

# 基于扩展的 Granott 相互作用模式的移动协同学习模型研究

徐冰<sup>1</sup> 吴剑锋<sup>1</sup> 张露芳<sup>1</sup> 马建平<sup>2</sup>

(浙江工业大学交互设计研究所 杭州 310023)<sup>1</sup> (浙江工业大学计算机科学与技术学院 杭州 310023)<sup>2</sup>

**摘要** 传统的移动协同学习模型的研究和架构都是从技术的角度提出,而忽略了协同过程中学习者相互作用的社会性对其的影响程度。首先在经典 Granott 模型的基础上研究了一种扩展的 Granott 相互作用模式,然后提出了一种基于扩展的 Granott 相互作用模式的移动协同学习模型,并对其中的 Granott 驱动逻辑对象进行了形式化算法描述,最后通过原型系统对模型进行了验证和实现。模型支持移动学习者基于扩展的 Granott 相互作用模式获取协同过程中同伴的协同行为,从而有效地完成协同学习工作。

**关键词** Granott 理论,相互作用,移动协同学习,移动

**中图分类号** TN925+.1 **文献标识码** A

## Research of the Mobile CSCL Model Based on Extended Granott Peer Interaction Mode

XU Bing<sup>1</sup> WU Jian-feng<sup>1</sup> ZHANG Lu-fang<sup>1</sup> MA Jian-ping<sup>2</sup>

(Interaction Design Institute, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310023, China)<sup>1</sup>

(Department of Computer Science and Technology, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310023, China)<sup>2</sup>

**Abstract** The research and structure of the traditional Mobile CSCL model are made from the technical point of view, while ignoring the social peer interaction between learners in the process of collaboration. This paper researched the extended Granott peer interaction mode based on classic Granott model, presented the mobile CSCL model based on extended Granott peer interaction mode, and then gave a formalization algorithm of the Granott logic object, which was validated and implemented in a prototype system. This model supports mobile learners to get the collaborative behavior with partner in the process of collaboration based on extended Granott peer interaction mode, thus efficiently help the learners to accomplish the mobile cooperating learn work.

**Keywords** Granott theory, Peer interaction, Mobile CSCL, Mobile

## 1 引言

计算机技术和移动通讯技术正在迅猛发展,特别是以智能手机为代表的移动便携终端设备的功能越来越强大。移动协同学习(Mobile CSCL)由于融合了计算机网络、移动通信、多媒体技术及现代教育思想,突破了传统远程教育及数字媒体技术的发展瓶颈,形成了一种新的学习模式,目前已经成为协同学习领域中的研究热点。其研究的主要内容是在无线移动网络环境中学习者知识的有效构建以及如何实现这个过程<sup>[1]</sup>。

在移动协同学习领域,人们通常研究从技术层面解决协同学习中学习者之间的协同关系和学习过程中移动技术与协同技术的交互关系。然而限于移动协同学习中用户物理环境、移动终端资源、移动工作的特点,这些研究不能真正满足移动用户的协同工作的需求<sup>[2]</sup>。所以尽管在教育学习领域开展了大量的移动协同学习的研究和实践,但都没有得到研究者和用户的普遍认同。对移动协同学习中的关键问题即在移动协同学习环境中学习者的交流方式与主要特征,还没有展

开系统的深入研究。本文介绍了一种基于扩展的 Granott 相互作用模式的移动协同学习模型,该模型以社会相互作用理论为研究基础,加强协同学习活动中相互间的接触、交谈、讨论和协调行为,从而通过人和设备的移动来改善协同学习行为,弥补协同学习活动中的不足。

本文第2节介绍了相关研究工作;第3节对经典 Granott 模型的相关概念以及扩展的 Granott 相互作用模式做了一个简单的介绍;第4节介绍了基于 Granott 相互作用模式的移动协同学习模型;第5节介绍了原型实现和实验结果;最后进行总结和展望。

## 2 相关研究工作

目前国内外对移动协同学习的研究充分利用了信息技术在 Web、协同、人工智能、知识库和数据库技术等领域的研究成果,已经取得了初步成果。1993年,Granott 对不同个体之间的社会相互作用对认知发展的促进作用提出了一个综合相互作用的模型。根据这个模型可以对协同过程中学习者各种相互作用状态或相互作用类型统一进行分类和整理,但该理

