

基于多源卫星数据的重庆市干旱监测效果比较

杨世琦 王博为 王永前 陈艳英

2017年4月28日



重庆市气象科学研究所

Chongqing Institute of Meteorological Sciences

1 前期工作

2 研究思路

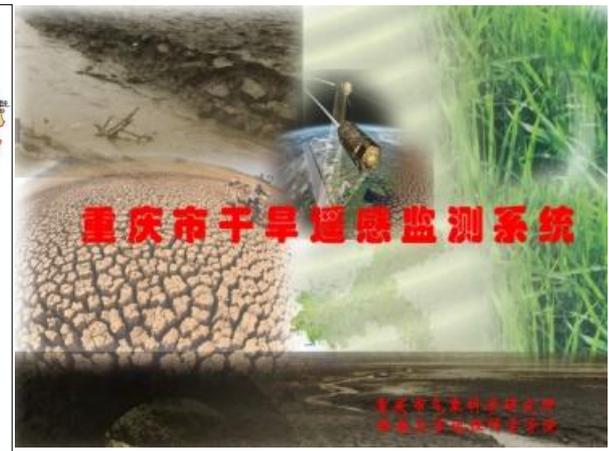
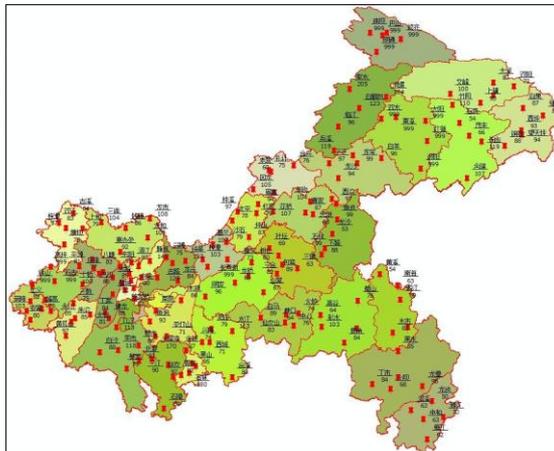
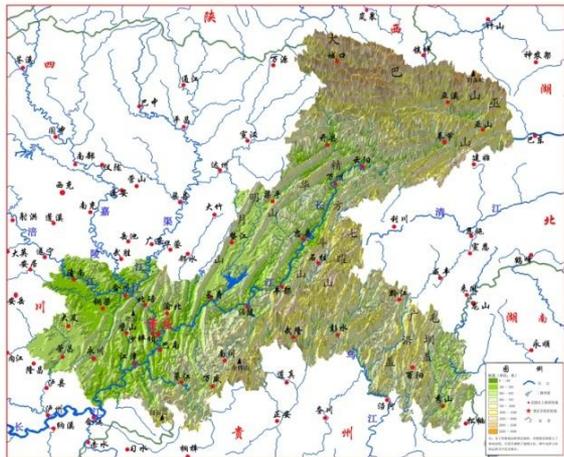
3 结果分析

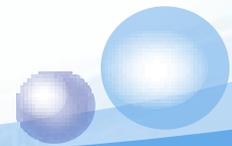
4 结论讨论



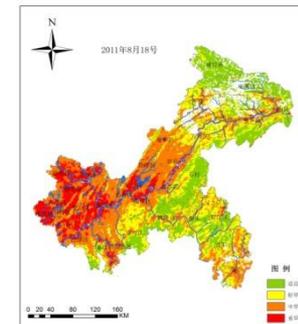
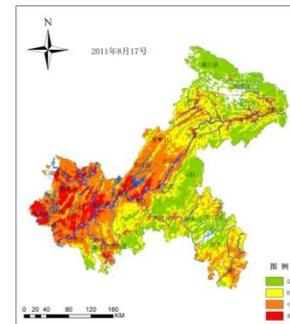
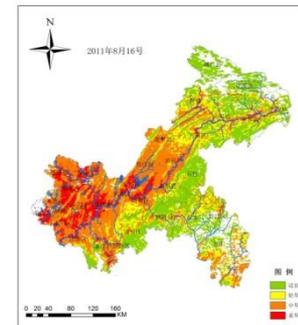
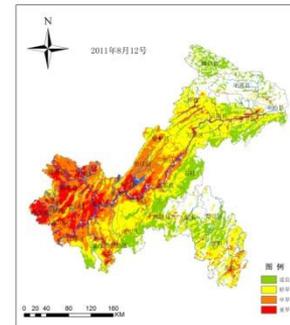
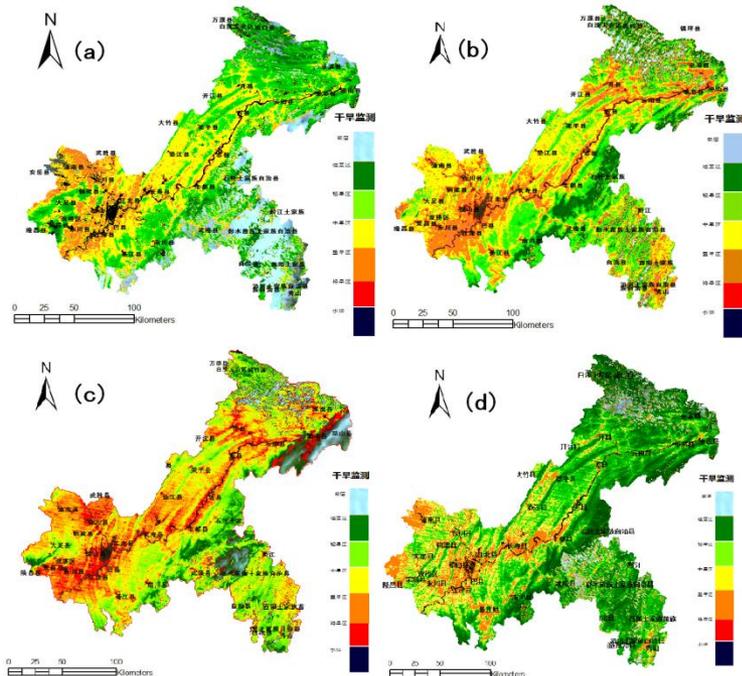
一、基于MODIS数据，筛选国内外成熟的干旱遥感监测模型，分析其在地形复杂区域的适用性，采用多方法（植被指数时间序列、植被供水指数法、水分亏缺模型等）、不同植被指数（EVI、NDVI等）对比、验证的方式，结合土壤墒情数据，验证各干旱反演模型在重庆的适用性。结果表明：植被供水指数（Vegetation Supply Water Index, VSWI）是研究区夏旱、伏旱时期最适宜的干旱监测模型。

