

海地 2010 年地震在弗洛斯河流域引发滑坡 位置与类型数据集

吕婷婷¹, 刘 闯², 赵晋陵³, 戴丽君⁴, 王晋年¹, 顾行发¹

1. 中国科学院遥感与数字地球研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 3. 河南大学, 开封 475004; 4. 美国 Texas 州立大学, 圣马科斯

摘 要: 2010 年 1 月 12 日海地发生 7.0 级地震并由此引发了一系列滑坡。自震中 (18.457° N, 72.533° W) 至太子港之间, 由于地震引发的滑坡主要分布在四个地区: 牟曼斯河(Riviere Momance)上游地区、弗洛斯河 (Riviere Frorse) 流域、圣洛朗山(Morne Saint-Laurent)北坡以及缓丘上建造的建筑物附近。其中, 以弗洛斯河流域最为密集。基于震前和震后即 2009 年 12 月 World View-2 遥感数据、2013 年 1 月 13 日和 16 日的 GeoEye-1 遥感数据(空间分辨率为 0.41m) 和 Google Earth 多时相 (1 m 分辨率, 包括震前和震后) 遥感影像 (空间分辨率在 0.41-1 m 之间) 对比分析, 开发了海地 2010 年地震在弗洛斯河流域引发滑坡位置与类型数据集。压缩后数据量为 650 KB, 以 ARCGIS 的 shp 文件格式存储。

关键词: 海地; 地震; 2010 年; 弗洛斯河流域; 滑坡

DOI: 10.3974/geodp.2017.02.09

1 前言

2010 年 1 月 12 日 21:53:10 (UTC) 位于加勒比地区伊斯帕尼奥拉岛的海地发生了 7.0 地震, 震中位于 18.457°N, 72.533°W^[1]。1 月 18 日, 美国国家航空航天局在 EO-1 数据基础上完成并发布了海地潜在滑坡遥感解译图。1 月 18 日, 美国 Geoeye 公司网上公布了 GeoEye 1 月 13 日海地震后数据 (空间分辨率 0.41m), 1 月 19 日, 美国 Digital Global 公司网上公布了 1 月 13 日海地震后遥感影像数据 (空间分辨率 0.5m), 1 月 19 日, Google Earth 网上更新了海地地区遥感数据。同日, 中国科学院地理科学与资源研究所、北京师范大学资源学院世界资源研究所、中国科学院遥感与数字地球研究所在上述数据基础上, 开展了海地弗洛斯河 (Riviere Frorse) 流域滑坡的分析和解译研究, 本研究结果经反复核查后, 经联合国信息通讯技术与应用全球联盟 (UN GAID) 优先领域计划 - 促进发展中国家科学数据共享与应用全球联盟 (UN GAID e-SDDC) 项目组上报联合国灾害管理与应急响应信息办公室 (UN-SPIDER) 和联合国经社事务部 (UNDESA) 公共行政管理知识库网 (UNPAN), 供联合国在海地地震救灾和灾后重建决策中参考。

收稿日期: 2014-11-15; **修订日期:** 2014-12-20; **出版日期:** 2017-06-25

通讯作者: 吕婷婷 R-8978-2016, 中国科学院遥感与数字地球研究所, lvtt@radi.ac.cn

论文引用格式: 吕婷婷, 刘闯, 赵晋陵等. 海地 2010 年地震在弗洛斯河流域引发滑坡位置与类型数据集[J]. 全球变化数据学报, 2017, 1(2): 188-195. DOI:10.3974/geodp.2017.02.09.

数据集引用格式: 吕婷婷, 刘闯, 赵晋陵等. 海地 2010 年地震在弗洛斯河流域引发滑坡位置与类型数据集[DB]. 全球变化科学研究数据出版系统, DOI:10.3974/geodb.2014.02.10.V1.

