

基于 ISM 技术的个性化 Learning-map 研究^{*}

解迎刚¹ 王志良¹ 乔向杰 永井正武²

(北京科技大学信息工程学院 北京 100083)¹ (日本帝京大学科学工程学院情报学科 日本)²

摘要 本文结合注释结构模式(Interpretive Structure Modeling, ISM)构建方法,以结构化教材和个性化教学为核心,建立起了教学过程中的 Learning-map,并在此基础上实现了个性化 Learning-Map。最后将该成果用于 E-learning 系统,实现了学习的个性化和协同化,体现了和谐人机交互理念。

关键词 ISM 方法, Learning-map, 人工心理, 个性化教学

The Research of an Individualized Learning-map Based on ISM Technology

XIE Ying-Gang WANG Zhi-Liang QIAO Xiang-Jie MASATAKE NAGAI

(School of Information Engineering, Beijing University of Science & Technology Beijing 100083)

Abstract Based on the theories of structure teaching materials and individualized teaching, an individualized Learning-Map model is presented. The model uses ISM (Interpretive Structural Model) multi-levels structure as the core. Finally, E-learning system is presented, which is constructed based on artificial psychology and the Learning-Map modules. This individualized Learning-Map model designed in this system intensifies the intelligence of the whole system.

Keywords ISM technology, Learning-map, E-Business system, Individualized teaching

1 引言

当前教育已经进入了个性化、人性化发展时代,要求我们的教育系统实现个性化因材施教,同时针对学习者的学习背景、学习兴趣的不同,进行智能化调整^[1]。针对此类问题,本文结合 ISM(Interpretive Structure Modeling)构建方法以及教学结构的相关理论建立起教学过程中的 Learning-map,并在此基础上实现了个性化 Learning-Map。通过建立教学的 learn-Map 系统,一方面可以使教师更方便地确认所教内容的知识结构和教学进度,从而使教学的安排更富逻辑性与合理性^[2],另一方面可以帮助学习者了解所学内容的全面知识架构。

著名教育学家布鲁纳(J. S Bruner)曾说过^[3]：“不论我们教的内容是什么,首先都应该使学习者理解(掌握)该学习内容的基本结构”,并指出结构是知识构成的基本架构,具有结构性的教学内容更易于学生理解,并且学后不容易遗忘。而学生从结构中所学到的原理、原则,有助于在以后类似情境中产生正向学习迁移。Mandler 说过:“Meaning does not exist until some structure, or organization is achieved”。即知识的学习必须使学习者在学习认知过程中形成结构性,否则有意义的学习便无从产生^[4]。

注释结构模式(Interpretive Structural Model,简称 ISM)最早由 J. N Warfield 提出,原为社会系统工程(Social System Engineering)的一种构造模型法(Structure Modeling),基于离散数学和图形理论,通过二维矩阵(binary matrices)的数学运算,呈现出一个系统内全部元素间的关联性,最后可产生一个完整的多层级结构化阶层(multilevel structural hierar-

chy)^[5]。

2 个性化 Learning-Map 实现

在 E-learning 系统中,我们将教学要素明确地细分出来,同时给出两两比较的关联性,再经过 ISM 的运算,便可产生具有排列阶层化、系统化的 Learning-map 结构图。通过该方法可以帮助学生方便地了解整个学习内容的结构体系,更轻松地理解各知识点之间的关联性,同时通过此种方法可以依据学生学习基础、学习习惯的不同构造出个性化的 Learning-map,从而实现个性化教学。

2.1 ISM 构造的一般步骤

运用 ISM 方法进行 Learning-map 构建,可分为如下五步^[6]:

(1)提取单元中的教学要素(单元结构、概念或知识点)。

定义 教学要素为 $S_i, i=1, 2, \dots, n$ 。

(2)因果关联分析:全部教学要素两两比较,得出其各要素间的因果关系。

(3)教学要素阶层化:将因果关联分析表转化为“关联矩阵”(relation matrix)。即教学要素因果关联分析表转化为数学表现形式——即具有二值矩阵(binary matrix)性质的关联矩阵或称“相邻矩阵”(adjacent matrix),以符号 A 表示:

$$A = \begin{bmatrix} a_{12} & a_{12} & \cdots & a_{1j} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2j} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{i1} & a_{i2} & \cdots & a_{ij} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & \cdots & 1 \\ 1 & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$i=1, 2, \dots, n, j=1, 2, \dots, n$$

