

多模态医学影像配准、分割与可视化系统

系统测试报告

版本 <1.1>

修订历史记录

日期	版本	说明	作者
<日/月/年>	<x. x>	<详细信息>	<姓名>
2021.01.04	1.0	迭代三测试报告	李陈豪

目录

1.	简介	3
1.1	目的	3
1.2	范围	3
1.3	定义、首字母缩写词和缩略语	3
2.	测试概要	3
3.	测试环境	4
4.	测试结果及分析	4
4.1	需求覆盖率及缺陷分布	11
5.	缺陷清单	13
6.	测试结论与建议	14

系统迭代三测试报告

1. 简介

1.1 目的

针对“多模态医学影像配准、分割与可视化系统”迭代二进行测试，并总结相应测试报告。

1.2 范围

“多模态医学影像配准、分割与可视化系统”中的前端功能性界面，前后端数据通信功能，前端图像处理功能等模块进行测试。

1.3 定义、首字母缩写词和缩略语

Qt: 跨平台 C++ 图形用户界面应用程序开发框架

VTK: Visualization ToolKit 是一个开源的免费软件系统，主要用于三维计算机图形学、图像处理和可视化。Vtk 是在面向对象原理的基础上设计和实现的，它的内核是用 C++ 构建的，包含有大约 250,000 行代码，2000 多个类，还包含有几个转换界面，因此也可以自由的通过 Java, Tcl/Tk 和 Python 各种语言使用 vtk。

2. 测试概要

2020 年 12 月 25 日起，由罗媚、赵语云针对图像分割、多模态影像配准、通用图像处理算法进行性能测试，针对前端的图像标注功能进行测试，并进行前端集成测试

2020 年 12 月 20 日起，由张诏崴针对后端的 API 进行功能和性能测试，包括病例、图片、机器学习预测、用户接口的性能，测试效率、负载上的性能，预测的可靠性测试。

2020 年 12 月 15 日起，由李陈豪针对图片数据的上传下载，图片数据的预测功能进行单元测试，对客户端界面的图片下载功能进行集成测试，使用 Qt 的 Test 模块进行单元测试的设计，针对客户端的用户图形界面进行测试。

2020 年 11 月 28 日起，由罗媚、赵语云针对用户图形界面的兼容性进行测试。测试环境

主要有 Mac OS 系统和 Windows 系统，测试图形界面已实现的功能在不同平台的兼容性。

2020 年 11 月 25 日起，由李陈豪针对病例数据上传修改获取等功能、图片数据上传下载进行单元测试。使用 Qt 的 Test 模块进行单元测试的设计，对通信所需的发送信息、认证信息、获取信息等功能分别进行单元测试。

2020 年 11 月 24 日起，有赵语云、罗媚针对用户界面所需的图像处理相关算法进行性能测试。针对图像处理功能中涉及到的多模影像配准，图像分割，通用图像处理算法性能进行测试。

2020 年 11 月 7 日起，由李陈豪针对用户登录注册功能所涉及到的系统中前后端通信接口模块进行单元测试。使用 Qt 的 Test 模块进行单元测试的设计，对通信所需的注册、发送信息、认证信息、获取信息等功能分别进行单元测试。

2020 年 11 月 1 日起，由罗媚、赵语云针对图形用户界面登录注册界面，医学影像三视图显示模块、三维重建、通用图像处理与图像配准模块进行测试。在 Windows 和 MacOS 系统分别对图形用户界面的登录、注册、读取影像图片等交互功能进行测试。

3. 测试环境

测试环境主要使用 Macbook Pro 搭建 Qt Test 项目进行测试。平台测试主要在 Mac OS 和 Windows 系统下进行测试。

4. 测试结果及分析

测试数据和数据库完整性：

1. 使用命令行连接数据库 -- 连接成功并可操控数据库
2. 查看数据库表 -- 应显示创建的所有库表
3. 对每个表的数据都进行增删改查测试 -- 数据并生产相应变化

