

8-14-2020

Paralleled Dynamic Crowd Emotion Contagion Algorithm

Xiang Nan

1. School of Computer Science and Engineering, Chongqing University of Technology, Chongqing 400054, China;;

Mingmin Zhang

2. School of Computer Science and Technology, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China;

Lingyun Zhu

1. School of Computer Science and Engineering, Chongqing University of Technology, Chongqing 400054, 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.

Paralleled Dynamic Crowd Emotion Contagion Algorithm

Abstract

Abstract: As the positions of crowd usually change dynamically, then computing the contagion process becomes a challenge. There current algorithms were too time consuming to be adopted as they needed to calculate the reactions between every two objects. *In order to solve this problem, a social force based contagion computing algorithm with GPU acceleration was provided. Individuals' affection fields were projected onto two dimensional mesh grid and represented by the nine-box diary; The social force reactions between individual and nearest neighbors were computed to get the moving position; The contagion results from nearest neighbors were calculated. All of these steps were paralleled processing by GPU.* Experiments show that the algorithm can efficiently increase the accuracy and speed of emotion contagion.

Keywords

affective computing, emotion contagion, social force, GPU acceleration

Recommended Citation

Xiang Nan, Zhang Mingmin, Zhu Lingyun. Paralleled Dynamic Crowd Emotion Contagion Algorithm[J]. Journal of System Simulation, 2016, 28(9): 1964-1969.

动态人群情绪感染并行仿真算法

向南¹, 张明敏², 朱凌云¹

(1. 重庆理工大学计算机学院, 重庆 400054; 2. 浙江大学计算机学院, 杭州 310058)

摘要: 由于动态人群的个体位置是动态变化的, 因此情绪传染过程的计算成为一个难题。现有算法在人群仿真中通常需要计算每两物体之间的反应而无法达到实时要求。为了解决这个问题, 提出一种基于 GPU 加速和社会力的感染力并行计算方法。将个人的情感影响范围投射到二维网格上, 并用相同大小九宫格表示; 并行计算个体与最近邻之间的相互作用力以便确定个体的运动位置; 接着计算个体相互之间的情绪感染力向量并渲染仿真结果。整个算法通过 GPU 并行处理。实验显示, 本算法有效提高较大规模动态人群情绪感染仿真的精确性与计算速度。

关键词: 情感计算; 情绪感染; 社会力; GPU 加速

中图分类号: TP391.9

文献标识码: A

文章编号: 1004-731X (2016) 09-1964-06

Paralleled Dynamic Crowd Emotion Contagion Algorithm

Xiang Nan¹, Zhang Mingmin², Zhu Lingyun¹

(1. School of Computer Science and Engineering, Chongqing University of Technology, Chongqing 400054, China;

2. School of Computer Science and Technology, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China)

Abstract: As the positions of crowd usually change dynamically, then computing the contagion process becomes a challenge. There current algorithms were too time consuming to be adopted as they needed to calculate the reactions between every two objects. *In order to solve this problem, a social force based contagion computing algorithm with GPU acceleration was provided. Individuals' affection fields were projected onto two dimensional mesh grid and represented by the nine-box diary; The social force reactions between individual and nearest neighbors were computed to get the moving position; The contagion results from nearest neighbors were calculated. All of these steps were paralleled processing by GPU.* Experiments show that the algorithm can efficiently increase the accuracy and speed of emotion contagion.

Keywords: affective computing; emotion contagion; social force; GPU acceleration

引言

大规模人群仿真技术在计算机游戏、电影制作、虚拟现实等领域得到了广泛的应用。传统的人群仿真着重研究路径规划及避障问题^[1-6], 随着对

仿真程度要求的提高, 人群中个体的情绪感染逐步成为人群仿真的一个重要研究课题。和类似于 N-Body 问题的动态物体管理问题相同, 由于人群的个体位置是动态变化的, 因此需要对每对个体的相互影响进行计算, 这样导致情绪传染过程的计算时间复杂度为 $O(n^2)$, 当个体规模较大时无法进行实时仿真。然而, 情绪感染不同于一般的 N-Body 问题的方面在于: 单个个体的情绪通常只能感染他的最近邻而无需计算其对所有个体的影响。因此可



