

周迎,吕振东,许亚群,等. 基于实码加速的投影寻踪模型的稻田灌排模式优选[J]. 江苏农业科学,2013,41(5):380-383.

# 基于实码加速的投影寻踪模型的稻田灌排模式优选

周迎<sup>1</sup>, 吕振东<sup>1</sup>, 许亚群<sup>2</sup>, 刘方平<sup>2</sup>

(1. 河海大学水利水电工程学院/河海大学南方地区高效灌排与农业水土环境教育部重点实验室, 江苏南京 210098;

2. 江西省灌溉试验中心站, 江西南昌 330201)

**摘要:** 针对标准遗传算法采用二进制编码离散连续函数时存在映射误差和不利于确定特定知识的问题, 提出了基于实码加速的遗传算法优化收敛的投影寻踪灌排模式评价模型, 克服了容易陷入局部最优的缺点, 提高了全局搜索能力和收敛速度。以江西灌排试验站 2 年种植水稻的实测数据为例, 选用经济效益指标、环境效益指标和社会效益指标综合计算投影值, 基于实码加速的投影寻踪模型对赣抚平原地区不同灌排模式进行评价。结果表明, 该模型有效解决了标准遗传算法的寻优效率依赖于优化变量初始变化区间的大小的缺点, 将它用于优化选择灌排模式评价是切实可行的, 对农业生产实践起到了一定的指导作用。

**关键词:** 管排模式; 优选; 实码加速; 投影寻踪

**中图分类号:** S274.2; S276.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2013)05-0380-03

标准遗传算法 (standard genetic algorithm, SGA) 的编码方式通常采用二进制, 即所使用的编码符号集是由二进制符号 0 和 1 组成, 它所构成的个体基因型是一个二进制编码符号串。二进制编码简单、交叉、变异等遗传操作便于实现, 便于利用模式定理对算法进行理论分析, 但它不利于反映所求问题的结构特征, 对于一些连续函数的优化问题等, 遗传运算的随机性特征使其局部搜索能力较差。同时, 对于一些多维、高精度要求的连续函数优化问题, 使用二进制编码来表示个体时将会有一些不利之处。首先, 二进制编码存在着连续函数离散化时的映射误差, 个体编码串的长度较短时, 可能达不到精度要求, 而个体编码串的长度较长时, 虽然能提高编码精度, 但却会使遗传算法的搜索空间急剧扩大。其次, 二进制编码不利于反映所求问题的特定知识, 这样也就不便于开发针对不同灌排模式优选的投影寻踪模型题专门知识的遗传运算算子。为改进二进制编码的这些缺点, 可采用实数编码, 使个体编码长度等于其决策变量的个数, 这种编码方法使用决策变量的真实值。由于 SGA 的寻优效率明显依赖于优化变量初始变化区间的大小, 故初始区间越大, SGA 的有效性就越差, 应用 SGA 就越困难, 而且 SGA 不能保证全局收敛性。研究表明, SGA 中的选择算子操作、杂交算子操作的搜索寻优功能随进化迭代次数的增加而逐渐减弱, 在实际应用中常出现在远离全局最优点的 SGA, 即停滞寻优工作, 此时许多个体相似甚至重复。因此, 本研究采用前二次进化迭代所产生的优秀个体的变化区间作为变量新的初始变化区间, 重新运行 SGA, 形成加速运行, 则优秀个体区间将逐渐缩小, 与最优点的距离越来越近, 直到最优个体的优化准则函数值小于某一设定值或算法运行达到预定加速次数, 结束整个运算运行。

此时, 将当前群体中最佳个体指定为 SGA 的结果。本研究提出用基于实码加速的遗传算法 (real coding based accelerating genetic algorithm, RAGA) 处理该 PP 优化的问题, 克服了传统的 PP 实现方法的计算量大、容易陷入局部最优的缺点。

