

目 录

| | |
|-----------------------------------|----|
| 摘 要..... | 1 |
| ABSTRACT..... | 2 |
| 1 绪论..... | 3 |
| 1.1 研究背景与意义..... | 3 |
| 1.2 国内外研究现状..... | 4 |
| 1.3 本文的主要工作..... | 5 |
| 1.4 本文的组织结构..... | 5 |
| 2 理论基础和相关技术..... | 6 |
| 2.1 四季色彩理论..... | 6 |
| 2.2 人脸识别技术..... | 7 |
| 2.3 图像相似度比较..... | 8 |
| 2.4 本章小结..... | 9 |
| 3 “四季型人”检测方法..... | 9 |
| 3.1 数据集的构建..... | 9 |
| 3.1.1 图像库的构建..... | 9 |
| 3.1.2 数据集的分类准确性..... | 10 |
| 3.2 归类方法..... | 11 |
| 3.2.1 面部关键部位的选取..... | 12 |
| 3.2.2 四种季节型样例的选取..... | 13 |
| 3.3 面部检测..... | 15 |
| 3.3.1 面部识别及关键点划分..... | 15 |
| 3.3.2 关键部位分割..... | 16 |
| 3.4 色彩相似度比较..... | 17 |
| 3.4.1 基于颜色直方图和巴氏距离的区域色彩相似度算法..... | 18 |
| 3.4.2 基于颜色直方图和灰度均值的区域色彩相似度算法..... | 24 |
| 3.5 本章小结..... | 28 |

| | |
|-------------------------|----|
| 4 检测方法在关键部位的应用..... | 29 |
| 4.1 唇部区域..... | 29 |
| 4.2 面部区域..... | 33 |
| 4.3 眉毛区域..... | 37 |
| 4.4 瞳孔区域..... | 41 |
| 4.5 关键区域的综合考虑方法..... | 45 |
| 4.6 本章小结..... | 47 |
| 5 “四季型人”检测系统的设计与实现..... | 47 |
| 5.1 系统设计..... | 47 |
| 5.2 系统与环境配置..... | 48 |
| 5.3 面部识别模块..... | 49 |
| 5.4 分区域的季节类型判断模块..... | 51 |
| 5.5 综合计算模块..... | 54 |
| 5.6 用户交互模块..... | 55 |
| 5.7 本章小结..... | 59 |
| 6 测试与分析..... | 59 |
| 6.1 系统应用效果..... | 59 |
| 6.2 在数据集上的准确度测试..... | 62 |
| 6.3 发现的问题..... | 65 |
| 6.4 本章小结..... | 66 |
| 7 总结与展望..... | 66 |
| 参考文献..... | 68 |

摘 要

四季色彩理论是指将所有色彩按照基调的不同，进行冷暖、明度和纯度的划分。

“四季型人”是指将四季色彩理论应用于人物面部的自然颜色。人物肤色、发色、瞳色、唇色等的不同导致了给他人带来的观感的不同，如同四种季节给人带来的主观感受。

传统的“四季型人”判断方法是由专业的色彩顾问通过观察分析个人的肤色、瞳孔色和发色等自然色调，或者通过填写网络调查问卷来判断个人的季节类型。传统方法强依赖于色彩顾问的个人经验和问卷的设计，主观性过强。

基于这些观察，本文提出了一种自动化的“四季型人”的判断方法。首先，选择皮肤、眼睛、嘴唇和眉毛四个面部关键区域，用作人物所属季节类型的指示器。其次，根据对本文所建立的标注季节类型的人物图像数据集的观察，分别为四个关键区域选择了四种季节类型的样例。最后，使用基于颜色直方图和灰度均值的区域色彩相似度算法，将待测图像每个关键区域的色彩依次与四种季节类型的对应区域样例进行色彩相似度比较，分别得出人物每个关键区域的季节类型，再综合关键区域的季节类型得出人物整体的季节类型。

基于上述判断方法，本文设计与实现了“四季型人”检测系统。系统向用户展示了其上传图像中人物所属季节类型的定性与定量判断结果。

关键词：四季型人、数字图像处理、人脸识别、人脸区域分割、相似度判断

Development of Four Season Types of People Detection System

ABSTRACT

The color theory of four seasons refers to the division of all colors in accordance with the tone, cooling, warmth, and purity. "Four Season Types of People" refers to the natural colors that apply the four-season color theory to people's faces. The differences in the skin color, hair color, pupil color, and lip color of the characters lead to different perceptions brought to others, like the subjective feelings brought by the four seasons.

The traditional "Four Season Types of People" method is determined by professional color consultants by observing and analyzing the natural color tone of the individual's skin color, pupil color, and hair color, or by filling in an online questionnaire to determine the individual's season type. Traditional methods rely heavily on the personal experience of color consultant and the design of questionnaires, subjectivity is too strong.

Based on these observations, an automated "four-year type" judgment method was proposed. First, select the four key face areas of the skin, eyes, lips, and eyebrows that serve as indicators of the type of season the person belongs to. Secondly, based on the observations of the seasonal image datasets of the seasons, four season types were selected for each of the four key regions. Finally, using the regional color similarity algorithm based on the color histogram and the average gray value, the colors of each key area of the image to be tested are compared with the corresponding regions of the four season types in order to compare the color similarity, and the characters are respectively obtained.

Based on the above judgment method, the "Four Season Types of People" detection system was designed and implemented. The system shows the user the qualitative and quantitative judgment results of the types of seasons to which the person belongs in the uploaded image.

Keywords: Four Season Types of People, Digital Image Processing, Face Recognition, Face Area Segmentation, Similarity Judgment

“四季型人”自动检测系统的开发

肖贝多 021114128

1 绪论

1.1 研究背景与意义

四季色彩理论是由色彩大师卡洛杰克逊最早提出的关于色彩学的理论。该理论^[1]将色彩按照其颜色冷暖、纯度和明度的不同，进行与四种季节类型相匹配的划分，其中“春”和“秋”是暖色系，“夏”和“冬”是冷色系。根据四季色彩理论，季节被用于形容颜色，不同的颜色由于给人的观感各有不同，它们都有自己所属的季节类型。比如，黑色、深紫色等明度低、纯度高的冷色系给人冷冽肃杀的观感，让人联想起寒冷的冬季；而浅灰、浅蓝等明亮的颜色给人充满活力的观感，让人联想起火热的夏季。同理，温暖的暖米色、珊瑚粉让人想起万物复苏的春天；高贵的象牙色和橘红给人以厚重、温和的秋天之感。

四季色彩理论一经提出，便成了国际时尚界十分热门的话题。该理论在色彩季型划分与形象指导方面应用非常广泛。因此，基于该理论，时尚界流行起了“四季型人”的概念。顾名思义，“四季型人”是指将四季色彩理论应用于人物面部的自然颜色。人物肤色、发色、瞳色、唇色等的不同导致了给他人带来的观感的不同，比如，有些人拥有浅色的发色和瞳孔、暖米色的皮肤、珊瑚粉的唇色，她们往往给别人留下温暖炽热的感觉，如同春风拂面，让人感觉她们就是“春季型人”；而有些人拥有极度白皙且泛青色的皮肤、深色发紫的唇色、乌黑的头发和眼睛，她们则会给别人留下清冷严肃的感觉，让人感觉她们就是“冬季型人”。由于拥有不同颜色的面部特征，不同季节类型的人适合不同的妆容和服装的色彩搭配，搭配错误则会给人以“脏”、“脸色不好”的观感，因此“四季型人”的判断在彩妆与服饰搭配和形象指导方面有很大意义。

在对人物所属的季节类型进行判断时，往往会出现的问题是观感的冷暖基本基于主观判断，每个人的主观感受千差万别。目前现有的，对个人进行“四季型人”判断

的方法主要是由专业的色彩顾问通过观察分析个人的肤色、瞳孔色和发色等自然色调，或者通过填写网络调查问卷来判断个人的季节类型，即春、夏、秋、冬四季之一，进而推荐适合该季节类型的服装或饰品色彩搭配。色彩顾问的判断与其自身的知识背景、个人经验具有强烈的关系，并且在时间和空间上不具有普适性；网络调查问卷中的题目对于大众而言较难给出最为准确的文字答案，而且判断结果强依赖于问卷的设计。因此，如何通过分析人物图像的特征进而自动检测判断“四季型人”这个课题，既具有理论研究意义，又具有实际应用价值。

1.2 国内外研究现状

四季色彩理论由色彩大师卡洛尔杰克逊提出，1998年，于西蔓女士将其引入中国。同样，于女士也将此色彩理论针对中国人的皮肤色彩特征进行了改造。

“四季型人”是指将四季色彩理论应用于人物面部的自然颜色。人物肤色、发色、瞳色、唇色等的不同导致了给他人带来的观感的不同，如同四种季节给人带来的主观感受。国内外目前对于人物的季节类型判断的研究较少，四季色彩理论创始人 Carole Jackson 在她的著作 *Color Me Beautiful* 中指出了区分人物所属季节类型的方法以及不同季节的人适用的妆容和发型。但是，国内外目前在对个人进行“四季型人”判断时依然是主要由专业的色彩顾问通过观察分析个人的肤色、瞳孔色和发色等自然色调，或者通过填写网络调查问卷来判断个人的季节类型，即春、夏、秋、冬四季之一，进而推荐适合该季节类型的服装或饰品色彩搭配。色彩顾问的判断与其自身的知识背景、个人经验具有强烈的关系，并且在时间和空间上不具有普适性；网络调查问卷中的题目对于大众而言较难给出最为准确的文字答案，而且判断结果强依赖于问卷的设计。

在根据四季色彩理论对人物的妆容及服饰进行指导方面，刘娟^[2]、肖慧^[3]、张雅娜^[4]等人的研究提出了人物的季节类型与妆容和服饰搭配息息相关，由于拥有不同颜色的面部特征，不同季节类型的人适合不同的妆容和服装的色彩搭配，搭配错误会有不好的视觉效果。上述文献还提出了着装色彩在四季色彩中的搭配、妆容和服装色彩在人物形象设计中的表现和应用的方法。在四季色彩与计算机技术结合方面，王安琪^[5]等人提出了基于图像内容的服装分类和推荐方法的研究，根据已知的人物季节类型自动推荐相应的服饰。面部颜色的冷暖差异亦会在其他领域有所影响，比如 Jenq C 等人的研究^[12]提出肤色的明暗还与慈善小额贷款事业有相关性。该文献提出，在线慈善小

额贷款存在基于肤色明暗以及肥胖程度的偏差。文献发现在一家大型点对点在线小额信贷网站上的慈善贷款人似乎更青睐更具吸引力、有轻柔的浅肤色、和不太肥胖的借款人。

1.3 本文的主要工作

本文将详细研究“四季型人”的判断方法和流程以及“四季型人”检测系统的设计与实现，主要分为数据集的构建、分类方法研究、分类方法的应用、系统的设计实现、测试与评价五个部分。

在数据集的构建中，本文弥补了分季节类型的人物面部图像数据集的空白，使用科学的数据集构建方法，构建了根据四季色彩理论对人物进行分类的标准数据集。

在对分类方法的研究中，本文提出了将人物分出季节类型的分类方法，即选择四个面部关键区域，分别是皮肤、眼睛、嘴唇、眉毛，将关键区域的色彩与事先选择好的对应关键区域的四种季节类型的样例进行色彩相似度比较，得出关键区域的季节分型，再综合关键区域得出整个任务的季节分型。关于色彩相似度的比较，本文提出了两种算法，分别是基于颜色直方图和巴氏距离的区域色彩相似度算法和基于颜色直方图和灰度均值的区域色彩相似度算法。

在分类方法的应用中，本文展示了分类方法在四个面部关键区域的应用过程，并对应用过程及结果进行了分析。

在系统的设计实现中，本文基于对“四季型人”分类方法的研究，设计与实现了“四季型人”检测系统。该系统具有友好的图形用户交互界面，可以实现用户从本地选择一张正面图像，系统进行分析后向用户展示对图像中人物所属季节类型的定性与定量判断结果。

在测试与评价中，本文对“四季型人”检测系统进行了测试，测试系统的可行性和文章提出的分类方法在数据集上的准确度。对于测试中发现的问题，本文进行了分析与评价，并提出了对应的改进措施。

1.4 本文的组织结构

本文的内容分为七章，具体的组织结构如下：

第一章绪论，介绍了本课题的研究背景和国内外研究的现状，阐述了研究的内容和意义，介绍了本文的主要工作。

第二章阐述了本文“四季型人”检测系统所涉及的理论知识和相关技术。对四季色彩理论、人脸识别技术、图像相似度比较等领域的研究方法和理论进行了分析和介绍。

第三章详细介绍了“四季型人”的判断方法，构建了根据四季色彩理论对人物进行分类的标准数据集，介绍了对人物季节类型进行分类的流程和方法，提出了两种在分类过程中使用到的色彩相似度比较算法。

第四章详细介绍了第三章所提出的判断方法在本文选取的四个面部关键区域，即皮肤、嘴唇、眼睛、眉毛的应用过程。

第五章介绍了本文提出的“四季型人”自动检测系统的设计与实现。

第六章对全文提出的归类方法和第五章的系统进行了测试与分析，测试了方法的可行性、准确度，并对问题进行了分析，提出改进方法。

第七章对本文的工作进行了总结，分析了其存在的不足，提出了接下来的研究方向。

2 理论基础和相关技术

2.1 四季色彩理论

四季色彩理论是由色彩大师卡洛杰克逊最早提出的关于色彩学的理论。四季色彩理论一经提出，便成了国际时尚界十分热门的话题。该理论在色彩季型划分与形象指导方面应用非常广泛。因此，基于该理论，时尚界流行起了“四季型人”的概念。顾名思义，“四季型人”是指将四季色彩理论应用于人物面部的自然颜色。人物肤色、发色、瞳色、唇色等的不同导致了给他人带来的观感的不同。

根据四季色彩理论，研究人员概括定义了四种季节类型人的体貌特征如下：春季型人，肤色特征为暖米色、浅象牙色，细腻、透明；眼球为黄玉色、亮茶色；发色为茶色或柔和的栗色，咖啡色。夏季型人，肤色为粉白、乳白色、小麦色；目光柔和，眼珠是焦茶色或深棕色；发色为柔和的黑色、灰黑色，棕色或深棕色。秋季型人，肤色为深象牙色、深桔色、暗驼色；瞳孔为深棕色、焦茶色，眼白部分为象牙色、泛着翡翠绿的白色；发色为褐色、巧克力色。冬季型人，肤色为青白色、橄榄色，或者带着青色的黄褐色；眼睛为黑白分明，眼珠为深黑色或焦茶色；发色乌黑发亮，或者呈现黑褐色。

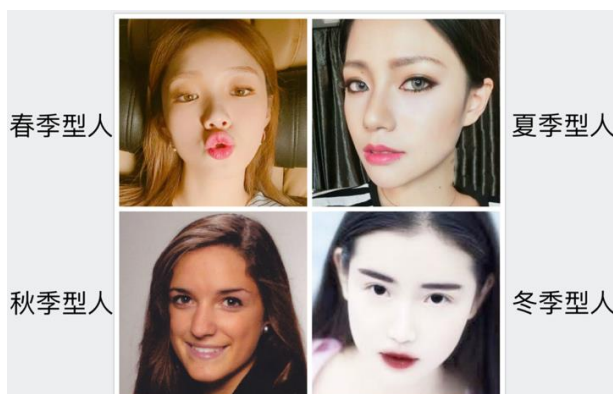


图 2.1 四季型人示意图

2.2 人脸识别技术

人类其实早在 1888 年（Galton 在《Nature》上发表的论文）就开始研究如何使用人的五官特征进行人脸识别，21 世纪以来，由于人脸识别技术应用的广泛性及人工智能的蓬勃发展，许多国家和科研机构都在对这项技术进行研究。Google、Facebook、斯坦福大学以及牛津大学都是国外在人脸识别研究领域知名且有突破性进展的机构和公司，而在国内，同样有一批机构和公司在这个领域的研究也达到了世界顶尖水平，比如百度、旷视 face++、中科院计算机研究所、香港大学。根据前人的研究，传统的人脸识别方法主要有基于模板匹配的方法、基于几何、代数特征的方法、基于神经网络的方法、基于稀疏表示的方法。

随着 Hinton 在 2006 年提出了 DBN 网络^[6]让训练深度网络变得可行，基于深度学习的人脸识别方法开始出现。近年来，随着深度卷积神经网络在人脸识别的领域被应用，人脸识别的效果取得了巨大的提升。DeepFace^[7]利用了卷积神经网络以及大规模的人脸图像进行人脸识别，在 LFW 上的精度高达 97.35%，与人工识别不分上下。

在识别出人脸位置的同时，确定人脸主要器官的位置也非常重要，这就涉及到人脸关键点的划分问题。李华胜^[13]等人提出采用 Hough 变换、模板匹配和方差投影结合，确定人脸上眼睛、鼻子、嘴巴等的位置的方法。王丽婷^[14]等人提出使用随机森林分类器进行人脸关键点的定位；杨海燕等人^[15]的研究则显示了并行卷积神经网络亦可应用于人脸关键点的定位，并且这种方法还可以解决关键点定位受光线、表情以及姿态和遮盖的影响以致不准确的问题。

2.3 图像相似度比较

计算图像的相似度，要找出图像的特征。在颜色特征、纹理特征、形状特征和空间关系特征中，颜色特征是最常用的。颜色特征包括直方图、颜色集、颜色矩、聚合向量和相关图。其中的直方图能够描述一幅图像中颜色的全局分布，易于计算，最为被广泛使用。

使用直方图进行图像相似度的比较，需要比较直方图的相似性，即进行直方图的匹配，常用的直方图的匹配方法有四种：

（1）相关度

$$d(H_1, H_2) = \frac{\sum_i (H_1(i) - H'_1)(H_2(i) - H'_2)}{\sqrt{\sum_i (H_1(i) - H'_1)^2 \sum_i (H_2(i) - H'_2)^2}} \quad (2.1)$$

其中 $H'_k = \frac{1}{N} \sum_j H_k(j)$ ，N 是直方图中 bin 的数目。

（2）卡方系数

$$d(H_1, H_2) = \sum_i \frac{(H_1(i) - H_2(i))^2}{H_1(i) + H_2(i)} \quad (2.2)$$

（3）相交系数

$$d(H_1, H_2) = \sum_i \min(H_1(i), H_2(i)) \quad (2.3)$$

（4）巴氏距离

$$d(H_1, H_2) = \sqrt{1 - \frac{1}{\sqrt{H'_1 H'_2 N^2}} \sum_i \sqrt{H_1(i) H_2(i)}} \quad (2.4)$$

如表 2.1 所示，在快速但是不非常准确匹配的情况下，相交系数的效果好，而慢速但是精确的情况下，用卡方和巴氏距离效果比较好。

表 2.1 直方图匹配算法比较

| 匹配衡量 直方图模型 | | | | | |
|---------------|------|------|-----|---------------|-----|
| | 相关 | 卡方 | 相交 | Bhattacharyya | EMD |
| 精确匹配 | 1.0 | 0.0 | 1.0 | 0.0 | 0.0 |
| 半匹配 | 0.7 | 0.67 | 0.5 | 0.55 | 0.5 |
| 完全不匹配 | -1.0 | 2.0 | 0.0 | 1.0 | 1.0 |

2.4 本章小结

本章介绍了与本文相关的基础理论和相关技术。主要介绍了四季色彩理论、人脸识别技术和图像相似度比较的相关研究和技术。四季色彩理论在美容美妆、形象指导等多个领域都有广泛应用。人类在 1888 年就开始研究如何使用人的五官特征进行人脸识别，21 世纪以来，由于人脸识别技术应用的广泛性及人工智能的蓬勃发展，这项技术被更加深入的研究。

