

“第六届全国虚拟地理环境会议”报告，2017，11月4-5日，成都

从虚实关系 论虚拟地理环境发展

龚建华研究员
2017/11/5

中国科学院遥感与数字地球研究所

浙江中科空间信息技术应用研发中心

电话：10-64849299，Email：gongjh@radi.ac.cn

虚拟地理环境网站：www.vgelab.org

① VGE发展回望；

虚实相似与仿真；
虚实增强与协同；
虚实孪生与相生；

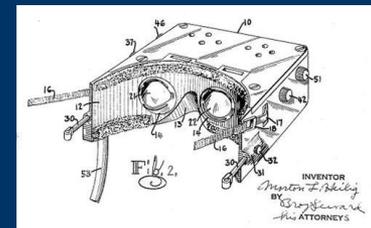
② 虚实关系讨论；

③ 发展“虚拟地理环境学”；

④ 结语与展望

1.1 VR/AR 技术的发展

- VR 1.0：上世纪50-60年代开始；1956年，摄影师Morton Heilig发明了Sensorama，一款集成体感装置的3D互动终端；1960年，Heilig提交了一款VR设备的专利申请“用于个人使用的立体电视设备”；1965年，Sutherland发表了题为“终极显示”的论文；
- VR 2.0：上世纪90年代开始；1989年，美国VPL Research公司的创始人Jaron Lanier创造了“Virtual Realty”一词；
- VR 3.0：2014年开始？Facebook收购Oculus公司；



2014年，社交平台Facebook收购Oculus立体眼镜公司



2016年6月，国家科技馆可观看和体验最新的虚拟现实技术，在虚拟世界里可开展虚拟登月、驾驶飞机降落航空母舰、穿越时空与恐龙相遇、教室里虚拟灭火等

头盔沉浸式VR技术与全新设备（消费级、大众化），开启了一个新的VR时代和一个全新的虚拟世界！

2016年，虚拟现实/增强现实技术产业发展元年



Oculus头盔



HTC Vive VR 头盔与交互设备



Gear VR 手机眼镜



大朋VR一体机



微软 HoloLens



VR是可能的颠覆性技术!



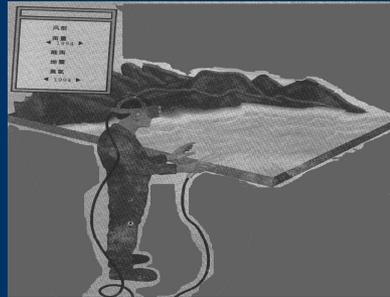
微软坚信，混合现实是计算的 未来!



VR产业处于爆发前夜。

1.2 20年的虚拟地理环境发展

虚拟地理环境概念与体系发展，从1997-1998年起，也近20年了。



1997-98年

1999年

第31卷 第1期 2002年2月	测绘学报 ACTA GEOAETICA et CARTOGRAPHICA SINICA	第31卷 第1期 2002年2月	测绘学报 ACTA GEOAETICA et CARTOGRAPHICA SINICA	Vol.31, No.1 Feb., 2002
文章编号: J001-1595(2002)01-0001-06	中图分类号: P208	文章编号: J001-1595(2002)01-0007-05	中图分类号: P208	文献标识码: A
论虚拟地理环境		基于虚拟现实技术的战场环境仿真		
林 琿, 龚建华 (香港中文大学 地理系 地球信息科学联合实验室, 香港)		游 雄 (信息工程大学 测绘学院, 河南 郑州 450052)		

第19卷 第4期 2003年7月	地理与地理信息科学 Geography and Geo-Information Science	Vol.19 No.4 July 2003
从地图到地理信息系统与虚拟地理环境 ——试论地理学语言的演变		
林 琿 ¹ , 龚建华 ² , 施晶晶 ¹ (1. 香港中文大学地球信息科学联合实验室, 香港; 2. 中国科学院遥感应用研究所, 北京 100101)		

遥感学报 JOURNAL OF REMOTE SENSING	Vol. 9, No. 2 Mar., 2005
虚拟地理环境的地理学语言特征	
林 琿 ¹ , 朱庆 ^{1,2}	

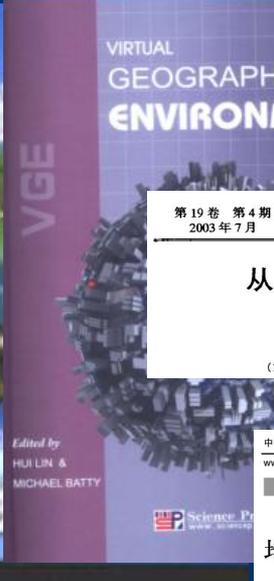
中国科学: 地球科学 www.scichina.com earth.scichina.com	《中国科学》杂志社 SCIENCE CHINA PRESS
地理分析导向的虚拟地理环境: 框架、结构与功能	
阎国年 南京师范大学虚拟地理环境教育部重点实验室, 南京 210046 E-mail: gyan@gpsu.edu.cn	
收稿日期: 2010-12-06; 接受日期: 2011-03-09 国家自然科学基金重点基金(批准号: 407700527)资助	

1. 香港中文大学地球信息科学联合实验室; 2. 测绘遥感信息工程国家重点实验室(武汉大学) 湖北 武汉 430079

Annals of the Association of American Geographers
Publication details, including instructions for authors and subscription information:
<http://www.tandfonline.com/loi/raag20>

Virtual Geographic Environment: A Workspace for Computer-Aided Geographic Experiments
Hui Lin^a, Min Chen^a & Guonian Lu^b
^a Institute of Space and Earth Information Science, The Chinese University of Hong Kong
^b Key Laboratory of Virtual Geographic Environment, Ministry of Education of PRC, Nanjing Normal University