(4)将关联矩阵转化为“可达矩阵”(reachable matrix)。

^{*}北京市“现代信息科学与网络技术”重点实验室开放基金项目--“多模人机交互技术中的情感计算方法研究”(项目编号为:TDXX0503);北京科技大学重点基金项目-NBIC 会聚技术研究;国家自然科学基金资助项目基于状态空间描述的人工情绪理论和方法研究(基金号:60573059)。解迎刚 博士生,主要课题研究方向:人工心理、Agent 技术及应用。

将关联矩阵 A 加上单位矩阵 I , 变为“含有自己的因果关系矩阵”, 用 B 表示, 然后通过运算将 B 转化为“可达矩阵”, 用 T 表示。

$B=A+I$ (B 是含有自己的因果关系矩阵)

$$B=A+I = \begin{bmatrix} a_{12} & a_{12} & \cdots & a_{1j} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{1j} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{i1} & a_{i2} & \cdots & a_{ij} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} a_{12}+1 & a_{12} & \cdots & a_{1j} \\ a_{21} & a_{22}+1 & \cdots & a_{1j} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{i1} & a_{i2} & \cdots & a_{ij}+1 \end{bmatrix}$$

$i=1,2,\dots,n, j=1,2,\dots,n$

将相邻矩阵转化为可达矩阵:

$$B \neq B^2 \neq \dots \neq B^{n-1} = B^n \equiv T$$

(5) 将可达矩阵转换为阶层矩阵并完成 ISM 层级构造图。得到可达矩阵后找到其可达集合和先行集合, 通过其交集找到该阶层的要素项目, 并以此类推, 最后便可得到有阶层性及且具方向性的 ISM 层级构造图^[5]。

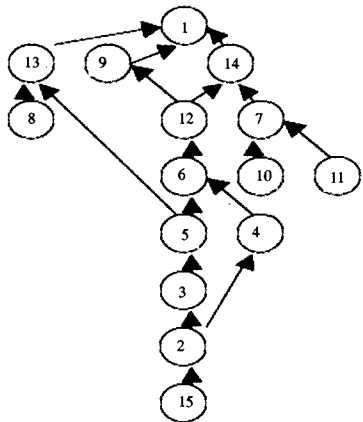


图 1 ISM 构造图

2.2 Learning-map 的构建

针对学习者学习背景不同进行个性化 Learning-map 构建的一般步骤如下:

- (1) 问卷调查得到学习者相关信息;
- (2) 针对不同的学习者制定相应的教学策略;
- (3) 将不同的教学策略内容具体化;
- (4) 形成个性化的 Learning-map。

下面对个性化 Learning-map 的构建进行详细说明。

表 1 要素关连表

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1									
2	○								
3		○							
4		○	○						
5		○	○	○					
6		○	○	○	○				
7	○								
8							○		
9							○		

先根据学习内容提取学习要素, 将全部学习要素逐一相

互比较, 看其间是否有前后关联性。如有, 则标记; 无, 则不标记。下面以某课程总体结构为例, 进行简单说明。设该课程总体结构可以划分为 9 个要素, 我们记为要素 i ($i=1,2,\dots,9$)。其中要素 3、要素 4、要素 5、要素 6 作为 2 的内容, 同要素 2 具有前后关联性, 则将它们交集关联起来, 最后完成全部要素关联表, 如表 1 所示。

在系统中, 将以上要素关联表转化为数学表现形式——即具有二值矩阵 (binary matrix) 性质的关联矩阵 (adjacent matrix), 在这里我们用符号 A 来表示, 以便于数学运算。