3 “四季型人”检测方法

3.1 数据集的构建

根据四季色彩理论，人物从属的季节类型可以大致由面部及毛发的视觉特征决定，比如肤色、唇色、发色、瞳色。而在前期的理论基础研究中，本文发现，对这些部位视觉特征的描述较为模糊，“明亮”、“柔和”、“恬淡”、“华丽”等形容词被大量应用于对面部视觉特征的形容中。因此可以得出结论，对于人物应该归属的季节类型，大部分是由视觉上的主观感受及经验得出，不同行业、身份、审美水平的人对于相同人物的主观感受可能有差异，从而引起对该人物所属季节类型的判断差异。与此同时，根据前期调研，国内外现有相关工作中缺乏对于“四季型人”的分类标准数据集，这使得本文的工作难以拥有相对客观的评价体系和评价指标。因此，本文首先建立了根据四季色彩理论对人物分类型的数据集。

3.1.1 图像库的构建

本文共选择了 60 张图像建立“四季型人图像库”，选择标准如下：

（1）图像源。本文所指数据集中图像是从通过工作、学习、娱乐、休息或互联网收集的图像中选出的。

（2）对象定义。研究对象仅限于来自全球范围内的女性，年龄范围为 15~55 岁（不包括小于 15 岁和大于 55 岁的人）

（3）图像区域。图像应该覆盖并清晰显示面部区域，包括四种类型的指示器，分别是双侧眉毛、双侧瞳孔、无遮挡的面部皮肤、嘴唇。图像应该是人物的正面或轻微侧面，后面及无法覆盖四种类型指示器的图像无效。图像数据采用了 JPEG、JPG 和 PNG 的格式。

（4）图像质量的要求。图像的分辨率大于 100dpi，图像锐度的要求与分辨率大小有关。图像数据库由高分辨率和高质量的彩色源图像组成。

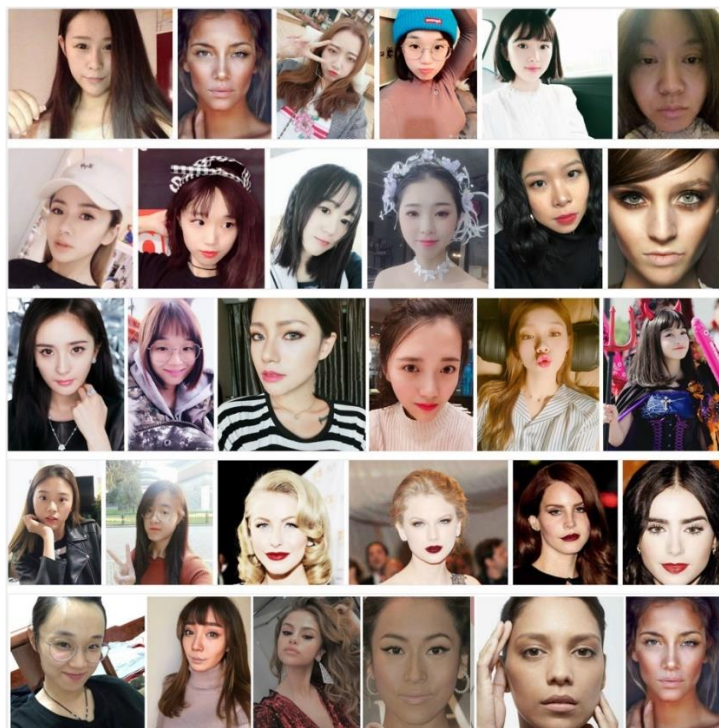


图 3.1 图像库（部分）

3.1.2 数据集的分类准确性

（1）专家小组。它由 5 名色彩及时尚领域的专家（2 名化妆师，1 名时装设计师，2 名美容美妆专业学生及从业人员）和 10 名其他领域的专家（5 名非色彩学及美容学专家和 5 名非色彩学及美容学专业学生）组成。

（2）专家评分。专家组从专业知识和主观感受的角度来判断人物所属的季节类型，前提是他们没有被告知判断季节类型的方法及面部四种主要指示器。以专家组中的多数意见作为对该图像中人物的季节类型判定结果。



图 3.2 分类后的数据集图像（部分）

3.2 归类方法

本小节研究了如何提取不同季型人物的特点和对图像人物的归类方法，以达到区别不同季节类型人物的目的。

通过对 3.1 中数据集的观察和相关文献的指导，由于皮肤、嘴唇、眉毛、瞳孔四个部位在面部占比大，其色彩可以给他人留下深刻印象，极大程度上的决定了人物带给他人“冷”或“暖”的主观感受，而且数据集中被标注为相同季节类型的人物大多拥有相似的肤色、唇色、眉色和瞳色，因此本文认为，上述四个面部重点部位可以用作人物季节类型的指示器。本文以这些重点部位的颜色，即肤色、唇色、发色、瞳色四个指标作为评价指标，对图像人物进行归类。与此同时，本文为每个面部重点部位分别选择了四种季节类型的典型样例作为模板，从这些模板样例中提取的颜色被作为该季节类型判断的基准值，被测试图像与样例的颜色相似度被认为是该部位与样例季节类型的相似度。整张图像与四种季节类型的相似度由四个面部重点部位的相似度通过算法综合计算得出。

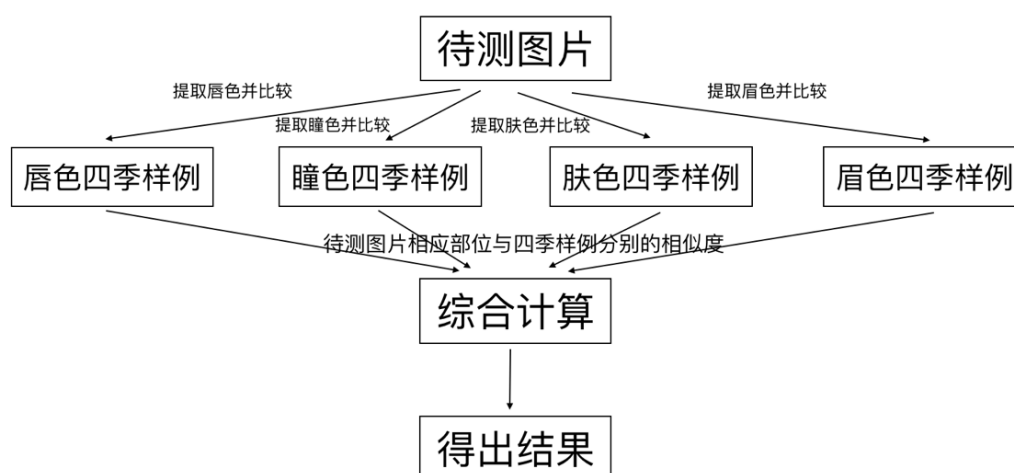


图 3.3 归类方法过程示意图

3.2.1 面部关键部位的选取

相关文献^[8]指出，人物从属的季节类型可以大致由面部及毛发的视觉特征决定，比如肤色、唇色、发色、瞳色。再结合主观经验，在对一个人进行观察时，上述面部重点区域的色彩极大程度的影响了对于该人物气质“冷”“暖”的判断，从而决定对该人物所属季节类型的判断。同时，在网络上流行的季节类型自我判断表中的问题设置，大多也是根据上述几个位置的色彩设置的不同选项，从而定向到四种季节类型。

如图 3.4 所示，皮肤占有面部的绝大部分区域，青白、无血色的肤色会给人冷艳、清冷的感觉，让人感觉此肤色的人气质清冽，如同寒冷的冬季。相反，红润、白里透粉的肤色会给人亲切、有活力的感觉，让人感觉此肤色的人热情开朗，如同酷热的夏季。同样，颜色深、发红发紫的唇色，凌厉分明的深黑发色和瞳色都会给人以“冷”的感觉，而粉嫩的唇色和浅灰、茶色的发色和瞳色都会给人以“暖”的感觉。



图 3.4 冷色系与暖色系人物示意图

3.2.2 四种季节型样例的选取

根据阅读文献^[9]、对建立数据集时的专家组的访谈及对数据集的观察，本文为肤色、唇色、眉色、瞳色四个指示器，分别选择了四张典型样例，对应春、夏、秋、冬四种季节类型，被选择的样例都被认为是典型的该季节类型人物的样子。

如图 3.5，浅象牙色、暖米色，这种细腻而有透明感的肤色被认为是典型的春季型人拥有的肤色；粉白、红润而质地温和的肤色被认为是典型的夏季肤色；瓷器般的象牙色、暗驼色、小麦色的肤色属于秋季；而带青色的白皙冷冽肤色被认为是冬季型人的典型特征。



图 3.5 四季肤色样例

如图 3.6，春季型人拥有偏橘红色、珊瑚红色的唇色；夏季型的唇色是鲜艳的玫瑰粉，微微泛着紫色；秋季型的唇色泛白，没有血色；而冬季型的唇色是深紫，深玫瑰豆沙色的。



图 3.6 四季唇色样例

如图 3.7，春季型人的眉毛颜色是黄色、浅棕色；柔和的灰黑色被认为是夏季型人的眉色特征；面貌特征为高贵浓郁型的秋季型人眉色以褐色、棕色、巧克力色为主；而冬季型人的眉色乌黑发亮，多为黑褐色。



图 3.7 四季眉色样例

如图 3.8，春季型人的瞳色多为明亮的茶色、琥珀色、浅棕色；夏季型人瞳色多为灰黑色；深棕色的瞳色被认为属于秋季型人；而冬季型人大多眼睛黑白分明，目光锐利，瞳色为深黑色



图 3.8 四季瞳色样例

3.3 面部检测

在本文 3.2 小节部分，本文确定了选择被测试人物面部关键区域与四种季节类型样例进行比较的方法进行四季型人判断。本小节研究了如何在一张人物图像中检测面部位置，并划分皮肤、嘴唇、眼睛、眉毛区域，从而获得肤色、唇色、眉色、瞳色四个关键信息，继而在后续步骤中与样例进行颜色比较。

3.3.1 面部识别及关键点划分

人类其实早在 1888 年（Galton 在《Nature》上发表的论文）就开始研究如何使用人的五官特征进行人脸识别。根据前人的研究，传统的人脸识别方法主要有基于模板匹配的方法、基于几何、代数特征的方法、基于神经网络的方法、基于稀疏表示的方法。

在人工智能蓬勃发展的今天，为了使人脸识别这一可以应用在很多不同场景中的关键基础技术被多次复用，减少开发人员的精力分散，许多机构和个人都提供了经过封装的、开源或不开源的算法及 API 供开发者直接调用。经过对开源算法的阅读和不开源算法和 API 的查看和选择，本文选择了旷视 face++ 公司的闭源 Web API--detect API 应用于四季型人检测系统中，进行人脸区域的识别及关键点的划分。

北京旷视科技有限公司^[10]在 2011 年 10 月成立，是行业领军的人工智能产品公司。旷视的核心人脸识别技术 Face++ 被美国的科技评论杂志《麻省理工科技评论》认定为 2017 全球十大前沿科技，同时公司在全球最聪明公司排行榜并位列第 11 名。而中国科技部火炬中心的“独角兽”榜单把旷视排在了人工智能类的首位。

Web API 是网络应用程序接口，通过能发起 HTTP 请求的编程语言，向远程服务器发起 HTTP 请求，携带本地参数，远程服务器响应后返回相关数据。对于本文中使用的旷视公司“DETECT API”，HTTP 请求中携带本地的一张图像，该 API 可以定位并返回人脸五官与轮廓的关键点坐标位置。关键点共 83 个，包括人脸轮廓、眼睛、眉毛、嘴唇以及鼻子轮廓。83 个关键点的详细位置如图 3.9 中蓝色点所示。

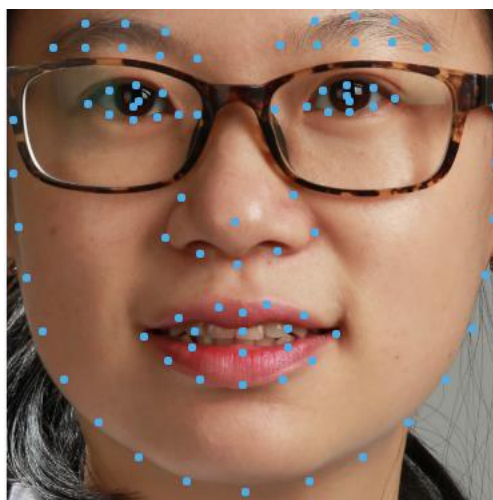


图 3.9 DETECT API 人脸关键点示意图

3.3.2 关键部位分割

在得到一张图像的人脸关键点坐标位置之后，本文要根据坐标对图像进行分割，分割分别得到关键部位的图像，以便于可以将关键部位的图像在后续步骤中与 3.2.2 中的样例图像进行相似度的比较。

本系统使用 Python 作为编程语言，Python 拥有强大的图像处理库 PIL-Python Imaging Library。PIL 已经是 Python 平台事实上的图像处理标准库了。在 PIL 中，可以实例化 image 对象，一切对于图像的操作都是对 image 对象的操作。

如图 3.10，以对于唇部的分割为例，本文选择了

“mouth_upper_lip_left_contour2”与“mouth_lower_lip_right_contour3”这两个关键点，以两点为对角线，调用 Python PIL 模块中对于 image 对象的 crop()方法，截出一块矩形区域，这块矩形图像（图 3.11）对象将在后续过程中与样例进行比较。

本文对关键部位进行分割的目的是得到关键部分的颜色，并且排除关键部位附近其它颜色的干扰。这样可以在后续步骤中通过对样例图像的同样处理，将判定季节类型问题转化为比较两张图像主要颜色相似度的问题。

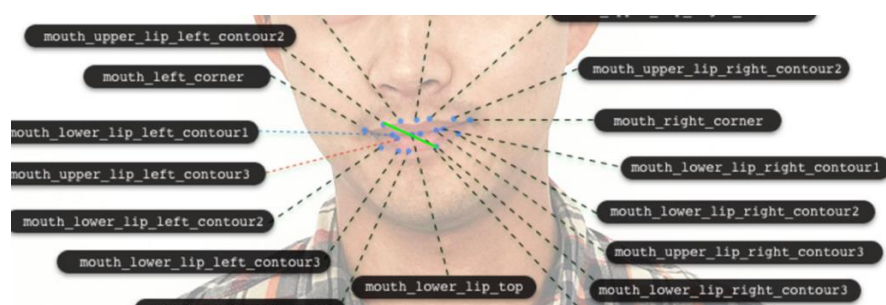


图 3.10 根据关键点的分割示意图



图 3.11 分割结果示意图

3.4 色彩相似度比较

本小结研究了如何将待检测人像图像的关键位置颜色与样例颜色进行比较，根据这个色彩的相似度，给出人物所属季节类型的定性及定量结果。

如图 3.12 所示，以唇部为例，右侧为待检测人物图像，左侧为四种季节类型的标准唇色，本文将经过处理的待检测人物的唇色与标准唇色的相似度看做待检测人物“唇色”这一指示器与四种季节类型的相似度，本文认为，待检测人物的“唇色”季节类型即为最高相似度对应的季节类型。在这个示例中，根据主观观察，该待检测人物的唇色明显更接近本文提供的“夏季型”的唇色样例。



图 3.12 唇部对比示意图

人物的“唇色”是指整个唇部区域的色彩，显然，对于整个唇部区域，“唇色”不只是一个像素点的颜色，也无法用一个 RGB 或 HSV 颜色值来衡量整个唇部的颜色。于是，如图 3.13 所示，本文首先对样例和待测图像进行分割处理，截取唇部色彩集中的区域，以减少其他颜色对主要唇色的干扰，然后应用颜色直方图来描述“区域”的色彩。



图 3.13 待测图像与样例的分割结果

3.4.1 基于颜色直方图和巴氏距离的区域色彩相似度算法

由于待比较的图像和样例均不是只有一种颜色，如何比较两张图像的颜色相似度成为了一个问题。根据阅读相关文献资料，本文从现有的基于图像相似度的图像检索算法^[11]中获得了启发。图像直方图由于计算代价小，而且具有图像平移、缩放、旋转不变性等优点，被广泛应用于图像处理各个领域。本文可以通过绘制图像的颜色直方图来获得图像的颜色分布信息，通过比较直方图的相似度来确定图像的颜色相似度。

颜色直方图是在很多图像处理系统中都被广泛采用的颜色特征。它描述了不同色彩的像素点在整幅图像中占有的比例，不关心这些像素点所在的位置。灰度图像的颜色直方图的横坐标为 0~255 个灰度值，纵坐标为该灰度值对应的像素点个数。如图 3.14 所示，左图的颜色直方图如右图所示。

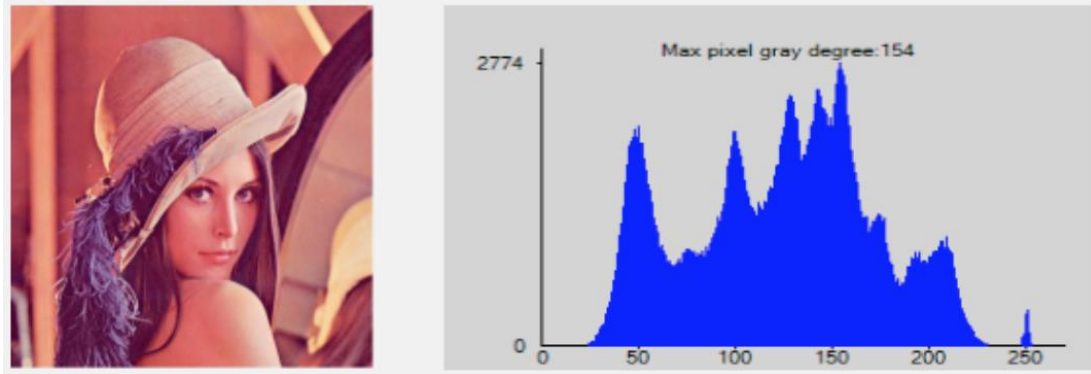


图 3.14 颜色直方图示意图

本文中图像使用的是 RGB 颜色空间，因此每幅图像都有 R、G、B 三个通道的三张颜色直方图，横坐标范围均为 0~255。由于需要在三个通道上综合考虑，按照惯例本文将所有图像先做灰度处理，即用 0~255 不同的灰度值来表示“红，绿，蓝”在图像中的比重，0 代表纯黑，255 代表纯白。灰度化其实就是给在三维 RGB 空间中的颜色向量进行一维映射，本文采用了 RGB 转灰度的著名心理学公式：

$$Gray = R \times 0.299 + G \times 0.587 + B \times 0.114 \dots\dots\dots (3.1)$$

来进行灰度转换。

首先将四个标准样例和待测图像进行规则化处理，均将其空间分辨率调整为 50*50，整幅图像共 2500 个像素点，其次对每个像素点进行灰度处理，使每个像素点都具有一个灰度值，这个值在 0-255 之间，代表纯黑（最暗）到纯白（最亮）的不同灰度值。

其次通过 Python PIL 库中的相关方法获取图像的颜色直方图，该方法返回的是一个数组，数组共有 255 个元素，每个元素的索引值即为 0-255 的灰度值，元素的值为这张图像中这个灰度值的像素点个数。以图 3.13 中春季型图像为例，该图像的颜色直方图数组如下：

```
[0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 4, 2, 4, 3, 5, 1, 6, 12, 2, 4,
4, 7, 8, 2, 3, 4, 3, 3, 1, 4, 4, 2, 4, 9, 1, 5, 11, 14, 7, 7, 8, 9, 12, 13, 9, 12, 13, 14, 15, 14, 14, 18,
11, 19, 18, 20, 19, 18, 16, 16, 29, 28, 14, 23, 26, 19, 27, 23, 22, 36, 27, 29, 36, 39, 33, 40, 35,
31, 41, 41, 40, 56, 35, 46, 58, 49, 46, 44, 58, 37, 41, 65, 49, 49, 50, 39, 43, 59, 41, 49, 48, 45,
37, 29, 28, 37, 19, 34, 15, 25, 13, 23, 19, 6, 10, 14, 9, 3, 3, 7, 2, 3, 4, 2, 7, 3, 4, 2, 2, 4, 5, 5, 2,
2, 2, 2, 1, 3, 5, 4, 1, 4, 1, 4, 2, 1, 2, 2, 0, 1, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
```

