国际数字露头与虚拟野外教学研究进展

马安林
成都理工大学

2020年12月06日

调研中涉及的概念：数字露头、虚拟野外、VR、全景、3D

数字露头和虚拟野外

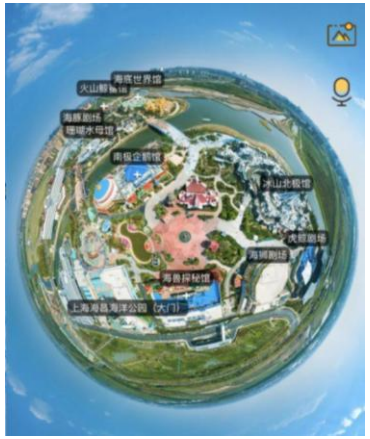
- 数字露头：露头的影像。可以是露头的全景照片或3D模型。
- 虚拟野外：室内获得野外考察的体验，可包含多个但不限于数字露头，还可包括一些影音材料。

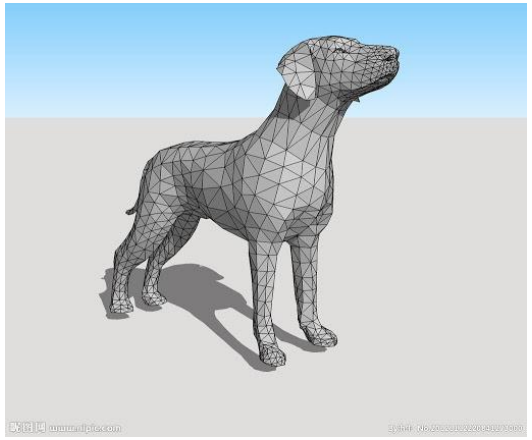
虚拟现实（VR，Virtual Reality）

- 是一种概念，指计算机模拟虚拟环境从而给人以环境沉浸感，具有沉浸性、交互性、多感知性、构想性、自主性等特点。同类概念还有AR，MR，XR。

360°或720°全景全景技术：一种运用数码相机对现有场景进行多角度环视拍摄之后，再利用计算机进行后期缝合。可以分为柱状全景（环视）、球形全景、立方体全景

3D模型：身处目标范围任何位置，360度上下真正无死角，激光扫描、无人机倾斜摄影等技术实现





提纲

一、调研整体情况介绍

二、实例介绍

2.1 V3Geo 3D模型数据库和Lime软件
2.2 GeoVires 3D模型数据库
2.3 Streetcar 2 Subduction 虚拟野外路线
2.5 Arizona State University 全景模型数据库
2.6 Strabospot 数据采集与搜索软件
2.7 其他软件

三、总结

数字剖面调研情况

对国外9个相关网站、数据库进行了调研，来自欧洲、美国等国家和地区

eRocK

V3Geo

SAFARI

Geofacets™



Streetcar 2 Subduction

ASU Arizona State University

Virtual Field Trips

ARGO3D

3DTeLC

对国外5个相关软件进行了调研

LIME

nrg EDGE

Google Earth

STRABOSPOT

Fieldmove

数字剖面与虚拟野外网站和数据库

编号	名称	建立者	单位	数据库内容	网站
1	eRock	Adam Cawood 和 Clare Bond	英国阿伯丁大学	约40剖面	https://www.e-rock.co.uk/
2、3	V3Geo和SafariDB	VOG (Virtual Outcrop Geology)团队	挪威研究中心和英国阿伯丁大学	200+剖面	https://v3geo.com/ https://safaridb.com/register
4、5、6	ARGO3D/GeoVires/3DTeLC	Fabio Luca Bonali等	意大利米兰-比可卡大学	48剖面、地貌、古生物	https://geovires.unimib.it/
7	Geofacets	Elsevier	Elsevier	地质图，图表	https://www.elsevier.com/solutions/geofacets
8	Streetcar 2 Subduction	AGU工作人员和美国各高校地质学家	AGU	10个地质点，其中8个可浏览	https://www.agu.org/learn-and-develop/learn/streetcar2subduction/streetcar2subduction
9	Virtual Field Trips	亚利桑那州立大学	亚利桑那州立大学	约25个	https://vft.asu.edu/#

数字剖面与虚拟野外相关软件

编号	名称	建立者	单位	网站
1	Lime	VOG (Virtual Outcrop Geology)团队	挪威研究中心和英国阿伯丁大学	http://virtualoutcrop.com/lime
2	Virtual Reality Geological Studio	与油气相关的NrgEdge网站	NrgEdge网站	https://www.nrgedge.net/course/virtual-reality-geology-field-trips
3	Google Earth项目	通过创建项目，添加地质和点线面要素	Google 公司	https://earth.google.com/web/@37.86919548,-122.43691636,-16.73673891a,69352.56906669d,35y,0h,0t,0r/data=OgMKATA?authuser=0
4	StraboSpot	Julie Newman, Basil Tikoff and Doug Walker	EarthCube 团队	https://www.strabospot.org/
5	FieldMove (clino)	Petroleum Experts (Petex)公司	Petex公司，总部英国爱丁堡	https://www.petex.com/products/move-suite/digital-field-mapping/

提纲

一、调研整体情况介绍

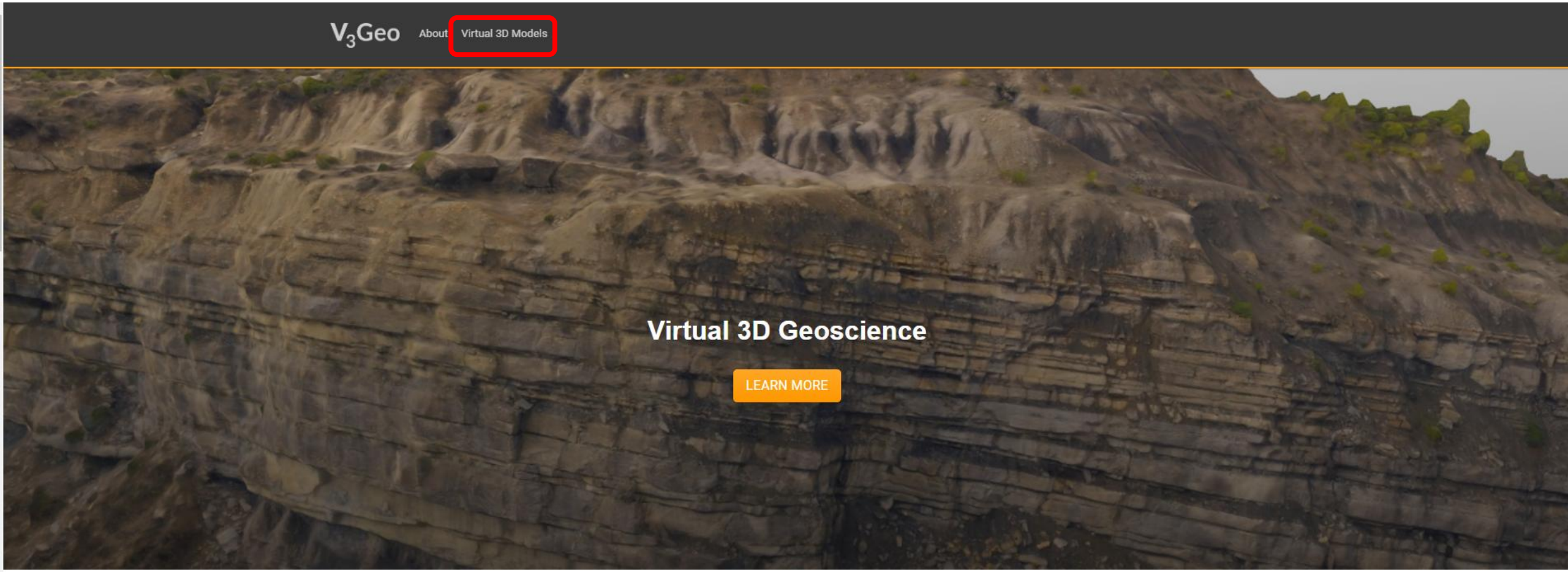
二、实例介绍

2.1 V3Geo 3D模型数据库和Lime软件
2.2 GeoVires 3D模型数据库
2.3 Streetcar 2 Subduction 虚拟野外路线
2.5 Arizona State University 全景模型数据库
2.6 Strabospot 数据采集与搜索软件
2.7 其他软件