收稿日期: 2016-05-31 修回日期: 2016-07-11;
基金项目: 国家自然科学基金(61502064), 重庆市教委科学技术研究项目(KJ1400907);
作者简介: 向南(1984-), 男, 陕西旬阳, 博士, 讲师, 研究方向为情感计算; 张明敏(1968-), 女, 宁波, 副教授, 研究方向为人工智能; 朱凌云(通信作者 1969-), 男, 四川巴中, 副教授, 研究方向为人工智能, 物联网。

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

• 1964 •

以考虑只计算个体与最近邻之间的影响从而简化仿真过程。尽管经过简化, 情绪感染过程的计算依然非常复杂, 因为个体的最近邻是动态改变的, 系统需要管理人群的位置空间以找到每一个个体的最近邻。因为需要计算每个个体的情绪影响, 传统的空间数据查询方法^[7-8], 如基于 R-树的查询方法则无法进行应用, 因为很难为每个个体维持一个如 TPR-树的空间结构。为了有效地解决这个问题, 系统先采用 Larsen 和 Diener 的八方向情感模型^[9], 在设置个人的情绪感染区域后, 计算最近邻之间的情绪影响可以被视为计算个体受到的情绪作用力。再采取基于剔除的优化方法可以去除有一定距离的个体之间情绪影响的计算。情绪感染只发生在两个个体相互进入到对方的情绪感染区域。

提出了一个快速的 GPU 并行计算情绪感染结果的方法; 每个个体的情绪感染结果都进行独立计算; 个人的位置可以动态改变; 简化了个人的形状利用九宫格来代表个人及其情绪影响领域。虽然个人只能从当前位置移动到八个方向, 但可以加快避障计算。

1 研究背景

社会力能够模拟物体连续的运动过程是常见的人群动态模型。Zeng 等^[10]在该模型的基础上仿真并研究行人在十字路口汇聚时的避障行为。Yang 等^[11]改进该模型并模拟了具有主导个体的群组活动。诸如上述应用的众多仿真结果显示, 社会力模型是进行群组运动特性仿真的有效方法。尽管基于社会力的模型计算相对简单, 但是其仿真的个体缺少智能性。Tan 等^[4]采用基于智能 Agent 的方法进行疏散过程的仿真, 其优点在于 Agent 具有环境信息, 可以模拟不同知识层次的个体行为。除了具有固定知识的 Agent, Martinez^[12]为 Agent 集成增强学习功能, 智能 Agent 可以学习动态场景信息, 能够适应未知环境的疏散工作。

尽管在以灾难疏散为代表的情绪感染力仿真领域已取得诸多研究成果, 但是在大规模人群情绪

感染方面仍缺少相应研究。这是因为现有模型通常模拟室内疏散的场景, 因此人群的恐慌情绪的传递过程被忽略掉。在室外人群仿真中, Xiang^[13]和 Bosse^[14]等分别提出利用热传导模型来进行人群情感传递的模拟并给出其合理性, 但是其精确程度有待进一步提高。

在 N-Body 问题研究领域, Lars 利用 GPU 加速进行 title 的并行计算而提高所有个体对计算的速率^[15]。同样利用 GPU 加速, 微软在 DirectX 中采用着色器计算 N-Body 问题, 并在个体较少的条件下取得非常优异的性能。然而以上解决 N-Body 问题的方法都是计算所有个体对而不是其最近邻, 因此在个体规模较大时十分耗时。随着 GPU 的发展, 许多类似于 N-Body 的时空物体管理问题开始了 GPU 并行化的研究。例如 Govindaraju^[16]提出的基于图像的 GPU 碰撞检测算法。Tang 等^[17]采用基于连通性的裁剪解决持续碰撞检测问题。Du 等^[18]提供了静态和动态相结合的策略, 加快在多核平台的计算。有鉴于此, 系统采用最近邻检测的办法, 将没有情绪感染的个体剔除掉, 从而减少计算时间。