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

将关联矩阵 A 加上单位矩阵 I , 变为含有自己因果关系的矩阵, 用 B 来表示, 然后通过计算将 B 转化为可达矩阵, 以 T 表示。

$$B=(A+I) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$B \neq B^2 \neq \dots \neq B^{n-1} = B^n \equiv T$$

$$T \equiv \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

对可达矩阵进行可达集合和先行集合的关系分析 (表 2)。

表 2 可达集合和先行集合关系分析

学习要素	可达集合	先行集合	共通集合
1	1	1,2,3,4,5,6,7,8,9	1
2	1,2	2,3,4,5,6	2
3	1,2,3	3	3
4	1,2,4	4	4
5	1,2,5	5	5
6	1,2,6	6	6
7	1,7	7,8,9	7
8	1,7,8	8	8
9	1,7,9	9	9

最后将可达矩阵转化为 ISM 教材结构化分析图, 形成 Learning-map(图 2)。

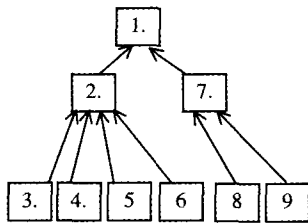


图 2 结构化 Learning-map

2.3 个性化 Learning-map 的构建

表 3 学习者调查问卷

问题设计:		A	B	C	D	E
学习者学 历水平	1. 高中或以下	✓				
	2. 大学	✓	✓		✓	
	3. 研究生				✓	
是否系统的 学习过编 程知识	4. 否	✓				
	5. 学习但没有系统的学习过		✓		✓	
	6. 系统学习过			✓		✓
学过哪 类编程	7. C(VC)			✓		✓
	8. Baise(VB)		✓			
	9. Delphi				✓	
是否具备 实际的编 程经验	10. 没有	✓		✓		
	11. 有一些		✓	✓		
	12. 丰富					✓
学习本课 程的目的	13. 理论应试			✓		
	14. 编程实用					✓
	15. 综合编程能力	✓	✓		✓	

表 4 教学策略

教学策略	教学策略主要内容	触发条件 (合集)
1	系统编程理论教学, 详尽的编程辅导, 充分的上机操作	4, 10
2	较系统地介绍编程理论, 较详尽的编程辅导。	5, (7), 10
3	较系统地介绍编程理论, 较详尽的编程辅导, 充分的上机操作	5, 8(9), 10
4	简单回顾对象编程的基础知识, 主要进行编程辅导和实际上机操作	6, 10
5	对编程理论作系统介绍, 同时进行较详尽的编程辅导。	5, 7, 11
6	针对基于对象编程思想作详细介绍, 并充分的上机操作实际编程	5, 8(9), 11
7	简单回顾对象编程的基础知识, 充分的上机实践	6, 7, 11
8	针对基于对象编程和基于过程的编程不同作详细介绍, 并充分的上机操作实际编程	6, 8(9), 11
9	以 VB 和 java 语言的区别为主线, 针对基于对象编程思想作详细介绍, 简单介绍实际编程的注意事项, 简单上机	6, 8(9), 12
10	理论上不作系统介绍, 理论部分和实际编程教学中, 主要以 java 和 C 语言的区别为主, 并简单上机操作	6, 7, 12

注: 在系统实现中, 暂没有考虑学习者学历水平, 学习本课程的目的两项对教学策略的影响, 同时由于在系统编程方法和指导思想上, VB 和 delphi 的编程方法相近故在教学策略中不作明显区分。对于编程语言, C 语言和 java 编程思想和编程方法较相近, VB 和 java 差别较大。

通过 Learning-map 可以帮助学习者了解全面的知识结构。在学习初始阶段对学生已有基础进行分析, 在学习过程中形成单章节知识点的 Learning-map, 并在教学中跟踪学习者的学习过程, 记录其兴趣、爱好等个性特征。根据对学生已有基础的分析、学习兴趣的分析、学习习惯的分析, 从而形成个性化的 Learning-map, 帮助学生建立起自己的个性化知识体系, 并可在教学中适时地调整对学习者的教学策略, 帮助学习者提高学习效率, 减少学习时间。

为进一步说明个性化 Learning-map 和教学策略, 这里通过对学习者已有基础的分析, 进而形成不同 Learning-map 和教学策略的情况进行说明。例如, 我们现在教学内容为 Java 编程语言。众所周知, 程序语言有很多相通性, 且 C 语言和 Java 语言的相通之处更多^[7]。我们根据学生不同的程序基础对其指定不同的教学策略和学习内容(表 3)。

