

# 超声乳腺影像的 BIRADS 分类及特征识别

## 赛题说明及参赛细则

### 一、赛题背景

乳腺超声图像分类和乳腺特征识别具有广泛的应用场景，主要包括以下几个方面：可用于乳腺肿瘤的早期诊断和鉴别；可以进行乳腺疾病的筛查和预防工作；基于乳腺超声图像分类和特征识别的分析结果，可以为患者制定个性化的治疗方案。同时，通过定期跟踪乳腺病变的变化，可以评估治疗效果，指导后续治疗方案的调整；也可以为临床医生提供辅助决策支持。

然而，对乳腺癌的超声图像进行分类面临着诸多挑战性问题。

（1）图像质量和解剖结构复杂性：超声图像的质量受到多种因素的影响，如声波穿透深度、乳腺密度、声束散射等。乳腺组织的解剖结构复杂，包括脂肪、腺体、纤维等，这种复杂性可能导致图像中出现阴影、伪影以及结构不清晰等问题，使得肿瘤的检测和定位变得困难。

（2）肿瘤的大小和形态多样性：乳腺肿瘤的大小和形态各异，有的肿瘤可能非常小且形状不规则，有的可能与周围组织密集相似，这增加了在超声图像中准确检测和定位肿瘤的难度。

（3）良恶性肿瘤的特征相似性：有时候良性和恶性乳腺肿瘤在超声图像上的形态特征相似，如边界清晰、内部回声均匀等，

这增加了区分良恶性肿瘤的挑战。

（4）噪声和伪影：超声图像可能受到多种因素的干扰，如仪器噪声、伪影和运动伪影等，这可能导致误检或漏检。

而对超声乳腺影像 BIRADS 分类及对乳腺特征进行有效识别，可以提升乳腺肿瘤分类的准确性，减少误诊和漏诊。同时采用人工智能（AI）算法，实现自动化和标准化的 BIRADS 分类，



可以减少人为误差，提高诊断一致性。通过高效的 AI 算法，可以更好地分配医疗资源，尤其在医疗资源有限的地区，显著提升乳腺癌筛查和诊断能力。

**二、赛题任务**

本赛题聚焦于利用 Ai 算法提高超声乳腺影像中 BIRADS 分类和特征识别的准确性。BIRADS（乳腺影像报告和数据系统）分类是一种评估乳腺健康状况的重要手段，通过对超声影像的特征进行详细识别和分析，医生能够判断乳腺病变的性质并进行相应的治疗建议。

任务描述

参赛选手需设计一个 AI 算法，该算法能够高效处理超声乳腺影像，通过图像识别技术识别乳腺影像中的关键特征，并根据这些特征自动分类 BIRADS 等级以及相关特征识别。

#### 任务说明

输入：经预处理的乳腺超声影像数据集，包含图片及其 ID 号和图片对应的标签。

输出：对于每幅影像，输出其 ID 对应的 BIRADS 分类结果，以及影像中关键特征的识别结果。

### 三、数据集

本次赛题关注超声乳腺影像的 BIRADS 分类及特征识别。

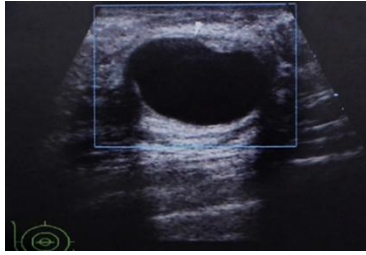
乳腺分类数据集依照 2013 版 BI-RADS 分类标准，总计 7 类：

0 类：资料不全，结合其他检查再评估；[本数据集不做要求]

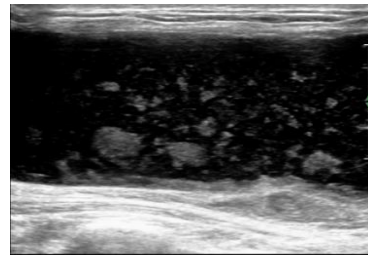
1 类：未见异常。常规体检（1 年 1 次）；[本数据集不做要求]