三、总结

V3Geo数据库

建立时间：2004年至今
建立团队：挪威研究中心和英国阿伯丁大学**VOG团队**建立
数据量：现有120个3D模型
建立目的：共享世界上典型露头的3D数字露头模型，用于科研与教学



120个3D模型主要分布于西欧和北美

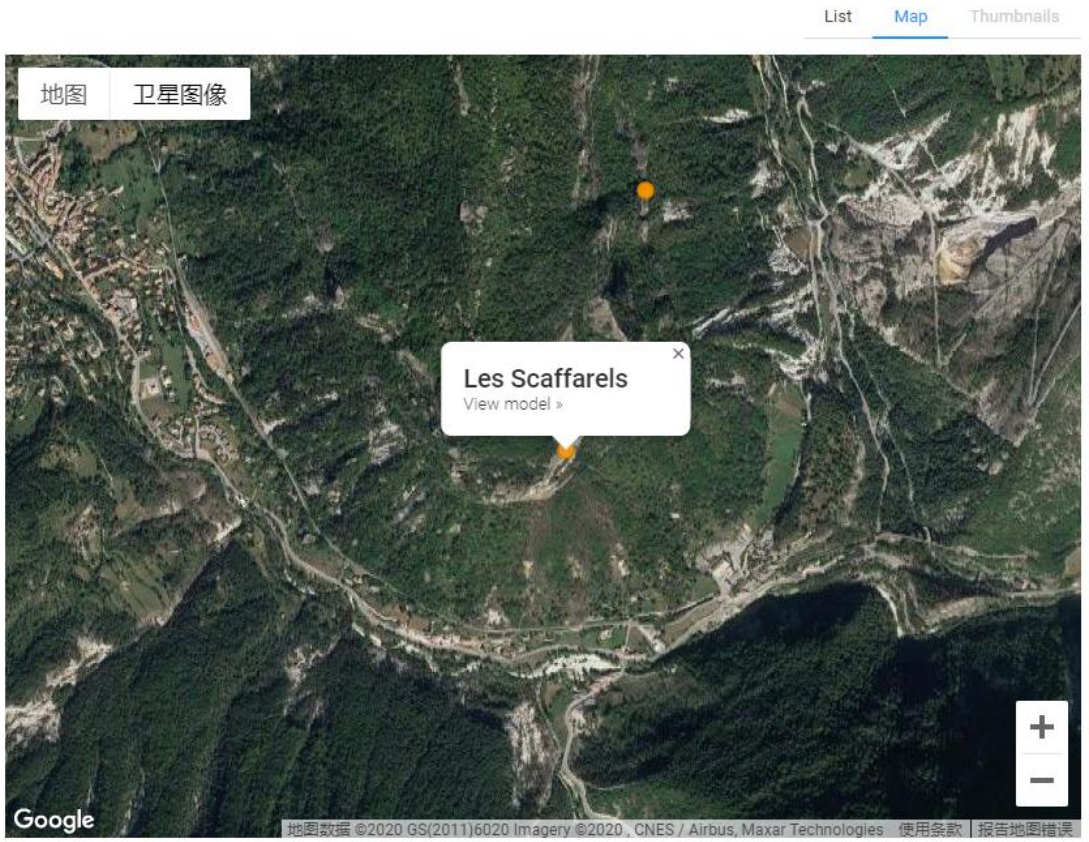
搜索界面

选择3D剖面类型进行搜索



3D模型实例：

法国东南部Alps周缘前陆盆地Annot砂岩Les Scaffarels剖面



Les Scaffarels

剖面名称

剖面介绍：受限深水沉积——Annot砂岩的经典剖面.....

Les Scaffarels is a classic section through the Gres d'Annot confined deep water system. The thick, amalgamated sandstones beds were deposited from ponded turbidity flows that fed through a series of mini-basins from the Coriscan Massif to the south.



Click here to start the fullscreen 3D webviewer

Authorship & Copyright

VOG Group, CC-BY-NC

作者和版权

Model Size

Medium (200-2000m)

模型大小

Tags

剖面标签，便于被检索

Categories	Clastic Sedimentology
Subcategories	Basin Floor

Quality and Notable Aspects

A good quality model.

剖面的品质

Les Scaffarels剖面 3D模型

鼠标拖动可以旋转、放大、缩小

可调整的一些参数



长度测量

垂向夸大

亮度

对比度

图片分辨率

对剖面的解释
功能尚不可用

LIME软件：一款易于使用且轻巧可用于解释和测量的3D模型处理软件



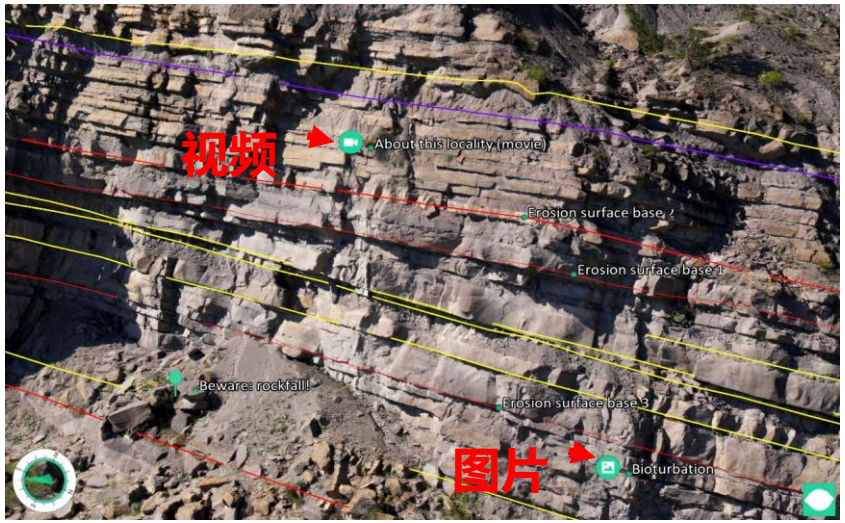
主要功能包括：

① 导入常见的3D模型和高程数据格式
② 通过核心细节级别（LOD）渲染处理大型纹理模型
③ 可视化地形和图像属性（倾斜/倾斜，倾斜方向/纵横比，亮度/对比度等）
④ 解释和测量（线，方向平面，面板，兴趣点）
⑤ 放置辅助对象（例如照片，日志，地理参考图像，解释和地球物理数据面板，表面）
⑥ 多层数据叠加（地球物理，高光谱，注释，解释）和高级层融合功能
⑦ 高质量的演示文稿（屏幕截图，自定义视图，动画路径，立体声）
⑧ 创建3D虚拟实地考察和课程资料

