

VLISP 函数确定地质灾害点与震裂迹线的距离

刘明¹, 李果^{1,2}, 刘滨³

(1. 成都理工大学 地质灾害防治与地质环境保护国家重点实验室, 四川 成都 610059;
2. 云南省交通规划设计研究院, 云南 昆明 650011; 3. 四川省电力设计院, 四川 成都 610072)

摘要:在强震区地质灾害发育因素评价中, 离发震断裂的远近与地震波传播、衰减等响应紧密相关, 是不可忽视的变量. 灾害点的数据量很大时, 对其指标提取工作, 须借助于图形软件的有关功能. 除主流的 GIS 方式外, 着重研究了在 Auto CAD 系统中求取各地质灾害点与断层距离指标的命令. 将输入的一系列点与各条曲线进行两重循环, 利用求曲线上最近点的 `vlaX - curve - getClosestPointTo` 函数, 逐点逐线求解. 选用汶川地震灾害实例进行测试, 对于点数上万及线段节点数百的问题规模, 用时不超 10 s, 表明 CAD 系统也是提取距离指标的有效辅助手段; 同时该实例也展示了断层距离对震害区地质灾害影响的显著性. 因此, 对此类实际而又细碎的基础问题, 需重视各种软件系统求解方法的研究.

关键词: 计算几何; Visual LISP; 地震断裂; 初始因子分析

中图分类号: P642.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-9102(2013)04-0049-06

对新近时期已发强震的震裂带邻近区域内的地质灾害发育、响应因素分析中, 除考虑基本的地质环境要素(如刘传正等^[1]归并的基础因子: 地形, 岩性、坡体结构等)外, 距震裂构造带的距离等点位关系, 也是人们不可忽略的直观因素, 如陈伟等^[2], 都将其作为基本的评价因子. 由此, 提取这些距离数据就是震裂灾害地质因子分析^[3]的一项重要基础工作. 在具体的处理过程中, 对河流流域尺度或者更大的范围来说, 一定规模的各地质灾害的发育位置与地表震裂带往往可简化为计算几何学上的点-线、点-点关系(这在汶川地震地质灾害遥感解译图^[4]上反映得已很明显).

本文涉及的计算几何, 从周培德^[5]著述的大致分类来看, 属于计算机图形学研究的检索范畴. 本文尚不关注解决某类计算几何上的算法与分析, 而侧重以之为基础的实际应用开发. 对于前者, 感兴趣的话可参阅 Schneider, Eberly^[6]论述的各类点线距离问题及最优算法; 这对人们理解计算机图形软件中

已开发的求距函数执行过程很有帮助. 而对后者, 林大均^[7]用 CAD 系统内嵌的 LISP 函数代码, 提供了诸多开发应用范例, 但仅限机械制图领域. 本文也是利用常规 CAD 内嵌的 VLISP 内部函数进行求最近距离的二次开发^[8], 求取最近距离问题. 尽管从前述文献^[1-2]充分显示了 ArcGIS 软件^[9]在地灾评价的这方面的强大优势, 但对非 GIS 格式数据来说, 多熟悉一种平台的处理手段也不失为一种有效补充.

1 实现方法

查阅各种能处理图形功能的软件一般都有求解点线距离的处理方法, 而且, 就地质上一般的需求精度而言, 这些方法的处理结果几乎都能满足结果要求. 常用的软件主要就是 ArcGIS 和 CAD 等等.

1.1 ArcGIS Engine 方法

上述所需功能主要由 ICurve 和 IPolyline 接口的 QueryPointAndDistance 方法进行迭代逐步逼近实

收稿日期: 2013-01-16

基金项目: 国家自然科学基金项目(41130745)

通信作者: 刘明(1982-), 男, 四川资中人, 博士, 主要从事岩土体稳定性、地质灾害评价工作. E-mail: 89478698@qq.com

现,该方法中有 7 个参数,其 C#语言代码如下:

i_Fault . QueryPointAndDistance

① (esriSegmentExtension. // 曲线段延伸的方式(见图 1)

esriNoExtension, // 无延伸,枚举参数

② inPoint, // 已知点, Ipoint 型

③ false, // asRatio 参数 // distAlongCurveFrom 为比例值否

④ outPoint, // 曲线上到输入点距离最小的点;

⑤ ref distAlongCurveFrom, // 曲线起始点到输出点部分的长度

⑥ ref distFromCurve, // 输出点到输入点的距离

⑦ ref isRightSide); // 输入点是否在曲线的右边.

