维视景效果评估的方法集合为 $X = \{X_1, X_2, \dots, X_i, \dots, X_m\}$, 其中 X_i 表示第 i 个方法,方法对应的指标集合为 $P = \{P_1, P_2, \dots, P_j, \dots, P_n\}$, P_j 表示方法中的第 j 个指标;各指标的权重向量 $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)^T$, 且满足:

$$\sum_{j=1}^n \omega_j = 1, \omega_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

决策矩阵为 $A = [a_{ij}]_{m \times n}$, 其中 a_{ij} 表示评估方法 X_i 的一个指标值。

由于指标之间的对应的两个量是不可合并计算,那么它们需要用同一个单位来衡量,这样有必要在评估之前将决策矩阵进行规范化操作。

通常可以根据指标分类的不同,可以对指标集 P 作如下划分:

$$\Omega = \bigcup_{i=1}^4 \Omega_i, \text{且} \Omega_i \cap \Omega_j = \emptyset, i, j = 1, 2, 3, 4; i \neq j \quad (4)$$

式中: $\Omega_i (i=1, 2, 3, 4)$ 分别为效益型指标集、成本型指标集、固定性指标集和区别型指标集; \emptyset 为空集。

设规范化决策矩阵为 $B = [b_{ij}]_{m \times n}$, 那么 b_{ij} 的计算可有下列公式得出:

当 $P_j \in \Omega_1$ 时, 则有:

$$b_{ij} = (a_{ij} - \min_i a_{ij}) / (\max_i a_{ij} - \min_i a_{ij}) \quad (5)$$

当 $P_j \in \Omega_2$ 时, 则有:

$$b_{ij} = (\max_i a_{ij} - a_{ij}) / (\max_i a_{ij} - \min_i a_{ij}) \quad (6)$$

当 $P_j \in \Omega_3$ 时, 则有:

$$b_{ij} = 1 - |a_{ij} - \alpha_i| / \max_i |a_{ij} - \alpha_i| \quad (7)$$

在式(5)~(7)中,

$$\min_i a_{ij} = \min\{a_{ij} \mid i = 1, 2, \dots, m\} \quad (8)$$

$$\max_i a_{ij} = \max\{a_{ij} \mid i = 1, 2, \dots, m\} \quad (9)$$

α_i 为指标 P_j 的最佳稳定点。

可采用式(5)~(7)对决策矩阵 A 进行规范化操作, 所得的规范化决策矩阵为 $B=[b_{ij}]_{m \times n}$ 。

在指标权向量确定时, 采用加权法进行评估分析, 则每个决策方法目标评价价值 d_i 可以通过下式得到:

$$d_i = \sum_{j=1}^n b_{ij} \omega_j, i=1, 2, \dots, m \quad (10)$$

这样就可以根据 d_i 的大小, 可以对视景效果评估方法进行排序, d_i 越大, 则相应的评估方法越好。

1.1 判断矩阵的构造方法

假设视景观察者是理性的, 对于指标集合 P 可根据某些准则, 给出判断矩阵为 $D=[d_{kj}]_{m \times n}$, 且 D 为正反矩阵, 满足:

$$d_{kj} > 0, d_{jk} = 1/d_{kj}, d_{kk} = 1, k, j = 1, 2, \dots, n \quad (11)$$

这里采用层次分析法中的 Saaty 准则来实现判断矩阵的赋值^[8]。层次结构反映了各因素之间的关系, 但各准则在衡量视景效果时所占的比重并不一定相同, 在评估者的心目中, 它们各占有一定的比例。

设有 n 个影响视景效果因素, $X=\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, 比较它们对逼真度的影响程度, 需确定各自所占的比重。比较第 i 个元素与第 j 个元素对目标的重要性, 使用量化的相对权重 a_{ij} 来描述。则 $A=(a_{ij})_{n \times n}$ 称为成对比较矩阵。矩阵中 a_{ij} 的取值参考 Saaty 的比较尺度进行赋值, a_{ij} 在 1~9 及其倒数中间取值, 表 1 为 saaty 准则中标度的含义。对于这种确定方法, Saaty 等人还用实验方法比较了在各种不同标度下人们判断结果的正确性, 实验结果也表明, 采用 1~9 标度最为合适。

