

【Café 速递】孙嘉：高光谱激光雷达植被生化参数遥感定量反演

核心提示：想知道高光谱激光雷达新型仪器在植被定量反演的强大力量吗？想收获武汉大学优秀研究生标兵的科研经验和感悟吗？孙嘉与我们一同分享高光谱激光雷达植被生化参数遥感定量反演那些事。

主持：王翰诚 摄影：李浩东 摄像：丁锐 文字：王翰诚

>>>人物名片

孙嘉，中国地质大学（武汉）地理与信息工程学院特任副教授。目前已发表SCI论文30余篇，其中第一作者/通讯作者6篇，EI论文1篇，包括中科院一区SCI论文3篇，分别发表在RSE, ISPRS, AFM期刊。博士期间获得武汉大学学术创新一等奖等奖学金，全国大学生英语竞赛A类一等奖，获武汉大学优秀研究生标兵、2019届优秀毕业生等荣誉。此外，还担任十余个SCI期刊审稿人。

>>>报告现场

12月20日晚上7点，中国地质大学（武汉）地理与信息工程学院特任副教授孙嘉做客GeoScience Café第243期学术报告活动。孙嘉以高光谱激光雷达植被生化参数遥感定量反演为题为同学们进行了分享，让观众受益匪浅。（如图1）



图1 孙嘉作精彩报告

研究背景及思路

对于为什么要研究植被，孙嘉从以下几个方面进行了解释：第一，植被生态系统是地球辐射收支平衡的核心研究内容之一；第二，植被生态系统碳循环研究的不确定性是碳失汇的重要因素之一，因此需要厘清其作为碳源和碳汇的贡献；第三，对农作物生长状态的精确估计可以为农民和管理者提供指导，是精确农业的重要保障。

遥感是目前唯一一种可以对植被进行快速、大尺度监测的手段。遥感传感器可以分为两类，第一类是被动光学遥感，其优点是可以探测到丰富的光谱信息，但缺点是三维空间分辨率比较低，且易受到光照、云遮挡等气象条件的限制。第二类是单波长激光雷达在内的主动遥感，它的优势是可以获得高精度的三维信息，但是与被动方式相比，缺乏光谱信息限制了其对地物的物性探测能力。高光谱激光雷达可以同时获取目标的光谱特征和三维空间特征，为植被定量遥感带来了新的可能。

通过遥感探测器手段，可以获得叶片的反射率，而另一方面，通过化学测定的方式可以获得叶片非常精确的生化参数，如何在这两者之间建立起一个联系，也就是遥感要如何反演生化参数呢？我们可以将方法大致分为三类：一类是经验模型，它的优点是简单易用，缺点是通用性比较差，而且缺乏物理含义。第二类是半经验模型，最典型的是植被指数。它的优点是和经验模型相比，植被指数选用的波长通常具有一定的物理意义，缺点是一个植被指数可能受到多个因素的影响，因此精度会受到限制。最后一类是物理模型，它的优点是模拟了整个光线辐射传输过程，具有物理基础，通用性较好，缺点是形式比较复杂，存在病态反演问题，并且反演的成本比较高，需要一定的技巧。之后，通过具体的例子，孙嘉又分别向我们介绍了这三类方法的原理。

基于经验模型的高光谱激光雷达植被生化参数反演

对于不同的生化参数，我们需要采用不同的反演方法。例如，氮含量是一种较为特殊的生化参数，由于其特定吸收系数难以获得，因此难以通过物理模型进行反演，而只能借助经验模型进行估计。我们可以获得不同传感器的反射率数据，包括被动光谱仪、多光谱激光雷达和高光谱激光雷达，何种探测器的表现更优呢？经验模型的本质是一种统计回归关系，又可以进一步分为线性方法和非线性方法，是否有通用于主被动光谱的方法呢？为了回答这些问题，我们设计了不同施氮量的水稻田实验，对采集的不同氮含量的叶片样本进行了多种主被动探测器的光谱测量和实验室化学分析方法测定，研究了不同线性回归算法（偏最小二乘、支持向量回归（Support Vector Regression, SVR）+线性核函数）和非线性回归算法（最小二乘增强（Least-square Boosting），套袋（Bagging），反向传播神经

网络（Back-propagation Neural Network, BPNN）和非线性核函数的 SVR）反演氮含量的表现。结果表明，高光谱激光雷达氮含量反演经验模型展现了优于多光谱激光雷达，而与 ASD 高光谱成像仪相当的表现；BPNN 在使用三种主、被动反射光谱估算水稻叶片氮含量方面展现了令人满意的效果，SVR 次之。