另外,还有 IProximityOperator 接口的 ReturnNearestPoint 方法也可间接实现,即:

IPolyline pFault = ; // 指定已知曲线(断层)

IProximityOperator proOperator

= pFault as IProximityOperator;

position = proOperator . ReturnNearestPoint

① (position , // IPoint 参数:指输入点

② esriSegmentExtension. esriNoExtension); // 无延伸(同上).

因为获得了最近点,求取距离自然也就不成问题了.对特定的曲线(断裂)对象该方法仅需 2 个参数,操作上显然更为简明,具体的应用暂不介绍,实际上该方法还可应用于实体之类对象的空间分析^[9].

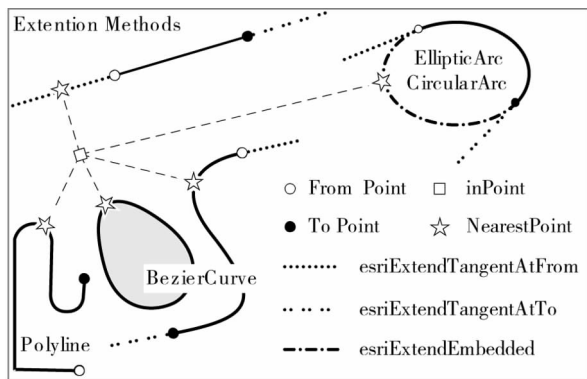


图 1 端点延伸方式

Fig. 1 Extention methods at end points of curve

1.2 VLISP 测试函数

与上述 ReturnNearestPoint 方法一样,CAD 内部

提供的也是求取最近点的 VLISP 函数,其语法参数如下所述:

语法 (vlax - curve - getClosestPointTo curve - obj givenPnt [extend])^[8]

1) 参数 curve - obj 为要测量的 VLA 对象;

2) 参数 givenPnt 为点(在世界坐标系 WCS 上),寻找曲线上距该点最近的点;

3) 可选参数 extend 省略时不延伸曲线;若指定该参数且其值不为 nil,那么搜索最近点时延伸曲线.

该函数测试若成功则返回表示曲线上一点的三维点表即(x y z),否则返回 nil.

可以看出,这与前面的 ReturnNearestPoint 方法的参数是极为类似的,实际上,几何对象(Geometry)和给定的点(Point)是各种应用 ActiveX 对象的平台测试最近点方法的必备参数,其延伸选项一般均系枚举类型,甚至无此项,比如 Microsoft MSDN 中的求最近点方法的参数: GetClosestPositionTo (Geometry, Point). 对其它软件系统的类似函数这里不再详述,下面具体介绍根据 VLISP 二次开发的文件预处理和编程设计.

2 VLISP 命令开发及测试

2.1 输入输出文件格式设置

对数据量很大的地质灾害点坐标,考虑 LISP 的表示方法,CAD 或其它文件中读出的点数据就直接预处理为三维点表的格式,这可用 Excel 或 UltraEdit 就可在数据列两侧插入一对括号列,其格式如下:

(x₁ y₁ z₁)

(x₂ y₂ z₂)

(x₃ y₃ z₃)

.....

(x_n y_n z_n)

这样输入的文本文件(*.txt 或其它格式)的每行就代表一个点,可利用文件读取函数(read line file)进行逐行循环读取.相应地,输出结果文件也设计为每行记录对应的各点距各条断层线的距离值,只是为便于阅读增加了点号及表头(详见后文图 3(c)).