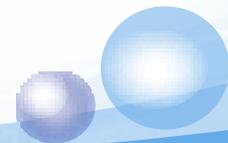
重庆市地形图
重庆市气象科学研究所制





二、基于FY-3A数据，选择2010年夏季、2011年夏季2个干旱过程，分别利用FY-3A/MERSI、FY-3A/VIRR数据，基于植被供水指数（Vegetation Supply Water Index, VSWI）进行讨论。结果表明：通过FY-3A搭载的MERSI、VIRR传感器获取的数据能够客观反映重庆干旱演变情况，为干旱监测提供了可靠数据源；其中FY-3A/MERSI的干旱反演分辨率可提高到250m，较MODIS数据有所提高。



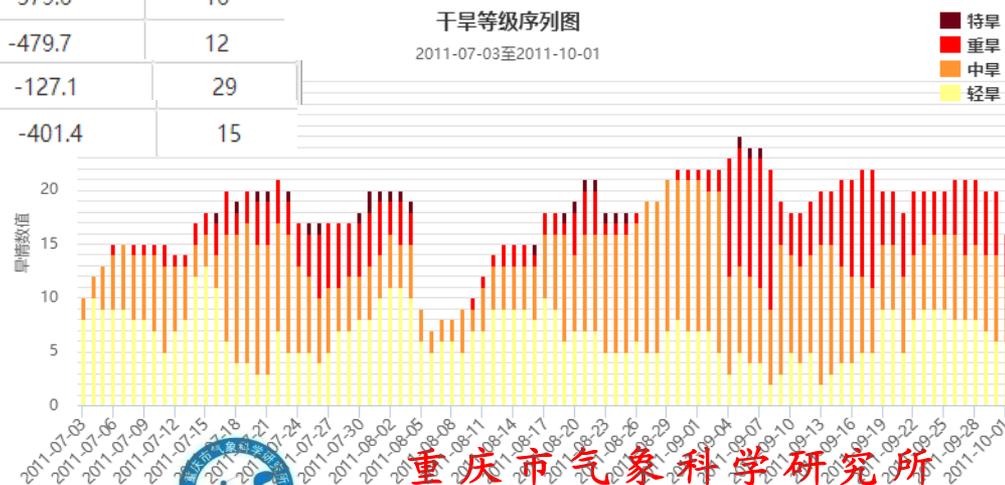


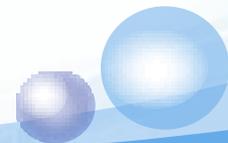
为了进一步探讨FY-3A数据对于干旱旱情监测的差异性与可比性，结合（Vegetation Supply Water Index, VSWI），利用MODIS数据作对比，土壤墒情数据作验证，对重庆地区2011年8月的旱情进行分析。

2006	2006-06-26	2006-06-28	13	-60.6	32
2006	2006-08-09	2006-09-04	15	-717.9	8
2010	2010-01-30	2010-02-24	12	-279.9	23
2011	2011-07-03	2011-10-01	19	-2177.6	1
2012	2012-04-05	2012-08-31	14	-696.3	10
2013	2013-10-08	2013-10-29	10	-318.4	21
2013	2013-08-08	2013-08-30	13	-379.6	16
2013	2013-03-09	2013-04-04	13	-479.7	12
2014	2014-07-31	2014-08-09	9	-127.1	29
2016	2016-10-04	2016-11-07	13	-401.4	15

干旱等级序列图

2011-07-03至2011-10-01

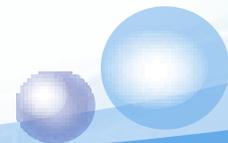




数据：FY-3A/VIRR，FY-3A/MERSI原始数据和产品数据均来源于风云卫星遥感数据服务网，对比数据Aqua/MODIS植被指数产品和陆表温度产品来源于NASA。植被数据采用FY-3A/VIRR，FY-3A/MERSI和Aqua/MODIS产品；陆表温度数据中，FY-3A/VIRR有陆温度产品，分辨率为1KM；Aqua/MODIS也有陆表温度产品，分辨率亦为1KM，而FY-3A/MERSI只有一个热红外通道，其地表温度采用Jimenez-Munoz和Sobrino建立的普适性单通道算法获取。研究时间段为2011年8月，由于数据时间分辨率，空间分辨率均存在差异，因此，统一空间分辨率至1KM后，采用最大值法合成月产品。

预处理：研究数据处理使用SMART（卫星监测分析与遥感应用系统）进行拼接、投影、裁剪，再利用ArcGIS进行后续处理；对比数据使用MRT进行拼接、裁剪，后续工作由ArcGIS完成。



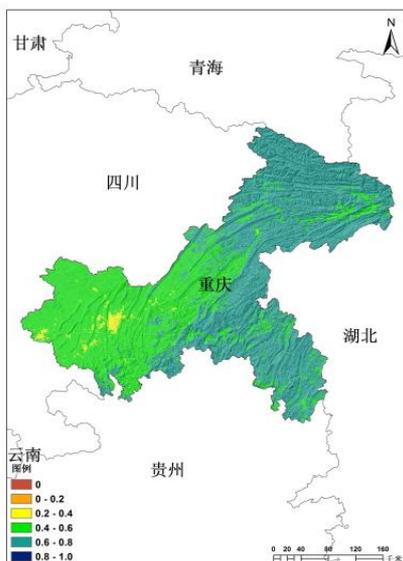


NDVI

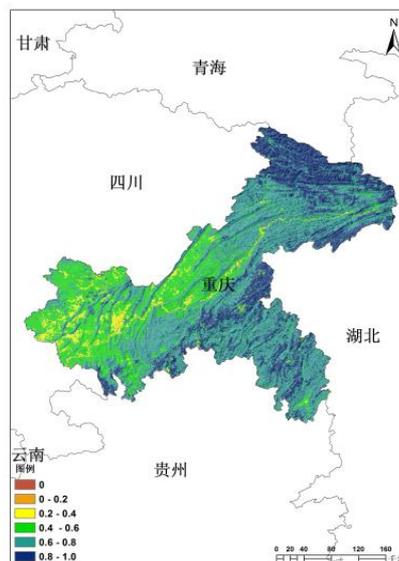
采用FY-3A/VIRR L3旬产品，分辨率为1000M；FY-3A/MERSI L3旬产品，分辨率为250M；以及Aqua/MODIS 16天合成植被指数产品，分辨率为1000M。