[illegible]

为了便于计算颜色直方图的相似度，本文将标准颜色直方图进行了一些处理。首先将纵坐标为像素点频数的颜色直方图转换成纵坐标为像素点频率颜色直方图，即上述数组中的每个值除以全部像素点个数 2500，得到每个灰度值对应的像素点在整幅图像中所占的频率。同样以图 3.13 中春季型图像为例，该图像转换后的颜色直方图数组如下所示：

[illegible]

再次为了便于观察及便于进行概率分布曲线相似度的计算，本文将这些点在坐标系中描出，用折线连接，绘制了颜色概率分布曲线如图 3.15 所示，横坐标为 0-255 的灰度级，纵坐标为该灰度级的像素点在该图像 2500 个像素点中所占的频率。

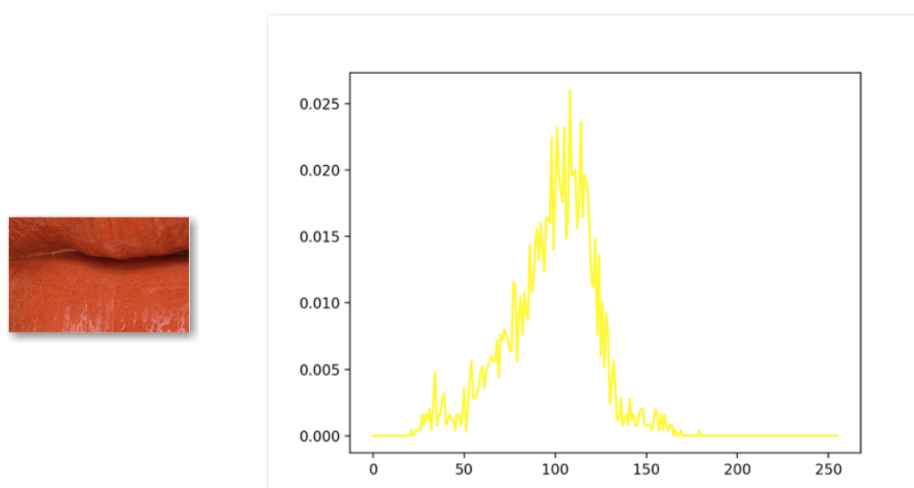


图 3.15（图 3.13-春季型）颜色概率分布曲线

将图 3.13 的四种季节类型的样例图像均做以上处理，在同一个坐标系中绘制颜色概率分布曲线，如图 3.16 所示。

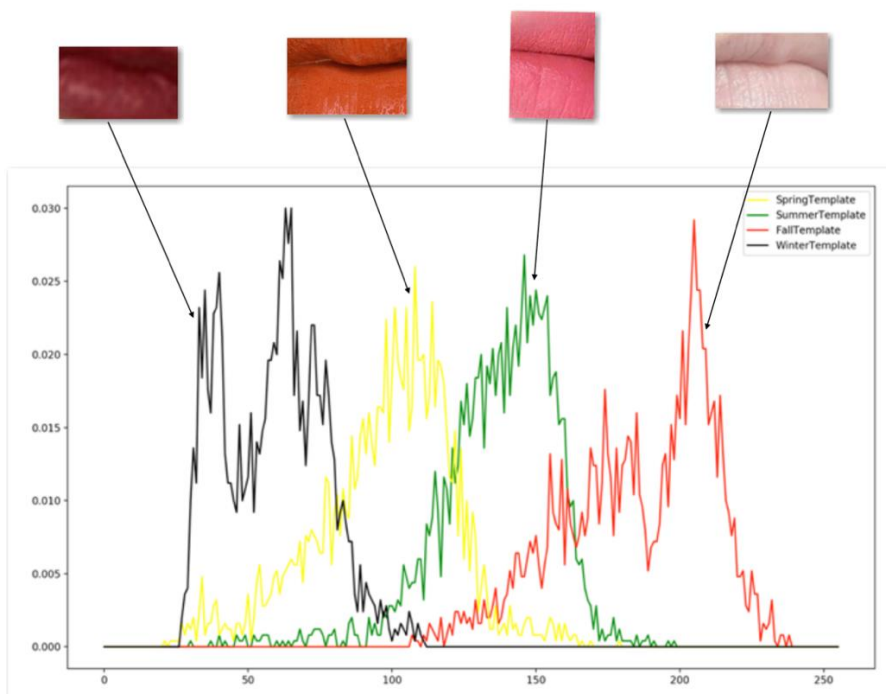


图 3.16 四季唇部样例颜色概率分布曲线图

首先本文要比较用作基准值的样例互相之间的相似度，将这个相似度作为本文用来判断季节类型的相似度的零基准值。对于图像直方图相似性的比较问题，相关文献^[12]指出，一般情况下，对比直方图相似性的方法有四种，分别为相关度、卡方系数、相交系数和巴氏距离。在快速但是不准确匹配的情况下，相交系数方法的效果最好，在慢速但精确的情况下，卡方或者巴氏距离效果好。在本章节中，本文选用巴氏距离来对两个统计样本的重叠量进行近似计算。

在同一定义域 X 中，概率分布 p 和 q 的巴氏距离定义如下：

$$D_B(p, q) = -\ln(BC(p, q)) \dots\dots\dots (3.2)$$

其中巴氏系数的定义为：

$$BC(p, q) = \sum_{x \in X} \sqrt{p(x)q(x)} \dots\dots\dots (3.3)$$

满足 $0 \leq BC \leq 1, 0 \leq D_B \leq \infty$ 。

根据公式 3.2，在图 3.16 中四条曲线中，由于相邻曲线的巴氏距离小于不相邻曲线，因此本文计算出每对相邻曲线的巴氏距离如表 3.1 所示：

表 3.1 相邻曲线巴氏距离

| 变量名 | 变量值 |
|-------------------|-------------|
| 冬季样例（黑色）与春季样例（黄色） | 0.601697256 |
| 春季样例（黄色）与夏季样例（绿色） | 0.610565287 |
| 夏季样例（绿色）与秋季样例（红色） | 0.50872301 |

取平均值 0.573661851093 为样例之间的相似度。这个样例相似度将在后面的计算中被视为待测试图像与样例的相似度的零值，即当待测图像与某个季节类型的样例的相似度小于 0.573661851093 时，本文认为待测人物的这个被测试部位完全不属于该季节类型。

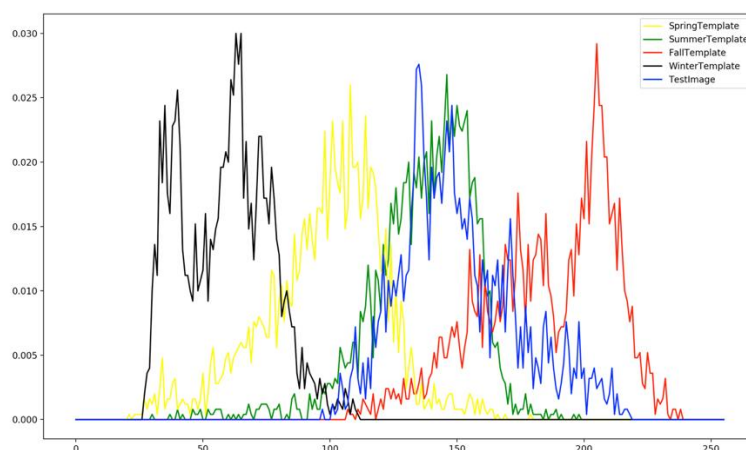


图 3.17 待检测图像与四季样例的颜色概率分布曲线

在图 3.16 中绘制图 3.13 中待检测图像的颜色概率分布曲线（蓝色），如图 3.17 所示。显然，该曲线与绿色曲线，即夏季样例的颜色概率分布曲线非常接近，这符合本文主观观察的结果。接着计算出该曲线与四种季节类型样例曲线的巴氏距离如表 3.2 所示。在此基础上减去样例之间的相似度，并做归一化处理，将值全部映射到[0,1]区间内，结果如表 3.2 所示。

表 3.2 待检测曲线与样例曲线的相似度

| 季节类型 | 巴氏距离 | 处理后 |
|------|-------------|------|
| 春季 | 0.413328849 | 0 |
| 夏季 | 0.890614123 | 0.74 |
| 秋季 | 0.761557015 | 0.44 |
| 冬季 | 0.017589914 | 0 |

本文把此结果看做待检测图像与四种季节类型的相似度。如图 3.18 所示，显然，该计算数据符合主观观察的规律，算法合理。

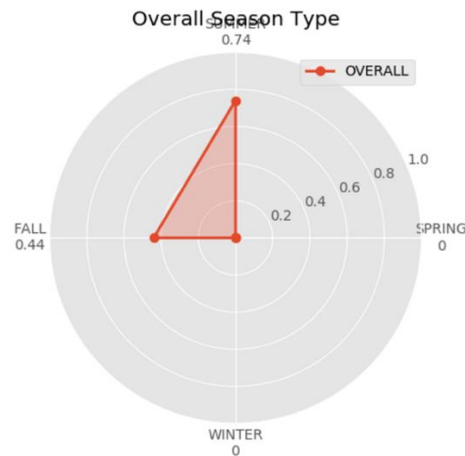


图 3.18 相似度雷达图

3.4.2 基于颜色直方图和灰度均值的区域色彩相似度算法

在 3.4.1 小节中，本文研究了基于颜色直方图和巴氏距离的区域色彩相似度算法，虽然该算法的结果符合主观观察的规律，但是该算法仍然存在很多问题。比如，在 3.4.1 小节中，该通过主观观察颜色十分接近夏季型样例的待测图像与秋季型样例仍然存在高达 0.44 的相似度。

观察图 3.17 本文可以发现，蓝色曲线（待测图像）大部分基本与绿色曲线（夏季样例）重合，二者的巴氏距离为 0.890614123091，蓝色曲线的峰值部分，即代表了图像中大部分颜色的位置与红色曲线（秋季型）基本不重合，但是二者的巴氏距离也高达 0.761557014677。导致这个问题的原因是在 $[0,100]$ 区间内（如图 3.19 所示），蓝色曲线与红色曲线的高度重合。

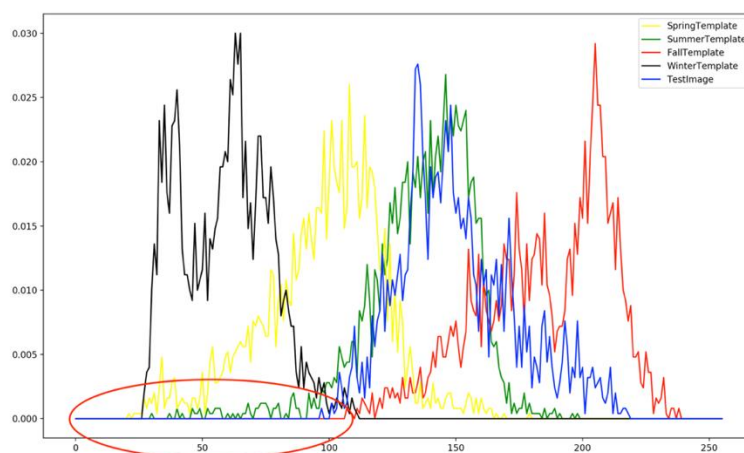


图 3.19 重合区域示意图

这个区域的曲线上的点，其纵坐标基本接近零，这意味着这些灰度值所对应的点在整幅图像中几乎不存在，这些点本不应该参与相似度的运算。因此本文将 3.4.1 中的算法进行改进，得到基于颜色直方图和灰度均值的区域色彩相似度算法。

对于如图 3.13 所示的四季样例和待测试图像的分割结果来说，整张图像颜色极大程度上是被在整张图像中所占比例最大的那些像素点的颜色所影响，因此本文在计算时应该去除那些少数颜色对整张图像的影响。而对于出现次数较多的像素点，本文主观观察出的图像颜色是这些像素点混合而成的，也就是说这些颜色各不相同的像素点紧密堆积，混合出了本文观察到的颜色。

因此，为了比较待测图像与四张不同季节样例图像的色彩相似度，本文改进的基于颜色直方图和灰度均值的区域色彩相似度算法步骤如下：

（1）将图像进行灰度和规则化处理，在同一坐标系中绘制出四张不同季节样例的颜色概率分布曲线和待测图像的颜色概率分布曲线，如图 3.20，作一直线 $y=0.010$ ，在后续步骤中只考虑此直线上方的区域，下放区域被视为无关点，抛弃。将处理后的曲线记为 $S(x)$ 。

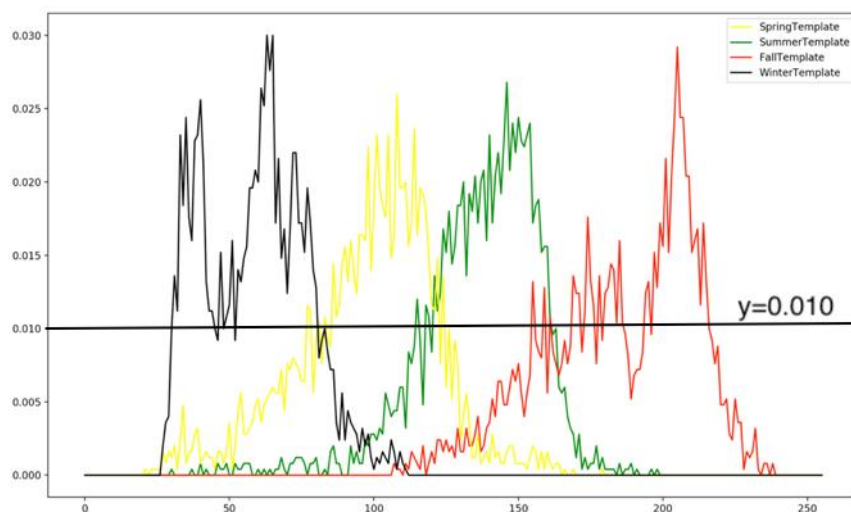


图 3.20 绘制直线 $y=0.010$

（2）定义图像的灰度均值 gl_avg ：

$$gl_avg = \frac{xS(x)}{2500 \sum_{x=1}^n S(x)} \dots\dots\dots (3.4)$$

它是图像中出现频率大于 0.010 的像素点所对应的灰度值的加权平均数。它反映了整张图像的色彩，本文用它描述整张图像的色彩。

(3) 定义两张图像的灰度均值差为 avg_diff ，它们的灰度均值分别为 gl_avg1 和 gl_avg2 ，则：

$$avg_diff = abs(gl_avg1 - gl_avg2) \cdots \cdots \cdots (3.5)$$

计算四个样例中每相邻一对样例的 avg_diff 的平均值，记为 tem_sim 。 tem_sim 被视为评价为“相似”的基准值，即如果两张图像的 avg_diff 大于 tem_sim ，那么本文认为这两张图像不相似。也就是说，如果待测图像与某季节样例的 avg_diff 超过 tem_sim ，那么本文认为待测图像完全不属于这个季节，与这个季节的相似度为 0。

$$tem_sim = \frac{1}{3}(avg_diff_{相邻1} + avg_diff_{相邻2} + avg_diff_{相邻3}) \cdots \cdots \cdots (3.6)$$

(4) 计算被测试图像与样例的色彩相似度 $avg_similar$ 。 $avg_similar$ 是 1 减去二者灰度均值差 avg_diff 与基准值 tem_sim 的比值。若 $avg_similar < 0$ ，意味着二者的灰度均值差超过了基准值，应该被认为完全不相似，此时取 $avg_similar = 0$ 。 $avg_similar$ 的值位于 [0,1] 区间内，0 为完全不相似，1 为极度相似。这个色彩相似度被看做被测试图像与对应季节类型的相似度。

$$avg_similar = 1 - \frac{avg_diff}{tem_sim} \cdots \cdots \cdots (3.7)$$

下面本文使用与 3.4.1 相同的例子来对这个算法进行测试：

(1) 如图 3.21，将图像进行灰度和规则化处理，在同一坐标系中绘制出四张不同季节样例的颜色概率分布曲线和待测图像的颜色概率分布曲线，作一直线 $y=0.010$ ，在后续步骤中只考虑此直线上方的区域，处理后的曲线分别记为 $S_{春季}(x)$ （黄色）、 $S_{夏季}(x)$ （绿色）、 $S_{秋季}(x)$ （红色）、 $S_{冬季}(x)$ （黑色）、 $S_{待测}(x)$ （蓝色）。

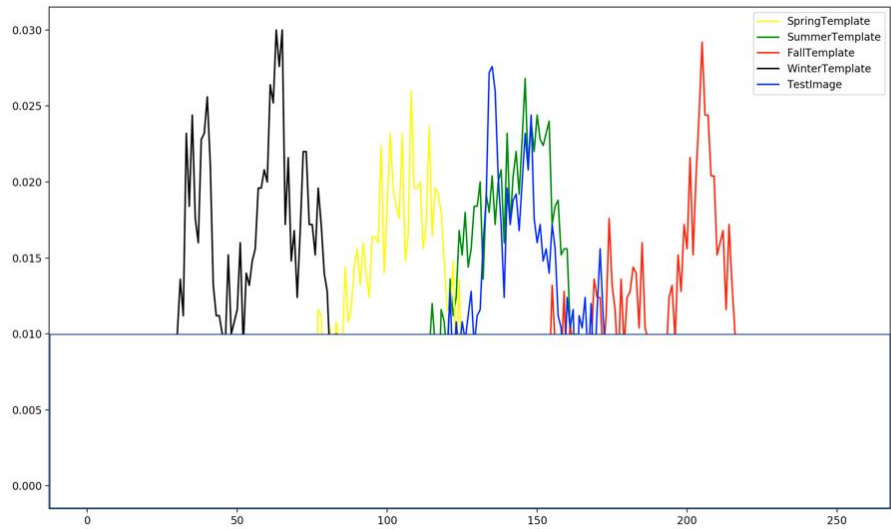


图 3.21 剔除无关点

(2) 分别计算图像的灰度均值 gl_avg :

表 3.3 图像灰度均值表

| 曲线名 | 灰度均值 |
|----------------------|-----------|
| $gl_avg(S_{春季}(x))$ | 98.80057 |
| $gl_avg(S_{夏季}(x))$ | 135.98913 |
| $gl_avg(S_{秋季}(x))$ | 186.28921 |
| $gl_avg(S_{冬季}(x))$ | 52.02454 |
| $gl_avg(S_{待测}(x))$ | 139.55063 |

(3) 计算样例之间的 avg_diff 和 tem_sim 。

表 3.4 样例相似度计算

| 变量名 | 变量值 |
|----------------------------------|----------|
| $avg_diff(S_{冬季}(x)、S_{春季}(x))$ | 46.77603 |
| $avg_diff(S_{春季}(x)、S_{夏季}(x))$ | 37.18855 |
| $avg_diff(S_{夏季}(x)、S_{秋季}(x))$ | 50.30008 |
| tem_sim | 44.75489 |

（4）计算被测试图像与样例的色彩相似度 avg_similar ，这个色彩相似度被看做被测试图像与对应季节类型的相似度。

表 3.5 被测试图像与四季的相似度

| 变量名 | 变量值 |
|--|---------|
| $\text{avg_similar} (S_{\text{春季}}(x))$ | 0.08948 |
| $\text{avg_similar} (S_{\text{夏季}}(x))$ | 0.92042 |
| $\text{avg_similar} (S_{\text{秋季}}(x))$ | 0 |
| $\text{avg_similar} (S_{\text{冬季}}(x))$ | 0 |

显然，该通过目测明显接近夏季样例的图像通过计算所得与夏季的相似度高达 0.92，而与冬季、春季、秋季的相似度最高只有 0.089。该结果与 3.4.1 算法相比较，更加符合人肉眼对颜色的主观感受及肉眼对颜色直方图的拟合程度的判断，准确度提升明显。