Version of record first published: 05 Jul 2012



2001年

2002年

2009年

林琿教授在国内外做了关于“虚拟地理环境”的演讲报告不少于**150**场！

为虚拟地理环境的发展**竭尽心力**，做出了**开创性、奠基性**的巨大贡献！



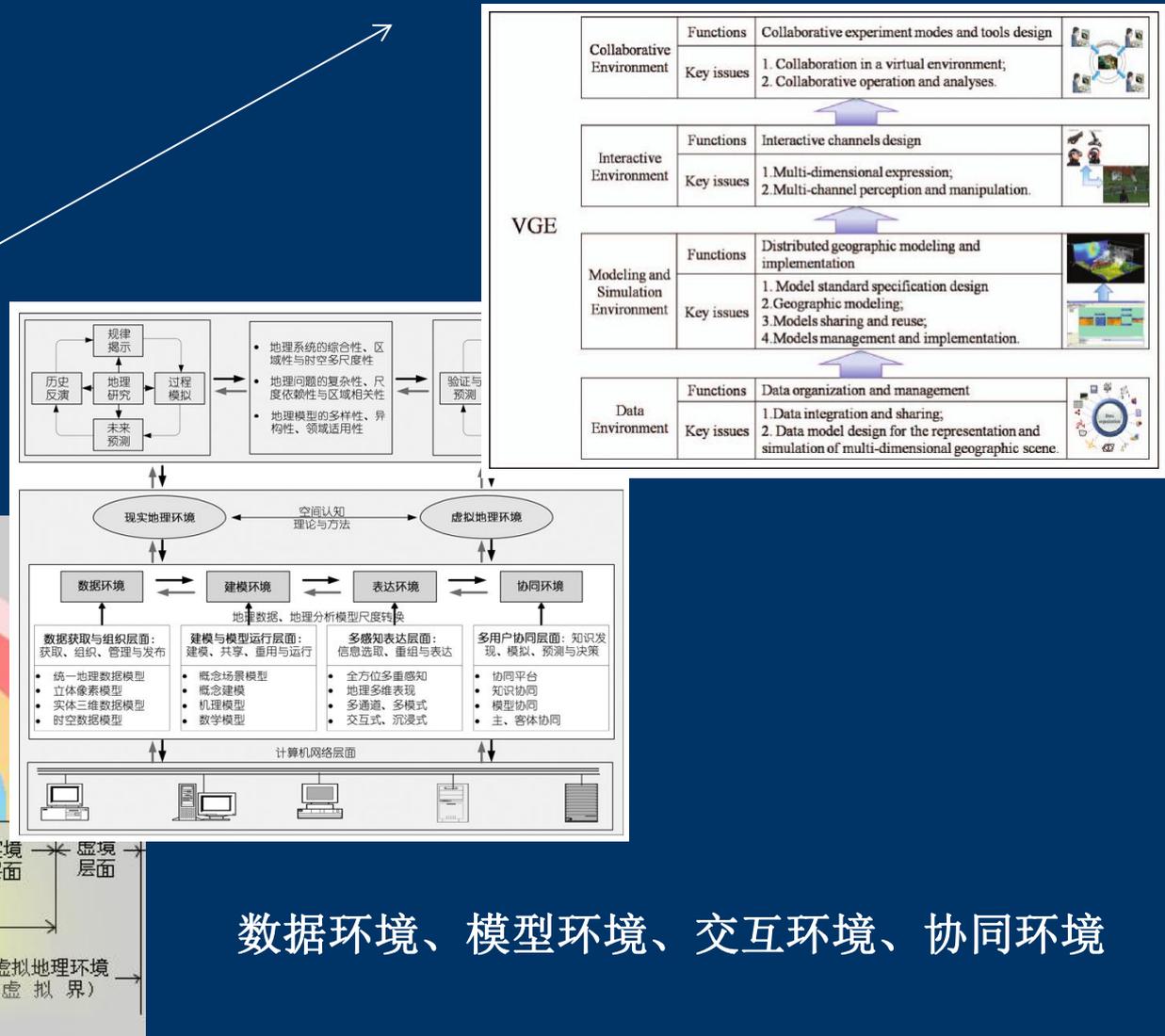
1) 虚拟地理环境定义的不断探索

虚拟现实技术产生“虚拟现实”；
虚拟地理环境技术产生一个全新的人工环境“虚拟地理环境”

	VGE 定义		VGE定义
1997-99年	<p>VGE定义为以数字地图为基础，运用虚拟现实技术来构建的多尺度、可量算、可交互、逼真的地理环境（高俊）。</p> <p>虚拟地理环境是基于地学分析模型、地学工程等的虚拟现实，它是地学工作者根据观测实验、理论假设等建立起来的表达和描述地理系统的空间分布以及过程现象的虚拟信息地理世界，一个关于地理系统的虚拟实验室。（林珲、龚建华等）</p>	2010	<p>虚拟地理环境，就可以定义为是以化身人、化身人群、化身人类为主体的一个虚拟共享空间与环境，它既可以是现实地理环境的表达、模拟、延伸与超越，也可以是指赛博空间中存在的一个虚拟社会（社区）世界。（龚建华等）</p>
2001年	<p>VGE定义为包括作为主体的化身人类社会以及围绕该主体存在的一切客观环境，包括计算机、网络、传感器等硬件环境，软件环境，数据环境，虚拟图形景象环境，虚拟经济环境，和虚拟社会、政治和文化环境。（林珲、龚建华等）</p>	2011	<p>虚拟地理环境则是对现实地理环境进行抽象与表达，基于网络空间和计算机所形成的虚拟实验环境。（阎国年等）</p>
2005年	<p>VGE可以简单定义为在计算机中的一种抽象的数字化的逼真表示，使人们可以探察汇集有关真实地理环境的自然和人文信息，并与之互动。（朱庆等）</p>	2017	<p>虚拟地理环境是计算机生成的数字化地理环境，可通过多通道人机交互和分布式协同实现对自然和人文地理环境的系统感知、认知和综合实验分析。（VGE专委会）</p>

VGE概念：1）工具层面的定义：虚拟现实定义，3维GIS/数字地图定义，实验平台定义；2）世界层面定义：虚拟实在的定义，地理环境的定义，一个人工世界的定义。

2) 虚拟地理环境框架的不断探索、完善



数据环境、模型环境、交互环境、协同环境

3) 虚拟地理环境的语言与知识论理论框架发展

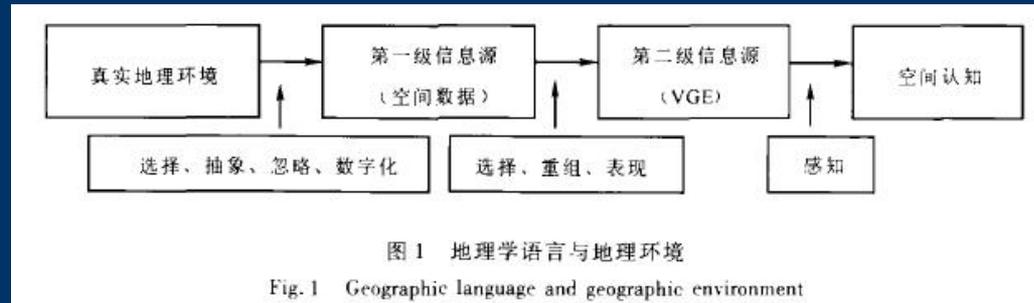
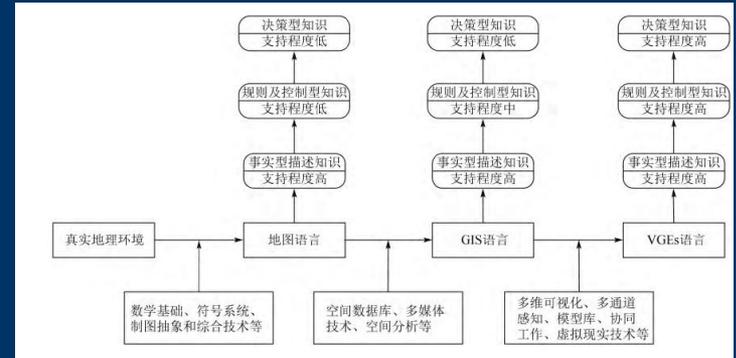