到稿日期:2011-08-09 返修日期:2011-11-20 本文受国家自然科学基金项目(61103100),浙江省自然科学基金项目(Y1111111)资助。

徐冰(1973-),男,博士,讲师,主要研究方向为移动协同工作、交互设计,E-mail:xubing@zjut.edu.cn;吴剑锋(1976-),男,博士,副研究员,主要研究方向为计算机人机交互、交互设计。

论仅仅是从社会学的角度提出,并未给出具体的相互作用模型算法。目前国外的研究主要是从技术和行为两个方面展开。Roschelle 等人的研究认为基于移动计算机的协同学习能够使学习者集中精力到小屏幕空间中,因此移动设备增强了学习信息交换空间的可用性。研究主要聚焦在教室环境中移动协同学习系统信息流拓扑结构的创建,即通过构建教室范围移动网络来构建增强学习者个人、小组及班级协同学习行为<sup>[3]</sup>,但该研究移动网络的拓扑结构仅局限于较小的学习空间,无法扩展至整个移动互联网环境。德国 GMD 和 PIT 合作的大型研究项目 BSCW 是一个基于 Web 的组件系统,其研究核心是共享工作空间。它的一个显著特点是对资源的管理和对服务有较强的支持,使用户可以方便地在服务器上存取资料感觉就像在本地操作。其管理学习资料采用的是目录方式,不同用户根据个人的理解将资源存放在共享区的某个目录下,他人可以在该目录下访问此文件。这些研究吸取了许多 CSCW 的研究成果,为协同学习提供了有力的保障<sup>[4,5]</sup>,但 BSCW 项目目前还在实验阶段,同时该系统对硬件配置要求很高,系统缺乏可推广性。Stanton 等人近期的研究表明移动设备的小屏幕不会成为协同学习的障碍,因为当小组成员通过无线网络变换信息时,他们能够通过自身和手持设备的移动性调整并促进协同学习行为,也就是说移动设备能够促使协同者意识到活动的状态<sup>[6]</sup>。他们的研究发现利用移动设备进行移动学习会使学习者在学习过程中注意力不够集中,从而影响学习的效率。Hinckley 等人提出的双屏 Codex 移动协同系统在同一地协同环境中能够根据协同者相对位置的变换自主调整学习内容<sup>[7]</sup>,但该系统对于多个移动终端不适用。

国内目前对移动协同学习的研究还不是非常深入,主要集中在移动协同学习的系统架构和感知模型上。廖立君等人构建了一种多方互动式的移动学习系统,实现了学生之间的协同学习,教师、家长和学生之间的信息沟通,从而发挥了教师在教学过程的主导性和学生在学习过程中的能动性<sup>[8]</sup>,但他们的研究内容仅仅局限于教室这样狭窄的学习空间,其系统缺乏可移植性。金贻等人提出了移动支持协同学习的新的教育模式概念,并对概念进行了初步定义,同时对移动学习环境下协同学习的特点和模式<sup>[9]</sup>进行了研究,但他们只是提出了模型框架,缺少具体解决问题的方案。林斌设计了一个 MCSCL 应用模型,重点研究了模型中服务器端的设备适配、动态内容、信息组织和学习管理 4 个方面,为深入认识与分析无线网络环境下协同学习问题提供了新的研究框架<sup>[1]</sup>,但他的研究只是基于 C/S 模式,不适用于构建逼近面对面的同一地的移动协同环境,其模型缺少可扩展性。胡益锋等人提出了基于行为的移动协同感知模型,该模型以行为为中心构建系统,围绕着如何提供基于行为的感知信息开展,它克服了资源的限制,避免了资源的瓶颈和移动环境的干扰,有效地支持了用户在移动中完成协同工作<sup>[2,10]</sup>,但他们的研究未考虑安全性以及隐私方面的问题,同时定义也不够精细。另外,国内的清华大学、西安交通大学等高校科研机构对协作数据传输、移动协同空间等方面进行了研究与开发。国内外这些研究在技术框架、支撑理论等诸方面都有待进一步发展和突破<sup>[11]</sup>。

### 3 扩展 Granott 相互作用模式

协同合作者之间的社会相互作用对认知变化的发展具有

非常重要的意义,对相互作用进行模型化是近年来协同工作相互作用研究的一个方向。本节先对经典 Granott 相互作用模型进行简单描述,然后提出了一个扩展的 Granott 相互作用模式。