针对表 3 的问卷, 我们定义了相关教学策略, 如表 4 所示。

则相关的策略在不同学习者中具体表现为表 5。

表 5 相关策略在不同学习者中的具体表现

学习者	程序基础	编程经验	教学策略	所需课时
A	无	无	1	56
B	VB	有一些	6	44
C	C++	有一些	7	28
D	C	无	4	36
E	C++	丰富	10	12

这五类教学策略在具体教学中表现为教学内容和教学详尽程度的不同, 如表(6)所示(该知识点的划分参照 Teach Yourself Java in 21 days, Professional reference edition, 并由新东方 java 编程语言讲师石志国指导)。

根据以上对知识点的解析, 可以形成如图 3 所示的不同 Learning-map(仅列出 A 和 C 形成的 Learning-map)。

在图 3 中, 我们仅对整个教学内容的总体结构框架形成了不同的 Learning-map, 在实际系统中, 对各个知识点每个人得到的 Learning-map 也不是完全相同的。这样, 综合多种个性化分析手段, 帮助学生建立起自己的个性化知识体系, 并在教学中适时地调整对学习者的教学策略, 从而帮助学习者提高学习效率, 实现个性化的因材施教。

3 Learning-map 实际应用

整个个性化 E-learning 系统的实现采用 aglet, java 语言和 JSP 技术; 数据库采用 SQL Server; 在教学过程中, 由学生通过人机接口申请学习登录, 生成学生 Agent。系统得到学生的相关信息后, 由位于服务器端的管理 Agent 进行学生信息分析和教学策略分析, 并在非同步教学中通过对学生学习状态、学习情绪、学习日志的分析, 结合单元测试情况, 形成针对学生的个性化教学方案。在教学过程中, 利用智能 Agent 判断学生的学习状态, 并在必要的时候由智能 Agent 助手给教师以人性化的提示^[8]。系统结构如图 4 所示。

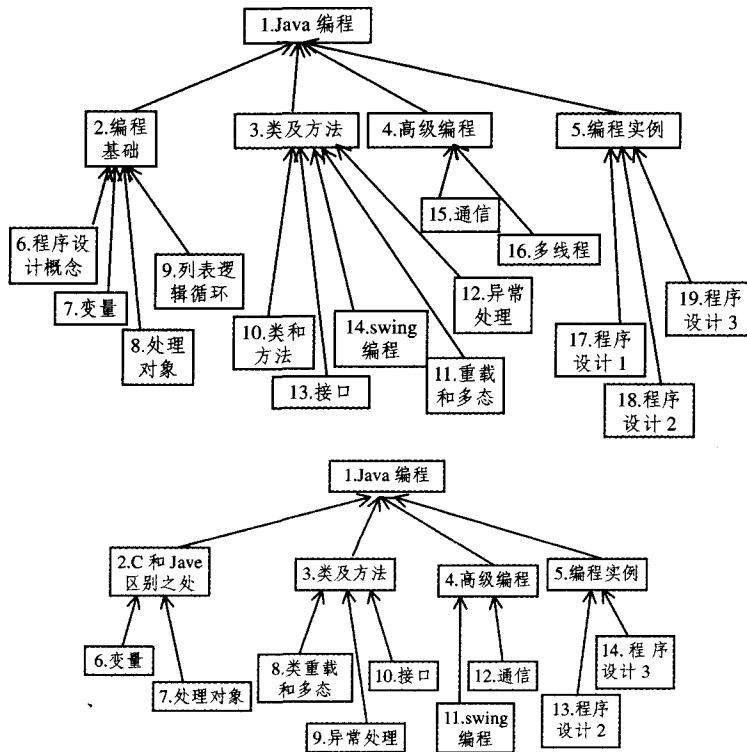


图 3 不同 Learning-map 的比较

表 6 不同的教学策略的具体内容

	程序设计概念	变量	处理对象	列表逻辑循环	类和方法	重载多态	异常处理	接口	Swing 编程	通信	多线程	程序设计 1	程序设计 2	程序设计 3
A	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
B		2	4	2	4	4	4	4	4	2	4	2	4	4
C		1	1	2	2	4	2	4	2	4		2	4	
D		2	2	1	1	2	4	2	4	2	4	4	4	4
E		1			1	2	1	2	3					2