2 类：良性病变；

单纯囊肿、乳房内淋巴结、术后积液、乳腺植入物、随访无变化纤维腺瘤/复杂囊肿



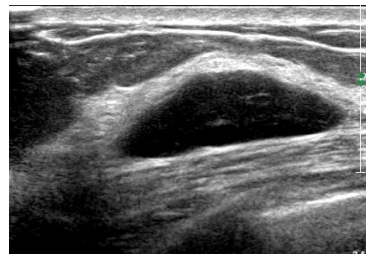
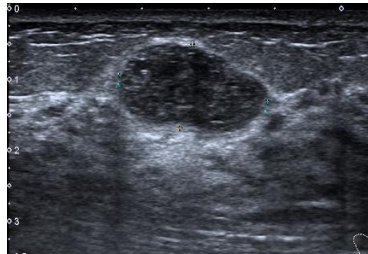
单纯囊肿



乳腺植入物

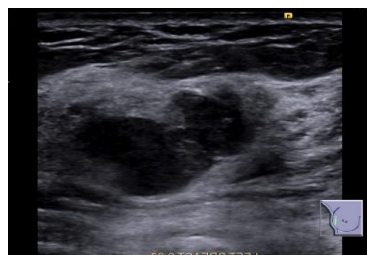
3 类：良性可能性大（ $>0\%$ 但 $\leq 2\%$ ）；

形态规则：椭圆形、大分叶，边缘光整，水平位



4 类：可疑恶性，考虑穿刺活检明确诊断（ $>2\%$ 但 $<95\%$ ）；

4a 级：属于低度可疑恶性， $>2\%$ 但 $\leq 10\%$ ，可扪及的边缘清楚实性肿块，纤维腺瘤、复杂囊肿、可疑脓肿



4b 级：有中度可能恶性的病灶， $>10\%$ 但 $\leq 50\%$ ，边界部分浸润的肿块或脂肪坏死，



4c 级：恶性可能较大， $>50\%$ 但 $<95\%$ ，形态不规则，边缘浸润的实性肿块，

簇状分布的微钙化



简单而言，四类可疑恶性征象描述词：形态不规则，垂直生长，边缘不光整，微钙化。

满足一项为 4a,同时满足两项为 4b,同时满足三项为 4c

5 类：高度可疑恶性（ $\geq 95\%$ 的恶性可能）做临床处理；



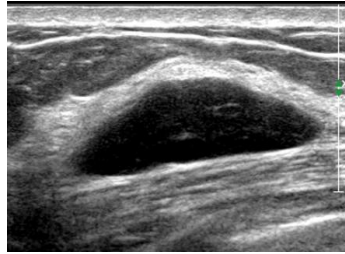
简单而言具有 $\geq 4$ 个以上恶性征像。

6 类：病理证实为恶性病变，但尚未接受外科切除、放化疗或全乳切除术等。[本数据集不做要求]