1.2 专家知识赋权

这里根据文献[9-10]给出最小距离原则, 权向量 ω 中的各分量 ω_j 应该满足的优化模型为:

$$\begin{aligned} \min Z_1 &= \sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^n (d_{kj} \omega_j - \omega_k)^2 \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{j=1}^n \omega_j, \omega_j \geq 0, j=1, 2, \dots, n \end{aligned} \quad (12)$$

式中: 目标函数是判断矩阵 D 中的元素 d_{kj} 与指标权向量 ω 中的元素比值 ω_k/ω_j 之间的偏差最小。

表 1 Saaty 准则中的比较尺度
Tab. 1 The comparative scale in Saaty

尺度	含义
1	元素 i 与元素 j 具有相同重要性
3	元素 i 比元素 j 的影响稍重要
5	元素 i 比元素 j 的影响重要
7	元素 i 比元素 j 的影响重要得多
9	元素 i 比元素 j 的影响极其重要
2,4,6,8	元素 i 相对元素 j 的影响重要性介于上述两个相邻等级之间

根据由约束最优化问题式(10)可以构造一个 Lagrange 函数, 则式(12)转化为一个无约束最优化问题:

$$\begin{aligned} \min L(\omega, \lambda) &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (a_{ij} \omega_j - \omega_i)^2 + \\ & 2\lambda (\sum_{j=1}^n \omega_j - 1) \end{aligned} \quad (13)$$

式中: λ 为 Lagrange 乘子, $L(\omega, \lambda)$ 为关于权重和乘子的函数。

进一步对 ω_k 求偏微分, 可得:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n (a_{ik} \omega_k - \omega_i) a_{ik} - \sum_{j=1}^n (a_{kj} \omega_j - \omega_k) + \lambda &= 0, \\ k &= 1, 2, \dots, n \end{aligned} \quad (14)$$

1.3 理论模型赋权

在理论模型赋权方面, 采用文献[11]的方法, 权向量 ω 中的各分量 ω_j 满足的约束最优化问题为:

$$\begin{aligned} \min Z_2 &= \sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^n (b_j^* - b_{ij})^2 \omega_j^2 \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{j=1}^n \omega_j, \omega_j \geq 0, j=1, 2, \dots, n \end{aligned} \quad (15)$$

式中: $b_j^* = \max\{b_{ij} | i=1, 2, \dots, m\}$, $j=1, 2, \dots, n$, 其为决策矩阵 B 中第 j 个指标 P_j 的理想值。

1.4 综合赋权

综合方法主要是为了让得到的权向量 ω 能同时反映专家知识的主观程度和理论模型的客观程

度, 综合两种方法的最优化模型, 构造双目标决策模型为:

$$\begin{aligned} \min Z_1 &= \sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^n (d_{kj} \omega_j - \omega_k)^2 \\ \min Z_2 &= \sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^n (b_j^* - b_{ij})^2 \omega_j^2 \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{j=1}^n \omega_j, \omega_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n \end{aligned} \quad (16)$$

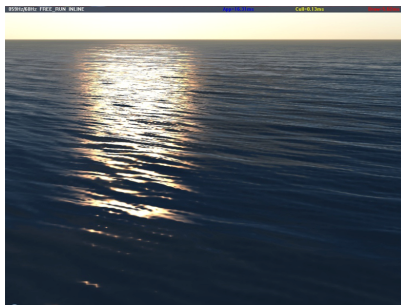
在求解式(16)时, 这里采用常规的多目标决策分析中的线性加权和法, 将式(16)转化为最优化模型:

$$\begin{aligned} \min Z &= \alpha \sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^n (d_{kj} \omega_j - \omega_k)^2 + \beta \sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^n (b_j^* - b_{ij})^2 \omega_j^2 \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{j=1}^n \omega_j, \omega_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n \end{aligned} \quad (17)$$