测试 Authorization 前后端通信功能（Qt 单元测试运行结果见图 4）：

1. 用户 register 功能 -- 后端正确返回状态码，用户能够查询到新注册的信息
2. 用户获取 user information 功能 -- 后端根据用户 token 正确返回状态码，能够检查用户 token 是否合法并作出不同回应
3. 用户获取 token 功能 -- 后端根据用户信息返回 token，能够正确检查用户信息是否合法
4. 用户认证 token 功能 -- 后端检查用户 token 是否合法，并返回相应状态码

5. 用户删除 token 功能 -- 后端删除用户 token，并正确返回相应状态码

```
***** Start testing of TestLogin *****
Config: Using QTest library 5.12.4, Qt 5.12.4 (x86_64-little_endian-lp64 shared (dynamic) release build; by Clang 10.0.0 (clang-1000.11.45.5) (Apple))
PASS : TestLogin::initTestCase()
PASS : TestLogin::test_case1()
PASS : TestLogin::test_id()
PASS : TestLogin::test_pwd()
PASS : TestLogin::cleanupTestCase()
Totals: 5 passed, 0 failed, 0 skipped, 0 blacklisted, 203ms
***** Finished testing of TestLogin *****

***** Start testing of TestCommun *****
Config: Using QTest library 5.12.4, Qt 5.12.4 (x86_64-little_endian-lp64 shared (dynamic) release build; by Clang 10.0.0 (clang-1000.11.45.5) (Apple))
PASS : TestCommun::initTestCase()
QDEBUG : TestCommun::test_case1() "Host requires authentication"
PASS : TestCommun::test_case1()
QDEBUG : TestCommun::test_case2() "Host requires authentication"
PASS : TestCommun::test_case2()
PASS : TestCommun::test_case3()
QDEBUG : TestCommun::test_case4() "Error transferring http://42.193.8.10:5000/v1/auth/register - server replied: CONFLICT"
PASS : TestCommun::test_case4()
PASS : TestCommun::test_case5()
PASS : TestCommun::cleanupTestCase()
Totals: 7 passed, 0 failed, 0 skipped, 0 blacklisted, 1326ms
***** Finished testing of TestCommun *****
```

图 1. 客户端登录注册及传输接口单元测试结果

```
***** Start testing of TestPatient *****
Config: Using QTest library 5.12.4, Qt 5.12.4 (x86_64-little_endian-lp64 shared (dynamic) release build; by Clang 10.0.0 (clang-1000.11.45.5) (Apple))
PASS : TestPatient::initTestCase()
PASS : TestPatient::test_case1()
PASS : TestPatient::test_case2()
PASS : TestPatient::test_case3()
PASS : TestPatient::test_case4()
PASS : TestPatient::test_case5()
PASS : TestPatient::cleanupTestCase()
Totals: 7 passed, 0 failed, 0 skipped, 0 blacklisted, 2899ms
***** Finished testing of TestPatient *****
```

图 2. 客户端病例数据传输接口单元测试结果

```
***** Start testing of testImage *****
Config: Using QTest library 5.12.4, Qt 5.12.4 (x86_64-little_endian-lp64 shared (dynamic) release build; by Clang 10.0.0 (clang-1000.11.45.5) (Apple))
PASS : testImage::initTestCase()
PASS : testImage::test_case1()
PASS : testImage::test_case2()
PASS : testImage::test_case3()
PASS : testImage::test_case4()
PASS : testImage::test_case5()
PASS : testImage::test_case6()
PASS : testImage::cleanupTestCase()
```

图 3. 客户端图片数据传输接口单元测试结果

测试病例数据前后端通信功能（Qt 单元测试运行结果见图 5）：

1. 客户端发送创建病例请求 -- 后端正确处理请求并返回相应状态码
2. 客户端发送查询病例请求 -- 后端检查用户发送的用户 ID 并返回相应状态码及数据体
3. 客户端发送病例修改请求 -- 后端正确处理请求并返回状态码
4. 客户端发送删除病例请求 -- 后端检查用户权限并处理请求