2 算法流程

系统先将个体情绪影响区域投影到二维运动平面, 然后用基于网格的方法计算个体受到的社会力合力, 再利用八方向情绪空间计算个体之间相互影响条件下的情感向量, 最后渲染仿真结果。

2.1 情绪投影

在一般的人群仿真碰撞避免方法中, 个体的视野只覆盖其正面区域。这样投影到地面后, 其观测区域通常是一个扇形区域。然而, 在情绪感染的应用中, 一个个体对其他个体的影响可以是 360° 的柱状区域, 即个体能够影响其背向的个体。将圆柱体投射到二维地上, 个体的情感领域投影是一个圆。为了简化计算过程, 系统采用 3×3 的九宫格 S_i^j 表示这个感染区域, 中间的方形表示个体的位置

Pos_i^t , 最近的 8 个方形表示 t 时刻 i 的感染区域 Aff_i^t , 易得到 $Pos_i^t \cup Aff_i^t = S_i^t$ 。任何个体在该区域将有可能被感染, 否则不会感染。如图 1 所示, 黑色方形表示个体, 灰色表示感染区域。

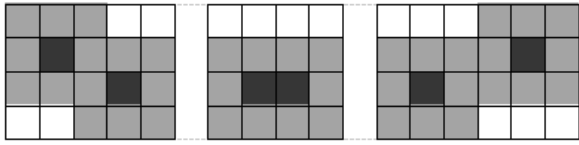


图 1 感染区域二维投影及位置关系

对于个体 i 而言, 计算其情感影响需要获得其最近邻信息, 即检测 $\exists j, Pos_j^t \cap Aff_i^t \neq \emptyset$ 。个体之间的位置关系有 3 种情况见图 1, 其中仅第二种情况为需要进行计算情况, 因为个体彼此进入感染区域。

由于系统采用方形表示个体及其感染区域, 这样整个方形网格的占据情况可以很容易的映射为二维数组 AO^t 。这样可以通过 8 次数组访问进行最近邻查找确定受影响个体, 从而避免计算所有个体两两之间的情绪影响。

2.2 人群避障

在人群情绪感染仿真过程中, 系统采用社会力模型来计算个体的运动状态^[16], 如下所示:

$$m_i \frac{dv_i}{dt}(t) = m_i \frac{v_i^0 d_i^0 - v_i}{\tau_i} + \sum_{j(\neq i)} f_{ij} \quad (1)$$

式中: m_i 为个体的质量; $v_i^0 d_i^0$ 分别为个体的期望速度大小与方向; v_i 为当前速度矢量; τ_i 为受力时间。为了简化计算量, 现仅考虑个体受到其他个体的影响力之和 $\sum_{j(\neq i)} f_{ij}$, 暂不考虑障碍物对个体的

影响力。计算方法如式(2)。

$$\begin{cases} f_{ij} = f_{ijn} n_{ij} + f_{ijt} t_{ij} \\ f_{iw} = f_{iwn} n_{iw} + f_{iwt} t_{iw} \end{cases} \quad (2)$$

f_{ijn} 、 f_{iwn} 为法向分量的大小, f_{ijt} 、 f_{iwt} 为切向分量的大小, 具体的计算过程与物理意义详见文献[19]。由于系统采用网格简化计算过程, 因此在得到个体的运动受力后, 需要将运动方向 d_i 映射

为九宫格的八个方向 $\{d_n | n = \text{North}, \dots, \text{South}\}$, 以便选择下一步的位置, 如图 2 所示。又由于人群规模较大, 因此个体移动速度不高, 个体周围的八个网格就是下一步移动候选位置。据此, 系统定义如下规则, 以避免个体之间的碰撞:

- 1) 每个方向九宫格的概率为 $p_n = (d_i \cdot d_n)^2$ 。
- 2) 当 d_n 方向上网格被占据, 则个体有 50% 的概率分别选择 d_n 两侧的方向 d_n', d_n'' 为下一步运动方向。
- 3) 如果 e_d', e_d'' 均被占据, 则个体暂停运动。

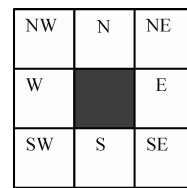


图 2 九宫格个体运动方向

2.3 情感传递

本系统采用八方向情感模型来表示个体的情绪状态, 个体的情绪影响过程转化为情绪向量的运算如图 3 所示, 令 e_i^t 为个体 i 在时间 t 的情绪向量, 那么个体 i 在个体 j 感染下的 t 时间的情绪向量可以由下式得出:

$$e_i^{t+1} = e_{ij}^t + \alpha_i e_i^t \quad (3)$$

个体 i 受到周围个体的感染为:

$$e_{ij}^t = \sum_{j \in N} (1 - \alpha_i) e_j^t \quad (4)$$

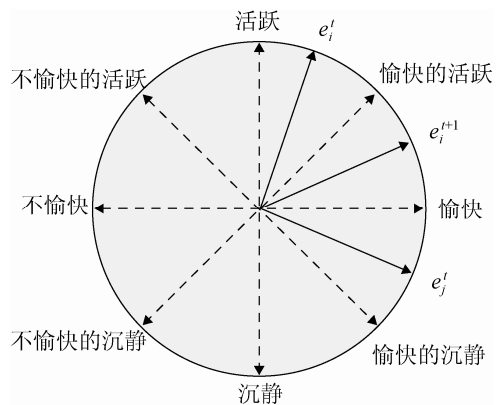


图 3 八方向模型及情绪矢量影响示意图

3 实验结果与分析

系统运行硬件环境为 Intel I5 CPU、8G Memory 和 GTX770 显卡。参数由系统根据设定的场景进行手动设定。并采用如下方法进行 GPU 加速。

1) 整合所有的数据到一个数组: 为了记录动态人群的各种信息包括位置、运动向量及情绪向量并提高访问速度, 集成所有信息到浮点数组 AO' 。该数组中的每个元素都对应于一个网格。对于被占据的网格, AO' 记录下该个体的情绪状态, 包括情绪向量、易感染程度、目标速度、速度和时间戳。

2) 利用 $tile(block)$ 为单位的方法来计算相邻的测试和传染结果。每一个 $tile(block)$ 负责 1K 的个体仿真结果计算。由于需计算影响的领域, 这样共享内存中至少应包含 $34 \times 34 AO'$ 数组元素。

3.1 实验结果

场景一: 并行计算中的个体同步测试。由于采用 GPU 并行计算个体之间的情绪感染, 因此同步问题异常重要。GPU 之所以能够并行快速处理大规模数据, 其中一个很重要的原因就是异步处理能够掩盖访存延时。但是异步处理的结果是不具备可再现性的。如图 4 所示, 场景为 64×64 网格, 设定网格四边的个体从四周向中间同时行进, 空格部分表示当前人群的位置, 暂不考虑避障问题即遇到障碍物时个体停止。由于没有进行同步, 有一部分个体的数据先处理, 一部分后处理导致如右图所示的行进人群的位置结果是十字型。易知正确的结果应该如左图所示为 X 型。

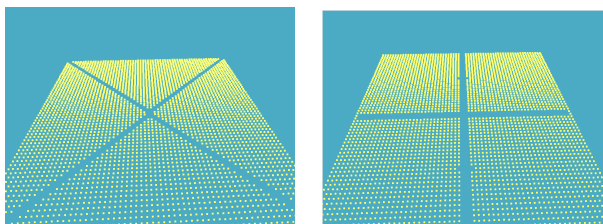


图 4 并行计算同步问题对比图

场景二: 仅存在社会力作用下的人群运动效

果。在本场景中采用 128×128 大小的网格, 红色粒子表示向右移动的个体, 黄色标识向左移动的个体。所有粒子之间仅存在社会力没有情绪感染。由图 5 可知, 本系统基于社会力模型的避障算法能够有效避免大规模运动人群个体间的碰撞。