FY-3A/VIRR



FY-3A/MERSI

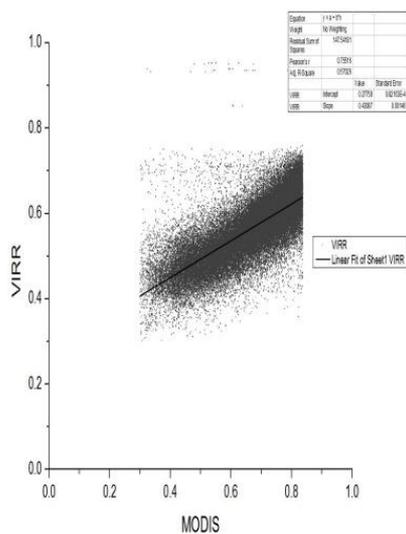


Aqua/MODIS

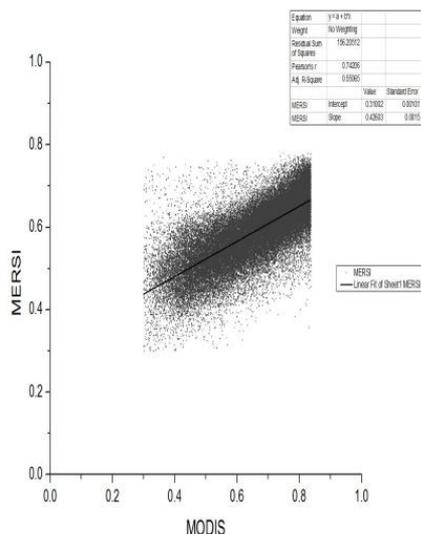
FY-3A 数据的 NDVI 值主要介于 0.4-0.8 之间，而 MODIS 数据的 NDVI 值主要介于 0.4-1.0 之间；较 FY-3A 数据，MODIS 数据的值分布范围更广，细节更为明显。



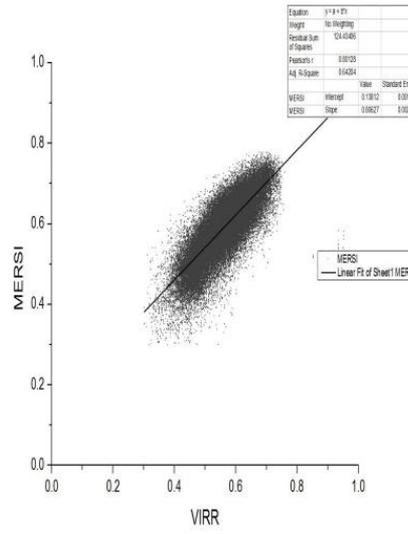
相关研究表明，当重庆地区的NDVI值小于0.3时，图像像元表示为水体、雪或裸地，可默认为此类地区无干旱现象。因此，设定NDVI的取值范围为0.3-1之间，并分析三种数据之间的相关性如下：



MODIS与VIRR



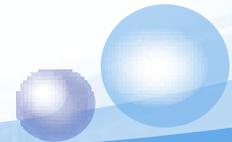
MODIS与MERSI



VIRR与MERSI

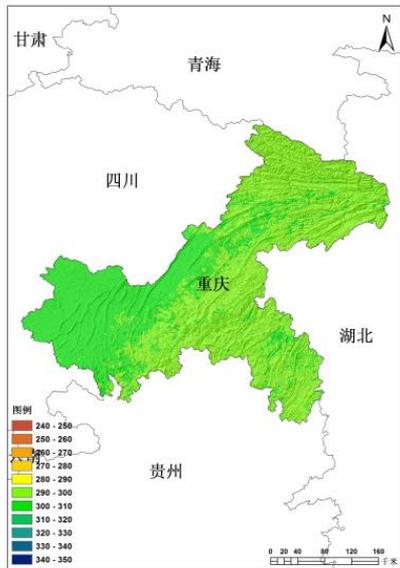
MODIS 与 VIRR 和 MERSI之间的相关性大致相同，由于使用的是产品，传感器自身的差异性为主要的因素。标准误差是对一组数据可靠性的估计，三者之间比较的标准误差都在0.001左右，说明数据可靠性较高。MODIS数据的值整体都比FY-3A的偏高，两个不同卫星数据整体数值有着较好的一致性。



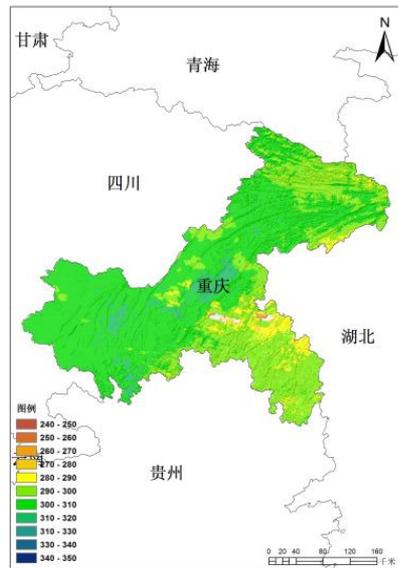


LST

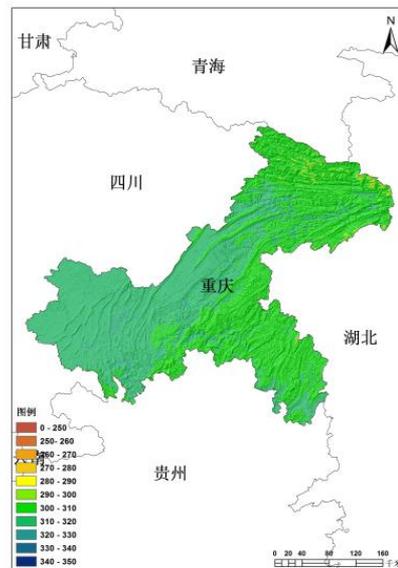
采用FY-3A/VIRR L3旬产品，分辨率为1000M；FY-3A/MERSI L1级数据利用普适性单通道算法反演得到陆表温度，分辨率为1000M；以及Aqua/MODIS MYD11A1每日陆表温度产品，分辨率为1000M。



