

文章编号: 1003-207(2002)03-0068-05

internet 网上旱地农业土壤灌溉 和需水管理决策支持系统

康世瀛¹, 康 珉², 文化³

(1. 重庆商学院计算机系, 重庆 400067; 2. 云南省农业科学院科研处, 云南 昆明 650205;
3. 云南省农业科学院土壤肥料研究所, 云南 昆明 650205)

摘 要: 本文通过对因特网旱地农业土壤灌溉和需水管理决策支持的设计和介绍, 较具体地阐明了 internet 技术在旱地农业土壤灌溉研究的应用, 讲述了系统所提供的各种功能, 深入浅出地阐明了该系统提供的决策分析模型。说明该系统是旱地水资源可持续利用的重要辅助决策工具。

关键字: 互联网; 模拟模型; 作物灌溉; 决策支持

中图分类号: C931.6 **文献标识码:** A

旱区农业水资源的可持续利用, 是实现旱区农业及农村的可持续发展和国家的粮食安全的基本保障。它必须通过制定科学的水资源开发、利用、保护和管理战略及相应的措施来实现。高效利用、经济利用水资源的核心是节约用水。它需要通过研究、开发和推行科学合理、经济实用、行之有效的灌溉方案、制度和节水技术, 以及健全有效的法规等一系列措施来实现。

我国旱地农业土壤灌溉的科学研究经历了几十年的发展, 已取得不少成绩。不少人在大量实际数据基础上建立了灌溉模型, 采用了计算机模拟技术, 提出了切实可行的灌溉方案和制度。所有这些研究都离不开有关土壤、水分、气象方面的大量实测数据。这些数据都是不同季节、不同地区长期积累而来的。然而这些数据的采集和积累具有分散性, 不能及时汇总、不能共享等缺点, 另一方面由于交通、时间、地点的条件限制, 使我们的研究工作进度慢、效率低, 进而使灌溉管理的决策工作难以进行。

在信息技术飞跃发展的今天, 为了加强需水管理, 建立节水型社会, 实现水资源的经济利用和高效利用, 人们呼唤崭新的研究工具和科学的辅助决策系统, 因此研制基于因特网的旱地农业需水管理和灌溉决策支持系统正是人们的需求。

1 系统目标:

本系统具有以下几个目标

(1) 通过 internet 实现跨时间跨空间的数据采集、数据整理和存取。能够对不同地点的研究人员提供网上科研交流。

(2) 对旱地地区各地点各作物的土壤水分气象信息进行全面的管理。

(3) 提供对各地点的各作物的土壤灌溉数据进行辅助决策分析的工具, 提供蓄水、保墒、灌溉等方案的辅助决策。

(4) 进行地区科学的需水管理和决策, 实现水资源的经济利用和高效利用。为制定合理的区域阶段性水供求计划提供依据。

2 系统功能分析

根据按照上述目标的分析, 整个系统分为地区作物土壤灌溉数据采集、土壤灌溉资料管理及检索、分析决策工具及支持、地区需求灌溉管理及决策、论坛及信息发布等 5 个子系统, 系统模块如图 1 所示:

2.1 地区作物土壤灌溉数据采集管理子系统

本系统实现对不同地点不同作物的土壤、水分、气象等资料的采集管理, 在其相应的数据库中可存储各地的土壤分布、不同季节的作物分布以及各日期各种作物的土、水、气象的数据。各地点的科研人员在任何地点任何时间均可上网将有关数据录入, 并可对有关数据进行审核及校正。系统提供了二次录入和批量审核的功能, 大大减少了录入误差和系统误差。