#### 3.1 经典 Granott 模型

传统社会学中存在 3 种经典理论,即班杜拉的社会学习理论、维果斯基的社会历史理论和皮亚杰的结构主义理论,它们可以对不同个体之间的社会相互作用对认知发展的促进作用进行说明。班杜拉和维果斯基的理论强调社会相互作用在学习和发展中所扮演的角色,而皮亚杰理论则强调物理世界与个体之间的相互作用所导致的个体内在矛盾的核心位置。这 3 种理论只说明了相互作用的不同侧面,没有用一个统一的模型进行概括<sup>[12]</sup>。Granott 在 1993 年提出的经典 Granott 模型说明相互作用的经典理论框架不是相互排斥的,它们不过是描述了相互作用的一个部分,这是由于社会相互作用现象本身是一个非常复杂和多变的过程。经典 Granott 模型是一个综合的相互作用模型,它可以对协同过程中学习者各种相互作用状态或相互作用类型统一进行分类和整理。模型共包括两个维度,分别为协同性维度和知识差异性维度。其中水平维度表示协同活动的程度,水平维度取正值时表示协同活动的程度增强,极限情况下协同活动的程度最高。水平维度取负值时表示协同活动过程中各成员之间协同程度弱。垂直维度表示在相互作用的成员之间的知识差异的程度。垂直维度的值越大表示合作双方之间的知识差异程度越大。图 1 中的 a 为两个维度的交点,表示知识相同,协同活动独立。结合协同性维度和知识差异性维度,可将社会性相互作用分为协同的相互作用和分裂的相互作用<sup>[13,14]</sup>两种类型。从模型上看,不同相互作用类型之间存在相互转化的可能性。

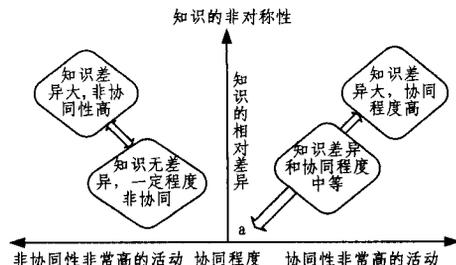


图 1 经典 Granott 模型理论框架图

经典 Granott 模型所描述的是具有不同知识背景的学习者之间的相互作用,其适用于不同知识水平和不同年龄的学习者,是一个综合的模型。

#### 3.2 扩展的 Granott 相互作用模式

从经典 Granott 模型上可以看出,不同相互作用类型之间存在着相互转化的可能性。知识程度相同的学习者之间的相互作用状况,根据学习者之间协同活动的程度,具有从平行的活动向互惠的相互作用类型转化的可能性。通过研究和实验,发现这种转化是由相互作用过程中的动态机制引起的,而引起动态机制变化的除了模型中的协同性程度和知识差异性两个因素以外,学习者的性格特征因素(情绪、意图、心境和个性等)也会对社会相互作用产生较大的影响。从我们的研究观察和学习者的随机访谈中了解到,性格外向的学习者表现出更多的合作行为,往往能协调本小组成员,在合作过程中更多的是运用协商、请求等亲社会的行为,而那些性格文静的学

习者在合作过程中不会主动发起合作行为,往往主动配合协作者的活动,在整个合作活动中得不到机会,合作的行为比较贫乏。因此用 Granott 二维模型来分析实际的协同性相互作用将会带来较大误差,有必要将二维模型扩展到三维情形。

在 Granott 二维模型的基础上,我们增加了一个垂直于 Granott 平面的“性格特征”维度来研究性格特征对相互作用模式的影响作用,从而将二维模型扩展成具有 2 个象限的三维模型(如图 2 所示)。通过对协同相互作用的分类,扩展的 Granott 相互作用模式将 3 个连续的维度各分成 3 种水平, X 水平维度分为高、中、低 3 种水平, Y 和 Z 维度分成彼此具有同样的差异、略有不同、明显的差异 3 种水平,共形成 27 种相互作用动机。以在协同活动程度最高的区域为例,存在 9 种不同协同类型的相互作用。这 9 种相互作用的特点是:合作者具有共同的操作目标,参与共同的活动,在相同的场合下相互协作。不同之处是:由于知识、性格的差异,合作者的领导地位、合作方式有很大的差异。与此相对,其它象限的协同相互作用具有类似的结构,只是含义不太相同。因此这个扩展的模型能够准确地描述具有不同知识背景、不同性格特点的合作者之间的相互作用。