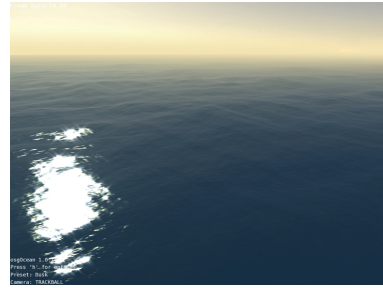
式中: α 和 β 分别表示专家知识赋权和理论模型赋权的重要程度, $0 < \alpha, \beta < 1$; 且 $\alpha + \beta = 1$ 。这样, 上述模型是一个非线性规划问题, 通过外点法求解即可得到最优解 $\omega^* = (\omega_1^*, \omega_2^*, \dots, \omega_n^*)^T$ 。

2 算法应用举例

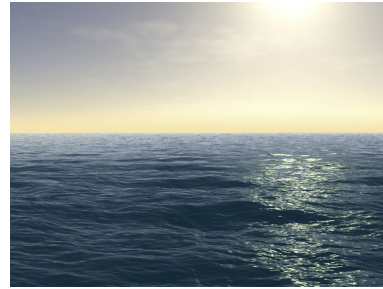
目前, 虚拟海浪三维视景仿真工具层出不穷, 主流的软件工具有 Vage Prime、OSG(Open Scene Graph)等。这里以 Vpmarine、OSGOcean 和本文方法绘制的 3 种不同虚拟海浪场景为例, 进行三维可视化效果的评估。本文实验的主要硬件平台为: 处理器为 Intel Core i7CPU/6700@3.4 GHz, 内存为 DRR3/16 GB, 显卡为 NVIDIA GeForce GTX Q260/2048 MB; 主要的软件平台为: Visual studio 2005, OpenSceneGraph3.2。生成的场景见图 1。



(a) 方法



(b) 方法



(c) 本文方法

图 1 3 种方法生成的虚拟海浪场景

Fig. 1 Virtual ocean wave scenes rendered by three methods

从上述的主客观指标中选取具有典型意义的指标, 指标值如表 2 所示。这是一个具有 4 个指标的主客观混合评估问题, 其中 4 个指标均为效益型指标。结合图 1 和表 2 以及 3 种海浪的实际应用, 不难看出这 3 个方案都是非劣的。

表 2 3 种虚拟海浪场景的主客观评估指标值

Tab. 2 The values of subjective and objective assessment index for three kinds of virtual wave scenes

海浪 绘制方法	生成算法 (分值)	光照效果 (分值)	帧频	图像 信息熵
本文方法	58	26	80	5.371 938
OSGOcean	50	13	26	4.526 148
Vpmarine	43	20	61	4.798 685

根据表 2, 多指标评估问题的决策矩阵 A 为:

$$A = \begin{bmatrix} 58 & 26 & 80 & 5.371938 \\ 50 & 13 & 26 & 4.526148 \\ 43 & 20 & 61 & 4.798685 \end{bmatrix} \quad (18)$$

采用式(5)进行规范化处理, 得到规范的决策矩阵 B 为:

$$B = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0.467 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.538 & 0.648 & 0.322 \end{bmatrix} \quad (19)$$

用户对各种指标进行两两比较,得到判断矩阵

D 为:

$$D = \begin{bmatrix} 1 & 1/5 & 1/3 & 1/2 \\ 5 & 1 & 1/2 & 2 \\ 3 & 2 & 1 & 3 \\ 2 & 1/2 & 1/3 & 1 \end{bmatrix} \quad (20)$$

为了比较3种方法的优劣,分别采用了专家知识的主观赋权、理论模型的客观赋权和综合赋权方法来求解指标的权重向量,其结果如表3所示。

表3 指标权重的求解结果

Tab. 3 The solution results of the index weight

求解方法	权重向量			
	ω_1	ω_2	ω_3	ω_4
专家知识的主观赋权	0.086 3	0.287 9	0.467 1	0.158 7
理论模型的客观赋权	0.214 2	0.268 1	0.352 1	0.165 6
综合赋权	0.158 9	0.289 3	0.210 2	0.341 6