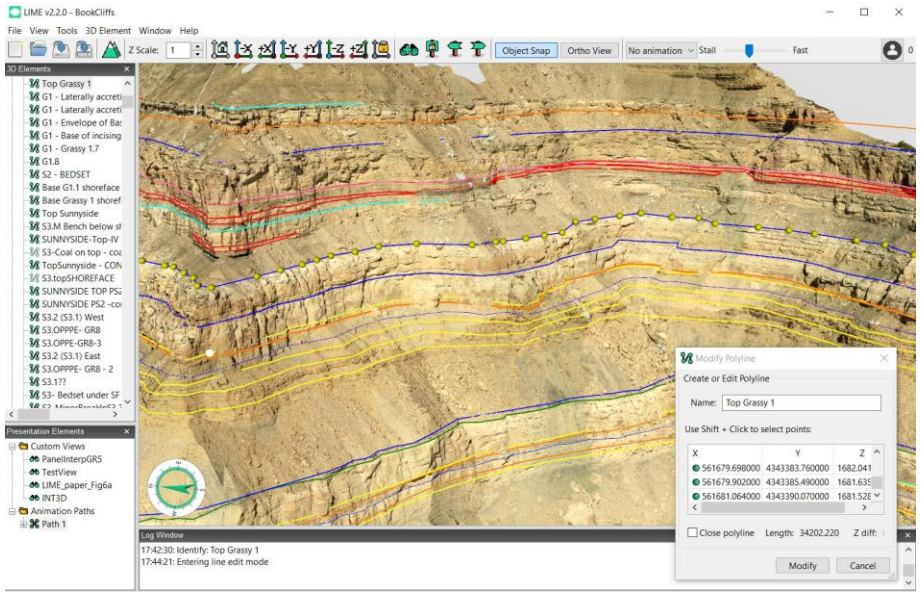
LIME软件

点状要素

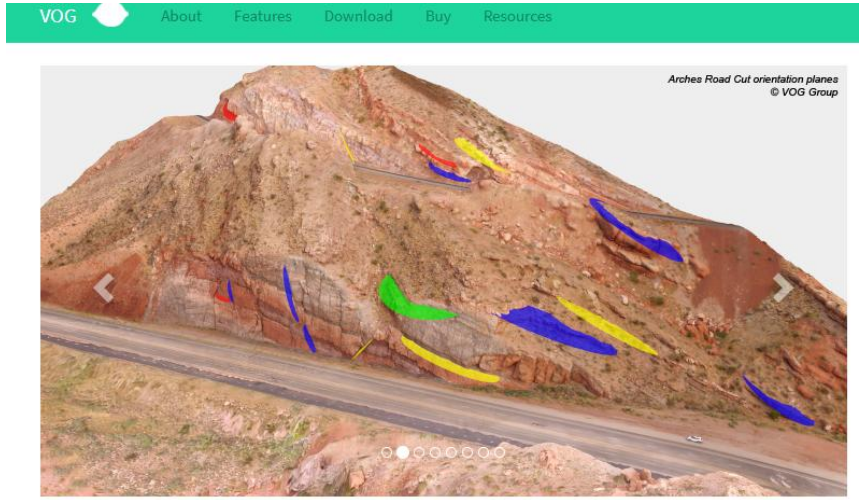
链接视频和照片



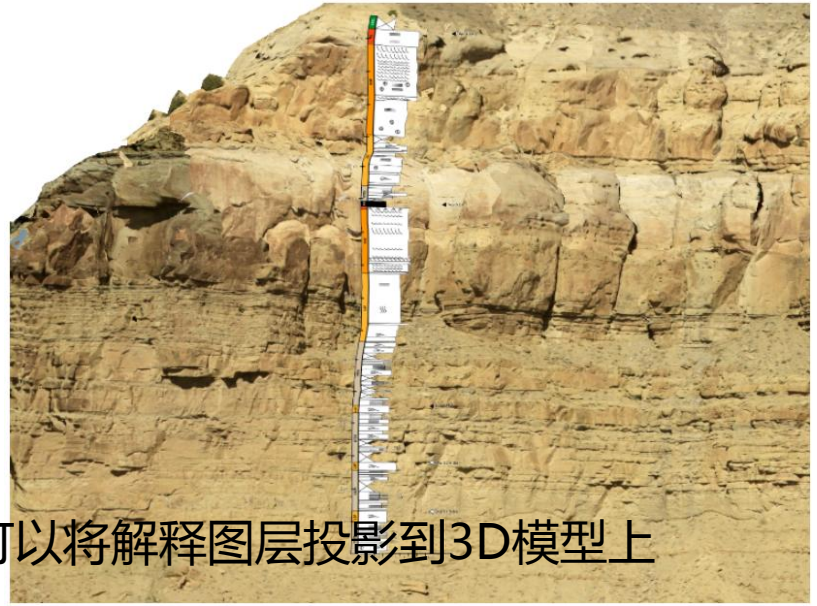
线状要素



面状要素



面板功能



通过面板可以将解释图层投影到3D模型上

V3Geo 团队

VOG (Virtual Outcrop Geology) Group

Simon Buckley（核心成员）
本科、研究生、博后都是geomatics (地理信息系统)专业，一直在澳大利亚University of Newcastle。2005年加入VOG

Nicole Naumann
擅长遥感和GIS，2009年加入

Kari Ringdal
计算机科学，可视化，2013年加入

Bowei Tong
软件开发和系统构建，本科毕业于北京化工大学（Beijing University of Chemical Technology），硕士毕业于英国Narvik University College，2017年加入

Joris Vanbiervliet
软件开发

Conor Lewis
遥感和计算机

资助者 与合作者

AkerBP, bp, ConocoPhillips, DEA, ENGIE, eni norge, equinor, INEOS, Lundin Norway, Norwegian Petroleum Directorate, pointresources, Repsol, Spirit Energy, Suncor Energy, Total, VNG Norge, University of Aberdeen, Royal Holloway University of London, Imperial College London, Universitas Bergensis, Universidad Nacional de La Plata, TU Delft, University of Nebraska Lincoln

提纲

一、调研整体情况介绍

二、实例介绍

2.1 V3Geo 3D模型数据库和Lime软件

2.2 GeoVires 3D模型数据库

2.3 Streetcar 2 Subduction 虚拟野外路线

2.5 Arizona State University 全景模型数据库

2.6 Strabospot 数据采集与搜索软件

2.7 其他软件

三、总结

GeoVires

Virtual Reality lab for Earth Sciences

6	Active tectonics
8	Volcano-tectonics
7	Shallow magma bodies
9	Geology of volcanic areas
2	Seafloor geomorphology
2	Coastal geomorphology
4	Climate changes and ecology
3	Geosites
3	Paleontology

360 VR VIDEOS

5	Northern Iceland
3	Eastern Iceland
1	Mt Etna (Italy)
5	Maldives
1	Santorini (Greece)

成员：意大利米兰-比可卡大学Fabio Luca Bonali博士等
建立时间：2010年至今
数据量：48个剖面、地貌、古生物，**剖面多和火山-火山碎屑岩相关**
出发点：让学生（主要是身体残疾的学生）将沉浸式虚拟现实（VR）用于地质研究，在非常高分辨率的模型上导航，以确保创新和引人入胜的教学。
资助：2018年EGU奖项



米兰比可卡大学地球与环境科学系VR实验室



Scoria deposit, Western Santorini Caldera Wall, Greece

3D剖面名称

3D剖面分类

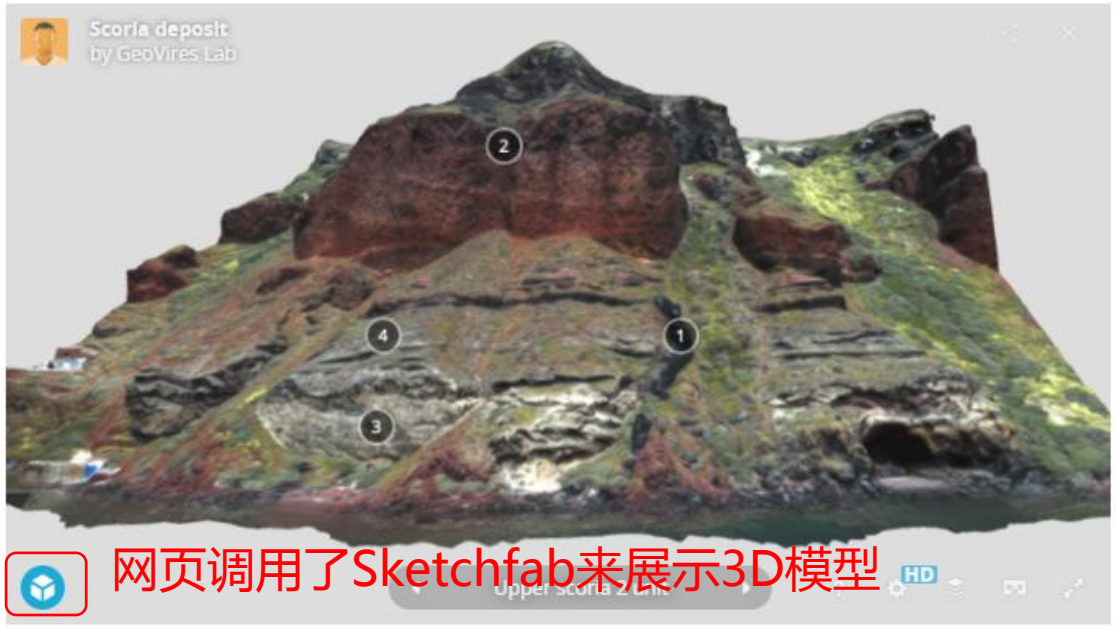
VR OUTCROPS

- Active tectonics
- Volcano-tectonics
- Shallow magma bodies
- Geology of volcanic areas
- Seafloor geomorphology
- Coastal geomorphology
- Climate changes and ecology
- Geosites
- Paleontology

3D的VR视频

360 VR VIDEOS

- Northern Iceland
- Eastern Iceland
- Mt Etna (Italy)
- Maldives
- Santorini (Greece)



网页调用了Sketchfab来展示3D模型

剖面描述

Description

This 3D model shows a part of the northern caldera wall, close to Oia village, on Santorini island, Greece. After the last caldera collapse event, following the Minoan eruption (3.6 ka), the caldera assumed its current shape (Heiken and McCoy, 1984; Druitt and Francaviglia, 1992). The area displayed by the model has an aerial extent of 185×160 m and and a height of 95m. The panorama shows a part of the caldera wall, which consists of rhyodacitic pyroclastic deposits at the bottom and andesitic to dacitic pyroclastic deposits in the middle. Atop lies a red agglomerate called Upper scoria 2 unit, with subordinates lithic breccias caused by scoria flows (Druitt et al., 1989). In the central part, a vertical dyke can be seen (basaltic andesite) cutting through the highly heterogeneous caldera wall. The dyke could not have fed a volcanic eruption (Drymoni, 2019).