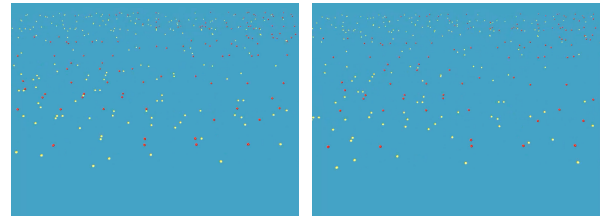


图 5 社会力作用下人群运动示意图

场景三: 情绪感染下的动态人群仿真效果。本场景采用 128×128 的网格, 避障部分采用场景二相同模块, 设定红色代表个体情绪激动, 且持续时间较长。黄色代表个体情绪平静, 且易受到他人感染。红色个体向右移动, 黄色个体向左移动。由图 6 可知, 随着两股人群交汇, 情绪较低个体接近情绪较高个体后收到其感染, 从而改变情绪向量, 由沉静状态向活跃状态发生转变, 然后又感染其他情感活跃度低的个体使得人群情绪活跃度快速提升。

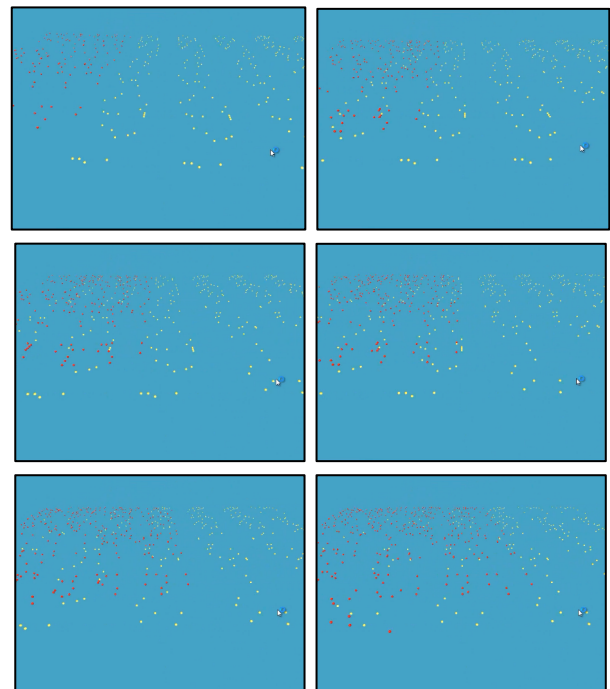


图 6 情绪感染效果图

3.2 模型分析

在粒子个数为 1 000, 10 000, 100 000 和 1 000 000 时, 采用本算法和 all-pair 方法对于本算法并行计算性能进行测试。测试包含了两种方法采用 GPU 加速和不采用 GPU 加速的 4 种情况, 结果如图 7 所示。

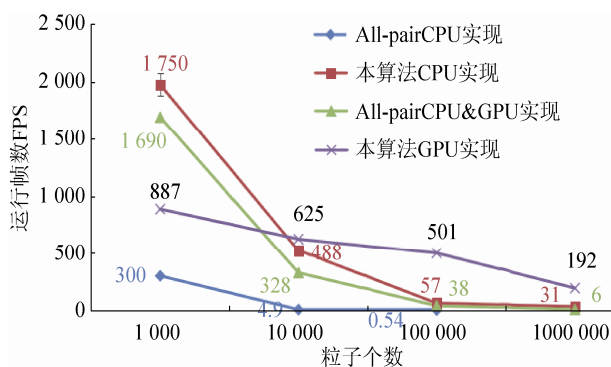


图 7 系统运行性能示意图

和 Pan^[10]等对动态人群情绪感染的研究相比, 该研究主采用热传导来模拟人群的情感传递过程, 取得了良好的仿真效果, 然而该方法主要针对静态人群的情感传递进行仿真, 对于动态人群则没有进行精确的计算。