收稿日期: 2001-08-22

作者简介: 康世瀛(1948-), 男(汉族), 天津人, 重庆商学院计算机系计算应用研究室主任, 副教授, 研究方向: 信息技术与管理决策。

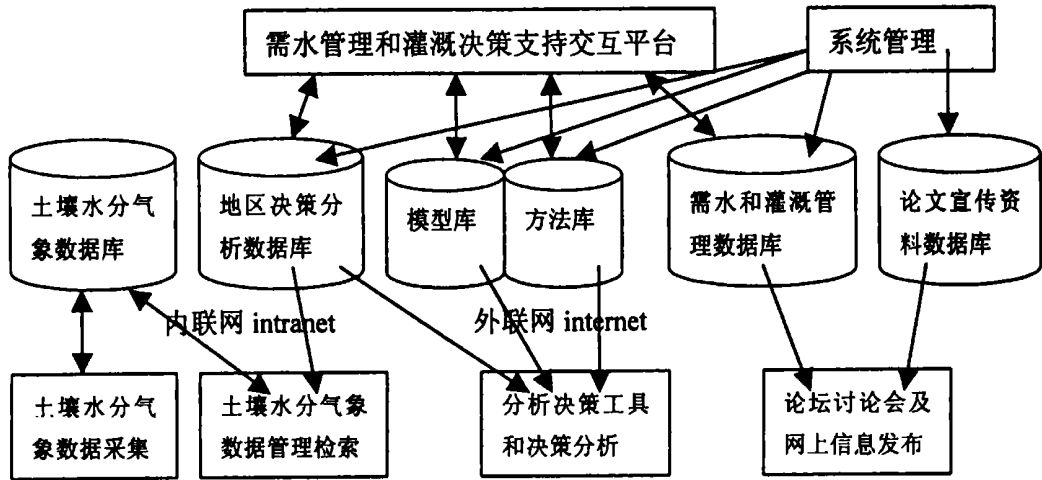


图1 系统功能图

2.2 地区作物土壤、水分、气象资料管理及检索子系统

本系统实现了对土壤、水分、气象数据进行分类、排序、统计整理及加工,并按各种不同权限提供不同范围内容的查询。根据用户需求创建用户资料需求单,记录资料发放情况,打印资料。可对所有用户和发放资料进行分类查询统计。

资料管理和检索系统可提供给用户准确、急需的资料,使科研人员能及时方便地进行科研,提高工作效率。

2.3 分析决策工具及辅助决策子系统

本系统为科研人员提供各种分析决策工具及支持,模型库和方法库中存储有关土壤学、气象学、数据统计的各种模型及方法,包括各种统计软件包、多元系统分析模型及程序运筹学模型及程序。前馈神经网络算法,灰色系统方法及模型等。同时可将用户用以上工具进行分析计算的信息过程的数据及阶段性成果存储在地区决策分析及成果数据库中,以供查询索取。

2.4 地区需求灌溉管理及决策分析子系统

本系统综合本地区的土壤水分气象数据,为本地区土壤灌溉管理提供如下辅助决策分析:

(1) 对地区内的各作物灌溉进行土壤水分状态分析及计算机模拟,并进行土壤中各相关要素的规律分析,为作物栽培、土壤改良、品种培育、粮食增产等各种研究提供规律分析。

(2) 可对地区各地点的不同作物进行灌溉,降水模拟,进而分析出科学灌溉方案(包括需求量、需水时机分析)。

(3) 对地区进行需水、灌溉的管理,实现对水资

源的经济利用和高效利用。

(4) 根据各地点的土壤水分状况,各作物灌溉方案和需水灌溉信息,制定合理的区域阶段性水供求计划。

2.5 论坛、讨论会及网上信息发布子系统

本系统提供给各用户在网自由参加讨论会,提出各种建议问题需求,由其他用户或系统管理人员设法给予回答,实现跨时空的信息快速交流。

本系统将近期本地区的研究情况和新闻以及宣传资料技术资料发布在 internet 上,用户通过浏览器即可查询或下载相关信息。讨论和下载各研究人员的研究论文和有关见解,以达交流的目的。

3 系统网络构架、应用结构框架及系统安全构架

(1) 系统建立一个自己的 internet 网站,在网站上主要从事论坛、讨论会及 internet 信息发布;同时,用户在注册、登录后也可进入“数据采集管理”子系统进行数据录入,也可进入“数据管理检索”,“分析决策工具及支持”子系统,进行分析计算。

(2) 系统在地区各地点设立的研究机构与系统可联成一个 intranet 网,当地的研究人员也可通过 intranet 访问 web 服务点,访问以上多数子系统。

(3) 应用操作人员和系统管理员在系统网站后台所连的局网上进行操作,通过各自角色不同而获取应用系统的不同访问权限。

(4) 系统的应用结构框架采用数据库服务器+应用服务器模式,采用的硬件和操作系统选用 PC server+ windowsNT 平台,在 windowsNT 的 IIS 平台下采用 ASP 和 DELPHI5.0 开发应用程序,以 SQLserver2000 为后台数据库服务器。

