

水与农业政策分析模型技术路线¹

廖永松

中国社会科学院农村发展所

水与农业政策分析模型是一个动态的、开放式的分析框架。廖永松与黄季焜在2000年开始将Podium(Policy Dialogue Model)与CAPSIM(China's Agricultural Policy Simulation)模型联接。2003年,廖永松开始着手构建水与农业政策分析(WPSIM, Water and Agricultural Policy Simulation Model),模型已应用于多个研究项目中。2005年开始,在国际水资源管理研究所(International Water Management Institute)博士后期间,参与了WATERSIM(World Water Technology Research Simulation Model)或是IMPACT-water模型。不管是WATERSIM还是IMPACT-water模型,其基本的方法是相似的。就是将一个农业部门均衡模型与一个水文模型相结合,在流域尺度上计算水量平衡,在行政区化单元上计算农产品供求和贸易。在全球尺度上,目前的WAPSIM模型的技术路线基本来自于WATERSIM(IMPACT-water)模型,随着研究的深入逐步改进。

下面讨论WAPSIM模型中的食物和水模型,详细说明模型中的方程和数据来源。将IMPACT或是IMPACT-WATER模型的发展与应用情况附在附录5,将国家、地区在附录2,流域在附录3中。农产品种类附在附录4中提供了一个IMPACT模型的概念框图。

一、关于农产品供求、贸易的基本技术路线

包含了全球所有国家和地区以及主要的农产品,关于食物的联立方程提供了用于分析全球食物需求、供给、贸易基准方案和备选方案的技术路线。对于模型中的每个国家或地区的子模块,每种农产品的供给、需求和价格都内生确定。国家和地区农业子模型通过贸易来联接。

供给和需求函数将供给和需求弹性涵盖其中,以近似描述内在的生产和需求函数。每年全球农产品价格在国际市场出清条件下决定。

(一)食物供给

1. 农产品生产

国内农产品生产由面积和单产供给反应方程决定。收获面积定义为农产品自身价格、其他竞争农产品价格,预测的外在增长趋势和水资源的反应函数。预测

¹ WATERSIM模型与IMPACT-water模型在理论框架上基本相同,主要是IWMI与IFPRI的合作过程中,双方共同开发,但后来因为多种原因,双方的合作终止后,两方都在不同的期刊上发表了其模型的技术路线文章,宣称其知识所有权。笔者在IWMI作博士后期间,参与的WATERSIM项目,实质与IMPACT-water模型的技术路线相似。在目前的WPSIM模型中,技术路线沿用IMPACT-water,然后进行逐步改进。

的外在作物增长率主要反映其它非价格因素的作用，比如，由于人口增长压力加大，土壤退化减少和土地转化为非农业用途等因素。

单产是农产品价格、劳动力和资本价格、水和预测的非价格外生趋势因素的函数。趋势因素主要反映技术进步促进生产率提高，包括作物管理研究，传统作物育种，多部门和杂交育种，生物和转基因育种。其它增长因素还包括私人部门农业投资发展，农业推广和教育，市场和基础设施，灌溉和水资源（方程 2）。每年在国家 n 的第 i 种农产品的产量为面积和单产的乘积（方程 3）。

面积反应方程：

$$AC_{mi} = \alpha_{mi} \times (PS_{mi})^{\varepsilon_{im}} \times \prod_{j \neq i} (PS_{mj})^{\varepsilon_{jn}} \times (1 + gA_{mi}) - \Delta AC_{mi}(WAT_{mi}); \quad (1)$$

单产方程：

$$YC_{mi} = \beta_{mi} \times (PS_{mi})^{\gamma_{im}} \times \prod_k (PF_{mk})^{\gamma_{kn}} \times (1 + gCY_{mi}) - \Delta YC_{mi}(WAT_{mi}); \quad (2)$$

产量：

$$QS_{mi} = AC_{mi} \times YC_{mi} \quad (3)$$

其中：AC=农作物收获面积；YC=农作物单产；QS=产量；PS=生产者价格；PF=投入品价格(如劳动力和资本)； Π =乘积因子；i, j=用于标示农作物的下标；k=用于标示投入要素的下标；n=用于标示国家的下标；t=用于标示时间的下标；gA=面积增长率；gCY=单产增长率； ε =面积价格弹性； γ =单产价格弹性； α =作物面积方程截距； β =作物单产方程截距； ΔAC =因为水短缺作物面积减少量； ΔYC =因为水短缺作物单产减少量；WAT=水变量

