

一种基于眼动轨迹的语义提取方法研究*

王刚

(安康学院 电子与信息工程系, 陕西 安康 725000)

摘要 利用眼动轨迹包含的参数来预测顾客是否喜欢某些商品,对于电子商务的推荐系统具有重要意义。通过采集顾客观察某物品的眼动参数,借鉴 Find-s 算法概念学习的思想,提出眼动轨迹语义提取算法,该算法首先学习先验知识,然后通过让样例正反例距离最大实现确定眼动参数包括注视时间、瞳孔大小、眨眼次数以及回视次数的权重,利用 SEBET(Se-

mantic extraction based eye tracking)算法,通过 $d_i = \frac{\sum_{m'=1}^{\sqrt{m'=k_1}} \sum_{j'=1}^{\sqrt{j'=k_2}} \sum_{i=0}^{\sqrt{i=\lambda}} (x_m^N(i) - x_i^o(i))^2 u(i)}{k_1 \times k_2}$ 计算样例正反例之间的距离,依照距离的远近来判断顾客是否喜欢某商品,从而实现从眼动轨迹进行语义提取。实验中,记录被试观察水果图片的眼动参数,分析出被试的喜好,与被试实际喜好进行了比较,发现样本与正例的距离为 0.91,与反例的距离为 3.01,与实际情况相符。

关键词 眼动轨迹;语义;喜好预测;电子商务

中图分类号 TP391

文献标志码 A

文章编号 :1672-6693(2013)01-0073-04

语义有很多种,如情景语义、关系语义以及自然语义等。本文研究的语义指情感语义,即事件中蕴含的与人情绪有关的感受,如“喜欢”、“厌恶”、“高兴”、“愤怒”等^[1-2]。本研究使用的情绪是“喜欢”和“不喜欢”。研究发现,人的年龄、性别、民族、宗教以及商品本身的属性,如颜色、产地,以及其他顾客购买和使用等情况都会影响人们的购物心理,在推荐系统中,能够根据情感进行语义推荐服务,将提高推荐的质量^[1]。当前推荐系统还不具有语义推荐功能^[2],因此,发掘商品与人之间的情感语义从而进行推荐具有重要意义。人随时随地都会有喜怒哀乐等情感的起伏变化。在人与计算机交互过程中,怎样才能让计算机能够体会人的喜怒哀乐?情感计算^[3]应运而生。它试图创建一种能感知、识别和理解人的情感,并能针对人的情感做出智能、灵敏、友好反应。它赋予计算机像人一样的观察、理解和生成各种情感特征的能力。眼睛是心灵的窗户,眼动轨迹已经成为应用心理学的重要研究领域,眼动轨迹含有非常丰富的信息,而把眼动信息作为情感计算的输入,将丰富和促进情感计算的发展。目前,眼动研究广泛应用于各种应用心理学领域^[4],如阅读、模式识别、交通心理学、航空心理学、体育心理学

等。例如在学习领域,通过学生的眼动轨迹预测,可以预测学生喜欢看的资料内容,可以明白学生对哪些内容感兴趣,从而采取相应措施,提高学生的学习效率^[5]。在电子商务领域,通过分析顾客对商品的眼动轨迹,可以明白顾客对哪些商品感兴趣,从而给顾客一些合适的推荐,让顾客获取满意的服务(商品),改善商家的管理模式,提高其收益等。在这些领域里,大部分都采用传统的眼动研究方法:主要对单个眼动指标(如注视时间、眼跳时间、回视时间、眼跳潜伏期、追随运动时间等)进行统计,再对统计结果进行统计学分析,最后对统计学的结果进行分析得出实验结论。而有效地根据眼动轨迹进行判别个体对事物的情感,当前还缺少相关研究。随着计算机技术与心理学理论结合日益紧密,针对一些特定任务的学习算法已经产生,比较著名的有 Find-s 学习算法,它通过属性的描述,实现了正例与反例的判别,Find-s 算法研究的是概念学习,其属性限定为概念。基于上述分析,借鉴 Find-s 算法概念学习的思想,本文研究了通过事例预测人对商品的喜好,结合眼动参数^[6],提出了眼动轨迹语义提取算法,并用试验进行了验证。