图1 地理学语言与地理环境
Fig. 1 Geographic language and geographic environment

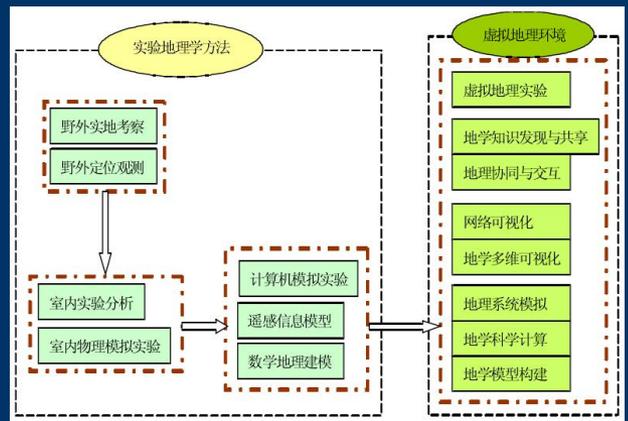
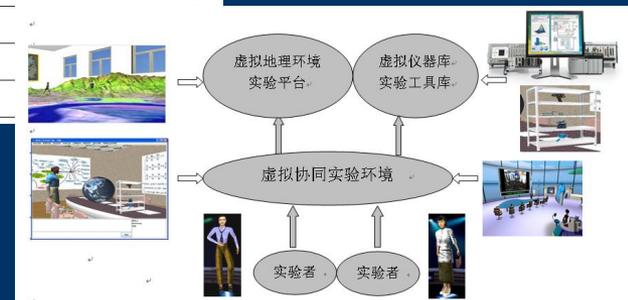
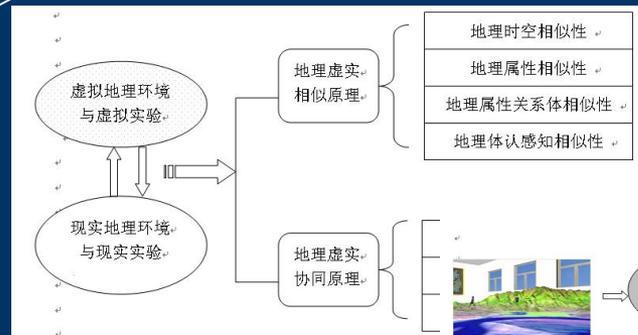
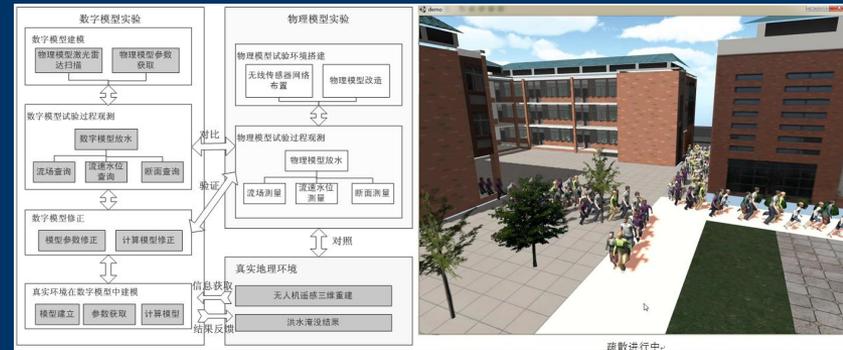
表2 各种地理语言的建模特征比较

Table 2 Comparisons between texts, maps/images, GIS, and VGE

地理语言	空间表现形式	建模特征
文字	“一维”	需要依据经验联想形成感知模型, 但缺乏定位等量测基础和视觉立体建模功能。
传统地图、图像	一、二维	具备平面量测基础和视觉模型, 但缺乏交互建模与动态表达功能。
地理信息系统	一、二、三维	通过数据库与可视化支持交互几何建模, 但在增加动态建模和行为建模时需要突破 GIS 原始三功能 (数据库、空间分析和可视化) 的框架。
虚拟地理环境	一、二、三维	通过数据库、模型库、虚拟环境的集成, 逐步实现地理信息用户与地理信息表达的地理环境的交融状态, 包括方便的几何、物理和行为建模。

地理语言论：从地图、GIS到虚拟地理环境；
信息论：从地理数据、信息到知识；

4) 虚拟地理实验方法的探索发展



实验地理学，虚拟地理实验，虚拟人文地理实验，虚拟人文地理实验

5) 虚拟地理环境的认知研究探索



(a) 基于头盔式VRGIS的地理虚拟环境 (b) 基于屏幕空间的地理虚拟环境

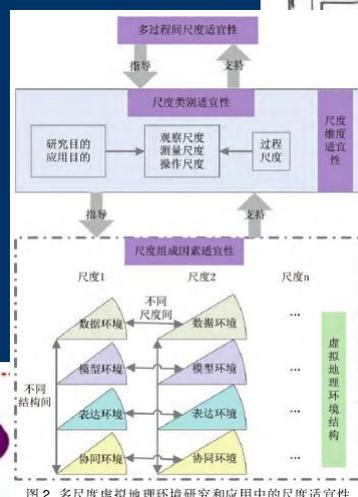
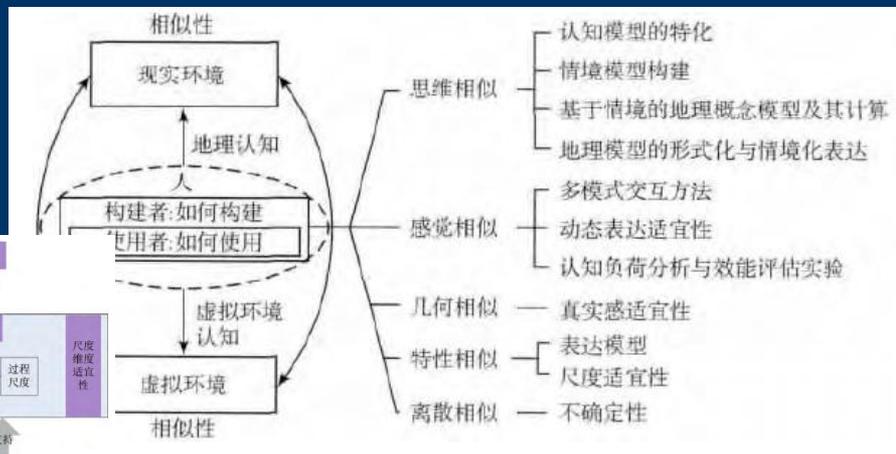