弗罗斯河流域位于海地 1.12 大地震震中和海地首都太子港之间，是海地地震震中与人口密集的太子港之间遭受地震引发滑坡最密集的区域，也是泥石流可能发生并对人口密集的下游产生危害最大的区域。弗罗斯河下游是人口密集的卡福（Carrefour）区，它位于受地震引发滑坡最严重的弗罗斯河河口。因此，在雨季（即 4-5 月）到来之际，卡福人口密集区及弗罗斯河流域居民和沟谷农田受到泥石流影响的危害不容忽视。图 1 为弗罗斯河流域地理位置图。



图 1 弗罗斯河流域地理位置图

2 数据集元数据简介

海地地震（2010）在弗罗斯河（Riviere Frose）流域引发滑坡数据集^[2]的名称、短名名称、作者信息、地理区域、数据年代、空间分辨率、数据集组成、数据出版与共享服务平台等信息一并列于表 1。

3 数据研发方法

滑坡是指斜坡上的大量土体，岩体或其他碎屑物堆积物沿一个或数个滑动面整体下滑的现象，是多种因素孕育最终由重力作用造成的地质灾害。滑坡一旦发生就会形成一些特殊的地貌特征，遥感图像可以通过遥感图像的色调、形态、纹理结构等直接显示滑坡，此外滑坡体上的植被与周围植被不一致，也为滑坡的提取提供了重要的参考^[4]。

作者利用 2010 年 1 月 13 日和 2010 年 1 月 16 日 GeoEye-1 震后影像和 2009 年 12 月 13 日的 WorldView-2 和 Google Earth 震前影像(表 2)进行地震破坏的遥感表征目视分析，即根据影像特征建立起影像和实地目标物之间的对应关系，从而提取出滑坡信息，提取的灾害信息结果进行分组交叉验证，具体流程见图 2。滑坡提取的详细方法已在参考文献^[5]中详细说明。

综合分析海地地震前后的滑坡类型和形态，将滑坡类型分为两大类：即新增-扩展类型

表 1 海地地震（2010）在弗罗斯河（Riviere Frorse）流域引发滑坡位置与类型数据集元数据简表

条 目	描 述
数据库（集）名称	海地地震（2010）在弗罗斯河（Riviere Frorse）流域引发滑坡位置与类型数据集
数据库（集）短名	HaitiEQ_LS_2010data
作者信息	吕婷婷 R-8978-2016, 中国科学院遥感与数字地球研究所, lvtt@radi.ac.cn 刘 闯 L-3684-2016, 中国科学院地理科学与资源研究所, lchuang@igsrr.ac.cn 赵晋陵 A-4856-2017, 河南大学, aling0123@163.com 戴丽君 A-4836-2017, 美国塔克萨斯大学, daidaidlj@gmail.com 王晋年 E-2431-2017, 中国科学院遥感与数字地球研究所, jwang@radi.ac.cn 顾行发 L-7328-2016, 中国科学院遥感与数字地球研究所, guxingfa@radi.ac.cn
地理区域	地理范围:18.4°N-18.5°N, 72.32°W – 72.48°W。
数据年代	2010 年
空间分辨率	m
数据文件个数	2
数据格式	.shp, .zip
数据量	压缩后为 650KB
数据集组成	数据集由 2 部分数据组成，第一部分是弗罗斯河流域滑坡点数据。第二部分是弗罗斯河流域滑坡面状数据。共包括 2 个数据文件，它们分别为： HTI_Landslide_Point.zip, ARCGIS .shp, 点状滑坡体地理信息系统数据，数据量 9.27 KB HTI_Landslide_Polygon.zip, ARCGIS .shp, 面状滑坡体地理信息系统数据，数据量 640.49MB
基金项目	中国科学院（CXIOG-D04-03）
出版与共享服务平台	全球变化科学研究数据出版系统 http://www.geodoi.ac.cn
地址	北京市朝阳区大屯路甲 11 号 100101，中国科学院地理科学与资源研究所
数据共享政策	全球变化科学研究数据出版系统的“数据”包括元数据（中英文）、实体数据（中英文）和通过《全球变化数据学报》（中英文）发表的数据论文。其共享政策如下：（1）“数据”以最便利的方式通过互联网系统免费向全社会开放，用户免费浏览、免费下载；（2）最终用户使用“数据”需要按照引用格式在参考文献或适当的位置标注数据来源；（3）增值服务用户或以任何形式散发和传播（包括通过计算机服务器）“数据”的用户需要与《全球变化数据学报》（中英文）编辑部签署书面协议，获得许可；（4）摘取“数据”中的部分记录创作新数据的作者需要遵循 10%引用原则，即从本数据集中摘取的数据记录少于新数据集总记录量的 10%，同时需要对摘取的数据记录标注数据来源 ^[3] 。

滑坡体和震前老滑坡体。其中新增-扩展类型滑坡体包括：A-新增滑坡体、B-在原有滑坡基础上扩展的滑坡体；震前老滑坡体包括：C-与震前变化不大的滑坡体、N-原有滑坡固定后没有复活的滑坡体。其各自的影像特征见表 3。

