

基于 Web 的煤矿废弃地土地复垦决策支持系统设计与实现

陈英义^{1,2}, 李道亮^{1,2*}

(1. 中国农业大学信息与电气工程学院, 北京 100083; 2. 现代精细农业系统集成研究教育部重点实验室, 北京 100083)

摘要: 为了克服现有煤矿废弃地土地复垦与植被恢复试验法费时费力的缺陷, 根据土壤基质和气候相似性原理, 采用模糊综合评价-灰色关联优势分析、基于距离的相似算法、基于规则的推理等多种数学方法, 分别从植被恢复潜力评价、适生植物品种选择、土地复垦方案选择 3 个方面建立了相关数学模型, 解决了煤矿废弃地恢复潜力的分级、先锋植物选种和土地复垦方案的确定等问题, 从而为煤矿废弃地的植被恢复提供了一系列的决策支持。并使用 ASP.NET 等编程语言结合 MS Access 数据库设计并开发了基于 web 的煤矿废弃地植被恢复的决策支持系统, 该系统能为煤矿废弃地植被恢复工作提供新的研究模式和手段, 并已经在辽宁省阜新矿区得到应用, 结果表明系统所采用的方法科学、合理、可行。

关键词: 煤矿废弃地; Web; 土地复垦; 决策支持系统

中图分类号: TD88

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2008)-4-0107-06

陈英义, 李道亮. 基于 Web 的煤矿废弃地土地复垦决策支持系统设计与实现[J]. 农业工程学报, 2008, 24(4): 107-112.
Chen Yingyi, Li Dao liang. Design and implementation of web-based decision support system for land reclamation in abandoned coal mine land [J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(4): 107-112. (in Chinese with English abstract)

0 引言

在对煤矿废弃地进行土地复垦与植被恢复之前, 首先要对该地点植被恢复的潜力进行评价, 才能决定该地点是否适合开展植被恢复以及确定植被恢复的难易程度, 进而确定不同地点植被恢复的优先顺序^[1,2]。

植被恢复的一项重要工作就是选种, 目前国内外对煤矿废弃地植被恢复的品种确定都是通过试验法进行的, 即在煤矿废弃地的几个试验区或实验室试种, 通过试验结果的对比, 确定植被恢复的物种和种植方法, 这通常需要几年甚至十几年的时间。不仅试验周期长, 而且人力、物力消耗大, 并且试验成果往往不易推广到其他地区。

在对煤矿废弃地进行植被恢复之前, 还要对废弃地进行土地复垦, 包括工程复垦、土壤改良等措施, 使植物在其上生长存在可能。在植被恢复实际工作中, 积累了大量的土地复垦的经验。但这些经验往往是分散的、局部的, 因此需要将这些经验系统的归纳整理, 并结合计算机技术运用到以后的植被恢复工作中。

本研究就是在对植被恢复影响因素的分析以及前人

经验总结的基础上, 根据土壤基质和气候相似性原理, 建立煤矿废弃地植被恢复的决策支持系统, 解决煤矿废弃地恢复潜力的分级、先锋植物的选择和土地复垦方案的确定等问题, 从而为煤矿废弃地的植被恢复提供一系列的决策支持。

1 系统分析

1.1 系统用户

使用本系统的用户主要有 3 类: 煤矿开采单位、煤矿植被恢复的科研人员、当地政府的环保部门。由于不同的用户对计算机的了解程度差别较大, 需求也各不相同, 因此本系统在提供服务时针对不同的用户提供了不同的服务和权限, 同时在系统的开发上应本着操作简单、方便的原则。

1.2 功能需求

1) 可以为用户解决煤矿废弃地土地复垦与植被恢复中的实际问题提供决策支持, 例如评价煤矿废弃地的环境条件, 确定植被恢复的难易程度、土地复垦的方案以及植被恢复的物种等; 2) 系统管理员或拥有数据库管理权限的用户可以向本系统的数据库中添加、修改、删除数据, 例如植被恢复成功案例的废弃地信息、植被信息等; 3) 可以随时随地在不同操作系统以及浏览器下使用本系统。

