

基于图像处理参数反馈自适应方法 设计与应用

孙 静¹, 杨森林¹, 师 超¹, 陈 伟², 张晓丽¹

(1. 西安文理学院 机械与材料工程学院, 西安 710065; 2. 西安应用光学研究所, 西安 710065)

摘要: 自动图像处理程序的参数优化是一个耗时过程; 对于具有高噪音和阴影复杂图像分析任务, 手动调整参数无法产生较好的效果; 为了多参数同时调优, 提出了基于反馈的参数自适应模型来改进标准图像分割方法; 通过前馈方式实现算法, 对其调整参数来比较算法的性能, 根据基准数据集对算法进行评估、来比较讨论图像阴影和噪声对分割和分类精度的影响; 研究结果表明, 在不同阴影等级的背景下, 采用反馈参数自适应的图像分割算法比采用前馈算法的图像分割、分类效果更好; 当仅存在抽象基准数据时, 该方法执行自动图像分析得有效, 同时, 使用分级的数据集评估不同图像处理的鲁棒性, 有利于最终用户进行图像处理; 为自动化图像处理理论研究与实践提供借鉴。

关键词: 图像处理; 反馈; 参数自适应; 鲁棒性

Design and Application of Adaptive Feedback Method Based on Image Processing Parameters

Sun Jing¹, Yang Senlin¹, Shi Chao¹, Chen Wei², Zhang Xiaoli¹

(1. School of Mechanical and Material Engineering, Xi'an University, Xi'an 710065, China;

2. Xi'an Institute of Applied Optics, Xi'an 710065, China)

Abstract: Parameter optimization of automatic image processing program is a time-consuming process. For complex image analysis tasks with high noise and shadow, manual adjustment of parameters cannot produce good results. In order to optimize multiple parameters simultaneously, a parameter adaptive model based on feedback is proposed to improve the standard image segmentation method. The performance of the algorithm is compared by adjusting its parameters. The algorithm is evaluated and compared according to the benchmark data set to discuss the influence of image shadow and noise on segmentation and classification accuracy. The results show that, in different shadow levels, the image segmentation and classification effect of adaptive feedback parameter is better than that of feed-forward algorithm. When there are only abstract reference data, this method is effective in performing automatic image analysis. At the same time, hierarchical data sets are used to evaluate the robustness of different image processing, which is beneficial to the end user for image processing. It provides reference for the theoretical research and practice of automatic image processing.

Keywords: image processing; feedback; parameter adaptive; robustness

0 引言

用于从捕获的场景中提取对象信息的所有处理步骤称为图像处理, 图像处理广泛应用于人们群众生产生活的各个领域, 诸如遥感、物体探测以及制造和数据处理中。图像处理旨在准确地找到、量化和分类图像中的目标^[1-2]。图像处理可以以手动或自动方式进行, 自动化图像处理系统会产生很多图像数据, 而手动处理变得非常耗时耗力, 虽然手动图像分析可提供可靠的结果, 但时间效率低且对大数据集造成负担。在这种情况下, 使用自动图像处理算法来执行高效且自动化的图像分析显得必要且迫切。自动图像分析需要较少或几乎不需要用户干预, 但是参数调优亦

是一项不可避免的繁琐任务。

通常, 图像处理过程包括预处理、分割、特征提取及分类 4 个步骤。对于每个处理步骤, 需要使用一个或多个适当参数的操作符。预处理的目的是统一所有图像, 即在某种意义上抑制噪声、最小化阴影等。分割用于区分有用对象和不重要的背景区域。目前已经提出了许多方法, 如阈值分割^[3]、边缘检测^[4]、分水岭^[5]等。由于阴影、噪声、遮挡等原因, 图像数据集会出现畸变, 图像处理会因此受到影响。不同图像的阴影和失真不同, 如果涉及大量参数, 则用户很难以前馈方式选择全局参数。操作符可以为特定的图像子集提供良好的结果, 相同的参数集可能不适用于

收稿日期: 2020-11-01; 修回日期: 2020-11-17。

基金项目: 陕西省 2020 年技术创新引导专项计划(2020CGXNG-015); 西安市科技计划项目(2019KJWL07); 西安文理学院科研团队: 智能感知与控制项目(XAWLKTYD019)。

作者简介: 孙 静(1981-), 女, 江苏南京人, 硕士, 副教授, 主要从事智能控制理论与应用方向的研究。

引用格式: 孙 静, 杨森林, 师 超, 等. 基于图像处理参数反馈自适应方法设计与应用[J]. 计算机测量与控制, 2021, 29(6): 164-168.