表 2 GeoEye、World View 遥感数据指标表

卫星	国家	公司	传感器	空间分辨率	重访周期	获取日期	获取网站
GeoEye-1	美国	GeoEye, Inc. Nasdaq	全色传感器	0.41m（星下点）	3 天	2010 年 1 月 13 日	http://www.google.com/relief/haitiearthquake/geoeye.html
			多谱段传感器	1.65m（星下点）		2010 年 1 月 16 日	
World View-2	美国	Digital-Globe	全色传感器	0.61m（星下点）	1-6 天	2009 年 12 月 13 日	http://dgl.us.neolane.net/res/dgl/survey/CES_H.jsp
			多谱段传感器	2.44m（星下点）			

4 数据结果与验证

图 3 至图 6 为滑坡解译结果，总计 165 个滑坡体，其中新增滑坡 98 个，占滑坡总量的 59.4%。原有滑坡基础上扩展的滑坡体的数量为 35 个，比重为 21.2%。与震前变化不大的滑坡体个数为 24，比重为 14.6%。原有滑坡固定后没有复活的滑坡体个数为 8 个，比重为 4.8%。表 4-表 7 为各类滑坡空间分布及面积统计。数据统计结果表明，新增滑坡体（A）的面积为 54132 m²。范围扩展的滑坡(B)，其在地震前原有滑坡的面积是 29,716 m²，地震后滑坡面积为 33,158 m²，增加的面积为 3,442 m²。对原滑坡体影响较小其面积几乎没有发生变化的滑坡(C)总面积是 186,962 m²。已经恢复植被本次地震中未复活的老滑坡体(N)面积为 5618 m²（见表 4-表 7）。

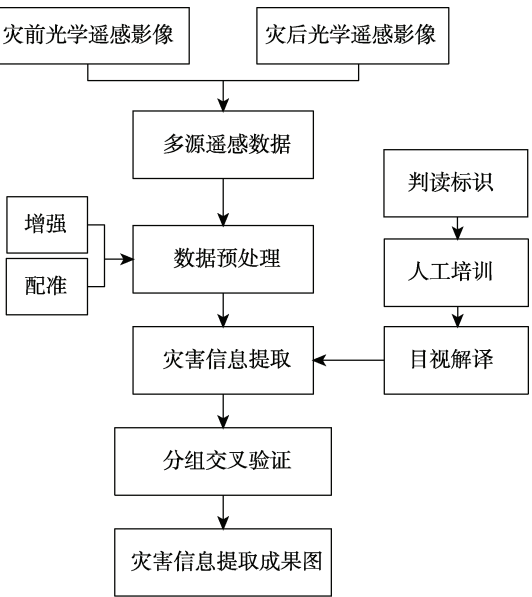


图 2 海地地震灾害信息提取流程

表 3 海地地震（2010）各类滑坡影像特征图

编码	震前	震后	矢量数据结果图	类型
A				新增滑坡体
B				原有滑坡基础上扩展的滑坡体
C				与震前变化不大的滑坡体
N				原有滑坡固定后没有复活的滑坡体

5 讨论和总结

通过对本数据的分析得出：在主干道长 26.21 km、流域面积在 85.14 km²的空间范围内，由于本次地震引发的滑坡体 165 个，新增面积达 94,447 m²。其中，新增滑坡体 98 个，面积 54,132 m²，在原有滑坡体基础上进一步扩展的有 35 个，原有面积 163,819 m²，新增