* 收稿日期 2011-10-24 修回日期 2011-12-16 网络出版时间 2013-01-18 15:05

资助项目 国家自然科学基金(No. 61152003);陕西省教育厅自然科学基金(No. 11JK1045)

作者简介 王刚,男,副教授,博士,研究方向为人工智能、语义计算, E-mail: aktcdawang@163.com

网络出版地址 http://www.cnki.net/kcms/detail/50.1165.N.20130118.1505.201301.73_015.html

1 Find-s 算法及眼动轨迹主要参数

1.1 Find-s 解决的问题及思想

该算法解决的问题描述为“ Aldo 这一天是否适合进行水上运动^[7],先验知识如表 1 所示。为了判断表 1 中实例 5 的 Enjoy sport 值应该是 yes 或 no,每个假设描述为 6 个属性(sky, air temp, humidity, wind, water, forecas)的值约束的合取,目标概念为 enjoysport → {0, 1},训练样例集 D 和目标函数的正例反例见表 1,其问题归结为寻找 h,使得正例集 X 中任意 x,有 h(x) = c(x)。解决办法是假设 h 为最特殊假设,对每个正例 x 及 h 的每个属性约束 a_i,如果 x 满足 a_i,那么不做任何处理,否则将 h 中的 a_i替换为 x 满足的另外一个更一般的约束,最后输出 h,得到一般假设,如果 example 5 满足一般假设,则为正例,否则为反例。然而,眼动轨迹参数不是概念,而是数字,不能简单使用 Find-s 算法,而且眼动轨迹参数具有特殊含义,如一般情况下,人如果对某一物品注视很久,表明他对该物品感兴趣,对某商品,如果眨眼次数少,并不意味顾客喜欢它,而顾客如果回视次数增多,往往意味着顾客对该商品感兴趣。要实现基于眼动轨迹的学习,应该确定具体参数的权重。

表 1 目标概念 Enjoy sport 的正例与反例

实例	天气	气温	湿度	风	水温	Enjoy sport
1	sunny	warm	normal	strong	warm	yes
2	sunny	warm	high	strong	warm	yes
3	rainy	cold	high	strong	warm	no
4	sunny	warm	high	strong	cool	yes
5	rainly	cold	normal	strong	cool	?

1.2 眼动轨迹部分参数

本研究选择下述 4 种参数进行研究。

1) 注视时间。日本著名的电通广告公司曾经对刊登在《日本经济新闻》上的一张佳能照相机广告进行了眼动研究^[8],研究表明,被试对插图注视较多,对大标题和商标平均注视时间较长,对广告正文注视较少。这说明注视时间可以很好地反映人对一些内容的喜好。通常,人对感兴趣的内容,注视的时间比对不感兴趣的内容注视的时间要长。

2) 瞳孔大小。当一个人感到兴奋时,他的瞳孔会扩张到比平时大 4 倍,而心情消极或生气时,瞳孔会收缩到很小。看到喜欢的人或物,瞳孔会异常增大,看到不喜欢的人或物,瞳孔会缩小,甚至缩到针眼那么细小。利用其变化规律,就可以预测人对某种事物的兴

趣、爱好、动机及其对异性爱慕与否等心理变化。

3) 眨眼次数。眨眼的快慢还与心情密切相关。比如说,等待流星出现许愿、看电影到了精彩时刻,与心爱的人面对面,都恨不得眼睛一眨不眨,害怕错过了重点。通常眼睛眨得越少,说明人们越专心,越不想被打扰。另外研究发现,说真话的人,眨眼频率会比一般情况微微高一些,这是因为他们怕回答不好问题而产生的焦虑情绪,而对于说谎者,他们的眨眼频率变化非常明显,先是稍微下降,反映出被测者在思考如果被问到,该如何不留痕迹地撒谎,所以他们自我安慰要保持冷静,后来在正式说谎后他们眨眼频率大幅上升,此时眨眼行为是不受大脑控制的下意识行为,而谎言也暴露无遗。

