

8-7-2020

Evaluation Method of Dimensional Visual Effects Based on Improved Grey Clustering

Yanyang Zeng

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

Panpan Jia

College of Computer Science and Technology 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 Paper 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.

Evaluation Method of Dimensional Visual Effects Based on Improved Grey Clustering

Abstract

Abstract: Currently, the assessment of the three-dimensional visual effects is concentrated on the assessment methods, while ignoring the role of the index system. *Therefore, an index system about fidelity evaluation of the visual simulation was proposed, including the various steps of the construction of the entire visual simulation system. The steps are from three-dimensional modeling to the output of simulation screen. On this basis, the evaluation method of dimensional visual effects was proposed based on improved grey clustering, and it is the combination of subjective and objective. The fuzzy evaluation was used to improve the method of determining the weights, and the integrated clustering coefficient could be obtained by weighting of the underlying index. So that different picture could be compared and analyzed, regarding a virtual waves environment as an assess example.* The simulation results show that the method can reasonably solve the problem of the three-dimensional visual effects assessment.

Keywords

grey clustering, dimensional visual effects, evaluation method, fuzzy evaluation, index system

Recommended Citation

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.

基于改进灰色聚类的三维视景效果评估方法

曾艳阳, 贾盼盼

(河南理工大学计算机科学与技术学院, 焦作 454000)

摘要: 当前三维视景效果的评估大多数研究都集中在评估方法上, 而忽视了指标体系的作用。对此提出了一套视景仿真逼真度评估的指标体系, 包括了从三维建模到仿真画面输出在内的整个视景仿真系统构建的各个步骤, 在此基础上, 提出了基于改进灰色聚类的三维视景效果主客观相结合的评估方法, 利用模糊评判的方法来改进权重的确定方法, 再依据底层指标值加权得到视景效果综合聚类系数进行不同画面比较与分析, 并以虚拟海浪环境视景效果为评估算例。仿真结果表明, 该方法能够合理地解决三维视景效果评估问题。

关键词: 灰色聚类; 三维视景效果; 评估方法; 模糊评判; 指标体系

中图分类号: TP391.9 文献标识码: A 文章编号: 1004-731X (2015) 10-2497-05

Evaluation Method of Dimensional Visual Effects Based on Improved Grey Clustering

Zeng Yanyang, Jia Panpan

(College of Computer Science and Technology of Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454000, China)

Abstract: Currently, the assessment of the three-dimensional visual effects is concentrated on the assessment methods, while ignoring the role of the index system. Therefore, an index system about fidelity evaluation of the visual simulation was proposed, including the various steps of the construction of the entire visual simulation system. The steps are from three-dimensional modeling to the output of simulation screen. On this basis, the evaluation method of dimensional visual effects was proposed based on improved grey clustering, and it is the combination of subjective and objective. The fuzzy evaluation was used to improve the method of determining the weights, and the integrated clustering coefficient could be obtained by weighting of the underlying index. So that different picture could be compared and analyzed, regarding a virtual waves environment as an assess example. The simulation results show that the method can reasonably solve the problem of the three-dimensional visual effects assessment.

Keywords: grey clustering; dimensional visual effects; evaluation method; fuzzy evaluation; index system

引言

随着三维视景技术的深入研究, 用户对视景系统的逼真度、画面品质等的需求更加迫切^[1], Dale^[2]等提出了逼真度理论, 通过多维测量的方法解决模

型或仿真的逼真度的定性或定量评估。在评估过程中, 一个参考对象被建立, 这样就需要建立相应的评估指标体系和方法。基于这一理论, 近年来, 在三维视景效果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[3]中逼真度实现研究组 FISG(Fidelity Implementation Study Group)提出了仿真中各个领域逼真度需要评估的指标。其中对“可视化”提出了亮度等 9 个评估指标, 但这些评估指标是针对所有的仿真可视化手段以及可视化最终的输出效果所提出的, 并没有考虑到视景仿



收稿日期: 2015-06-14 修回日期: 2015-07-29;
基金项目: 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; 贾盼盼(1987-), 女, 河南西华, 硕士, 研究方向为现代仿真技术。