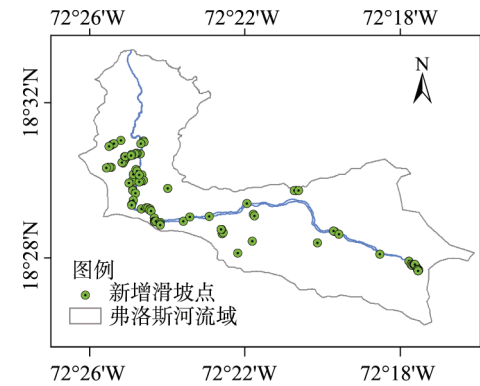


图 3 新增滑坡分布图

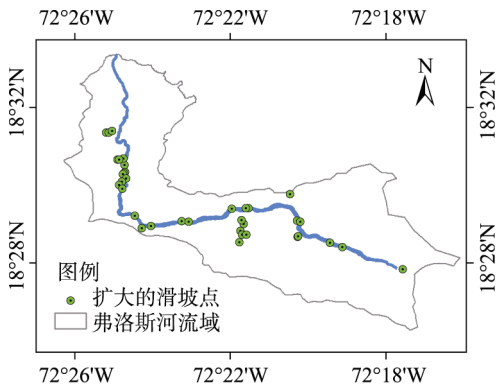


图 4 在原有滑坡基础上扩大的滑坡分布图

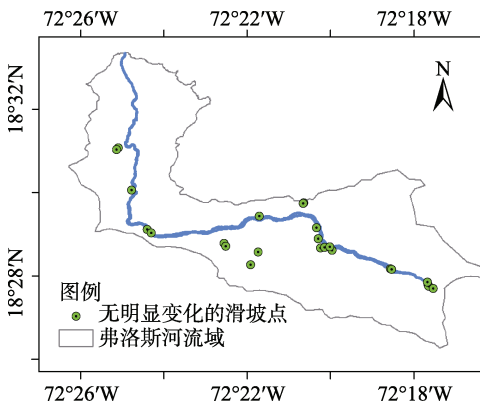


图 5 原有且未发生变化的滑坡分布图

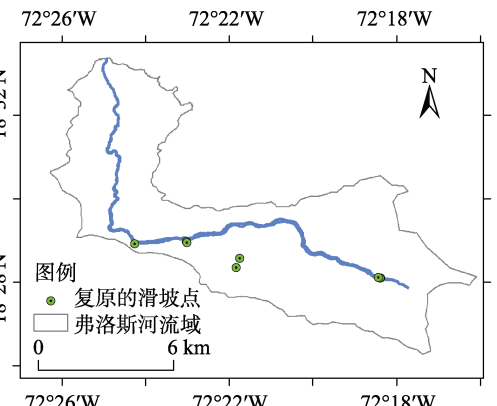


图 6 已经或正在修复的滑坡分布图

面积 40,315 m²。此外，在该流域仍有震前存在、地震过程中影响较小的滑坡体 32 个。其中，包括地震前生成、表面植被尚未恢复的滑坡体 24 个，面积 186,962 m²，震前生成植被恢复较好的滑坡体 8 个，面积 5,618 m²。上述滑坡主要分布在地形坡度在 25 度以上的河流主河道二侧和主要支流的下游。滑坡储集在河道内和河道附近的土石方对雨季泥石流的产生创造了条件，对河谷居住的居民和农田以及下游居民的雨季安全构成威胁。

表 4 新增滑坡空间分布及面积统计表

编码	经度 (°)	纬度 (°)	面积 (m ²)	编码	经度 (°)	纬度 (°)	面积 (m ²)
A-1	-72.410023	18.517005	1,227	A-85	-72.414524	18.511089	1462
A-2	-72.409911	18.516559	459	A-87	-72.4147	18.502667	2302
A-3	-72.411403	18.515828	384	A-88	-72.41627	18.499076	256
A-9	-72.410848	18.502558	94	A-89	-72.417292	18.510066	71
A-12	-72.413726	18.500876	894	A-90	-72.418292	18.508785	152
A-13	-72.412961	18.50046	61	A-91	-72.41851	18.508511	426
A-14	-72.413147	18.500278	74	A-92	-72.418864	18.507587	117
A-15	-72.414106	18.500331	21	A-93	-72.419413	18.507676	113
A-17	-72.414525	18.500234	82	A-94	-72.418287	18.510309	191
A-18	-72.414898	18.499817	70	A-95	-72.41796	18.510391	42
A-19	-72.411442	18.500714	239	A-96	-72.399644	18.49666	5601