测试图片文件数据前后端通信功能（Qt 单元测试运行结果见图 6）：

1. 客户端获取指定病例的影像数据 -- 后端正确处理并发送图片数据，客户端能够本地保存并正确读取下载后的数据
2. 客户端上传本地图片文件 -- 后端正确处理保存文件并返回相应状态码
3. 客户端上传本地图片文件获取病灶预测结果 -- 后端正确处理并对图片进行分类预

测，返回预测结果

4. 客户端使用异步方法获取指定病例的影响数据--后端正确处理请求发送图片数据，客户端能够在下载的同时进行其他客户端操作
5. 客户端上传本地图片的标注结果 -- 后端正确处理请求并存储标注数据
6. 客户端下载后端的图片标注结果 -- 后台正确处理请求并返回指定病例指定图片的标注结果

测试客户端登陆注册可视化界面：

1. 测试登陆功能 -- 后端能正确处理输入正确的账号密码以及不合法的帐号密码的操作
2. 测试注册功能 -- 后端注册完毕后跳转到登陆界面

测试图形用户界面交互功能：

1. 用户登录界面 -- 登录后正确进入主功能界面，若关闭能正确退出程序
2. 三视图显示界面 -- 能够正确提供四视窗口
3. 图片读取功能 -- Windows 系统程序运行正确，MacOS 程序崩溃
4. 图像分割界面功能 -- 符合预期
5. 图像配准图形界面交互功能 -- 结果符合预期
6. 图像下载上传交互界面功能 -- 出现第一次下载后不能再次下载的缺陷，已修复
7. 图像预测交互功能 -- 符合预期
8. 病例数据的新增和获取 -- 结果符合预期
9. 客户端病例数据管理界面 -- 结果符合预期

测试三维重建功能：

1. 用户读取图片
2. 点击 volume rendering 的按钮，触发三维重建——Windows 系统程序运行正常，MacOS 系统崩溃

测试图像处理相关功能：

1. 测试三组数据的配准算法得到的误差，包括误差平均值，中位数，标准差，最小值，最大值，单位为毫米，性能测试效果如表 1 所示
2. 测试图像分割算法的精度，对分割算法的 DSC、PPV、Sensitivity 分别进行了测试作为性能测试的指标，测试结果如表 2 所示
3. 对图像处理相关算法包括高斯模糊等算法进行人工判断，对前端的图像处理接口进行集成测试 -- 算法行为符合预期

