

# “脱硝—分解”作用模型的网上共享与应用

熊利亚 邹玮菁

(中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

**摘 要** 研究生态系统内各因子之间相互影响和相互作用, 剖析人类活动与生态环境之间的关系, 构造生态模型, 进行生态系统分析、模拟, 对生态系统进行预测和决策评估, 是实现可持续发展的重要保障和有效途径。“脱硝—分解”作用模型共享与应用, 不仅为网络数据库数据共享提出了一个新的途径, 也为多平台的网络信息系统提供了一个具有跨平台、高维护性和高扩展性软件共享的解决方案, 为复杂生态系统的机理研究提供了有效手段。

**关键词** “脱硝—分解”作用模型, 因特网, 生态模型

中图分类号 p208

## 1 引言

研究生态系统内部机制, 剖析人类活动与生态环境之间的关系, 研究生态系统内各因子之间相互影响和相互作用, 构造生态模型, 进行生态系统分析、模拟, 对生态系统进行预测和决策评估, 是改善生态系统的管理水平, 提高生态系统的生产力, 达到对生态资源合理规划和利用目标, 实现可持续发展的重要保障和有效途径。

Internet 的迅猛发展把人类带入了一个崭新的信息时代, 人们可以通过 Internet 网络到达世界任何一个角落, 主动地获取大量的信息。Java 语言是一种面向对象的、分布式的、安全的、可移植的、多线程的、动态的语言, 解决了 Internet 的异质、代码交换以及网络安全等问题。

“脱硝—分解”作用模型共享机制的研究, 不仅为网络数据库数据共享提出了一个新的途径, 也为多平台的网络信息系统提供了一个具有跨平台性、高维护性和高扩展性的软件共享的解决方案, 为复杂生态系统内的机理研究提供了有效手段。

## 2 研究方法

### 2.1 模型共享机制的设计

作者选择了“脱硝—分解”作用模型作为共享机

制的基础。该模型模拟了作物在生长过程中, 一些微量气体的产生和排放, 以及耕作活动对土壤属性的改变和影响, 使人们在可持续发展原则下, 能协调人类生活需求和生态环境持续发展之间的关系。它是模拟土壤 C、N 循环的生物地化模型, 包括 4 个相互作用的子模型, 即土壤气候、植物生长、分解作用、脱硝作用等 4 个子模型 (见图 1)。

土壤气候子模型基于土壤物理特性、日气候数据和植物用水情况来模拟土壤温度和湿度; 植物生长子模型以理想产量和生物量分配比例作为输入数据计算每天由植物摄取的水分和氮量, 根呼吸量, 植物生长以及新的生物量在植物果实、株茎、根系中的分配情况; 分解作用子模型模拟每天的分解作用、硝化作用、氨的挥发作用和由土壤微生物产生的  $\text{CO}_2$ ; 反硝化作用子模型以小时计算的步调进行, 它模拟反硝化作用和  $\text{NO}$ 、 $\text{NO}_2$ 、 $\text{N}_2$  的产出量。

### 2.2 系统功能模块

本系统分为人机交互输入、远程数据提取、模型运算、结果输出四大功能模块。分别实现输入、远程数据接口、模型运算和输出。

人机交互输入模块包括数值输入和错误提示子模块, 数值输入子模块提供一个图形化输入界面, 用户可以输入一些模型运行中必要的参数, 其中包括气象数据、土壤属性数据和耕作数据。当用户输入不符合要求时, 可提示用户输入正确的内容。远程

数据提取模块包括主/ 客机数据传输和数据库实时数据提取 2 个子模块, 主/ 客机数据传输子模块的功能是在服务器和客户机之间建立起一个网络通讯的通道, 把客户机用户输入界面获得的输入数据传输至服务器处理, 并把模型运算的最后结果返回给客户机。数据库数据提取子模块则是根据用户需求, 产

生查询条件, 并从数据库中实时提取用户所需气象数据, 加入模型中与其他输入数据一起进行运算。模型运算功能模块是该模型系统的主体部分, 它分为文件输入输出 (I/O) 子模块和模型数值运算符模块。结果输出模块包括数值输出、图形输出和文件输出 3 个部分 (见图 2)。