图2 多尺度虚拟地理环境研究中的应用中的尺度适宜性

人地关系

人类行为模拟

地理行为

现象演变

地理过程表达

地理现象

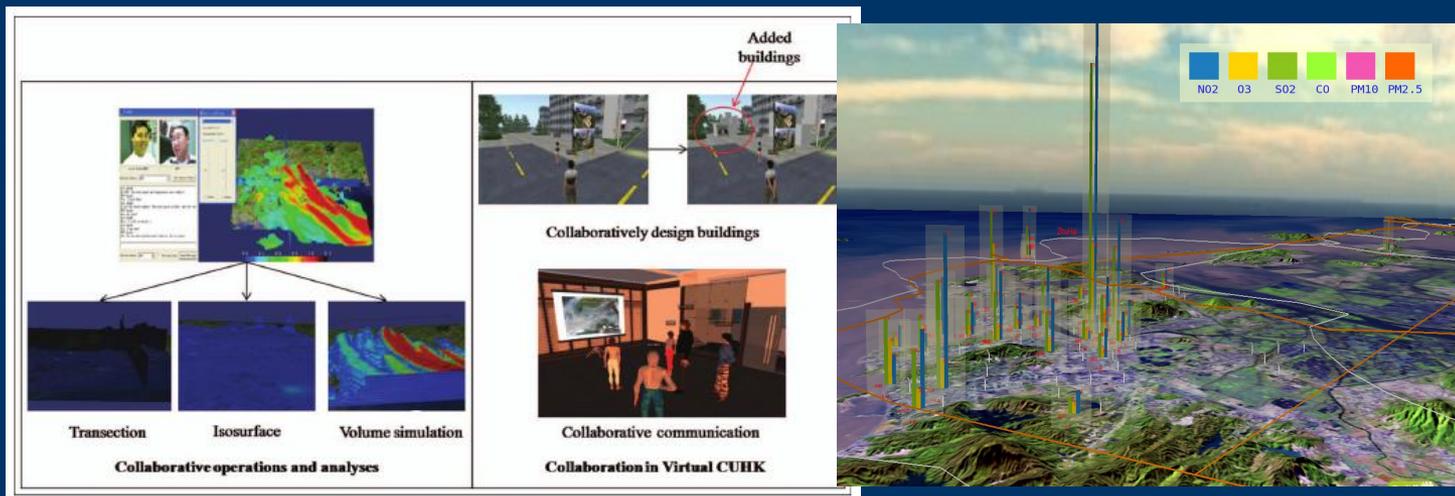
地理相似

多维静态表达

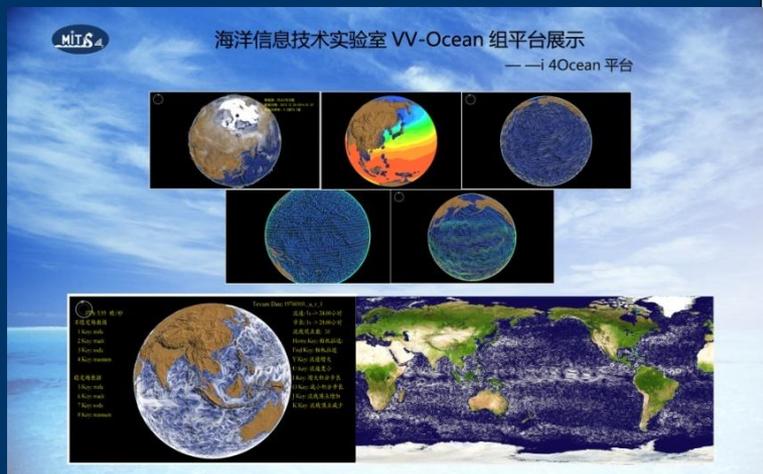
地理环境

地理空间认知，尺度认知，相似认知

6) 虚拟地理环境构建的技术与系统发展



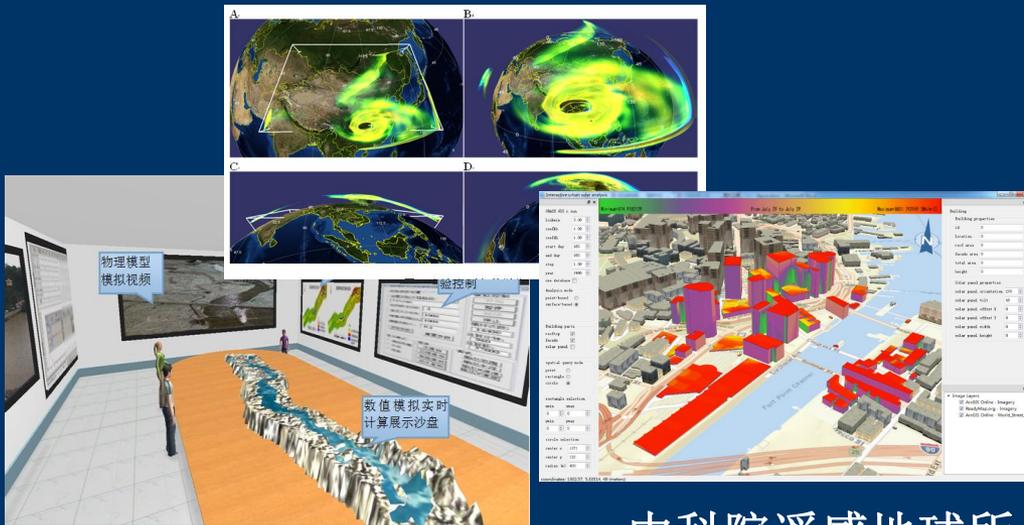
香港中文大学（协同VGE，VGE地理过程与知识建模）



中国海洋大学
(虚拟海洋环境)



福州大学（智慧旅游，虚拟森林环境）



中科院遥感地球所
（虚拟人文地理实验，
VGE综合集成研讨厅）



7) 虚拟地理环境与数字地球20年来共同发展

数字地球思想与概念 1998年1月31日



Google Earth (June 28, 2005)



- ◆ 2016年8月，成立了“国际数字地球学会中委会虚拟地理环境专业委员会（筹备）”
- ◆ 2017年10月14日，VGE专业委员会正式成立；



在大数据、VR、人工智能
新时代，“虚拟地理环境”
如何发展？

未来20年，“虚拟地理
环境”如何发展？

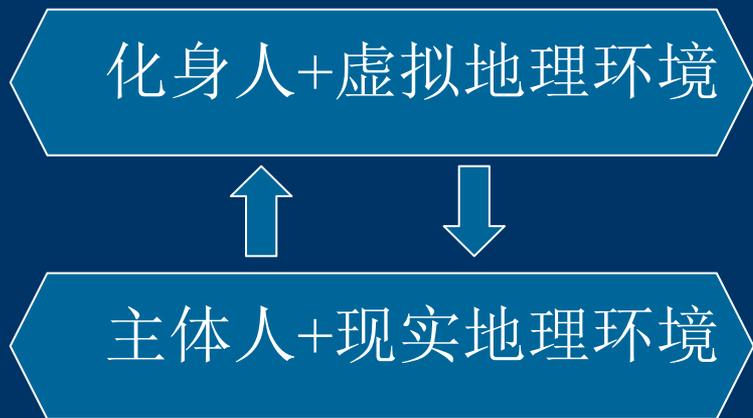
① VGE发展回望；

虚实相似与仿真；
虚实增强与协同；
虚实孪生与相生；

② 虚实关系讨论；

③ 发展“虚拟地理环境学”；

④ 结语与展望



- ① 虚实相似与仿真;
- ② 虚实增强与协同;
- ③ 虚实孪生与相生;

虚实地理相似 (VGE、GIS有比较好的长期研究)

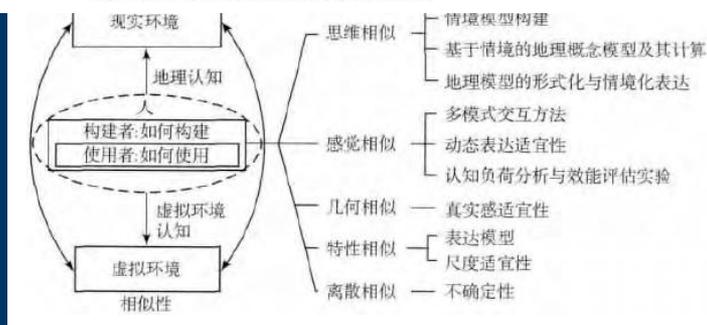
1007-4619 (2015) 02-0179-09

Journal of Remote Sensing 遥感学报

虚拟地理环境的认知研究框架初探

贾奋励, 张威巍, 游雄

信息工程大学 地理空间信息学院, 河南 郑州 450052



2013 年
第 30 卷第 4 期

测绘科学技术学报
Journal of Geomatics Science and Technology

2013
Vol. 30 No. 4

文章编号: 1673-6338 (2013) 04-0399-10

论虚拟地理实验思想与方法

龚建华^{1,2}

(1. 遥感科学国家重点实验室 中科院遥感与数字地球研究所, 北京 100101;
2. 浙江中科空间信息技术应用研发中心, 浙江 嘉善 314100)

摘要: 结合传统的实验思想与方法以及最新的虚拟地理技术, 阐述并发展“虚拟地理实验”思想、概念、特征与方法。从虚拟地理环境、三条黄河、仿真虚拟科学等阐述了虚拟地理实验思想的形成与发展。从实践哲学角度, 探讨了虚拟实践的特征, 以及与现实实践成现场实验、实验室实验以及计算虚拟实验等的多种建立虚拟地理实验核心理论的虚实相似原理和虚实例, 开展了虚拟自然地理实验与虚拟人文地理实验的关键词: 虚拟地理环境; 虚拟实验; 现场实验; 虚中图分类号: P28 文献标识码: A DOI 编