机器学习肿瘤预测测试：

1. 在测试集中测试的精度为 86%。
2. 机器学习训练集大小为 2800 张图片。测试集和验证集大小为 222 张图片。

测试服务器的性能：

1. 测试服务器登录接口的负载和响应时间测试

2. 测试服务器获取病例数据接口的负载和响应时间测试
3. 测试服务器获取图片元数据接口的负载和响应时间测试

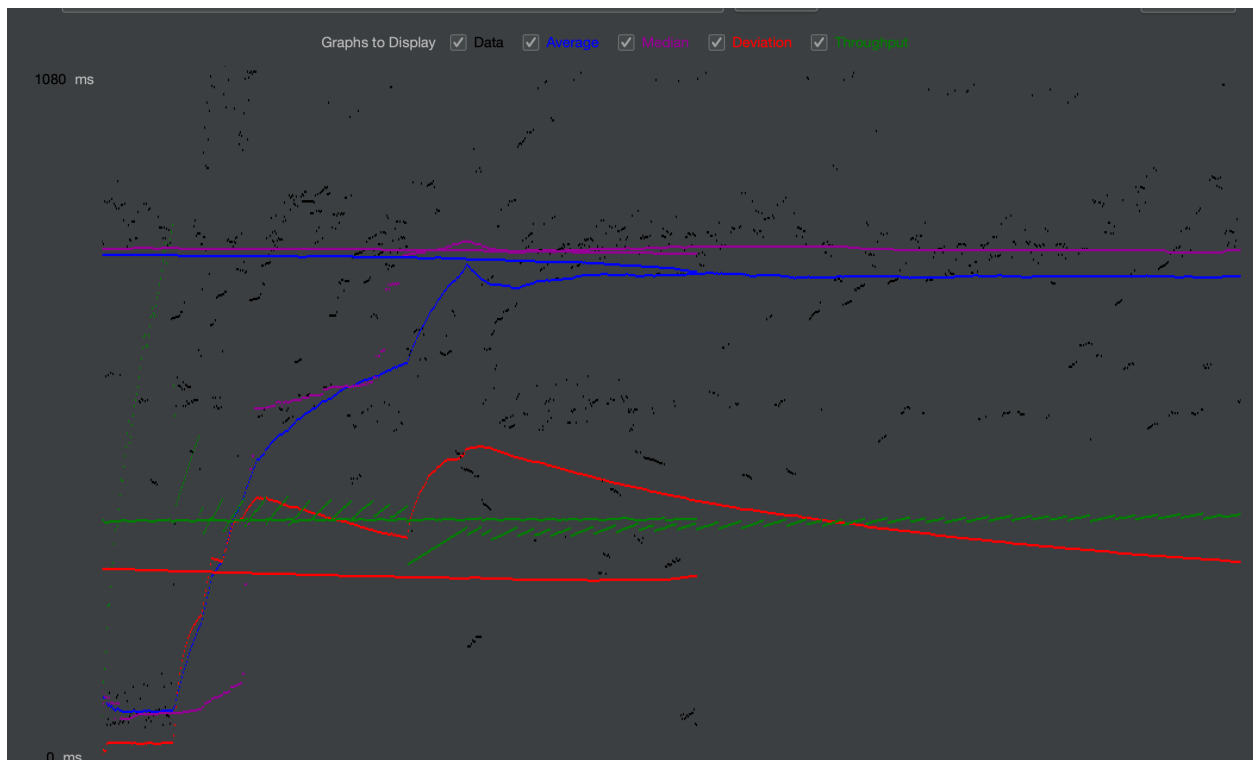


图 4. 服务器登录接口的负载测试图

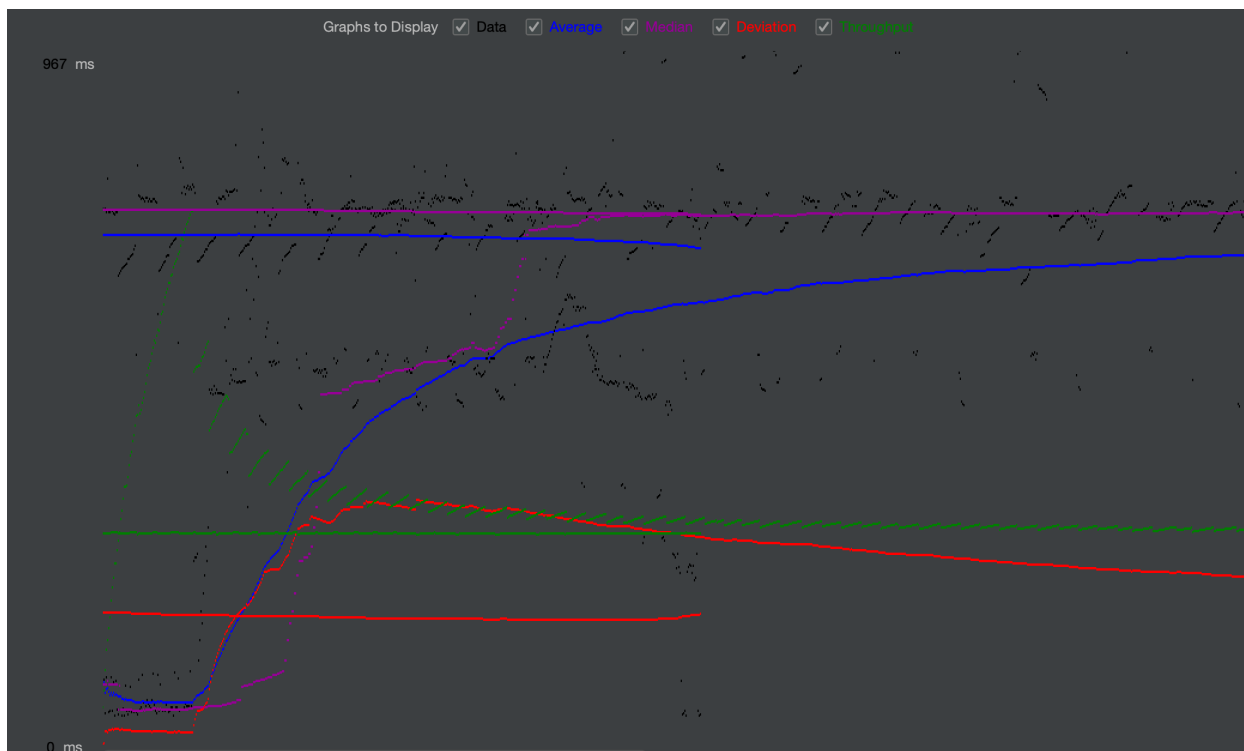


图 5. 服务器获取病例数据接口的负载测试图

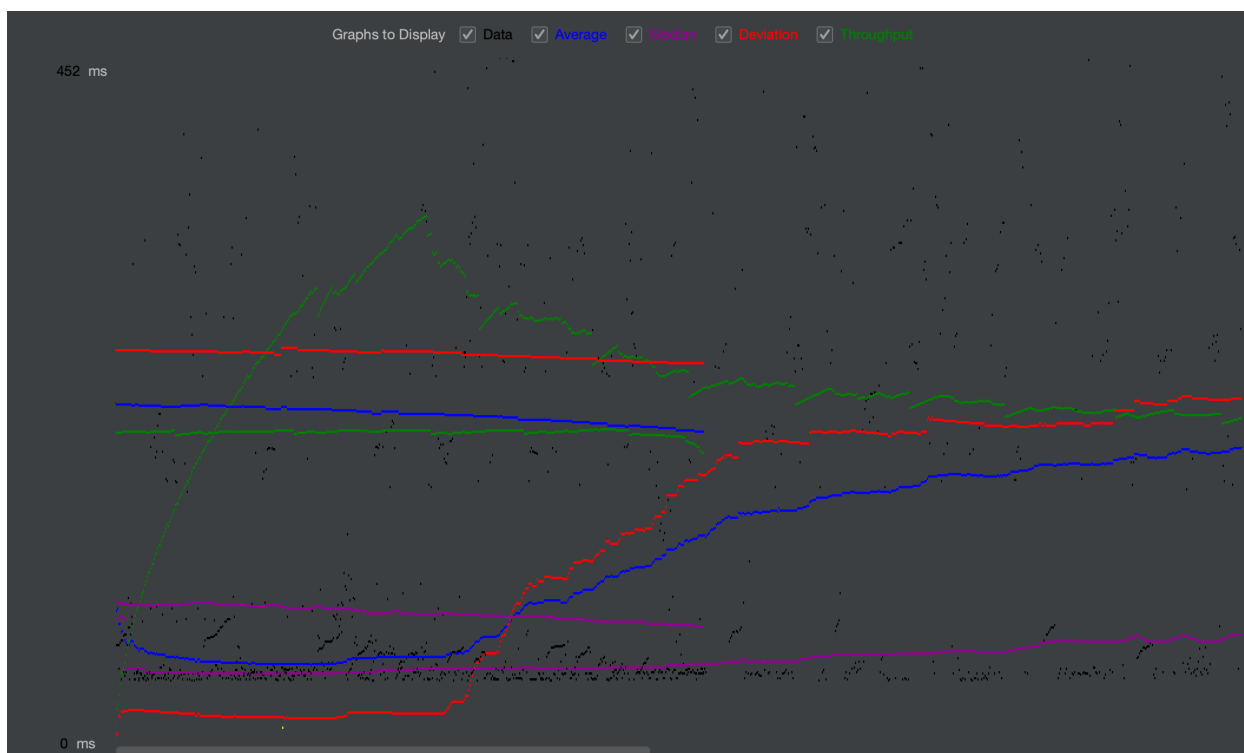


图 6. 服务器获取图片元数据接口的负载测试图

表 1 三组数据的配准误差统计

病例编号		误差平均值 (mm)	中位数 (mm)	标准差 (mm)	最小值 (mm)	最大值 (mm)
配准 前	C3L-03728	60. 2898	60. 9977	8. 3798	45. 9577	70. 3576
	C3L-03266	53. 0130	52. 7797	6. 6471	44. 8321	67. 6285
	C3L-03260	220. 2323	218. 5834	11. 3730	206. 6505	240. 1844
配准 后	C3L-03728	1. 6525	1. 3823	0. 8357	0. 5459	3. 0131
	C3L-03266	1. 0406	1. 0712	0. 4095	0. 5590	1. 7980
	C3L-03260	1. 3031	1. 1154	0. 6544	0. 4823	2. 2324

表 2 图像分割精度统计

	DSC	PPV	Sensitivity