2.2 代码开发及测试

由于已有现成的最近点求解函数,对于 i 个点与 j 条线之间的求取距离,代码开发的核心部分只需分别对 i, j 进行两重循环进行批处理即可,因此程序思路也十分简明.这里以 CAD 自定义命令 ddf 的形式给出代码流程,见图 2.

```

(defun C:ddf (/ ;定义为 ddf 的命令
  灾害点文件 point-file result-file ;结果文件
  选择集(断层) ll t0 file-line ;文件行变量
  第 i 条断层 ss-fault i j ;第 j 灾害点
  断层上最近点 fault-i point-j ;最近距离值
  nearest-point dd
) (VL-LOAD-COM)

(setq point-file (open "C:/cad-point.txt" "r"))
(setq result-file (open "C:/result-dd.txt" "w"))
(princ "请选择(多条)断层线!")
(setq ss-fault (ssget)) ;预设文件路径
(setq t0 (getvar "tdustrtimer")) ;计时开始
(setq file-line "点号" i 0)
(repeat (sslength ss-fault)
  (setq file-line
    (strcat file-line
      "距第" (rtos (1+ i)) "条"
    ))
    (setq i (1+ i))
  ) ;end repeat
(write-line file-line result-file) ;据断层数写文件首行
(setq j 0) (setvar "osmode" 16386) ;关闭捕捉功能
(while (setq ll (read-line point-file))
  (if (null (= ll "")) ;判断文件空行或未尾
    (progn
      (setq point-j (read ll)) ;LISP内部函数
      (setq i 0) (setq j (1+ j))
      (setq file-line (strcat (rtos j) " "))
      (repeat (sslength ss-fault)
        (setq fault-i (vlax-ename->vla-object
          (ssname ss-fault i)))
          (setq nearest-point
            (vl-catch-all-apply
              'vlax-curve-getClosestPointTo
              (list fault-i point-j)
            )) ;截取可能的测试错误
          (if (null (vl-catch-all-error-p nearest-point))
            (progn
              (setq dd (distance point-j nearest-point))
              (setq file-line (strcat file-line (rtos dd) " "))
            )
            (progn (if (< j 2) (progn ;打印出错提示
              (princ (vl-catch-all-error-message
                nearest-point))
              (princ (strcat "有误:第"
                (rtos (1+ i)) "个对象非曲线!")
              )) ;end if progn
            )
          (setq file-line (strcat file-line "非曲线"
        )) ;end if ; (setq i (1+ i))
      ) ;end repeat
      (write-line file-line result-file) ;留空格
    ) ;end progn ; ) ;end if ; ) ;end while ;
(close point-file) (close result-file)
(princ "文件读入→输出总共用时 ")
(princ (* (- (getvar "tdustrtimer") t0) 86400))
(princ " s!") (princ ;检测运行耗时
) ;end defun

```

图2 自定义命令 ddf 的代码

Fig.2 Codes of custom Command: ddf

将图2给出的自定义命令文本存在 C:/ddf.lsp 文件中,可在 CAD 界面的“工具(T)”→AutoLISP (I)→VisualLISP 编辑器(V)中打开,按图3(a)给出的步骤加载上述 ddf 命令,也可在 CAD(约定安装在 C 盘)命令行直接加载,之后就像运行其本身的命令那样使用自定义命令.图3(b, c)列出了一次测试的输入及结果文件的局部,所选的曲线即来自下一节所给的应用实例中的断层 F_1, F_2, F_3 (图4).