2 系统设计

2.1 体系结构设计

本系统的体系结构采取了 B/S 模式。B/S 模式采用三层结构, 将系统分布于相互独立的客户机、数据库服务

收稿日期: 2007-01-07 修订日期: 2007-12-30

基金项目: 国际科技合作项目(2003DFB00032); 国际合作重点项目(2006DFA11310); 北京市科委博士论文资助专项(ZZ0758)。

作者简介: 陈英义(1980-), 男, 山东巨野人, 博士生, 研究方向为信息技术在植被恢复中的应用。北京 中国农业大学信息与电气工程学院, 100083。Email: chyingyi@126.com

*通讯作者: 李道亮(1971-), 男, 教授, 山东东营人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事信息技术在农业中的应用。北京 中国农业大学信息与电气工程学院, 100083。Email: li_daoliang@yahoo.com

器和 Web 服务器中，具有数据安全性高，可跨平台操作，易开发、维护和升级的优点，用户通过浏览器即可使用本系统。本系统的体系结构如图 1 所示。

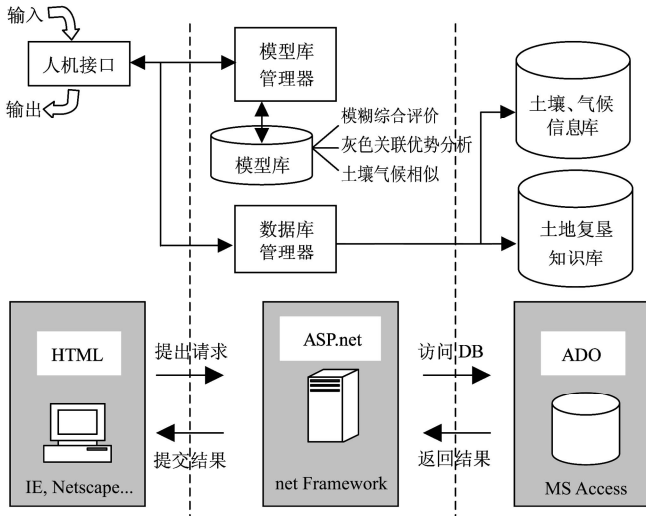


图 1 煤矿废弃地土地复垦决策支持系统体系结构
Fig.1 Structure of the decision support system for land reclamation in abandoned coal mine land

2.2 系统结构设计

根据以上的功能分析，煤矿废弃地植被恢复决策支持系统包括以下 4 个子系统：煤矿废弃地植被恢复潜力评价子系统，煤矿废弃地植被恢复物种选择子系统、煤矿废弃地土地复垦方案选择子系统以及系统维护子系统。

1) 煤矿废弃地植被恢复潜力评价子系统：基于土壤、地形、气候和废弃地现状 4 方面的因素，采用模糊综合评判-灰色关联优势分析复合模型^[3]，确定煤矿废弃地植被恢复潜力等级，以确定植被恢复的难易、不同地点植被恢复的优先顺序。采用的因素如图 2a 所示，流程如图 2b 所示。

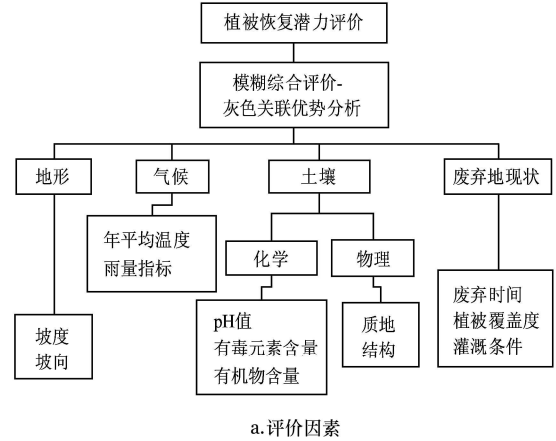
2) 煤矿废弃地植被恢复物种选择子系统：基于土壤、气候因素，采用改进的基于距离的相似模型^[4]，确定待恢复煤矿废弃地与案例库中已恢复的煤矿废弃地的相似程度，或者案例库中已用于煤矿废弃地植被恢复的植物品种在待恢复煤矿废弃地的适生程度，为确定植被恢复使用的植物品种集合提供决策支持（结构如图 3）。