FY-3A/VIRR



FY-3A/MERSI

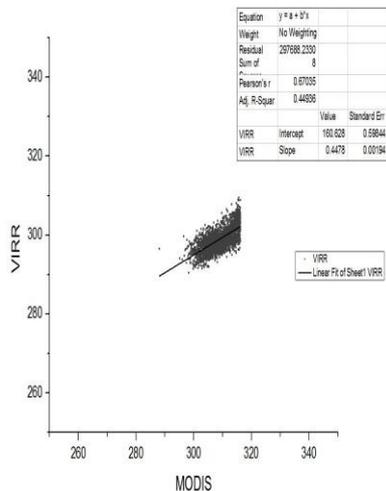


Aqua/MODIS

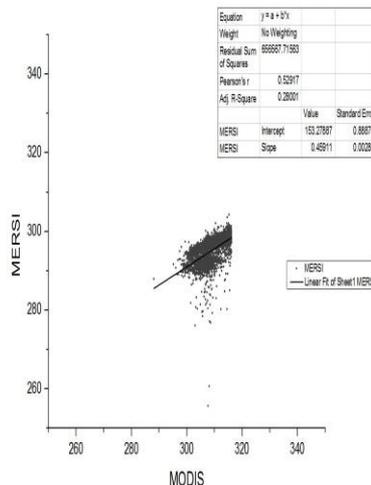
重庆地区的陆表温度呈现东南低，西北高的分布状况。FY-3A/VIRR陆表温度值大部分介于290-310K之间，FY-3A/MERSI陆表温度值大部分也都介于290-310K之间，可以明显看到低于290K和高于310K的地区，说明MERSI传感器对低温和高温的敏感度比VIRR传感器的高；MODIS陆表温度值主要介于300-320K之间。MERSI数据的细节性比VIRR和MODIS数据都强，这与传感器本身以及反演算法都有密不可分的关系。

重庆市气象科学研究所

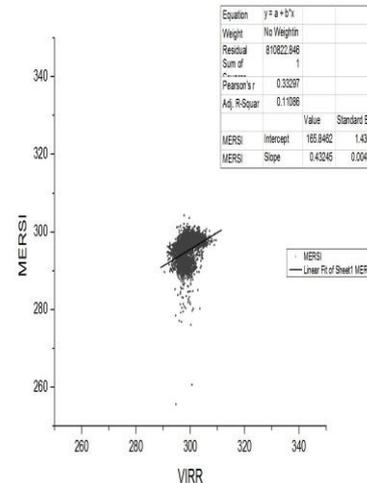




MODIS与VIRR



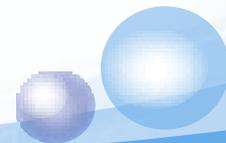
MODIS与MERSI



VIRR与MERSI

VIRR、MERSI与MODIS的陆表温度相关性分别为：0.67035, 0.52917，而VIRR和MERSI之间的相关性仅为0.33297。由此可以说明，VIRR、MERSI数据分别与MODIS数据具有较好的整体相关性，由于MERSI仅有一个热红外波段，且利用的算法与VIRR不同，二者相关性低，除了传感器本身的因素以外，不同算法以及云的影响也较大（重庆东部几个无值的小区域就是受云的影响造成的）。MODIS与VIRR差值值域为[-8.52, 22.52]，平均值为10.5494；MODIS与MERSI差值值域为[0.08, 23.62]，平均值为14.55734；VIRR与MERSI差值值域为[-8.6, 1.1]，平均值为4.007935。三者之间的差值还是较为稳定的。

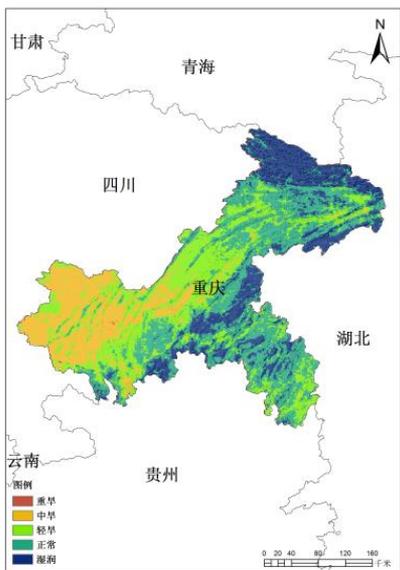




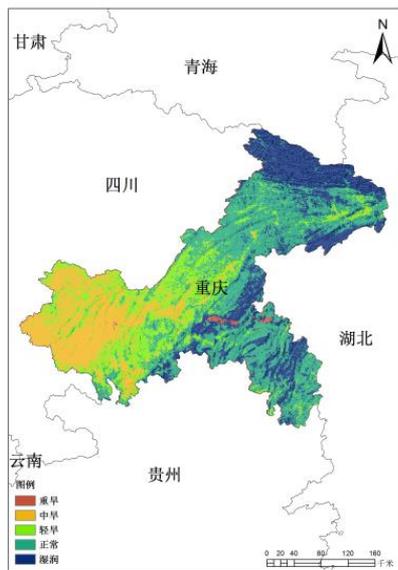
植被供水指数VSWI

参考中国气象局制定的农业气象干旱划分标准以及王颖、李国春等的相关研究，并结合重庆市的实际情况，将VSWI值分级划分为5级，如下：

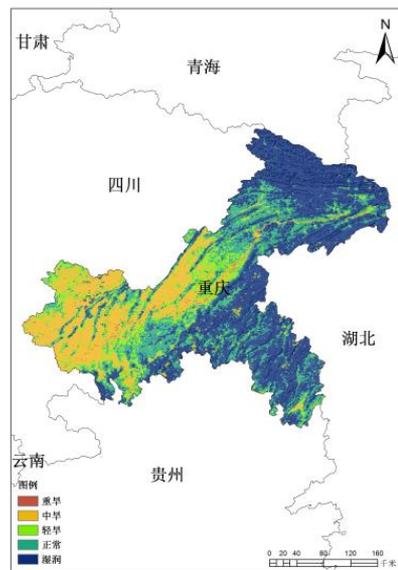
指数	范围	分级
VSWI	0~0.07	重旱
	0.07~0.17	中旱
	0.17~0.19	轻旱
	0.19~0.22	正常
	0.22~0.33	湿润