(5) 防火墙的建立

由于采用了 internet 作为网络通讯手段, 在开放网上进行数据存取, 安全性是首要问题, 使用防火

墙可以在不妨碍内部网访问外界资源的情况下防止外界对中心内部网的入侵, 从而可以在开放网上安全地传输私有信息。

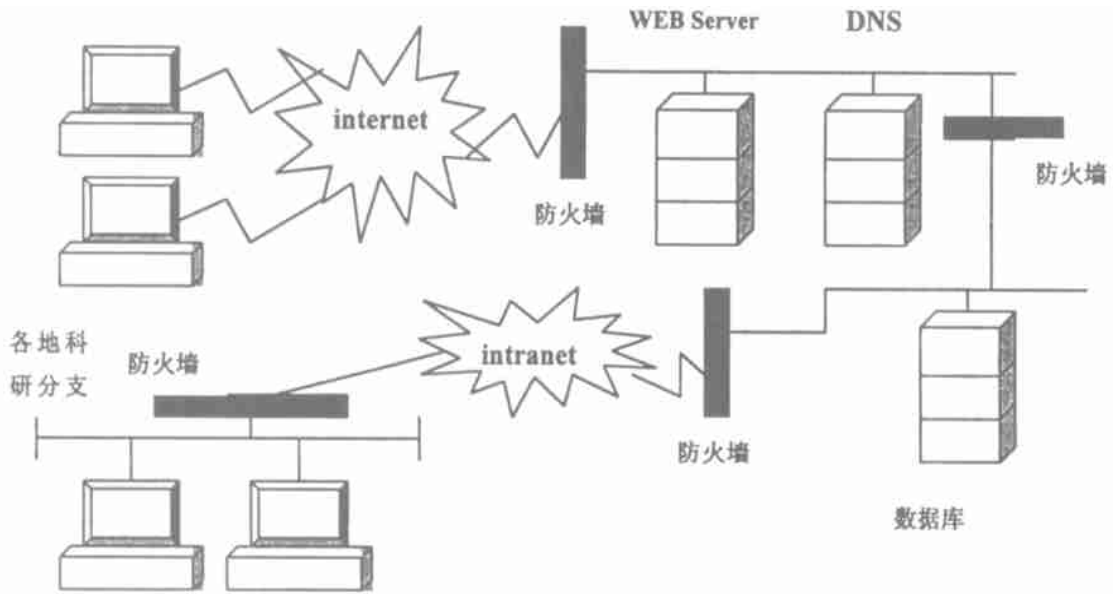


图2 系统结构图

(6) 应用安全

应用程序的安全性可以通过操作系统提供的功能来保证。Windows NT 提供了存取控制权限及用户权限的功能。不同的用户只能在操作系统的权限下进行相应的操作。

本系统主要应用平台是 SQL server2000 数据库服务器, 它提供了自己的存取权限, 不同的用户(通过注册时的 User ID 和 password 确认)对数据库的访问权限不同, 可以访问不同的内容。

4 辅助决策有关模型和方法举例

要摸清作物土壤灌溉规律, 目前比较有效的方法就是利用充分足够的土壤、水分、气象资料并根据土壤科学理论进行计算机模拟, 本系统提供了各种决策软件包及计算机模拟方法, 兹介绍几种如下:

4.1 降水的随机模拟模型

①产生随机数, 应用转移概率判断该日是否降水①②

$$P(W/D) = 10.75f \quad (1)$$

$$P(W/W) = 0.25 + P(W/D) \quad (2)$$

式中 $P(W/D)$ 为不降水日到降水日的转移概率
 $P(W/W)$ 为降水日到降水日的转移概率
 f 为多年平均各月降水频度, 用小数表示

将(1)(2)两个转移概率与计算机产生的[0, 1]的随机数比较, 判断该日是否降水

②求出降水量的公式①②

$$f(x) = x^{\alpha-1} \exp(-x/\beta) / \beta^{\alpha} / \Gamma(\alpha) \quad (3)$$

$$\beta = 1.83q - 2.16 \quad (4)$$

$$\alpha = \alpha/\beta \quad (5)$$

$$q = p/d \quad (6)$$

式中 q ——多年平均各月降水的日降水量 (mm)

p ——多年平均各月降水量 (mm)

d ——多年平均各月降水天数 (天)

