

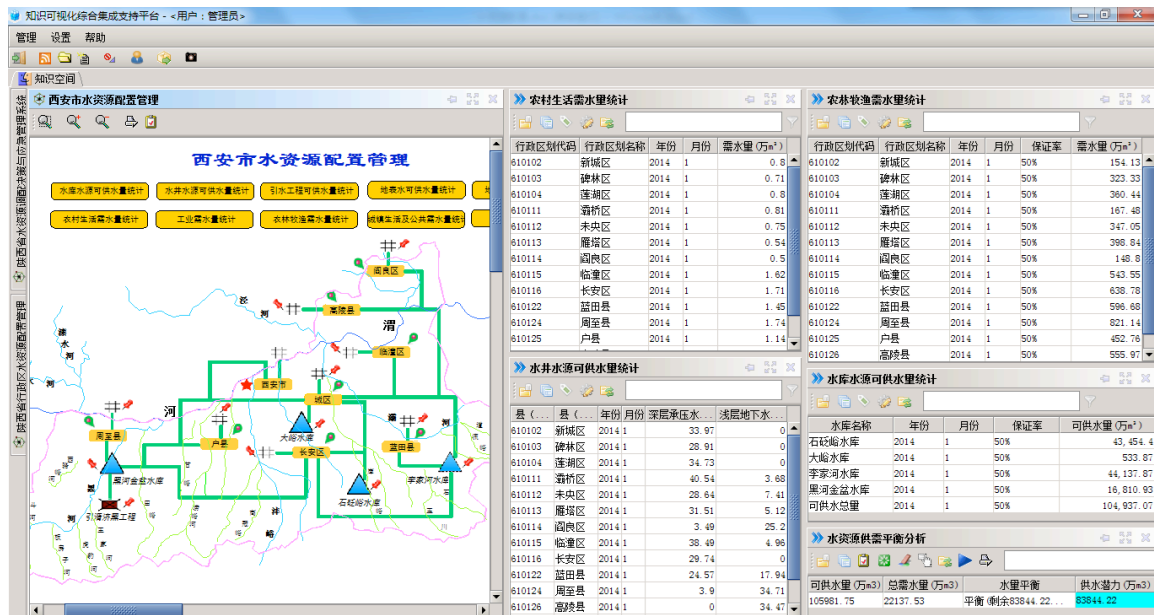
综合流域管理系统设计

Task 1. 建立基于综合流域系统管理数据的实时信息收集平台

基本数据采集分为三个部分：

- 1、上游流域：农田总面积、实时农作物价格、农作物月产量、单位面积肥料用量成本、单位面积水土保持成本、单位面积水土流失量、气候因子¹
- 2、坝区：单位水量价格、水库月径流量、单位铲沙成本、大坝建造成本、年维护成本、泥沙月径流量、气候因子¹
- 3、下游流域：农田总面积、实时农作物价格、农作物月产量、单位面积肥料用量成本、农业灌溉价格、单位面积农业用水量、气候因子¹

信息收集平台界面举例如下：



Source: <http://www.yunqishui.com/pages/g/gamePost.shtml?view=true&postId=219&u=99999>

Task 2. 研发一套以流域综合管理模型为基础的计算机软件系统

基本模型阐述如下：

I. 局部动态优化模型：

1、上游流域：

$$\begin{aligned} & \max_{\substack{\text{单位时间水土保持量、} \\ \text{单位时间施肥用量}}} \text{上游净利益} \\ &= \int_{t=0}^T \text{上游农田总面积} \\ & \quad \times \text{单位面积净利益} \left(\begin{array}{c} \text{包含：农作物价格、} \\ \text{单位面积水土保持成本、水土保持量、} \\ \text{单位施肥用量、气候因子} \end{array} \right) dt \end{aligned}$$

Subject to: $\frac{d\text{表层土壤厚度}}{d\text{单位时间}} = - (\text{气候因子}) \times (\text{最大单位面积水土流失率} - \text{单位面积水土保持率})$

2、坝区：

$$\begin{aligned} & \max_{\text{单位时间铲沙量}} \text{水库净利益} \\ &= \int_{t=0}^T \left[\begin{array}{c} (\text{水利资源单位价格} \times \text{水库月出水量}) \\ - (\text{单位清淤价格} \times \text{单位时间铲沙量}) - \text{年维护成本} \end{array} \right] dt \\ & \quad - \text{大坝建造成本} \end{aligned}$$