FY-3A/VIRR



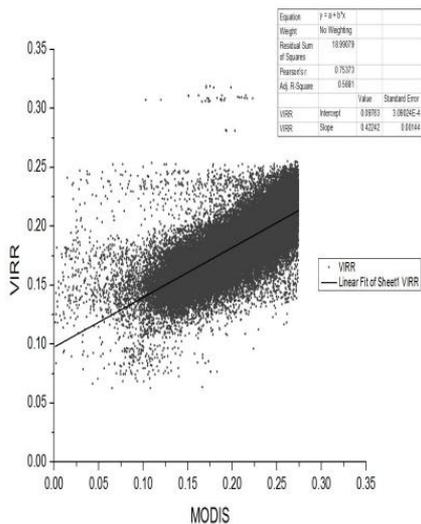
FY-3A/MERSI



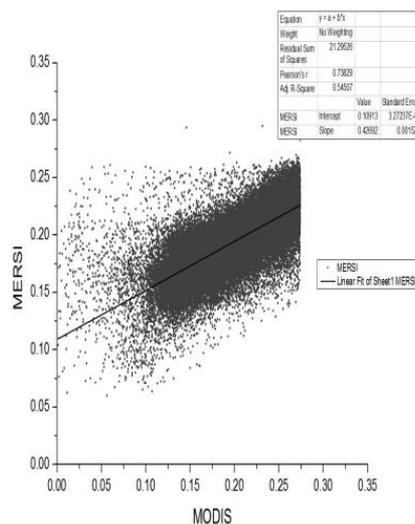
Aqua/MODIS

就2011年8月的情况来看，重庆市干旱情况从西至东有减缓的趋势。从干旱级别来分，重庆全区无重旱地区，西部干旱情况最为严重，达中旱级别；重庆东北角以及东南角地区最为湿润，几乎不受旱情的影响。其中FY-3A/MERSI图中有条带状的区域是受到云的影响造成的，而非重旱受灾地区。

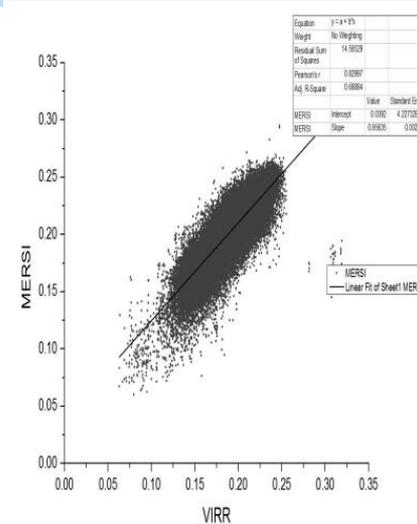




MODIS与VIRR



MODIS与MERSI



VIRR与MERSI

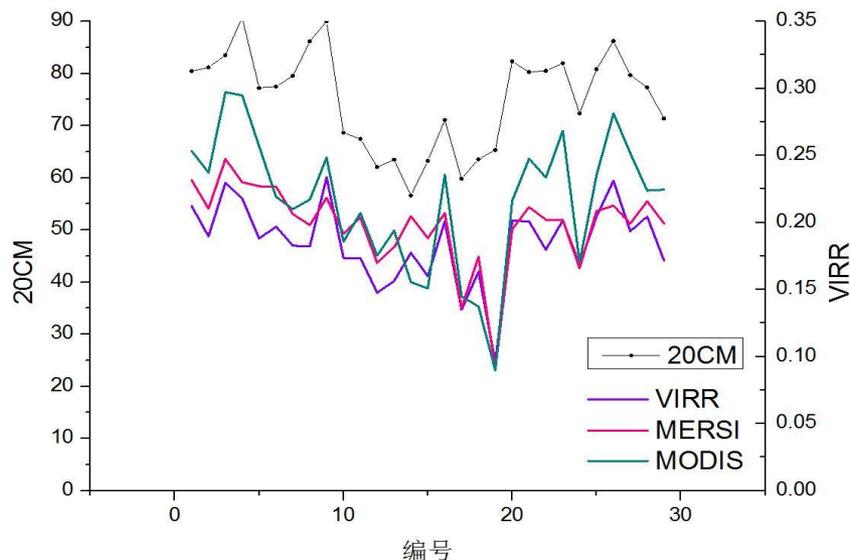
MODIS与VIRR之间VSWI指数相关性为0.75373；MODIS与MERSI之间VSWI指数相关性为0.73829；VIRR与MERSI之间VSWI指数相关性为0.82997。虽然受到温度相关性较低的影响，以VSWI得到的相关性依然较高。从对比的结果看，三者之间数据值上有一定的差别，MODIS与VIRR之间的变化范围在 $[-0.177929, 0.098350]$ 之间，均值为0.027936；MODIS与MERSI之间的变化范围在 $[-0.165139, 0.088547]$ 之间，均值为0.016097；VIRR与MERSI之间的变化范围在 $[0.177929, 0.098350]$ 之间，均值为0.027936。MODIS的监测结果比VIRR和MERSI的都略大，这主要是由于探测仪器本身的参数、光谱响应差异、太阳高度角、几何畸变及云污染状况等因素造成的。





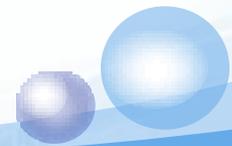
传感器	时间段	土层深度			
		10CM	20CM	30CM	40CM
VIRR	2011年8月	0.74796**	0.77686**	0.17374**	0.2062**
MERSI	2011年8月	0.58067**	0.60535**	0.03809**	0.08182**
MODIS	2011年8月	0.7864**	0.81714**	0.15121**	0.18621**

选取2011年8月重庆市20CM土壤墒情数据，选取30个样本点，将VSWI的监测结果与实际20CM土壤墒情检测值作对比，分析不同类型数据和20CM土壤墒情值变化趋势线。



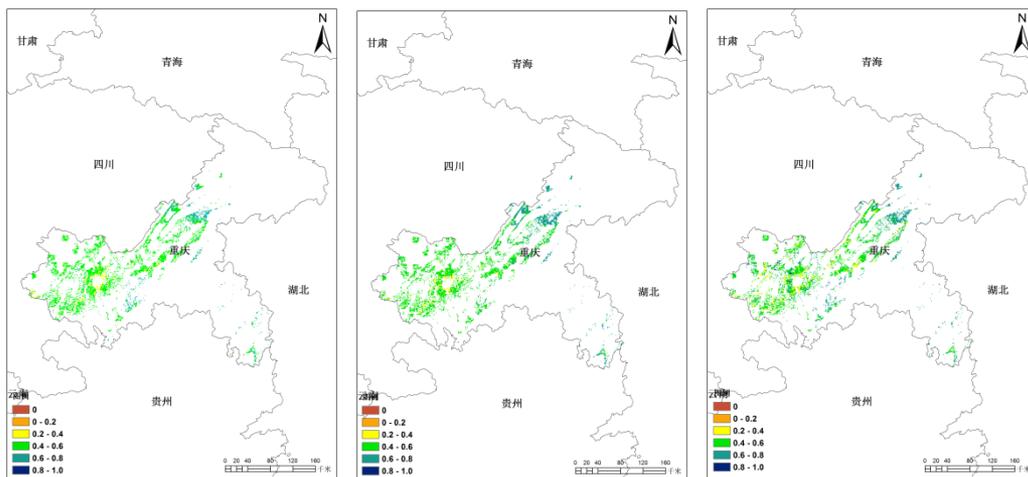
土壤墒情值的变化趋势和VSWI指数值的变化趋势相同，当土壤湿度增加时，VSWI指数值相应地增加。根据VSWI指数的物理含义以及计算表达式，可以看出图中所示的变化趋势符合理论依据。个别数据出现不符情况和传感器本身以及云的影响有一定关系。