$f(x)$ ——降水日的降水随机概率

x ——降水日的降水量 $\Gamma(\alpha)$ ——伽码函数

用(1)——(6)式编写程序, 可模拟产生逐日降水量

4.2 作物灌溉的模拟模型①②

$$SW_i = SW_{i-1} + W_i + P_0 + k - ET_i \quad (7)$$

式中 SW_i, SW_{i-1} ——分别为第 i 天和第 $i-1$ 天的土壤储水量 (mm)

W_i ——第 i 天由于计划湿润层增加而增加的水量 (mm)

k ——地下水补给强度 (mm)

P_0 ——第 i 天的有效降水量 (mm)

ET_i ——第 i 天的作物需水量 (mm)

其中 ET_i 按如下公式随机化处理: $ET_i = F_i \cdot ET / 0.5(\text{mm})$ (8)

F_i ——该天计算机产生的一个 $[0, 1]$ 之间的一个随机数

ET ——历年平均每月每日的作物需水量

由(8)(7)产生 SW_i 后, 按以下公式灌溉量和排水量计算

$$\text{灌溉量} = SW_{\max} - SW_{\min} \quad (9)$$

$$\text{排水量} = SW_i - SW_{\max} \quad (10)$$

式中 SW_{\max} ——分别按田间持水量计算 (mm)

SW_{\min} ——分别按田间持水量的 65% 计算 (mm)

4.3 作物每亩最佳总灌溉量模拟模型 ⑤

(1) 收入模型 $SR = C_y Y - C_s P$

$$= C_y(c + bW - aW^2) - C_s(W - X) \quad (11)$$

式中 SR 为每亩经济收入

$Y = c + bW - aW^2$ 为在一定显著水平下的产量和耗水量的函数关系

Y 为每亩产量, W 为每亩耗水量。

$P = W - X$ P 为每亩灌溉量, X 为每亩天然存水量

C_y ——每亩产量单价

C_s ——单位体积灌溉费用

(2) 求收入损失最小的最佳存水保证量模拟模型

$$R(A, X) = (bC_y - 2aW_t C_y)(A - X) + aC_y(A - X)^2 \quad X \leq A \text{ 时} \quad (12)$$

$$(C_s - bC_y + 2aW_t C_y)(X - A) + aC_y(X - A)^2 \quad X > A \text{ 时} \quad (13)$$

式中 $R(A, X)$ 为收入损失

W_t 为最佳耗水量由(11)式模拟求出

A 为每亩存水保证量

X 为每亩天然存水量

(3) 二次模拟, 求出每亩最佳总灌溉量

(i) 根据作物土壤天然存水量的历年记录的规律, 随机产生天然存水量 X, 然后按照(11)式, 模拟在各种天然存水量情况下的经济收入, 求出使 SR 最高(概率高)的最佳耗水量 W_t 。

(ii) 根据随机产生的天然存水量 X 和(i)中求出的最佳耗水量 W_t , 按照(12)(13)模拟在各种存水保证量情况下的收入损失 $R(A, X)$, 求出使收入损失最小的最佳天然存水保证量 A_t 。

(iii) 求出每亩最佳总灌溉量 $P = W_t - A_t$ (14)

4.4 作物土壤水分变化规律的动态模拟模型 ③④

土壤动态含水量模型如下:

$$Q(t) = f(t) + y(t) + h(t) \quad (15)$$

其中 $Q(t)$ 为某时间点某一深度的土壤含水量

$f(t)$ 为土壤水分随时间而变化的趋势分量

$y(t)$ 为土壤水分的周期分量

$h(t)$ 为土壤水分的随机分量

(1) 趋势分量 $f(t)$ 的取得: 选用一些常用函数曲线对 $Q(t)$ 序列进行拟合, 在一定显著水平下由计算机选择 $f(t)$ 最佳拟合函数作为趋势分量。