Subject to: $\frac{d\text{水库容量}}{d\text{单位时间}} = - (\text{气候因子}) \times (\text{泥沙月径流量} - \text{单位时间铲沙量})$

$$\text{泥沙月径流量} = \text{上游农业活动月泥沙径流量} + \text{天然泥沙月径流量}$$

¹气候因子由气候变化引起的温度变化、降雨量变化、蒸发量变化从而导致的河流径流量变化预测得出

3、下游流域：

$$\begin{aligned}
 & \max_{\text{单位时间施肥用量}} \quad \text{下游净利益} \\
 & = \int_{t=0}^T \text{下游农田总面积} \\
 & \quad \times [\text{农作物单位价格} \\
 & \quad \times \text{单位面积月产量} (\text{包含：单位时间施肥用量、单位时间灌溉水量}) \\
 & \quad - \text{人工施肥价格} \times \text{单位时间施肥用量} \\
 & \quad - \text{单位灌溉价格} \times \text{单位时间灌溉水量}] dt
 \end{aligned}$$

II. 综合流域动态优化模型：

$$\begin{aligned}
 & \max_{\substack{\text{单位时间水土保持量、上下游单位时间施肥用量、} \\ \text{单位时间铲沙量}}} \quad \text{综合社会净利益} \\
 & = \text{上游净利益} + \text{水库净利益} + \text{下游净利益}
 \end{aligned}$$

Subject to: $\frac{d\text{表层土壤厚度}}{d\text{单位时间}} = - (\text{气候因子}) \times (\text{最大单位面积水土流失率} - \text{单位面积水土保持率})$

$$\begin{aligned}
 & \frac{d\text{水库容量}}{d\text{单位时间}} = - (\text{气候因子}) \times (\text{泥沙月径流量} - \text{单位时间铲沙量}) \\
 & \text{泥沙月径流量} = \text{上游农业活动月泥沙径流量} + \text{天然泥沙月径流量}
 \end{aligned}$$

模型输入数据由：

1、上游流域：农田总面积、实时农作物价格、农作物月产量、单位面积肥料用量成本、单位面积水土保持成本、单位面积水土流失量、气候因子¹

2、坝区：单位水量价格、水库月径流量、单位铲沙成本、大坝建造成本、年维护成本、泥沙月径流量、气候因子¹

3、下游流域：农田总面积、实时农作物价格、农作物月产量、单位面积肥料用量成本、农业灌溉价格、单位面积农业用水量、气候因子¹

输出数据由：单位时间水土保持量、上下游单位时间施肥用量、单位时间铲沙量以及综合社会净利益组成。²

可参照：Palmieri, A., F. Shah, and A. Dinar (2001), Economics of reservoir sedimentation and sustainable management of dams, J. Environ. Manage., 61(2), 149–163.

Palmieri, A., F. Shah, G. Annandale, and A. Dinar (2003), Reservoir Conservation: The RESCON Approach, Vol. I, 102 pp., The World Bank, Washington, D. C.

该模型可用 matlab, stata 或其余软件完成结果输出

模型输入输出结果界面举例如下：
输入：

² 参照 Appendix 1

Agriculture Parameters

- Agricultural Production Function

Up

$a1 \times \exp(-a2 \times ASL) \times F^{a3}$

a1

a2

a3

10

0.1

0.6

Down

$a1 \times (U^{a2}) \times (F^{a3}) \times (I^{(1-a2-a3)})$

1

0.3

0.4

- Agriculture Area : Up

1

Mha / Down

1

Mha

- Accumulated Soil Loss : Max.

400

ton/ha / Present

0

ton/ha

- Effectiveness of SC : Structures

90

% / Practices

50

%

- Unit Cost of SC : Structures

40

\$/ha / Practices

10

\$/ha

- Agriculture Sediment Contribution :

60

%

- Fertilizer Use : Max.

5

ton/ha / Current

1

ton/ha

- Incoming Fertilizer Fraction : Up

30

% / Down

30

%

Hydrology Parameters

- Res. Lifetime : Present

2012

years / Design

2100

years

- Res. Capacity : Designed

1000

Mm3 / Present

1000

Mm3

- Annual Flow : Mean

1000

Mm3 / std.

