



中国气象局兰州干旱气象研究所
Institute of Arid Meteorology, CMA, Lanzhou

我国西北干旱区长时间序列NDVI 数据集重建算法研究

王 玮

中国气象局兰州干旱气象研究所

wangwei9969@163.com

2017年4月28日 · 南京



提纲

- 研究背景
- 研究目标
- 材料与方法
- 结果与讨论
- 不足与进一步工作计划



(一) 研究背景

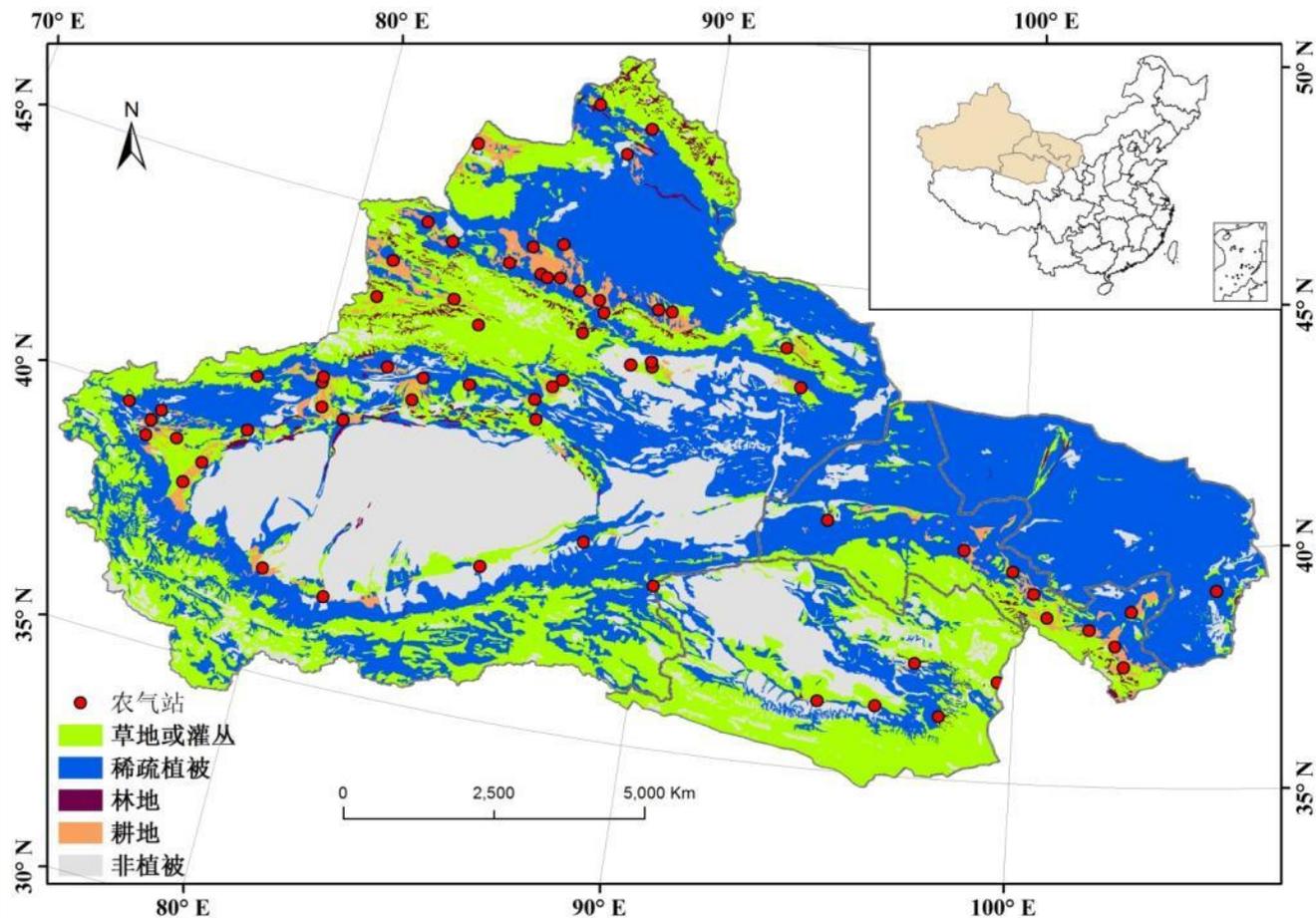
- **归一化植被指数 (NDVI) 的重要性**：NDVI是遥感监测植被变化动态的最主要的一种指数，目前已广泛应用于区域和全球环境变化、农作物估产以及干旱监测等研究领域；
- **重建NDVI数据的必要性**：受多种因素的影响，常用NDVI数据集本身存在一定的噪声（如云、气溶胶等）；
- **现有重建算法存在的问题**：虽然目前已经发展了多种重建算法，但针对西北干旱半干旱区植被特点的最优重建算法仍需深入研究；
- **本研究的意义**：分析和比较多种时序NDVI数据重建算法，为进一步开展多源干旱信息融合的西北干旱综合监测模型研究，提供可靠的NDVI数据集。