和 Yang^[10]等研究工作相比, 该研究对带有主导个体的人群运动表现进行了仿真, 探讨了主导个体对整个群体动态变化过程的重要作用, 然而主导个体通常只有一个, 因此个体之间的情绪感染力则没有考虑。

4 结论

动态的人群仿真具有很重要的应用意义和理论研究价值。本文对大规模动态人群内部的情绪感染过程进行了有效的模拟。系统采用社会力进行个体之间的碰撞避免, 将情绪的影响转变为二维情感空间向量的运算并利用 CUDA 平台进行并行计算, 此外采用网格的方法和远距离个体影响剔除的方法降低计算量。和前人仿真结果进行对比发现, 本模型对大规模人群的情绪感染过程进行真实、快速的处理, 具有一定的应用价值。

参考文献:

- [1] 郭谨一, 刘爽, 陈绍宽, 等. 行人运动仿真研究综述[J]. 系统仿真学报, 2008, 20(9): 2237-2242. (Guo Jinyi, Liu Shuang, Chen Shaokuan, et al. Review of Pedestrian Movement Simulation Studies [J]. Journal of System Simulation (S1004-731X), 2008, 20(9): 2237-2242.)
- [2] B Zhou, X Tang, X Wang. Learning collective crowd behaviors with dynamic pedestrian-agents [J]. International Journal of Computer Vision (S0920-5691), 2015, 111(1): 50-68.
- [3] D C Duives, W Daamen, S P Hoogendoorn. Continuum modelling of pedestrian flows-Part 2: Sensitivity analysis featuring crowd movement phenomena [J]. Physica A Statistical Mechanics & Its Applications (S0378-4371), 2016, 447: 36-48.
- [4] L Tan, M Hu, H Lin. Agent-based simulation of building evacuation: Combining human behavior with predictable spatial accessibility in a fire emergency [J]. Information Sciences (S0165-5515), 2015, 295: 53-66.
- [5] C Wang, J Wang. A Modified Floor Field Model Combined with Risk Field for Pedestrian Simulation [J]. Mathematical Problems in Engineering (S1024-123X), 2016(1): 1-10.
- [6] M L Xu, H Jiang, X G Jin, et al. Crowd Simulation and Its Applications: Recent Advances [J]. Journal of Computer Science and Technology (S1000-9000), 2014, 29(5): 799-811.
- [7] R Zhang, J Qi, M Stradling, et al. Towards a Painless Index for Spatial Objects [J]. ACM Transactions on Data Base Systems (S0362-5915), 2014, 39(3): 19.
- [8] R Zhang, H V Jagadish, B T Dai, et al. Optimized Algorithms for Predictive Range and KNN Queries on Moving Objects [J]. Information Systems (S0306-4379), 2010, 35(8): 911-932.
- [9] 王志良. 人工情感 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2009. (Z Wang. Artificial Emotion [M]. Beijing, China: China Machine Press, 2009.)
- [10] W Zeng, P Chen, H Nakamura, et al. Application of social force model to pedestrian behavior analysis at signalized crosswalk [J]. Transportation Research Part C Emerging Technologies (S0968-090X), 2014, 40(1): 143-159.
- [11] X Yang, H Dong, Q Wang, et al. Guided crowd dynamics via modified social force model [J]. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications (S0378-4371), 2014, 411: 63-73.
- [12] F Martinez-Gil, M Lozano, F Fernández. MARL-Ped: A