4) 回视次数。回视次数与人对某事物是否感兴趣有关系,感兴趣的内容,回视次数就多,反之则少些。回视与问题本身的难度也有关,如果问题本身理解很困难,回视的次数相应就要多一些。回视次数越多,注视次数和耗费的时间也必然增多。研究表明,不熟练的读者,不仅注视次数多,每次注视所覆盖的字、词少,回视次数也必然高,约占注视的 30%;而阅读能力强的读者,则不仅注视次数少,每次注视所覆盖的字、词多,回视次数也只占注视次数的 10%。

2 SEBET 算法

2.1 参数权重的确立

注视时间、瞳孔大小、眼跳次数以及回视次数,对于确定顾客是否喜欢某商品,应该占有不同的权重,对于它们究竟占多大权重,目前还缺少这方面的研究,本文通过计算正例与反例之间的距离,以距离达到最大为条件,计算各属性权重的值,以此作为各因素的参考权重,该问题转化为求多条件约束下的最优化问题。即

$$0 < w_i < 1, \sum_{i=0}^{i < K} w_i = 1, \text{st. } \max(d(w_i))$$

w_i 为权重, k 为属性个数。d(w_i) 正反例两类之间的距离, max(d(w_i)) 表示距离最大。

在实际应用中,由于注视时间、回视次数、瞳孔大小以及眨眼次数数量纲不同,本研究进行了归一化,即 $\frac{x_i}{X}$, x_i 为参数的实际观测值, X 为该参数最大观察值。如表 2 中注视时间 13 ms,归一化为 13/18 = 0.72。

算法 1 计算各参数所占的权重

1) 初始化 w_i, i > 0, i < p, w₁, w₂, ..., w_{p-1}, 从 0 开始增加,步长设为 0.02,直到 w_i < 1 为止。w_{p-1} = 1 - w₀ -

$w_1 - \dots, -w_{p-2} \ 0 < w_i < 1 \ i = 1 \ 2 \ 3 \ \dots \ p - 1$ 。

2) 计算正反例之间的距离

$$d_i = \frac{\sum \sqrt{\sum_{m'=1}^{m'=k_1} \sum_{j'=1}^{j'=k_2} \sum_{\lambda=0}^{\lambda=\lambda} (x_m^N(i) - x_i^o(i))^2 u(i)}}{k_1 \times k_2}$$

k_1 为正例个数 k_2 为反例个数。 $x_m^N(i)$ 为归一化后反例的值 $x_i^o(i)$ 为归一化后正例的值 $u(i)$ 为属性权重值, λ 为参数个数。

3) 选取 d_i 最大时 输出权重 $u(i)$ 。

2.2 SEBET 算法

为了判别眼动轨迹信息反映出情感属于正例还是反例,本算法通过计算它与正例和反例的距离来进行判断。

算法 2 确定 g 属于的类别

1) 设事例样本 g 表示为 (x_m^e) , 正例样本有 i_n 个, 表示为 $(x_{i_1}^o \ x_{i_2}^o \ x_{i_3}^o \ \dots \ x_{i_n}^o)$, 反例样本有 j_n 个, 表示为 $(x_{j_1}^N \ x_{j_2}^N \ x_{j_3}^N \ \dots \ x_{j_n}^N)$ 。

2) 计算 g 与所有正例的距离

$$d_3 = \frac{\sum \sqrt{\sum_{i'=1}^{i'=k_1} \sum_{j=0}^{j=\lambda} (x_m^e(i) - x_i^o(i))^2 u(i)}}{k_1}$$

k_1 为正例个数 $u(i)$ 为属性权重值 $x_m^e(i)$ 为样例对应 i 参数值 $x_i^o(i)$ 为 i' 正例对应的 i 参数值。

3) 计算 g 与所有反例的距离

$$d_4 = \frac{\sum \sqrt{\sum_{i'=1}^{i'=k_2} \sum_{j=0}^{j=\lambda} (x_m^e(i) - x_i^N(i))^2 u(i)}}{k_2}$$