(一) 研究背景

➤ 研究区概况

- 自然条件恶劣、**生态环境较为脆弱**，以山区降水和冰川融水补给为主，年降水量在**400 mm**以下，属典型大陆性气候。
- 长期监测该地区的植被生长状况，对于了解气候变化对植被的影响，维护干旱区生态系统的稳定具有重要的指导意义。



(二) 研究目标

- ▶ 通过对不同重建方法的系统比较和适用性评价，**发展一套适合我国西北干旱区的NDVI最优重建数据集**，为进一步开展多源干旱信息融合的西北干旱综合监测模型研究，提供可靠的NDVI数据支撑。



(三) 材料与amp;方法

3.1 研究数据

➤ 遥感资料:

➤ Land Long Term Data Record (LTDR) 地表反射率数据

1981-2016年的LTDR 每日地表反射率产品 (AVH09 Surface Reflectance Product)。该数据是以NOAA07-NOAA18上的AVHRR观测资料为基础, 通过轨道筛选、辐射定标、云检测、大气校正、卫星漂移校正及双向反射率分布函数 (BRDF) 处理后生成的全球逐日格网 (0.05°) 数据集。



(三) 材料与amp;方法

3.1 研究数据

➤ 气象数据:

➤ 农气台站资料

- ① 收集研究区101个农业气象站在1992-2013年的逐旬资料。资料主要包括种植作物名称、发育期名称、发育期时间、发育程度等观测指标。用于重建方法拟合效果比较分析。
- ② 经初步统计分析表明，研究区主要种植作物分为4种类型，分别是牧草、冬小麦 (*Triticum aestivum*)、冬小麦+其他种植作物 (玉米 (*Zea mays*)、马铃薯 (*Solanum tuberosum*) 等)、春小麦 (*Triticum aestivum*) +其他种植作物 (玉米、一季稻等)。

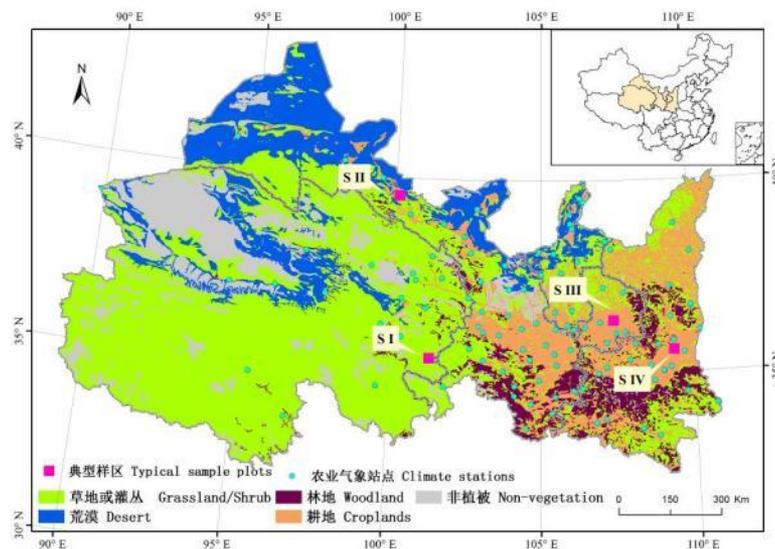


(三) 材料与amp;方法

3.1 研究数据

➤ 典型作物样区数据

- ① 根据研究区作物种植特点，分别选取资料记录较为完整，且具有典型代表性的青海河南SI（牧草）、甘肃张掖SII（春小麦+玉米）、甘肃西峰SIII（冬小麦+玉米）和陕西蒲城SIV（冬小麦）4个农业气象台站资料作为本研究结果的验证数据。
- ② 与此同时，为了尽量避免混合像元等不确定性因素对验证结果的影响，本研究利用地面实测资料和高分2号资料，选取了台站附近地势较为平坦、耕地分布均匀，种植作物类型与台站记录相同、且种植面积大于 5×5 km的下垫面作为典型样区。