其他图像^[6], 因此需要一个图像处理流程的最优参数集。操作符的参数是根据图像数据集的子集自动查找或手动设置的, 手动设置参数需要有关要查找的对象和要使用算法的参数的先验信息, 该先验信息用于以手动反馈的方式改善参数^[7]。因此, 根据先验信息, 不仅可以调整诸如图像分割等单一操作符, 还可以添加其他操作符。该调整是手动完成的, 用户可以评估中间结果或最终结果。

近些年来, 许多学者在图形图像处理学领域研究做出了积极贡献。朱浩亮等^[8]设计基于改进布谷鸟搜索算法的图像分割方法, 对标准布谷鸟搜索算法进行改进, 加快算法收敛速度和寻优效率。蒋磊^[9]采用脉冲耦合神经网络通过自适应地调整阈值的衰减速度来自动分割图像, 详细介绍了脉冲耦合神经网络模型的基本原理, 运行机制和特性, 针对模型中存在的参数难以确定等固有的问题, 给出了有效的解决办法。然而, 这些方法都不允许在优化过程中插入先验知识, 例如估计对象大小、数量或对象类的分布。为了度量图像分割和分类的准确性, 数据集必须同时包含分割和分类的基准数据。A. Khan 等^[10]开发了一个基准数据集, 其中包含具有关于目标位置、目标类别、变化的噪声和阴影的基准数据图像场景。本文设计了一种针对图像分割过程中涉及的参数反馈自适应方法, 并讨论图像阴影和噪声对分割和分类精度的影响。以期在不同阴影等级的背景下, 获得较好图像分割、分类效果提供图像处理方法学借鉴。

1 材料与方 法

1.1 图像处理流程

图像处理流程中目标分割和分类的场景以及在这些场景中要实现的目标对于计算机程序员来说是不同的。例如, 监督图像分割的成功与否是基于一个基准数据的评价指标来判断的, 然而, 就对象的特征和类别而言, 基准数据可能是绝对的, 也可能不完整或不明确。在这些场景中, 评估度量和参数调优可能彼此不同。图 1 为图像处理流程图。

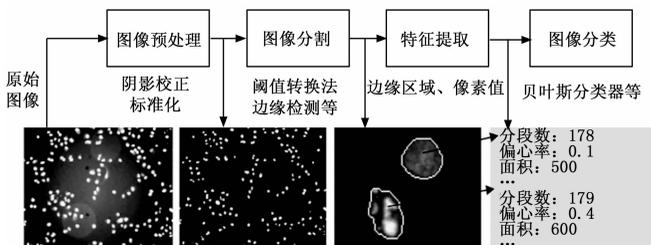


图 1 图像处理流程

当存在明确基准数据的情况时, 进行基于自动反馈的图像处理。选择一个图像处理的步骤, 即图像分割, 将图像分类标准适当地集成到评估标准中, 以便为每个单独的图像选择最佳参数集。基于在所有阴影水平评估图像质量的鲁棒性度量, 可以使用整个数据集的反馈机制自动找到

一个鲁棒参数集, 还可以在变化的阴影水平上调整每个单独图像的参数, 然后评估整个数据集上图像分割算法的鲁棒性^[11-12]。

1.2 评估数据集

基准数据集是专门为评估标准设计的。A. Khan 等^[10]给出了对数据集的完整描述, 它基于包含实体对象的 4 个场景 ($r = 1, \dots, 4$)。利用阴影级别 $b(b = 1, \dots, B)$ 和人工背景高斯噪声 $n(n = 1, \dots, N)$ 的聚合来描述每个图像的阴影级 $A(r, b, n)$, B 和 N 的值分别为 13 和 14。