城市景观 (场景感知) 相似



地理过程相似



自然交互感知相似

相似原则是（地理）仿真实验的基本核心理论，可用于寻找时空格局、模式与规律，是GIS与地理信息科学研究的重点，是地图、（3D）GIS与虚拟地理环境的共同关联区。

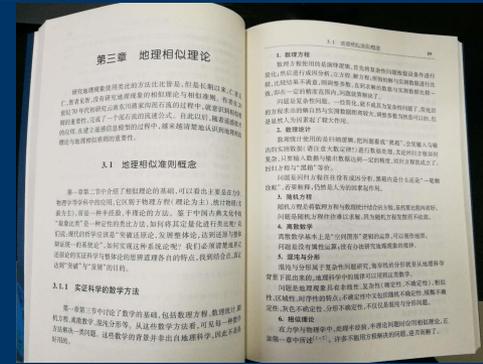
虚实地理相似准则

- ① 地理时空；
- ② 地理属性；
- ③ 地理属性关系体；
- ④ 地理体认感知；

1) 何为“真”？本质、规律？ 1) 人们的认识，符合于客观规律的就是真理； 2) 真理，被理解为存在(自身的本质)的无遮蔽状态，即去蔽（海德格尔）

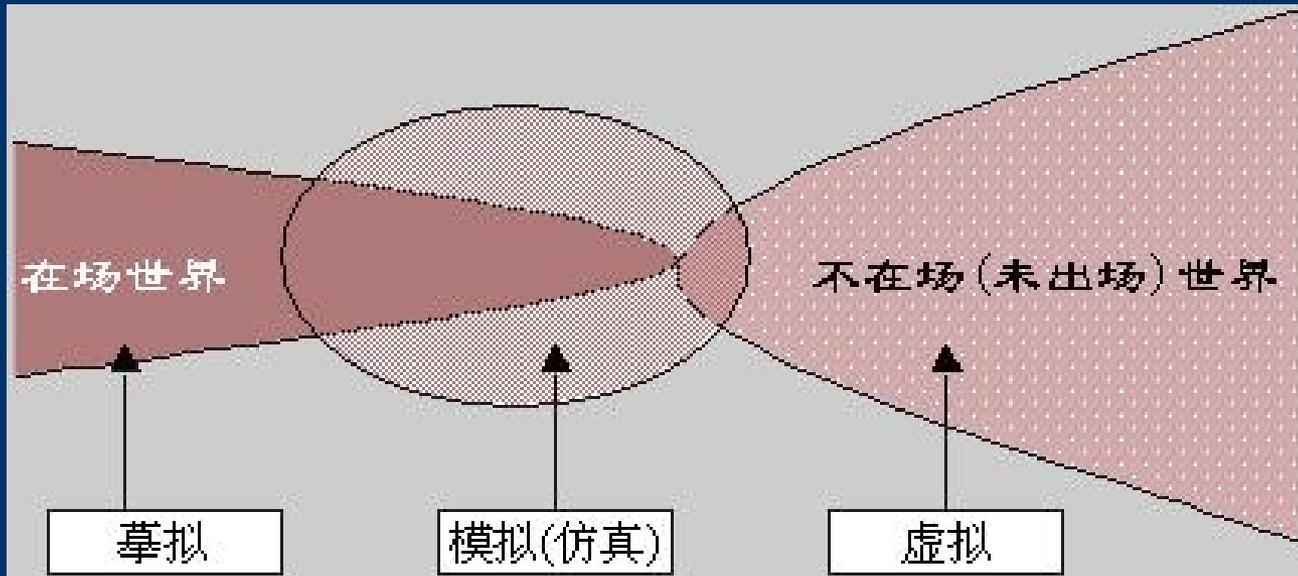
2) 表达方式看：数值计算、图形仿真、虚拟仿真等；

3) 地理（环境）仿真：形似与神似（地理图谱，模型规律），具象与抽象，3维非仿真虚拟地理环境



（马蔼乃，2007）

仿真（模拟）与虚拟概念



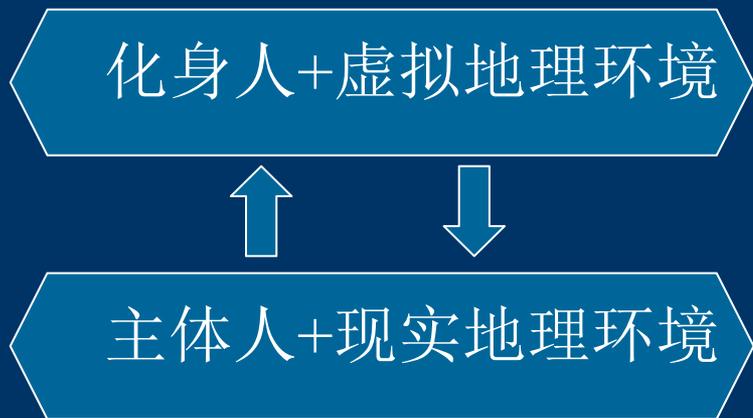
摹拟是对当前在场的现实事物或现象进行表达，是摹仿自然，在哲学上，是主客二分关系模式的表现，是以在场为首要原则（张世英 1999）；

虚拟与摹拟的区别是前者着重表示不在场（未出场）的事物或现象，后者表示当前在场的事物或现象。而模拟（仿真）是在表达在场物的基础上，再表达一些与在场物相关的未出场事物或现象，但模拟（仿真）的对象内容虽包含了在场世界和不在场世界，然而，在场事物或现象仍是模拟（仿真）的主要重点。

虚拟与模拟的关系可理解为：虚拟是模拟的延伸，但强调不在场（未出场）的事物或现象这一侧面。

仿真：强调的是**在场（出场）**事物或现象，以“真（真理）”的揭示为科学目标。以能够“预测”、可以“重复/复制”等为特点。

虚拟：强调的是**未在场（未出场）**的事物或现象，与“人”主体性、与人-机/人-人交互性密切相关，以“想象性、潜在性、可能性、不可能性”等为特点。



- ① 虚实相似与仿真;
- ② 虚实增强与协同;
- ③ 虚实孪生与相生;