(三) 材料与amp;方法

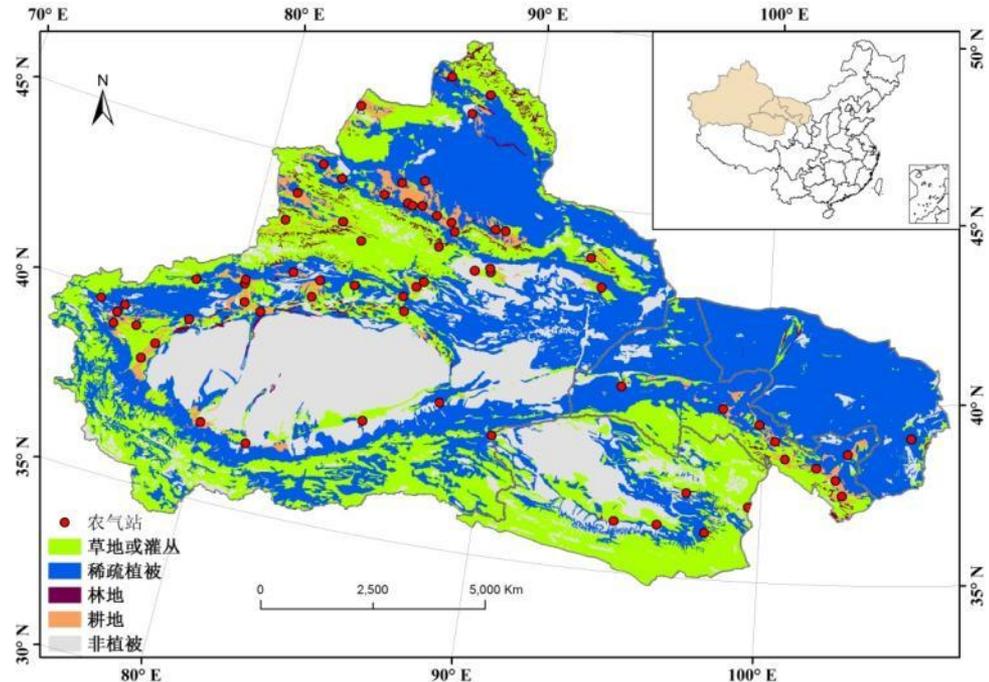
3.1 研究数据

➤ 空间辅助信息数据:

➤ 植被类型数据

来源于2001年中国科学院中国植被图编辑委员会发布的中国植被数据集。该数据集是由我国著名植被生态侯学煜院士主编出版的《1:1 000 000 中国植被图集》数字矢量化而来，数据格式为Esri-Shapefile格式，投影方式为Albers。

在我国西北干旱区形成了以草地或草甸（以下简称**草地植被**）、**稀疏植被**、**耕地**和非植被区为主的植被分布格局



(三) 材料与amp;方法

➤ 地面实测光谱数据

➤ 观测地点

- 张掖 (SII)、庆阳 (SIII)