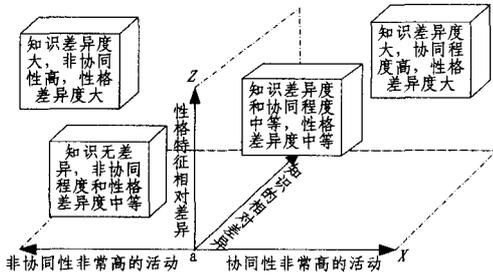


图 2 扩展的 Granott 相互作用模式框架图

#### 4 基于扩展 Granott 相互作用模式的移动协同学习模型

我们发现,如果基于用相互作用社会性来设计移动协同学习系统,并将相互作用社会性因素引入到协同过程中,则能够加强协同学习活动中相互间的接触、交谈、讨论和协调行为,从而促进学习者能够以一种更直接更自然的方式交换信息,通过人和设备的移动来改善协同学习行为,弥补了协同学习活动中的不足。这可通过定义基于扩展 Granott 相互作用模式的移动协同学习模型来实现。该模型包含了 Granott 驱动逻辑对象、状态调整对象和执行服务。Granott 驱动逻辑对象用以描述学习者协同过程的相互作用变化量;状态调整对象和执行服务根据预定的协同学习的参数特征,动态地调整学习者的学习状态、学习章节和学习难度等,从而支持学习者基于 Granott 相互作用模式获取协同过程中同伴的协同行为,有效地完成协同学习工作。

##### 4.1 Granott 驱动逻辑对象形式化算法描述

Granott 驱动逻辑对象用以描述学习者协同过程的相互作用变化量。本节试图给出 Granott 驱动逻辑对象的形式化描述算法。我们采用了模糊数学中的隶属函数来描述 Granott 驱动逻辑对象的影响因素。Granott 驱动逻辑对象可以用式(1)的三元组表示:

$$GRANOTT = \langle SYN, DKN, EMN \rangle \quad (1)$$

式中, SYN 表示协同性影响因子, DKN 表示知识差异性影响

因子, EMN 表示性格(情绪、意图、心境和个性等)影响因子。

设 SYN 是协同性集合, SYN 是一个协同性度变量, SN(i) 是一个基本协同度集合(如“协同性高”或“非协同性中等”等),  $i \in [1, nd]$ ,  $sn_i$  是 SN(i) 的一个元素, nd 是基本协同度的个数。设  $\mu_{SN(i)}$  是 SN(i) 的隶属函数, 如果  $\mu_{SN(i)} = 0$ , 表示学习者当前的基本行为 SN(i) 是非协同性非常高的活动; 如果  $\mu_{SN(i)} = 1$ , 表示学习者当前的基本行为 SN(i) 是协同性非常高的活动。学习者的协同性由基本协同度复合而成, 如式(2)的关系式表达:

$$SYN = \bigcup_{i=1}^{nd} SN(i) \quad (2)$$

设 DKN 代表学习者知识差异性集合, DKN 代表一个差异度变量, DN(i) 是一个基本差异度集合(如“知识差异度大”或“知识无差异”等),  $i \in [1, nd]$ ,  $dn_i$  是 DN(i) 的一个元素, nd 是基本差异度的个数。设  $\mu_{DN(i)}$  是 DN(i) 的隶属函数, 如果  $\mu_{DN(i)} = 0$ , 表示学习者当前的基本差异度 DN(i) 是知识无差异的活动; 如果  $\mu_{DN(i)} = 1$ , 表示学习者当前的基本差异度 DN(i) 是差异度非常大的活动。学习者的知识差异性由基本差异度复合而成, 如式(3)的关系式表达:

$$DKN = \bigcup_{i=1}^{nd} DN(i) \quad (3)$$

同样地, 设 EMN 是学习者个体性格差异性集合, 它包括各种性格变量。我们将心理学意义的性格概念加以推广, 把学习者个体的性格看作一些个体独有的变量, 包括生理变量和心理变量。设  $EMN(T) (\rightarrow E)$  代表能够驱动某个性格 E 的个性集合,  $T \in [1, t]$ , t 是学习者在协同学习的过程中执行行为所花费的时间。性格越是外向, 协同学习执行行为的时间越少, 性格越是文静, 协同学习执行行为所花的时间越多。EMN<sub>T</sub> 是 EMN(T) ( $\rightarrow E$ ) 的一个元素,  $\mu(EMN_T)$  是 EMN(T) ( $\rightarrow E$ ) 的隶属函数。如果  $\mu(EMN_T) = 1$ , 学习者个性因子在协同行为中对 EMN<sub>T</sub> 的影响达到最大值; 如果  $\mu(EMN_T) = 0$ , 学习者个性因子在协同行为中对 EMN<sub>T</sub> 的影响达到最小值。