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

• 2497 •

真在真实性、实时性、交互性等方面的特点,也没有兼顾视景仿真系统本身的复杂性。文献[4]认为仿真逼真度是模型或仿真复现真实世界对象的状态和行为的程度。文献[5-6]在视景仿真的逼真度评估体系和方法提出了自己的方法。而对这些评估的理论、体系和方法的研究任处于起步阶段。

灰色聚类是根据灰色关联矩阵或灰色的白化权函数将一些观测对象划分为一定类别或聚集成若干个可定义类别的方法。一般灰色聚类按聚类方法可分灰色关联聚类和灰色白化权函数聚类^[7]。关于该方法的研究已经成熟,并取得一定的研究成果。文献[8]提出一种新的灰色聚类改进方法,将以往的灰色关联聚类与灰色白化权函数进行结合,克服了用传统的单一指标评价多因素多指标问题的弊病。文献[9-10]利用灰色聚类法分别在不同的领域进行了应用。一般地,灰色聚类方法在评估权重的确定过程中,简单的使用领域专家评价来确定各指标权重,这样的权重不具有代表性,所以本文提出利用模糊评判的方法来确定权重。

1 三维视景效果评估指标体系的建模

本文在大量的三维视景仿真系统的开发经验基础上,建立了一套三维视景逼真度的多层级的指标体系,概括了影响逼真度的因素可以分为以下几类:三维实体的逼真度、虚拟自然环境逼真度、非可视物理场逼真度。视景逼真度用 I 表示,四个影响因素分别用 I1~I3 表示。

1.1 三维实体逼真度指标

确定哪些因素是最能影响三维实体模型显示质量的,一般认为是模型的线框分辨率(几何分辨率)、纹理、光照和颜色。

(1) 线框分辨率(I11)

网格模型一般利用多边形面构成的,这样线框分辨率无疑是最重要和最直接影响显示质量的因素。线框分辨率对于视觉感知的影响是显而易见的。

(2) 纹理(I12)

一个常用的添加表面细节的方法是将纹理模

式映射到三维实体对象表面上。纹理可以定义为一维、二维或三维图案。

(3) 光照(I13)

虚拟场景中的光可以分为环境光、散射光和镜面光。光照对模型表面着色、增强场景的立体感和真实感都有重要作用。

(4) 颜色(I14)

计算机显示器通过让像素发出三种颜色的光,来模拟可见颜色。每个象素发出的不同比例的红光、绿光、蓝光所对应的数量成为 R, G, B, 对模型的显示至关重要。

1.2 虚拟自然环境逼真度指标

虚拟自然环境的三维视景仿真包括大气、海洋(包括湖面环境等)和陆地的模拟。它们都有两个特点:一是模拟的内容庞大、繁杂,二是数据量巨大,例如海洋环境除了海浪生成算法外还包括海面的纹理、光照等,而且数据还随时间变化,可建立各环境分量的逼真度指标如表 1 所示。虚拟自然环境可以表示为四元组: A, O, S 分别表示为大气、海洋、陆地, T 表示为时间。这样虚拟自然环境可离散化为动态的参数序列:

$$\vec{E} = \langle \vec{A}, \vec{O}, \vec{S}, \vec{T} \rangle \quad (1)$$

表 1 各环境分量的逼真度指标

大气环境(I21)	海洋环境(I22)	陆地环境(I23)
天空(I211)	海浪生成算法(I221)	数据精确度(I231)
天气(I212)	海面纹理(I222)	纹理精确度(I232)
云(I213)	海面光照(I223)	纹理分辨率(I233)
雾(I214)	海洋特殊效果(I224)	人文特征(I234)
光线(I215)	水下能见度(I225)	地形特征(I235)
	海底地形(I226)	生成算法精度(I236)
	水下生物(I227)	

1.3 虚拟自然环境逼真度指标

在三维视景仿真中存在各种非可视物理场,例如电磁场、水声场、压力场、温度场、盐度场等。这些物理场大部分不是可见的,但对于三维视景仿真系统的呈现起到重要的作用。对所获取的物理场

数据利用可视化的方法加以表达, 将不可见的物理场可视化, 从而使用户可以方便地观察仿真结果, 对整个物理场环境得到整体、直观的感受, 并从中发现有用的信息。在分析非可视化物理场的三维视景仿真过程中所涉及技术的基础上, 得到其逼真度指标如表 2 所示。