基于颜色直方图和灰度均值的区域色彩相似度算法被应用于本文后续内容及“四季型人”检测系统的开发。

3.5 本章小结

本章主要研究了四季型人的检测方法，主要包括分季节类型的数据集的构建、“四季型人”判断和归类方法的研究、面部检测和色彩相似度判断方法的研究。

首先，本章研究了根据四季色彩理论对人物分类型数据集的建立。对于人物应该归属的季节类型，大部分是由视觉上的主观感受及经验得出，不同行业、身份、审美水平的人对于相同人物的主观感受可能有差异，从而引起对该人物所属季节类型的判断差异。与此同时，根据本文的研究，国内外现有相关工作中缺乏对于“四季型人”的分类标准数据集，这使得本文的工作难以拥有相对客观的评价体系和评价指标。

其次，本章研究了如何提取不同季型人物的特点和对图像人物的归类方法，以达到区别不同季节类型人物的目的。本文选择了肤色、唇色、发色、瞳色四个指标作为评价指标，对图像人物进行归类。与此同时，本文为每个面部重点部位分别选择了四种季节类型的典型样例作为模板，从这些模板样例中提取的颜色被作为该季节类型判断的基准值，被测试图像与样例的颜色相似度被认为是该部位与样例季节类型的相似

度。整张图像与四种季节类型的相似度由四个面部重点部位的相似度通过算法综合计算得出。

紧接着，本章研究了面部检测的方式及面部关键点的划分，通过分割的方式将不同面部重点区域分割开来。

最后，本章提出了两种图像色彩相似度比较的算法，分别是基于颜色直方图和巴氏距离的区域色彩相似度算法和基于颜色直方图和灰度均值的区域色彩相似度算法。本章描述了两种算法的过程、比较了两种算法的优劣，并最终选用基于颜色直方图和灰度均值的区域色彩相似度算法使用在“四季型人”检测系统中。

4 检测方法在关键部位的应用

在第三章中，本文构建了分季节类型的数据集，介绍了“四季型人”的检测和分类方法。本文选取了皮肤、嘴唇、眉毛、瞳孔四个面部重点部位，以这些重点部位的颜色，即肤色、唇色、发色、瞳色四个指标作为评价指标，对图像人物进行归类。与此同时，本文为每个面部重点部位分别选择了四种季节类型的典型样例作为模板，从这些模板样例中提取的颜色被作为该季节类型判断的基准值，被测试图像与样例的颜色相似度被认为是该部位与样例季节类型的相似度。整张图像与四种季节类型的相似度由四个面部重点部位的相似度通过算法综合计算得出。

本章主要介绍了第三章所描述的基于颜色直方图和灰度均值的区域色彩相似度算法在四个面部重点部位的应用过程，以及分别为每个重点部位和人物整体确定季节类型的过程。

4.1 唇部区域

嘴唇，是人脸部重要的一部分，五官之一。美丽的嘴唇，可以体现一个女人的美丽，性感，成熟，高贵，也可以表现一个男人的英俊，帅气和洒脱。嘴唇在面部占有重要位置，因此唇色对人物整体季节类型的影响十分重要。

根据 3.2.2 小节，春季型人拥有偏橘红色、珊瑚红色的唇色；夏季型的唇色是鲜艳的玫瑰粉，微微泛着紫色；秋季型的唇色泛白，没有血色；而冬季型的唇色是深紫，深玫瑰豆沙色的。因此本文为唇部选取的四种季节类型的样例如图 4.1 左侧所示。根据 3.2 小节，本文首先对样例进行分割取样处理，截取唇部色彩集中的区域，以减少

其他颜色对主要唇色的干扰，分割后的样例如图 4.1 右侧所示，这些样例被用于后续的过程。



图 4.1 四季唇色样例取样示意图

本文从 3.1 的数据集中随机选出四张人物图像，如图 4.2 左侧所示，这四张图像在数据集中分别被分类为春、夏、秋、冬季节类型。而且经过 3.1.2 专家组的评定，图像中人物具有明显的其所属季节类型的唇部色彩特征。

接下来，如图 4.3 所示，按照 3.3.2 所述的方法，调用 Web API，画出 83 个人脸关键点，以“mouth_upper_lip_left_contour2”与“mouth_lower_lip_right_contour3”两个关键点为对角线，对图 4.2 左侧从数据集中选取的图像进行关键区域分割，以排除无关区域和无关像素点的颜色对分类结果的干扰。分割结果如图 4.2 右侧所示。分割取样所得的这四张图像被随机编号为 f1-f4，它们将被用做本章中的测试素材。



图 4.2 唇色归类测试图像 f1-f4

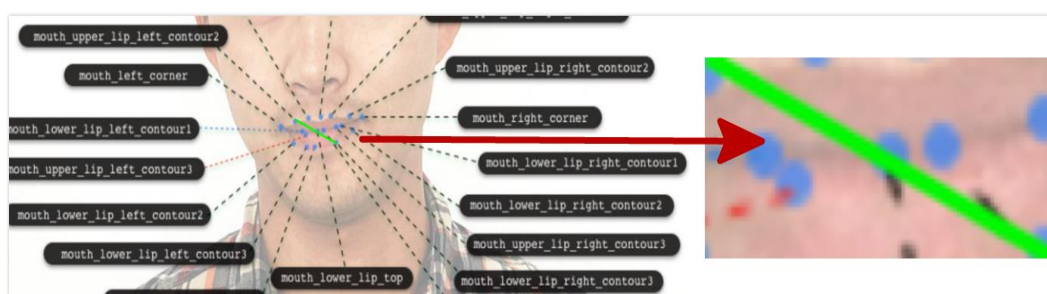


图 4.3 唇部关键区域分割示意图

下面以 f1 为例，按照 3.4.2 小节所述的过程，应用基于颜色直方图和灰度均值的区域色彩相似度算法，为其确定季节类型，具体过程如下：

（1）如图 4.4 所示，将 f1 和四季样例都进行灰度和规则化处理，在同一坐标系中绘制出四张不同季节样例的颜色概率分布曲线和 f1 的颜色概率分布曲线，作一直线 $y=0.010$ ，在后续步骤中只考虑此直线上方的区域，处理后的曲线分别记为 $S_{春季}(x)$ （黄色）、 $S_{夏季}(x)$ （绿色）、 $S_{秋季}(x)$ （红色）、 $S_{冬季}(x)$ （黑色）、 $S_{f1}(x)$ （蓝色）。

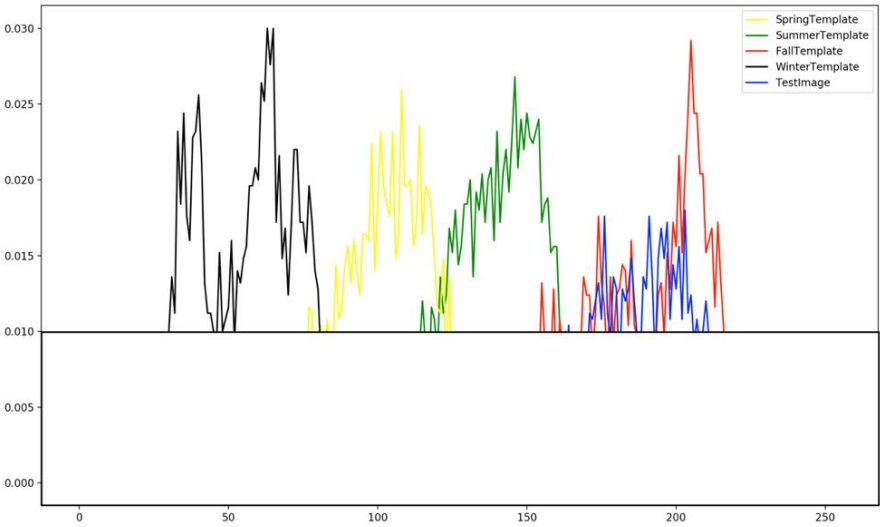


图 4.4 剔除无关点（唇色）

(2) 分别计算图像的灰度均值 gl_avg :

表 4.1 唇部灰度均值

| 变量名 | 变量值 |
|----------------------|-----------|
| $gl_avg(S_{春季}(x))$ | 98.80057 |
| $gl_avg(S_{夏季}(x))$ | 135.98913 |
| $gl_avg(S_{秋季}(x))$ | 186.28921 |
| $gl_avg(S_{冬季}(x))$ | 52.02454 |
| $gl_avg(S_{fl}(x))$ | 181.97321 |

(3) 计算样例之间的 avg_diff 和 tem_sim 。

表 4.2 唇部样例相似度

| 变量名 | 变量值 |
|-----------------------------------|----------|
| $avg_diff(S_{冬季}(x), S_{春季}(x))$ | 46.77603 |
| $avg_diff(S_{春季}(x), S_{夏季}(x))$ | 37.18855 |
| $avg_diff(S_{夏季}(x), S_{秋季}(x))$ | 50.30008 |
| tem_sim | 44.75489 |

（4）计算 f1 与四季样例的色彩相似度 avg_similar ，这个色彩相似度被看做被测试图像与对应季节类型的相似度。

表 4.3 唇部被测试图像与四季的相似度

| 变量名 | 变量值 |
|---|---------|
| $\text{avg_similar}(S_{\text{春季}}(x))$ | 0 |
| $\text{avg_similar}(S_{\text{夏季}}(x))$ | 0 |
| $\text{avg_similar}(S_{\text{秋季}}(x))$ | 0.90356 |
| $\text{avg_similar}(S_{\text{冬季}}(x))$ | 0 |

（5）得出结论：由于 f1 与秋季样例的色彩相似度 $\text{avg_similar}(S_{\text{秋季}}(x)) = 0.9035635110270218$ ，最大，因此 f1 属于秋季型。

将以上步骤同样应用于 f2-f4，所得结果如下：

表 4.4 唇部待测图像检测结果

| 图像名 | 与春季的相似度 | 与夏季的相似度 | 与秋季的相似度 | 与冬季的相似度 | 所属季节类型 |
|-----|---------|---------|---------|---------|--------|
| f2 | 0 | 0 | 0 | 0.36831 | 冬季型 |
| f3 | 0.13551 | 0.96644 | 0 | 0 | 夏季型 |
| f4 | 0.67742 | 0.49163 | 0 | 0 | 春季型 |

由此可见，通过本系统的算法判断的 f1-f4 分别属于秋季型、冬季型、夏季型、春季型，这与图 4.2 所示的人为判断结果吻合。

4.2 面部区域

面部皮肤占有整个脸部的绝大部分面积，人们在对一个人物图像进行判断的时候，首先看到的和留下第一印象的肯定是面部的肤色，因此，肤色对于人物的“冷”、“暖”类型判断有着至关重要的影响力。

根据 3.2.2 小节，浅象牙色、暖米色，这种细腻而有透明感的肤色被认为是典型的春季型人拥有的肤色；粉白、红润而质地温和的肤色被认为是典型的夏季肤色；瓷器般的象牙色、暗驼色、小麦色的肤色属于秋季；而带青色的白皙冷冽肤色被认为是冬季型人的典型特征。因此本文为面部皮肤区域选取的四种季节类型的样例如图 4.5 左

侧所示。根据 3.2 小节，本文首先对样例进行分割取样处理，截取面部色彩集中的区域，以减少其他颜色对主要肤色的干扰，分割后的样例如图 4.5 右侧所示，这些样例被用于后续的过程。



图 4.5 四季肤色样例取样示意图

本文从 3.1 的数据集中随机选出四张人物图像，如图 4.6 左侧所示，这四张图像在数据集中分别被分类为春、夏、秋、冬季节类型。而且经过 3.1.2 专家组的评定，图像中人物具有明显的其所属季节类型的肤部色彩特征。

接下来，如图 4.7 所示，按照 3.3.2 所述的方法，调用 Web API，画出 83 个人脸关键点，以“nose_right”与“contour_right5”两个关键点为对角线，对图 4.6 左侧从数据集中选取的图像进行关键区域分割，以排除无关区域和无关像素点的颜色对分类结果的干扰。分割结果如图 4.6 右侧所示。分割取样所得的这四张图像被随机编号为 f1-f4，它们将被用做本小节中的测试素材

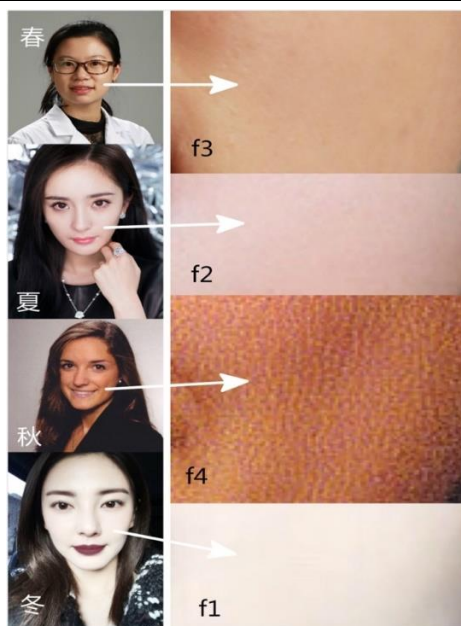


图 4.6 肤色归类测试图像 f1-f4

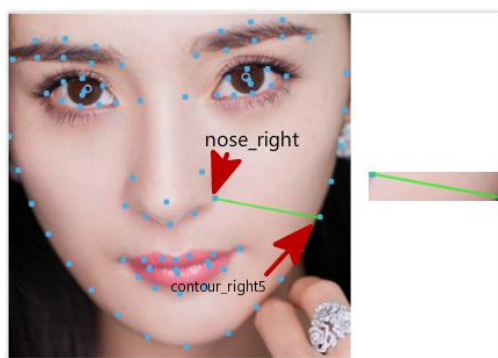


图 4.7 面部肤色关键区域分割示意图

下面以 f1 为例，按照 3.4.2 小节所述的过程，应用基于颜色直方图和灰度均值的区域色彩相似度算法，为其确定季节类型，具体过程如下：

(1) 如图 4.8 所示，将 f1 和四季样例都进行灰度和规则化处理，在同一坐标系中绘制出四张不同季节样例的颜色概率分布曲线和 f1 的颜色概率分布曲线，作一直线 $y=0.010$ ，在后续步骤中只考虑此直线上方的区域，处理后的曲线分别记为 $S_{春季}(x)$ （黄色）、 $S_{夏季}(x)$ （绿色）、 $S_{秋季}(x)$ （红色）、 $S_{冬季}(x)$ （黑色）、 $S_{f1}(x)$ （蓝色）。

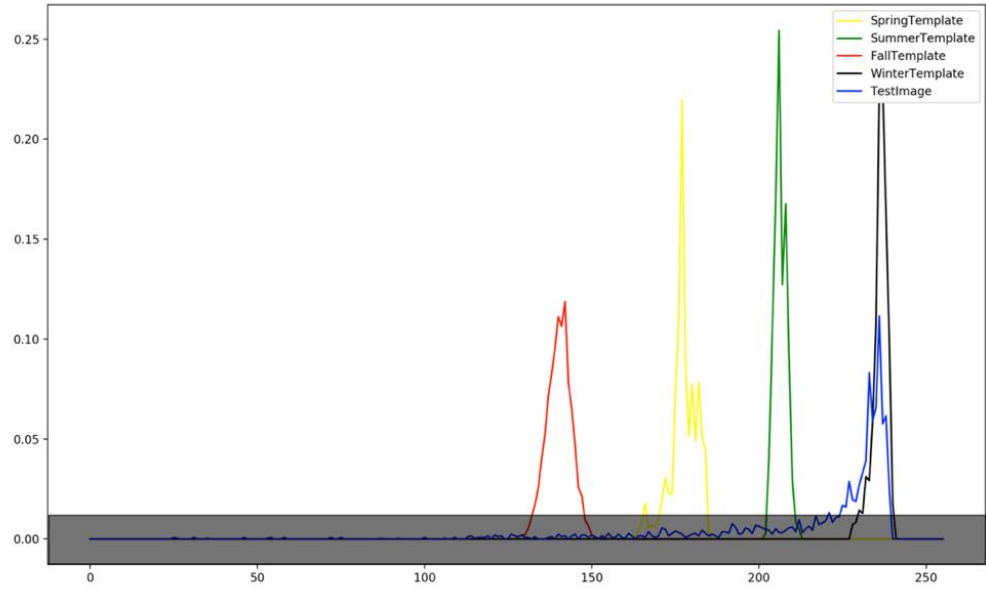


图 4.8 剔除无关点（肤色）

(2) 分别计算图像的灰度均值 gl_avg :

表 4.5 面部灰度均值

| 变量名 | 变量值 |
|----------------------|-----------|
| $gl_avg(S_{春季}(x))$ | 177.70411 |
| $gl_avg(S_{夏季}(x))$ | 206.35569 |
| $gl_avg(S_{秋季}(x))$ | 140.13525 |
| $gl_avg(S_{冬季}(x))$ | 236.61821 |
| $gl_avg(S_{fl}(x))$ | 232.83098 |

(3) 计算样例之间的 avg_diff 和 tem_sim 。

表 4.6 面部样例相似度

| 变量名 | 变量值 |
|----------------------------------|----------|
| $avg_diff(S_{秋季}(x)、S_{春季}(x))$ | 36.53343 |
| $avg_diff(S_{春季}(x)、S_{夏季}(x))$ | 29.68699 |
| $avg_diff(S_{夏季}(x)、S_{冬季}(x))$ | 30.26251 |
| tem_sim | 32.16098 |

（4）计算 f1 与四季样例的色彩相似度 avg_similar，这个色彩相似度被看做被测试图像与对应季节类型的相似度。

表 4.7 面部被测试图像与四季的相似度

| 变量名 | 变量值 |
|-----------------------------------|---------|
| avg_similar (S _{春季} (x)) | 0 |
| avg_similar (S _{夏季} (x)) | 0.17678 |
| avg_similar (S _{秋季} (x)) | 0 |
| avg_similar (S _{冬季} (x)) | 0.89092 |

（5）得出结论：由于 f1 与冬季样例的色彩相似度 avg_similar (S_{冬季}(x)) = 0.8909225303568864 最大，因此 f1 属于冬季型。

将以上步骤同样应用于 f2-f4，所得结果如下：

表 4.8 面部待测图像检测结果

| 图像名 | 与春季的相似度 | 与夏季的相似度 | 与秋季的相似度 | 与冬季的相似度 | 所属季节类型 |
|-----|---------|---------|---------|---------|--------|
| f2 | 0.17256 | 0.93655 | 0 | 0.00426 | 夏季型 |
| f3 | 0.99563 | 0.11348 | 0 | 0 | 春季型 |
| f4 | 0 | 0 | 0.62788 | 0 | 秋季型 |

由此可见，通过本系统的算法判断的 f1-f4 分别属于冬季型、夏季型、春季型、秋季型，这与图 4.6 所示的人为判断结果吻合。

4.3 眉毛区域

一般情况下，人类眉毛的颜色与发色一致，作为面部唯一的毛发区域，金黄色、浅色的眉色自然给人以温暖、柔和的感觉；而乌黑、深棕的眉色给人以冷冽冬季的感觉，因此，眉毛的颜色也是评价人物季节类型的重要指标。

根据 3.2.2 小节，春季型人的眉毛颜色是黄色、浅棕色；柔和的灰黑色被认为是夏季型人的眉色特征；面貌特征为高贵浓郁型的秋季型人眉色以褐色、棕色、巧克力色为主；而冬季型人的眉色乌黑发亮，多为黑褐色。因此本文为眉毛区域选取的四种季节类型的样例如图 4.9 左侧所示。根据 3.2 小节，本文首先对样例进行分割取样处理，