## 1 基于实码加速遗传算法的投影寻踪模型的建立

用 PP 方法进行水稻田控制排水方案优选, 其基本思路是把多种控制排水方案试验产生的高维数据通过某种组合投影到低维子空间上, 用低维空间中投影散点的分布结构揭示高维数据的结构性特征。寻找出投影指标函数达到最大值时的最优投影方向, 然后计算投影值并对其排序, 投影值最大对应的方案即为最优方案<sup>[1]</sup>。假定有  $i$  行  $j$  列的稻田控制排水方案试验数据矩阵  $\mathbf{x}^*(i, j)$ , 则所研究的控制排水方案集即为  $\{\mathbf{x}^*(i, j) | i=1 \sim n, j=1 \sim p\}$ 。其中,  $i$  代表第  $i$  个控制排水方案,  $j$  代表第  $j$  个控制排水方案的评价指标,  $n, p$  分别为控制排水方案的设计数目和评价指标的数目,  $\mathbf{x}^*(i, j)$  为第  $i$  个控制排水方案第  $j$  个评价指标值。

### 1.1 评价指标矩阵归一化处理

投影指标由控制排水方案的评价指标构成, 由于评价指标值在数量级上存在较大差异, 综合评价结果对一致化和无量纲化具有敏感性, 因此为消除各评价指标的量纲和统一各评价指标的变化范围, 需对评价指标进行一致无量纲化处理。

对于越大越优的指标:

$$\mathbf{x}(i, j) = \frac{\mathbf{x}^*(i, j) - \mathbf{x}_{\min}(j)}{\mathbf{x}_{\max}(j) - \mathbf{x}_{\min}(j)} \quad (1)$$

对于越小越优的指标:

$$\mathbf{x}(i, j) = \frac{\mathbf{x}_{\max}(j) - \mathbf{x}^*(i, j)}{\mathbf{x}_{\max}(j) - \mathbf{x}_{\min}(j)} \quad (2)$$

式中:  $\mathbf{x}_{\max}(j), \mathbf{x}_{\min}(j)$  分别为第  $j$  个控制排水方案中第  $j$  个评价指标的最大值和最小值,  $\mathbf{x}(i, j)$  为指标监测值归一化后的矩阵。

### 1.2 构造投影指标函数 $Q(\alpha)$

本研究选用线性投影, 即将  $p$  维数据  $\{\mathbf{x}^*(i, j) | i=1 \sim n,$

收稿日期: 2012-11-04

基金项目: “十二五”农村领域国家科技计划课题 (编号: 2012BAJ25B01); 江西省水利厅重大公益项目。

作者简介: 周迎 (1988—), 女, 山东聊城人, 硕士研究生, 从事农业水土工程方面的研究工作。E-mail: zyytwww1988@163.com。

$j = 1 \sim p$  投影到一维线性空间进行研究。设  $a$  为  $p$  维单位投影方向向量, 即  $a = \{a(1), a(2), a(3), \dots, a(p)\}$ , 则  $x(i, j)$  的一维投影值  $z(i)$  计算公式如下:

$$z(i) = \sum_{j=1}^p a(j)x(i, j); i = 1, 2, \dots, n \tag{3}$$

然后根据  $\{z(i) | i = 1 \sim n\}$  的一维散点图进行控制排水方案优选。

为了在多维指标中找到数据的结构组合特征, 在综合投影时, 要求投影  $z(i)$  局部投影点尽可能密集, 最好凝聚成若干个点团, 而在整体上投影点团之间尽可能散开, 尽可能多地提供  $x(i, j)$  中的变异信息, 即  $z(i)$  的标准差  $S(a)$  尽可能大, 同时投影值  $z(i)$  的局部密度  $D(a)$  达到最大。因此, 选用分类指标构造目标函数, 即  $z(i)$  在一维空间散布的类间距离  $S(a)$  和类内密度  $D(a)$  同时取最大值。投影目标函数可构造为:

$$Q(a) = S(a) \cdot D(a) \tag{4}$$

类间距离用样本序列的投影值标准差计算, 即:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [z(i) - E(z)]^2}{n - 1}} \tag{5}$$

式中:  $E(z)$  为投影值序列  $\{z(i) | i = 1 \sim n\}$  的平均值;  $S(a)$  愈大则样本散布愈开。

类内密度为:

$$D(a) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n f[r_{i,j} \cdot I(r - r_{i,j})] \tag{6}$$