乳腺特征数据集包含乳腺的 4 类特征：方位，边缘，钙化，形状，其中标签使用 0 和 1 来表示，0 表示良性特征，1 表示恶性特征。

方位：包含平行和不平行，标签 0 为平行，1 为不平行。

平行：即水平位。肿块长轴与皮肤平行；



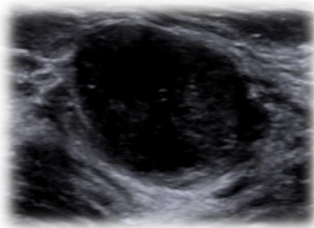
不平行：即垂直位，前后径大于横径



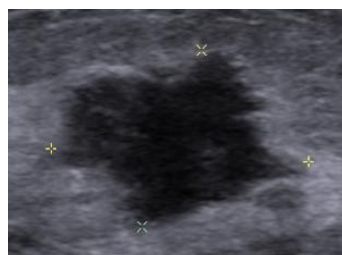
一般以肿块最长轴的断面来判断生长方位

**边缘：**指肿块的边界，包含光整和不光整，标签 0 为光整，1 为不光整

光整：指边缘有明确的界定，病灶和周围组织有突变



不光整：模糊(包括高回声晕)、成角、微小分叶、毛刺状

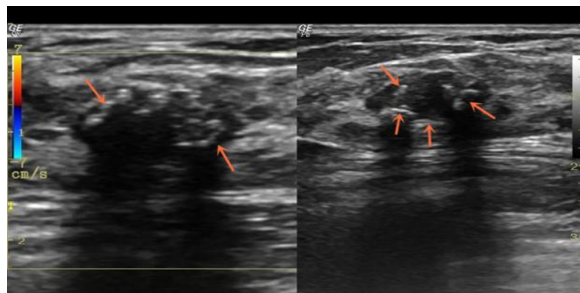




**钙化：**包含有钙化和无钙化，标签 0 为有钙化，1 为无钙化。

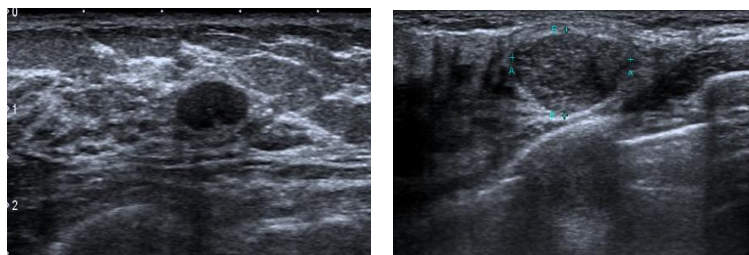
钙化：在超声图像上就可以看到局部是很白的亮点

无钙化：即超声局部图像上无明显的很白的亮点。

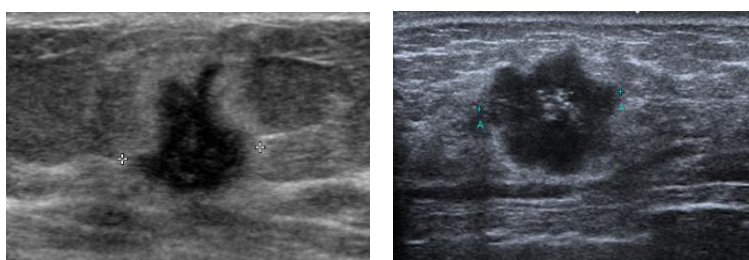


**形状：**分为规则和不规则，标签 0 为规则，标签 1 为不规则

规则：圆形或椭圆形、大分叶



不规则：既非圆形，也非椭圆形。



特征数据集四类特征的原图片均相同，但不同的特征对应各自标注数据。上述数据集由专业医师辅助标注，以保证数据标注的准确性。

特征数据集和乳腺分类数据集都有两个文件 `images` 和 `labels`

文件，每个文件下分别划分 **train**，**val** 和 **test** 为本次比赛提供的训练,验证和测试集文件夹，选手可以基于文件夹中的训练，验证数据集进行开发验证模型。

可以通过 **pickle** 读取数据集文件：

```
import pickle
```

```
with open('train.pkl', 'rb') as fp:
```

```
    train = pickle.load(fp, encoding='bytes')
```

```
train.keys()
```

数据集字段说明如下：

train_class_name	训练数据中包含的 <b>BIRADS</b> 类别名称
ID	训练数据集的 <b>ID</b> 号
train_feature_res	训练数据包含的各类特征类型

表 1.train.pkl 训练集输入数据

train_class_names	训练输出 <b>BIRADS</b> 类别名称
train_feature_res	训练输出各类特征类型

表 2. train.pkl 训练集目标数据

test_class_names	测试数据中包含的 <b>BIRADS</b> 类别名称
ID	测试数据集的 <b>ID</b> 号
test_feature_res	测试数据包含的各类特征类型