虚实增强（增强虚拟，增强现实）



哥伦比亚大学，1997



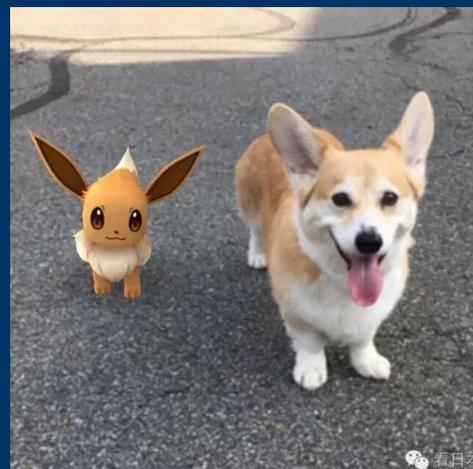
CUHK, 1999

分布式VGE，分布式虚拟现实，互联网与VRML/X3D/Web3D的发展；

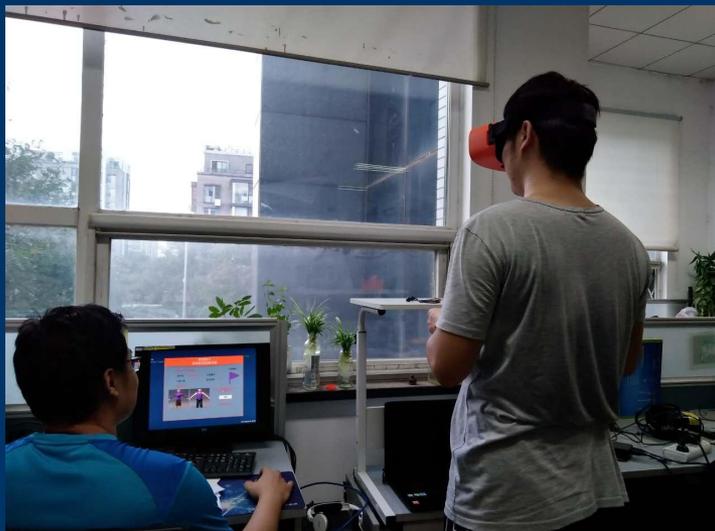
沉浸式VGE，主要大屏幕投影式VR，个人沉浸式VR比较少；

前20年VGE研究较弱，因为AR/MR设备等问题

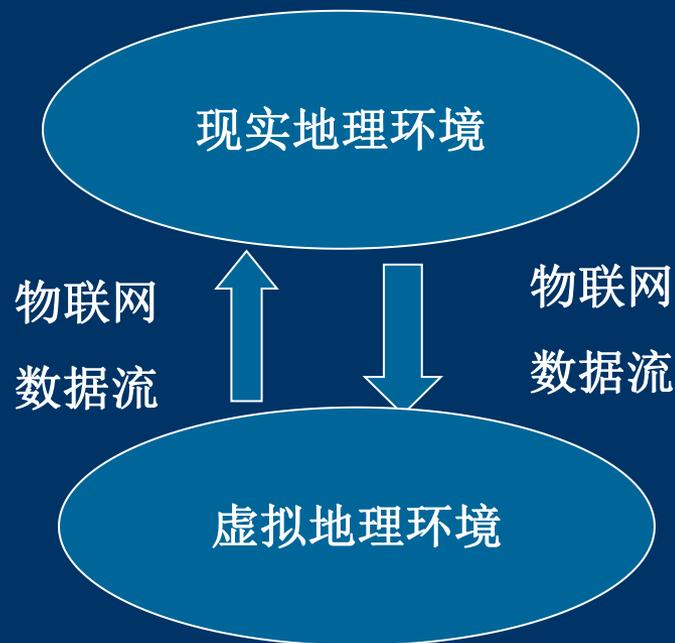
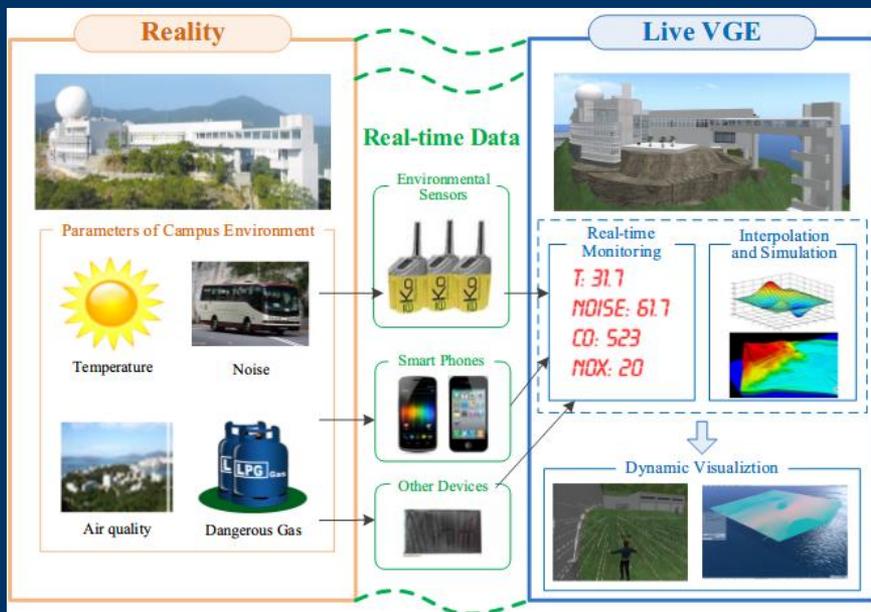
增强现实



增强虚拟，真人参与的地铁火灾逃生虚拟实验



增强虚拟，实时VGE



实时虚拟地理环境Live VGE (车伟涛，林琿)

扩展现实(虚拟实践, 改造世界)

VR/AR + 物联网+遥操作  物的控制

从虚拟现实到扩展现实。扩展现实(expanded reality)的定义是：人联网+物联网+遥距操作，也就是VR与物联网的整合（翟振明）。

ER不仅是交往与体验的世界，更是操控自然因果过程的实践空间，亦即他们为生存和发展而劳作的地方。

翟振明设想一个情景：如果家里的洗衣机已经接上物联网，那你在手机上可以远距离完成操作。

平行系统与控制方法（虚实互动，虚拟实践）

平行控制方法其核心是利用人工系统进行建模和表示、通过计算实验进行分析和评估、最后借助平行执行实现对复杂系统的控制和管理（王飞跃，2013）。

第39卷 第4期
2013年4月

自动化学报
ACTA AUTOMATICA SINICA

Vol. 39, No. 4
April, 2013

平行控制：数据驱动的计算控制方法

王飞跃¹

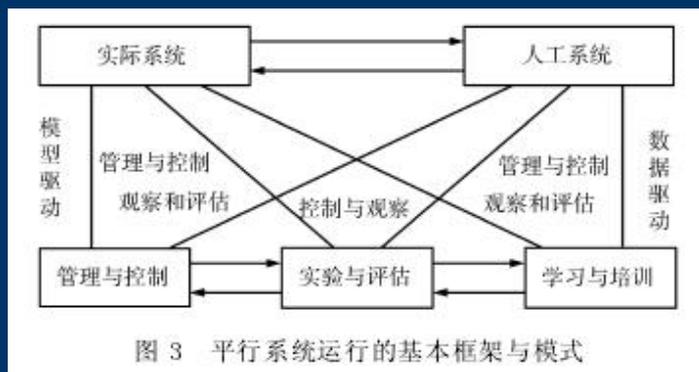
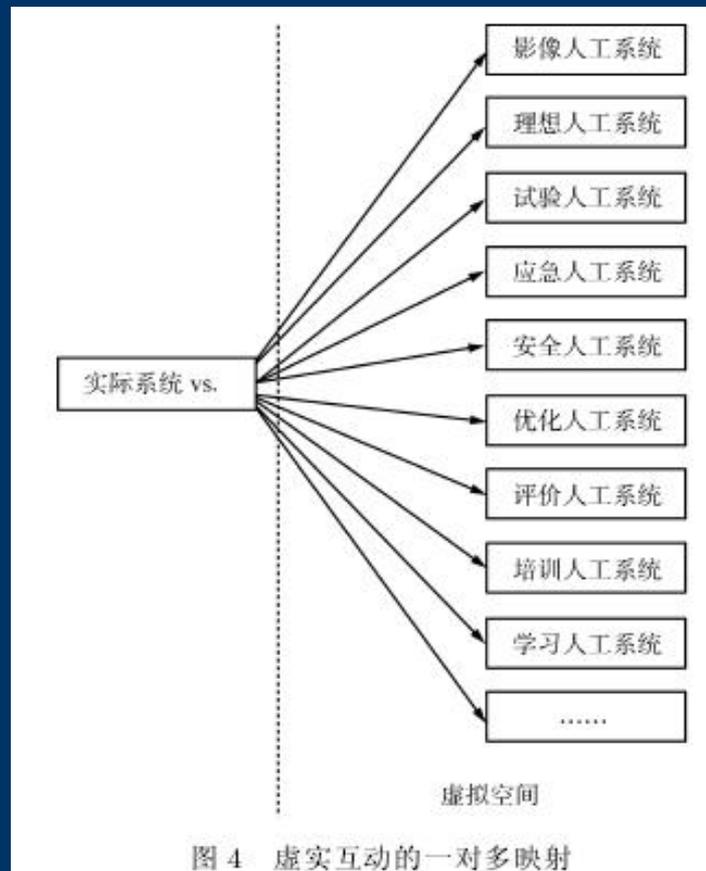
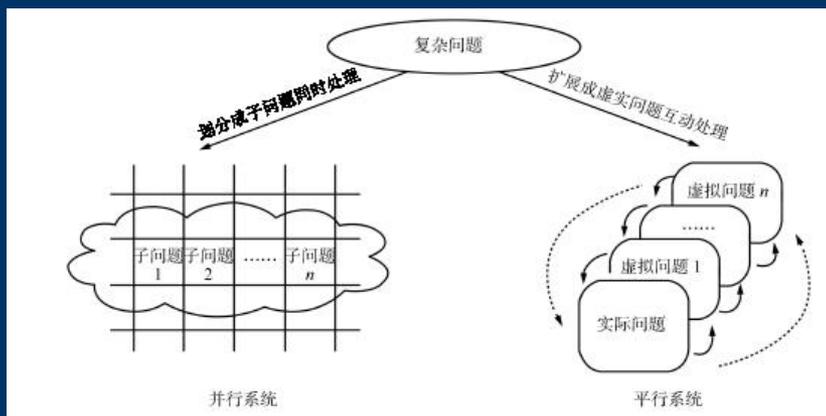