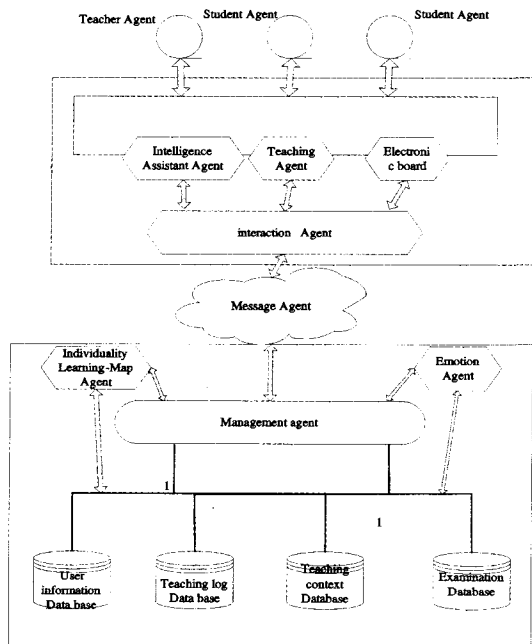


图 4 E-learning 系统结构图

在系统中通过 Learning-map 对学习进行指导,使其全面了解知识体系的结构并且可以根据学习者学习基础的不同提供不同的 Learning-map,从而体现了个性化教学。同时,记录

学生的学习过程,在教学中分析学生的学习特点和学习习惯以及学习兴趣所在,适时地调整对学习者采用的教学策略,形成个性化的 Learning-map,从而实现个性化的因材施教。

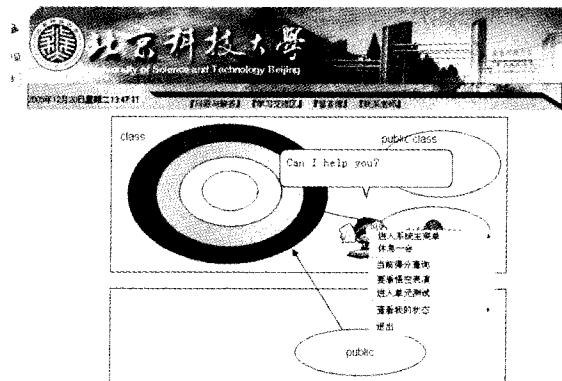


图 5 E-learning 系统实现运行界面

结论 本文结合现代化远程教育的要求,提出了一个基于 Agent 技术实现的人性化 E-learning 系统。以 ISM(Interpretive Structural Model)构造方法为核心,构建了多层次结构化的 Learning-map,并在此基础上通过对学习者学习背景的分析,实现了个性化 Learning-map,并很好地将 Learning-
(下转第 223 页)

幅人脸区域,经过尺度缩放、直方图均衡化处理后的平均脸,包含男人、女人不同表情的人脸组成。

模板脸和人脸候选区域的匹配系数经过实验得到,选为 0.55,其计算公式如下:

$$r = \frac{\sum_x \sum_y (M_{xy} - \bar{M})(R_{xy} - \bar{R})}{\sqrt{(\sum_x \sum_y (M_{xy} - \bar{M})^2)(\sum_x \sum_y (R_{xy} - \bar{R})^2)}} \quad (11)$$

其中, \bar{M} 和 \bar{R} 分别为模板脸和人脸候选区域的均值。当 $r \geq 0.55$ 时,就认为该区域为人脸。模板匹配人脸检测与定位效果见图 3、图 4、图 5。

4 实验结果

本文实验所用的彩色图像是从互联网上下载的不同尺寸的图像,形成两个测试集:(1)简单测试集,如类似证件照的头部肩部图像、2~3 人集体照,人脸面积较大,无背景或者较简单背景,光照有变化,人脸旋转角度任意;(2)复杂测试集,有类肤色复杂背景存在,人脸个数、大小、位置未知,光照有变化,人脸多姿态、旋转角度任意。