Credits: UAV-based survey and 3D DOM by Fabio L. Bonali and Luca Fallati; funding is from MIUR project ACPR15T4_00098 (http://argo3d.unimib.it/). The volcanic products were analyzed by Kyriaki (Sandy) Drymoni.

剖面建设者和资助

References

参考文献

GeoVires人员组成

Lab headquarters实验室领导团队

Dr. Fabio L. Bonali, Dr. Alessandra Savini, Prof. Alessandro Tibaldi and Prof. Daniela Basso

Terrestrial and marine 3D modelling陆地和海洋3D模拟团队

Virtual reality development 虚拟现实发展团队

Outreach and Social media 科普和媒体相关团队

Collaborators合作者



教育和工作经历：

2017-2019: **Post-doc** position of 2 year at University of Milan-Bicocca, Milan, Italy.

2015-2017: **Post-doc** position of 2 year at University of Milan-Bicocca, Milan, Italy.

2014-2015: **Post-doc** position of 1 year at Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), Milan, Italy.

2014: **PhD in Earth Science**, University of Milan-Bicocca, Italy.

2007, 2010: **BSc, MSc in Geology,** University of Milan-Bicocca, Italy.

Fabio L. Bonali 专业技能

EARTHQUAKES 地震相关

VOLCANOES 火山相关

COMPUTER AND PROGRAMMING 计算机和编程

– Geographical Information Systems-GIS: ArcGis 9.2, ArcView 3.3, QGIS and geodatabase handling.

– Numerical modelling: COULOMB 3.3.

– Software for structural geology.

– Programming languages: MATLAB, PASCAL, C/C++, JAVA, SQL (access) and ASSEMBLER.

GeoVires成果

- Pasquaré Mariotto, F., Bonali, F., & Venturini, C. (2020). Iceland, an Open-Air Museum for Geoheritage and Earth Science Communication Purposes. RESOURCES, 9 (2), Special Issue Geoheritage and Geotourism Resources, https://www.mdpi.com/2079-9276/9/2/14.
- Bonali et al., (2020). Selfie drones for 3D modelling, geological mapping and data collection: key examples from Santorini volcanic complex, Greece. GISTAM 2020, SCITEPRESS.
- Tibaldi et al. (2020). Real world-based immersive Virtual Reality for research, teaching and communication in volcanology. Bulletin of Volcanology, In press.
- Bonali, F. L., Tibaldi, A., Russo, E., Mariotto, F. P., Marchese, F., Fallati, L., ... & Sciacca, E. (2019, January). Immersive virtual reality for studying volcano-tectonic features: A case study from the northern active rift zone of Iceland. In Geophysical Research Abstracts (Vol. 21).
- Bonali, F. L., Russo, E., Savini, A., Marchese, F., Fallati, L., Paraskevi, N., ... & Garzonio, R. (2019, January). Learning outcomes from the EGU 2018 Public Engagement grant" Shaping geological 3D virtual field-surveys for overcoming motor disabilities". In Geophysical Research Abstracts (Vol. 21).

EGU General Assembly 2020

Online | 4–8 May 2020

ABOUT ▾ PROGRAMME ▾ SHARING GEOSCIENCE ONLINE ▾ MEDIA ▾

NET3

Innovative geoscience communication: experience online-accessible virtual outcrops and 360 VR videos

提纲

一、调研整体情况介绍

二、实例介绍

2.1 V3Geo 3D模型数据库和Lime软件
2.2 GeoVires 3D模型数据库
2.3 Streetcar 2 Subduction 虚拟野外路线
2.5 Arizona State University 全景模型数据库
2.6 Strabospot 数据采集与搜索软件
2.7 其他软件