➤ 下垫面选取

- 大面积 (大于5 km × 5 km) 同一作物且分布均一，分别选取了SII (玉米) 和SIII (小麦) 各1块样地，每块样地分为3块样方进行观测。

➤ 观测方法

- ASD手持地物光谱仪，反射率模式下观测样点植被的光谱，根据植被特征调整观测高度。

➤ 观测时间

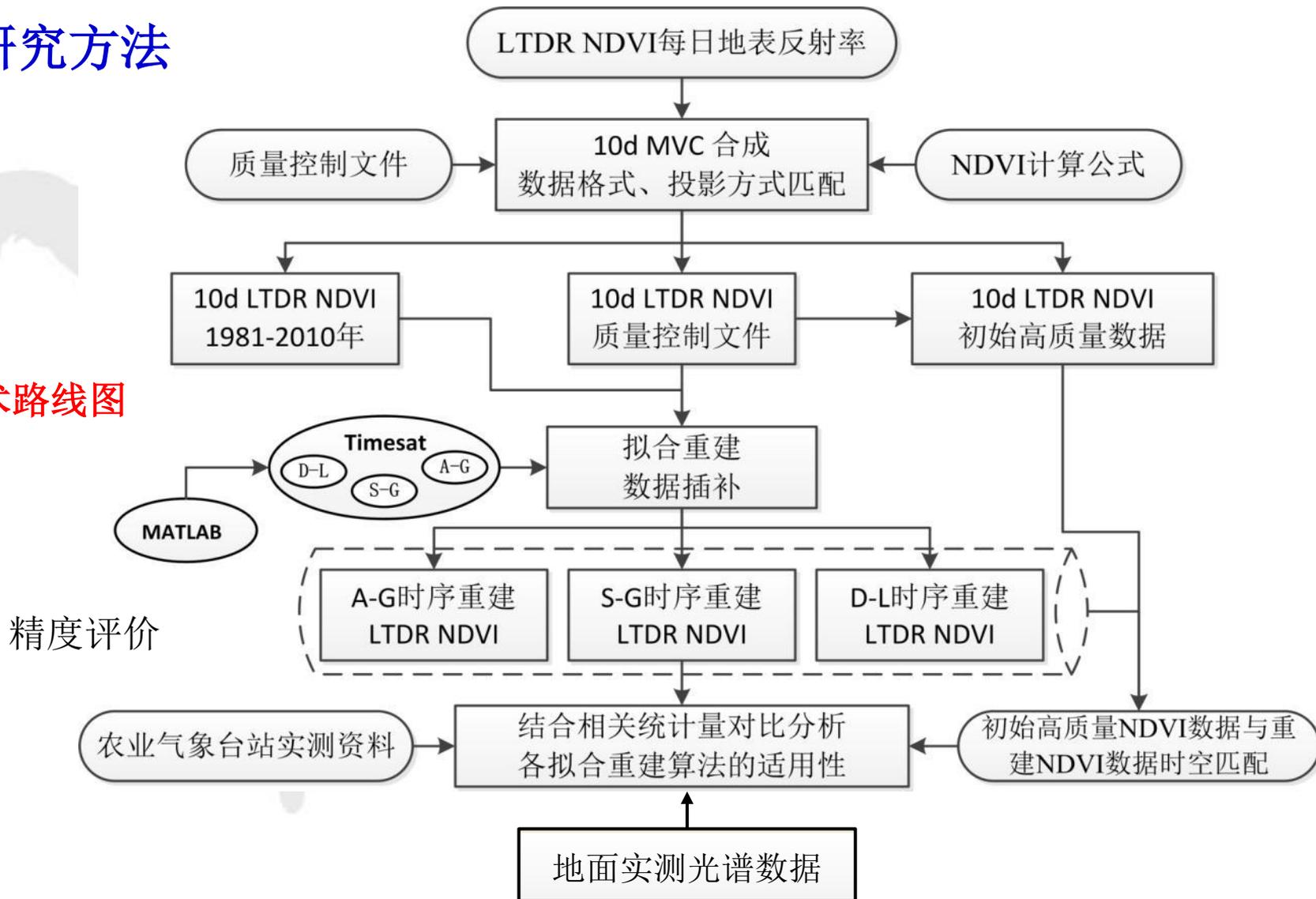
- **小麦**: 2015-2016年4月到7月，每10天一次，晴天的上午10:30至下午13:30进行观测；
- **玉米**: 自2015-2016. 7. 23-9. 28，每10天一次，晴天的上午9:30至下午15:30进行观测