1.1 将水量引入农作物面积方程

农作物收获面积减少的计算公式为：

$$\Delta AC^i = 0, \text{ if } \frac{ETA^i}{ETM^i} > E^*, \text{ 不然} \quad (4)$$

对灌溉农作物面积，

$$\Delta AC^i = AC^i \cdot [1 - (\frac{ETA^i}{ETM^i} / E^{*i})] \quad (5)$$

对雨养农作物面积，

$$\Delta AC^i = AC^i \{1 - [ky^i \{1 - \frac{ETA^i}{ETM^i} / E^{*i}\}]^\gamma\} \quad (6)$$

其中：

ETA = 在作物生长期的实际蒸腾蒸发量

ETM = 作物生长期的潜在蒸腾蒸发量(参看公式 24)

E^* = 相对于蒸腾蒸发量的阈值。低于此值，农民将减少农作物收获面积

ky = 农作物对水胁迫的反应系数

农作物实际蒸腾蒸发量包括能被作物利用的蒸腾蒸发的灌溉水量(NIW)和有

效降雨量(PE)。 $ETA^i = NIW^i + PE^i$ 。对于雨养作物， $NIW=0$ 。灌溉农作物和 NIW 和雨养农作物的PE，后面再介绍。 E^* 的值来自于实证研究。对于灌溉面积，农民可以减少播种面积和增加其余区域的灌溉水量。假定 $E^*=ky-0.25$ ，图1表示相对的灌溉单产、面积和产量相对于ET值。可以看出，对于灌溉面积，当 $ET_a/ET_m > E^*$ ，农民将保持全部的农作物面积，单产将按 ET_a/ET_m 线性地减少，当 $ET_a/ET_m < E^*$ 时，农民将按 ET_a/ET_m 线性地减少收获面积，相对于 E^* 来说保持固定作物单产。方程5来自于假定所有的水资源能被用于余下的灌溉面积。

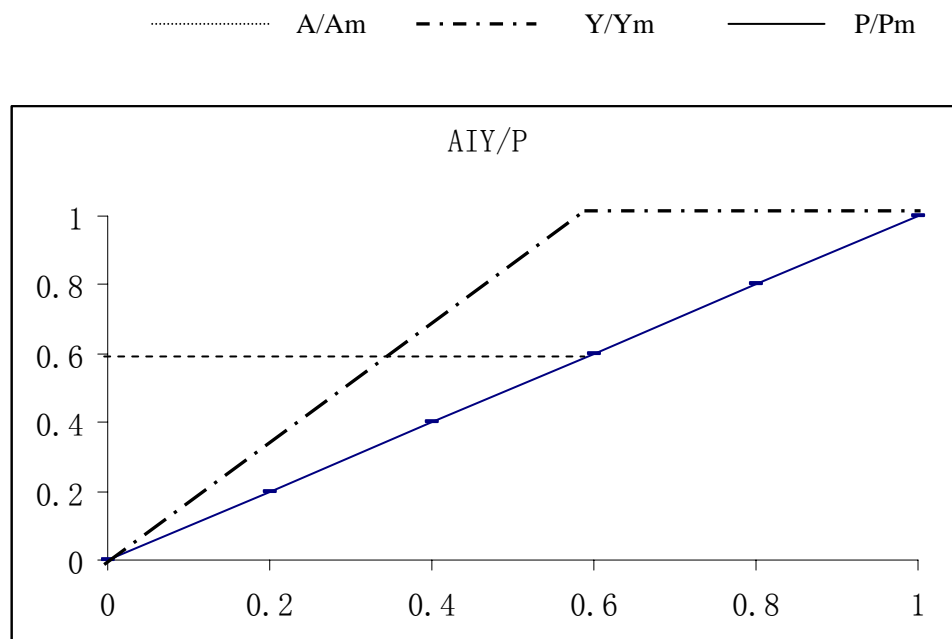


图1.相对于农作物蒸腾蒸发量的相对的灌溉作物单产、面积和产量

注： $E^*=0.6$ ；A表示面积； A_m 表示最大面积；Y表示单产； Y_m 表示最大单产；P表示产量； P_m 表示最大产量

对于同一种农作物，在雨养面积上 E^* 的值通常比在灌溉面积上的要低。对雨养农作物，理论上讲，当 $ET_a/ET_m < E^*$ ，农民将会放弃所有的面积。但是，现实世界不是这样的。历史经验表明，在干旱或半干旱气候带，即使是在非常干旱的地区，雨养农作物收获面积也不会降到零。因现有的研究中得不到雨养收获面积与 ET_a/ET_m 的实证关系，FAO的单产-水关系同样应用于面积-水。这个关系由公式6来表示，但由调整系数(γ)进行校准。对于每一种作物，这个系数来自于近年来雨养面积和有效降雨量的估计。