1.3 评价方法

A. Khan 等^[10]使用的给定基准数据度量是分割度量 (q_1, q_2) 和分类度量 (q_3)。相对于基准数据, 分割度量惩罚检测到的对象与不重叠像素数之间的差异, 分类度量是相对于基准数据的误分类像素的数量。这些度量值 (q_1, q_2, q_3) 使用标准转换为模糊函数, 并表示为 μ_1, μ_2, μ_3 。测度的总体质量度量 $Q(r, b, n)$ 如式 (1) 所示:

$$Q(r, b, n) = \mu_1 \cdot \mu_2 \cdot \mu_3 \tag{1}$$

鲁棒性度量 (R) 为式 (2):

$$R = \frac{\sum_{b=1}^B Q(r, b, b+1)}{B} \tag{2}$$

可以使用标准图像分割评估方法, 如 Rand 指数 (RI) 度量。然而, 该度量方法会严重加权背景, 不利于进行图像分割。由于数据集中存在大量的背景像素, 因此即使算法没有检测到前景对象, Rand 指数也会假设较高的值, 因此, 采用基于前景对象的方法。

1.4 特征计算

针对每个片段类型, 目标特征可以是几何的 (面积、偏心率等)、强度相关的 (亮度、噪声等) 和基于内容的 (子片段数等)。特征提取至关重要, 因为对象分类是在特征空间中进行的。在图像处理过程中, 每选择一个参数集 p , 就会在图像中产生特定数量的片段, 这些片段可能在大小、范围、底层像素值等方面与其他 p 选择获得的片段不同。

基准数据是通过不同对象类型中希望看到的特征 (平均对象大小、对象数量等) 来描述的。基于特征向量 $f_i = (f_{i1}, \dots, f_{im})$ 的标准, 考虑到每段 $i(i = 1, \dots, n_i)$ 需要构建的特征个数为 $j(j = 1, \dots, m)$, 找到的对象数量记为 n_i , 在图像中找到的片段总数 n_c 可以是附加的先验知识。

1.5 自动参数调整

有两种方法可以实现自动参数调整: 1) 对所有图像使用一个鲁棒参数集; 2) 对每个图像分别进行参数调整。根据可用的基准数据类型, 自动参数调整的方式有所不同。当存在绝对基准数据 (每个像素都有一个分段和类分配) 时, 对依赖于 p 的噪声斑点的评价方法可以用模糊术语表示为 $\mu_1(p), \mu_2(p)$ 和 $\mu_3(p)$ 。因此, 每个 p 值的总体质量度量由式 (3) 表达:

$$Q(r, b, n, p) = \mu_1(p) \cdot \mu_2(p) \cdot \mu_3(p) \tag{3}$$

为了计算基于目标特征向量 f_i 的质量度量 Q_{feat} , 由用

户提供字母数字参考特征，用户可以根据待找对象特征的模糊知识推导出这些特征，这些特征用 θ 表示的模糊隶属函数式 (5) 来描述，其中 (a_j, b_j, c_j, d_j) 是梯形函数的边：

$$\theta(f_{ij}, a_j, b_j, c_j, d_j) = \begin{cases} 0, & f_{ij} < a_j \\ \frac{f_{ij} - a_j}{b_j - a_j}, & a_j < f_{ij} \leq b_j \\ 1, & b_j < f_{ij} \leq c_j \\ \frac{d_j - f_{ij}}{d_j - c_j}, & c_j < f_{ij} \leq d_j \\ 0, & d_j < f_{ij} \end{cases} \quad (5)$$

式 (5) 给出的梯形曲线是 f_{ij} 的函数，并且取决于 4 个标量参数 a_j, b_j, c_j 和 d_j 。这些值由用户基于抽象特征信息来设置。对于分割对象中的每个特征值，使用梯形模糊函数对隶属度值 θ 进行评估。

使用用户提供的 (a_j, b_j, c_j, d_j) 作为抽象基准数据，总参考计数 n_c 也可以根据式 (5) 的 θ_i 用模糊术语表示。因此，基于参数向量 p_{user} 的模糊隶属函数的 Q_{feat} 可以写为式 (6)：

$$Q_{feat}(p_{user}) = \frac{\theta_c(p_{user})}{n_t(p_{user})} \sum_{i=1}^{n_t(p_{user})} \left(\prod_{j=1}^m f_{ij}(p_{user}), (a_j, b_j, c_j, d_j) \right) \quad (6)$$