(三) 材料与amp;方法

3.2 研究方法

(1) 技术路线图



(三) 材料与amp;方法

3.2 研究方法

(2) 基于TIMESAT软件的时间序列重建方法

➤非对称高斯拟合法 (A-G)

- 分为区间提取、局部拟合和整体连接，首先据时间序列点对应的值来提取区间，在此基础上使用高斯函数对每一个区间的时间序列数据进行拟合，最后通过整体拟合实现长时间序列的重建。

➤双逻辑斯蒂拟合法 (D-L)

- 与非对称高斯函数拟合法类似，不同的是局部拟合使用的高斯函数。

➤Savitzky-Golay滤波 (S-G)

- 基于最小二乘卷积算法，用一定长度的过滤器和待处理数据作卷积，并对待处理的数据作加权多项式拟合，目标是求得最小均方根误差，根据远离大多数点的边沿点不参与拟合来达到去噪的目的。

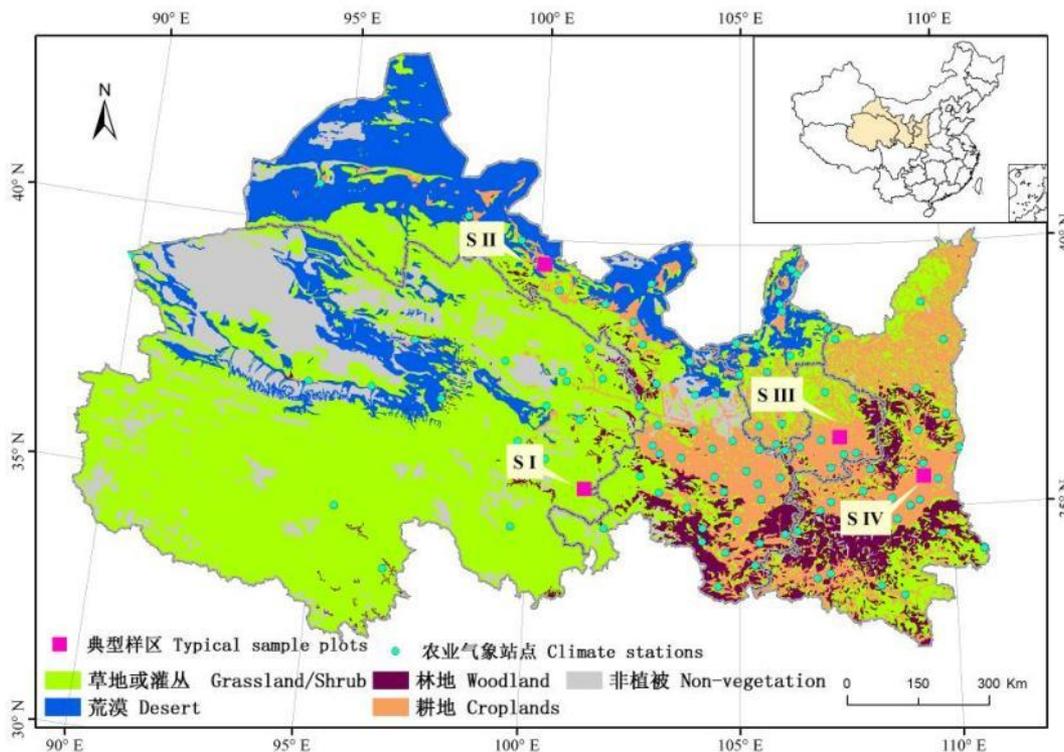


(三) 材料与amp;方法

3.2 研究方法

(3) 三种重建方法拟合效果比较分析

从典型像元和典型区域2个层面对时间序列NDVI重建数据集进行统计比较分析



SI: 牧草 ; SII: 春小麦+玉米; SIII: 冬小麦+玉米; SIV: 冬小麦

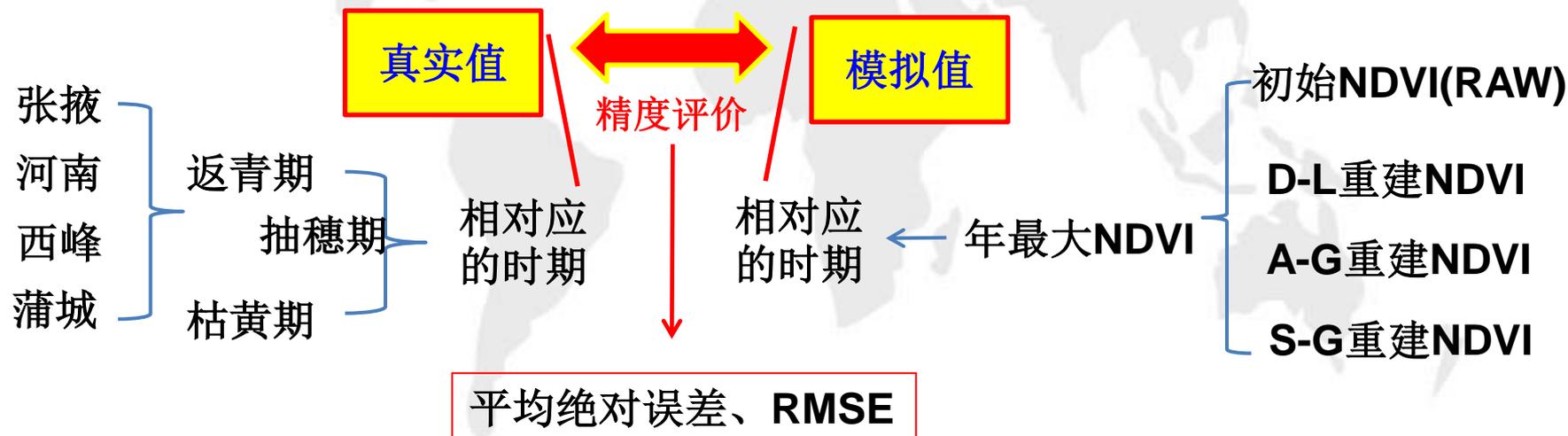
(三) 材料与amp;方法

3.2 研究方法

(3) 三种重建方法拟合效果比较分析与精度评价

➤ 典型像元拟合前后比较分析:

- 以河南 (SI)、张掖 (SII)、西峰 (SIII) 和蒲城 (SIV) 4个样区农业气象台站实际观测的作物生育期资料作为真实值，分析比较每个典型区内不同NDVI时间序列重建曲线表征的物候期 (如返青期、抽穗和枯黄期) 时间节点与农气台站实测作物生育期之间的误差。



(三) 材料与amp;方法

3.2 研究方法

(3) 三种重建方法拟合效果比较分析

➤ 典型区误差定量分析:

- 参照植被覆盖类型和数字高程模型，在研究区下垫面较为均一、地势较为平坦（ 2×2 像元）的草地、耕地、林地以及稀疏植被区分别选取初始NDVI时序数据中高质量的样本数据（即QA=1的样本数据），并利用这些样本数据定量分析重建前后NDVI数值之间的相关系数和均方根误差（RMSE）等相关统计量。