设  $\mu(EMN)$  是所有  $\mu(EMN_T)$  的最大值, 如式(4)所示:

$$\mu(EMN) = \max_{T=1}^t \mu(EMN_T) \quad (4)$$

一般地, 对每个协同学习者, 可以设定一个  $\mu(EMN)$  的界限值 LIM, 只有  $\mu(EMN) > LIM$ , 才能驱动个体性格对协同行为的影响。

设 N 是个体性格类型的个数, EMN<sub>em(i)</sub> 是某个个体性格的影响度值,  $i \in [1, N]$ , 而 EMN<sub>em</sub> 是协同学习者总的性格影响度值, 在不考虑社会环境因素的影响下,  $\mu(EMN_T)_{em}$  代表 T 时刻的性格影响强度。可以将 EMN<sub>em</sub> 以式(5)的线性方式表达:

$$EMN_{em} = \sum_{i=1}^N \sum_{T=1}^t \mu(EMN_T)_{em} EMN_{em(i)} \quad (5)$$

Granott 驱动逻辑对象的 3 个影响因素能够驱动学习者协同行为的发生, 设  $\delta_{SN(i)}$  代表能够触发一个基本协同度 SN(i) 的界限值, 设  $\delta_{DN(i)}$  代表能够触发一个基本知识差异度 DN(i) 的界限值。根据前面的分析结果, 引入学习者协同驱动力变量 DRIV<sub>Granott</sub>, 触发条件可以形式化地表述为式(6):

$$DRIV_{Granott} \geq \delta_{SN(i)} \delta_{DN(i)} EMN_{em} \quad (6)$$

如果把学习者看作移动协同过程中的一个行为者, 那么行为者可以用式(7)的六元组表示:

$$M = \langle LID, L, S, R, GRANOTT, DRIV_{Granott} \rangle \quad (7)$$

式中,  $LID$  代表学习者的唯一对象。现实中的某一个学习者在同一个时间只能有一个会话参与这次协同。  $L$  代表学习者的位置信息, 可以是一个真实的或者虚拟的学习者所在, 比如移动学习者的物理位置信息或在系统中所处的虚拟位置。  $S$  表示学习者的当前状态, 例如忙碌、空闲、联机或离开等。  $R$  表示学习者的角色, 例如协同学习的会话发起者等。  $GRANOTT$  表示学习者协同过程中的社会性影响因素。  $DRIV_{Granott}$  表示协同驱动力, 触发协同行为的发生。

#### 4.2 状态调整对象和执行服务

状态调整对象根据协同过程中学习者的表现状态动态地调整协同学习的内容。状态调整对象通过 Granott 驱动逻辑对象以获取一系列相关参数来反馈协同学习过程中学习者的学习状态、协同性差异、知识性差异和个性性格差异等。状态调整对象在此基础上, 根据预定的协同学习的参数特征, 动态地调整学习者的学习状态、学习内容和学习难度等。

执行服务提供数据处理功能。通过 Granott 驱动逻辑对象处理后的数据, 以编码的方式在知识库及数据库之间进行求解, 知识库中记录着协同学习环境中交互动作的语义解释及其它非动作类交互的规则等。解码器负责对输出数据进行解码, 执行器可对解码产生的数据进行优先级处理, 并选择最合适的处理数据提交给接收移动终端。