(2) 周期分量 $y(t)$ 的取得: 在有趋势变化的情况下, 扣除趋势项后再对周期项进行傅里叶分析, 即: $y(t) = Q(t) - f(t)$ (16)

$$y(t) = A_0 + \sum_{k=1}^m (A_k \cos \frac{2k\pi t}{p} + B_k \sin \frac{2k\pi t}{p}) \quad (17)$$

p 为变化周期, k 为谐波号码, m 为有效谐波数 $1 < m < p/2$

A_0, A_k, B_k 为傅里叶系数

$$A_k = \frac{2}{N} \sum_{t=1}^N y(t) \cos \frac{2k\pi t}{p}$$

$$A_0 = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N y(t)$$

$$B_k = \frac{2}{N} \sum_{t=1}^N y(t) \sin \frac{2k\pi t}{p}$$

有关参数的确定及检验可参考资料^{[3][4]}

(3) 随机分量 H_t 的取得: 在对随机项 $h(t)$ 进行标准处理 $H(t) = \frac{h(t) - \bar{h}(t)}{\sigma}$

$\bar{h}(t)$ 和 σ 分别为土壤水分变化随机项 $h(t)$ 的均值和方差, 那么

$$H_t = \sum_{k=1}^p \omega_k H_{t-k} + e_t \quad (18)$$

称为 p 阶自回归模型 $AR(p)$, 其中, 阶数 p 根据 p 个偏自回归系数 $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_k$ 落在置信度 95% 和 $\pm 1.98/\sqrt{n}$ 置信区内外情况而确定。自回归系数 $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \dots, \omega_k$ 由它们与自相关系数 $r(k)$ 的 p 个线性方程求得 ③④

(4) 检验: 对残差序列 $e_t = H_t - \sum_{k=1}^p \omega_k H_{t-k}$ 进行自相关分析, 若具有随机性, 则模型适合。

其他有关模型和方法不必一一叙述。

5 结束语

本系统应用 internet 技术使旱地作物灌溉的科

学研究提高到一个新层次,克服了受时间、交通和地点限制的困难,提高了效率和质量。为旱地农业的需水管理和科学灌溉提供了辅助决策,为制定合理的区域阶段性水供求计划提供依据。本系统是旱地水资源可持续利用的重要辅助决策工具。

参考文献:

- [1] 蔡焕杰. 降水的随机模拟及其在灌溉中的应用[J]. 灌溉排水, 1991. 10.
- [2] 康绍忠. 土壤水分动态的随机模拟研究[J]. 土壤学报, 1990. 2.
- [3] 康世瀛. 旱地作物最佳经济灌溉量的技术经济分析[J]. 农业技术经济, 2001. 5.
- [4] 田富强, 等. 水稻灌溉制度的计算模拟[J]. 农业工程学报, 1999. 12.
- [5] 文化一, 康世瀛. 滇中红壤区主要作物的灌溉定量研究[J]. 西南农业学报, 1994. 2.
- [6] 马渭俊, 文化一. 滇中高原红壤旱地水分平衡定位研究[J]. 土壤学报, 1990. 8.
- [7] 李亚静, 何跃, 刘跃中. 电视广告决策支持系统[J]. 中国管理科学, 2001, (1): 70-73.
- [8] 陈玉民, 康绍忠. 中国主要作物需水量与灌溉[M]. 北京水利电力出版社, 1995.
- [9] 王勇. 预测计算方法[M]. 北京 科学出版社, 1986.
- [10] 杨千里, 等. 电子商务技术与应用[M]. 北京 电子工业出版社, 1999.
- [11] 倪鹏云. 计算机网络系统结构分析[M]. 北京 国防工业出版社, 1998.
- [12] 李赫雄, 等. SQL Server 2000 应用程序开发[M]. 北京人民邮电出版社, 2001.
- [13] Mike Jennett Front Page 2000 开发人员指南[M]. 北京机械工业出版社[美], 1999. 11.
- [14] 万兆泉, Delphi 编程指南[M]. 北京 电子工业出版社, 2001.

Upland Agricultural Soil Irrigation and Need Water Management Decision Making Support System on Internet

KANG Shi ying¹, KANG Min², WEN Hua yi³

(1. Chongqing Commercial Colloge, Chongqing 400006, China; 2. Science and Technology Administrative Office, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650205, China;

3. Soil & Fertilizer Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650205, China)

Abstract: By introduction of the design and analysis for internet of upland agricultural soil irrigation information and decision making support system, this article expounds the application of the internet technique to upland agricultural soil irrigation researches, states the system functions, concisely gives an account of decision making analysis model of the system in a simple and explicit way. which shows that The system is an important useful tool for decision making on upland water resources sustainable utilization.

Key words: Internet; simulation model; crops irrigation; decision making support