$x_i^N(i)$ 为反例 i' 对应的参数 i 值 k_2 为反例个数。

4) 若 $(d_3 > d_4)$ 则该事例属于反例, 否则属于正例。

3 实验与分析

试验设备采用了 Eyelink 眼动仪, 实验设计了 12 张图片, 图片中包含相同的水果, 水果随机摆放, 目的是为了准确地取得顾客眼动参数, 避免其它因素的干扰, 如有的人喜欢从图片下部往上部观看, 有的顾客喜欢先看图片中间的位置等。试验分两组, 第一组, 被试 7 人, 先通过问卷调查, 确立被试喜欢的水果, 然后由眼动仪记录其眼动轨迹, 计算 12 张图片中每种水果轨迹信息参数的平均值, 并将其作为观察的最终结果。如被试观察苹果时的注视时间分别为 (18, 22, 23, 15, 16, 14, 13, 16, 20, 25, 11, 12), 单位为 ms, 则其注视时间为上述数字和的平均值 18.75。同理, 可求出瞳孔直径大小, 眨眼次数以及回视次数等的值。权重数据

由算法 1 计算, 选为 (0.56, 0.02, 0.4, 0.2), 因为此时正反例距离最大, 为 0.157, 通过 C 语言编程获得。信息如表 2 所示。

表 2 第一组不同被试观察图片对葡萄的反应

被试	注视时间 /ms	瞳孔大小 /mm	眨眼次数 /次	注视次数 /次	结果
1	13	3.5	8	4	喜欢
2	18	3.4	6	1	不喜欢
3	12	3.3	8	2	喜欢
4	14	3.9	6	4	喜欢
5	15	3.3	4	4	喜欢
6	17	3.2	6	1	不喜欢
g	5	2.3	4	2	喜欢

通过 SEBET 算法计算, g 与正例的距离为 4.943 6, 与反例的距离为 7.057 0, 可以判断, 被试喜欢该水果的可能性要大些, 与被试本人的问卷相符。为了验证 SEBET 算法的有效性, 又进行了第二组试验。被试 7 人, 该试验开始时, 不告诉被试试验的目的, 先让他们观察 12 张水果图片, 采用与试验 1 相同的水果图片, 水果位置随机摆放。试验完成后, 再进行问卷调查, 确定其喜欢的水果, 目的是进一步探测顾客眼动参数与喜欢或不喜欢之间的关系。分析图片中苹果的相关参数值, 得到参数权重为 (0.86, 0.02, 0.1, 0.02), 得到如表 3 所示数据, g 为需要验证的实例。

表 3 第二组不同被试观察图片对苹果的反应

被试	注视时间 /ms	瞳孔大小 /mm	眨眼次数 /次	注视次数 /次	结果
1	8	4.2	5	4	喜欢
5	10	4.1	3	2	喜欢
3	7	3.4	2	3	喜欢
4	9	3.6	4	3	喜欢
2	5	3.4	8	2	不喜欢
6	6	3.7	6	1	不喜欢
g	9	3.4	5	2	喜欢

通过 SEBET 算法计算, g 与正例的距离为 0.91, 与反例的距离为 3.01, 可以判断, 被试喜欢苹果的可能性要大些, 与实际情况相符。

4 结束语

本研究设计了根据眼动轨迹提取情感语义的方法, 具体设计了参数权重确立方法, 基于正反例距离的分类算法, 试验能够表明该方法的有效性, 但是, 由于参数权重确立的方法还需要进一步与人的心理感受

相结合,因此该方法还需要进一步研究。另外,客观条件限制了被试人数不能达到一定的规模,还需要更大量的人群进行试验,而且本方法也没有考虑其它影响因素,如性别、年龄、习惯、水果的季节因素等,这些因素会影响人们的判断,如冬天人们一般不吃西瓜。为了进一步验证该方法的有效性,应该选择更多的参数,本研究只选择了4个参数,误差范围也需要进一步控制,否则会影响结果的判断,这些也是以后研究中需要解决的问题。