此子系统有两种模式，其中地点模式用于根据地点间的土壤和气候各因素的相似度，确定植物品种；植物模式用于根据植物对气候的要求与地点气候的相似度，决定适合该地点的植物品种。

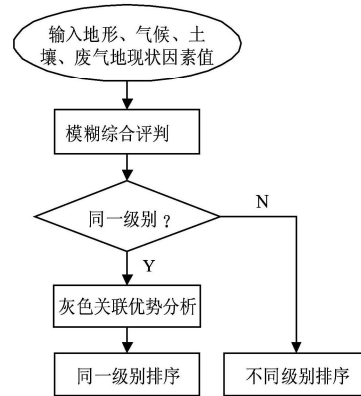
3) 煤矿废弃地土地复垦方案选择子系统：由于煤矿废弃地土地复垦领域的问题具有非结构化特点及其知识具有经验性、因果性的特点，因此宜采用基于规则的专家系统来解决此领域的问题。本模型基于煤矿的开采类型以及土地形态等废弃地现状，采用基于规则的推理模

型，确定土地复垦的方案，为植被恢复之前的土地平整提供决策支持。推理流程如图 4 所示。

4) 系统维护子系统：用于向系统中的数据库进行添加、修改、删除记录等操作，以 0 更新上述 3 个子系统的知识。本系统使用流程如图 5 所示。



a. 评价因素



b. 评价流程

图 2 煤矿废弃地植被恢复潜力评价子系统
Fig.2 Potential evaluation subsystem for revegetation in abandoned coal mine land

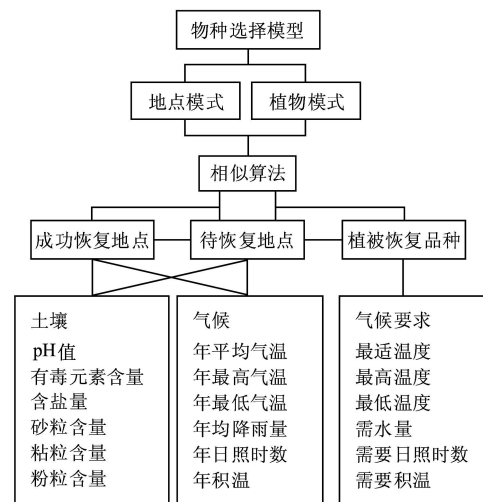


图 3 煤矿废弃地植被恢复物种选择子系统
Fig.3 Species selection subsystem for revegetation in abandoned coal mine land