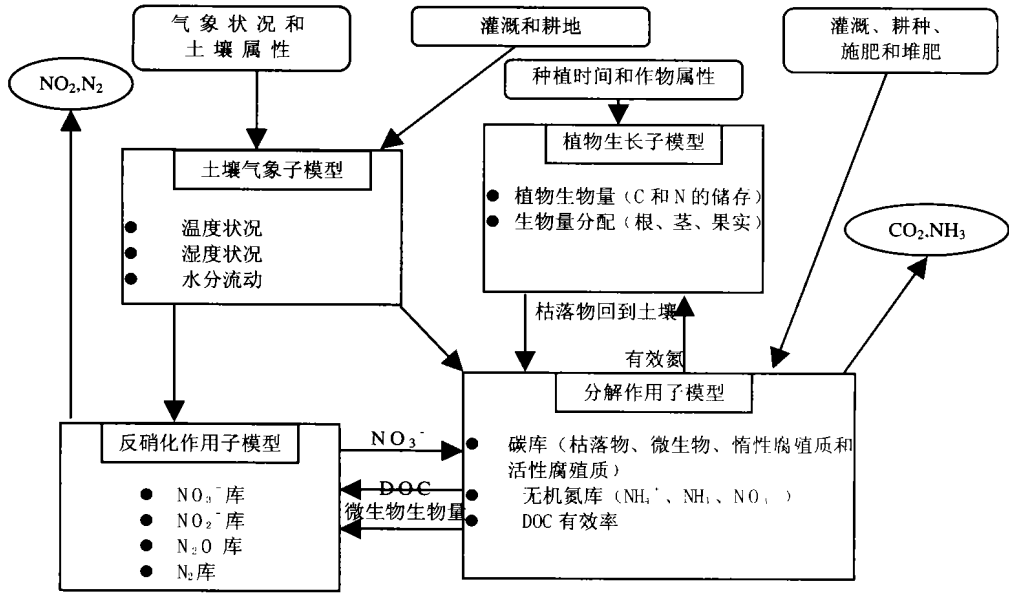


图 1 DNDC 模型结构  
Fig. 1 Structure of the DNDC model

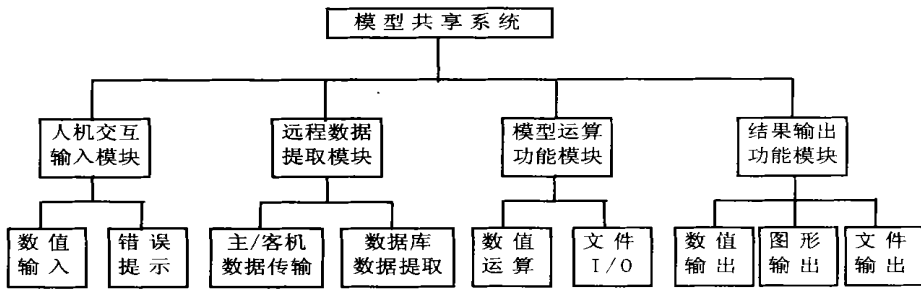


图 2 系统功能模块图  
Fig. 2 System function module

### 3 系统模型的实现与运行特点

#### 3.1 模型共享机制的实现

(1) DNDC 模型的用户输入数据项主要分为 4 类: 模拟信息数据、气象数据、土壤数据和耕作数据。用户输入信息是多种类、多层次的, 十分复杂, 并且有许多输入项之间互为因果, 互相牵制。为解决这类问题, 作者利用 Java 的事件处理机制, 在程

序中加入一些控制语句来实现各输入项之间的复杂关系。该图形界面中的每一个文本框、标签、按钮等对象都是通过实例化 Java 的 awt 包中相应的类来实现的, 在生成每个对象时, 都加上一个事件兼听机制, 以对该事件进行反应。另设计了一个卡片式面板和两个列表来实现这种多层次的输入, 如果数据不符合要求, Applet 则会调出错误信息对话框

来提示用户, 中断对主机发出连接请求, 直到用户更正所有错误为止。

(2) 系统的网络联接是通过 TCP 套接字来实现的。服务器程序启动后一直处于等待状态, 等待从不同的远端客户机上传来的请求。客户端程序为建立连接需要绑定一个服务器端口。在多个客户机程序通过不同的 Socket 向系统的服务器程序发出请

求时, 通过客户机的 IP 地址和本地接口来标识不同的连接, 从而达到多用户、多请求之间相互独立的目的。具体网络连接和数据传输如图 3 所示。在服务器程序中我们对于输入、输出指定了不同的端口。这样可以建立更为清晰的网络传输线路, 并有效防止输入、输出流的冲突。