(四) 结果与讨论

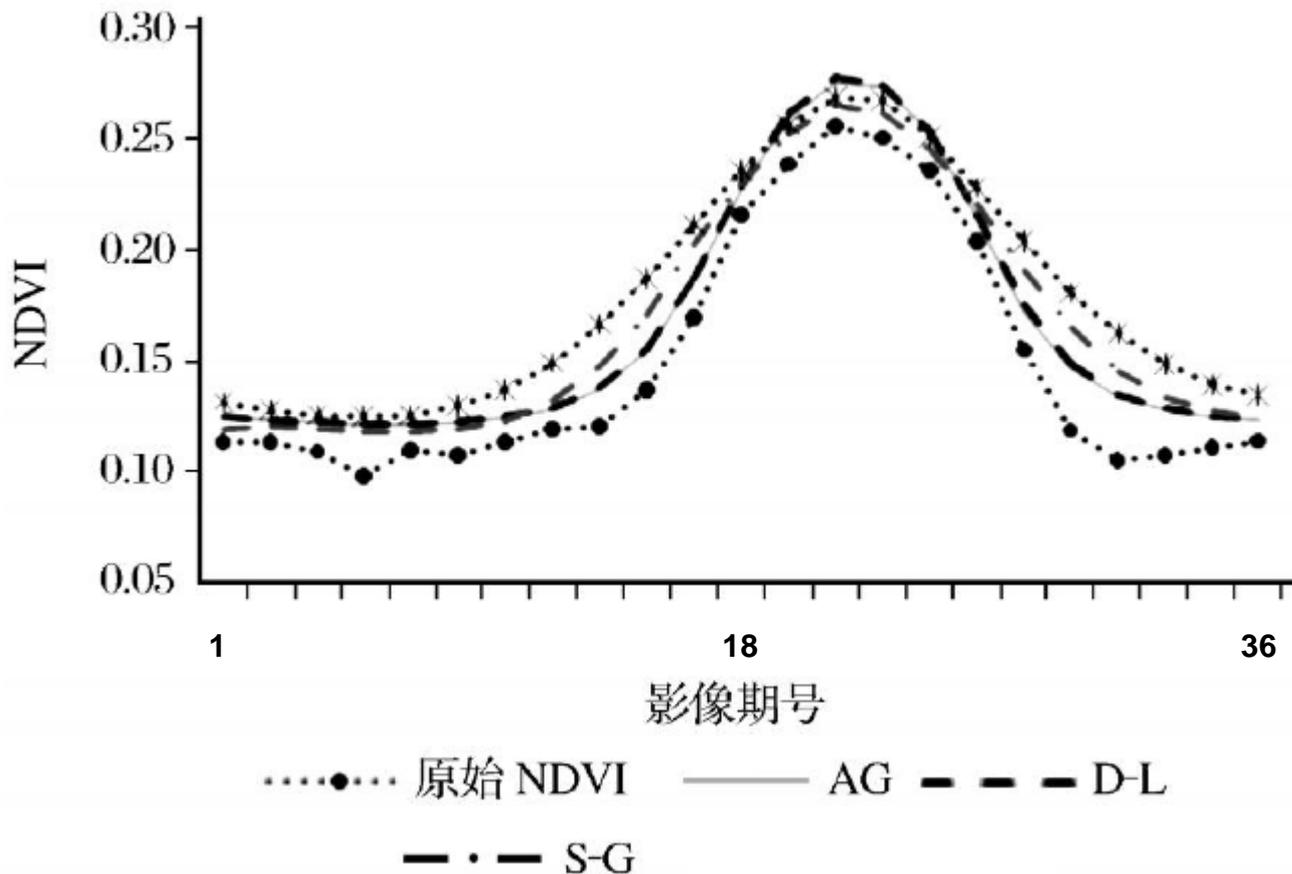
- ▶ 全局特征拟合效果分析
- ▶ 典型作物像元拟合重建结果误差分析
- ▶ 典型植被（或作物）样区重建拟合误差分析
- ▶ 讨论



(四) 结果与讨论

► 全局特征拟合效果分析

- 研究区域内的像元受噪声影响造成的NDVI值降低的情况远多于“假高”值的情况。
- 3种算法分别拟合重建后的NDVI值在全年36旬中较原始NDVI时间序列曲线均不同幅度提升。