- multi-agent reinforcement learning based framework to simulate pedestrian groups [J]. *Simulation Modelling Practice and Theory (S1569-190X)*, 2014, 47(47): 259-275.
- [13] N Xiang, Z Pan, M Zhang. Using emotion transmission to simulate spectator behaviors [C]// *Proceedings of the 11th ACM SIGGRAPH International Conference on Virtual-Reality Continuum and its Applications in Industry*. USA: ACM, 2012: 51-54.
- [14] T Bosse, M Hoogendoorn, M C A Klein, et al. Modelling collective decision making in groups and crowds: Integrating social contagion and interacting emotions, beliefs and intentions [J]. *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems (S1387-2532)*, 2013, 27(1): 52-84.
- [15] L Nyland. *GPU Gems 3-Fast N-Body Simulation with CUDA* [M]. Boston: Addison-Wesley Professional, 2007: 677-694.
- [16] N K Govindaraju, S Redon, M C Lin, et al. CULLIDE: interactive collision detection between complex models in large environments using graphics hardware [C]// *ACM Siggraph/eurographics Workshop on Graphics Hardware*, San Diego, California, USA, July, 2003. USA: ACM, 2003: 25-32.
- [17] M Tang, S Curtis, S E Yoon, et al. Interactive Continuous Collision Detection between Deformable Models using Connectivity-Based Culling [J]. *IEEE Transactions on Visualization & Computer Graphics (S1077-2626)*, 2009, 15(4): 25-36.
- [18] P Du, M Tang, R F Tong. A Parallel Collision Detection on Multi-core Platform [J]. *Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics (S1003-9775)*, 2011, 23(5): 833-838.
- [19] 向南, 朱凌云, 张明敏. 情感影响下的行人动态聚集过程仿真模型 [J]. *系统仿真学报*, 2015, 27(10): 2395-2400. (Xiang Nan, Zhu Lingyun, Zhang Mingmin. Pedestrian Dynamic Aggregation Simulation Model with Emotional Affection [J]. *Journal of System Simulation (S1004-731X)*, 2015, 27(10): 2395-2400.)

(上接第 1963 页)

- [10] 陆丛红, 林焰, 纪卓尚. 遗传算法在船舶自由浮态计算中的应用 [J]. *上海交通大学学报*, 2005, 39(5): 701-705.
- [11] 金宁, 谢田华, 田恒斗, 等. 改进遗传算法在船舶自由浮态计算中的应用 [J]. *中国航海*, 2007, 38(1): 10-12.
- [12] Calabrese F, Cataldo M, De Pascalis A, et al. A method for evaluating the ship equilibrium point using 3D meshes developed for embedded device[C]//*OCEANS 2015-Genova*. IEEE, 2015: 1-6
- [13] Calabrese F, Mancarella L, Zizzari A A, et al. A FEA-like Method for Evaluating the Ship Equilibrium Point [J]. *IFAC Proceedings Volumes (S1474-6670)*, 2012, 45(27): 115-120.
- [14] Zhu R C, Yang C L, Miao G P, et al. Computational Fluid Dynamics Uncertainty Analysis for Simulations of Roll Motions for a 3D Ship [J]. *Journal of Shanghai Jiaotong University (S1007-1172)*, 2015, 20(5): 591-599.
- [15] 令波. 浮性与完整稳性的直接计算法 [D]. 武汉: 华中科技大学, 2013.
- [16] 徐建红. 基于数字型值表的船舶浮态稳性计算系统研究 [D]. 大连: 大连海事大学, 2007.
- [17] 段兴锋, 任鸿翔, 东昉. 纵倾状态船舶浮态的研究与计算 [J]. *中国航海*, 2015, 38(1): 54-57.
- [18] The Computational Geometry Algorithms Library [EB/OL]. (2015-12-19). <http://www.cgal.org>.
- [19] Dyken C, Dæhlen M, Sevaldrud T. Simultaneous curve simplification [J]. *Journal of geographical systems (S1435-5930)*, 2009, 11(3): 273-289.
- [20] 王智洲, 孙霄峰, 尹勇, 等. 基于三维设计数据的船舶湿面积计算 [J]. *船舶工程*, 2016, 38(5): 5-8.
- [21] 张恭, 胡铁牛. 船舶破舱浮态方程求解范围研究 [J]. *海洋工程*, 2011, 29(3): 108-111.
- [22] 张明霞. 基于 NURBS 曲面的船舶破舱稳性计算方法研究 [D]. 大连: 大连理工大学, 2002.