续表 4

编码	经度 (°)	纬度 (°)	面积 (m ²)	编码	经度 (°)	纬度 (°)	面积 (m ²)
A-20	-72.410864	18.500128	419	A-97	-72.411566	18.51141	83
A-21	-72.410406	18.500055	539	A-98	-72.413005	18.511654	61
A-22	-72.41005	18.500153	289	A-99	-72.413289	18.511703	104
A-23	-72.411364	18.49967	1,505	A-100	-72.413797	18.51152	43
A-24	-72.411915	18.499461	479	A-103	-72.415171	18.511227	55
A-26	-72.414733	18.496194	209	A-104	-72.415425	18.510932	47
A-27	-72.414811	18.49584	71	A-105	-72.425117	18.505668	210
A-28	-72.413499	18.494566	1,820	A-106	-72.424035	18.505656	88
A-29	-72.414576	18.49155	93	A-107	-72.424693	18.505803	60
A-30	-72.415183	18.489767	28	A-108	-72.425966	18.505561	69
A-31	-72.415326	18.489536	64	A-111	-72.419899	18.517228	272
A-32	-72.411163	18.48783	128	A-112	-72.424073	18.51538	3579
A-33	-72.408867	18.488362	332	A-113	-72.423267	18.51568	1339
A-34	-72.408381	18.488465	261	A-114	-72.422789	18.51591	358
A-35	-72.40731	18.487899	412	A-115	-72.425038	18.514647	150
A-36	-72.40765	18.487549	36	A-116	-72.390341	18.484392	509
A-38	-72.406816	18.486959	223	A-120	-72.362893	18.485649	3981
A-39	-72.405553	18.48397	426	A-121	-72.362535	18.484869	2083
A-40	-72.405431	18.482665	96	A-129	-72.363419	18.473738	215
A-41	-72.405217	18.482574	632	A-131	-72.369663	18.468884	2210
A-42	-72.405237	18.482239	195	A-134	-72.344852	18.495708	601
A-45	-72.40472	18.482578	203	A-135	-72.345413	18.495726	488
A-46	-72.402901	18.482051	120	A-136	-72.343778	18.495654	808
A-47	-72.403029	18.481368	28	A-138	-72.335524	18.473274	1346
A-48	-72.403038	18.481019	82	A-148	-72.413437	18.504888	98
A-49	-72.392923	18.482494	26	A-151	-72.376395	18.477268	1216
A-52	-72.381927	18.484673	169	A-152	-72.375885	18.477568	403
A-56	-72.365625	18.490172	1,671	A-153	-72.376545	18.479031	163
A-66	-72.30877	18.468511	959	A-154	-72.376855	18.478965	118
A-68	-72.296273	18.465213	63	A-155	-72.412875	18.504097	359
A-71	-72.295276	18.463979	848	A-156	-72.412059	18.50242	1093
A-72	-72.29484	18.463523	513	A-163	-72.328117	18.478238	781
A-75	-72.292914	18.462871	657	A-112	-72.328635	18.478328	669
A-77	-72.292023	18.461747	108	A-164	-72.326217	18.477004	262
A-78	-72.291989	18.461484	188	A-171	-72.292781	18.464173	40
A-81	-72.29425	18.463956	34	A-172	-72.292382	18.461997	1497
A-82	-72.29382	18.464076	76	A-173	-72.292405	18.461719	170
A-83	-72.293723	18.464032	92	A-174	-72.292185	18.461316	71
Total				54132 m ²			

表 5 在原有滑坡基础上扩张的滑坡类型空间位置及面积统计

编号	经度 (°)	纬度 (°)	震前面积 (m ²)	震后面积 (m ²)	变化面积 (m ²)
B-4	-72.411870	18.509008	29,716	33,158	3,442
B-5	-72.411839	18.505923	1,252	1,321	69
B-6	-72.412271	18.505496	1,229	1,601	372
B-7	-72.412581	18.504923	1,844	2,446	602
B-8	-72.411330	18.503267	5,897	6,777	880
B-11	-72.413063	18.501734	3,288	3,846	558
B-16	-72.414192	18.500304	32	29	-4
B-25	-72.412801	18.498849	7,029	13,184	6,155
B-37	-72.407522	18.487241	61	401	340
B-43	-72.404595	18.481929	248	210	-38
B-50	-72.387408	18.484879	9,260	11,584	2,323
B-51	-72.384476	18.484730	899	1,518	618
B-55	-72.366027	18.490210	1,190	1,778	588
B-59	-72.338008	18.485133	1,939	3,748	1,808
B-60	-72.336677	18.484604	20,223	30,957	10,734
B-62	-72.337896	18.478077	1,728	1,945	217
B-86	-72.412421	18.511778	291	410	119
B-101	-72.414969	18.511205	399	320	-79
B-102	-72.414301	18.511263	85	86	2
B-117	-72.400669	18.482798	450	637	186
B-118	-72.360785	18.483721	13,052	13,656	604
B-119	-72.361793	18.485346	3,865	5,707	1,841
B-122	-72.362305	18.480712	21,882	22,525	643
B-123	-72.361465	18.479159	8,656	10,623	1,967
B-124	-72.359610	18.479021	10,872	11,743	872
B-125	-72.362750	18.475673	634	1,680	1,046
B-137	-72.341020	18.496429	6,517	7,171	654
B-159	-72.358730	18.490508	464	476	11
B-160	-72.359841	18.490348	214	527	314
B-161	-72.337603	18.478393	538	524	-14
B-165	-72.323940	18.475698	838	1,004	166
B-166	-72.318504	18.473757	75	829	755
B-176	-72.419742	18.522877	5,662	6,154	492
B-177	-72.418623	18.522813	3,208	4,528	1,320
B-178	-72.417332	18.523535	282	1,035	752
总计			163,819	204,134	40,315

