

硕士研究生学位论文

|  |  |
| --- | --- |
| 题目： | 面向微博的在线广告点击 |
|  | 行为预测系统设计与实现 |

|  |  |
| --- | --- |
| 姓 名： | 孙超 |
| 学 号： | 1301221193 |
| 院 系： | 软件与微电子学院 |
| 专 业： | 软件工程 |
| 研究方向： | 互联网信息挖掘与处理 |
| 导师姓名： | 王海峰、刘宏志 |

二〇一 年 月

版权声明

任何收存和保管本论文各种版本的单位和个人，未经本论文作者同意，不得将本论文转借他人，亦不得随意复制、抄录、拍照或以任何方式传播。否则，引起有碍作者著作权之问题，将可能承担法律责任。

# 摘要

广告点击行为预测是互联网计算广告的重要环节，通常的做法是先用机器学习算法在已有用户的特征数据和点击行为记录上训练出一个模型，然后用训练出的模型结合新的用户特征数据返回该用户点击行为的概率。以往工作的重点是训练模型参数选取和用户特征选取上，其中用户特征选取多集中于结构化特征，即如用户的性别、年龄、职业、教育程度等固有属性。

本文在用户结构化特征基础上，利用用户的微博行为数据（包括发表、转发、点赞）过的文章，通过特征工程转换为用户的非结构化特征，用GBDT和LR融合的方法做点击行为预估，并设计和实现了一个可商业化运营的线上分布式系统。实验和线上运行记录表明该方法较传统的只用结构化特征的方法在预估准确率方面有了明显的提高。

关键词：广告，点击率，预测

ENGLISH TITLE

Author Name ( Major )

Directed by your Supervisor

# ABSTRACT

In environmental economics, environmental resources including environmental quality are categorized as amenity resources. Due to its importance to human welfare, the amenity resources theoretical study and valuation is an ongoing issue at the academic frontier in the environmental economics area.

KEY WORDS: Key word 1, Key word 2, Key word 3, ……

# 目录

[摘要 I](#_Toc469188927)

[ABSTRACT II](#_Toc469188928)

[目录 III](#_Toc469188929)

[第一章 绪论 1](#_Toc469188930)

[1.1 项目背景 1](#_Toc469188931)

[1.2 广告点击率预测研究发展现状 1](#_Toc469188932)

[1.3 本文的研究内容和方法 2](#_Toc469188933)

[1.4 本文内容组织结构 3](#_Toc469188934)

[第二章 研究进展 4](#_Toc469188935)

[2.1 环境中黑炭的主要来源 4](#_Toc469188936)

[第四章 图表示例 6](#_Toc469188937)

[第五章 结论及展望 7](#_Toc469188938)

[参考文献 8](#_Toc469188939)

[附录A 附录示例 11](#_Toc469188940)

[致谢 12](#_Toc469188941)

[北京大学学位论文原创性声明和使用授权说明 13](#_Toc469188942)

注：目录从第1章开始，前边因页眉需要设置了标题，实际使用时更新后去掉前边部分。使用时请删除本注释。如本示例，更新目录后删除前边三项（摘要、ABSTRACT、目录）即可。

# 第一章 绪论

## 1.1 项目背景

当前我国互联网产业迅速发展，根据中国互联网络信息中心（CNNIC）的最新统计，截至2016年6月，我国网民规模达7.10亿，互联网普及率达到51.7%，与2015年底相比提高1.3个百分点，超过全球平均水平3.1个百分点，超过亚洲平均水平8.1个百分点[1]。与此同时，电子商务产业也发展迅速，十二五期间，中国的网络零售交易额规模跃居世界第一，网购在网民中的普及率高达55.7%，仅在2016年双11期间，天猫交易额就突破1200亿元，物流订单量超6.5亿[2]。

在此背景下催生了互联网广告这一新兴产业，互联网广告经历了从最初铺天盖地的横幅广告到人群及兴趣精准定向的搜索广告与推荐引擎，进而催生了计算广告学这一新兴研究课题，这一课题涉及大规模搜索和文本分析、信息获取、统计模型、机器学习、分类、优化以及微观经济学等诸多领域的知识[3]。相比于基于传统媒体如电视、广播、报纸海量而无特定目标的广告投放，以互联网为媒介的广告投放可以根据用户特征（主要包括用户个人信息和上网行为）做到个性化精准投放。从而为大大提高了广告收益，为企业节省了推广成本。其中，广告点击率预测(Click Through Rate 简称CTR)是计算广告学的一个重要研究内容，是互联网企业广告竞价排名和流量变现业务的重要支撑。