重庆市不同背景区主要地形及土地覆盖类型的比重，综合起来，大致可以分为小起伏山地作物和中起伏地形混交林两种。因此，对这两种背景分别进行AQUA/MODIS、FY-3A/VIRR和FY-3A/MERSI三种数据NDVI、陆表温度以及干旱监测结果的对比分析。

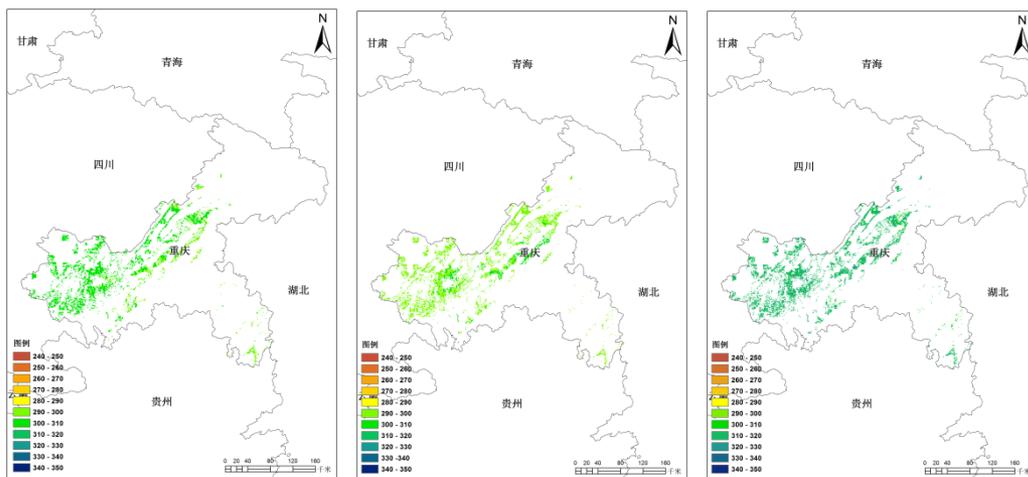
背景区	LUCC				
	重庆地区	混交林	作物	作物及自然植被镶嵌	其他
低海拔平原台地	7.09%	0	83.99%	14.95%	1.06%
低海拔丘陵	8.78%	0.60%	64.04%	33.27%	2.09%
低海拔小起伏山地	21.47%	9.50%	37.68%	36.21%	16.61%
中海拔小起伏山地	0.41%	89.08%	0.88%	4.30%	5.74%
低海拔中起伏山地	35.32%	32.72%	17.74%	22.21%	27.33%
中海拔中起伏山地	9.28%	84.19%	2.10%	6.43%	7.28%
低海拔大起伏山地	10.37%	50.11%	8.40%	10.70%	30.79%
中海拔大起伏山地	13.66%	87.54%	0.99%	5.34%	6.13%
重庆地区	100%	39.14%	21.69%	21.04%	18.13%



FY-3A/VIRR

FY-3A/MERSI

Aqua/MODIS



小起伏山地作物-NDVI

数据的NDVI值主要介于0.4-0.6之间，较FY-3A/VIRR数据，显而易见的是MERSI和MODIS数据的值分布范围更广，细节更为明显。但是值总体呈现东部的值较高。

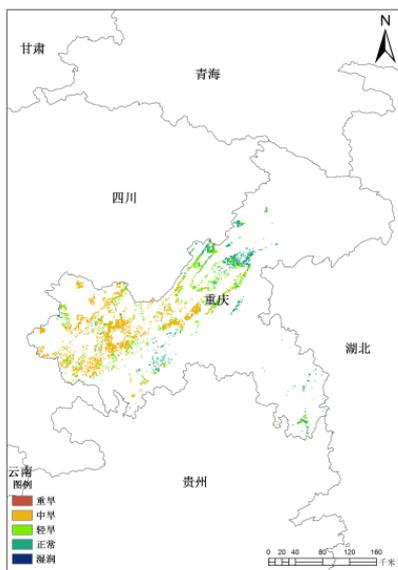
小起伏山地作物-LST

VIRR、MERSI与MODIS的陆表温度相关性分别为：0.6624, 0.5557，而VIRR和MERSI之间的相关性仅为0.5172。且从差值分析来看，差值范围不太稳定，除去算法和传感器的原因，还有可能是样本数目过少造成的。