表 2 非可视物理场逼真度的指标

数据精确度(I31)	可理解性(I32)
物理模型(I311)	形状(I321)
误差(I312)	颜色(I322)
时间特性(I313)	纹理(I323)
	透明度(I324)

2 基于改进灰色聚类的评估方法

三维视景仿真系统是一个灰色系统, 它包含的信息是不完整的。不同于白色系统, 白色系统包含的信息是完全确定的。三维视景仿真系统含有大量的数据, 不仅包含了明确的数据(如帧速率和分辨率等), 还含有许多不确定的因素(如光照效果和能见度等)。三维视景效果可以被评估属于“低”、“一般”和“高”。

三维视景逼真度评估可以被看做 m 个评估对象, n 个评估指标, s 个不同的灰色等级。基于灰色白化权函数, 评估方法如下:

(1) 确定评估指标的权重;

在模糊评判中, 各因素的权重分配非常重要, 将直接影响评判的结论。可以采用模糊理论中隶属度的计算方法来解决这一问题, 如绝对比较法、二元比较法、模糊统计法等。另外, 还可以采用多目标决策中经常使用的层次分析法。但在实践中很难找到一种完美的方法, 只能根据具体情况结合各种方法的优缺点选用相对比较合适的方法。本文采用绝对比较法。

设影响因素集为 $F=\{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ 被调查者可能是该领域的专家也可能是权威机构代表为 $P=\{p_1, p_2, \dots, p_k\}$ 待确定的权重分配为 $A=(a_1, a_2, \dots, a_n)$ 。

① 选择最重要的因素即确定 $r \in \{1, 2, \dots, n\}$, 使 $a_{ri} = \max\{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ 。

② 让被调查者将 $u_i(1, 2, \dots, n)$ 与 u_i 做比较得比较值。

$$f_{ur}(u_i, p_j), i=1, 2, \dots, n, j=1, 2, \dots, k \quad (2)$$

③ 综合比较结果。

$$x_i = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k f_{ur}(u_i, p_j), i=1, 2, \dots, n \quad (3)$$

④ 计算权重归一化。

$$a_i = \frac{x_i}{\sum_{j=1}^n x_j}, i=1, 2, \dots, n \quad (4)$$

(2) 划分灰色等级的数量;

同样地, 每个指标的数值范围被划分成 s 个不同的灰类。例如, 指标 j 的取值范围为 $[\lambda_1, \lambda_{s+1}]$, 可以被划分成 s 个区间: $[\lambda_1, \lambda_2], [\lambda_2, \lambda_3] \dots [\lambda_{k-1}, \lambda_k] \dots [\lambda_{s-1}, \lambda_s], [\lambda_s, \lambda_{s+1}]$ 。其中, $\lambda_{k-1}(k=1, 2 \dots s)$ 的值可以根据实际问题的需要或者定量测量得到。

(3) 确定三角白化权函数;

为了得到指标 x_j 的值, 假设 $\alpha_k = (\lambda_k + \lambda_{k+1})/2$ 属于白化权函数的第 k 个灰色等级且值为 1。然后连接点 $(\alpha_k, 1)$ 和第 $k-1$ 个灰色等级的起点 λ_{k-1} , 还需连接 $k+1$ 个灰色等级的终点 λ_{k+2} 。第 k 个灰色等级的三角白化权函数 $f_j^k(\cdot)$ 能被得到。其中 $j=1, 2, \dots, n$; $k=1, 2, \dots, s$ 。对于 $f_j^1(\cdot)$ 和 $f_j^s(\cdot)$, 可以扩展指标 j 的取值范围, 其值能到达 λ_0 或 λ_{s+2} 。图 1 展示了三角白化权函数的构建过程。

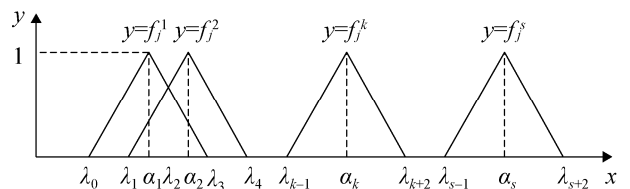


图 1 三角白化权函数构造过程

(4) 计算各指标的隶属度;

$$f_j^k(x) = \begin{cases} 0, & x_j \notin [\alpha_{k+1}, \alpha_{k+2}] \\ (x - \alpha_{k-1}) / (\lambda_k - \alpha_{k-1}), & x_j \in [\alpha_{k+1}, \alpha_{k+2}] \\ (\alpha_{k+2} - x) / (\alpha_{k+2} - \lambda_k), & x_j \in [\alpha_{k+1}, \alpha_{k+2}] \end{cases} \quad (5)$$