截取眉毛部分色彩集中的区域，以减少其他颜色对主要眉色的干扰，分割后的样例如图 4.9 右侧所示，这些样例被用于后续的过程。

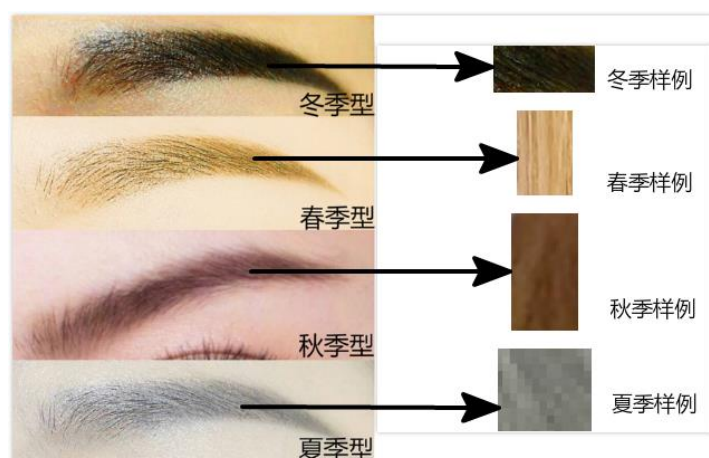


图 4.9 四季眉色样例取样示意图

本文从 3.1 的数据集中随机选出四张人物图像，如图 4.10 左侧所示，这四张图像在数据集中分别被分类为春、夏、秋、冬季节类型。而且经过 3.1.2 专家组的评定，图像中人物具有明显的其所属季节类型的眉毛色彩特征。

接下来，如图 4.11 所示，按照 3.3.2 所述的方法，调用 Web API，画出 83 个人脸关键点，以“right_eyebrow_upper_left_quarter”与“right_eyebrow_lower_middle”两个关键点为对角线，对图 4.10 左侧从数据集中选取的图像进行关键区域分割，以排除无关区域和无关像素点的颜色对分类结果的干扰。分割结果如图 4.10 右侧所示。分割取样所得的这四张图像被随机编号为 f1-f4，它们将被用做本小节中的测试素材。

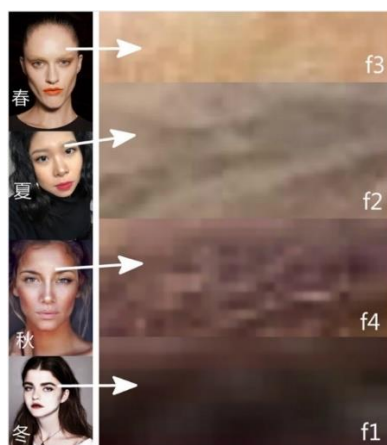


图 4.10 眉色归类测试图像 f1-f4

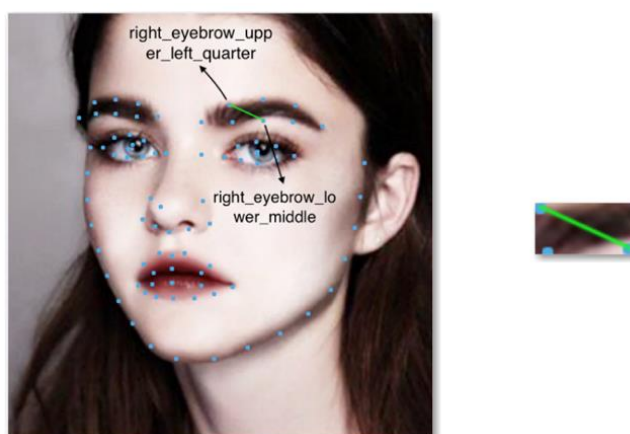


图 4.11 眉毛区域关键区域分割示意图

下面以 $f1$ 为例，按照 3.4.2 小节所述的过程，应用基于颜色直方图和灰度均值的区域色彩相似度算法，为其确定季节类型，具体过程如下：

(1) 如图 4.12 所示，将 $f1$ 和四季样例都进行灰度和规则化处理，在同一坐标系中绘制出四张不同季节样例的颜色概率分布曲线和 $f1$ 的颜色概率分布曲线，作一直线 $y=0.010$ ，在后续步骤中只考虑此直线上方的区域，处理后的曲线分别记为 $S_{春季}(x)$ （黄色）、 $S_{夏季}(x)$ （绿色）、 $S_{秋季}(x)$ （红色）、 $S_{冬季}(x)$ （黑色）、 $S_{f1}(x)$ （蓝色）。

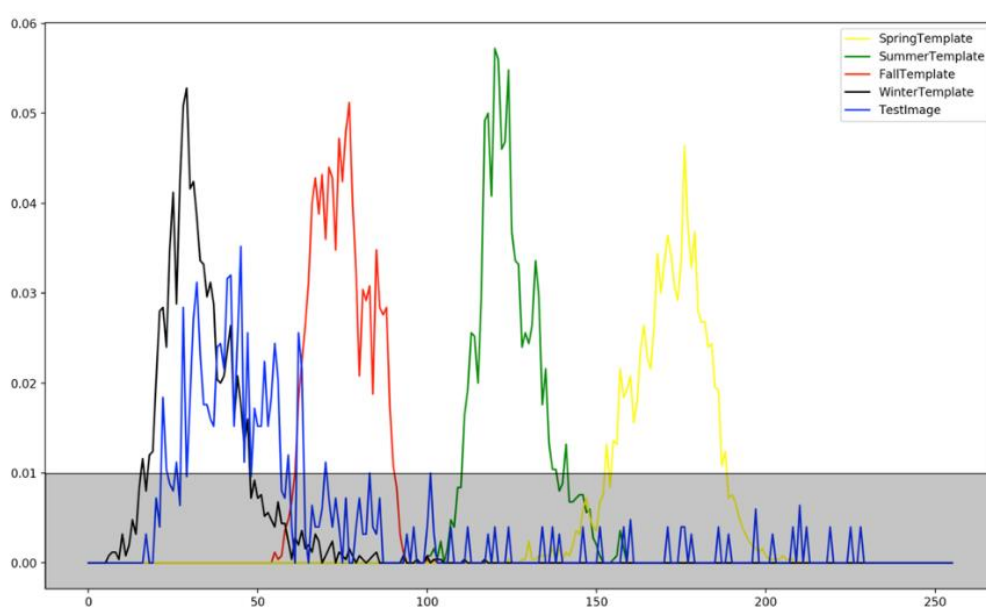


图 4.12 剔除无关点（眉色）

(2) 分别计算图像的灰度均值 gl_avg :

表 4.9 眉毛灰度均值

| 变量名 | 变量值 |
|----------------------|-----------|
| $gl_avg(S_{春季}(x))$ | 170.74455 |
| $gl_avg(S_{夏季}(x))$ | 122.20575 |
| $gl_avg(S_{秋季}(x))$ | 73.78406 |
| $gl_avg(S_{冬季}(x))$ | 30.25092 |
| $gl_avg(S_{f1}(x))$ | 39.06674 |

(3) 计算样例之间的 avg_diff 和 tem_sim 。

表 4.10 眉毛样例相似度

| 变量名 | 变量值 |
|-----------------------------------|----------|
| $avg_diff(S_{夏季}(x), S_{春季}(x))$ | 48.53880 |
| $avg_diff(S_{秋季}(x), S_{夏季}(x))$ | 48.42168 |
| $avg_diff(S_{秋季}(x), S_{冬季}(x))$ | 43.53313 |
| tem_sim | 46.83120 |

(4) 计算 $f1$ 与四季样例的色彩相似度 $avg_similar$ ，这个色彩相似度被看做被测试图像与对应季节类型的相似度。

表 4.11 眉毛被测试图像与四季的相似度

| 变量名 | 变量值 |
|---------------------------|---------|
| $avg_similar(S_{春季}(x))$ | 0 |
| $avg_similar(S_{夏季}(x))$ | 0 |
| $avg_similar(S_{秋季}(x))$ | 0.25867 |
| $avg_similar(S_{冬季}(x))$ | 0.81175 |

(5) 得出结论：由于 $f1$ 与冬季样例的色彩相似度 $avg_similar(S_{冬季}(x)) = 0.8117534928740704$ 最大，因此 $f1$ 属于冬季型。

表 4.12 眉毛待测图像检测结果

| 图像名 | 与春季的相似度 | 与夏季的相似度 | 与秋季的相似度 | 与冬季的相似度 | 所属季节类型 |
|-----|---------|---------|---------|---------|--------|
| f2 | 0.13220 | 0.83133 | 0 | 0 | 夏季型 |
| f3 | 0.62836 | 0.33516 | 0 | 0 | 春季型 |
| f4 | 0 | 0.11543 | 0.85059 | 0 | 秋季型 |

由此可见，通过本系统的算法判断的 f1-f4 分别属于冬季型、夏季型、春季型、秋季型，这与图 4.10 所示的人为判断结果吻合。

4.4 瞳孔区域

俗称的眼睛颜色即瞳色，其实是虹膜的颜色。金黄色、浅色的虹膜会让眼睛看上去清澈柔和，目光温暖；而深棕色、黑色的虹膜会让眼神看上去犀利、目光冷峻。因此，瞳色也是评价人物所属季节类型的重要指标。

根据 3.2.2 小节，春季型人的瞳色多为明亮的茶色、琥珀色、浅棕色；夏季型人瞳色多为灰黑色；深棕色的瞳色被认为属于秋季型人；而冬季型人大多眼睛黑白分明，目光锐利，瞳色为深黑色。因此本文为瞳孔区域选取的四种季节类型的样例如图 4.13 左侧所示。根据 3.2 小节，本文首先对样例进行分割取样处理，截取瞳孔部分色彩集中的区域，以减少其他颜色对主要瞳色的干扰，分割后的样例如图 4.13 右侧所示，这些样例被用于后续的过程。

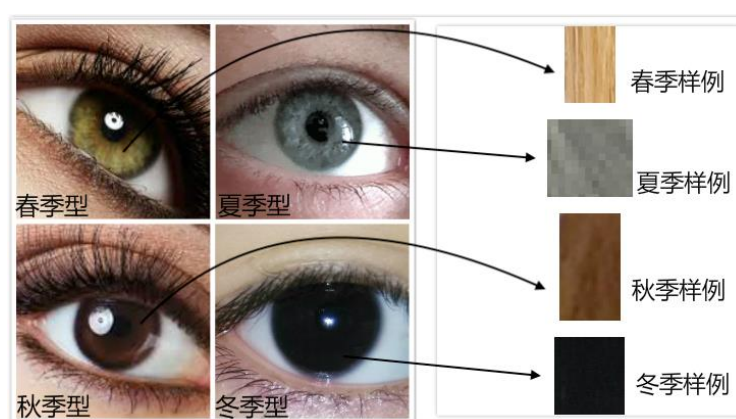


图 4.13 四季瞳色样例取样示意图

本文从 3.1 的数据集中随机选出四张人物图像，如图 4.14 左侧所示，这四张图像在数据集中分别被分类为春、夏、秋、冬季节类型。而且经过 3.1.2 专家组的评定，图像中人物具有明显的其所属季节类型的瞳孔色彩特征。

接下来，如图 4.15 所示，按照 3.3.2 所述的方法，调用 Web API，画出 83 个人脸关键点，以“left_eye_upper_left_quarter”与“left_eye_lower_right_quarter”两个关键点为对角线，对图 4.14 左侧从数据集中选取的图像进行关键区域分割，以排除无关区域和无关像素点的颜色对分类结果的干扰。分割结果如图 4.14 右侧所示。分割取样所得的这四张图像被随机编号为 f1-f4，它们将被用做本小节中的测试素材。

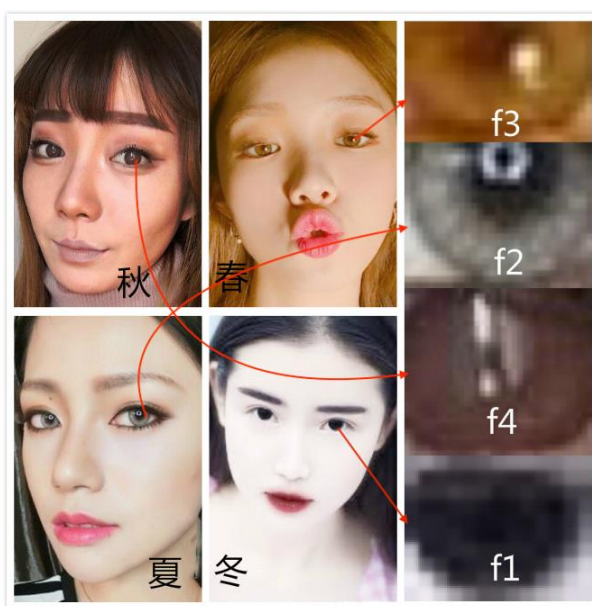


图 4.14 瞳色归类测试图像 f1-f4

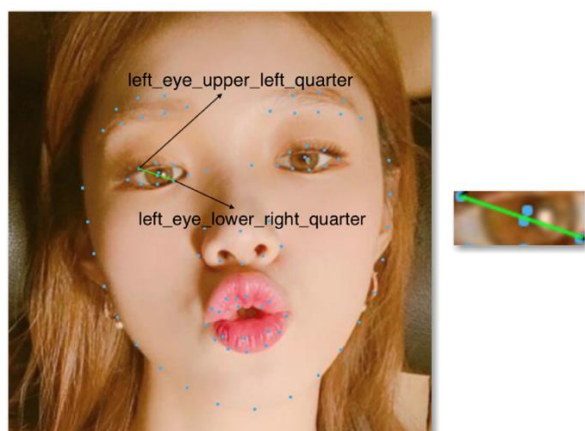


图 4.15 瞳孔区域关键区域分割示意图

下面以 f1 为例，按照 3.4.2 小节所述的过程，应用基于颜色直方图和灰度均值的区域色彩相似度算法，为其确定季节类型，具体过程如下：

（1）如图 4.16 所示，将 f1 和四季样例都进行灰度和规则化处理，在同一坐标系中绘制出四张不同季节样例的颜色概率分布曲线和 f1 的颜色概率分布曲线，作一直线 $y=0.010$ ，在后续步骤中只考虑此直线上方的区域，处理后的曲线分别记为 $S_{\text{春季}}(x)$ （黄色）、 $S_{\text{夏季}}(x)$ （绿色）、 $S_{\text{秋季}}(x)$ （红色）、 $S_{\text{冬季}}(x)$ （黑色）、 $S_{f1}(x)$ （蓝色）。

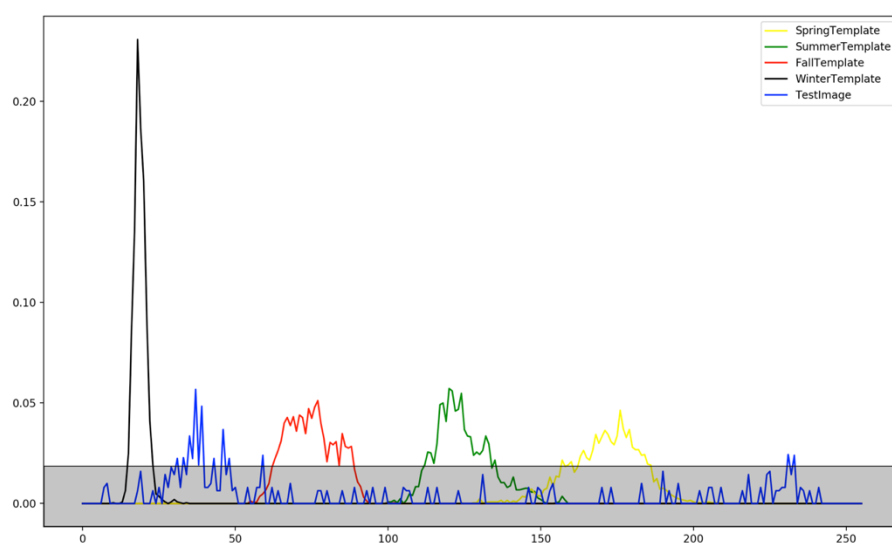


图 4.16 剔除无关点（瞳色）

（2）分别计算图像的灰度均值 gl_avg ：

表 4.13 瞳孔灰度均值

| 变量名 | 变量值 |
|------------------------------|-----------|
| $gl_avg (S_{\text{春季}}(x))$ | 170.74455 |
| $gl_avg (S_{\text{夏季}}(x))$ | 122.20575 |
| $gl_avg (S_{\text{秋季}}(x))$ | 73.78406 |
| $gl_avg (S_{\text{冬季}}(x))$ | 18.68140 |
| $gl_avg (S_{f1}(x))$ | 39.06674 |

（3）计算样例之间的 avg_diff 和 tem_sim 。

表 4.14 瞳孔样例相似度

| 变量名 | 变量值 |
|--|----------|
| avg_diff (S _{夏季} (x)、S _{春季} (x)) | 48.53880 |
| avg_diff (S _{秋季} (x)、S _{夏季} (x)) | 48.42168 |
| avg_diff (S _{秋季} (x)、S _{冬季} (x)) | 55.10265 |
| tem_sim | 50.68771 |

(4) 计算 f1 与四季样例的色彩相似度 avg_similar，这个色彩相似度被看做被测试图像与对应季节类型的相似度。

表 4.15 瞳孔被测试图像与四季的相似度

| 变量名 | 变量值 |
|-----------------------------------|---------|
| avg_similar (S _{春季} (x)) | 0 |
| avg_similar (S _{夏季} (x)) | 0 |
| avg_similar (S _{秋季} (x)) | 0.32644 |
| avg_similar (S _{冬季} (x)) | 0.58645 |

(5) 得出结论：由于 f1 与冬季样例的色彩相似度 avg_similar (S_{冬季}(x)) = 0.5864553704595297 最大，因此 f1 属于冬季型。

将以上步骤同样应用于 f2-f4，所得结果如下：

表 4.16 瞳孔待测图像检测结果

| 图像名 | 与春季的相似度 | 与夏季的相似度 | 与秋季的相似度 | 与冬季的相似度 | 所属季节类型 |
|-----|---------|---------|---------|---------|--------|
| f2 | 0 | 0.67797 | 0.36673 | 0 | 夏季型 |
| f3 | 0.57625 | 0.46845 | 0 | 0 | 春季型 |
| f4 | 0 | 0 | 0.55525 | 0.35764 | 秋季型 |

由此可见，通过本系统的算法判断的 f1-f4 分别属于冬季型、夏季型、春季型、秋季型，这与图 4.14 所示的人为判断结果吻合。

4.5 关键区域的综合考虑方法

根据本章第 1-4 小节，当给出一张满足 3.1.1 构建数据集条件的人物正面照时，本文可以分别得到图像中人物的唇色、肤色、眉色、瞳色分别与春季、夏季、秋季、冬季的相似度。

下面本文需要做的工作是将唇色、肤色、眉色、瞳色四个指示器表现出的季节特征综合起来，得出人物整体的季节特征。本文采取加权平均的算法，给每个指示器一个权重系数 coe ，人物整体与某个季节的相似程度由四个指示器与该季节的相似程度求加权平均数而得出。

$$\begin{aligned} similar_{spring} = & coe_{skin} \times skin_sim_{spring} + coe_{lip} \times lip_sim_{spring} + \dots + coe_{brow} \times brow_sim_{spring} \\ & + coe_{eye} \times eye_sim_{spring} \end{aligned} \quad (4.1)$$

根据经验及对 3.1 中数据集的观察，首先，由于肤色在面部占据绝大部分，当本文观察一张人物图像时，眼球总是会被最突出的、占有最多面积的事物吸引。肤色对人物观感和所属季节类型的影响程度极大，深肤色与浅肤色对于对该人物进行“冷”、“暖”的判断也有极大的影响。因此，本文给“肤色”0.40 的权重系数，即 $coe_{skin}=0.40$ 。

其次，不同人之间的唇色差异也比较明显，苍白的秋季唇色类型与浓郁发紫的冬季唇色类型有非常大的观感差异，十分影响对于人物冷暖观感的判断。通过对 3.1 数据集的观察，不同季节类型人物之间的唇色有明显差异。因此，本文也给“唇色”0.40 的权重系数，即 $coe_{lip}=0.40$ 。