平均值	0. 9130	0. 9387	0. 8910
标准差	0. 0188	0. 0297	0. 0452
中位数	0. 9210	0. 9552	0. 9077
最大值	0. 9404	0. 9825	0. 9536
最小值	0. 8803	0. 8838	0. 8000

表 3 服务器登录接口性能测试

Label	#Samples	Average	Median	90% Line	95% Line	99% Line	Min	Maximum
HTTP Request	2500	758ms	786ms	1051	1233	1773	43ms	2051ms
Label	Error%	Through put	Receiv e	Sent KB/s				

HTTP Request	0.00%	61.0/s	12.15	15.54				
-----------------	-------	--------	-------	-------	--	--	--	--

表 4 服务器获取病例数据接口性能测试

Label	#Samples	Average	Median	90% Line	95% Line	99% Line	Min	Maximum
HTTP Request	2500	692ms	739ms	812	988	1035	41ms	2022ms
Label	Error%	Through put	Receiv e	Sent KB/s				
HTTP Request	0.00%	66.5/s	33.00	19.81				

表 5 服务器获取图片元数据接口性能测试

Label	#Samples	Average	Median	90% Line	95% Line	99% Line	Min	Maximum
HTTP Request	2500	205ms	76ms	472	611	1073	0ms	2537ms