三、总结

AGU Streetcar 2 Subduction：基于Google Earth的虚拟野外平台

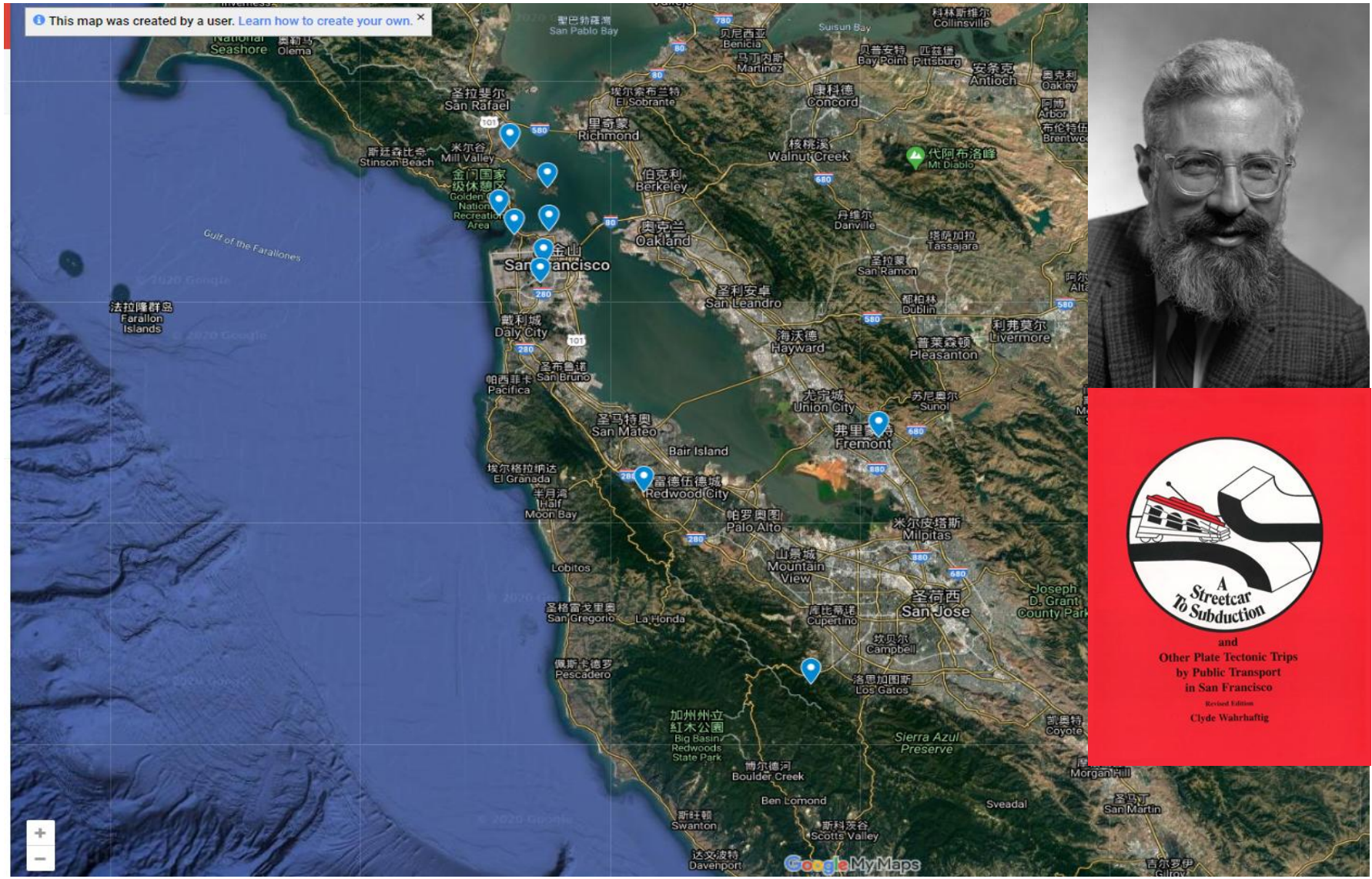
建立者：
美国高校的地质学家和AGU

资助者：AGU

建设时间：2018年

数据量：现有8+2条路线

特点：
1. 搭建在Google Earth上
2. 可以加载图片、视频、文字、点、线、面等要素作为图层



建立目的：将俯冲街车1：圣弗朗西斯湾野外考察手册数字化，由Clyde Wahrhaftig编写于1979年

以其中一条路线：Angel Island路线为例



提纲

一、调研整体情况介绍

二、实例介绍

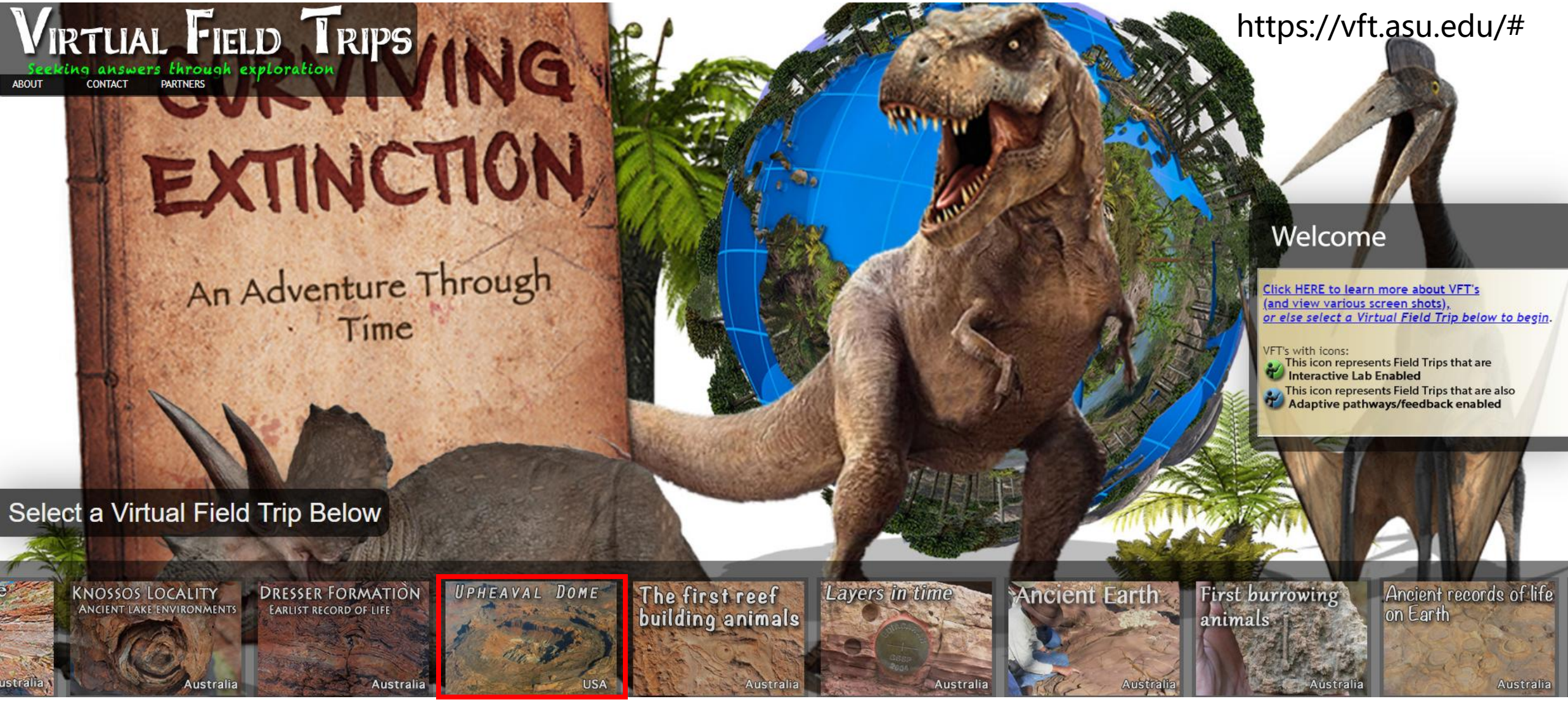
2.1 V3Geo 3D模型数据库和Lime软件
2.2 GeoVires 3D模型数据库
2.3 Streetcar 2 Subduction 虚拟野外路线
2.5 Arizona State University 全景模型数据库
2.6 Strabospot 数据采集与搜索软件
2.7 其他软件

三、总结

建立者：亚利桑那州立大学　　建立时间：至少2013年至今

数据量：包含25个地质点　　建立目的：高中及大学教学

https://vft.asu.edu/#



美国大峡谷为例

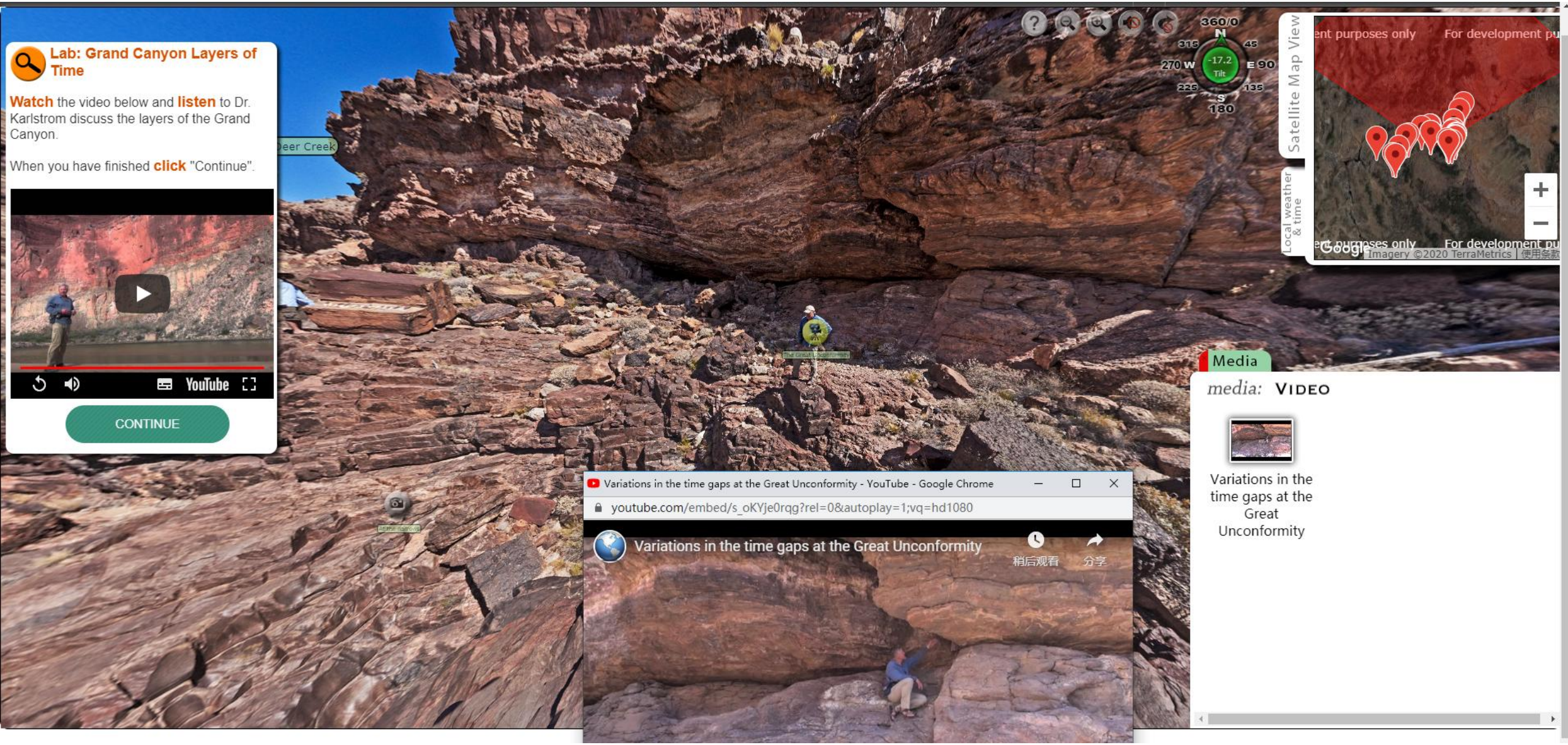
immersive VIRTUAL FIELD TRIPS
Seeking answers through exploration

Exploring the Grand Canyon



ASU SMART SPARROW

Grand Canyon，图片和视频的方式展示地质内容



提纲

一、调研整体情况介绍

二、实例介绍

2.1 V3Geo 3D模型数据库和Lime软件
2.2 GeoVires 3D模型数据库
2.3 Streetcar 2 Subduction 虚拟野外路线
2.5 Arizona State University 全景模型数据库
2.6 Strabospot 数据采集与搜索软件
2.7 其他软件

三、总结

STRABOSPOT

HOME ABOUT ACCOUNT API STRABOSPOT STRABOTOOLS SEARCH HELP TEACHING



美国构造地质学和大地构造学（Structural Geology and Tectonics (SG&T)）数据库和可视化平台

发起人：美国Walker, J. D., Tikoff, B., Newman, J.