紧接着，通过观察 3.1 中的数据集，大多数人的眉色集中在深棕或浅棕这一颜色区间，不同季节类型人物之间的差别并不是非常大，而且眉毛在面部占有少数区域，因此本文给“眉色”0.15 的权重系数，即 $coe_{brow}=0.15$ 。

最后，由于虹膜的颜色在图像中受眼睛反光影响严重，而且所有人的瞳孔部分都是黑色，通俗意义上的“瞳色”实际上是指虹膜的颜色，而在图像中虹膜所占部分极少。更重要的是，人类的瞳色在面部只占极小的面积，基本不影响对人物进行季节判断，而在 3.1 的数据集中，不同季节类型的人物之间，瞳色也并无较大差异。综上所述，本文给“瞳色”0.05 的权重系数，即 $coe_{eye}=0.05$ 。

下面以图 4.17 为例，展示为图中人物判断季节类型的结果如下，图 4.17 为在 3.1 数据集中随机选择的一张图像，在数据集中，图中人物被认定为属于“夏季型”：

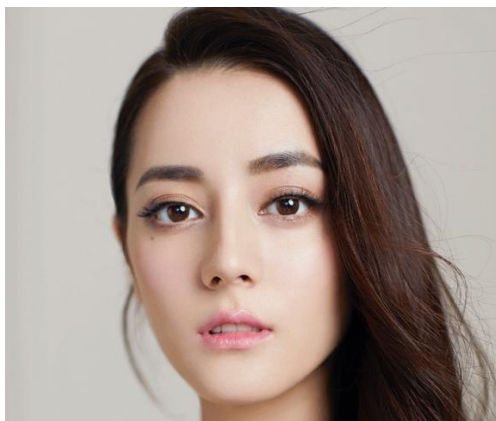


图 4.17 待测人物图像

（1）计算该人物在“唇色”、“肤色”、“眉色”、“瞳色”四个指示器上分别与春季、夏季、秋季、冬季的相似度。

（2）计算该人物分别与春季、夏季、秋季、冬季的综合相似度。

表 4.17 待测人物季节类型评定表

| 指示器 | 春季 | 夏季 | 秋季 | 冬季 |
|-----|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 唇色 | 0 | 0.802500000 | 0.073593162 | 0 |
| 肤色 | 0.015677673 | 0.906558082 | 0 | 0.161152790 |
| 眉色 | 0 | 0.281777987 | 0.684260071 | 0 |
| 瞳色 | 0 | 0 | 0.409186742 | 0.503712499 |
| 综合 | 0.006271069 | 0.725892122 | 0.152535612 | 0.089646741 |

显然，通过系统的计算，该人物与夏季的相似度最大，明显属于夏季型人，这与数据集中专家评测的结果一致。

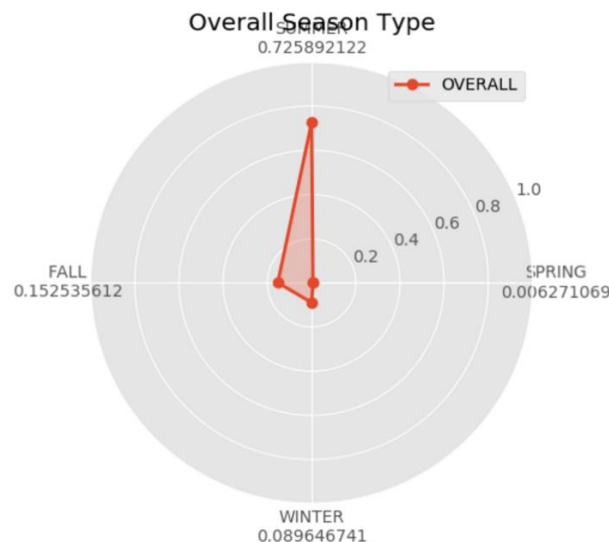


图 4.18 检测结果雷达图

4.6 本章小结

本章分别举例介绍了第三章所描述的基于颜色直方图和灰度均值的区域色彩相似度算法在唇部、皮肤部、眉部、瞳部四个面部重点部位的应用过程，分析了计算数据与主观观测之间的关系，来说明这些应用的可行性和有效性。本章还提出了综合考量的方法，介绍了分别为每个重点部位和人物整体确定季节类型的过程。

5 “四季型人”检测系统的设计与实现

5.1 系统设计

本章提出了一种“四季型人”自动检测系统。系统的设计目标为：

（1）用户上传一张正面图像，返回雷达图及精确数字所表达的图像中人物与四种季节类型的相似度，供给用户参考。即对图像中人物所属的季节类型进行定性和定量判断。

（2）提出一种人物所属季节类型的判断方法，即本文第三章所描述的方法，将此方法应用在系统中。

本系统的主要设计思想是首先对用户上传的正面图像进行人脸识别及关键点划分，划分出不同的关键部位。其次再将关键部位分别进行季节类型归类并计算与四种季节类型的匹配程度。最后综合计算关键部位的季节归类结果，得出对该人物所属季节类型的定性和定量判断。

根据系统设计，本系统分为以下几个模块，分别是面部识别模块、分区域的季节类型判断模块、综合计算模块和用户交互模块。如图 5.1 所示。

（1）面部识别模块。本模块接受用户交互模块传来的图像文件，自动识别图像中的人脸，并确定出 83 个人脸关键点的位置，根据人脸关键点的位置分割出唇部、肤色部、眉部、瞳孔的图像，分别传给分区域季节类型判断模块中不同的方法进行判断。

（2）分区域的季节类型判断模块。接收面部识别模块传来的关键位置分割，使用基于颜色直方图和灰度均值的区域色彩相似度算法，与内置的不同季节类型色彩样例进行比较，得出唇色、肤色、眉色、瞳色所指出的唇部、肤部、眉部、瞳部所属的季节类型。

（3）综合计算模块。将分区域的季节类型判断模块传来的四个面部关键区域的季节类型判断结果进行综合计算，得出人物整体所属季节类型判断的定性和定量结果，返回给用户交互模块进行展示。

（4）用户交互模块。用户从本地选择图像上传，进行“四季型人”的判断，判断结果在另一窗口以雷达图、文字、数据的形式进行直观展示。

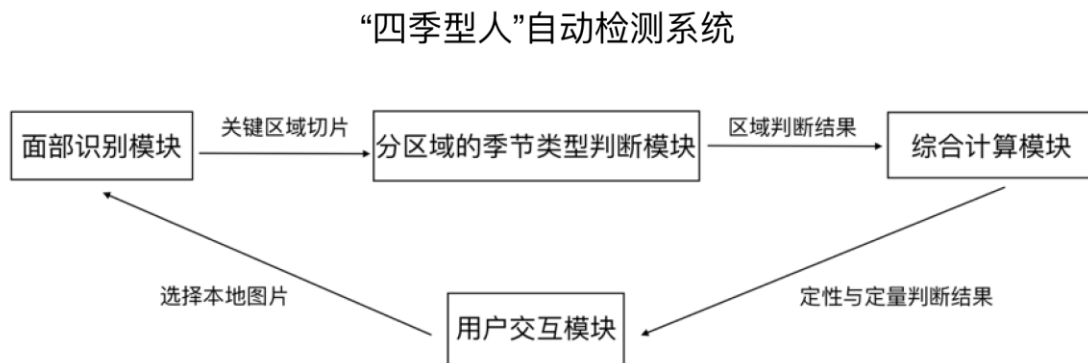


图 5.1 系统模块图

5.2 系统与环境配置

本系统使用 Python2.7+visual studio code 进行开发，在官网下载 Python 的二进制安装文件，进行环境变量的配置后，在终端下输入 python，进入 python 命令行开发模式，即说明 Python 已经在本地完成安装和配置。

Python 语言有非常丰富的类库，封装了很多方法，因此可以直接使用，非常方便。在本系统中，主要使用了 Python Image Library-PIL 库，PIL 已经是 Python 平台事

实上的图像处理标准库了，功能非常强大，但 API 却非常简单易用。在本系统中还使用了 matplotlib、numpy 等用于统计分析和科学计算的库，以及 json、urllib 等用于网络请求即 json 解析的库。

而 Visual Studio Code 是一个轻量级但是功能强大的桌面源代码编辑器，可在 Windows，MacOS 和 Linux 操作系统上使用。它配备了 JavaScript 的内置支持，TypeScript 和 Node.js 的生态系统，对其他语言的扩展（如，java，Python，PHP，C++，C #，GO）也十分优秀。

5.3 面部识别模块

本模块接受用户交互模块传来的图像文件，自动识别图像中的人脸，并确定出 83 个人脸关键点的位置，根据人脸关键点的位置分割出唇部、肤色部、眉部、瞳孔的图像，分别传给分区域季节类型判断模块中不同的方法进行判断。

面部识别模块具体的步骤说明如下：

- （1）接受用户选择的本地图像，将该图像打包发送 HTTP 请求到本系统所使用的 Web API 的服务器，接收服务器传回的响应。
 - （2）解析相应的 json 数据，获得 83 个人脸关键点的坐标，分别按照本文第四章中描述的过程，返回分割唇部、皮肤、眉毛、瞳孔部分所需要的关键点坐标。
 - （3）按照（2）中所示的关键点，将关键区域从整张图像中分割出来。
- 本模块的关键函数及关键代码如下：

表 5.1 面部识别模块关键函数及功能

| 函数名 | 功能 |
|-------------------|--|
| eyecut(filepath) | 解析远程服务器返回的 json 数据，根据眼睛部分的两个关键点坐标裁剪眼睛关键区域。 |
| lipcut(filepath) | 解析远程服务器返回的 json 数据，根据嘴唇部分的两个关键点坐标裁剪眼睛关键区域 |
| skincut(filepath) | 解析远程服务器返回的 json 数据，根据皮肤部分的两个关键点坐标裁剪眼睛关键区域 |
| browcut(filepath) | 解析远程服务器返回的 json 数据，根据眉毛部分的两个关键点坐标裁剪眼睛关键区域 |

（1）def eyecut(filepath):

功能：解析远程服务器返回的 json 数据，根据眼睛部分的两个关键点坐标裁剪眼睛关键区域。

```
#返回裁剪出的眼睛 image 对象
def eyecut(filepath):
    apiresponse=fppapi.fppapi(filepath)
    get_dic=json.loads(apiresponse)
    face_list=get_dic['faces']
    list_dic=face_list[0]
    landmark_dic=list_dic['landmark']
    upperleft=landmark_dic['left_eye_upper_left_quarter']
    lowerright=landmark_dic['left_eye_lower_right_quarter']
    upperleft_x=upperleft['x']
    upperleft_y=upperleft['y']
    lowerright_x=lowerright['x']
    lowerright_y=lowerright['y']
    im = Image.open(filepath)
    region = im.crop((upperleft_x, upperleft_y, lowerright_x, lowerright_y))
    #region 是裁剪后的 image 对象
    return region
```

（2）def lipcut(filepath):

功能：解析远程服务器返回的 json 数据，根据嘴唇部分的两个关键点坐标裁剪眼睛关键区域，关键代码与（2）类似。

（3）def skincut(filepath):

功能：解析远程服务器返回的 json 数据，根据皮肤部分的两个关键点坐标裁剪眼睛关键区域，关键代码与（2）类似。

（4）def browcut(filepath):

功能：解析远程服务器返回的 json 数据，根据眉毛部分的两个关键点坐标裁剪眼睛关键区域，关键代码与（2）类似。

5.4 分区域的季节类型判断模块

本模块接收面部识别模块传来的关键位置分割，使用基于颜色直方图和灰度均值的区域色彩相似度算法，与内置的不同季节类型色彩样例进行比较，得出唇色、肤色、眉色、瞳色所指出的唇部、肤部分别应用（1）-（2）步骤。

分区域的季节类型判断模块具体的步骤说明如下：

（1）首先将需要比较颜色相似度的图像进行大小和颜色空间的规则化处理，绘制颜色概率分布曲线，按照第四章的方法对曲线进行处理，应用基于颜色直方图和灰度均值的区域色彩相似度算法，计算图像之间的颜色相似度。

（2）如第三章所描述的，导入为该区域选择的样例，导入被测试图像，调用比较相似度的函数，得出被测试图像与样例的相似度。

（3）在唇部、皮肤区域、眉部、瞳部分别应用（1）-（2）步骤。

本模块的关键函数及关键代码如下：

表 5.2 分区域季节判断模块关键函数及功能

| 函数名 | 功能 |
|---|------------------------|
| <code>similar(image1, image2, tem_sim)</code> | 比较图像的颜色相似度 |
| <code>eye(filepath)</code> | 得出待测图像眼部与眼部的四季样例分别的相似度 |
| <code>skin(filepath)</code> | 得出待测图像肤色与肤色的四季样例分别的相似度 |
| <code>brow(filepath)</code> | 得出待测图像眉色与眉色的四季样例分别的相似度 |
| <code>lip(filepath)</code> | 得出待测图像唇色与唇色的四季样例分别的相似度 |

（1）`def similar(image1, image2, tem_sim):`

功能：传入两张待比较图像和事先计算好的模板之间的相似度，得到应用基于颜色直方图和灰度均值的区域色彩相似度算法计算的图像之间的颜色相似度。

```
def similar(image1, image2, tem_sim):
    #大小及灰度处理
    size = (50,50)
    image1 = image1.resize(size).convert('L')
    image2 = image2.resize(size).convert('L')
    #产生频数直方图
    image1_hist=image1.histogram()
```

```
image2_hist=image2.histogram()
#value: 频率值 key: 下标（灰度值）
key1=[]
value1=[]
#image1 的平均灰度值
gl_sum1=0
for i in image1_hist:
    if i>=(2500*0.010):
        value1.append(i)
        key1.append(image1_hist.index(i))
    else:
        continue
for i in key1:
    gl_sum1=gl_sum1+(i*value1[key1.index(i)])
gl_avg1=float(gl_sum1)/sum(value1)
key2=[]
value2=[]
apiresponse=fppapi.fppapi(filepath)
get_dic=json.loads(apiresponse)
face_list=get_dic['faces']
list_dic=face_list[0]
landmark_dic=list_dic['landmark']
upperleft=landmark_dic['left_eye_upper_left_quarter']
lowerright=landmark_dic['left_eye_lower_right_quarter']
gl_sum2=gl_sum2+(i*value2[key2.index(i)])
gl_avg2=float(gl_sum2)/sum(value2)
avg_diff=abs(gl_avg1-gl_avg2)
#灰度差/模板最小差
#本文认为差 tem_sim 灰度值就不属于同一季节了
avg_similar=1-(avg_diff/tem_sim)
if avg_similar<0:
    avg_similar=0
else:
    avg_similar=avg_similar
return avg_similar
```

(2) def eye(filepath):

功能：得出待测图像眼部与眼部的四季样例分别的相似度。

```
def eye(filepath):
    #导入模板
    springtem = Image.open('template/eye_tem_spring.jpg')
    summertem = Image.open('template/eye_tem_summer.jpg')
    falltem = Image.open('template/eye_tem_fall.jpg')
    wintertem = Image.open('template/eye_tem_winter.jpg')
    #导入被测试图像
    testim=eyecut(filepath)
    #得出与模板相似度
    avg_tem_sim=50.6877155653
    spring_similar_avg=avg_similar.similar(springtem,testim,avg_tem_sim)
    summer_similar_avg=avg_similar.similar(summertem,testim,avg_tem_sim)
    fall_similar_avg=avg_similar.similar(falltem,testim,avg_tem_sim)
    winter_similar_avg=avg_similar.similar(wintertem,testim,avg_tem_sim)
    #均值法结果集
    avg_result_list=[]
    avg_result_list.append(spring_similar_avg)
    avg_result_list.append(summer_similar_avg)
    avg_result_list.append(fall_similar_avg)
    avg_result_list.append(winter_similar_avg)
    return avg_result_list
```

（3）def skin(filepath):

功能：得出待测图像皮肤与皮肤的四季样例分别的相似度。关键代码与（2）类似，此处略去。

（4）def brow(filepath):

功能：得出待测图像眉色与眉色的四季样例分别的相似度。关键代码与（2）类似，此处略去。

（5）def lip(filepath):

功能：得出待测图像唇色与唇色的四季样例分别的相似度。关键代码与（2）类似，此处略去。

5.5 综合计算模块

本模块将分区域的季节类型判断模块传来的四个面部关键区域的季节类型判断结果进行综合计算，得出人物整体所属季节类型判断的定性和定量结果，返回给用户交互模块进行展示。

综合计算模块具体的步骤说明如下：

（1）接收分区域的季节类型判断模块传来的，待测图像四个面部关键区域分别与四种季节类型样例的相似度数据。

（2）根据 4.5 中确定的加权平均算法，和每个指示器的权重系数 **coe**，人物整体与某个季节的相似程度由四个指示器与该季节的相似程度求加权平均数而得出。

本模块的关键函数及关键代码如下：

def main(filepath):

功能：得出待测人物与四种季节类型分别的相似度。

```
def main(filepath):
    total_list=[0,0,0,0]
    lipcoe=0.40
    skincoe=0.40
    browcoe=0.15
    eyecoe=0.05
    #spring
    total_list[0]=lipcoe*lip_similar[0]+skincoe*skin_similar[0]+browcoe*brow_similar[0]+eyecoe*eye_similar[0]
    #summer
    total_list[1]=lipcoe*lip_similar[1]+skincoe*skin_similar[1]+browcoe*brow_similar[1]+eyecoe*eye_similar[1]
    #fall
    total_list[2]=lipcoe*lip_similar[2]+skincoe*skin_similar[2]+browcoe*brow_similar[2]+eyecoe*eye_similar[2]
    #winter
    total_list[3]=lipcoe*lip_similar[3]+skincoe*skin_similar[3]+browcoe*brow_similar[3]+eyecoe*eye_similar[3]
    return total_list
```