Label	Error%	Through put	Receiv e	Sent KB/s				
HTTP Request	0.16%	178.6/s	50.73	63.92				

- 表中相关项说明：
- 1. Sample： 总共发出的请求数量。
 - 2. Average： 平均响应时间。
 - 3. Medium： 中位数，50%用户响应时间（单位是毫秒）
 - 4. 90%Line： 90%用户响应时间（单位是毫秒）
 - 5. Min： 最小响应时间
 - 6. Maximum： 最大响应时间

- 7. Error%: 请求错误的数量
- 8. Throughput: 吞吐量每秒钟完成的请求数量
- 9. Sent: 每秒钟从服务器收到的数据量

表 6 客户端图像分割性能测试

Sample	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8
图像大小	512*512*106	512*512*106	512*512*106	512*512*106	512*512*125	512*512*125	512*512*125	512*512*125
整体效率	4162ms	4170ms	4165ms	4160ms	4485ms	4490ms	4484ms	4478ms
算法效率	4152ms	4160ms	4140ms ms	4148ms	4465ms	4470ms	4463ms	4459ms

4.1 需求覆盖率及缺陷分布

表 7 需求覆盖率及缺陷分布

测试内容		测试用例数	需求覆盖率	缺陷数	缺陷率	备注
功能	前端用户认证通信 API	7	3%	0	0%	
	前端病例数据通信 API	5	5%	0	0%	
	前端图片数据通信 API	8	5%	0	0%	
	前端登陆注册 API	3	3%	0	0%	