## 1.2 广告点击率预测研究发展现状

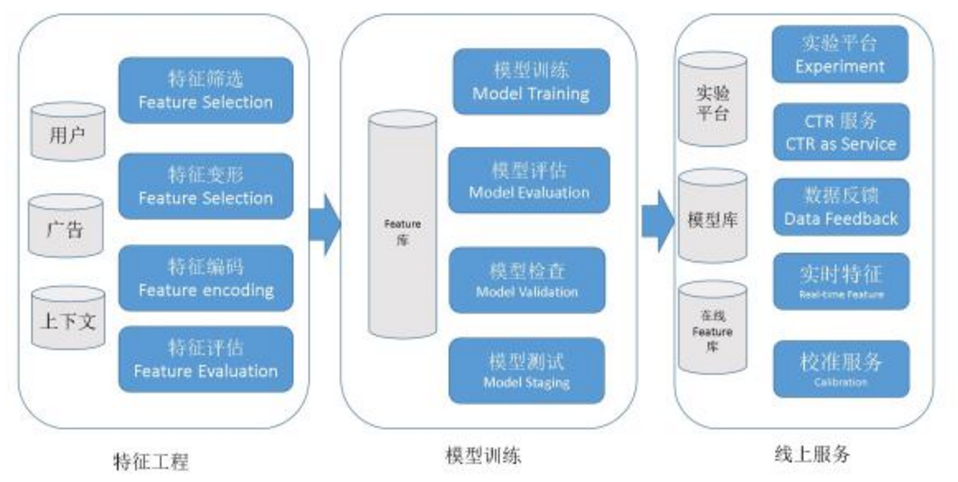
目前广告点击行为预测研究主要集中于特征学习、数据特点和用户行为这3个方面，本文将以这3个方面分别介绍已有的相关工作。

特征学习方面，影响CTR预估准确率的特征很多，不是选用的特征越多准确率就会越高，如何科学的选取又用的特征是不少学者和工程师的研究方向。在这方面，文献[4]研究了原始查询和重写后查询之间的相关性与广告点击率之间的关系，该文章考察了一些特征如次序、长度差异、编辑距离等对广告点击率的影响；文献[5][6]将广告显示位置和广告查询相关性作为特征，同时根据相似广告来解决非常见广告和新广告的点击率预测问题；文献[7]综合运用协同过滤、贝叶斯网络和特征工程等模型来预测点击率；文献[8]提出用协同过滤和张量分解来提取用户个性化特征用于点击率预测；

数据特点方面，广告数据多为稀疏数据，文献[4]提出利用相似广告来预估目标广告的点击率；针对新广告的历史数据缺失问题，文献[9]提出“竞拍词-广告主”矩阵，用层次聚类的方法解决历史数据不充分的问题；文献[10]设计了用于稀疏广告和新广告的点击率预测模型，提出了基于层级结构的预估模型和基于Time-Spatial的预估模型；文献[11]提出了基于经验贝叶斯的自然数据分层和基于数据一致性的两种平滑计算方法对层级模型做了改进。

用户行为建模，用假设检验和贝叶斯网络刻画用户浏览场景，进而估计出用户点击广告的概率。文献[12]基于用户的浏览行为假设提出了级联模型，如果用户点击一个文档，若该文档不能满足用户的查询需求，则该用户很可能继续查看后续搜索结果并有点击行为； 文献[13]扩展级联模型到多次点击。

## 1.3 本文的研究内容和方法

广告点击率预测过程可分为3个步骤：特征工程、魔性训练和线上服务。

在这其中，特征工程是很重要的一个环节，特征选取的优劣对最终预测结果的准确率有很大的影响。对于用户而言，用户的固有信息如年龄、性别、地域、职业、教育程度等信息可作为用户特征，我们称之为结构化特征；而如用户的行为数据如浏览过的网页、购买过的物品、转发过的微博等非固有的，随时间和环境变化的特征，我们称之为非结构化特征。而什么样的特征适合做CTR预估，业界并没有统一的标准。往往靠工程科研人员结合具体情况和生活常识通过反复实验和以往经验来决定。以年龄特征为例：年轻人普遍喜欢运动类的广告，30岁左右的男人喜欢车，房子之类的广告，50岁以上的人喜欢保健品的广告。再以性别特征为例：化妆品的广告在女性上面的点击率就比在男性上面的点击率高很多，又如体育用品的广告在男性上面的点击率也比女性高，说明性别这个特征在化妆品和体育行业也是有预测能力的，经过多个行业的验证，就认为性别这个特征可以用了。在实际的使用中发现，性别这个特征比较有效，手机平台这个特征也比较有效，地域和年龄这两个特征有一定效果，但没有前两个那么明显，跟它们的使用方式可能有关。以上示例说明在CTR预估上特征选择往往根据具体应用场景的，主观的。