基于反射谱的 PROSPECT 物理模型生化参数反演机理研究

对于物理模型反演，接下来，孙嘉谈了自己的第二个研究问题。标准的 PROSPECT 模型反演需要 400~2500 nm 的反射率及透射率，但是目前大部分遥感手段都难以探测透射率。那么在只有叶片反射率光谱的条件下，可以反演哪些生化参数？与使用反射率及透射率的策略相比，它们的精度到底相差多少？

针对上述问题，她使用了两种类型的数据：第一种是模型正演获得的模拟数据集，第二种是两个公开数据集。通过构造不同的代价函数，比较了只使用反射率、只使用透射率和反射率加透射率对生化参数的反演效果。她在这项研究当中使用的是 PROSPECT-5 的版本，对叶绿素含量、类胡萝卜素含量、水含量、干物质含量四种生化参数的反演进行了研究。

通过对结果的分析，孙嘉得出以下结论：第一，仅基于反射谱的 PROSPECT 模型反演，可以对叶绿素含量和水含量这两种生化参数进行比较好的估计，精度略低于反射率加透射率。第二，基于反射谱对干物质含量的反演精度，要高于反射谱加透射谱。但是对于类胡萝卜素含量来说，只使用反射谱就没有办法获得比较好的效果。第三，这一项研究为高光谱雷达进行物理模型反演奠定了基础。

基于 PROSPECT 模型的高光谱激光雷达最优探测研究

在以上研究的基础上，很自然地会提出新的研究问题：如果可以对未来新一代的高光谱激光雷达仪器进行设计，拥有哪些探测波长，使用物理模型反演的效果最好？对于高光谱激光雷达来说，使用的波长数量越多意味着要使用更多的激光器和相应的探测器，其成本会大大增加。因此，我们希望使用的波长数量尽可能得少，与此同时反演的精度尽可能得高。

针对上述问题，孙嘉详细讲述了她所做的实验。她用原理图向观众进行了展示（如图 2）。首先利用 PROSPECT 模型正演获得两组模拟数据集，一组进行波段空间相关性分析，找到那些相关性比较低的波长组合，然后对模型进行敏感性分析，找到那些对生化参数比较敏感的波长，然后获得很多个备选波长组合，之后利用模拟数据进行反演，获得最优探测波长组合（680, 716, 1104, 1882 和 1920 nm）。利用不同的公开被动数据集，只使用这几个波长同时来对叶绿素和水含量进行反演验证。