表 6 原有未发生变化的滑坡空间位置
及面积统计

编码	经度 (°)	纬度 (°)	面积 (m ²)
C-10	-72.412863	18.501215	1,431
C-57	-72.361743	18.490807	31,603
C-58	-72.338924	18.486236	33,352
C-61	-72.338237	18.481781	65,831
C-63	-72.337153	18.477987	662
C-64	-72.335631	18.478325	11,503
C-65	-72.332556	18.477222	12,595
C-67	-72.309452	18.469791	883
C-73	-72.294380	18.463437	1,094
C-74	-72.293993	18.462937	91
C-76	-72.292098	18.462071	975
C-80	-72.294420	18.464629	557
C-84	-72.333484	18.478565	3,376
C-109	-72.418118	18.518096	9,199
C-110	-72.418841	18.517488	3,976
C-127	-72.362198	18.476573	310
C-130	-72.365359	18.471379	3,509
C-132	-72.344007	18.496005	863
C-133	-72.344351	18.495922	616
C-149	-72.376024	18.480018	1,001
C-150	-72.375313	18.478775	2,104
C-157	-72.406567	18.485567	272
C-158	-72.405055	18.484251	272
C-167	-72.308894	18.469529	887
总计			186,962

表 7 已恢复或正在恢复的滑坡空间位置
及面积统计

编码	经度 (°)	纬度 (°)	面积 (m ²)
N-44	-72.404253	18.482336	440
N-53	-72.383776	18.483057	707
N-54	-72.383440	18.482848	1,013
N-126	-72.362449	18.476512	350
N-168	-72.306310	18.468512	491
N-169	-72.306530	18.468694	791
N-170	-72.307095	18.468773	1,677
N-175	-72.363948	18.472975	149
总计			5,618

本数据集经联合国信息通讯技术与应用全球联盟（UN GAID）优先领域计划 – 促进发展中国家科学数据共享与应用（UN GAID e-SDDC）项目组于 2010 年 1 月 20 日上报联合国灾害管理与应急响应信息办公室（UN-SPIDER）和联合国经社事务部（UNDESA）公共行政管理知识库网（UNPAN），得到致谢回复。

作者分工：刘闯、顾行发、王晋年负责技术方案总体设计；吕婷婷、赵晋陵、戴丽君负责滑坡提取方法研究、数据分析；吕婷婷完成了论文的撰写；刘闯审核了数据和论文，并负责把该数据上传到联合国减灾系统。

参考文献

[1] USGS.Magnitude 7.0-Haiti Region [OL], <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/recenteqsww/Quakes/us2010rja6.php>.

[2] 吕婷婷, 刘闯, 赵晋陵等. 海地 2010 年地震在弗洛斯河流域引发滑坡位置与类型数据集[DB]. 全球变化科学研究数据出版系统, 2014.DOI:10.3974/geodb.2014.02.10.V1

[3] 全球变化科学研究数据出版系统编辑部.全球变化科学研究数据出版系统数据共享政策[OL]. 2014. DOI:10.3974/dp.policy.2014.05.

[4] Temesgen, B., Mohammed, M. U. Natural hazard assessment using GIS and remote sensing methods, with particular reference to the landslides in the Wondogenet Area [J]. *Ethiopia Phys. Chem. Earth*, 2001, 26(9): 665-675.

[5] Zhao J. L., Liu C., Lv, T. T., et al. Identification of landslide spatial distribution and their types along the Riviere Forse Drainage Basin triggered by the earthquake in Haiti on 12 January 2010 [J], *Disaster Advances*, 2012, 5 (1): 5-13.