其中： $n_t(p_{user})$ 是基于 p_{user} 分割的对象数量。式 (6) 中的求和项表示所有对象特征与抽象基准数据特征的集体偏差。还需要对式 (6) 中的 p_{user} 进行最大化，以获得最优参数集 $p_{opt, user}$ ，如式 (7) 所示：

$$p_{opt, user}(r, b, n) = \arg \max_{p_{user}} Q_{feat}(p_{user}) \quad (7)$$

式 (6) 和式 (7) 中的下标 “user” 指的是用户定义的抽象基准数据的最佳参数集。在用户提供的抽象基准数据存在的情况下，式 (7) 用于对每个单独图像进行参数自适应调整。整个数据集的鲁棒参数值计算式 (8)：

$$p_{rob} = \arg \max_p R(p) \quad (8)$$

其中： p_{rob} 表示包含越来越高阴影水平的整个数据集的鲁棒参数集。

1.6 反馈参数自适应

图 2 中显示了用于实现反馈参数自适应的流程图。其包含了反馈结构，给出了前馈图像处理结构和参数自适应的新元素。针对不同的情况，采用了两种不同的分割方法，并对分割参数进行了调整。在比较标准的分割方法时，两种情况下（即有反馈和无反馈）图像的形态学操作符结构和预处理及后处理均保持不变。

随后，同时调整图 2 中的其他所有参数，以显示对单参数自适应的改进。在数据集变大或涉及的调整参数数量多需要手动调整的情况下，采用给定的反馈参数自适应方法使计算机程序员能够自动调整图像处理参数。

2 实验结果与分析

本文定义了具有 3 个图像分割算子的图像处理流程，即卷

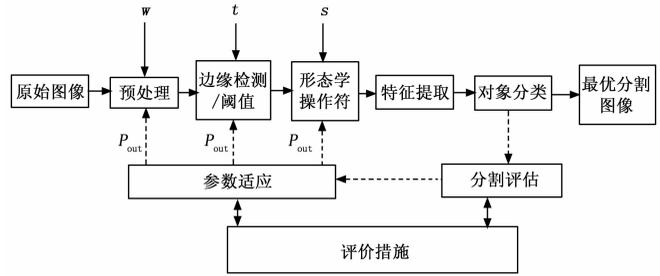


图 2 基准图像分割方法的参数自适应流程

积、阈值、开放运算。参数向量 $p = (\omega, t, s)^T$ 由 3 个参数组成： ω 为图像卷积滤波器大小，强度阈值为 t ，图像打开的结构元素的大小为 s 。图 3 显示了在阴影较小的情况下，程序员手动调整参数的效果。显然， $p = (1, 180, 1)^T$ 的参数集可提供最优结果见图 3 (d)。但是，这可能不是最优参数集 p_{opt} 。

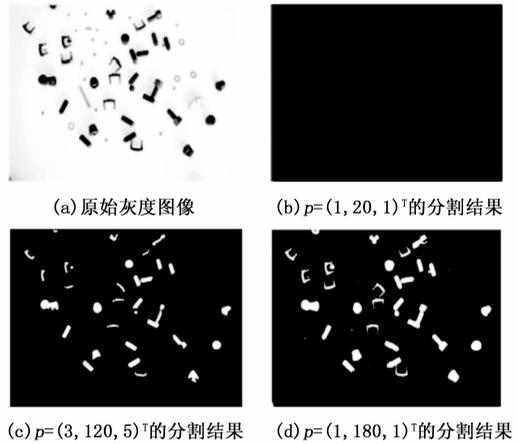


图 3 使用参数集 $p = (\omega, t, s)^T$ 进行分割的结果

如图 4 所示，如果存在较高的阴影，则可能需要一个不同的 p 以获得良好的分割结果，这是由于某些阴影效果也被解释为对象，使用假设的参数集 $p = (1, 180, 1)^T$ 得到了不同的对象特征和错误的对象标注。如图 4 (c) 所示，在该阴影水平，更好的参数集可以是 $p = (3, 120, 5)^T$ ，其

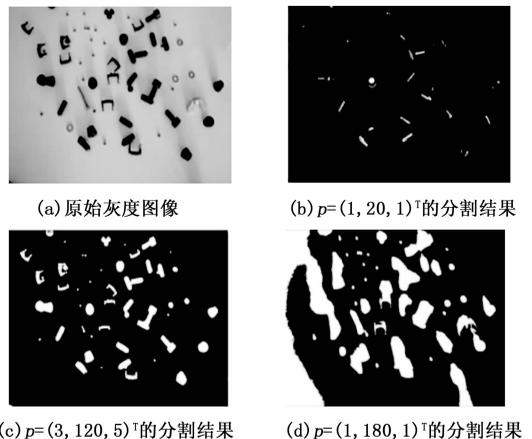


图 4 存在较高的阴影使用参数集 $p = (\omega, t, s)^T$ 的分割结果

中, t 低于 180。因为在较低的值下, 物体的阴影不会被检测到。同样, 较高的 s 将允许使用较低的 t 值来去除较小的噪声斑点。在此, 更改 w 对分割结果影响不大。如果图像数据集很大或涉及很多参数, 那么对于实际应用而言, 找到最佳参数集几乎是不可能的^[15]。