(四) 结果与讨论

典型作物像元拟合重建结果误差分析

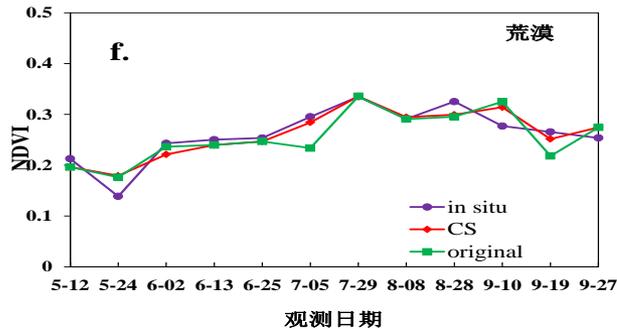
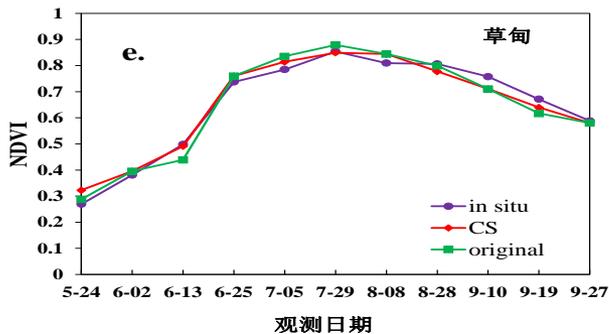
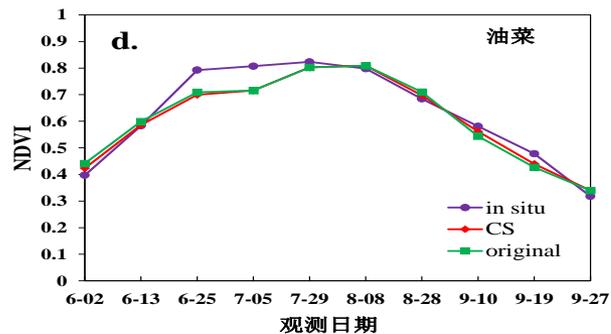
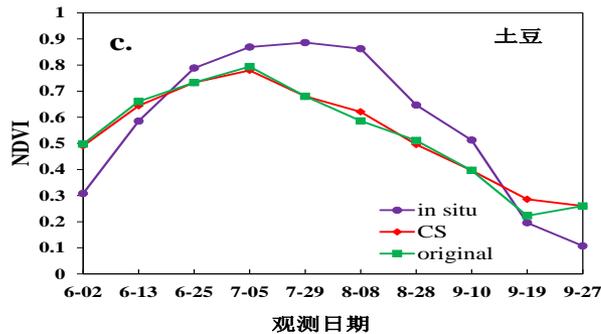
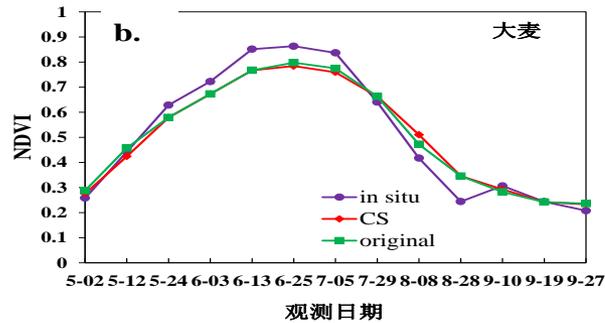
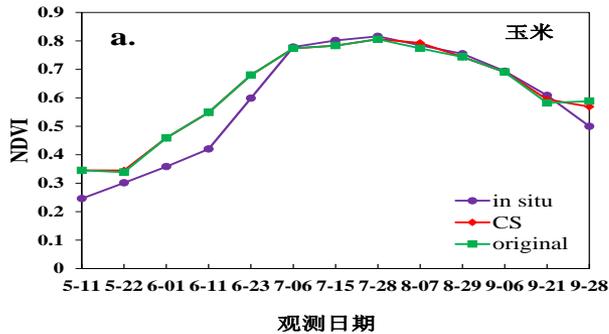
作物 Crop	方法 Method	Pd			RMSE		
		返青期 Turning Green	成熟期 Maturity	枯黄期 Turning Yellow	返青期 Turning Green	成熟期 Maturity	枯黄期 Turning Yellow
SI 牧草 Pasture	O-N	2.62	2.55	2.67	1.73	3.33	4.77
	D-L	1.21	1.62	1.82	1.35	2.67	4.06
	A-G	1.36	1.75	1.84	1.44	2.71	4.13
	S-G	1.75	1.93	1.85	1.81	3.20	4.56
SII 春小麦+玉米 Spring wheat+Corn	O-N	2.36	2.47	2.62	2.10	3.67	5.29
	D-L	1.68	1.81	1.89	1.39	2.79	4.21
	A-G	1.84	1.96	2.03	1.58	2.93	4.31
SIII 冬小麦+玉米 Winter wheat+Corn	S-G	2.17	2.02	2.16	1.73	3.15	4.62
	O-N	3.19	3.43	3.50	2.23	4.08	5.95
	D-L	2.21	2.41	2.66	1.99	3.45	4.94
SIV 冬小麦 Winter wheat	A-G	2.08	2.34	2.62	2.27	3.80	5.42
	S-G	1.96	2.12	2.23	1.88	3.43	5.06
	O-N	3.53	3.73	3.68	2.72	4.65	5.57
	Logistic	2.47	2.52	2.63	1.60	3.19	4.81
	Gauss	2.52	2.57	2.63	1.68	3.28	4.90
	SG	2.35	2.39	2.47	1.57	3.12	4.69

- ① 初始NDVI曲线（O-N）反映的各物候期节点与台站记录的相应生育期之间存在较大误差。
- ② 3种拟合重建算法均可以对初始NDVI数据中的残留噪声进行消除，但根据不同作物生长特点或作物种植结构，每种重建方法对其噪声消除能力是不同的。