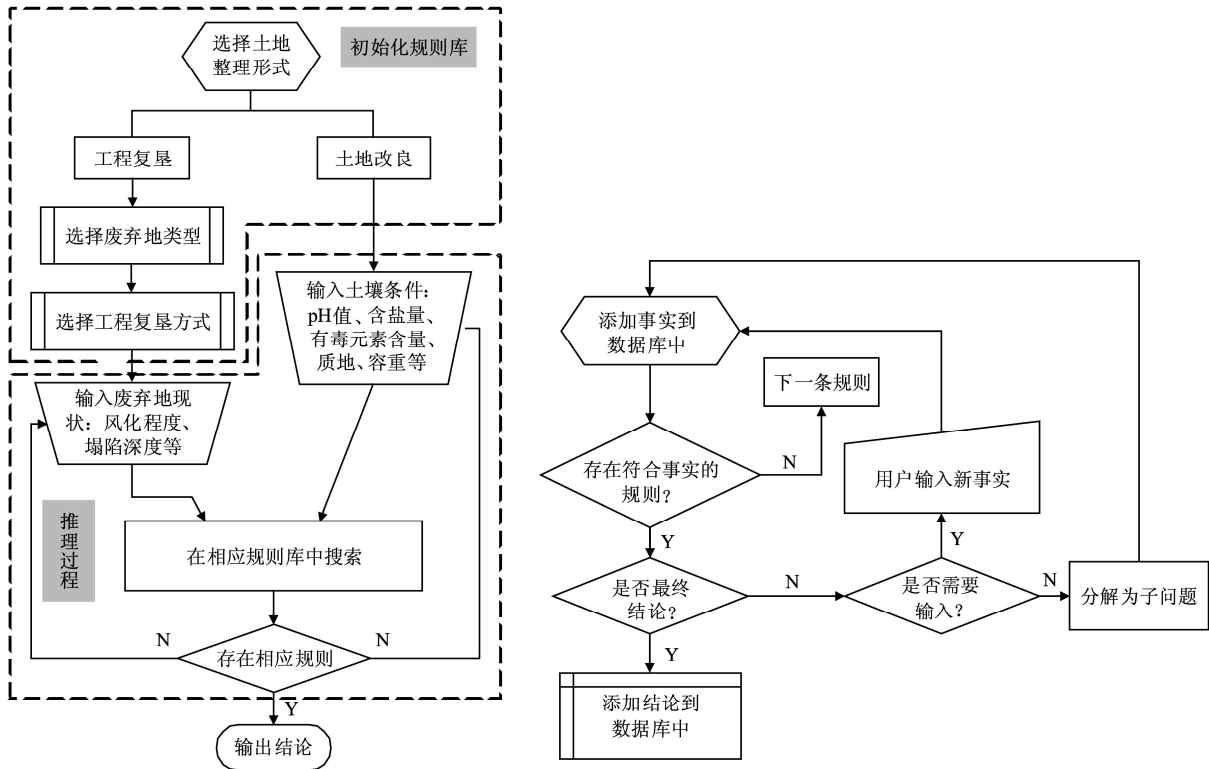


图 4 煤矿废弃地土地复垦方案选择子系统

Fig.4 Schemes selection subsystem for land reclamation in the abandoned coal mine land

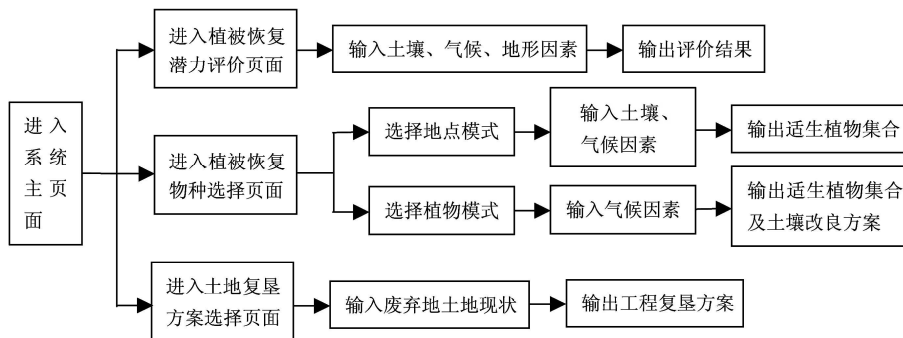


图 5 煤矿废弃地土地复垦决策支持系统体系使用流程

Fig.5 Flowchart of the decision support system for land reclamation in abandoned coal mine land

2.3 数据库设计

通过实地考察、文献分析^[5-16]等手段归纳整理了煤矿废弃地植被恢复的成功经验，建立了本系统的数据库。本系统数据库包括废弃地信息表、植被信息表、废弃地-植被信息表及其他临时表。废弃地信息表（见表 1），用于存储已成功进行植被恢复的煤矿废弃地的名称及土壤、气候条件等信息。植被信息表（见表 2），用于存储已成功用于煤矿废弃地植被恢复的植被名称、对气候的要求等信息。废弃地-植被信息表（见表 3），用于连接废弃地信息表和植被信息表。

表 1 废弃地信息表

Table 1 Information for abandoned land

字段	说明	字段	说明
id	(主键) 废弃地编号	accutp1	年积温 (区间下限) /℃
sitename	废弃地名称	accutp2	年积温 (区间上限) /℃
meantp	年平均气温/℃	ph	土壤 pH 值
hightp	年最高气温/℃	salt	土壤盐分含量/%
lowtp	年最低气温/℃	toxic	土壤有毒元素含量/%
meanrf	年平均降雨量/mm	sand	土壤砂粒含量/%
sltime	年日照时数/h	powder	土壤粉粒含量/%
		clay	土壤黏粒含量/%