表 3. test.pkl 测试集输入数据

#### 四、解题思路

数据预处理：

对获取的超声乳腺影像数据进行预处理，包括图像去噪、



对比度增强、尺寸标准化等操作，以提高后续特征提取和模型训练的效果。

### **基于数据集构造特征分析模型：**

构造一个包含方位、边缘、钙化和形状等特征的乳腺肿瘤识别模型。

### **应用机器学习、深度学习模型：**

使用卷积神经网络(CNN)来处理图像数据，提取关键特征。可以使用多尺度卷积，以提取不同尺度的区域特征，并融合所得到的特征图，使其包含更丰富的全局和局部特征信息。

可以考虑加入注意力机制，通过学习获取每个特征通道的重要程度，然后按照重要程度保留有用特征的权重，减弱无用特征的权重。

利用迁移学习提高模型效率，尤其在数据较少的情况下。

图像分割技术如 U-Net 用于精确的边缘和形状识别。

### **模型优化和评估：**

使用交叉验证等方法对训练好的模型进行评估，调整模型参数并优化模型结构，以提高模型的泛化能力和准确率。

详细记录和分析每次实验的输出结果，计算均值，确保结果的可靠性和准确性。

## **五、评价方式**

根据参赛队伍提供的预测结果文件，计算准确率、特征预测准确率、灵敏度、特异性和 F1 分数的平均得分，综合算法速

度计算综合评分。

评价指标：

准确率（Accuracy）：

计算模型预测肿瘤分类（良性或恶性）的准确率。

$$Accuracy = \frac{Number\ of\ correct\ predictions}{Total\ predictions} * 100$$

特征预测准确率：

分别计算模型对方位、边缘、钙化和形状四个特征的预测准确率。

$$Feature\ Accuracy = \frac{Number\ of\ correct\ feature\ predictions}{Total\ feature\ predictions} * 100$$

计算每一种特征的预测准确率，将四种特征准确率相加取平均得到特征预测准确率。

灵敏度和特异性：

灵敏度：测量模型识别恶性肿瘤的能力。

$$Sensitivity = \frac{TP}{TP + FN}$$

特异性：测量模型正确识别良性肿瘤的能力。

$$Specificity = \frac{TN}{TN + FP}$$

F1 分数：

考虑精确率和召回率，评估模型在不平衡数据集上的性能。

$$F1\ score = \frac{Precision \times Recall}{Precision + Recall}$$

交叉验证得分：

考虑到乳腺肿瘤大小形态差别较大，使用交叉验证方法来评估模型在不同数据子集上的表现，增强评估的稳定性和可靠性。

算法速度（Speed）：

评估算法处理整个测试集所需的时间（秒），较短的执行时间表示较高的算法效率。

综合评分计算：

计算公式为  $O = A * 0.8 + T * 0.2$ ,

A 表示算法性能得分，综合准确率、特征预测准确率、灵敏度、特异性和 F1 分数的平均得分。计算公式为

$$A = Accuracy * 0.4 + Feature\ Accuracy * 0.4 + 0.1 * F1\ score + 0.05 * Sensitivity + 0.05 * Specificity,$$

T 表示所设计算法的运行时间得分。所有参赛队伍设计的算法的运行时间记为集合  $\mathcal{T}$ ，选手的运行时间  $t \in \mathcal{T}$ ,

$$\text{则 } T = \frac{\max \mathcal{T} - t}{\max \mathcal{T} - \min \mathcal{T}} * 100\%。$$

其他考虑因素：

资源使用率和能耗：评估模型在数据处理时的资源消耗，包括 CPU 和内存使用，以及能源消耗。

评分加权调整与惩罚机制：根据比赛的重点调整评分权重，

对模型中存在的`不合理之处`或`重大缺陷`设置惩罚分。

说明：

- 为确保评价的全面性，算法性能和速度将同时考虑，以准确率和执行时间的加权得分作为最终评价标准。
- 如果算法存在`不合理之处`或`重大缺陷`，其综合评分将受到影响，可能为 0。