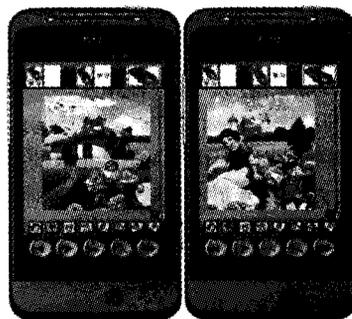
### 5 实验及结果

使用上述模型我们开发了“M-Story v2.0”原型系统, 该系统采用 Visual CJHJ.NET 开发语言, 开发平台为 Android 2.3 版本, 测试移动终端设备为 HTC G15 智能手机。M-Story v2.0 原型系统是一种基于移动设备用于 5 至 7 岁儿童协同讲故事的移动协同学习系统, 儿童利用 HTC 智能手机登录系统选择自己喜欢的故事, 并和同伴共同分享故事学习的过程。儿童可以任意挑选自己感兴趣的故事进行学习, 并选择内容分享还是图片分享模式进行协同(发起一个基本行为, 并完成协同性度量的判断工作)。系统根据合作者执行行为所花费的时间以及协同过程中的出错率完成个体性格差异性计算, 从而动态地调整故事的学习内容和难度, 完成一次协同行为。学习者个体与合作者之间的信息的实时表达和传统交互方式的处理方法有别于传统的 C/S(客户端/服务器端)模式, 而采用 P2P 协同结构。P2P 协同结构能够很好地解决由于移动网络间歇性通断而导致协同过程中的数据交换和更新受到影响的问题, 从而使移动协同学习更方便, 鲁棒性更好。

系统实现了移动协同学习过程中的内容分割和空间共享功能。状态调整对象实时对交互动作和选择模式进行行为判断, 并通过执行服务模块完成对最合适的数据优先处理流程。儿童在学习的过程中, 把出现在不同显示屏上的内容讲给同伴听, 共同分享同一个故事, 在反复学习的过程中, 儿童们会有新的机会注意以前学习过程中没有注意到的部分, 从而加深对故事的理解。同时还可以让儿童对原故事进行续编或者通过发挥扩展成另一个故事。Granott 驱动逻辑对象保证了每个儿童能够在协同讲故事中有效地完成学习和认知, 通过该系统让儿童在与同伴愉快的互动学习中, 体验行为交流运用的乐趣, 真正为儿童分享故事创造了一个趣味丰富的学习环境, 系统操作界面如图 3 所示。



(a) 内容分割模式: 两部移动协同学习手机分别显示不同内容页



(b) 空间分享模式: 两部移动协同学习手机显示单屏上的同一张图片

图 3 “M-Story v2.0”原型系统移动协同学习界面

**结束语** 本文对移动协同学习中的社会相互作用问题进行了研究, 提出了一种基于扩展的 Granott 相互作用模式的移动协同学习模型。文中给出了该模型的理论分析和形式化算法描述, 以及基于上述模型的原型系统开发。文中提出扩展的 Granott 相互作用模式, 它在经典 Granott 模型的基础上增加了协同者个性性格特征维度, 将相互作用社会性的多种影响因素引入到协同过程中, 能够加强协同学习活动中相互间的接触、交谈、讨论和协调行为, 从而促进学习者能够以一种更直接更自然的方式交换信息, 突破了传统移动协同学习模型仅仅从单一技术层面的角度进行研究的缺陷, 扩展了这一领域的研究方向和深度。

下一步的深入工作包括进一步细化各种动机和协同行为隶属函数的构造方法, 并考虑基于扩展的 Granott 模式的移动协同学习模型控制的学习者之间的交互行为研究。

#### 参考文献

- [1] 林斌. Mobile CSCL 模型的研究与设计[J]. 计算机工程与应用, 2006(S1):16-18
- [2] 胡益锋, 鲁东明, 盛宇, 等. 基于行为的移动协同感知模型研究[J]. 计算机科学, 2005, 32(11):142-144, 157
- [3] Roschelle J, Pea R. A Walk on The Wild Side: How Wireless handhelds may Change CSCL[C]// Proceedings of Computer Support Collaborative Learning (CSCL 2002). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 2002:342-352
- [4] 王真星. 基于本体的计算机支持协同学习关键技术研究[D]. 上海: 复旦大学, 2003
- [5] 杨建旭. 普适环境下实时协同若干感知问题的研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2006
- [6] Stanton D, Neale H. Designing Mobile Technologies to Support Collaboration[R]. Equator-02-028. Http://www.equator.ac.uk/papers, 2006-06-15

(下转第 273 页)

取测试样本的  $M$  近邻来代替原始训练样本;加权决策融合。在 CSIST 人脸库上的实验结果表明,和同类算法相比,所提算法在识别率和计算速度上均有提高。主要原因如下:

1)经过  $M$  近邻的选择代替原训练样本来线性表示测试样本,表达方式进行了优化。这种优化一方面可以提供更高质量的表述,表现为识别率的提高;另一方面也减少了训练样本的个数,提高了计算速度。