表 2 植被信息表

Table 2 Information for vegetation and plant species

字段	说明	字段	说明
id	(主键) 植物品种编号	sltime1	植物需要年日照时数 (区间下限) /h
plantname	植物名称	sltime2	植物需要年日照时数 (区间上限) /h
sort	植物所属科类	ph1	植物生长 pH 值范围下限
mintp	植物生长所能忍受最低温度/℃	ph2	植物生长 pH 值范围上限
maxtp	植物生长所能忍受最高温度/℃	toxic	植物可耐有毒元素最高含量
opttp	植物生长最适温度 /℃	salinity	植物能耐盐分最高含量
		pnote	注意事项

表 3 废弃地-植被信息表

Table 3 Information for land-vegetation in abandoned land

字段	说明	字段	说明
id	废弃地-植被信息编号	plantid	植被在植被信息表中编号
siteid	废弃地在废弃地信息表中编号	plantname	植被名称
sitename	废弃地名称	growth	植被长势

2.4 人机接口设计

人机接口为用户提供一个友好的与系统交互的环境，为用户提供系统的运行结果，并可以校正常见的输入错误^[17]。

入错误^[17]。

根据不同模型的特点，本系统的人机接口也有不同的形式。对于煤矿废弃地植被恢复潜力评价子系统和先锋植物品种选择子系统，用户需要输入大量的数据，因此这两个模型适合采取表格填充的交互形式，用户需要按照表格上的项目填入相应的数据。对于煤矿废弃地土地复垦方案选择子系统，用户需要根据系统提示不断输入废弃地的土地状态，因此采取 Q/A (Question and Answer) 方式，由系统提出问题并给出几个备选答案，由用户根据实际情况选择符合的答案。

3 系统实现

本系统的所有模型以及与数据库的接口均由 ASP.NET 支持的 VB.NET 语言实现，VB.NET 语言提供面向对象功能，如继承性、重载等，并且完全基于模块与组件，具有优秀的可扩展性与可定制性，可以有效地缩短 Web 应用程序的开发周期，页面与程序代码分离的特性大大降低了系统维护、升级的难度。同时 VB.NET 是一种编译语言，在 .NET 框架中可以编译为公共语言运行时(Common Language Runtime)，使程序能在不同浏览器中、不同操作平台下运行^[18]。本系统在 Windows XP + IIS 5.0 + .NET Framework + MS Access 环境下运行通过，运行界面如图 6 所示。