当用户拥有大量具有绝对基准数据的图像并且要在其中分割许多对象时, 即使使用标准方法, 手动参数调整也会非常麻烦。用户可以根据可用的基准数据标记一组图像, 并根据具有不同阴影级别的单个图像使用反馈机制自动调整参数。首先, 整个数据集都采用了在所有阴影级别都最有效的鲁棒参数集; 然后, 使用反馈机制对每个单独的图像进行最优参数设置, 对选定的 Otsu 分割和 Sobel 边缘检测两种分割方法进行了实验。基于图 2 中给出的图像处理流程, 将 Otsu 分割和 Sobel 边缘检测的参数自适应应用于数据集 ($r = 1$)。对于 Otsu 分割, 使用强度阈值 t_{Otsu} , 迭代地调整此参数以查看分割结果。对于 Sobel 边缘检测, 标准应用程序还使用了一个参数并进行了自动参数调整。两种方法的标准实现称为这些方法的前馈应用, 简称为 StdOtsu 和 StdEdge。在标准实现中, 不会手动设置 t_{Otsu} 和 t_{Edge} 的参数值, 而是由各个方法自动选择。但是, 这些值在前馈方法中没有变化, 无法观察到分割结果的改善。

为了进行参数调整, 在 t_{Otsu} 和 t_{Edge} 的边界内使用步长 δ 进行了详尽地搜索。由于图像数据集的强度值归一化在 $[0, 1]$, 因此应在这些范围内指定最高和最低参数值。AutoOtsu 的下限为 $t_{Otsu,low} = 0.1$, 上限为 $t_{Otsu,high} = 0.78$, 其中 $\delta = 0.02$ 。在 AutoEdge 的情况下, $t_{Edge,low} = 0.01$, $t_{Edge,high} = 0.21$, 其中 $\delta = 0.01$ 。图 5 显示了由 $Q(r, b, n)$ 表示的所有方法中, 随着阴影水平 $A(r, b, n)$ 的增加, 性能逐渐下降。为了量化性能, 给出了鲁棒性度量。 $R_{Std, Otsu}$ 和 $R_{Std, Edge}$ 分别是 StdOtsu 和 StdEdge 根据式 (2) 得到的鲁棒性度量。 $R_{Auto, Otsu}$ 和 $R_{Auto, Edge}$ 分别是 AutoOtsu 和 AutoEdge 根据式 (2) 得到的鲁棒性度量。鲁棒性度量越大, 鲁棒性越强。

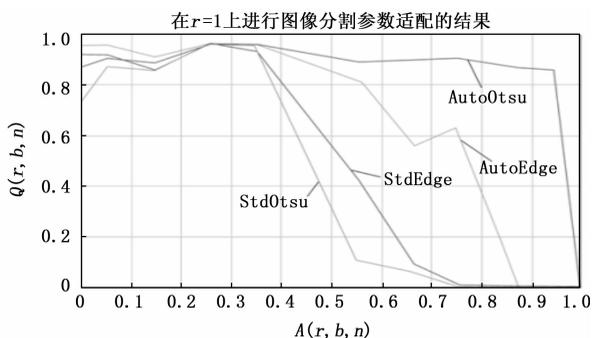


图 5 图像分割参数适应在基准数据集 $r = 1$ 上的结果

Otsu 分割和 Sobel 边缘检测的分割结果如图 6 所示。从图 6 (a)、6 (b) 可以清楚地看到, 由于存在阴影, 使用标准前馈 Otsu 分割时会发现错误的斑点。相反, 当调整阈