在指标向量 ω 已确定的情况下,采用加权法则进行决策分析,则决策方案的排序结果见表4。

表4 评估方法的排序结果

Tab. 4 Sorting results of assessment methods

权重向量的确定方法	采用加权法的评估方法评估结果
专家知识的主观赋权	本文方法>OSGOcean>Vpmarine
理论模型的客观赋权	本文方法>Vpmarine>OSGOcean
综合赋权	本文方法>OSGOcean>Vpmarine

由表4的计算结果可以看出,由于确定权重向量的方法不同,评估的排序结果也略有差别。但采用基于综合赋权法来确定各指标权重向量,相应的视觉效果评估结果同时反映观察者的主客观程度。

3 结论

相对于其他视觉效果评估方法,本文利用专家知识、理论模型相结合的综合赋权的方法确定权重,实现了全自动评估过程。通过对战场环境中的不同方法生成虚拟海浪场景的评估的应用表明,采用综合赋权方法的评估结果要优于单独基于专家知识或理论模型的赋权方法。需要指出的是本文方法虽然相对提高了算法复杂度,但在实际应用过程中具有一定的研究意义。

参考文献:

- [1] Timson Emma, Perfect Philip, White Mark. Subjective fidelity assessment of rotorcraft training simulators[C]// Proc. of 68th American Helicopter Society International Annual Forum, 2012, 3: 2118-2133.
- [2] Zeyada Y. Modeling human pilot cue utilization with applications to simulator fidelity assessment[J]. Journal of Aircraft (S0957-4174), 2000, 37(4): 588-597.
- [3] 曾艳阳, 贾盼盼. 基于改进灰色聚类的三维视景效果评估方法[J]. 系统仿真学报, 2015, 27(10): 2497-2501. Zeng Yanyang, Jia Panpan. Evaluation method of dimensional visual effects based on improved Grey Clustering[J]. Journal of System Simulation, 2015, 27(10): 2497-2501.
- [4] Zhang W, Wang X. Study on credibility of physical effects of man-in-the-loop simulation system[J]. Journal of System Simulation (S1004-731X), 2002, 14(6): 815-820.
- [5] Hess Ronald A, Marchesi Federico. Analytical assessment of flight simulator fidelity using pilot models[J]. Journal of Guidance, Control and Dynamics (S0731-5090), 2009, 32(3): 760-770.
- [6] 尤天惠, 张尧, 樊治平. 信息不完全确定的多指标决策理论与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2010: 28-35. You Tianhui, Zhang Yao, Fan Zhiping. The theory and method of multiple index decision-making with incomplete information[M]. Beijing: Science Publishing, 2010: 28-35.
- [7] 汪文革, 王珍措. 一种主客观综合的训练评估指标权重的确定方法[J]. 舰船电子工程, 2013, 33(8): 123-125. Wang Wenge, Wang Zhenxi. A subjective and objective method for determining index weights of training evaluation, Ship Electronic Engineering, 2013, 33(8): 123-125.
- [8] Pendharkar P C. Characterization of aggregate fuzzy membership functions using Saaty's eigenvalue approach[J]. Computers and Operations Research (S0305-0548), 2003, 30(2): 199-212.
- [9] Chu A T W, Kalaba R E, Springarn K. A Comparison of two methods for determining the weights of belonging to fuzzy sets[J]. Journal of Optimization Theory and Application (S0022-3239), 1979, 27(4): 531-538.
- [10] 宜家骥. 多目标决策[M]. 长沙: 湖南科学技术出版社, 1989: 20-29. Yi Jiayi. Multi-objective decision[M]. Changsha: Hunan Science and Technology Press, 1989: 20-29.
- [11] 樊治平. 多属性决策的一种新方法[J]. 系统工程, 1994, 12(1): 15-17. Fan Zhiping. A New Method of Multiple Attribute Decision[J]. Systems Engineering, 1994, 12(1): 15-17.