CTR预估中用的最多的是逻辑回归模型，又称LR(Logistic Regression)模型，是一种广义线性模型。LR使用了Logit变换将函数值映射到0~1区间，映射后的函数值就是CTR的预估值。LR模型的优点是效率高，容易并行化，处理上亿级别数据不是问题。但缺点是作为一种线性模型，其学习能力有限，需要大量特征工程预先分析出有效的特征、特征组合，从而去间接增强LR 的非线性学习能力[14]。上文中提到，特征选取往往依靠人工经验，耗时耗力且不一定能带来效果提升。如何自动发现有效的特征、特征组合，弥补人工经验不足，Facebook在2014年的文章介绍了通过GBDT(Gradient Boost Decision Tree)解决LR的特征组合问题[15]，随后Kaggle竞赛将此付诸实践[16]。在此之后GBDT与LR融合的方法开始引起了业界关注。

本文在结构化特征的基础之上，利用用户的微博行为记录(包括发表、转发、点赞等行为)，使用GBDT方法在用户有过行为的微博文章里提取非结构化特征，与结构化特征一起作为LR模型的训练数据训练出线上模型。实验证明，用了此方法后CTR预估准确率较之前只使用结构化特征有了明显的提升。此外，本文还详细介绍了基于此种方法的分布式在线实时广告点击率预测系统的设计和实现。

## 1.4 本文内容组织结构

第一章：绪论，介绍了广告点击率预测背景、发展现状和本文的主要工作，最后总结文章的组织结构。

第二章：相关技术，

# 第二章 研究进展[[1]](#footnote-1)

## 2.1 环境中黑炭的主要来源

环境中黑炭 (black carbon)气溶胶的主要来源包括各种化石燃料和生物质燃料的不完全燃烧过程 (Penner et al., 1993; Bond et al., 2004)，这些不完全燃烧在自然界和人类活动中都会发生，因此，环境中黑炭气溶胶的来源十分广泛。对当今大气环境中的黑炭，其主要来源是人类相关的燃料燃烧活动 (段凤魁,2007)，此外，一些自然过程也会产生黑炭，如森林火灾、草原火灾等。根据过去的排放清单研究，大气环境中黑炭气溶胶的来源主要包括：1) 有机燃料的燃烧，主要包括能源行业、工业部门、交通运输行业、居民生活中煤、石油、天然气和各种生物质燃料的使用。通常而言，燃烧效率越高，产生的黑炭气溶胶的量越低；2) 工业炼焦，主要包括炼焦过程中的炼制过程、焦炉加热系统以及焦炉煤气的泄漏等等；3) 工业制砖，主要包括制砖过程中物料破碎输送、坯体人工干燥和烧成工段等过程；4) 垃圾焚烧，包括生活垃圾和工业废料的燃烧过程；5) 天然火灾和野外农业废弃物燃烧，包括森林、草原火灾和秸秆的燃烧。目前大部分研究表明，民用取暖和做饭过程中的燃料燃烧和城市柴油车是黑炭气溶胶大气排放量最大的源 (Streets et al., 2001, 2003, 2013; Bond et al., 2004, 2006; Cao et al., 2006; Klimont et al., 2009; Zhang et al., 2009; Lu et al., 2011)。

……

# 第四章 图表示例[[2]](#footnote-2)



图3.15 全球NAT-CO2-2007清单与PKU-CO2-2007比较的空间示意图

表3.5 室外细菌气溶胶香农-维纳指数（H）和均匀性指数（E）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Stage 1 (>7.1 μm)** | | | | **Stage 2 (4.8-7.1 μm)** | | | | **Stage 3 (3.2-4.7 μm)** | | | |
| Con | Low | Medium | High | Con | Low | Medium | High | Con | Low | Medium | High |
| **H** | **2.52** | 2.58 | 2.57 | ***2.24*** | **2.48** | 2.21 | 2.21 | ***2.36*** | **2.66** | 2.65 | 2.64 | ***2.53*** |
| **E** | 0.87 | 0.88 | 0.93 | 0.85 | 0.9 | 0.86 | 0.86 | 0.85 | 0.9 | 0.9 | 0.85 | 0.88 |