煤矿废弃地植被恢复潜力评价 Revegetaion Potential Classification																																																														
地形 (Landform)																																																														
坡度(slope gradient)	<input type="text" value="5"/>	度	实测值(measured value)																																																											
坡向(orientation)	<input type="text" value="5"/>		打分(0-10,坡向越差得分越低)(score)																																																											
气候 (Climate)																																																														
年平均气温(annual mean temperature)	<input type="text" value="15"/>	℃	实测值(measured value)																																																											
年平均降雨量(annual mean rainfall)	<input type="text" value="400"/>	mm	实测值(measured value)																																																											
土壤 (Soil Quality)																																																														
质地(texture)	<input type="text" value="4"/>		打分(0-10,质地越差得分越低)(score)																																																											
容重(unit weight)	<input type="text" value="1.1"/>	g/cm ³	实测值(measured value)																																																											
pH值(pH)	<input type="text" value="8"/>		实测值(measured value)																																																											
有毒元素含量(toxic element content)	<input type="text" value="1"/>		打分(0-10,含量越低得分越低)(score)																																																											
氮含量(nitrogen content)	<input type="text" value="0.6"/>																																																													
有机质含量(organic matter content)	<input type="text" value="2"/>																																																													
废弃地现状 (Abandoned Land Situation)																																																														
废弃时间(abandoned duration)	<input type="text" value="5"/>																																																													
现有植被覆盖程度(vegetation cover)	<input type="text" value="2"/>																																																													
灌溉条件(irrigation situation)	<input type="text" value="2"/>																																																													
			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="7" style="text-align: center;">煤矿废弃地植被恢复潜力评价 Revegetaion Potential Classification</th> </tr> <tr> <th>条件(Situation)</th> <th>好(Best)</th> <th>较好(Better)</th> <th>中(Good)</th> <th>较差(Bad)</th> <th>差(Worst)</th> <th>评价结果(Result)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>地形(Landform)</td> <td>0</td> <td>0.9</td> <td>0.1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>较好(Better)</td> </tr> <tr> <td>气候(Climate)</td> <td>0.5</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0.4167</td> <td>0.0833</td> <td>好(Best)</td> </tr> <tr> <td>土壤(Soil)</td> <td>0.0984</td> <td>0.128</td> <td>0.4656</td> <td>0.3079</td> <td>0</td> <td>一般(Good)</td> </tr> <tr> <td>废弃地现状()</td> <td>0</td> <td>0.0283</td> <td>0.0706</td> <td>0.4506</td> <td>0.4506</td> <td>在较差、差之间(BetweenBad、Worst)</td> </tr> <tr> <td colspan="7"> 总体评价(Evaluation)易(Easiest)较易(Easier)中(Easy)较难(Difficult)难(Most Difficult)评价结果(Result) </td> </tr> <tr> <td></td> <td>0.2448</td> <td>0.0972</td> <td>0.2046</td> <td>0.3579</td> <td>0.0955</td> <td>较难(Difficult)</td> </tr> </tbody> </table>				煤矿废弃地植被恢复潜力评价 Revegetaion Potential Classification							条件(Situation)	好(Best)	较好(Better)	中(Good)	较差(Bad)	差(Worst)	评价结果(Result)	地形(Landform)	0	0.9	0.1	0	0	较好(Better)	气候(Climate)	0.5	0	0	0.4167	0.0833	好(Best)	土壤(Soil)	0.0984	0.128	0.4656	0.3079	0	一般(Good)	废弃地现状()	0	0.0283	0.0706	0.4506	0.4506	在较差、差之间(BetweenBad、Worst)	总体评价(Evaluation)易(Easiest)较易(Easier)中(Easy)较难(Difficult)难(Most Difficult)评价结果(Result)								0.2448	0.0972	0.2046	0.3579	0.0955	较难(Difficult)
煤矿废弃地植被恢复潜力评价 Revegetaion Potential Classification																																																														
条件(Situation)	好(Best)	较好(Better)	中(Good)	较差(Bad)	差(Worst)	评价结果(Result)																																																								
地形(Landform)	0	0.9	0.1	0	0	较好(Better)																																																								
气候(Climate)	0.5	0	0	0.4167	0.0833	好(Best)																																																								
土壤(Soil)	0.0984	0.128	0.4656	0.3079	0	一般(Good)																																																								
废弃地现状()	0	0.0283	0.0706	0.4506	0.4506	在较差、差之间(BetweenBad、Worst)																																																								
总体评价(Evaluation)易(Easiest)较易(Easier)中(Easy)较难(Difficult)难(Most Difficult)评价结果(Result)																																																														
	0.2448	0.0972	0.2046	0.3579	0.0955	较难(Difficult)																																																								