建立时间：2012年至今

资助：NSF地理信息学分支

建立目的：统一标准以数字方式采集、发布或搜索SG＆T数据，促进构造地质学家的交流和研究

EarthCube SG&T学科终端用户调研总结（2012年10月23日）

EXECUTIVE SUMMARY: WORKSHOP RESULTS

Doug Walker, University of Kansas, and Basil Tikoff
University of Wisconsin - Madison: 10/23/12

Earth Cube Workshop Title: EarthCube Domain End-User Workshop for Structural Geology and Tectonics

参与调研的35人都来自美国，9%的参与者具有计算机科学背景，18%的参与者是学生。

Strabo项目团队成员



J. Newman
Professor
Department Head
Structural Geology and Tectonics
Texas A&M University



J. Douglas Walker
Distinguished Professor,
University of Kansas
Structural Geology
GIS
Geochronology
Isotope Geochemistry
Geoinformatics



Basil Tikoff
Professor
Structural Geology and Tectonics
Department of Geoscience – UW–Madison

Strabo：

古希腊地理学家

约 63BC to 24AD

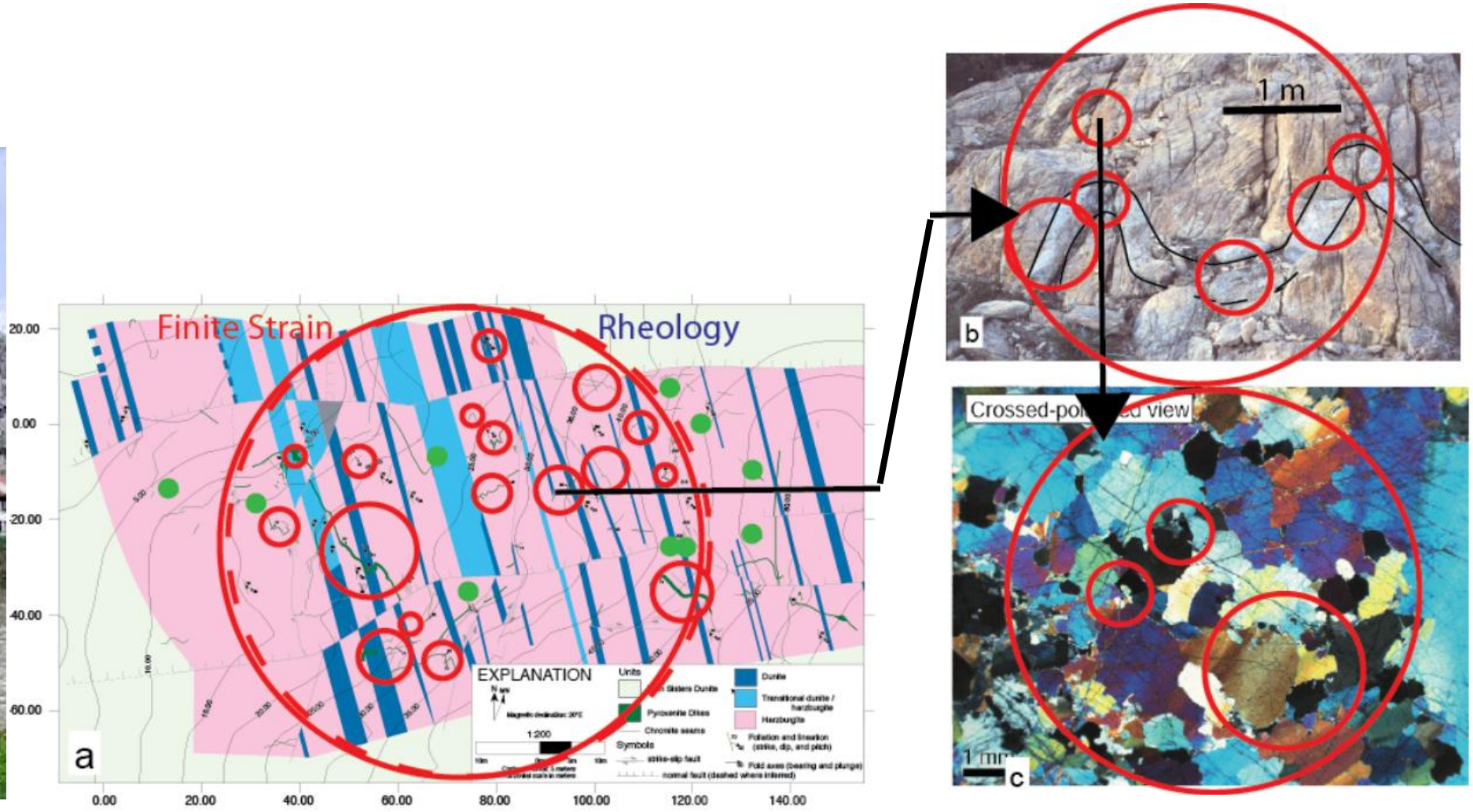
We consider Strabo to be **the first structural geologist and tectonocist**.