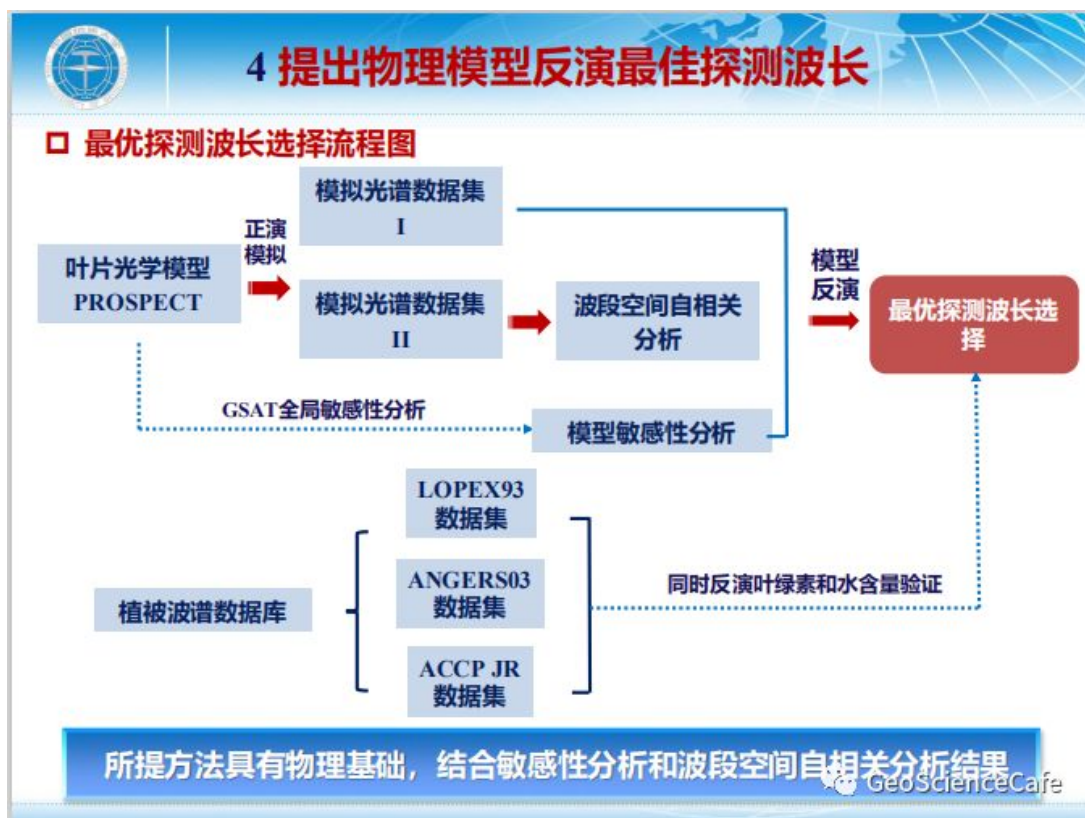


图 2 最优探测波长选择流程图

通过对结果的分析，孙嘉得出以下结论：首先，对 PROSPECT 模型反演生化参数而言，进行最优波长选择工作是非常有必要的。其次，由于这个过程是基于物理模型的，并且基于大量公开数据集的样本的验证，所以所提出的波长组合有望可以应用于不同的植被类型，比如木本和草本；也可以用于经验模型的构建，比如这 5 个波长可以构建不同的植被指数。在探测特定的植被种类或者某一个特定的生长阶段时，可能存在其他更有针对性的波长效果更好。

科研经验和感悟分享

在这一部分的报告中，孙嘉首先对论文阅读方面的经验进行了分享。她谈到如果是刚刚踏入研究大门的话，比较推荐先读博士论文和综述起步，构建起自己对整个研究领域的总体框架，然后精读经典文章，即引用率较高的文章和近三四年的高质量文章，然后略读最新的质量稍差的文章，了解研究前沿。



□ 论文阅读

- 博士论文和综述起步，建构所研究领域的总体框架，精读经典文章（高引用率）和近3、4年的高质量文章，略读最新的质量稍差的文章，了解研究前沿
- 阅读顺序：题目、摘要、图表、结论、讨论
- 读书笔记：题目+摘要（+创新点，受到的启发，存在的不足）
定期温故知新，分类总结，积累参考文献
- 关注文章的期刊、作者的国家和单位、高频作者
Google alert, Researchgate

图 3 论文阅读经验分享

其次是要掌握论文的“套路”，确保自己的论文结构完整、思路清晰、有理有据，自圆其说。以摘要为例，通常的写作思路是：研究主体及意义+做了什么+主要方法和过程+结果+本研究意义，而 Introduction 的常用结构是：第一段为研究主体在大背景下的重要性，第二段为目前的研究存在哪些难点，现有方法和研究存在哪些不足，铺垫已做好，第三段顺势引出本文的思路，在第四段中具体列出本文目的或创新点。

对于论文中常用的短语、说法、背景意义的“套话”等，不要等到临动笔才到处搜寻，而是平时就要积累遣词造句和好的表达。她举例说，写论文常常要解释原因，因此经常会用到表示结果和原因的一些词。在读论文的时候如果看到了，可以随时记下来，这样在写论文的时候，就有非常多的词可以来替换。例如，表示结果和原因的连接词包括：由于，因为：due to, result from, reasons for this include, given that, because, because of, part of the reason lies in; 考虑到：considering that, given that, take into account, bear in mind; 所以，因此，导致了，造成：thus, thereby, therefore, consequently, hence（比 as a result 更书面语），so that, so as to, for this reason, result in, as a result, this leads to, give rise to, cause, engender 等等。

孙嘉推荐了一个在论文写作中非常实用的网站：<https://linggle.com/#>。在其中可以搜索单词的常用搭配，比较两种表达的使用频率等等。

然后是建议大家重视英语能力的提高。她谈到，如果学习英语是以应试为目的，那么推荐在复习准备的时候，除了刷题之外，选择一个比考试题目高一个等级的考试资料来进行准备，做降维打击。比如说要考六级，就去准备托福的词汇和阅读，要准备托福和雅思，就去背 GRE 的单词，这样如果把单词吸收到百分之七八十，再去参加低等级的考试，就会简单很多。如果是为了全面提升听说读写的能力，那么就要日积月累地付出时间，通过大声朗读、背诵、沉浸式听英语、将英语作为日常写作语言等方式提高自己的能力。