2)在分类融合过程中,巧妙利用  $M$  近邻选择过程的欧氏距离计算结果,使该过程的速度加快。

对于 VIS 和 NIR 人脸图像的融合,通常我们希望在光照变化比较剧烈的时候,NIR 图像能够占优,在温度变化比较剧烈或人脸佩戴眼镜的时候,VIS 图像可以占优,但在决策融合阶段目前很难量化区分这几种情况。因此如何提出一种更有效的融合策略将是下一步的研究工作。

### 参 考 文 献

[1] 赵铭. 机场安检人相识别系统的设计与实现[D]. 成都:电子科技大学,2011

[2] Adini Y, Moses Y, Ullman S. Face Recognition: The Problem of Compensating for Changes in Illumination Direction[J]. IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1997, 19(7):721-732

[3] Xie Xu-dong, Lam K-M. Face Recognition under Varying Illumination based on 2D Face Shape Model[J]. Pattern Recognition, 2005, 38(2):221-230

[4] Li S Z, Chu Ru-feng, Liao Sheng-cai, et al. Illumination Invariant Face Recognition Using Near-Infrared Images[J]. IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2007, 29(4):627-639

[5] Singh R, Vatsa M, Noore A. Integrated Multilevel Image Fusion and Match Score Fusion of Visible and Infrared Face Images for Robust Face Recognition[J]. Pattern Recognition, 2008, 41(3):

880-893

[6] Raghavendra R, Dorizzi B, Rao A, et al. Particle Swarm Optimization based Fusion of Near Infrared and Visible Images for Improved Face Verification[J]. Pattern Recognition, 2011, 44(2):401-411

[7] Heo Jin-gu, Kong S G, Abidi B R, et al. Fusion of Visual and Thermal Signatures with Eyeglass Removal for Robust Face Recognition[C]//IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops. Washington, D. C., USA, 2007:6-6

[8] Chen Jie, Yi Dong, Yang Ji-mei, et al. Learning Mappings for Face Synthesis from Near Infrared to Visual Light Images[C]//IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2009:156-163

[9] Yi Dong, Liu Rong, Chu Ru-feng, et al. Face Matching between Near Infrared and Visible Light Images[C]//Advances in Biometrics; International Conference on Advances in biometrics. Seoul, Korea, 2007:523-530

[10] Xu Yong, Jin Zhong. Down-sampling Face Images and Low-resolution Face Recognition[C]//The third international conference on innovative computing information and control. Dalian, China, 2008:392-395

[11] Xu Yong, Zhang D, Yang Jian, et al. A Two-phase sample sparse representation method for use with face recognition[J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2011, 21(9):1255-1262

[12] Wright J, Yang A Y, Ganesh A, et al. Robust Face Recognition via Sparse Representation[J]. IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2009, 31(2):210-227

[13] Xu Yong, Zhong Ai-ni, Yang Jian, et al. Bimodal Biometrics based on a Representation Recognition Approach[J]. Optical Engineering, 2011, 50(3):037202

(上接第 250 页)

[7] Hinckley K, Dixon M, Sarin R, et al. Codex: a dual screen tablet computer[C]// Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI). ACM, Boston, MA, USA, 2009:1933-1942

[8] 廖立君,何频捷,王志兵,等. 多方互动式移动学习系统的设计与实现[J]. 湖南工业大学学报, 2010, 24(6):38-41

[9] 金贻,林筑英. 移动支持协同学习[C]//中国人工智能学会计算机辅助教育专业委员会(全国 CBE 学会)第十三届学术年会. 2008:303-306

[10] 滕文星,李士宁,尹小燕. 移动协同感知研究综述[J]. 计算机科学, 2008, 35(6):25-27

[11] 冷德宏. 基于多代理的计算机支持移动协同学习关键技术研究[D]. 上海:复旦大学,2004

[12] 李浩然,张倩,张慧. 儿童从同伴相互作用中获得知识研究的新进展——Granott 的相互作用模型述评[J]. 山东师大学报:人文社会科学版, 2001(3):16-18,24

[13] Granott N. Patterns of interaction in the co-construction of knowledge: separate minds, joint effort, and weird creature[C]//Wozniak R H, Fischer K W, eds. Development in context: Acting and thinking in specific environments. Hillsdale, New Jersey: LEA, 1993:173-207

[14] Granott N, Gardner H. When minds meet: interactions, coincidence, and development in domains of ability[M]//Sternberg R J, Wagner R K, eds. Mind in context: Interactionist Perspectives on human intelligence. Cambridge university press. 1994:171-201