参考文献:

- [1] 傅鹏,孙坚,付春雷. 基于语文的音乐检索系统[J]. 重庆理工大学学报:自然科学版,2011,25(1):40-43.
Fu L, Sun J, Fu C L. Research on semantic search system for Music[J]. Journal of Chongqing University of Technology: Natural Science, 2011, 25(1):40-43.
- [2] 钟生海,邱玉辉. 基于情感语义的个性化推荐研究[J]. 西南师范大学学报:自然科学版,2011,36(4):183-187.
Zhong S H, Qiu Y H. Study on recommendation based on affection Semantic[J]. Journal of Southwest China Normal University: Natural Science, 2011, 36(4):183-187.
- [3] 王刚,殷凤霞. Ontology 与 Agent 在服务选择中的应用研究[J]. 重庆师范大学学报:自然科学版,2010,27(5):57-61.
Wang G, Yin F X. Study on the application of ontology and agent in service selection[J]. Journal of Chongqing Normal University: Natural Science, 2010, 27(5):57-61.
- [4] 傅鹤岗,王竹伟. 对基于项目的协同过滤推荐系统的改进[J]. 重庆理工大学学报:自然科学版,2010,24(9):69-74.
Fu H G, Wang Z W. Improvement of item-based collaborative filtering algorithm[J]. Journal of Chongqing Institute of Technology: Natural Science, 2010, 24(9):69-74.
- [5] 王志良. 人工情感[M]. 北京:机械工业出版社,2008.
Wang Z L. Artificial emotion[M]. Beijing: Machinery Industry Press, 2008.
- [6] 刘博华,孙立山,荣建. 基于眼动参数的驾驶员标志视认行为研究[J]. 交通运输系统工程与信息,2011,11(4):22-27.
Liu B H, Sun L S, Rong J. Driver's visual cognition behaviors of traffic signs based on eye movement parameters[J]. Transportation Systems Engineering and Information, 2011, 11(4):22-27.
- [7] 韩玉昌. 眼动仪和眼动实验法的发展历程[J]. 心理科学,2000,23(4):454-457.
Han Y C. The development of the eye tracker and eye movement experiment[J]. Mental Science, 2000, 23(4):454-457.
- [8] 邓铸. 眼动心理学的理论、技术及应用研究[J]. 南京师大学报:社会科学版,2005,1(1):90-95.
Deng Z. Theories, techniques and applied researchs about eye movement psychology[J]. Journal of Nanjing Normal University: Social Sciences, 2005, 1(1):90-95.
- [9] 曾华军. 机器学习[M]. 北京:机械工业出版社,2002.
Zheng H J. Machine learning[M]. Beijing: Machinery Industry Press, 2002.
- [10] 闫国利. 眼动分析法在广告心理学研究中的应用[J]. 心理学动态,1999,7(4):50-53.
Yan G L. Research on eye movement analysis in advertising psychology[J]. Psychology, 1999, 7(4):50-53.

Study on Method of Semantic Extraction Based on Eye Tracking

WANG Gang

(Dept. of Electronic & Information Engineering, Ankang University, Ankang Shaanxi 725000, China)

Abstract: It is important for recommendation system of E-business to predicate consumer's habits by eyes gaze tracking. We explore algorithms to identify people's enjoyment by referencing *Find-s* algorithm, it includes getting the weight of eyes parameters by getting the distance of object examples and negative examples, eyes parameters include the eye gazing time, the pupil size, the blink times and the looking back times. We use SEBET (Semantic Extraction Based Eye Tracking) algorithm to calculate the distance of object examples and negative examples, so we can decide whether consumers enjoy the goods or not from the distance, we extract the emotion semantic from eye tracking successfully. Experiments show the efficiency of our algorithm.

Key words: eye tracking; semantic; affection computing; E-business

(责任编辑 欧红叶)