## 六、成绩提交

提交材料清单明细如下，提交方式另行通知。

**源代码包：**

- 包含所有必要的源代码文件，确保能够独立运行并重现您的模型训练和测试过程。
- 文件格式：`.zip` 或 `.tar.gz`，请勿包含任何可执行文件或脚本以保障安全性。

**算法描述文档：**

- 详细描述所使用的模型、算法逻辑、步骤以及优化策略。
- 包括模型架构、训练过程、特征处理方法等，确保其他研究者能够根据文档复现结果。
- 文件格式：`.pdf`

**结果报告：**

- 包括模型性能评估指标、训练日志摘要、训练时间及对结果的分析。
- 文件格式：`.pdf`

### 数据使用声明：

- 说明所用数据集来源、处理步骤及遵守的版权规定（出题方提供模板）。
- 文件格式：.pdf

### 代码运行环境配置文件：

所有代码需在指定的 Docker 镜像环境中运行，确保环境一致性。请在提交前，使用提供的 Docker 镜像测试代码的可执行性。请提交：

- Docker 镜像地址上传地址：`www.xxx.com/image1`
- Docker 镜像拉取命令：`docker pull ai-challenge-official/runtime:latest`
- Docker 镜像说明文档

代码签名文件：为确保数据完整性，随源代码一同提交一个基于 SHA-256 对出题方提供文件进行签名的文件签名（例如：`source_code_signature.txt`），用于验证出题方提供的代码未被篡改。

成绩文件：参考 `sample_submission.csv`

ID	Label	Location	Edge	Calcification	Shape
1	预测 1	预测 2	预测 3	预测 4	预测 5
2	预测 1	预测 2	预测 3	预测 4	预测 5

表 1. `sample_submission.csv` 字段说明

## 七、参考文献

[1] 陶承颜,冉素真,林芸,陈松.自动乳腺超声诊断系统在乳腺微小结节良恶性鉴别诊断中的价值[J].临床超声医学杂志,2020,22(08):605-608.

[2] Dalal N, Triggs B. Histograms of oriented gradients for human detection. Proceedings of the 2005 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'05). San Diego: IEEE, 2005. 886–893.

[3] Cao W, Chen H D, Yu Y W, et al. Changing profiles of cancer burden worldwide and in China: a secondary analysis of the global cancer statistics 2020[J]. Chinese Medical Journal, 2021, 134(7): 783-791.

[4] 杨帆. 基于特征融合的乳腺肿瘤超声图像辅助诊断研究[D]. 燕山大学, 2019.

[5] Liu J, Zhao L, Han X, et al. Estimation of malignancy of pulmonary nodules at CT scans: Effect of computer-aided diagnosis on diagnostic performance of radiologists[J]. Asia-Pacific Journal of Clinical Oncology, 2021, 17(3): 216-221.

[6] Inoue K, Yamanaka C, Kawasaki A, et al. Computer aided detection of breast cancer on ultrasound imaging using deep learning[J]. Ultrasound in Medicine and Biology, 2017, 43: 19-34.

## 八、省赛说明

- 1.获奖比例与大赛组委会公布的获奖比例一致；
- 2.省赛榜单截止时间：10月31日前，具体事宜另行通知；
- 3.数据不能用于其他用途，仅限比赛使用。

## 九、总决赛

- 1.获奖比例与大赛组委会公布的获奖比例一致；
- 2.省赛结束后另行通知；
- 3.数据不能用于其他用途，仅限比赛使用。

## 十、联系方式

### （一）赛题负责人

联系人：孙俊

赛题交流 QQ 群：136366826

邮箱：sunjun\_wx@hotmail.com

### （二）国赛组委会

国赛组委会邮箱：lican@digix.org.cn

国赛参赛学生交流 QQ 群：635906376、695491030

大赛官网：www.digix.org.cn