

基于 Agent 工作流模型的河网模拟

NUMERICAL MODELING OF NETWORK OF WATERWAYS BASED ON THE AGENT WORKING FLOW

刘兰芳 陈云霞

(中国海洋大学计算中心 青岛 266003)

关键词 Agent 工作流, 河网, 数值模拟

根据一组定义的顺序规则,对生产经营过程的部分或全部实现自动化,称之为工作流。当前的工作流管理系统多是基于事务管理机制的,通过扩展 E-mail 功能或者定义规则库来实现工作流程;而王东、任午令则提出了一种用全球网浏览器 (Web Browser) 作为用户的统一界面,通过 Agent 来实现工作流服务的制定、管理和监控的工作流管理系统,此系统具有诸多优点^[1]。天然河网的各分支,具有一定的信息传

递规律,对其监控的方法也一直是众多研究者关心的问题。本文基于上述工作流思想,成功地建立了河网的 Agent 函数,并实现了其数据系统的管理和监控。

1 河网 Agent 函数

为了实现 Agent 的自动流转功能,需要在 Agent 上定义一个原子函数。河网系统的原子函数可用圣-维南方程来描述,它们分别是^[2]:

$$Q_x + A_t = 0 \quad (1)$$

$$\frac{2Q}{A} Q_x - \frac{Q^2}{A^2} A_x + g A H_x + \frac{g n^2 Q |Q| A}{A^2 R^{4/3}} + Q_t - \frac{T_x T}{\rho} = 0 \quad (2)$$

式中, Q ——流量; A ——水流过水面积; H_x ——水位对距离 x 的偏导数; A_t 和 A_x ——水流过水面积对时间和距离的偏导数; Q 和 Q_x ——流量对时间和距离的偏导数; n ——满宁糙率系数; g ——重力加速度; T_x ——风切应力 ($T_x = C_d \rho V_w^2$); T ——河道水面宽度; ρ ——水流密度; R ——水力半径; C_d ——阻力系数; ρ ——空气密度; V_w ——沿着河道的风速。

在河网中的每一节点,都是工作流程上的 Agent,其信息可由水位 H 和流量 Q 来表述,新旧信息间的隐式差分关系是:

第一作者:刘兰芳,出生于 1962 年,讲师,工学学士,研究方向:计算机应用。E-mail: llfang@public.qd.sd.cn

收稿日期:2002-02-03;修回日期:2002-10-25

$$\frac{\theta(Q_u^p - Q_d^p) + (1 - \theta)(Q_u - Q_d)}{\Delta x} + \frac{\bar{\pi}(H_u^p - H_d) + (H_u^p - H_d)}{2\Delta t} = 0 \quad (3)$$

$$\frac{2Q}{A} \left[\frac{\theta(Q_u^p - Q_d^p) + (1 - \theta)(Q_u - Q_d)}{\Delta x} \right] - \frac{\bar{Q}^3}{A^3} [\theta T_d(H_u^p - Z_d) - T_u(H_u^p - Z_u)] +$$

$$(1 - \theta)[T_d(H_u - Z_d) - T_u(H_u - Z_u) + A_d - A_u] \frac{1}{\Delta x} + gA \left[\frac{\theta(H_u^p - H_d) + (1 - \theta)(H_u - H_d)}{\Delta x} \right] +$$

$$\frac{g\pi^2 Q |Q| A}{A^3 R^{4/3}} + \frac{Q_u^p + Q_d^p - (Q_u - Q_d)}{2\Delta t} - \frac{T_u T}{\rho} = 0$$

式中, $\theta = \Delta t_m / \Delta t$; H ——水面高程; A ——低于参考水位 Z 的断面过水面积; 上标 p 代表 $t + \Delta t$ 时层上的值; 下标 u 、 d 代表上、下游端点上的值。

由于方程系数矩阵的非线性, 其解需要应用一种迭代技术, Newton-Raphson 代数法恰好适合这一模型的求解, 其运算过程可以被表示成下列方程的形式:

$$F_i + \sum_{j=iu} \frac{\partial F_i}{\partial H_j} \Delta H_j + \sum_{j=id} \frac{\partial F_i}{\partial Q_j} \Delta Q_j = 0 \quad (5)$$

式中: iu 和 id 分别代表第 i 段的上下游端点; $\frac{\partial F_i}{\partial H_j}$ 和

$\frac{\partial F_i}{\partial Q_j}$ 为函数 $F(H_j, Q_j) = 0$ 分别对水位和流量的偏导数。

2 网络结构矩阵及系数矩阵

为了反映河网的结构特征, 需建立 Agent 与传播路径之间的关系, 即河网的节点与段号之间的对应规律, 矩阵 A 恰能反映这一功能。

(节点号)	(进入段数 n_i)	(流出段数 n_j)	(相连段号 $n_i + n_j$)
1	\$	\$	\$
2	\$	\$	\$
3	\$	\$	\$
:	:	:	: ... :
:	:	:	:
:	:	:	:
n	\$	\$	\$