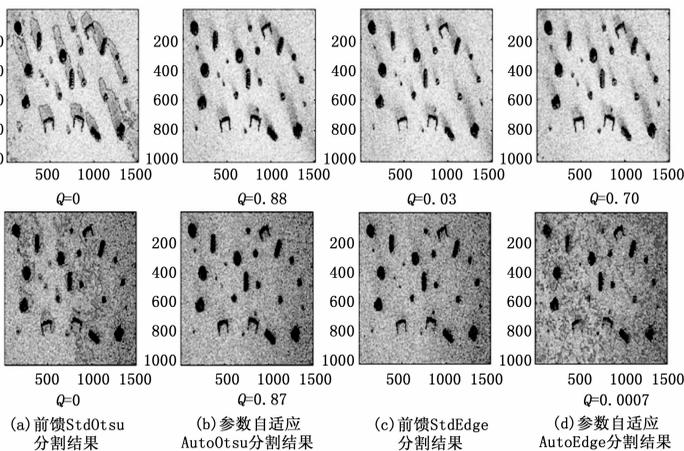


图 6 Otsu 分割和 Sobel 边缘检测的分割结果

值参数时, 在高阴影水平下可获得更好的分割质量。在 Sobel 边缘检测的情况下, 使用两种技术 (即前馈与反馈参数自适应) 对在相同阴影级别发现的斑点进行比较。由于存在阴影, 无法完全检测到边缘, 并且预定义的图像膨胀参数无法形成所有斑点, 导致使用标准前馈应用程序的 $Q(r, b, n)$ 值较低。相反, 当使用反馈迭代调整 t_{Edge} 时, 可以在较高的阴影级别获得更好的分割质量。

3 结束语

基于反馈的图像处理参数自适应方法实际应用可以得到如下结论: 用户可以手动标记一组图像, 无需详细了解图像处理过程即可获得最优参数。与常见的图像处理方法相比, 本文方法参数化程序对噪声和阴影具有较强的鲁棒性。同时, 还可以帮助专家查看整个数据集, 并在变化的阴影级别上为图像调整最优参数。最优图像分割的质量取决于找到特定目标参数的程度。

参考文献:

- [1] 林 达. 基于典型相关分析的高分辨率遥感图像特征融合与分类方法研究 [D]. 武汉: 武汉大学, 2016.
- [2] 吴 宪. 基于对象分割的卫星图像中物体变化检测与识别算法研究 [D]. 北京: 北京交通大学, 2019.
- [3] 李世文. 局部自适应分割算法在 PCB 图像处理中的应用 [J]. 顺德职业技术学院学报, 2019, 17 (2): 9-12.
- [4] 张进猛, 杨会兰, 朱德军. 图像处理边缘检测技术的应用探索 [J]. 通讯世界, 2018 (8): 217-219.
- [5] 夏梦琴, 周 建, 王 静, 等. 基于分水岭分割的图像处理算法研究 [J]. 科技视界, 2019 (17): 71-72.
- [6] 岳温川. 基于多特征和子空间聚类的图像分割方法 [D]. 西安: 西安电子科技大学, 2015.
- [7] 谢 建. 附有先验信息的测量数据处理理论及在大地测量中的应用 [D]. 长沙: 中南大学, 2014.
- [8] 朱浩亮, 李光平. 基于改进布谷鸟搜索算法的图像分割 [J]. 计算机工程与设计, 2018, 39 (5): 1428-1432.
- [9] 蒋 磊. 基于脉冲耦合神经网络图像分割算法研究 [D]. 沈

阳：东北大学，2015.

[10] Khan A, Mikut R, Reischl M. A Benchmark data set to evaluate the illumination robustness of image processing algorithms for object segmentation and classification [J]. PLoS ONE, 2015, 10 (7): 1-9.

[11] 王占鹏. 阴影特征的鲁棒性评价和阴影检测算法 [D]. 沈阳：沈阳理工大学，2016.

[12] Lu Jiaming. SAR image change detection based on correlation Kernel and multistage extreme learning machine [J]. IEEE

Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2016, 54 (10): 5993-6006.

[13] 赵 军. 基于 Top-r 方法的特征选择算法研究 [D]. 长沙：湖南大学，2019.

[14] Barowy D W, Gochev D, Berger E D. CheckCell: data debugging for spreadsheets [J]. ACM Sigplan Notices, 2014, 49 (10): 507-523.

[15] 于海鹏, 魏 涛. 基于 RGB-D 数据集的无参数图像深度估计算法 [J]. 计算机工程与设计, 2014, 35 (4): 1336-1340.