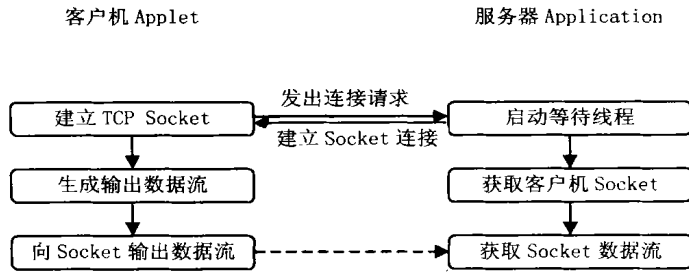


图 3 网络连接和数据传输

Fig. 3 Network connection and data transfer

(3) 系统的输入数据, 除用户实时输入的数据外, 还需从数据库提取数据, 系统使用 JDBC (Java DataBase Connectivity) 从 ORACLE 数据库中实时提取数据。把用户的查询要求传送到网络上的 Oracle 数据库中, 并返回查询结果。

(4) 系统是基于 Internet 网络运行的多用户系统, 在同一时刻可能有多个客户机程序对主机程序发出连接请求。为解决多客户请求之间的冲突协调并提高系统运行效率, 在主机 Application 中设计并实现了一套多线程控制机制。本系统主机程序中共有 4 个线程: ①客户机请求等待线程, 其自程序启动之后一直在后台运行, 直至整个系统进程终止, 它负责监听来自客户机的连接请求; ②用户输入数据接收线程, 该线程负责接收用户的输入数据流, 并把它们存入相应的数据对象中; ③数据进行模型数值运算线程, 该线程负责用户输入数据进行模型运算, 还包括硬盘文件输入、输出和数据库访问等功能; ④结果输出线程, 该线程负责把模型数值运算的结果送回给对应的客户机。

为解决客户冲突, 设计了一个用户请求线程队列, 在同一时刻到达的几个客户机请求按序存储在此队列中, 在模型数值运算线程空闲时, 按序提取用户请求数据。

(5) 该模型系统的输出分为表格输出、图形输出和文件输出。表格输出和图形输出部分是使用嵌

入输出 HTML 页面中的 Java Applet 实现的。在这个输出界面中, 用户可以通过年号的选择和卡片的翻阅很方便地观察每年的结果数据:

①表格输出: 使用表格方式输出的数据有以下 4 类: 每一年中每天的水分流动和存储状况; 每一年中每天的氮的流动和存储状况; 每一年中每天的碳的流动和存储状况; 每一年的总数据, 其中包括: 土壤有机质和无机氮库、碳通量和氮通量、矿化速率、土壤 C/N 比和作物状况等。

②图形输出: 为了在卡片面板中画出结果输出点线图形, 作者设计并编制了一个 GraphicOut 类, 把该类定义为 Canvas 的子类。其功能是在接受到服务器回馈的结果数据后, 根据用户选择的观察年号, 在卡片面板页中生成一个“图形输出”对象。

③文件输出: 本系统的输出数据是极为大量而且复杂的, 用户希望对模拟结果进行保存以待进一步分析和比较。但是, Java 语言本身基于网络安全原则, 规定任何 Java Applet 都没有读写本地机硬盘数据的权限。根据这种状况, 作者设计了一套结果文件客户机保存方案, 主机 Application 都以模拟标识名和该客户机提交连接请求的系统时间为本次模拟的唯一标识名, 并且以这个名字在 Record 下生成一个相应的子目录, 模型计算后的结果数据文件都存放在该目录之下, 同时还生成一个相应的 HTML 文件, 其中包含了所有结果数据文件的链

接。在客户机方,用户在图形表格输出页面上选择“Save File”键即可到达相对于本次模拟的 save.html 页。作者把结果文件都存成了二进制文件形式,浏览器在对这类文件的链接处理时,会自动弹出文件存储对话框,这样用户就可以方便地通过点击这些链接访问到结果文件,并把它们存储到本地机硬盘中。