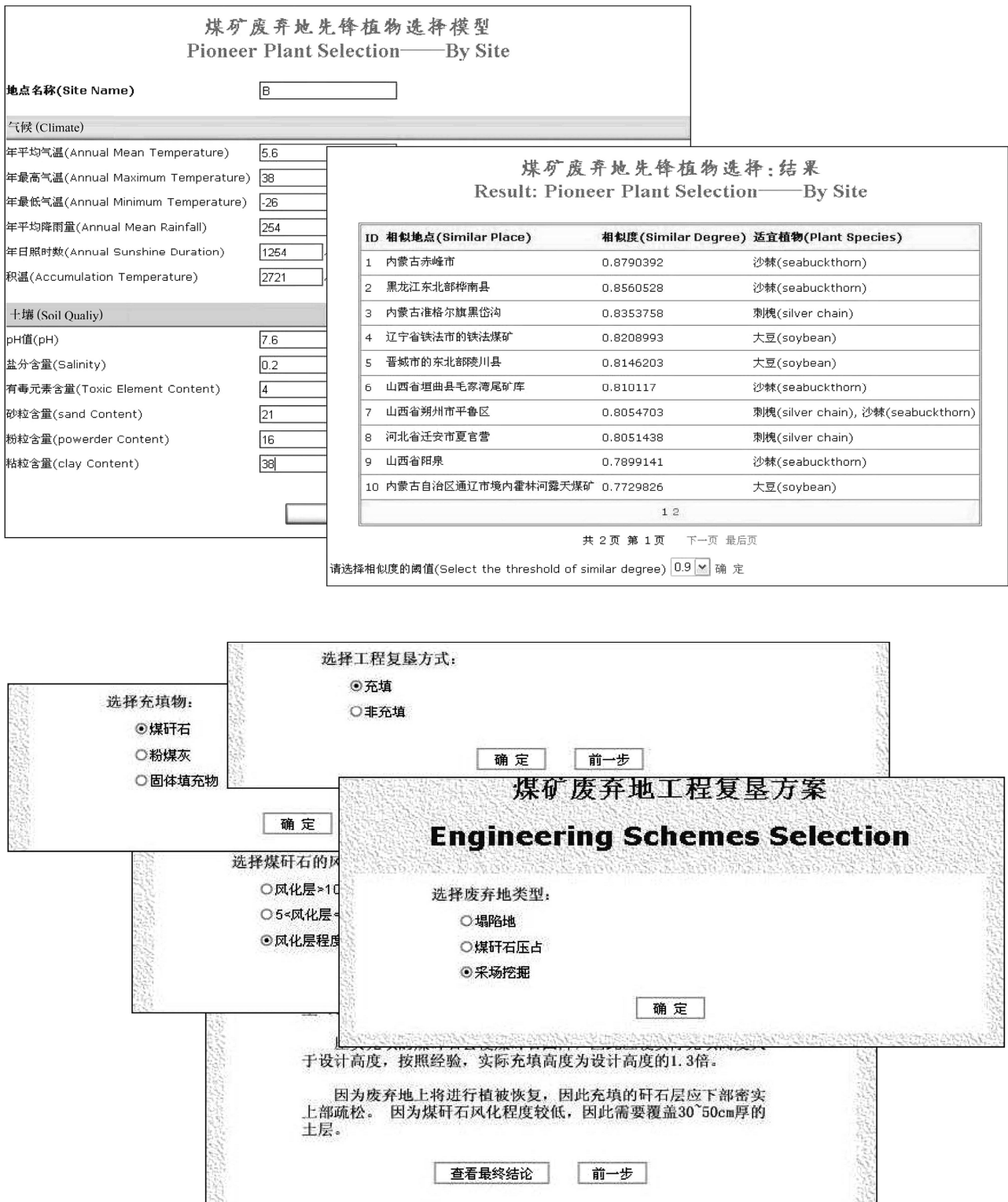


图 6 煤矿废弃地土地复垦决策支持系统界面

Fig.6 Interface of the decision support system for land reclamation in abandoned coal mine land

4 结论

1) 为了支持本系统的运行,建立了煤矿废弃地植被信息数据库,包括可用于煤矿废弃地植被恢复的植物名称、最适温度范围、需水量、年日照时数等气候要求以及对土壤中含盐量、pH 值范围等要求,已进行植被恢复

的煤矿废弃地的地点名称、年平均温度、年平均降雨量、年日照时数等气候信息以及 pH 值范围、土壤质地、含盐量等土壤信息。

2) 使用功能强大的 ASP.NET 技术开发本系统,大大减少了开发工作量以及日后的维护、升级成本,并且本系统可以在不同的操作系统、浏览器上运行。

3) 本课题采用的模糊综合评判-灰色关联优势分析复合模型、气候-土壤相似性模型以及基于规则的推理模型为煤矿废弃地的植被恢复提供了新的模式和角度,并且本系统已经在辽宁省阜新煤矿区试运行,结果与实际情况相符,确实可以为当地的植被恢复工作提供决策支持。

4) 本系统还存在一些不足之处,例如系统数据库的数据积累和整理工作基础还很薄弱,还需要从不同渠道收集废弃地的土壤、气候和植被信息。植被恢复的工作涉及到多个方面,本系统只是解决了其中的几个问题,还需要不断完善本系统的功能。

[参 考 文 献]