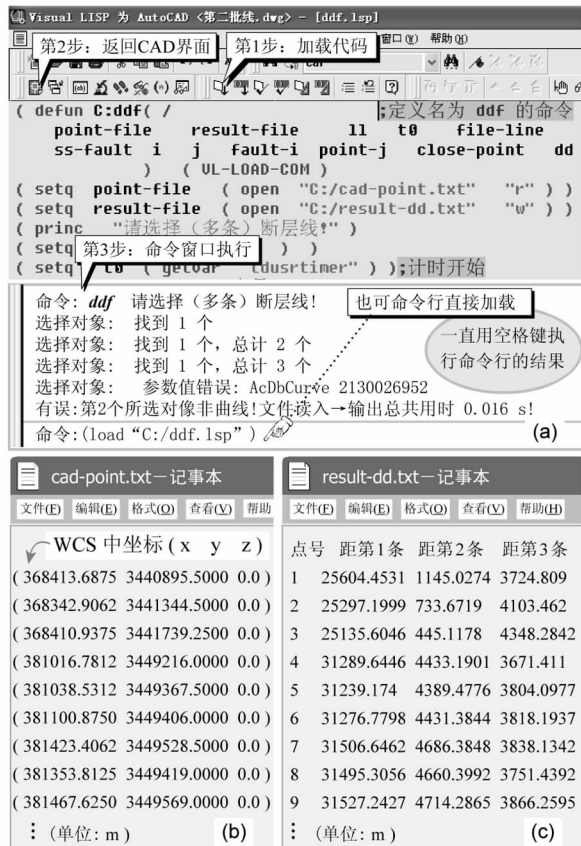


图3 ddf 命令的加载、输入及输出界面

Fig.3 Interfaces of loading ddf and input/output

(注:a.自定义命令文件的加载;b.输入文件格式;c.输出文件格式)

2.3 注意事项及说明

1) 对象捕捉设置的影响

LISP 函数设计点坐标的运算时,有时得不到期望的值,但代码流程反复检查也没问题,纠错显得无从下手.追究常见的原因,其实并不是运算出错,只是在某一点坐标参数的传递或输出时,CAD 系统自主地根据捕捉设置有进行了更新.这样,对用户来说,运算的结果就具有不确定性了,其实系统的算法还是满足唯一性的.因此,本文更改 CAD 系统变量 tdustrtimr 来关闭捕捉功能.

2) 错误截取及提示

程序中采用了 vl-catch-all-apply 函数来执

行 `vlox - curve - getClosestPointTo` 方法,可以截取测试过程中出现的错误,并继续下一点运算,直到循环完成.这样,由与之匹配使用的 `vl - catch - all - error - p` 函数来判断测试是否出错;如果有误一并由 `vl - catch - all - error - message` 函数从错误对象返回字符串.上述3个函数的语法功能可参见文献[8].常见的错误有:①选择断层线时,选入了非曲线对象, `vlox - curve - getClosestPointTo` 函数的 `curve - obj` 参数错误.比如,选择了文本对象,运行 `ddf` 命令就会给出图3(a)所示的命令窗口的文字提示.

另一方面的潜在错误在于输入文件中,三维点表格式不对(比如错写成二维点表等),自定义命令 `ddf` 就会提前结束运算.

3) 文件路径的设置

前面给出的 `ddf` 命令,“默认”了输入输出文件的路径及文件名称.当注意,具体应用时,需在代码文件中手工更改文件路径,故未将代码编译成二进制文件.欲使之更灵活通用及高速执行,有待改进;限于本文意图,在此未予详述.

4) 文件输入空行的处理

一旦输入文件存在空行(系该行不含任何字符串不是空格占行),特别是在文件末尾有多个空行时,只有最末一个不被读出(因之已被认为是文件末尾),其它都要读为空字符串,这样求取最近点函数的输入就有错,而且浪费一次运算操作,因此,有必要进行空行判别:即 (`if (null(= ll'''') (……)`) 之“语句”(注:LISP语言仅有“函数”的概念,此处借用“语句”之说法).

3 震害因素分析实例

应用上述 CAD 命令 `ddf` 完成了汶川地震地区 11 317 个灾害点到 3 条主干断裂(图4所示 F_1, F_2, F_3) 的距离分析.据此,李果^[10]对图4所示的研究区的 2 445 个灾害点的分 10 项特征指标(图5中①~⑩)进行 R 型因子分析.其中,①~⑦是可测的与相对位置有关的几何变量,它们之间有的还相互有关;其中,两断层距离指标的提取正是本文关注的重点(仅获得 CAD 格式的灾害点地形及断裂分布等基础数据);其它则属于与地质环境条件紧密相关的分布统计指标.将这 10 项特征变量进行 R 语言建模^[11],在对这些变量进行(初始因子)主成份分析^[12-14]的基础上,对高维变量进行降阶、确定公共因子数目,便于进一步开展因子分析.图5给出了分析主要的成果图件,详细资料可参阅文献[10].从碎石图中可以看出,前 5 个主成份变量的方差贡献