重视英语能力的提高

- 针对论文：前述方法
- 针对应试：比考试题目高一个难度准备，降维打击
- 全面提升听说读写：**冰冻三尺非一日之寒!**

可以从这里开始

- ✓ 每天读英语半小时
- ✓ 背诵好文章
- ✓ 背单词打卡群，不打卡就发红包
- ✓ 反复听，将自己浸润在英语环境中
- ✓ 习惯用英语表达，e.g. 英文日记

GeoScienceCafe

图 4 英语学习经验分享



三 科研感悟分享

- 科研要“坐得下来”才能“升得上去”
- 向身边的牛人看齐
- 心流，全身心投入你的研究
- 番茄工作法，不受打扰的25分钟，量化每天的工作量
- 有道云笔记/印象笔记，Today app
- 重视小组汇报和周报
- 关注心理健康，多方面疏导，如果有需要，求助老师或心理咨询
- Doing your work running leaves more time to enjoy life.

GeoScienceCafe

图 5 科研感悟分享

最后，孙嘉以王安石的《游褒禅山记》结束了今天的讲座“要想做成一件事情必须要‘有志与力’，同时‘不随以怠’，还需要有‘物以相之’。如果这些都能做到的话，那么即便尽吾志而不能至，亦可以无悔矣。”



夫夷以近，则游者众；险以远，则至者少。而世之
奇伟、瑰怪，非常之观，常在于险远，而人之所罕至
焉，故非有志者不能至也。有志矣，不随以止也，然
力不足者，亦不能至也。有志与力，而又不随以怠，
至于幽暗昏惑而无物以相之，亦不能至也。然力足以
至焉，于人为可讥，而在己为有悔；尽吾志也而不能
至者，可以无悔矣，其孰能讥之乎？此余之所得也！

——王安石《游褒禅山记》

GeoScienceCafe

图 6 科研感悟分享

>>>互动交流

提问人一：孙嘉师姐你好，我有一个问题，你用高光谱的雷达去做了实验，然后也用 ASD 验证了，你觉得主动遥感和被动遥感的区别在哪里？

孙嘉：在具体反演生化参数方面，目前我的研究没有体现出很大的区别，因为目前主要使用的光谱特征。但是因为激光雷达还可以探测目标的三维信息，所以可以获得植被冠层生化参数的三维分布，我想被动遥感是很难做到这一点的。

提问人二：我之前看到有一些观点认为在写英文文章的时候，出于交流的目的，用词应该尽量简单一点，一些高级词汇可能会让我这样的人难以理解。请问你怎么看待这种观点？

孙嘉：我也有看过这种说法，确实对于论文来说交流的目的是第一位的。如果水平不够高，那就尽量使用短句而不是长句，用比较简单的表达方式，因为越长的句子你犯错的可能性就越大。我举 Nature 这篇文章的例子是为了向大家展示大师是如何戴着镣铐跳舞的，看到这样优美的文章让人不由得赞叹欣赏，而不是说大家都要这样写作。

提问人三：请问用 ASD 测得的光谱和高光谱激光雷达这 32 个波段的反射率，它们之间的相关性是非常好还是有些差异？

孙嘉：两者之间肯定是有差异的，比如 ASD 的分辨率可以达到 1 nm，但是我们的高光谱激光雷达的探测通道是每 12 nm 一个通道，所以其实每个通道探测到的是这 12 个纳米范围内的一个累加值。所以这两个反射率肯定是有差异的，但是整体的趋势是一致的。



图7 观众认真听报告



图8 观众提问



图9 孙嘉（左五）与部分听众、Geoscience Café 团队成员合影留念

>>>本期锦鲤

本期讲座的锦鲤手机号码是 130****2767，请尽快联系我们的工作人员领取奖品哦！

GeoScience Café 以“谈笑间成就梦想”为目标，于每周五晚 7:00 在实验室四楼休闲厅，邀请 1-4 位嘉宾，为大家带来学术报告或经验分享。报告内容包括摄影测量与遥感、地理信息系统、导航与定位服务等研究方向，听众可在报告结束后向嘉宾提问、与嘉宾交流探讨，同时每学期还会举办 2 期人文类讲座和 2 场导师信息分享会。每期报告会根据嘉宾意愿在 B 站开设直播，使不能来到现场的听众同步参与。报告 PPT 和视频会在征得嘉宾同意的情况下在 qq 群和 B 站上发布。

更多精彩内容（讲座预告、讲座回顾、报告 PPT、报告视频）敬请通过以下方式获取：



QQ群



微信公众号



B站直播