图3 平行系统运行的基本框架与模式

图4 虚实互动的一对多映射

增强地理现实，是虚拟地理环境与现实地理环境之间的一个桥梁、一扇门，连接了两个地理世界，并让两个世界形成信息流和相互协同作用，具有极其重要的现实应用价值，会增强人与现实场景、地理现象与过程的相互作用，影响人的地理现实社会活动时空行为，实现现实人与现实地理场景的时空信息化、虚拟化和内容跨时空的重组，达到虚实混合、融合、缠绕和重组。

2013年
第30卷第4期

测绘科学技术学报
Journal of Geomatics Science and Technology

2013
Vol. 30 No. 4

文章编号: 1673-6338 (2013) 04-0399-10

论虚拟地理实验思想与方法

蔡建华^{1,2}

(1. 遥感科学国家重点实验室 中科院遥感与数字地球研究所, 北京 100101;

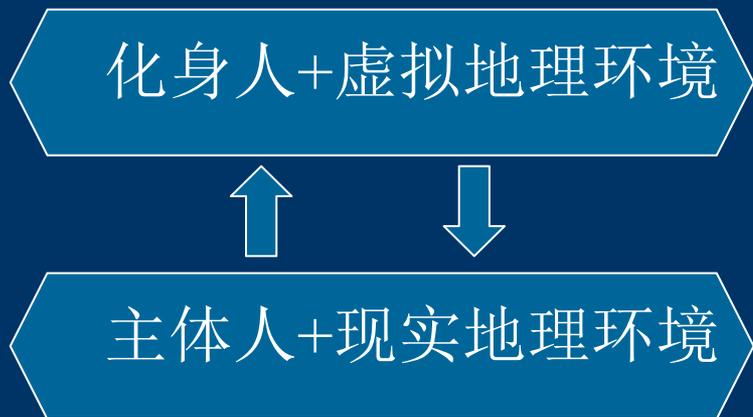
2. 浙江中科空间信息技术应用研发中心, 浙江 嘉善 314100)

摘要: 结合传统的实验思想与方法以及最新的虚拟地理技术, 阐述并发展“虚拟地理实验”思想、概念、特征与方法。从虚拟地理环境、三条黄河、仿真虚拟科学等阐述了虚拟地理实验思想的最初形成与发展; 从实践哲学角度, 探讨了虚拟实践的特征, 以及与现实实践的相互关系, 并认为复杂性地理科学的研究需要集成现场实验、实验室实验以及计算虚拟实验等的多样化实践形式。探讨虚拟地理实验的特征、类型, 尝试建立虚拟地理实验核心理论的虚实相似原理和虚实协同原理; 最后, 以洪水动力过程与人群活动过程为例, 开展了虚拟自然地理实验与虚拟人文地理实验的初步应用原型试验。

关键词: 虚拟地理环境; 虚拟实验; 现场实验; 虚拟实践; 仿真科学; 虚拟工程

中图分类号: P28 文献标识码: A DOI 编码: 10.3969/j.issn.1673-6338.2013.04.012





- ① 虚实相似与仿真;
- ② 虚实增强与协同;
- ③ 虚实孪生与相生;

VR+人工智能 (VR 4I)

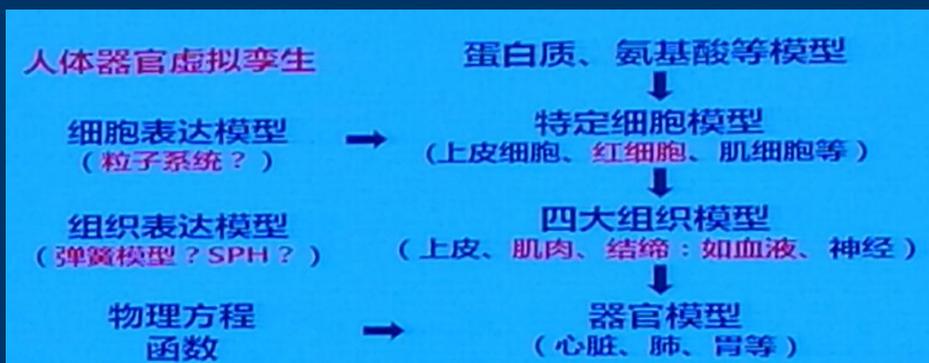
把人工智能技术与VR结合起来，发展智能的自然人机交互技术、虚拟对象智能化等（赵沁平，2017）。



虚拟对象智能化

建模技术

固化 → 可演化进化（孪生）
跟踪人（化身） → 人身 + AI（虚拟人）
几何、物理 → 生理、智能（虚拟人体）



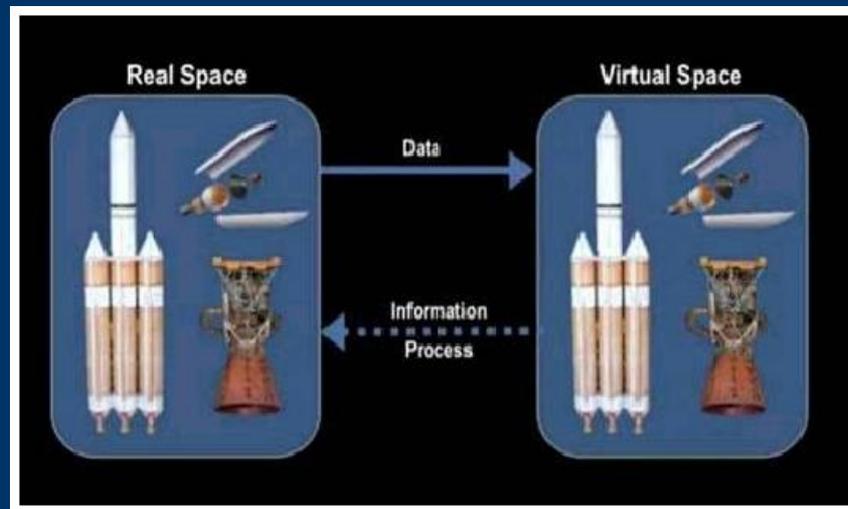
虚拟人体

数字孪生 (Digital Twin)

Digital Twin 数字孪生：是充分利用物理模型、传感器更新、运行历史等数据，集成多学科、多物理量、多尺度、多概率的仿真过程，在虚拟空间中完成映射，从而反映相对应的实体装备的全生命周期过程。

“到了 **2035** 年，当航空公司接收一架飞机的时候，将同时还验收另外一套数字模型。每个飞机尾号，都伴随着一套高度详细的数字模型。” (美国《航空周报》)