- [1] 何书金, 苏光全. 矿区废弃土地复垦潜力评价方法与应用实例[J]. 地理研究, 2000, (2): 54-60.
- [2] 王德利, 陈秋计. 矿区废弃土地复垦潜力的模糊层次综合评价模型[J]. 北京工业职业技术学院学报, 2002, (1): 33-36.
- [3] 王莹, 李道亮. 煤矿废弃地植被恢复潜力评价模型[J]. 中国农业大学学报, 2005, 10 (2): 88-92.
- [4] 李道亮, 王莹. 煤矿废弃地植物恢复品种选择模型研究[J]. 系统工程理论与实践, 2005, (8): 140-144.
- [5] Mentla M T. Diagnoses of the rehabilitation of opencast coal mines on the Highveld of 9 3 South Africa[J]. South African Journal of Science, 1995, (3): 210-215.
- [6] Shu Wensheng, Xia Hanping, Zhang Zhiquan, et al. Use of Vetiver and Three Other Grasses for Revegetation of Pb/Zn Mine Tailings: Field Experiment[J]. International Journal of Phytoremediation, 2002, 4 (1): 47-57.
- [7] Bleeker P M, Assuncao A G L, Teiga P M, et al. Revegetation of the acidic, As contaminated Jales mine spoil tips using a combination of spoil amendments and tolerant grasses[J]. The Science of the Total Environment, 2002, 300: 1-13.
- [8] Lan Chongyu, Shu Wensheng, Wong Minghong, et al. Revegetation of Pb/Zn Mine Tailings, Guangdong Province, China[J]. Bioresource Technology, 1998, 65: 117-124.
- [9] McEwan B. Greening Up After Mining[J]. Environment, 1982, 24 (3): 40-42.
- [10] Leteinturier B, Laroche J, Matera J, et al. Reclamation of lead/zinc processing wastes at Kabwe, Zambia: a phytochemical approach[J]. South African Journal of Science, 2001, (11/12): 624-627.
- [11] 李晋川, 王文英, 卢崇恩. 安太堡露天煤矿新垦土地植被恢复的探讨[J]. 河南科学, 2001, (11/12): 624-627.
- [12] 王改玲, 张振云, 李晋川, 等. 安太堡露天煤矿复垦土地野生植物侵入研究初报[J]. 山西农业大学学报, 2000, 20 (4): 386-388.
- [13] 马志本, 卢崇恩, 王文英. 露天煤矿废弃地复垦中栽植沙棘试验简报[J]. 沙棘, 1995, 8 (2): 34-38.
- [14] 王文英, 李晋川, 卢崇恩, 等. 沙棘对黄土高原地区露天煤矿土地复垦的作用[J]. 水土保持通报, 1999, 19 (5): 7-11.
- [15] 冯杰, 马彦卿. 酸性土壤矿区复垦中护坡植被品种筛选研究[J]. 冶金矿山设计与建设, 2001, 33 (1): 28-34.
- [16] 铁成. 研石山复垦造林树种选择的试验研究[J]. 林业科技通讯, 1998, (1): 24-26.
- [17] 王永庆. 人工智能原理与方法[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 2000.
- [18] 舒远仲, 王菲茹, 王宁生. 基于 ASP.NET 技术的学生信息服务系统的设计与实现[J]. 计算机应用与软件, 2004, (9): 51-52, 98.

Design and implementation of web-based decision support system for land reclamation in abandoned coal mine land

Chen Yingyi^{1,2}, Li Daoliang^{1,2*}

(1. College of Information and Electrical Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China;

2. Key Laboratory of Modern Precision Agriculture System Integration, Ministry of Education, Beijing 100083, China)

Abstract: To solve the problems of high cost in time and labor in traditional experimental methodologies, on the spot investigation and the similarity of soil and climate situations between different coal mine dumping areas, the fuzzy integrated evaluation, gray relating superiority analysis algorithm, distance-based similarity models and rule-based reasoning were used to make the decision on the potential evaluation, proper plant species and land reclamation schemes selection. A web-based decision support system for land reclamation in abandoned coal mine land was developed with ASP.NET and MS Access. The developed system can be treated as a new method for land reclamation for abandoned coal mine land. Finally, Fuxin colliery, Liaoning Province in northeast China was selected as the case study and site use area, the prototype system was proved to be scientific, reasonable and feasible form the pilot using.

Key words: abandoned coal mine land; web; land reclamation; decision support system