### 3.2 系统运行方式与特点

生态模型共享系统是由 Java Applet 和 Application 共同构建的基于浏览器/服务器方式的 Internet 网络运行系统,服务器和客户机程序均采用 Java 语言编写,保证了本系统的平台无关性。无论服务器或客户机是何种机器,无论它们采用何种操作系统,也无论客户机在什么地方,只要它可以连接 Internet 网,就可以在浏览器中访问到我们的生态模型系统。主机部分程序是在 Web 服务器后台运行,没有客户机请求时,它一直会处于等待状态。在模型模拟过程中,用户首先打开本地机的浏览器,访问该系统的 URL 地址,实时下载模型的输入 HTML 页面,在此页面中包含了与输入相关的 Applet; 此 Applet 一经下载到客户机上即被 Web 浏览器中的 JVM (Java 虚拟机) 解释执行; 用户在此页面上按要求输入所有数据并确认后,由 Applet 启动网络连接,向服务器提交请求并传输数据; 服务器程序在接受请求和输入数据后,提取出一定的查询条件对数据库服务器上的 Oracle 数据库进行查询获得结果; 然后服务器的 Application 收集所有模型输入数据对本次模拟初始化,开始模型运算; 运算后的结果也由 Application 返回给客户机。

系统运行的特点:

(1) 跨平台运行特点: 系统完全由 Java 语言开发,无论是服务器端应用程序还是客户机端小应用程序运行时都与平台无关,真正体现了“一次编程,处处运行”的特点。

(2) 基于浏览器/服务器方式的网络运行: 系统是基于浏览器/服务器方式的,其客户机端程序由客户机实时从 Web 服务器上下载到浏览器中解释运行。无论客户机处在什么地方,只要它能够联结 Internet,就可以访问到放在公共 Web 站点上的模型系统。

(3) 易维护性和易扩展性: 基于浏览器/服务器的运行方式也提高了系统的可维护性和可扩展性: 当对系统软件进行升级或修改时,只须对 Web 服务

器上的整套服务器、客户机程序进行更改即可,不必象以前的系统一样必须对每个用户都发放新的版本并重新安装。

(4) 多线程控制: 本系统通过一系列多线程控制设计和方法,解决了多客户机用户同时访问服务器程序的问题,使每个用户之间的请求能互不冲突,又能使系统以最佳的运行方式处理多用户的请求序列。

(5) 图形化用户界面: 系统设计并实现了一套图形化输入、输出界面,在人机对话中加入了许多更为灵活的控制机能,一改以往模型系统呆板、不友好的命令式界面,使用户的输入、输出更为直观、灵活和易于比较(图 4)。

## 4 模型在生态站的应用实例

桃源农业生态试验站位于湖南省桃源县城,野外试验场设在城关镇宝洞峪村,地处 28°55'E, 111°30'N, 海拔高度 54~124m。本区气候四季分明,雨量丰沛,光热水基本同季,但春季多寒潮阴雨,夏秋易旱,属中亚热带季风湿润气候地区。年平均气温 16.5℃, 极端最高气温 40.6℃, 最低气温 -15.8℃。年平均降水量为 1447.1mm, 蒸发量为 1190mm, 相对湿度 82%。年平均日照时数 1531.4h, 无霜期 285d。丘岗坡地地下水位埋深 6~11m, 水田地下水位埋深在 0.5~1.5m 以下, 径流深 600~650mm, 径流系数 0.47 左右。站区土壤呈垂直分布,海拔 300m 以下多为红壤,700m 以上为黄棕壤,中间为黄红壤和黄壤,地带性土壤占 60%, 非地带性土壤以水稻土为主,占 27%, 还有紫色土、石灰土等。试验场土壤 74% 为第四纪红土红壤,水稻土占 9%。地带性植被为中亚热带常绿阔叶林,属华中—武陵山植被区系,现有树种以马尾松、杉木、油茶、毛竹等为主。农田为人工栽培作物,主要有水稻、棉花、油菜、苕麻、茶叶、柑桔等。

对此,我们采用桃源站的实际数据,进行了系统的实例应用,从中得到了一系列的图表(图 5)。从图 5 结果分析可见,桃源站日平均气温较高,降雨量充沛,初春时期略有积雪,田间无作物时蒸发量和蒸腾量较少,作物生长期,特别是作物生长初期蒸发量和蒸腾量明显增多; 作物生长初期土壤 pH 值略有增加,这与施肥有关。施肥之后田间有一些 N<sub>2</sub>O、NO、NH<sub>3</sub> 等气体的排放,整个作物生长期中有 CO<sub>2</sub> 气体排放出来。土壤中随着深度的增加,情