(5) 计算综合聚类系数 δ^k , 分析结果并得出评估结论。

$$\delta^k = \sum_{j=1}^n f_j^k(x_j) \eta_j \quad (6)$$

式中: $f_j^k(x_j)$ 是指标 j 在第 k 灰色等级时的白化权函数; η_j 为 j 指标在综合聚类中的权重。

3 基于虚拟海洋环境效果评估算例

以海洋战场环境中的虚拟海浪环境为评估算例, 对上述所提出的逼真度指标体系和改进灰色聚类的评估方法进行应用与分析。

大规模海洋战场环境仿真是作战视景仿真的重要内容之一, 它的逼真度直接影响系统作战进程观察、战场态势分析和作战效果评估, 而它的实时性则影响到操作人员在其中进行各种复杂任务的作战和训练。

根据所提指标体系, 提取海浪的几个因素有: 海浪生成算法(I221)、海面纹理(I222)、光照海面(I223)、海洋特殊效果(I224)。首先为各因素分配权重。选用绝对比较法, 设该领域专家为 $P=\{p_1, p_2, \dots, p_k\}$ 经共同评议被调查者一致认为 I221 为影响海浪逼真度的最重要因素记为 10 分, 则其他因素与 I221 的比较值如表 3 所示。

表 3 其他指标与 I221 的比较值

指标	p_1	p_2	p_3	p_4	p_5	均值
I221	10	10	10	10	10	10
I222	9	8	9	9	8	8.6
I223	7	6	6	7	8	6.8
I224	4	3	5	3	3	3.6

图 2(a), 2(b), 2(c) 分别是基于 Perlin 噪声合成法、基于 Phillips 的 FFT 方法以及基于两种方法融合生成的海浪场渲染效果图。图 2(d) 是范围为 $100 \times 100 \text{ km}$, 计算网格大小为 512×512 , 海浪的仿真速度大于 60 fps, 并加入天空场景、光照和反射效果后的场景截图。所提方法的核心是在视点远处采用 Perlin 噪声合成法生成高度场, 视点近处采用 FFT 方法, 对高度场进行了自适应融合。该方法充

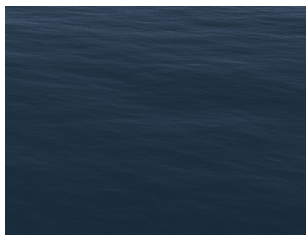
分利用了 Perlin 噪声合成法在离视点远处较真实和 FFT 方法在近处较真实的优点, 有效地增强了海浪实时场景仿真的逼真度。



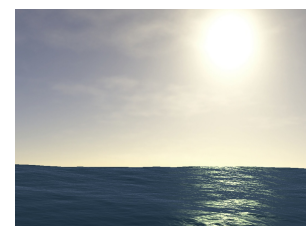
(a) Perlin 噪声合成法



(b) FFT 方法



(c) 本文方法



(d) 加入光照模型后的效果图

图 2 海浪场景可视化效果图

评估该海浪场景的逼真度具体过程: 首先, 选择从上述指标系统选择指标, 这些指标应当能够表征虚拟海浪的视景效果。然后, 指标的权重需被确定。可以根据评估的要求划分灰色等级并得到扩展值。最后, 利用改进灰色聚类得到虚拟海浪的逼真度。表 4 和表 5 分别虚拟海浪在基于 FFT 和本文方法两种情况下每个指标的实际值。通过公式(5), 可以得到分类的指标的白化权函数值, 如表 6 所

示。通过公式(6)的计算,可以得到综合聚类系数 δ^k ,如表 7 所示。

表 4 基于 FFT 的海浪逼真度指标实际值

指标	低 x_j^1	一般 x_j^2	高 x_j^3	扩展值 x_j^0, x_j^5	实际值
I221	[10,25]	(25,45]	(45,85]	10、100	43
I222	[10,25]	(25,45]	(45,85]	10、100	28
I223	[5,15]	(15,25]	(25,35]	10、50	13
I224	[5,15]	(15,25]	(25,35]	7、35	4