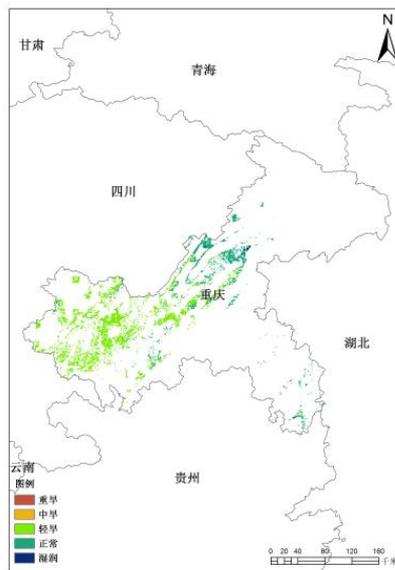




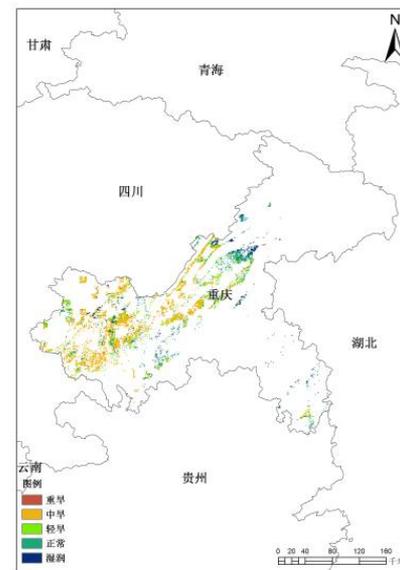
小起伏山地作物-VSWI



FY-3A/VIRR



FY-3A/MERSI



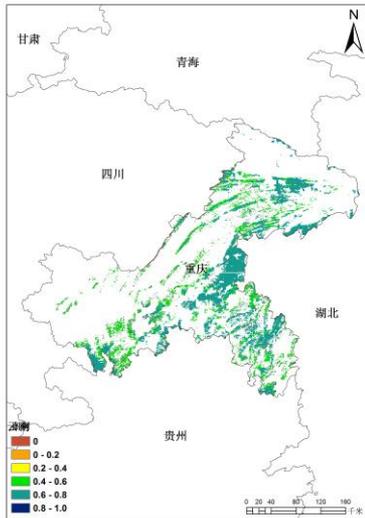
Aqua/MODIS

MODIS与VIRR之间VSWI指数相关性为0.6016；MODIS与MERSI之间VSWI指数相关性为0.5520；VIRR与MERSI之间VSWI指数相关性为0.7596。虽然受到温度相关性较低的影响，以VSWI得到的相关性依然较高。MODIS的监测结果比VIRR和MERSI的都略大，并且细节更加丰富，这主要是由于探测仪器本身的参数、光谱响应差异、太阳高度角、几何畸变及云污染状况等因素造成的。

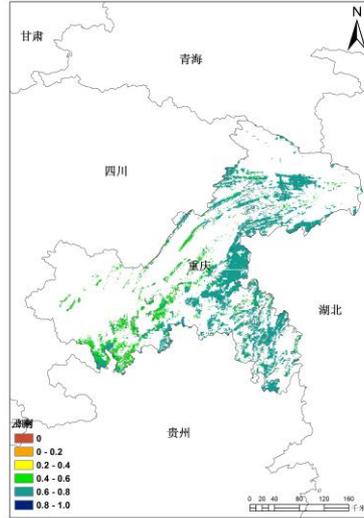




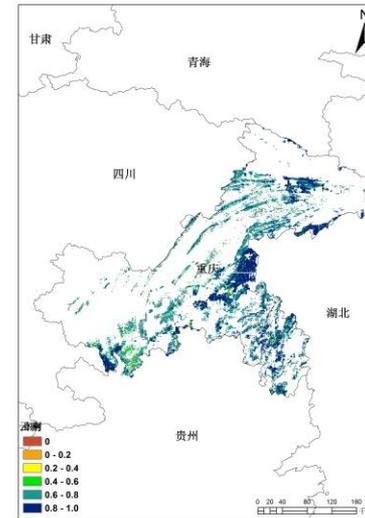
中起伏度地形的混交林-NDVI



FY-3A/VIRR



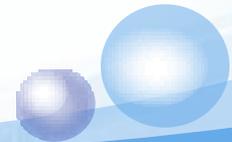
FY-3A/MERSI



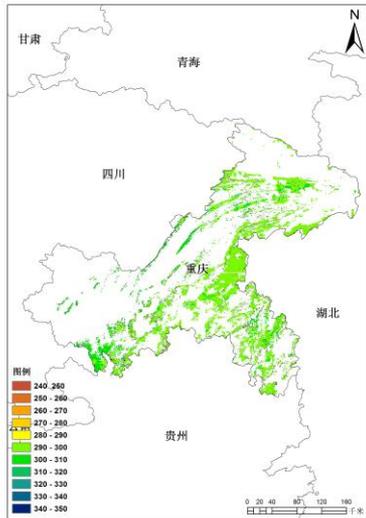
Aqua/MODIS

传感器	相关性			差值范围			差值平均值		
	VIRR	MERSI	MODIS	VIRR	MERSI	MODIS	VIRR	MERSI	MODIS
VIRR	\	0.6390	0.5954	\	-0.0415~0.0011	-0.2281~0.3603	\	-0.0191	0.1566
MERSI	0.6390	\	0.6307	-0.0415~0.0011	\	-0.2270~0.3188	-0.0191	\	0.1374
MODIS	0.5954	0.6307	\	-0.2281~0.3603	-0.2270~0.3188	\	0.1566	0.1374	\

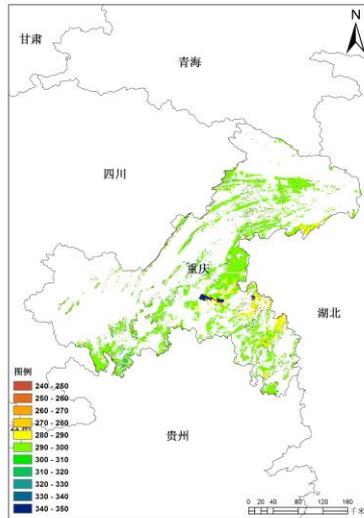




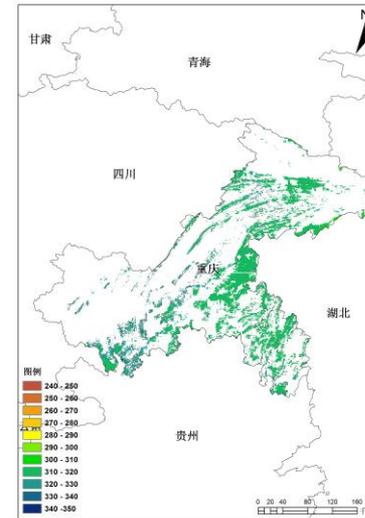
中起伏度地形的混交林-LST



FY-3A/VIRR



FY-3A/MERSI



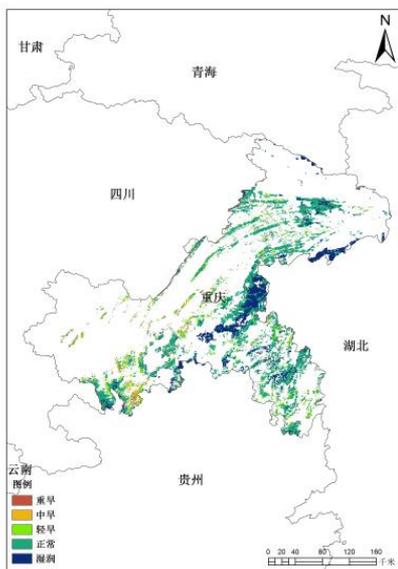
Aqua/MODIS

传感器	相关性			差值范围			差值平均值		
	VIRR	MERSI	MODIS	VIRR	MERSI	MODIS	VIRR	MERSI	MODIS
VIRR	\	0.5016	0.5002	\	-4.8~0.2	3.46~17.74	\	-4.3889	8.3736
MERSI	0.5016	\	0.5930	--0.0415~0.0011	\	8.26~-20.04	-4.3889	\	12.7626
MODIS	0.5002	0.5930	\	-4.8~0.2	8.26~-20.04	\	8.3736	12.7626	\