式中:  $r$  为求局部密度的窗口半径, 它的选取既要使包含在窗口内的投影点的平均个数不太少, 避免滑动平均偏差太大, 又不能使它随着  $n$  的增大而增加太高, 一般可取值为  $S(a)$ , 可依据投影点  $z(i)$  在区域间的分布情况适当调整为 0.1、0.01、0.001 等; 对于控制排水方案优选,  $r$  一般取  $0.1S(a)$ ;  $r_{i,j} = z(i) - z(j)$  为两两投影值间距离;  $I(t)$  为单位阶跃函数, 当  $t = R - r_{i,j} \geq 1$  时, 其函数值为 1, 当  $t < 0$  时, 其函数值为 0。

1.3 优化投影目标函数, 确定最优投影方向

当各种具体灌排模式以及相应的评价指标值给定时, 投影目标函数  $Q(a)$  的大小就只随着投影方向  $a$  的变化而变

化。因此, 投影目标函数的优化问题最终就转化成为寻找最优投影方向。所谓的最优投影方向就是从不同的角度去观察数据, 能够最大限度地反映数据特征和最能充分挖掘数据信息的最佳观察角度, 可通过求解投影指标函数最大值来予以估计:

最大化目标函数:

$$\max[Q(a)] = S(a) \cdot D(a) \tag{7}$$

约束条件:

$$s. t \sum_{j=1}^p a^2(j) = 1 \tag{8}$$

针对这个以  $\{a(j) | j = 1 \sim p\}$  为优化变量的复杂非线性优化问题, 用传统的优化方法很难处理。本研究采用了实码加速的遗传算法进行优化求解。这种算法克服了标准遗传算法(SGA)的二进制编码以及早熟收敛等缺点, 采用了实数编码, 使个体编码长度等于其决策变量的个数, 并采用前 2 次进化迭代所产生的优秀个体的变化区间作为优化变量新的初始变化区间, 提高了全局寻优性能和收敛速度, 十分简便可靠。因此, 通过运行实码加速遗传算法即可求得投影目标函数取最大值时所对应的最能反映数据特征的最优投影方向  $a^*$ 。

1.4 根据投影值进行方案选优

将所求最优投影方向  $a^*$  代入方程(3), 就可得各种灌排模式的投影值  $z(i)$ 。将  $z(i)$  值从大到小排序, 最大的  $z(i)$  值所对应的控制排水方案  $i$  即为最优灌排模式。

2 赣抚平原地区稻田灌排模型的综合效益分析

2.1 研究区域概况

研究区位于江西省南昌县向塘镇(115°58'E, 28°26'N)境内, 属亚热带季风气候区, 降水量多年平均值为 1 747 mm, 蒸发量多年平均值为 1 139 mm。供试水稻品种为早稻两优 287、晚稻 923。耕层土壤为红黏壤土, 于 2010—2011 年水稻生长季节开展试验观测。试验于试验站的蒸渗仪群(12 个测坑)内设 4 个处理: 淹水灌溉模式(CK, CP1)、雨养灌溉模式(CP2)、受旱灌溉(CP3)、雨养和受旱相结合的灌溉(CP4), 具体水管理见表 1, 每处理 3 个重复, 各处理农艺措施相同。

表 1 不同灌排模式水管理情况

							mm
灌排方式	返青期	分蘖前期	分蘖后期	孕穗期	抽穗开花期	乳熟期	黄熟期
淹水灌溉(CP1)	20-40	20-50	20-50	20-50	20-50	20-50	0-30; 落干
雨养灌溉模式(CP2)	0-20-60	0-20-110	0-20-110	0-20-140	0-30-140	0-20-60	落干
受旱灌溉模式(CP3)	0-20	0-20	0-20	0-20	0-30	0-20	落干
雨养与受旱灌溉模式(CP4)	0-20-60	0-20-110	0-20-110	0-20-140	0-20-50	0-20-50	落干

注: 表中前 2 个数字为灌排下限和上限, 第 3 个数字是降水之后的最高持水位; CP1 和 CP3 无第 3 个数字。

2.2 评价体系的构建

稻田不同灌排模式的评价指标体系是相当复杂的, 需要考虑很多因素, 不仅取决于经济技术发展水平, 也取决于生态环境保护状况和社会发展状况, 只有三者协调发展, 才能实现水资源的高效利用和面源污染的减少<sup>[2]</sup>。因此, 本研究依据评价指标体系建立的可操作性、层次性的原则<sup>[3]</sup>, 在对不同灌排模式下各影响因素综合分析的基础上, 以综合评价为总目标, 以经济效益评价、环境效益评价和社会效益评价为子目标, 构建了包含 13 个指标的灌排模式综合效益综合评价指标