率为 76%,且第 5 成份变量也处于曲线陡直降到平滑的过度部位,基本满足选取解释因子之原则.尽管,统计学上要求主成份、公共因子变量的方差贡献以 80% 以上为佳,但考虑到震裂灾害事件因素本身具有较大的离散性,要获取更理想的结果较为困难,可以认为,前 5 个初始因子已足够代表大部分的原始统计指标了.由此,综合考虑选取 5 个因子数目为进行地质因子分析.其中,方差贡献率最大的 2 因子 Factor1 与 Factor2 与主成份法确定初始因子的 X, Y (图5)的贡献率大致相同,数理统计上两者是有区别的;林海明等^[15]对此作过辨析,这里不再复述.两者形成的因子负荷图(图5(b))形象地展现了断层距在其中起到的显著作用.一般来讲,因子荷载(图中 x, y 值)反映了理想变量(难以测量的公共因子)同原始指标的关系:荷载越大的因子对原始指标的贡献也就越大,因子得分的绝对值越高,公共因子代表的地质过程在样本事件上的表现就越强烈^[3].

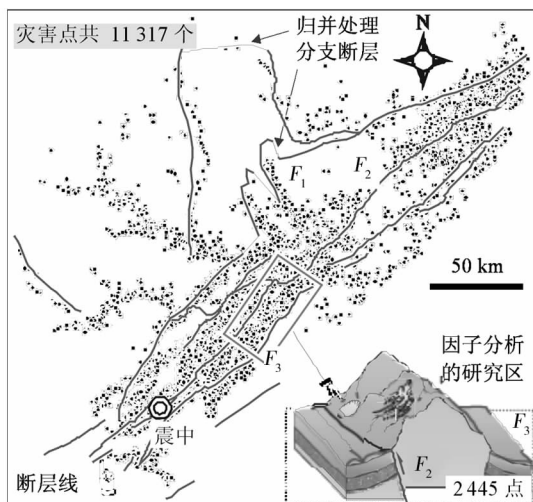


图4 汶川地震诱发灾害点与断裂分布

Fig.4 Distribution geohazard points and faults in area of Wenchuan earthquake

4 讨论

1) 存储空间占用量

文中给出的代码是以文件行输入的方式传递参数的:读入一个点,运算一遍;下一个点仍旧存储在同一个变量名所保存的地址,不像收索一系列点之间的最近点那样需要把全部点都读入内存.因此, `ddf` 命令运行时不占额外的内存节点.若用选择集内循环各点的方式执行,可能占用内存节点数稍多,但更省时.

2) 运行时耗的检测

为了考察代码的运行时间, `ddf` 命令给出了检

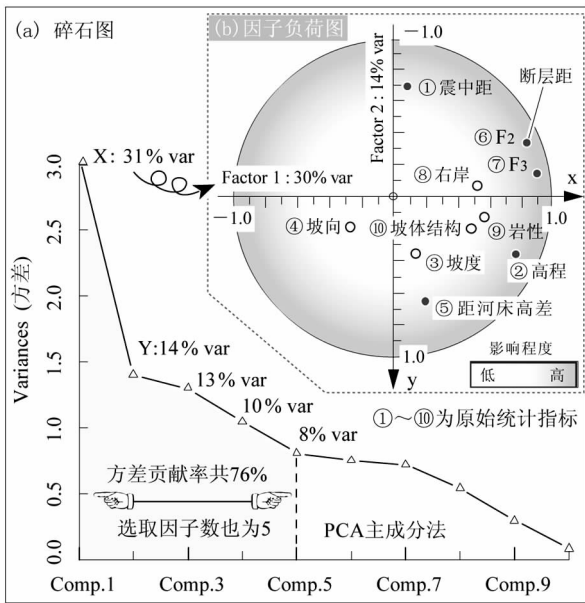


图5 因子分析结果
Fig.5 Factor analysis results

测时耗的函数数字段行. 用图4所示的实例测试用时的结果见下表1.