5.6 用户交互模块

本模块是与用户交互的图形界面模块。用户点击按钮从本地选择图像上传，进行“四季型人”的判断，判断结果在另一窗口以雷达图、文字、数据的形式进行直观展示。

用户交互模块具体的步骤说明如下：

（1）如图 5.2 所示，用户在主界面点击“选择照片”按钮，在弹出的窗口中从本地选择一张图像，选择后图像将展示在按钮上方的预览窗口。

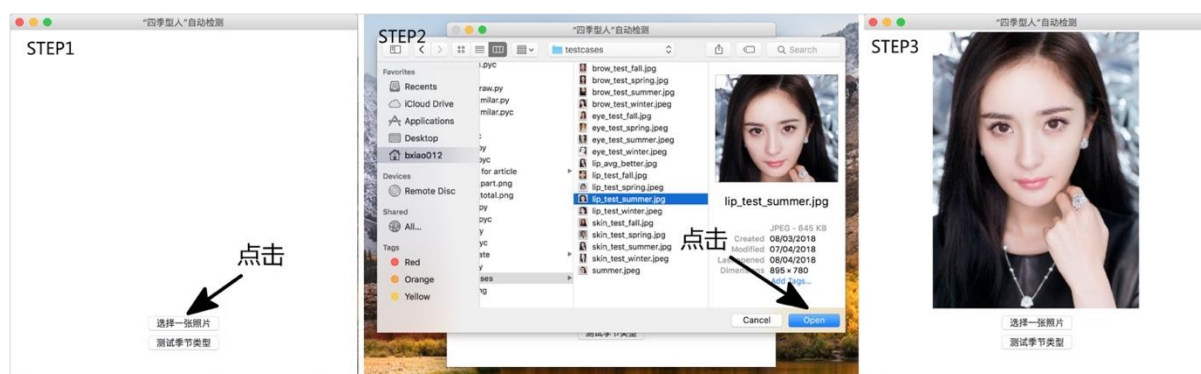


图 5.2 主界面操作效果图

（2）如图 5.3 所示，用户上传图像后，在主界面点击“测试”按钮，弹出新窗口，展示了用户所上传的图像季节类型的定性和定量判断结果。



图 5.3 测试结果界面效果图

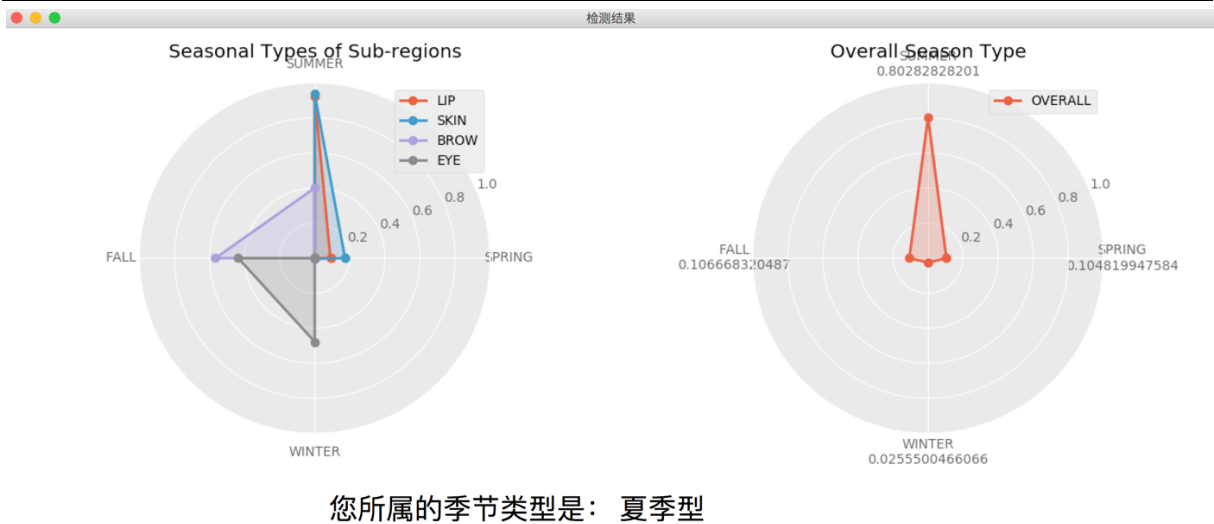


图 5.4 测试结果雷达图

本模块的关键函数及关键代码如下：

表 5.3 用户交互模块关键函数及功能

| 函数名 | 功能 |
|--------------------|------------------------------------|
| printcoords() | “选择一张图像”按钮的点击事件，从本地选择图像并记下路径 |
| test() | “测试”按钮的点击事件。引用本系统的主要功能函数，在弹出窗口显示内容 |
| radar_total(total) | 绘制在结果窗口显示的综合结果雷达图 |

(1) def printcoords():

功能：“选择一张图像”按钮的点击事件，从本地选择图像并记下路径。

```
#"选择一张图像"按钮的点击事件
def printcoords():
    #File 就是所选图像的路径
    global File
    File = filedialog.askopenfilename(parent=root, initialdir="C:/",title='Choose an image.')
    #print File
    image=Image.open(File)
    image=image.resize((300,400))
    canvas.create_image(0,0,anchor='nw',image=filename)
```

(2) def test():

功能：“测试”按钮的点击事件。引用本系统的主要功能函数，在弹出窗口显示内容。

```
# “测试”按钮的点击事件
def test():
    import main
    import radar
    #新窗口
    root = Toplevel()
    root.geometry('1280x600')
    root.title("检测结果")
    #分区域的季节类型结果展示画布
    cv_parts = Canvas(root, bg = 'white', width = 640, height = 480)
    cv_parts.grid(row=0, column=0)
    #计算
    result=main.main(File)
    #解析结果集并绘图
    radar.radar_part(result[0],result[1],result[2],result[3])
    #综合结果展示画布
    cv_total = Canvas(root, bg = 'white', width = 640, height = 480)
    cv_total.grid(row=0, column=1)
    #解析结果集并绘图
    radar.radar_total(result[4])
    radar_total_im=Image.open("radar_total.png")
    radar_total_im=radar_total_im.resize((640,480))
    filename = ImageTk.PhotoImage(radar_total_im)
    cv_total.image = filename
    cv_total.create_image(0,0,anchor='nw',image=filename)
    #文字区域
    season=result[5]
    lb=Label(root, text='您所属的季节类型是: ',font=('Arial', 30))
```

(3) def radar_total(total):

功能：绘制在结果窗口显示的综合结果雷达图。另外有 `def radar_part(lip,skin,brow,eye)`:用以绘制结果窗口的分区域季节归类雷达图，关键代码类似，此处略去。

```
def radar_total(total):
    reload(sys)
    sys.setdefaultencoding('utf-8')
    plt.rcParams['axes.unicode_minus'] = False
    # 使用 ggplot 的绘图风格
    plt.style.use('ggplot')
    # 构造数据
    values = total
    N = len(values)
    # 设置雷达图的角度，用于平分切开一个圆面
    angles=np.linspace(0, 2*np.pi, N, endpoint=False)
    # 绘图
    fig=plt.figure()
    ax = fig.add_subplot(111, polar=True)
    # 绘制折线图
    ax.plot(angles, values, 'o-', linewidth=2, label = 'OVERALL')
    # 填充颜色
    ax.fill(angles, values, alpha=0.25)
    # 添加每个特征的标签
    ax.set_thetagrids(angles * 180/np.pi, feature)
    # 设置雷达图的范围
    ax.set_ylim(0,1)
    # 添加标题
    plt.title('Overall Season Type')
    # 添加网格线
    ax.grid(True)
    # 设置图例
    plt.legend(loc = 'best')
    # 显示图形
```

5.7 本章小结

本章将第三章与第四章的方法应用在实际的系统中，编写代码设计并实现了可以与用户交互的、可以使用的“四季型人”检测系统。

本系统的主要设计思想是首先对用户上传的正面图像进行人脸识别及关键点划分，划分出不同的关键部位。其次再将关键部位分别进行季节类型归类并计算与四种季节类型的匹配程度。最后综合计算关键部位的季节归类结果，得出对该人物所属季节类型的定性和定量判断。

本系统分为以下几个模块，分别是面部识别模块、分区域的季节类型判断模块、综合计算模块和用户交互模块。每个模块分别实现了其名字对应的功能，通过模块之间参数的传递，达到完成“四季型人”判断的功能。

本系统实现的主要功能是，用户从本地选择一张图像，系统进行分析后向用户展示对图像中人物所属季节类型的定性与定量判断结果。界面清晰简明，易于交互操作、便于理解。

6 测试与分析

6.1 系统应用效果

如图 6.1 所示，本文从本文 3.1 章节所描述的数据库中，随机分别在被归类为春季、夏季、秋季、冬季类型的人物图像中各自选择一张，按顺序分别标注为 test1-4，用于本章对于系统应用效果的测试。

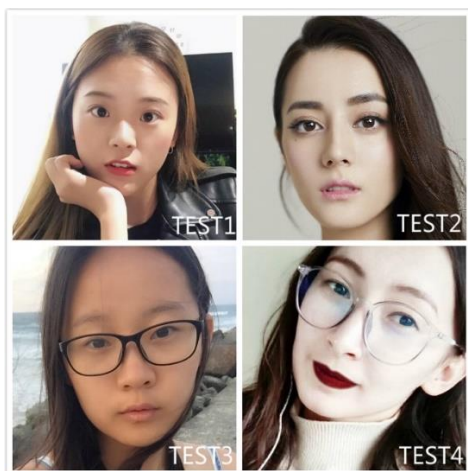


图 6.1 测试用例示意图

以图像 test1 为例的系统应用过程如下：

（1）打开“四季型人”检测系统，主界面如图 6.2 所示。



图 6.2 “四季型人”检测系统主界面

（2）在主界面点击“选择一张照片”按钮，弹出选择本地图像界面如图 6.3 所示，选择被测试图像 test1 并点击“open”按钮。

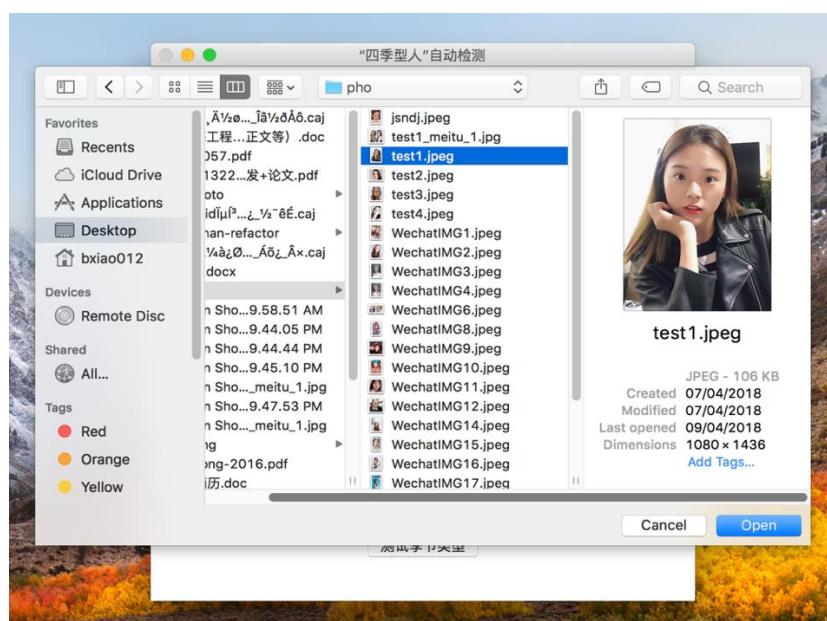


图 6.3 选择本地图像

（3）如图 6.4 所示，选择本地图像界面被关闭，选中的图像 test1 被展示在主界面窗口上。

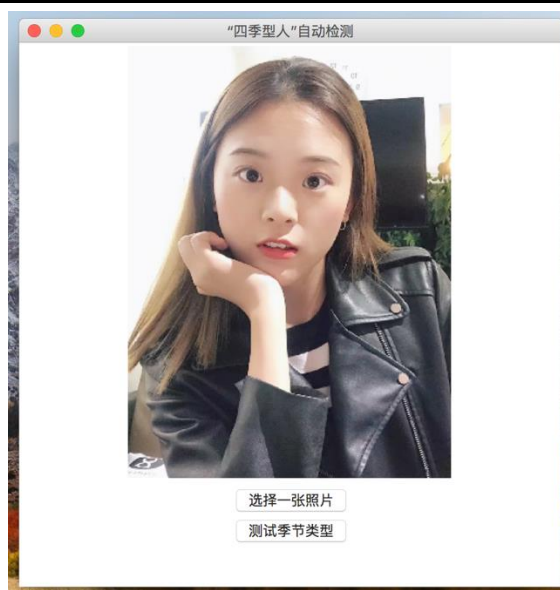


图 6.4 被选中的待测图像在主窗口展示

（4）在主界面点击“测试季节类型”按钮，弹出新窗口如图 6.5 所示。在结果展示窗口，左侧雷达图显示了唇部、皮肤、眼部、眉毛四个区域分别的季节类型判断结果，右侧雷达图显示了综合的人物整体季节类型判断结果及具体与每个季节类型的相似度的定量结果。

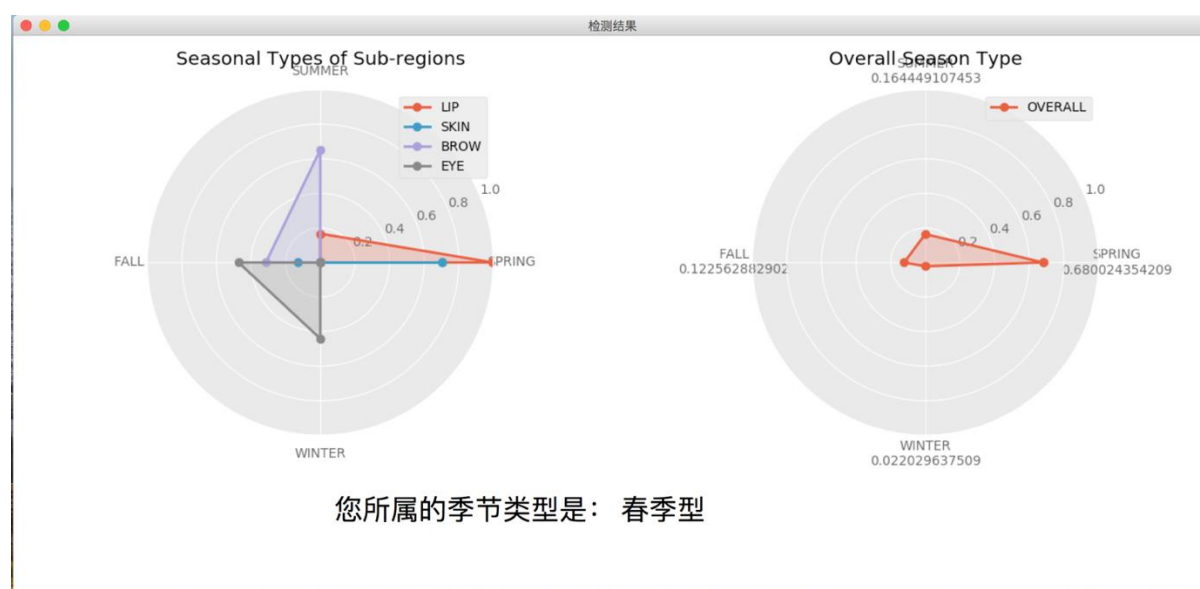


图 6.5 结果展示窗口

显然，“四季型人”检测系统判断 test1 中人物属于春季型，这与数据集中专家组的判断结果一致。同样，对 test2-4 应用上述（1）-（3）的步骤，test2-4 的结果展示界

面如图 6.6 所示。明显的，test2-4 分别被系统判断为“夏季型人”、“秋季型人”、“冬季型人”，这与数据集中的归类也一致，本系统具有准确性。

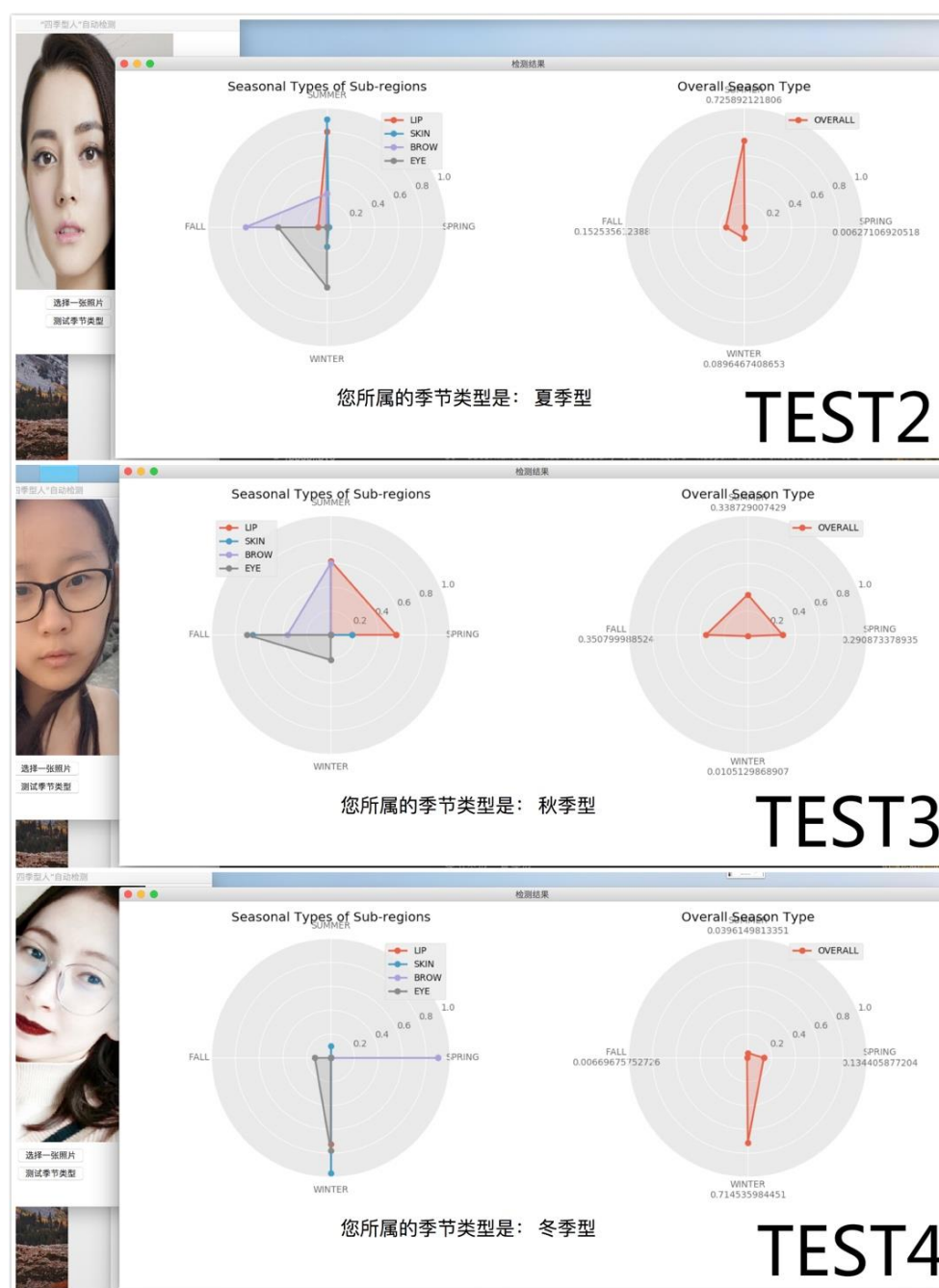


图 6.6 test2-4 测试结果展示

6.2 在数据集上的准确度测试

本文在 3.1 中的数据集上对本系统进行了准确度测试，数据集共 60 张图像，被标注为春季型、夏季型、秋季型、冬季型的图像分别有 15 张。如图 6.7 所示，本文把被

标注为春季型的图像命名为 sp01-15，被标注为夏季型的图像命名为 sm01-15，被标注为秋季型的图像命名为 f01-15，被标注为冬季型的图像命名为 w01-15。测试结果如图 6.8 所示。