体系(图 1、表 2)。

2.3 不同管排模式的综合评价

利用 MATLAB 7.10.0 编制基于实码加速遗传算法的投影寻踪评价模型程序<sup>[4]</sup>。把实码加速遗传算法的经验参数设置为: 父代初始种群规模为  $n = 400$ , 交叉概率  $p_c = 0.8$ , 变异概率  $p_m = 0.2$ , 优秀个体数目选定为 13 个,  $a = 0.01$ , 加速 20 次。通过计算得出并对程序进行调试, 可以较快寻找到函数最优值为目标。在 MATLAB 环境下对 4 个待评价灌排模型的总目标和 3 个子目标分别进行评价, 运行 PP 程序, 得到

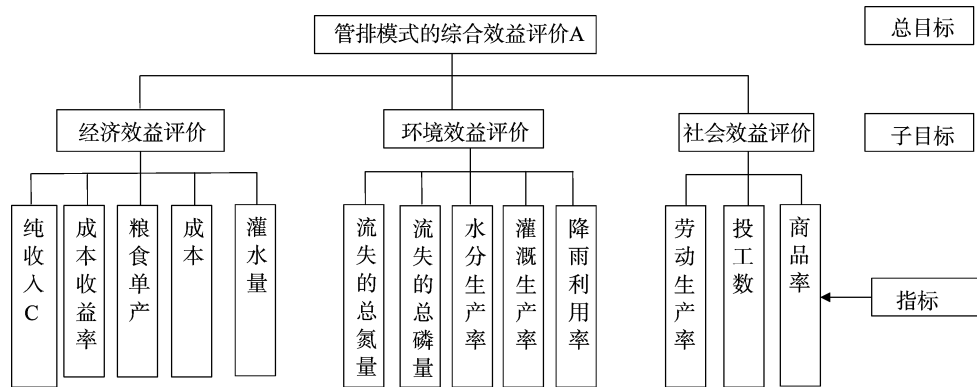


图1 灌排模式综合效益综合评价指标体系的建立

表 2 2010—2011 年不同管灌排模式下综合评价指标的统计值

指标	指标名称	类型	淹水指标评价	雨养指标评价	受旱指标评价	雨养和受旱指标评价
C1	纯收入(元/hm <sup>2</sup> )	正向	17 488.51	17 414.93	15 323.43	16 934.33
C2	成本收益率	正向	1.22	1.21	1.07	1.18
C3	粮食单产(kg/hm <sup>2</sup> )	正向	8 981.94	9 134.93	8 698.96	8 960.90
C4	成本(元/hm <sup>2</sup> )	逆向	14 382.99	14 358.21	14 333.28	14 358.21
C5	灌水量(m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> )	逆向	3 605.1	2 585.1	2 834.1	1 952.1
C6	排水中总氮量(kg/hm <sup>2</sup> )	逆向	43.37	57.01	49.61	10.85
C7	排水中总磷量(kg/hm <sup>2</sup> )	逆向	0.23	0.35	0.30	0.045
C8	水分生产率(kg/m <sup>3</sup> )	正向	0.95	1.01	0.99	0.95
C9	灌溉水生产率(kg/m <sup>3</sup> )	正向	2.50	3.55	3.08	4.61
C10	降雨利用率(kg/m <sup>3</sup> )	正向	0.47	0.57	0.50	0.67
C11	劳动生产率(元/天)	正向	117.17	145.85	114.07	189.10
C12	投工数(天/hm <sup>2</sup> )	逆向	150	120	135	90
C13	商品率(%)	正向	60	65	65	70

注:C1~C13 分别代表评价指标体系中的 13 个指标;指标类型正向的为越大越优指标,逆向的为越小越优指标;评价指标数据由 2010—2011 年开展的试验观测的 3 个重复的平均值整理计算得出。