500

Mm3

- Sediment Inflow : Mean

10

Mm3 / Density

1.5

ton/m3

- Sediment Trap Efficiency :

80

%

- Water Delivery Failure Rate :

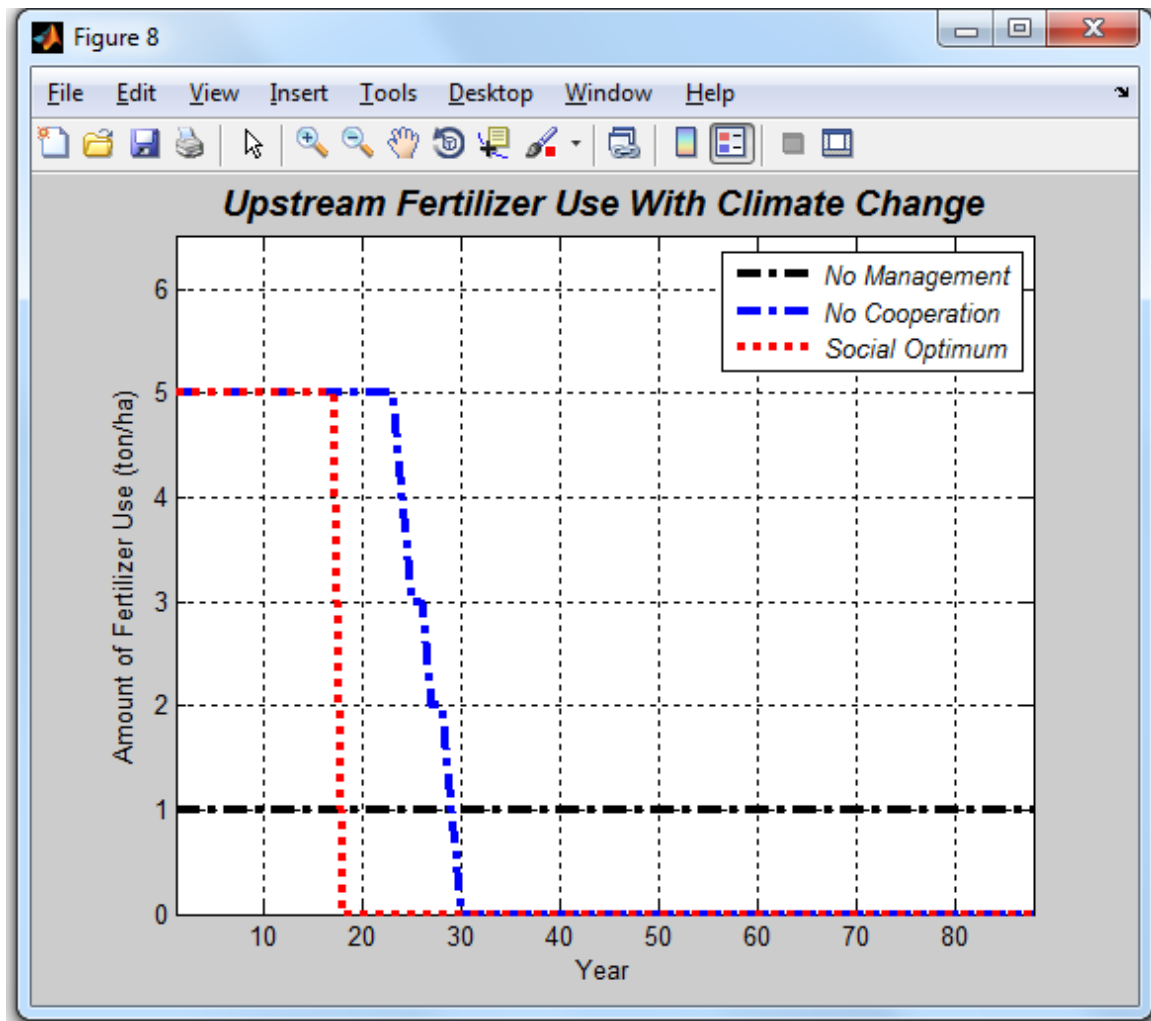
10

%

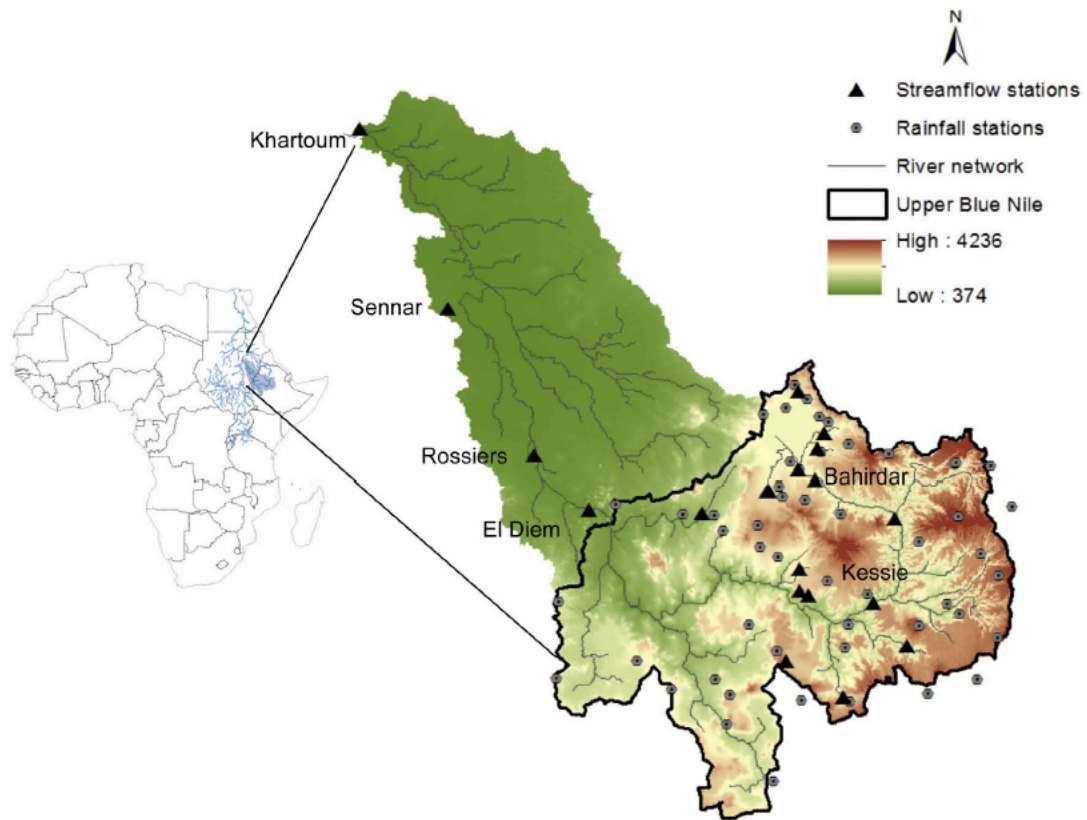
输出：

Scenarios	Net Benefits								Best SR Technology		Lifetime		
	Up	R1	R2	Reser.	D1	D2	Down	Total	SR	Install	Land	Reser.	
W/O Climate Change													
No Management	2.00	19.72	-14.37	5.35	20.87	-2.61	18.26	25.60			45	sus.	
No Cooperation	25.89	30.32	-10.89	19.43	67.92	-12.69	55.24	100.56	HSRS 5	1	70	sus.	
Social Optimum	24.33	50.83	-7.21	43.62	64.95	-6.90	58.06	126.01	HSRS 5	1	T~	sus.	
With Climate Change													
No Management	2.00	19.92	-10.33	9.59	20.82	-7.35	13.47	25.06			45	sus.	
No Cooperation	25.89	29.85	-8.93	20.91	67.45	-38.68	28.78	75.58	HSRS 5	1	70	sus.	
Social Optimum	24.68	35.66	-6.24	29.42	66.80	-10.65	56.16	110.26	HSRS 5	1	T~	sus.	

Fig. 4. Net Benefits of Agricultural Resilience



最终形成流域综合管理软件系统，可基于 GIS 对全流域动态优化结果进行展示，效果图举例如下：



Appendix1 项目流程图