表1 自定义命令 *ddf* 时耗测试结果表

Tab.1 Test results of runtime for command *ddf*

所选的 断层线	多段线节 点数/个	不同地质灾害点数用时/s		备注
		11 317 点	2 445 点	
F_1	115	3.750	1.000	两
F_2	211	4.203	1.000	次
F_3	65	3.421	0.766	平
F_1, F_2, F_3	391*	9.359	2.110	均

* 3条断层线顶点数之和,仅代表时间复杂度的上限.

从表1中可以看出,输入点数达万数量级与节点数百的线段之间的求距,耗时一般都在10s之内,这是人们可以接受的.另外,对比单独分别选择各条断层线与同时选中这3个对象,用选择集内循环的方式来运行 *ddf* 命令,可以发现后者的耗时更少(分别单独执行耗时要超过10s).如前所提,佐证了用选择集的方式总体上更为省时.实际应用中,若不关注运行时间,可标注为LISP注释行(在前面添加“;”即可).

另外还可从表1看出,所选线条的节点数目的多少也对时间复杂性的影响:显然节点越少越好.因此,应尽可能对断层线进行简化处理.

3) 断层分支的处理

具体的问题中,断层线不连续,分支等情况出现,使得问题复杂化,需要归并断裂迹线(图4),使之成为一个曲线对象的主干线来求其上的最近点,

以便正确评价断裂对灾害点的影响.

5 结论

1) 借助CAD平台的平面上的点线分析功能,进行应用层交互式命令开发,可以有效地处理大量的灾害点与震裂的点位关系,从而获取与断层距离的指标.选用汶川地震的部分地区的实例因子分析表明,断层距离在灾害发育因素中的显著影响.

2) 对此类距离实际问题,尽管很基础而且细致,仍有必要重视各种软件系统求解方法的研究.本文列出的代码可为CAD用户进行实际的点位问题分析提供一定的参考.

参考文献:

[1] 刘传正,李铁锋,程凌鹏,等.区域地质灾害评价预警的递进分析理论与方法[J].水文地质工程地质,2004(4):1-8.
Liu C Z, Li T F, Cheng L P, et al. A method by to analyse four parameters for assessment and early warning on the regional geo-hazards[J]. Hydrogeology & Engineering Geology, 2004,31(4):1-8.

[2] 陈伟,许强,唐告生.大比例尺评价尺度强震条件下崩塌灾害易发性评价方法[J].湖南科技大学学报(自然科学版),2011,26(4):32-36.
Chen W, Xu Q, Tang G S. Large-scale evaluation method on rockfall and landslide susceptibility under earthquake conditions [J]. Journal of Hunan University of Science & Technology(Natural Science Edition), 2011,26(4):32-36.

[3] 余金生,李裕伟.地质因子分析[M].北京:地质出版,1985.
Yu J S, Li Y S. Geological factor analysis[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1985.

[4] 黄润秋,李为乐.“5.12”汶川大地震触发地质灾害的发育分布规律研究[J].岩石力学与工程学报,2008,27(12):2585-2592.
Huang R Q, Li W L. Research on development and distribution rules of geohazards induced by wenchuan earthquake on 12th may, 2008 [J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2008,27(12):2585-2592.

[5] 周培德.计算几何-算法设计与分析[M].4版.北京:清华大学出版社,2011.
Zhou P D. Computational geometry - the design and analysis of algorithm[M]. 4th ed. Beijing: Tsinghua University Publishing House, 2011.

[6] Schneider P J, Eberly D H. 计算机图形学几何工具算法详解[M].北京:电子工业出版社,2005.
Schneider P J, Eberly D H. Geometric Tools for Computer Graphics [M]. Beijing: Publishing House Electronics Industry, 2005.