总目标 A 的最佳投影方向 \*Aa = (0.208 7, 0.194 6, 0.191 8, 0.089 5, 0.331 3, 0.297 0, 0.304 4, 0.061 1, 0.352 0, 0.280 5, 0.415 5, 0.347 4, 0.289 1);子目标 B1 的最佳投影方向 a1 = (0.269, 0.287, 0.032, 0.021, 0.919);B2 的最佳投影方向 a2 = (0.421, 0.037, 0.128, 0.713, 0.392, 0.326, 0.192);B3 的最佳投影方向 a3 = (0.554, 0.285, 0.057, 0.161, 0.498, 0.359, 0.018, 0.038, 0.173, 0.025, 0.416, 0.025)。根据公式(3)可计算得出 2010 年赣抚平原地区灌排模式优选的总目标和子目标的最佳投影值及其显著性分析(表 3),结果显示,CP4(雨养和旱水模式)和 CP1(淹水模式)的差异不显著,但是明显优于其他 2 种灌排模式,并且 CP4 和其他 3 种灌排模式环境效益评价及社会效益评价结果存在显著性差异。

表 3 利用投影寻踪模型对不同灌排模式进行综合评价的结果

灌排模式 目标	投影值	综合价值			
		淹水模式	雨养模式	旱水模式	雨养和旱水模式
B1	Z <sub>1</sub>	1.459b	1.797c	0.173a	1.459b
B2	Z <sub>2</sub>	0.403b	0.403b	0.395a	1.886c
B3	Z <sub>3</sub>	0.025a	0.818c	0.412b	1.729d
A	Z <sub>a</sub>	0.753a	1.695b	0.753a	3.075c

注:表中数据为 3 个子目标和总目标的最大的 z(i) 值,不同小写字母表示同行数据在 0.05 水平上差异显著。

3 结论

本研究构建的基于实码加速的投影寻踪的赣抚平原地区不同灌排模式的综合评价模型,不仅可避免权重确定的主观任意性,而且评价结果与原始数据所反映的特征相符,评价结果科学合理,方法切实可行,为涉及多目标、多因素的灌排模式的优选提供了一条新途径。

以多种灌排模式综合评价指标体系为基础,采用实码加速的投影寻踪评价模型对子目标和总目标分别进行了评价和排序,显示雨养和旱水灌溉模式在保持经济效益不受损失的情况下明显提高了水资源的利用率,并可以有效减少稻田中氮磷的流失,可以为赣抚平原地区农业生产实践中面源污染的控制和水资源利用率的提高起到一定的指导作用。

参考文献:

[1] 罗世良,陈振存. 基于投影寻踪模型的节水灌溉工程方案优选[J]. 地下水,2009,31(5):93-94,111.  
[2] 肖新,赵言文,胡锋. 南方丘陵季节性干旱区节水稻作模式综合效益评价体系研究[J]. 浙江大学学报:农业与生命科学版,2008,34(4):439-446.  
[3] 王好芳,董增川. 区域水资源可持续开发评价的层次分析法[J]. 水力发电,2002(7):12-15.  
[4] 卢玉邦,郭龙珠,郎景波. 综合评价方法在节水灌溉方式选择中的应用[J]. 农业工程学报,2006,22(2):33-36.

杨宗升,陈龙乾,艾庆光,等. 基于 MapGIS 的土地利用总体规划数据库建设方法[J]. 江苏农业科学,2013,41(5):383-385.

# 基于 MapGIS 的土地利用总体规划数据库建设方法

杨宗升<sup>1,2</sup>, 陈龙乾<sup>1,2</sup>, 艾庆光<sup>3</sup>, 杨乐虹<sup>1</sup>, 李 灵<sup>1</sup>, 张 宇<sup>1</sup>

(1. 中国矿业大学环境与测绘学院,江苏徐州 221116; 2. 江苏省资源环境信息工程重点实验室,江苏徐州 221116;  
3. 山东省济宁市国土资源局任城区分局,山东济宁 272100)

**摘要:**土地利用总体规划数据库(以下简称规划数据库)是新一轮土地利用总体规划的主要成果之一。以山东省县乡级规划数据库建设的实际工作为基础,对规划数据库建设的关键技术进行研究。分析了扩展要素图层的处理方法,设计出符合实际工作要求的规划数据库建设流程,总结了矢量数据处理的科学方法,探讨了图层属性维护的关键技术。