(上接第 152 页)

```
final TableData<InterfaceDatasInfo> tableData = new TableData<>(smartTableTitle, list, pinNumber, circuitCharacteristic, connectionDestination);
interfaceDatasTable = (SmartTable<InterfaceDatasInfo>) findViewById(R.id.interface_datas_table);
//设置连接表格数据
interfaceDatasTable.setTableData(tableData);
//隐藏表题
interfaceDatasTable.getConfig().setShowTableTitle(false);
//设置是否显示顶部序号列
interfaceDatasTable.getConfig().setShowXSequence(false);
//设置是否显示左侧序号列
interfaceDatasTable.getConfig().setShowYSequence(false);
//设置表格单元内容字体大小及颜色
interfaceDatasTable.getConfig().setContentStyle(new FontStyle(40, Color.BLUE));
//设置表格列项点击事件响应
pinNumber.setOnColumnItemClickListener(new OnColumnItemClickListener<String>() {
    @Override
    public void onClick(Column<String> column, String value, String bool, int position) {
        Toast.makeText(InterfaceDatasActivity.this, "点击了" + value, Toast.LENGTH_SHORT).show();
        //不要忘记刷新表格,否则选中效果会延时一步
        interfaceDatasTable.refreshDrawableState();
        interfaceDatasTable.invalidate();
    }
});
.....
}
```

3 软件运行结果

软件编译完成后，安装部署在 Android 系统智能设备上，用户可选择顺序浏览查询、扫码查询、关键字搜索查询 3 种使用方式，运行效果如图 4 所示。

4 结束语

本文介绍了如何利用华为统一扫码服务，实现装备部件的扫码识别，并查询、显示与其相对应的技术信息，同时也实现了关键字搜索查询部件相关技术信息，通过扫码识别查询和关键字搜索查询，将装备信息与装备快速

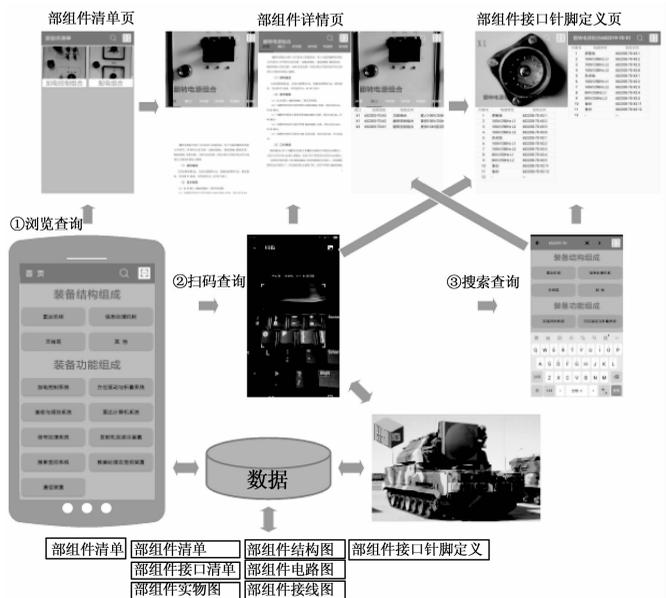


图 4 应用软件运行效果图

关联起来，在装备信息的管理使用上，更加契合现今用户的使用习惯，在装备信息使用管理、技术培训、维修保障等方面具有极大的军事使用价值。

参考文献：

[1] 徐宗昌, 雷育生. 装备 IETM 研制工程总论 [M]. 北京：国防工业出版社，2012.

[2] 张立新, 沈云秋, 李锦冬. 基于 RFID 技术的导弹武器装备管理与保障应用研究 [J]. 计算机测量与控制, 2012, 12 (1): 122-124, 128.

[3] 郭 霖. LitePal 开源数据库框架 [DB/OL]. [2020-03-04]. <https://github.com/guolindev/LitePal>.

[4] barteksc. PDF 文件加载显示库 android-pdf-viewer [DB/OL]. [2020-03-04]. <https://github.com/barteksc/AndroidPdfViewer>.

[5] Bump Technologies. 图片加载缓存库 Glide [DB/OL]. [2020-03-04]. <https://github.com/bumptech/glide>.

[6] 华 为. 华为统一扫码服务 HMS Core Scan Kit [DB/OL]. [2020-03-04]. <https://developer.huawei.com/consumer/cn/doc/development/HMS-Guides/scan-introduction-4>.

[7] Huang Y B. Android 自动生成表格框架 smartTable [DB/OL]. [2020-03-04]. <https://github.com/huangyanbin/smartTable>.