(四) 结果与讨论

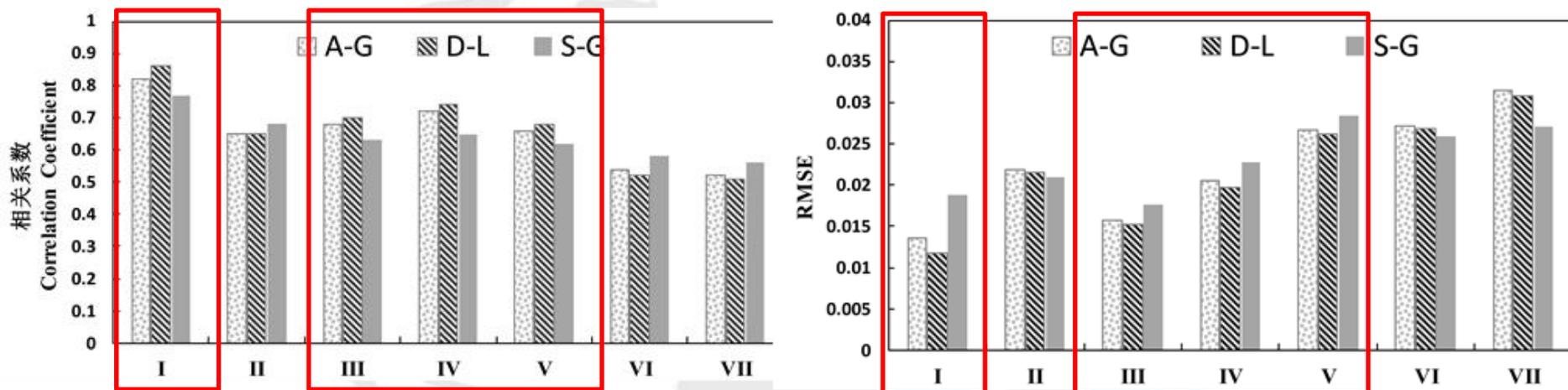
典型像元内，基于NDVI实测数据的验证



- ① 初始NDVI曲线 (O-N) 反映的各物候期节点与台站记录的相应生育期之间存在较大误差。
- ② 3种拟合重建算法均可以对初始NDVI数据中的残留噪声进行消除, 但根据不同作物生长特点或作物种植结构, 每种重建方法对其噪声消除能力是不同的。

(四) 结果与讨论

典型植被（或作物）样区重建拟合误差分析



I-VII分别表示草地（I）、稀疏植被（II）、林地（III）、牧草（IV）、春小麦+其他作物（V）、冬小麦+其他作物（VI）和冬小麦区（VII）

- 在草地（I）和林地（III）为主要的自然植被区域内，以及牧草（IV）和春小麦+其他作物（V）的耕地作物区域中，经过D-L拟合重建的NDVI数据与重建前同期高质量NDVI数据之间的相关系数达到最高（ ≥ 0.680 ），且RMSE较低（ ≤ 0.026 ）。
- 在稀疏植被区（II）、冬小麦+其他作物（VI）和冬小麦（VII）区域中，经过S-G滤波拟合重建后的NDVI数据与同期重建前高质量NDVI数据之间具有较高的相关系数（ ≥ 0.56 ）和较低的RMSE（ ≤ 0.027 ）

(四) 结果与讨论

- 1) 下垫面类型是影响重建方法拟合效果的重要因素。根据不同植被类型或作物生长特点，每种重建方法对其噪声消除能力有所不同；
- 2) 在年均NDVI较高 ($NDVI \geq 0.3$)，且NDVI曲线具有明显季节变化的草地、林地以及牧草等作物种植区域内，经过D-L拟合重建的NDVI具有较高的保真能力和适应性；
- 3) 在年均NDVI较低 ($NDVI < 0.3$)，且植被季节生长变化不明显或NDVI曲线不呈季节对称性变化的稀疏植被区，以及以冬小麦为典型作物种植的区域内，经过S-G滤波重建的NDVI数据表现出相对较好的保真能力和适应性。



（五）不足与进一步工作计划

▶不足之处

- 由于本研究使用的农气资料记录时间有限，而无法对1981-1991年的NDVI数据进行定量分析；
- 同时在西北典型植被和作物区，由于缺乏长期的地面观测资料，造成精度评价并不完整；
- 地面验证资料与卫星遥感资料的尺度匹配。



(五) 不足与进一步工作计划

▶进一步工作计划

- ▶ 继续开展野外观测试验，收集更长时间序列的相关实测资料，从各个方面定量分析评价不同拟合重建方法，进一步完善精度评价结果；
- ▶ 在系统比较和分析多种重建方法的基础上，融合多种重建方法的优势，构建一种综合重建方法
- ▶ 充分利用FY-3等高分辨数据，对数据集进行对比，以及时间序列的延长是下一步需要完善的工作。



The image features a light gray world map as a background for the text. At the bottom, there is a horizontal strip showing a cracked, dry, brown landscape under a blue sky, with a dark, leafless tree branch extending from the right side.

敬请各位老师
批评指正！