**关键词:**土地利用总体规划;数据库;MapGIS;关键技术

**中图分类号:** F301.2      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1002-1302(2013)05-0383-03

国土资源部于 2009 年 2 月发布的《土地利用总体规划编制审查办法》明确规定,将规划数据库作为土地利用总体规划审查报批应提交的材料之一,这是区别于上一轮规划的亮点<sup>[1]</sup>。《国土资源部关于加快推进土地利用规划数据库建设的通知》(国土资发〔2011〕3 号)指出,目前亟待建设规划数据库,完善国土资源“一张图”,且从 2011 年起国土资源部将一律在国土资源“一张图”规划管理平台上开展各项土地管理业务。加快推进规划数据库建设也是各级土地管理部门工作的重中之重<sup>[2-3]</sup>。国内规划数据库建设起步较晚,目前大多建库软件是近年被开发使用,多种建库软件并行给数据共享与格式转换带来不便,在建库技术流程设计、数据组织与管理、数据更新等方面也存在一些问题<sup>[4-7]</sup>。因此,必须对规划数据库建设的技术问题进行深入研究。本研究基于 MapGIS 6.7 和 MapGIS 土地利用规划修编系统,以山东省县乡级土地利用总体规划数据库建设的实际工作为基础,对规划数据库建设的关键技术进行研究和探讨,旨在为规划数据库的建设工作提供技术支持。

## 1 扩展要素图层处理

在实际建库工作中,为获取基期现状要素、目标年规划要素等,须增加除土地利用总体规划数据库标准规定的要素图层之外的扩展要素图层(表 1)。此外,还有各要素图层的注记图层。土地利用现状要素图层是整个规划数据库建设的基础,规划临时层和总体规划要素图层是提取规划目标年要素的基础,这些扩展层虽不是规划数据库成果的一部分,但是土地利用现状要素图层和规划临时层是建库的基础,总体规划

表 1 扩展要素图层

图层分类	图层名称	几何特征	属性表名
土地利用现状	现状地类图斑	面	XZTB
	现状线状地物	线	XZXW
	现状零星地物	点	XZLW
	基本农田图斑	面	JBNTTB
规划临时层	规划用途图斑	面	YTTB
	规划用途线物	线	YTXW
	规划用途零物	点	YTLW
总体规划	总体规划图斑	面	ZGTB
	总体规划线物	线	ZGXW
	总体规划零物	点	ZGLW

要素图层有承上启下的重要作用,具体处理方法如下所述。

(1)土地利用现状要素图层来自 2009 年第 2 次土地调查标准时点 MapGIS 数据(修正库,确保通过国土资源部质检软件 V2.1 检查),通过基期转换以得到基期现状要素图层包括基期地类图斑、基期线状地物、基期零星地物。

(2)基本农田图斑使用 2010 年变更调查基本农田保护图斑,注意属性维护尤其是多划基本农田的图斑属性。

(3)规划临时层存储规划布局要素,即规划期相对于基期的变化部分。各级土地利用规划中都存在多种不确定性和非理性因素,应注意规划布局的动态变化,各类用地布局不得重叠<sup>[8]</sup>。应确保该层没有拓扑错误并进行属性维护,重点是规划地类编码、规划地类名称、重点建设项目名称、土地整治类型代码等。

规划临时层的制作应综合考虑交通、水利等的用地布局,因其多为条状布局,涉及地块较多,对整体布局影响较大,尤以交通为要。交通系统与土地利用强度有密切联系,不同的土地利用布局会导致不同的交通需求<sup>[9-10]</sup>。所以,制作规划临时层时须考虑周全。

(4)总体规划是由基期现状要素叠加规划临时层自动生成的。该拓展层统一记录目标年规划的各类属性信息,大部分属性在叠加时自动继承基期现状要素与规划临时层,但仍须继续进行属性维护<sup>[11]</sup>。该层是提取目标年规划各要素图层的基础,一是要保证属性信息完整、无误,二是要处理好矢

收稿日期:2012-10-26

基金项目:江苏省高校优势学科建设工程项目(编号:SZBF2011-6-B35)。

作者简介:杨宗升(1988—),男,河南虞城人,硕士研究生,研究方向为土地利用规划数据库建设与地理信息。E-mail:ys073108@163.com。

通信作者:陈龙乾,教授,从事土地规划与地理信息研究。E-mail:chenlq@cumt.edu.cn。