用本文提出的方法对两个测试集进行了实验,表 1 是两个测试集的实验结果数据。

表 1 实验结果数据

图像总数	人脸总数	肤色检测正检人脸数	模板匹配正检人脸数	模板匹配误检人脸数
简单测试集	80	116	116	0
复杂测试集	28	120	112	13



图 3 一幅合成图像人脸检测



图 4 多人脸检测图

通过表 1 的实验结果数据可以看出,对于简单测试集,本

文提出的方法检测结果很好;对于复杂测试集,在肤色检测时,一张人脸由于尺寸太小而漏检,一张人脸由于曝光过度而漏检;在应用模板匹配后,有 6 个人脸漏检,主要由于脸部遮挡严重和脸部区域粘连,不能正确计算旋转角度而漏检,同时误检人脸数极大减少。

图 3、图 4、图 5 是实验结果的部分实例,图中白色矩形框指示了检测到的人脸的位置和大小。图 3 是利用本文提出的方法针对一幅合成的多个角度的人脸图像进行检测的结果。可以看到,本文提出的方法很好地解决了多角度人脸检测的问题。图 5 是人脸区域初定位实验所用图像的人脸检测效果图,所有人脸都检测到,有一处误检为人脸。



图 5 多人脸检测图(一处误检)

结论及工作展望 针对复杂背景的彩色图像,本文提出了一种融合多种技术的人脸检测方法。提出的方法首先利用了肤色信息在新颜色空间 YCgCr 中对彩色图像进行分割,然后通过计算人脸候选区域旋转角度并结合模板匹配技术进行人脸检测与定位。实验结果表明,本文改进的方法有效地解决了多角度旋转人脸的检测问题,能够对不同光照环境、不同尺寸、戴眼镜、任意旋转的人脸有较好的检测效果,且误检率低。

由于在肤色检测过程中,有可能形成人脸粘连区域,出现预处理阶段真正人脸丢失的现象,我们下一步的工作是在该工作基础上,解决人脸区域粘连的问题,降低漏检率。

参考文献

- Hsu R-L, Abdel-Mottaleb M, Jain A K. Face detection in color images. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2002, 24:696~706
- Yang M-H, Kriegman D J, Ahuja N. Detecting faces in images: A survey. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2002, 24(1):34~58
- Chiang J. Gray World Assumption. <http://scien.stanford.edu/class/psych221/projects/99/jchiang/intro2.html>
- 艾海舟,武勃,等译. 图像处理、分析与机器视觉. 第二版. [M]. 北京:人民邮电出版社,2003
- Bayoumi F, Fouad M, Shaheen S. Feature-based human face detection. In: Proceedings of the Twenty-First National Radio Science Conference, 2004. C21-1-10
- 章毓晋. 图像理解与计算机视觉[M]. 北京:清华大学出版社,2000
- Naseem I, Deriche M. Robust human face detection in complex color images. In: IEEE International Conference on Image Processing, (ICIP) Vol2(II), 2005. 338~341

(上接第 173 页)

map 应用于 E-learning 系统,使得系统更个性化和职能化。

参考文献

- Wang Zhiliang. Artificial Psychology-a most Accessible Science Research to Human Brain. Journal of University of Science and Technology, 2000, 22(5)
- Xin Huaji. Primary and secondary teaching model research-based Learning Website. Nanjin Normal University, 2004
- Bruner J S. The process of education. New York: Vintage Books, 1960

- Marshall D L L, Jones G, Plants R T. Instructional and Cognitive Impact of Web Based Education -Preparing for Teachers to Be that can Use Internet for Education, IGP: Idea Group Publishing, 2003
- 佐藤隆博. ISM 构造学习法入门. 东京:明治图书, 1996. 55~86
- Chung Ching-Jung. The Study of Applying Interpretive Structural Modeling in Structural Text Design. Department of Education Technology, Tamkang University, 2002
- Cohen L. Research methods in education. New York; McGraw-Hill, 2000
- ZHANG Xiao-bo, HAN Yong-guo, LIN Yong, et al. Study of Personalized Tutoring System Based on Agent. Application Research of Computers, 2006(10):64