[7] 林大均.计算机工程图形算法及应用[M].上海:华东理工大学出版社,2006.
Lin D J. Algorithm and application of Computer engineering graphics[M]. Shang Hai: East China University of Science and

- Technology Press, 2006.
- [8] 二代龙震工作室. AutoCAD LISP/VLISP 函数库查询辞典[M]. 北京:中国铁道出版社, 2003.
- The 2nd generation dragon studio. Dictionary for AutoCAD LISP/VLISP function library [M]. Beijing: China Railway Publishing House, 2003.
- [9] 李崇贵. ArcGIS Engine 组件式 GIS 软件开发及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2012.
- Li C G. ArcGIS Engine such component GIS software development and application [M]. Beijing: Science Press, 2012.
- [10] 李果. 强震条件下层状岩体斜坡动力失稳机理研究[D]. 成都: 成都理工大学, 2012.
- Li G. Failure mechanism of stratiform rock slope under strong earthquake[D]. Chendu: Chendu University of Technology (Ph D dissertation), 2012.
- [11] Ripley B D, Murdoch D J. R for windows FAQ & R language definition [EB/OL]. 2012 - 12 - 12, <http://cran.r-project.org/bin/windows/base/rw-FAQ.html>.
- [12] Miesch A T. Scaling variables and interpretation of eigenvalues in principal component analysis of geologic data [J]. Mathematical Geology, 1980, 12(6): 523 - 538.
- [13] Pearson K. On lines and planes of closest fit to systems of points in space [J]. Philosophical Magazine, 1901, 2(6): 559 - 572.
- [14] 黄媛玉, 毛弋. 基于主成分分析法的遗传神经网络模型对电力系统的短期负荷预测 [J]. 湖南师范大学自然科学学报, 2011, 34(5): 26 - 31.
- HUANG Yuan-yu, MAO Yi. Power System Short-term Loading Forecasting by Genetic Neural Network Based on Principal Components Analysis [J]. Journal of Natural Science of Hunan Normal University, 2011, 34(5): 26 - 31.
- [15] 林海明, 张文霖. 主成分分析与因子分析的异同和 SPSS 软件 [J]. 统计研究, 2005(3): 65 - 69.
- Lin H M, Zhang W L. Comparison of principal component analysis and factor analysis and SPSS software [J]. Statistical Research, 2005(3): 65 - 69.

Solution for distance between positions of geohazard and traces of seismogenic fault by VLISP functions

LIU Ming¹, LI Guo^{1,2}, LIU Bin³

(1. State Key Laboratory of Geohazard Prevention and Geoenvironment Protection, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China; 2. Broadvision Engineering Consultants, Kunming 650011, China; 3. Sichuan Electric Power Design Institute, Chengdu 610072, China)

Abstract: Distances, the geohazards far away from the seismogenic fault, related to propagation and attenuation of the seismic wave are essential variables taken into account in the evaluation of factors raised the geohazards, which can be obtained with the aid of related functions of some graphics softwares. Besides the prevalent GIS software, a custom command in the Auto CAD[®] system was developed, which was used to solve the problem of distances between positions, where geohazards have arisen, and faults. The idea governing this approach is as follows, find the closest point on the traces of fault one by one to each geohazard point by the visual LISP function (`vfax - curve - get Closest Point to curve - obj givenPnt`), and then, output each distance from input point to nearest point obtained on the fault into a result file. According to the test to such custom command suing the cases of geohazards in influence area of “5.12” Wenchuan earthquake, It was taken only about 10 seconds to solve the distances between 10 thousands of geohazards and the traces of fault, on which have hundreds node. So this test proved such a method to be very efficient in the CAD software, as well. At the same time, these cases also showed the significant influence of the fault distance on geohazard associated with earthquakes. Therefore, with regard to such kinds of the down-to-earth routine, although fundamental and tiny, it is necessary to pay attention to research the methods to handle it in various systems of computer graphics software.

Key words: computation geometry; visual LISP; earthquake fault; initial factor analysis