# 第五章 结论及展望

# 参考文献[[3]](#footnote-3)

1. 第38次中国互联网络发展状况统计报告 <http://www.cnnic.net.cn/>
2. 新浪财经频道 <http://finance.sina.com.cn/roll/2016-11-12/doc-ifxxsfip4572557.shtml>
3. 刘鹏, 王超, 计算广告 互联网商业变现的市场与技术, 人民邮电出版社, 2015
4. Zhang W V, Jones R. Comparing click logs and editorial labels for training query rewriting, Proceedings of the WWW 2007 Workshop on Query Log Analysis: Social and Technological Challenges. Banff , Canada, 2007
5. Richardson M, Dominowska E, Ragno R. Predicting clicks: Estimating the click-through rate for new ads, Proceedings of the 16th International conference on World Wide Web, Banff, Canada, 2007: 521-530
6. Guo F, Liu C, Kannan A, et al. Click chain model in web search, Proceedings of the 18th International conference on World Wide Web. Madrid, Spain, 2009: 11-20
7. Jahrer M, Toscher A, Lee J Y, et al. Ensemble of collaborative filtering and feature engineered models for click through rate prediction, Proceedings of the 18th ACM SIGKDD Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, KDDCup Workshop, Beijing, China, 2012
8. Shen S, Hu B, Chen W, et al. Personalized click model through collaborative filtering, Proceedings of the 5th ACM International Conference on Web Search and Data Mining, Seattle, USA. 2012: 323-332
9. Regelson M, Fain D. Predicating click-through rate using keyword clusters, Proceedings of the second workshop on Sponsored Search Auctions, Ann Arbor, USA, 2006: 9623-9628
10. Agarwal D, Border A Z, Chakrabarti D, et al. Estimating rate of rare events at multiple resolutions, Proceedings of the 13th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, San Jose, USA, 2007: 16-25
11. Wang X, Li W, Cui Y, et al. Click-through rate estimation for rare event in online advertising, Hua Xian-Sheng, Mei Tao, Hanjialic A eds. Online Multimedia Advertising: Techniques and Technologies. Hershey Pennsylvania, USA: IGI Global, 2010: 1-12
12. Kempe D, Mahdian M, A cascade model for externalities in sponsored search, Proceedings of the 4th International Workshop on Internet and Network Economics, Chicago, USA, 2008: 585-596
13. Guo F, Liu C, Wang Y M, Efficient multiple-click models in web search, Proceedings of the 2nd ACM International Conference on Web Search and Data Mining, Barcelona, Spain, 2009: 124-131
14. 腾讯大数据：CTR预估中GBDT与LR融合方案 <http://www.cbdio.com/BigData/2015-08/27/content_3750170.htm>
15. He X, Pan J, Jin O, et al. Practical lessons from predicting clicks on ads at facebook[C]. Proceedings of 20th ACM SIGKDD Conference on Knowledge Discovery and Data Mining. ACM, 2014: 1-9
16. https://github.com/guestwalk/Kaggle-2014-criteo

[1] Intel Corperation, http://download.intel.com/pressroom/kits/IntelProcessorHistory.pdf.

[2] Intel Corperation, http://www.intel.com/content/dam/www/public/us/en/documents/presentation/  
revolutionary-22nm-transistor-technology-presentation.pdf.

[3] I. Žutić, J. Fabian and S. Das Sarma, Spintronics: Fundamentals and applications, Reviews of Modern Physics 76 (2), 323-410 (2004).

[4] R. Hanson, L. Kouwenhoven, J. Petta, S. Tarucha and L. Vandersypen, Spins in few-electron quantum dots, Reviews of Modern Physics 79 (4), 1217 (2007).

[5] D. Loss and D. P. DiVincenzo, Quantum computation with quantum dots,Physical Review A 57 (1), 120 (1998).