性腐殖质、活性腐殖质和枯落物之间的比例逐渐增大。根据该模型的趋势图和数值结果，可以对作物

长势及作物生长对环境的影响作具体的分析，为指导农业生产提供了依据。



图 4 输入界面

Fig. 4 Input interface

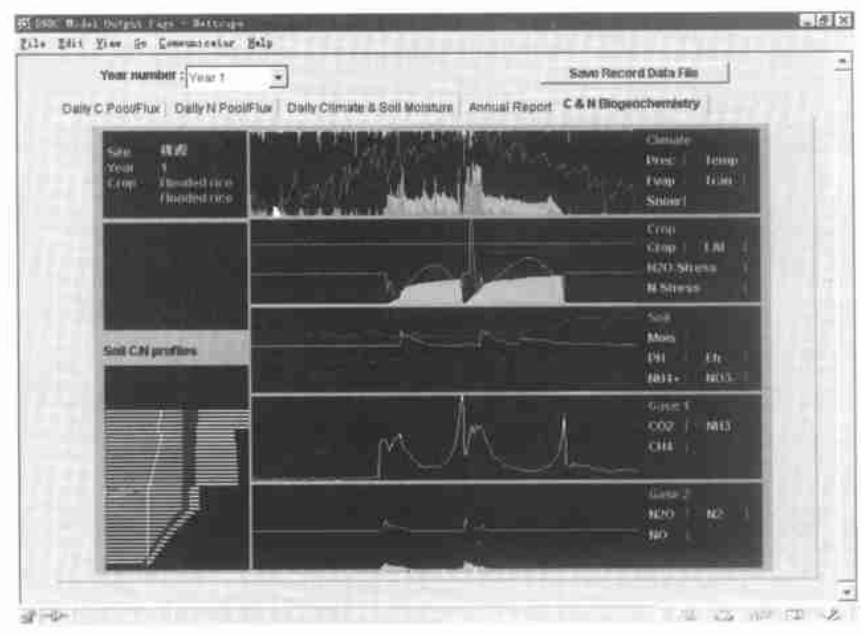


图 5 图形输出界面

Fig. 5 Graphical output interface

参考文献

[ 1 ] King N, Java Database Connection, Internet World, 1998, 79~90.

[ 2 ] Li Changsheng, Frolking S, Frolking TA. A model of nitrous oxide evolution from soil driven by rainfall events: 1. Model strucure and sensitivity. J Geogr. Res. 1997, (D9): 9759~9776.

[ 3 ] Li Changsheng, Frolking S, Frolking TA. A model of nitrous oxide evolution from soil driven by rainfall events: 2. Model applications, J Geogr. Res. 1997. (D9): 9777~9783.

[ 4 ] Li Changsheng, Frolking S, Harriss R C, Terry R E. Modeling Nitrous Oxide Emissions from Agriculture: A Florida Case Stady. Elsevier Science Ltd, 1994, 28 ( 7 ): 1401~1415.

[ 5 ] Snyder J. The Trouble with Java, Internet World, 1997, 36~38.

[ 6 ] Sequeira R A, Oison R L, McKinion J M. Mplementing generic, object-oriented models in biology, Ecol Model, 1994, 17~31.

[ 7 ] Zhang Xinshi, Gao Qiong. Research on Information Ecology. Beijing: Science Press ( in Chinese ) .

Sharing and Application for Denitrification-Decomposition Model

XIONG Liya ZOU Weijing

(Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101)

**Abstract** To study the reciprocities and inter-effects between each factors of the ecosystem, analyze the correlations between human activities and eco-environment, construct ecosystem model, analyze and simulate ecosystem, and predict and evaluate ecosystem are the major guarantee and effective approach for improving the management of ecosystem, enhancing its productivity and reaching the goal of reasonable planning and utilizing eco-resources, and realizing the sustainable development.

The study on sharing and applying the Denitrification-Decompositon Model has not only provided a new way for sharing data in network databases, but also supplied a solution to the multi-platform network information system of sharing software with inter-platform, better maintenance and high expansibility. Also it has provided an effective technical method for ecosystem research.

The system is an internet network operational system based on the Browser/Server mode. It consists of two parts, that is, the client program and server program. The client program is a Java Applet that has been embedded in the HTML page and used mainly to complete the inter-actions between user and system. The server program is a Java Application and its major function is to complete model calculation. It was developed with Java and has good character of no-relation with platforms.

Key technical problems and their solutions have been introduced concretely such as the development of Graphic User Interface, network communication of client/server, multi-threading control for the requests of multi-users, using JDBC for real time data extraction of the network database, file input/output of the host computer etc.

A case study has been made using the monitoring data in Taoyuan county of Hunan province. According to calculation result and trend graphs, crop growth and their effects on environment have been analyzed. The research can provide evidence for guiding agricultural activities.

**Key words** Denitrification-decomposition model, Internet, Model