图片来自维基百科

Spot：从地图尺度，到露头尺度，到薄片尺度的站点。地质学数据的分层次空间绑定展示。

手持GPS分辨率在2-7m，很多微观尺度的地质信息需要另外一套空间坐标系统来定位。Spot就可以链接到科学家制作的照片、草图和详细地图

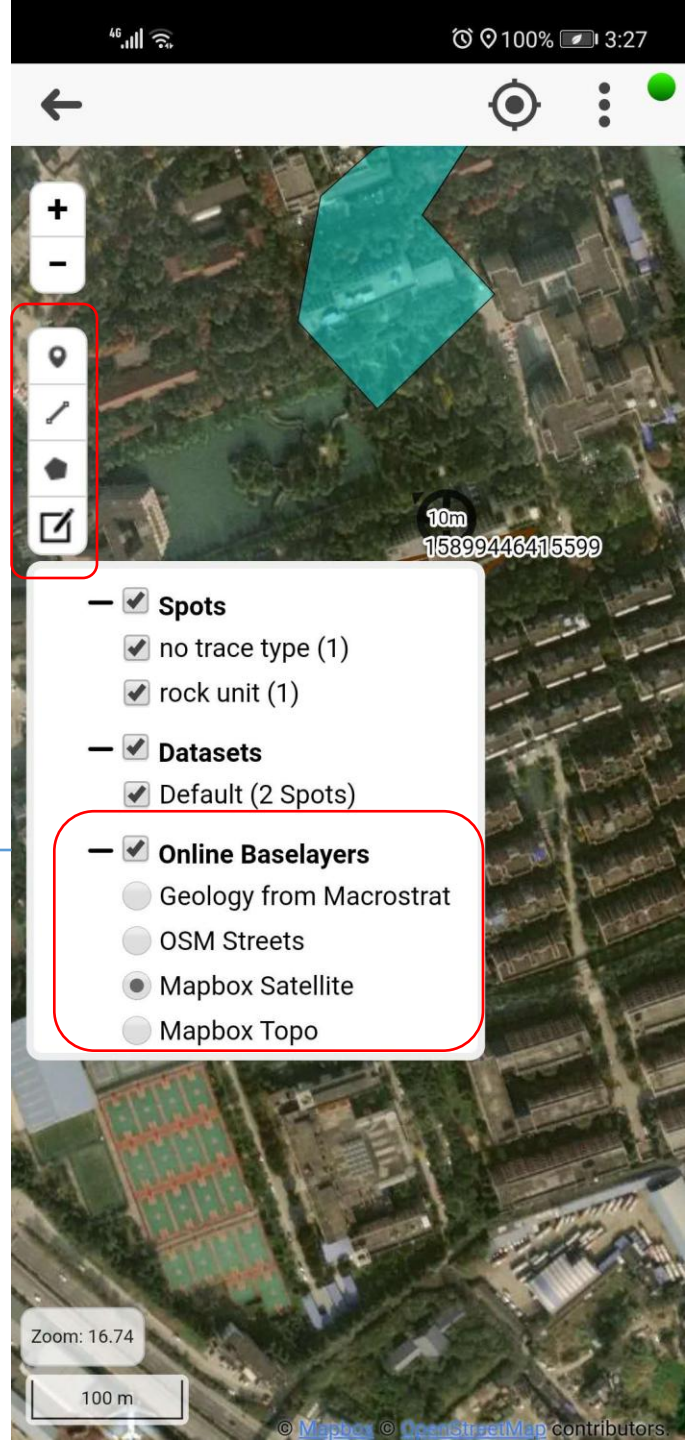


https://www.strabospot.org/overview

“Strabospot”的数据类型

1、原始数据，观察和测试到的数据；
包括空间位置，点、线、面，图像，产状，岩性，地层等

2、派生或解释性数据；
包括构造背景、变质等级（P，T）、应变率、变形机制、出版物链接等



点线面

可加载地图

成都理工大学校区卫星图为背景照片

Strabospot现有的可检索下载的数据



Strabospot近年来相关会议和期刊论文

1. Walker, J. D., Tikoff, B., Newman, J., Clark, R., Ash, J., Good, J., ... & Michels, Z. (2019). StraboSpot data system for structural geology. *Geosphere*, *15*(2), 533-547.
2. Tikoff, B., Kahn, M. J., Gaschnig, R. M., Michaels, Z. D., Davenport, K., Hole, J. A., ... & Kruckenberg, S. C. (2017). Exploring the western Idaho shear zone using the StraboSpot data system. *From the Puget Lowland to East of the Cascade Range: Geologic Excursions in the Pacific Northwest*, *49*, 229.
3. Shipley, T. F., & Tikoff, B. (2019). Collaboration, cyberinfrastructure, and cognitive science: The role of databases and dataguides in 21st century Structural Geology. *Journal of Structural Geology*, *125*, 48-54.
4. Tikoff, B., Chatzaras, V., Newman, J., & Roberts, N. M. (2019). Big data in microstructure analysis: Building a universal orientation system for thin sections. *Journal of Structural Geology*, *125*, 226-234.
5. Duncan, C. J., Chan, M. A., Hajek, E., Kamola, D. L., Tikoff, B., Good, J., & Walker, J. D. (2018, November). ADDITIONS TO STRABOSPOT FOR SEDIMENTARY FIELD DATA COLLECTION AND CONSTRUCTING STRATIGRAPHIC COLUMNS. In *GSA Annual Meeting in Indianapolis, Indiana, USA-2018*. GSA.
6. Bunse, E. G., Walker, J. D., Graham, K. A., Tikoff, B., Olson, A., Rufledt, C. J., ... & Möller, A. (2018, November). STUDENT USE OF STRABOSPOT, A GEOLOGIC DATA MANAGEMENT SYSTEM. In GSA Annual Meeting in Indianapolis, Indiana, USA-2018. GSA.
7. Tikoff, B., Walker, J. D., Newman, J., Williams, R. T., Ash, J., Good, J., ... & Cunningham, H. (2018, November). THE STRABOSPOT DIGITAL SYSTEM FOR GEOLOGICAL FIELD-BASED (STRUCTURAL GEOLOGY, SEDIMENTOLOGY, PETROLOGY), MICROSTRUCTURAL, AND EXPERIMENTAL DEFORMATION DATA. In GSA Annual Meeting in Indianapolis, Indiana, USA-2018. GSA.
8. Tikoff, B., Newman, J., Walker, J. D., Williams, R., Michels, Z., Andrews, J., ... & Good, J. (2017, April). The Strabo digital data system for Structural Geology and Tectonics. In EGU General Assembly Conference Abstracts (Vol. 19, p. 11220).

提纲

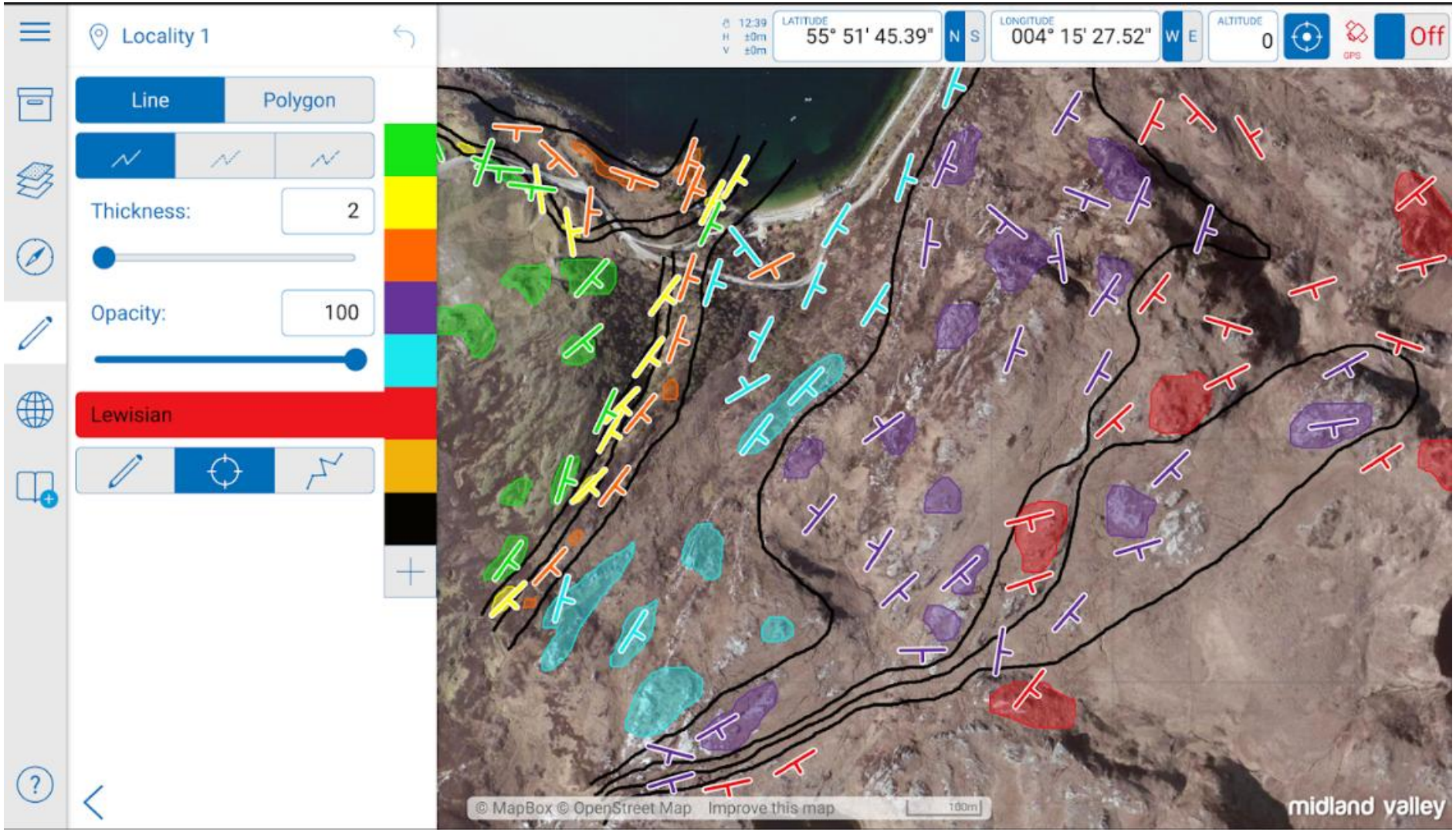
一、调研整体情况介绍

二、实例介绍

2.1 V3Geo 3D模型数据库和Lime软件
2.2 GeoVires 3D模型数据库
2.3 Streetcar 2 Subduction 虚拟野外路线
2.5 Arizona State University 全景模型数据库
2.6 Strabospot 数据采集与搜索软件
2.7 其他软件