依据矩阵 A , 按照其节点号、进入段数、流出段数及相连段号之先后顺序, 可建立隐式差分方程组的系数矩阵。

上述矩阵中, “ ub ” 代表上游边界条件; “ ce ” 代表连续

	(段 1)	(段 2)		(段 m)
ub	$A \ B \ 0 \ 0$	\$ \$ \$ \$		\$ \$ \$ \$
ce	\$ \$ \$ \$	\$ \$ \$ \$		\$ \$ \$ \$
me	\$ \$ \$ \$	\$ \$ \$ \$		\$ \$ \$ \$
nc	\$ \$ \$ \$	\$ \$ \$ \$		\$ \$ \$ \$
$B = ne$	\$ \$ \$ \$	\$ \$ \$ \$		\$ \$ \$ \$
:	: : : :	: : : :		: : : :
:	: : : :	: : : :		: : : :
:	: : : :	: : : :		: : : :
db	\$ \$ \$ \$	\$ \$ \$ \$		0 0 $D \ E$

性方程; “ ne ” 代表动量方程; “ nc ” 代表节点连续方程 $\sum Q_u^p - \sum Q_d^p = 0$; “ db ” 代表节点能量方程 $H_u^p - H_d^p = 0$; “\$” 代表某一偏导数; A 、 B 代表上游边界条件 $F_u(H_u^p, Q_u^p) = 0$ 的偏导数; D 、 E 代表下游边界条件 $F_d(H_d^p, Q_d^p) = 0$ 的偏导数。

3 应用实例

为了检验上述计算关系及计算方法的正确性, 本文利用某河网的观测资料进行了验证, 图 1 为其网络图形。

当进口断面输入一个信息过程时, 可计算出不同时段沿程不同支流的全部信息, 并实现系统监控。图 2 仅给出了节点 7, 节点 11 下游出口断面的信息随时间变化的曲线, 从图中可以看出, 计算值(实线)与观测值(虚线)吻合较好, 说明上述计算方法及处理手段是正确的。

4 结语

依据“Agent”思想及河网系统的相似特性, 经对其

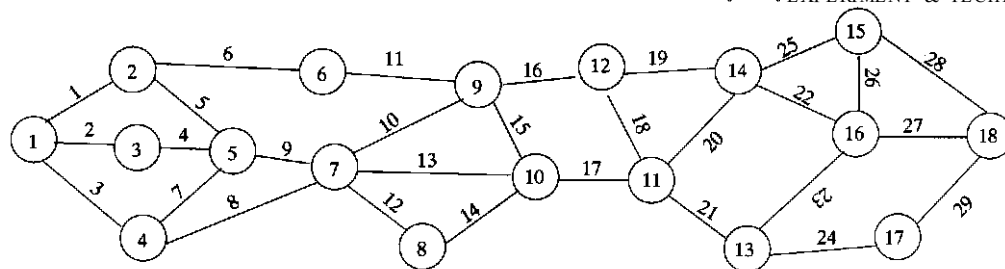


图1 某河网系统

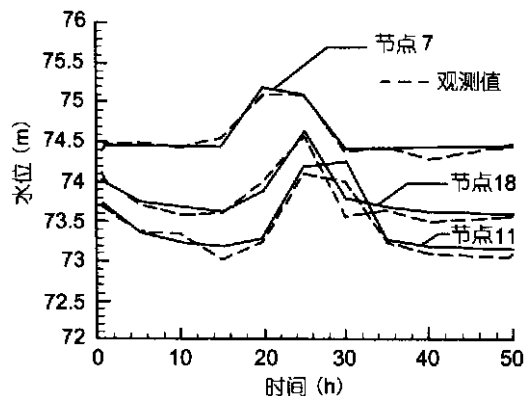


图2 信息计算资料(实线)与观测数据(虚线)对比

结构矩阵及 Agent 函数的建立、求解和数据处理,从而实现了河网系统的管理和监控。

参考文献

- 1 王东、任午令等。基于 Agent 的工作流模型与应用,计算机应用研究,2000,17(1):21~22
- 2 格拉夫、阿廷拉卡著,赵文谦、万兆惠译。河川水力学。成都:成都科技大学出版社,1997.12

(本文编辑:张培新)