每一特定架次的飞机都不再孤独。因为，它有一个忠诚的影子，从不消失，伴随一生。这就是数字孪生。



发展“孪生智能虚拟地理环境”、“孪生智能（人居）地理环境”？

- ① 孪生虚拟人、孪生虚拟地理环境（数字孪生体，ME2）
- ② 孪生机器人、孪生地理实体、孪生人居地理环境（人工环境）

“（雄安新区）孪生智能虚拟地理环境工程”？

“从实到虚，从虚到实”，虚实相生

从实到虚：现实地理环境与实体的虚拟化过程（虚拟场景、虚拟人、虚拟人体、虚拟物、数字孪生体、虚拟世界等）

从虚到实：虚拟地理环境与虚拟物体的实体化过程（三维打印、机器人、实物孪生体等）



北京朝阳区外国语学校

① VGE发展回望；

② 虚实关系讨论；

③ 发展“虚拟地理环境学”；

④ 结语与展望

虚实相似与仿真；
虚实增强与协同；
虚实孪生与相生；

20年的虚拟地理环境发展，积累了很多成果和人才，是否到了可以建立“虚拟地理环境”学科，以进一步系统推进虚拟地理环境基本理论、技术、工程与应用的发展？

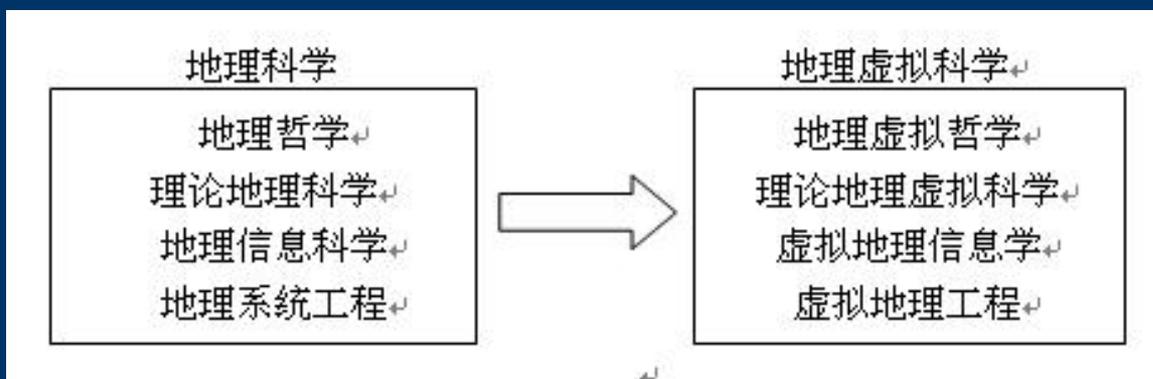
构建“地理虚拟科学” 学科体系的思考

龚建华 马蔼乃

2010/10/18

中国科学院遥感应用研究所

北京大学遥感与地理信息系统研究所



发展“虚拟现实科学”， (北师大 周明全，2017)

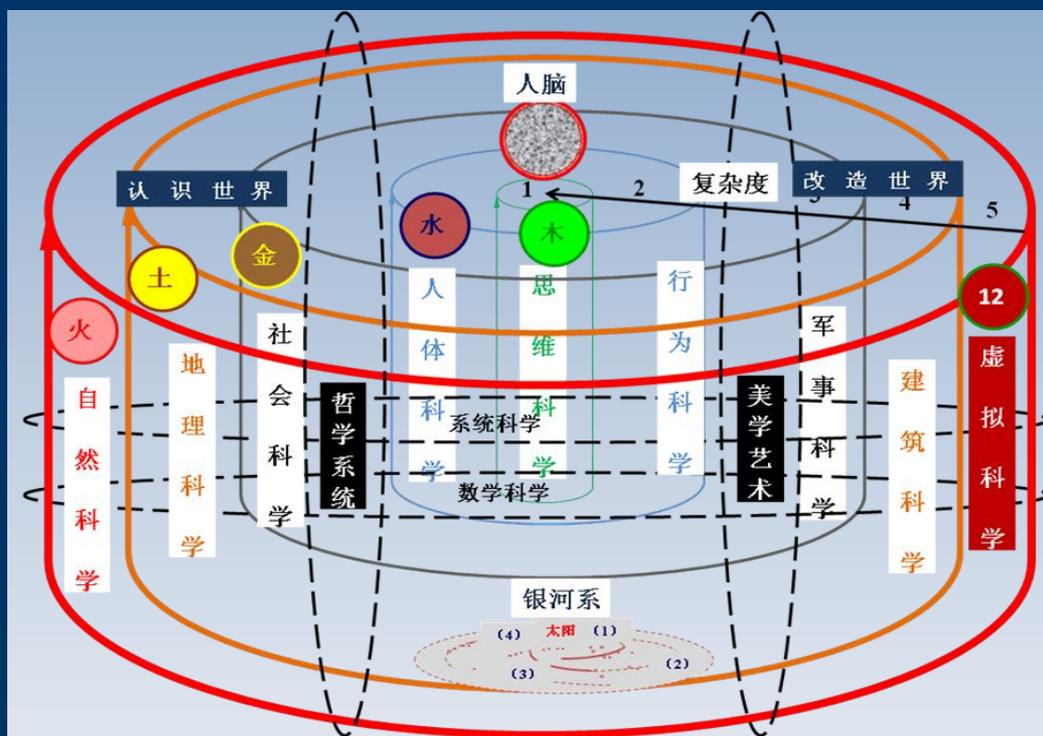


地理场景学（阎国年，2017）



虚拟地理环境学

- ✓ 虚拟地理环境哲学（虚实、美学、伦理等）
- ✓ 虚拟地理环境基本理论（认知、智能、虚实融合、控制等）
- ✓ 虚拟地理环境技术（数据建模、过程建模、交互建模、协同建模、增强现实技术、智能建模、大数据技术等）
- ✓ 虚拟地理环境工程（智慧城市、战场环境仿真、数字流域、虚拟地理教育等）



① VGE发展回望；

虚实相似与仿真；
虚实增强与协同；
虚实孪生与相生；

② 虚实关系讨论；

③ 发展“虚拟地理环境学”；

④ 结语与展望

1) 20年来虚拟地理环境发展的回望与梳理初探；

2) 在VR/AR 新时代下，从虚实关系对于未来20年“虚拟地理环境”的可能发展思考；

- ① 虚实相似与仿真虚拟：相似的目标是未来预测，虚拟的目标是未来可能性选择与互动反馈；
- ② 虚实增强与协同：增强现实，增强虚拟，虚实协同作用与控制；
- ③ 虚实孪生与相生：智能化，演化与进化，数字与物质孪生体相生与共生；

通过大的“虚拟地理环境工程”设计与建设，培养与集成人才团队，推动“虚拟地理环境学”的系统发展。

VGE工程，如可能的“雄安新区（孪生）智能虚拟地理环境工程”，“天空地海一体化的智能虚拟战场地理环境工程”等。

“现代技术之本质与现代形而上学之本质相同一；现代物理学的自然理论并不只是技术的开路先锋，而是现代技术之本质的开路先锋”-海德格尔（德国哲学家），1938

虚拟现实、人工智能等，都与“人”相关，都具有很深哲学背景的学科和技术，都碰到了“形而上学”、“伦理”的哲学问题，对于人类发展具有重要的影响。

虚拟地理环境研究学者，需要作出自己独特的贡献，促进地理信息科学、地理科学以及虚拟科学与工程的发展，任重而道远！

科幻小说：《三体》与 VR-《三体》 和VR技术都在探索人类的想象空间。



《三体》作者刘慈欣，由《三体》、《三体II·黑暗森林》、《三体III·死神永生》组成，第73届雨果奖最佳长篇故事获奖作品

“我觉得VR会引发一场关于人类生存状态的‘革命’。它将促成人类历史上的第二次大迁徙。”刘慈欣说，“从如今的现实，迁徙到未来的虚幻世界中。”



Thank You! 谢谢

中科院VGE研究团队

www.vgelab.org

gongjh@radi.ac.cn