注：以上是“顺序编码制”索引文献时参考文献著录法（对应第1章示例）。各项著录信息未核准，仅为样式参考。“著者—出版年”制索引文献著录方法如下（对应第二章示例）：

段凤魁, 贺克斌, 刘咸德, 董树屏, 杨复沫. 2007. 含碳气溶胶研究进展：有机碳和元素碳. 环境工程学报, 1: 1-8.

Bond T.C.; Bergstrom R.W. 2006. Light absorption by carbonaceous particles: an investigative review. Aerosol Science and Technology, 40: 27-67.

Bond, T. C.; Streets, D. G.; Yarber, K. F.; et al. 2004. A technology-based global inventory of black and organic carbon emissions from combustion. Journal of Geophysical Research, 109, D14203.

Cao, G. L.; Zhang, X. Y.; Zheng, F. C. 2006. Inventory of black carbon and organic carbon emissions from China. Atmospheric Environment, 40: 6516-6527.

Klimont, Z.; et al. 2009. Projections of SO2, NOx and carbonaceous aerosols emissions in Asia. Tellus, 61B, 602-617.

Lu, Z.; Zhang, Q.; Streets, D. G. 2011. Sulfur dioxide and primary carbonaceous aerosol emissions in China and India, 1996-2010. Atmospheric Chemistry and Physics, 11, 9839-9864.

Penner, J. E.; Eddleman, H.; Novakov, T. 1993. Towards the development of a global inventory for black carbon emissions. Atmospheric Environment, 27 (A): 1277-1295.

Streets, D. G.; Bond, T. C.; Carmichael, G. R.; et al. 2003. An inventory of gaseous and primary aerosol emissions in Asia in the year 2000. Journal of Geophysical Research, 108, 8809.

Streets, D. G.; Bond, T. C.; Lee, T.; Jang, C. 2004. On the future of carbonaceous aerosol emissions. Journal of Geophysical Research, 109, D24212, doi:10.1029/2004JD004902.

Streets, D.G.; Shalini, G.; Waldhoff, S.T.; et al. 2001. Michae Black carbon emissions in China. Atmospheric Environment, 35, 4281- 4296.

Zhang, Q.; Streets, D. G.; Carmichael, G. R.; et al. 2009. Asian emissions in 2006 for the NASA INTEX-B mission. Atmospheric Chemistry Physics, 9, 4081- 4139.

# 附录A 附录示例

# 致谢

本论文是在xx老师的悉心指导下完成的。xx老师作为一名优秀的、经验丰富的教师，具有丰富的xx知识和xx经验，在整个论文实验和论文写作过程中，对我进行了耐心的指导和帮助，提出严格要求，引导我不断开阔思路，为我答疑解惑，鼓励我大胆创新，使我在这一段宝贵的时光中，既增长了知识、开阔了视野、锻炼了心态，又培养了良好的实验习惯和科研精神。在此，我向我的指导老师表示最诚挚的谢意！

……

(仅为网络示例，可根据论文实际进行撰写，使用时把模板示例内容尽皆删除即可)

# 北京大学学位论文原创性声明和使用授权说明

**原创性声明**

本人郑重声明：所呈交的学位论文，是本人在导师的指导下，独立进行研究工作所取得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本论文不含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的作品或成果。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本声明的法律结果由本人承担。

论文作者签名： 日期： 年 月 日

**学位论文使用授权说明**

（必须装订在提交学校图书馆的印刷本）

本人完全了解北京大学关于收集、保存、使用学位论文的规定，即：

* 按照学校要求提交学位论文的印刷本和电子版本；
* 学校有权保存学位论文的印刷本和电子版，并提供目录检索与阅览服务，在校园网上提供服务；
* 学校可以采用影印、缩印、数字化或其它复制手段保存论文；
* 因某种特殊原因需要延迟发布学位论文电子版，授权学校□一年/□两年/□三年以后，在校园网上全文发布。

（保密论文在解密后遵守此规定）

论文作者签名： 导师签名：

日期： 年 月 日

1. 本章为“著者-出版年制”索引文献示例，实际写作时只能选择本章和第1章索引文献方法之一，不得混用。 [↑](#footnote-ref-1)
2. 图标题在图下方，表标题在表上方。图表序号分章设置，如图3.15表示第三章第15幅图。 [↑](#footnote-ref-2)
3. 全文参考文献索引方式只能选用“顺序编码制”或“著者—出版年制”其中之一，文献列表也应选择相对应的著录方法，此处作为示例列举了两种方式，实际撰写论文时不得混用。 [↑](#footnote-ref-3)