	图形交互界面	9	20%	1	11%	图片可视化在 MacOS 系统不显示
	三维重建	2	6%	1	50%	3D 渲染在 MacOS 系统不显示
	图像配准功能	4	5%	0	0%	
	图像分割功能	4	5%	0	0%	
	图像处理功能	4	5%	0	0%	
	后端 Consul	4	2%	0	0%	
	后端 Redis	2	2%	0	0%	
	后端认证服务	4	2%	0	0%	
	后端图像服务	4	2%	0	0%	
	后端病例服务	4	2%	0	0%	
	功能项小计	64	67%	2	3.1%	
性能	多模态影像配准	3	5%	0	0%	精度结果详见表 1
	图像分割算法精度	5	5%	0	0%	精度结果详见表 2
	后端负载效率测试	3	5%	0	0%	结果详见表 3-5
	图像处理的效率测试	4	5%	0	0%	结果详见表 6

	性能项小计	15	24%	0	0%	
兼容性	客户端跨平台兼容性	2	6%	1	50%	MacOS 部分不支持
易用性	UI 用户界面测试	-	7%	-	-	
	总计	81	100%	3	3.7%	

缺陷严重程度

表 8 缺陷严重程度

严重程度	致命	严重	一般	细微	总数
缺陷个数	0	0	2	1	3
占缺陷百分比	0%	0%	66%	33%	100%

5. 缺陷清单

表 9 功能性缺陷列表

序号	缺陷编号	严重程度	功能模块	缺陷标题	缺陷描述
1	1	一般	图片可视化	MacOS 系统 图片不显示	VTK 部分模块需要英伟达显卡，在 MacOS 不可用，导致无法正常显示
2	2	一般	三维重建	MacOS 系统 渲染 3D 不显示	当 view4 窗口（UI 中显示三维重建的右下角窗口）调用 GetRenderWindow 函数运行不正常
3	3	细微	图片数据	图片上传的	前端使用 QT 模块发送的数据流在后端不

			通信	缺陷	能正确识别，已通过调用 curl 指令解决
--	--	--	----	----	-----------------------

表中相关项说明：

- 1) 缺陷编号：为每个缺陷赋予一个唯一的编号，可以通过此编号对缺陷进行跟踪。例如：Bug001。
- 2) 缺陷严重程度：缺陷可以根据严重程度分为以下几种情况。
 - (1)致命 (fatal)：致命的错误，测试执行直接导致系统死机、蓝屏、挂起、或是程序非法退出；系统的主要功能或需求没有实现。
 - (2)严重 (critical)：严重错误，系统的次要功能点或需求点没有实现；数据丢失或损坏。执行软件主要功能的测试用例导致系统出错，程序无法正常继续执行；程序执行过于缓慢或是占用过大的系统资源。
 - (3)一般 (major)：不太严重的错误，这样的缺陷虽然不影响系统的基本使用，但没有很好地实现功能，没有达到预期的效果。如次要功能丧失，界面错误，打印内容、格式错误，提示信息不太正确，或用户界面太差，简单的输入限制未放在前台进行控制，删除操作未给出提示，操作时间长等。
 - (4)细微 (minor)：一些小问题，对功能几乎没有影响，产品及属性仍可使用。如软件的实际执行过程与需求有较小的差异；程序的提示信息描述容易使用户产生混淆；有个别错别字、文字排列不整齐；辅助说明描述不清楚，显示格式不规范，长时间操作未给用户进度提示，提示窗口文字未采用行业术语，可输入区域和只读区域没有明显的区分标志，系统处理未优化等。
- 3) 功能模块：所测试并出现该缺陷的功能模块名称。
- 4) 缺陷标题：描述缺陷的标题。
- 5) 缺陷描述：对缺陷的详细描述。描述缺陷的重现步骤和问题所在，描述需清晰明了，使研发人员可以按照描述将缺陷重现出来。必要时可以放上相应的截图，以便于研发人员理解问题所在。

6. 测试结论与建议

用户 Authorization 功能模块测试结果符合预期。

病例数据及图像数据传输通信结果大部分符合预期，出现细微缺陷。

用户端图像处理相关算法结果符合预期。

用户图形交互界面需解决图形可视化在 MacOS 系统崩溃问题，建议调查 VTK 库有无替代函数。

GetRenderWindow 在 windows 系统下不会崩溃，只在 MacOS 系统下崩溃，建议调查一下 VTK 库是否与 MacOS 系统相性不和。