表 5 本文方法生成的海浪逼真度指标实际值

指标	低 x_j^1	一般 x_j^2	高 x_j^3	扩展值 x_j^0, x_j^5	实际值
I221	[10,25]	(25,45]	(45,85]	10、100	58
I222	[10,25]	(25,45]	(45,85]	10、100	28
I223	[5,15]	(15,25]	(25,35]	10、50	26
I224	[5,15]	(15,25]	(25,35]	7、35	8

表 6 两种方法的白化权函数值

指标	FFT			本文方法		
	$f_j^1(x)$	$f_j^2(x)$	$f_j^3(x)$	$f_j^1(x)$	$f_j^2(x)$	$f_j^3(x)$
I221	0.073	0.840	0.514	0	0.540	0.943
I222	0.618	0.720	0.086	0.618	0.720	0.086
I223	0.800	0.533	0	0	0.600	0.733
I224	0	0	0	0.333	0.200	0

表 7 两种方法的综合聚类系数 δ^k

聚类系数	FFT	本文方法
δ^1	0.395	0.225
δ^2	0.633	0.567
δ^3	0.206	0.524

从表 7 可以看出,在对使用 FFT 方法生成海浪逼真度评估结果中, δ^2 最大, δ^3 最小,说明此时的虚拟海浪逼真度进入一般类,对比使用本文算法生成的海浪来说, δ^2 最大, δ^1 最小,说明此时的虚拟海浪也已进入一般类,并且由于 δ^2 与 δ^3 非常接近,说明当前的虚拟海浪逼真度进行“高”,即对领域专家来说,海浪的模拟已经逼真。总的来说,使用本文方法生成的海浪逼真度比使用 FFT 方法生成的海浪要好。

4 结论

为了实现三维视景效果的评估,给出了一种主

观的三级评估指标体系,其二级指标由三维实体、虚拟自然环境、非可视物理场的逼真度组成,三级指标包括线框分辨率、纹理、光照等,提出了基于改进灰色聚类的三维视景效果主客观相结合的评估方法,再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。

参考文献:

- [1] 杨蓉,刘玉坤.建模与仿真逼真度理论与方法研究综述[J].系统仿真技术,2014,20(2):85-89.
- [2] Dale K Pace. Issues related to quantifying simulation validation [C]// Proc. of 2001 Fall Simulation Interoperability Workshop, Orlando, Florida, USA. USA: Simulation Interoperability Standards Organization, 2001: 1-11.
- [3] David C Gross. Report from the Fidelity Implementation study Group [C]// Proceedings of 1999 Spring Simulation Interoperability Workshop. Orlando Florida, USA: Simulation Interoperability Standards Organization, 1999: 231-240.
- [4] Gross D C, Freeman R. Measuring fidelity differentials in HLA simulations [C]// Fall 1997 Simulation Interoperability Workshop: Workshop Papers. USA: Simulation Interoperability Standards Organization, 1997, 2: 799-805.
- [5] 王金华,严卫生,宋一川,等.视景仿真可信度评估体系的扩充及其应用[J].系统仿真学报,2010,22(8):1912-1915.
- [6] 杜君,梁强,姚凡凡.虚拟战场环境视景逼真度评估方法研究[J].系统仿真学报,2013,25(8):1891-1895.
- [7] J H Zheng, J J Chen, Q H Wu. Multi-objective optimization and decision making for power dispatch of a large-scale integrated energy system with distributed DHCs embedded [J]. Applied Energy (S0306-2619), 2015, 154(15): 369-379.
- [8] 姚恩瑜,何勇,陈仕平.数学规划与组合优化[M].杭州:浙江大学出版社,2001.
- [9] Chong Li, Kejia Chen, Xiaodong Xiang. An integrated framework for effective safety management evaluation: Application of an improved grey clustering measurement [J]. Expert Systems with Applications (S0957-4174), 2015, 42(13): 5541-5553.
- [10] 李善梅,徐肖豪,王超,等.基于灰色聚类的交叉航路拥挤识别方法[J].西南交通大学学报,2015,50(1):189-197.