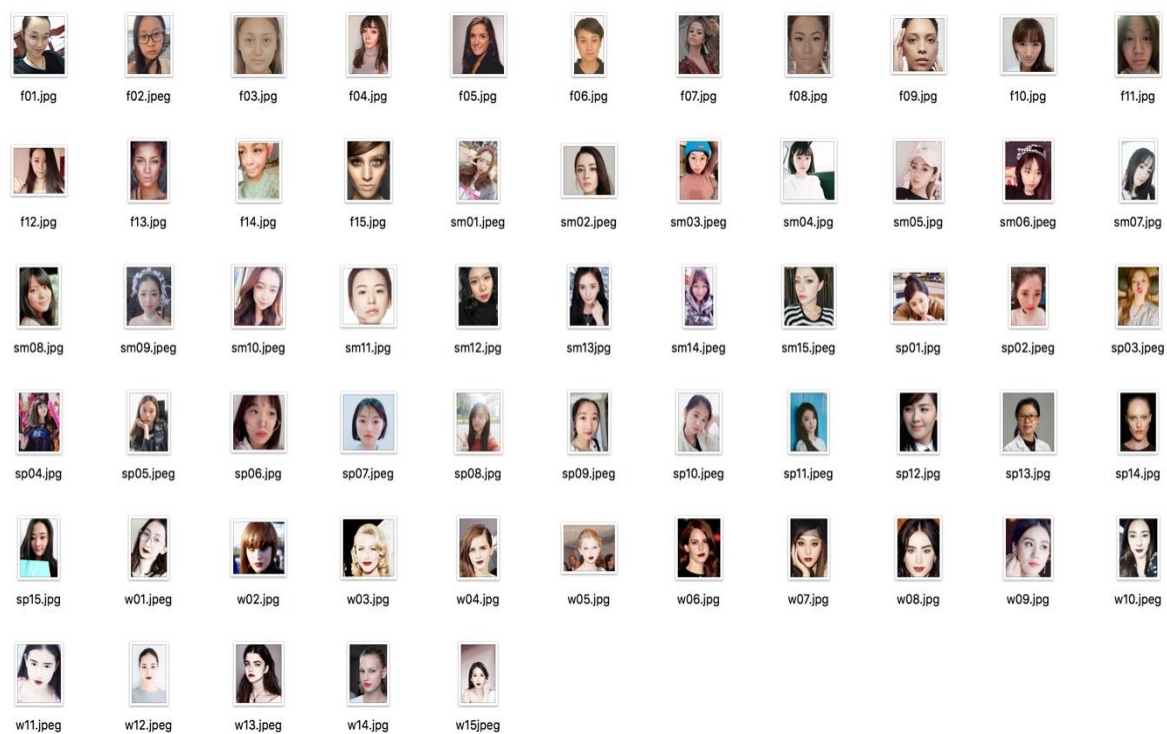


图 6.7 数据集的命名规则

| 图像名 | 与四种季节类型的相似度 | | | | 系统判断结果 | 数据集中标注的季节类型 | 是否一致 |
|------|-------------|------------|------------|------------|--------|-------------|------|
| | 春季 | 夏季 | 秋季 | 冬季 | | | |
| sp01 | 0.25631625 | 0 | 0.01468385 | 0.20968728 | 春季型 | 春季型 | 是 |
| sp02 | 0.51676732 | 0.01452505 | 0.31448592 | 0.08963142 | 春季型 | 春季型 | 是 |
| sp03 | 0.43292823 | 0.38764871 | 0.16219236 | 0.03793067 | 春季型 | 春季型 | 是 |
| sp04 | 0.65249909 | 0.38442151 | 0.03922943 | 0.0256731 | 春季型 | 春季型 | 是 |
| sp05 | 0.68002435 | 0.16444911 | 0.12256288 | 0.02202964 | 春季型 | 春季型 | 是 |
| sp06 | 0.68538179 | 0.18381156 | 0.18442427 | 0.02308485 | 春季型 | 春季型 | 是 |
| sp07 | 0.29681012 | 0.1708145 | 0.22961341 | 0.07250957 | 春季型 | 春季型 | 是 |
| sp08 | 0.72051676 | 0.14355737 | 0.06102948 | 0.01699227 | 春季型 | 春季型 | 是 |
| sp09 | 0.58870373 | 0.12085952 | 0.12610569 | 0.18046549 | 春季型 | 春季型 | 是 |
| sp10 | 0.45350761 | 0.37709353 | 0.11602715 | 0.04428707 | 春季型 | 春季型 | 是 |
| sp11 | 0.68782601 | 0.22344645 | 0.13959542 | 0.06661325 | 春季型 | 春季型 | 是 |
| sp12 | 0.66105538 | 0.06055633 | 0.19280108 | 0.0774925 | 春季型 | 春季型 | 是 |
| sp13 | 0.30868157 | 0.15894305 | 0.27272942 | 0.07573313 | 春季型 | 春季型 | 是 |
| sp14 | 0.60388829 | 0.24963465 | 0.00279688 | 0.15478715 | 春季型 | 春季型 | 是 |
| sp15 | 0.73983609 | 0.05110855 | 0.14141346 | 0.07598139 | 春季型 | 春季型 | 是 |
| sm01 | 0.28138701 | 0.77844925 | 0.04939922 | 0 | 夏季型 | 夏季型 | 是 |
| sm02 | 0.00627107 | 0.72589212 | 0.15253561 | 0.08964674 | 夏季型 | 夏季型 | 是 |
| sm03 | 0.02368222 | 0.61623347 | 0.26410425 | 0.08773675 | 夏季型 | 夏季型 | 是 |
| sm04 | 0 | 0.37999624 | 0.31882646 | 0.28490978 | 夏季型 | 夏季型 | 是 |
| sm05 | 0.03204901 | 0.76919783 | 0.14214037 | 0.05673628 | 夏季型 | 夏季型 | 是 |
| sm06 | 0.4485547 | 0.51483752 | 0.08018865 | 0.08037506 | 夏季型 | 夏季型 | 是 |
| sm07 | 0.19577618 | 0.41983319 | 0.30336304 | 0.08132355 | 夏季型 | 夏季型 | 是 |
| sm08 | 0.14499972 | 0.63273036 | 0.16411795 | 0.04278993 | 夏季型 | 夏季型 | 是 |
| sm09 | 0.19230642 | 0.32233922 | 0.54479733 | 0 | 秋季型 | 夏季型 | 否 |
| sm10 | 0.10902519 | 0.28688101 | 0.31884096 | 0.25954251 | 秋季型 | 夏季型 | 否 |
| sm11 | 0 | 0.43179554 | 0.39749891 | 0.13878003 | 夏季型 | 夏季型 | 是 |
| sm12 | 0.2525349 | 0.51566344 | 0.17234729 | 0 | 夏季型 | 夏季型 | 是 |
| sm13 | 0.44251813 | 0.4989454 | 0.05671679 | 0 | 夏季型 | 夏季型 | 是 |
| sm14 | 0.12929722 | 0.30857717 | 0.40523109 | 0.03062471 | 秋季型 | 夏季型 | 否 |
| sm15 | 0.20361203 | 0.70766043 | 0.10470949 | 0.12538756 | 夏季型 | 夏季型 | 是 |
| f01 | 0.3046318 | 0.18136701 | 0.51236525 | 0.02559979 | 秋季型 | 秋季型 | 是 |
| f02 | 0.29087338 | 0.33872901 | 0.35079999 | 0.01051299 | 秋季型 | 秋季型 | 是 |
| f03 | 0.2525349 | 0.51566344 | 0.17234729 | 0 | 夏季型 | 秋季型 | 否 |
| f04 | 0.12929722 | 0.30857717 | 0.40523109 | 0.03062471 | 秋季型 | 秋季型 | 是 |
| f05 | 0.35593618 | 0.23881676 | 0.38168548 | 0 | 秋季型 | 秋季型 | 是 |
| f06 | 0.5376705 | 0.50764592 | 0.04399891 | 0 | 春季型 | 秋季型 | 否 |
| f07 | 0.22546297 | 0.30179049 | 0.48249316 | 0.03979609 | 秋季型 | 秋季型 | 是 |
| f08 | 0.19361583 | 0.27400879 | 0.34339221 | 0.04445269 | 秋季型 | 秋季型 | 是 |
| f09 | 0.35784956 | 0.02470712 | 0.40708233 | 0.11558765 | 秋季型 | 秋季型 | 是 |
| f10 | 0.15813981 | 0.30948481 | 0.37384539 | 0.18063385 | 秋季型 | 秋季型 | 是 |
| f11 | 0.39951585 | 0.06714048 | 0.41801506 | 0.10012474 | 秋季型 | 秋季型 | 是 |
| f12 | 0 | 0.23411973 | 0.31218193 | 0.06902105 | 秋季型 | 秋季型 | 是 |
| f13 | 0.1906853 | 0.3636332 | 0.43412372 | 0 | 秋季型 | 秋季型 | 是 |
| f14 | 0.34883779 | 0.24251148 | 0.41038696 | 0.0236745 | 秋季型 | 秋季型 | 是 |
| f15 | 0.36549386 | 0.1667642 | 0.45897022 | 0 | 秋季型 | 秋季型 | 是 |
| w01 | 0.13440588 | 0.03961498 | 0.00669676 | 0.71453598 | 冬季型 | 冬季型 | 是 |
| w02 | 0.03749364 | 0.04980393 | 0.1728629 | 0.43110136 | 冬季型 | 冬季型 | 是 |
| w03 | 0.32958062 | 0.15958022 | 0.01398537 | 0.50031964 | 冬季型 | 冬季型 | 是 |
| w04 | 0.03343815 | 0.33763951 | 0.13267802 | 0.51205874 | 冬季型 | 冬季型 | 是 |
| w05 | 0.12478164 | 0.18992847 | 0.0014315 | 0.6192588 | 冬季型 | 冬季型 | 是 |
| w06 | 0.11242917 | 0.33121867 | 0.13051679 | 0.3884388 | 冬季型 | 冬季型 | 是 |
| w07 | 0.04603423 | 0.32932442 | 0.1592646 | 0.48060569 | 冬季型 | 冬季型 | 是 |
| w08 | 0.3771168 | 0.35395589 | 0.16275615 | 0.2070888 | 春季型 | 冬季型 | 否 |
| w09 | 0.17543142 | 0.40250752 | 0.03390274 | 0.34349416 | 夏季型 | 冬季型 | 否 |
| w10 | 0.36948766 | 0.10782762 | 0.17078572 | 0.40424023 | 冬季型 | 冬季型 | 是 |
| w11 | 0.38282817 | 0.07848178 | 0.15964736 | 0.43257573 | 冬季型 | 冬季型 | 是 |
| w12 | 0.14433592 | 0.06922316 | 0.08059254 | 0.65652867 | 冬季型 | 冬季型 | 是 |
| w13 | 0 | 0 | 0.06578882 | 0.70176925 | 冬季型 | 冬季型 | 是 |
| w14 | 0.69547321 | 0.36450415 | 0.02416954 | 0.02147543 | 春季型 | 冬季型 | 否 |
| w15 | 0.0600448 | 0.05197729 | 0.17750342 | 0.72570342 | 冬季型 | 冬季型 | 是 |

图 6.8 “四季型人”检测系统在数据集上的测试结果

根据测试结果，本文可以发现，在数据集的 60 张图像中，52 张图像经过系统检测得出的季节类型与在数据集中被标注的类型相同，8 张不同。因此，测试结果表明，本文提出的“四季型人”检测方法及设计与实现的检测系统在数据集上的准确度能够达到 86.67%。

6.3 测试结果分析

本“四季型人”检测系统实现了用户从本地选择一张图像，进行分析后向用户展示对图像中人物所属季节类型的定性与定量判断结果，界面清晰明白，易于操作、便于理解。根据 6.2 小节，系统的测试准确度也比较高，基本达到准确检测人物所属的季节类型的目的。

但是，在开发和测试过程中，本文依然发现了一些问题，这些问题可能导致了系统出现检测的误差，或导致用户交互使用的不友好，降低了易用性，在今后的改进中可以被修复。

（1）样例单一。根据本文 3.2.2 小节，本文为嘴唇、皮肤、眉毛、瞳孔四个面部部位分别选择了春季、夏季、秋季、冬季各一个的样例，待测图像的相关部位将与这些样例的色彩进行对比从而得出与四个季节的相似度。虽然本文选择的样例为该季节类型最为典型的色彩特征，但是仍有一些疏漏，因为每种季节类型的每个面部部位还会有多种颜色特征，或颜色特征属于一个范围内。比如，根据本文的样例，春季型人拥有亮茶色、黄玉色的眼睛。尽管亮茶色是绝大多数春季型人明显的瞳孔色彩视觉特征，但是仍有少数东欧春季型人种，眼睛是湖蓝色的，在本系统内未把此种情况考虑在内，因此在后期可以增加样例，来覆盖更广的范围。

（2）灰度图像对颜色信息的损失。本系统所处理的图像均采用 RGB 颜色空间，将 R\G\B 三个通道上的颜色直方图合一的时候，将图像进行了灰度化处理，将 RGB 三个分量映射到一维空间，这样在便于处理数据的同时也损失了颜色信息，因为同一个灰度值可以对应不止一个 RGB 颜色值。本文可以将 RGB 颜色空间更换到 HSV 或 YUV 颜色空间，以求保留更多颜色细节，提升系统的准确度。

（3）UI 界面的单一和不美观。本文重点在于探寻“四季型人”的判断方法和检测过程，UI 界面只做展示之用，因此 UI 界面不美观且内容相对贫瘠。在后期的制作过程中，可以将 UI 界面进行美化，并加入一些操作提示信息，比如，用户如果没有点击“选择一张照片”选择图像的情况下就点击了“判断季节类型”，程序会报错，

但是用户并没有收到提示，因此错误操作的提示也应该被加入。更多的，“四季型人”的判断用于美容美妆和服饰搭配，本文可以在系统中添加服饰推荐及妆容搭配教学的信息，能让用户更加有价值地利用好本文判断得出的季节类型结果。

6.4 本章小结

本章使用四个测试用例，测试了“四季型人”检测系统的可用性，并将此系统应用在 3.1 小节中的数据集上，测试了在数据集上的准确度。该系统使用流程通顺，没有出现错误，在数据集上拥有较高的准确度。与此同时，本章分析了在开发和测试过程中发现的问题，并提出了在今后的工作中解决这些问题的方法。

7 总结与展望

“四季型人”是指将四季色彩理论应用于人物面部的自然颜色。人物肤色、发色、瞳色、唇色等的不同导致了给他人带来的观感的不同，如同四种季节给人带来的主观感受。

在对人物所属的季节类型进行判断时，往往会出现的问题是观感的冷暖基本基于主观判断，每个人的主观感受千差万别。目前现有的，对个人进行“四季型人”判断的方法主要是由专业的色彩顾问通过观察分析个人的肤色、瞳孔色和发色等自然色调，或者通过填写网络调查问卷来判断个人的季节类型。色彩顾问的判断与其自身的知识背景、个人经验具有强烈的关系，并且在时间和空间上不具有普适性；网络调查问卷中的题目对于大众而言较难给出最为准确的文字答案，而且判断结果强依赖于问卷的设计。因此本文提出了通过分析人物图像的特征进而自动检测判断“四季型人”，具有理论研究意义和实际应用价值。

本文详细研究了“四季型人”的判断方法和流程以及“四季型人”检测系统的设计与实现，主要完成了数据集的构建、分类方法研究、分类方法的应用、系统的设计实现、测试与评价五个部分。

在数据集的构建中，本文弥补了分季节类型的人物面部图像数据集的空白，使用科学的数据集构建方法，构建了根据四季色彩理论对人物进行分类的标准数据集。

在对分类方法的研究中，本文选择了四个面部关键区域，分别是皮肤、眼睛、嘴唇、眉毛，将关键区域的色彩与事先选择好的对应关键区域的四种季节类型的样例进行色彩相似度比较，得出关键区域的季节分型，再综合关键区域得出整个任务的季节

分型。关于色彩相似度的比较，本文提出了两种算法并对其进行了优缺点分析和比较，分别是基于颜色直方图和巴氏距离的区域色彩相似度算法和基于颜色直方图和灰度均值的区域色彩相似度算法。

在分类方法的应用中，本文详细描述了分类方法在四个面部关键区域的应用过程。

在系统的设计实现中，本文基于对“四季型人”分类方法的研究，设计与实现了“四季型人”检测系统。该系统具有友好的图形用户交互界面，可以实现用户从本地选择一张正面图像，系统进行分析后向用户展示对图像中人物所属季节类型的定性与定量判断结果。经过对系统的测试，该系统可行且在数据集上有 86.67% 的准确度。

在今后的工作中，本文可以对“四季型人”的分类方法以及检测系统在以下方面存在的不足进行改进：

（1）样例单一。每个季节对应的典型样例有可能不止一种，可以通过增加样例来覆盖更广的范围。

（2）灰度图像对颜色信息的损失。本文所处理的图像均采用 RGB 颜色空间，并将 RGB 三个分量映射到一维空间，即对图像进行灰度处理。这样在便于处理数据的同时也损失了颜色信息。今后本文可以将 RGB 颜色空间更换到 HSV 或 YUV 颜色空间，以求保留更多颜色细节，提升准确度。

（3）UI 界面的单一和不美观。本文重点在于探寻“四季型人”的判断方法和检测过程，UI 界面只做展示之用，因此 UI 界面不美观。在未来的工作中本文可以将 UI 界面进行美化，并加入一些错误操作的提示信息。

参考文献

- [1] Jackson C. Color Me Beautiful: Discover Your Natural Beauty Through the Colors That Make You Look Great and Feel Fabulous[M]. Ballantine Books, 2011.
- [2] 刘娟. 衣柜文化[D]. 天津科技大学, 2010.
- [3] 肖慧. 服装色彩在人物形象设计中的表现与应用[D]. 湖南师范大学, 2010.
- [4] 张雅娜, 林希. 浅谈着装色彩在四季色彩中的搭配[J]. 科技信息(科学教
研), 2007(22): 197+200.
- [5] 王安琪. 基于图像内容的服装分类和推荐方法研究[D]. 昆明理工大学, 2017.
- [6] Hinton G E, Osindero S, Teh Y W. A fast learning algorithm for deep belief nets[J].
Neural computation, 2006, 18(7): 1527-1554.
- [7] Taigman Y, Yang M, Ranzato M A, et al. Deepface: Closing the gap to human-level
performance in face verification[C]//Proceedings of the IEEE conference on computer vision
and pattern recognition. 2014: 1701-1708.
- [8] 于西蔓. 女性个人色彩诊断[M]. 花城出版社, 2003.
- [9] 朱丹. 形象设计专业教学中“四季色彩”理论的应用[J]. 遼寧高職學報, 2004,
6(2): 81-82.
- [10] 史文学. “旷视”之作——Face++[J]. 科技创新与品牌, 2012(12): 38-39.
- [11] 汪启伟. 图像直方图特征及其应用研究[D]. 中国科学技术大学, 2014.
- [12] Jenq C, Pan J, Theseira W. Beauty, weight, and skin color in charitable giving[J].
Journal of Economic Behavior & Organization, 2015, 119: 234-253.
- [13] 李华胜, 杨桦, 袁保宗. 人脸识别系统中的特征提取[J]. 北京交通大学学报,
2001, 25(2): 18-21.
- [14] 王丽婷, 丁晓青, 方驰. 基于随机森林的人脸关键点精确定位方法[J]. 清华大
学学报: 自然科学版, 2009(4): 543-546.
- [15] 杨海燕, 蒋新华, 聂作先. 基于并行卷积神经网络的人脸关键点定位方法研究
[J]. 计算机应用研究, 2015, 32(8): 2517-2519.
- [16] 张广渊. 数字图像处理基础及 OpenCV 实现[M]. 北京: 知识产权出版社, 2014.
- [17] 王雪, 张为民. 基于纹理和邻域信息的肤色分割算法[J]. 吉林大学学报(理学

- 版), 2014, 55(4): 989-914.
- [18] 黄亦佳, 潘巍. 较强光照下肤色结合发色检测人脸的方法研究[J]. 计算机工程与应用, 2011, 47(18): 173-175.
- [19] 毛顺兵. Hough 变换和轮廓匹配相结合的瞳孔精确检测算法[J]. 计算机应用, 2016, 36(5): 1415-1420.
- [20] 杨小冈, 曹菲, 缪栋, 等. 基于相似度比较的图像灰度匹配算法研究[J]. 系统工程与电子技术, 2005, 27(5): 918-921.
- [21] 杨威, 赵剡, 许东. 基于人眼视觉的结构相似度图像质量评价方法[J]. 北京航空航天大学学报, 2008, 34(1): 1-4.
- [22] 郭瑞, 张淑玲, 汪小芬. 人脸识别特征提取方法和相似度匹配方法研究[J]. 计算机工程, 2006, 32(11): 225-227.
- [23] Dariusz J. Sawicki, Weronika Miziolek. Human colour skin detection in CMYK colour space [J]. IET Image Processing, 2015, 9(9): 751-757.
- [24] Zaher Hamid Al-Tairi, Rahmita Wirza Rahmat, M. Iqbal Saripan, etc. Skin Segmentation Using YUV and RGB Color Spaces [J]. Journal of Information Processing Systems, 2014, 10(2): 283-299.
- [25] Hsu R L, Abdel-Mottaleb M, Jain A K. Face detection in color images[J]. IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence, 2002, 24(5): 696-706.
- [26] Liu C. A Bayesian discriminating features method for face detection[J]. IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence, 2003, 25(6): 725-740.
- [27] Kalal Z, Mikolajczyk K, Matas J. Face-tld: Tracking-learning-detection applied to faces[C]//Image Processing (ICIP), 2010 17th IEEE International Conference on. IEEE, 2010: 3789-3792.