三、总结

Fieldmove (Clino)是移动端的APP，类似于Strabospot，用于野外数据的采集



平板安装版本

Fieldmove

Fieldmove Clino

手机安装版本

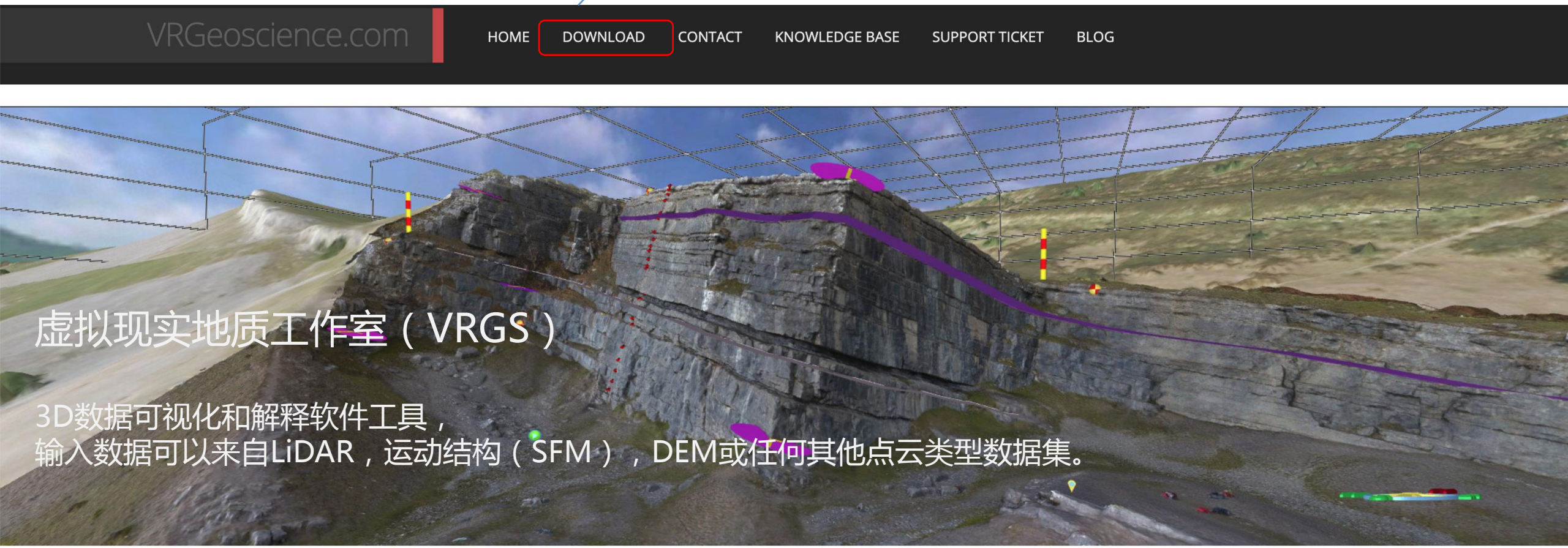
建立者：Petroleum Experts (Petex)公司

建立目的：方便用手机来高效测量和记录野外产状等地质内容

图片来自https://play.google.com/store/apps/details?id=com.mve.fieldmove&hl=en_US

VRGeoscience Studio (VRGS)

下载

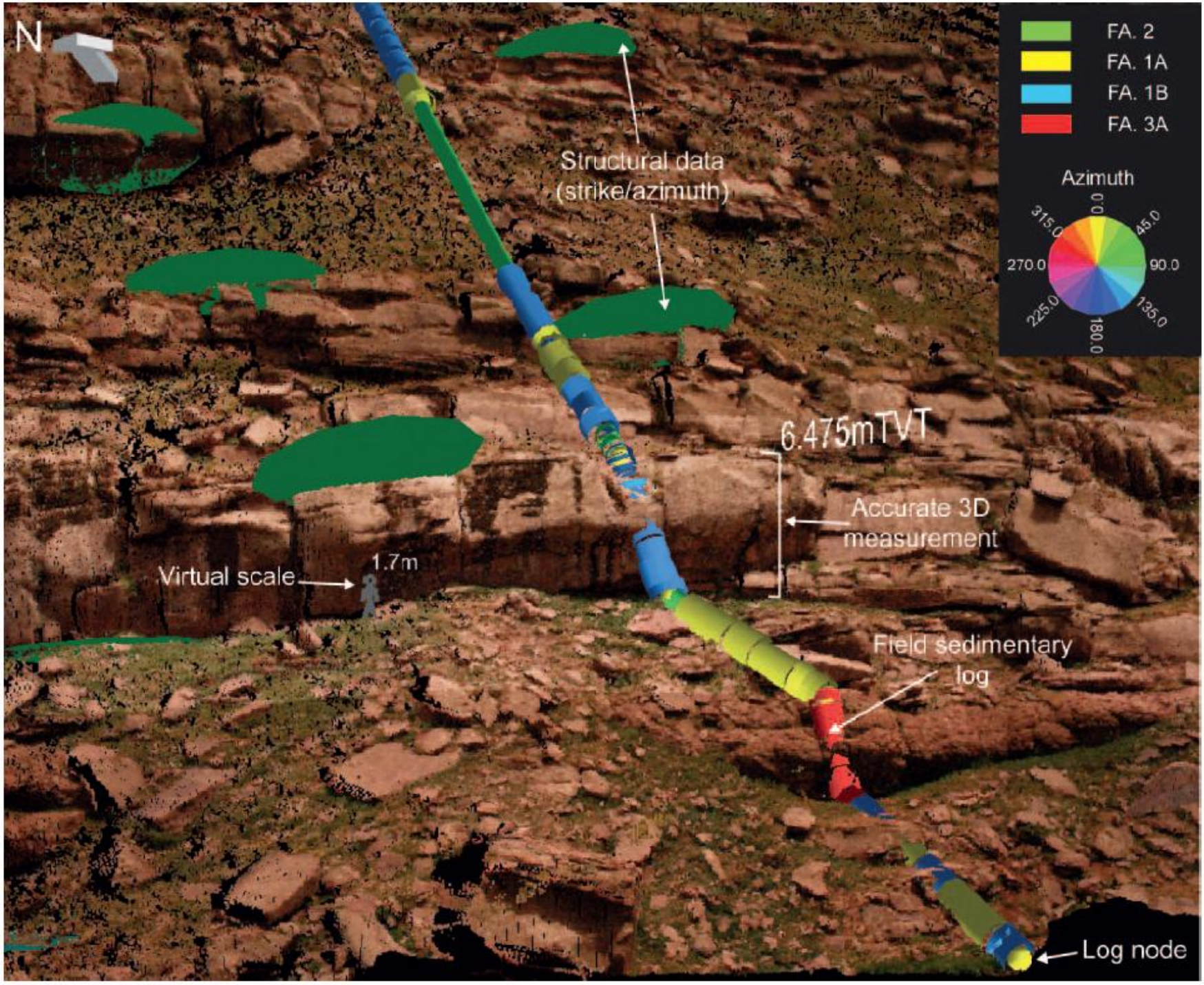


VRGS是英国曼彻斯特大学David Hodgetts设计和开发

首页：https://www.vrgeoscience.com/index.php

解释3D剖面的**一个实例**
Fabuel-Perez, Hodgetts and Redfern, 2010

圆柱的不同颜色代表不同的沉积相，圆柱的直径代表粒径



提纲

一、调研整体情况介绍

二、实例介绍

2.1 V3Geo 3D模型数据库和Lime软件
2.2 GeoVires 3D模型数据库
2.3 Streetcar 2 Subduction 虚拟野外路线
2.5 Arizona State University 全景模型数据库
2.6 Strabospot 数据采集与搜索软件
2.7 其他软件

三、总结

调研总结

◆数字剖面和虚拟野外均为地质内容可视化的产品，数据类型具有多样性。

◆国外各个数字剖面和虚拟野外的建设起步于近十年。

◆不同的建设者具有不同的策略，有的以单向**传达知识为主**（如Streetcar 2 subduction、亚利桑那州立大学），**有的包括简单的测量和编辑（V3Geo）功能，有的着重添加、分享用户的数据（Strabostrat）。**

◆数字露头和虚拟野外的建设是一个（沉积）地质学问题，也是一个技术问题，地质学家是终端用户（End-user），还需要既懂地质、又懂计算机技术（ GIS、软件、网页、数据库）的科学家，或者通过合作方式，组建团队，优化分工，合作共赢。

谢谢！

敬请批评指正！