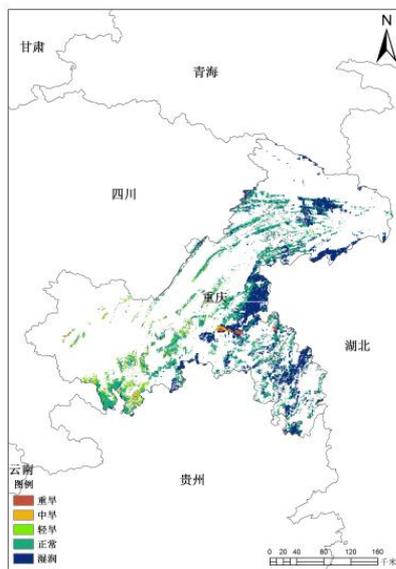




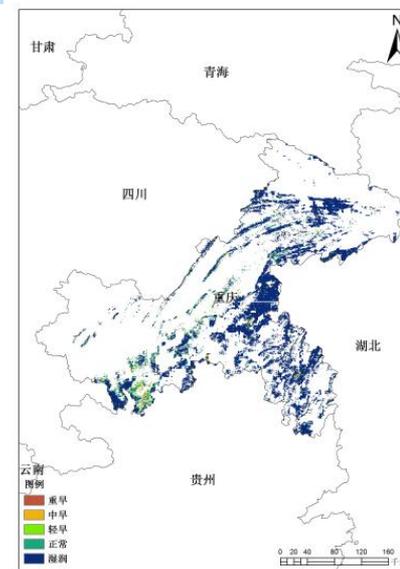
中起伏度地形的混交林-VSWI



FY-3A/VIRR



FY-3A/MERSI



Aqua/MODIS

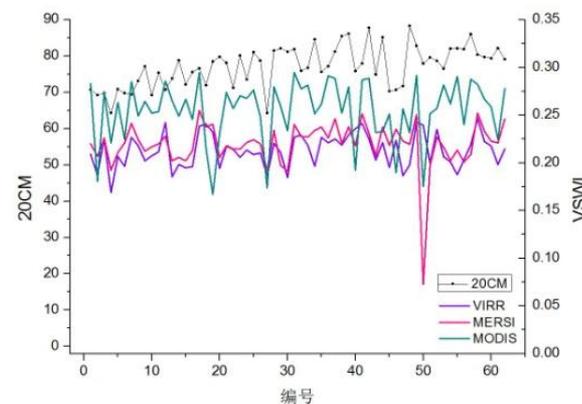
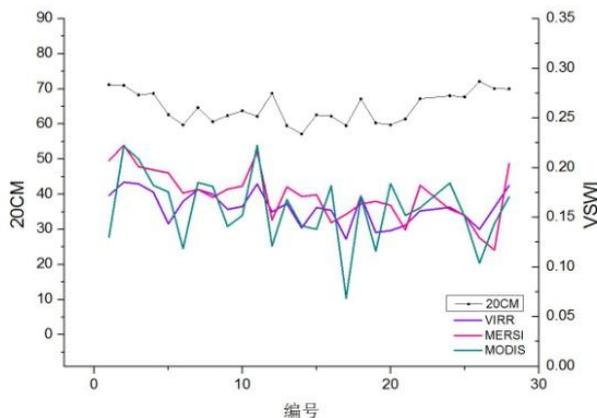
传感器	相关性			差值范围			差值平均值		
	VIRR	MERSI	MODIS	VIRR	MERSI	MODIS	VIRR	MERSI	MODIS
VIRR	\	0.6419	0.5954	\	0.0550-0.1722	-0.2153-0.1102	\	-0.0064	0.0456
MERSI	0.6419	\	0.5697	0.0550-0.1722	\	-0.2058-0.0984	-0.0064	\	0.0392
MODIS	0.5697	0.73829	\	-0.2153-0.1102	-0.2058-0.0984	\	0.0456	0.0392	\





传感器	时间段	与实测20CM土壤墒情相关性	
		小起伏度地形的作物	中起伏度地形的混交林
VIRR	2011年8月	0.5483	0.5090
MERSI	2011年8月	0.5139	0.4300
MODIS	2011年8月	0.4819	0.5295

对于小起伏度地形的作物，VIRR和MERSI的相关性比MODIS高；对于中起伏度地形的混交林VIRR和MODIS的相关性比MERSI高。这与整体性的结果是截然不同的。又将这几类数据重采样（0.1*0.1），小起伏度地形的作物取样28个点，中起伏度地形的混交林取样62个点，进行趋势分析。



根据重庆地区的实际情况出发，以遥感原理为基础，以FY-3A/VIRR，FY-3A/MERSI和Aqua/MODIS影像为数据源，结合实测土壤湿度数据，土地覆盖类型数据，经分析得到如下结论：

1. VSWI指数监测土壤湿度的最佳深度为20CM，其次为10CM。
2. 通过分析可以看出，三种数据不论在整体上还是典型样本点上都呈现明显的线性相关性，且相关系数都通过0.01的显著性检验，干旱监测结果是可信的。FY-3A/VIRR数据和FY-3A/MERSI数据具备干旱监测能力，且其检测结果与MODIS数据的监测结果具有可比性。但从重庆地区旱情空间分布情况来看，MODIS数据的纹理特征相比于其他两个数据更加明显。
3. 对于小范围地区，VIRR的监测结果反而比MODIS的好，说明了FY-3A/VIRR在小范围监测上具有优势，如果MERSI的陆表温度能得到优化，鉴于其250M分辨率的优势，有助于细节部分的突出；
4. 对于小起伏度地形的作物，VIRR和MERSI的相关性比MODIS高；对于中起伏度地形的混交林VIRR和MODIS的相关性比MERSI高。
5. 利用植被供水指数进行干旱监测方法简单，监测精度能够满足要求，但在干旱监测中，数据质量还受到传感器本身，大气状况，传感器角度，地表植被类型等多方面因素的影响，在实际应用中应注意VSWI干旱分级标准的动态性。
6. 土壤墒情数据的使用，对提高干旱监测精度有重要作用，但没有提出海拔高度对干旱反演精度的影响，有待下一步研究中加入改善。



谢谢，恳请专家指正！