方程5和6揭示了在水极端短缺情况下农民种植作物决策的影响。参数 E^* 将随着作物对水胁迫的敏感度而变化。当 E^* 等于1时，作物单产不变，而只调整作物收获面积来适应水短缺。对于对水胁迫高度敏感的作物（也就是 $ky > 1.0$ ）， E^* 实际上接近1.0的值（比如，0.9或更多）。对于这些作物，通过部分休耕地的方式来应对水短缺而不是减少其它面积的单产。这是一种在既有水资源约束下最大化产量与收益的策略。对于那些相对抗旱作物， E^* 值更低。最大化生产和收益

需要将水资源用于更大的面积以维持产量而降低单产。可以利用不同流域和国家的多年历史数据估计 E^* ，或是通过田间调查来估计。现在的模型框架只包括了 E^* 农作物与水胁迫关系。对于灌溉作物，其关系为 $E^*=Ky-0.25$ ，而雨养作物，其关系近似为 $E^*=ky*0.6$ 。

1.2 将水变量包含在作物单产方程中

作物单产减少由公式（7）计算：

$$\Delta YC = YC^i \cdot ky^i \cdot (1 - ETA^i / ETM^i) \cdot \left[\frac{\min_{t \in \text{growthstages}} ((1 - ETA_m^{it} / ETM_m^{it}))}{(1 - ETA^i / ETM^i)} \right]^\beta \quad (7)$$

其中，系数 β 是用来表征一个惩罚性系数，由在作物生长期的用水量和作物单产来估计。单产的减少以季节水资源量为基础计算，如果出现作物生长期（月）的水资源量远低于一个季节水平，就需要有一定的折扣。其他的变量在前面都进行了定义。

2. 畜产品生产

畜产品生产模型与农产品生产模型有些类似。除了畜产品单产只反应预测的技术进步效果之外（公式 9），总的屠宰畜群头数是畜产品自价格和竞争产品价格、中间产品（饲料）投入品价格和一个趋势变量的函数。趋势变量用来反应畜产品屠宰增长趋势。总产量是屠宰量与每头单产的乘积。

屠宰头数：

$$AL_{mi} = \alpha_{mi} \times (PS_{mi})^{\varepsilon_{im}} \times \prod_{j \neq i} (PS_{mj})^{\varepsilon_{ijm}} \times \prod_{b \neq i} (PI_{mb})^{\gamma_{ibm}} \times (1 + gSL_{mi}); \quad (8)$$

单产：

$$YL_{mi} = (1 + gLY_{mi}) \cdot YL_{t-1,mi}; \quad (9)$$

产量：

$$QS_{mi} = AL_{mi} \times YL_{mi}; \quad (10)$$

其中， AL =屠宰数； YL =每头单产， PI =中间投入品的价格， i, j =表示某种畜产品的下标， b =表示某种饲料作物的下标， gSL =屠宰头数增长率， gYL =畜产品单产增长率， α =屠宰头数函数的截距项， ε =屠宰数量的价格弹性， γ =饲料价格弹性。其余的变量定义为农作物生产方程中的变量相同。

（二）食物需求

农产品国内需求是口粮需求、饲料需求和其它需求的和（公式 16）。食品需求是农产品价格、其它竞争品价格、人均收入和总人口的函数（公式 11）。人均收入和人口年均增长率根据公式 12 和 13 界定的各国具体的人口和收入增长率。饲料粮需求是一种引致需求，取决于畜牧生产、饲料比率、饲料作物的自价格和交叉价格弹性（公式 14）。公式也包含了表明饲养技术效率的的技术参数。对于用于生物能源生产（公式 15）需求由不同的生物能源燃料发展计划来推算。其它食物需求是口粮需求和饲料粮需求的一个比例（公式 16）。注意畜产品需求

只包含食物需求部分。

食物需求

$$QF_{mi} = \alpha_{mi} \times (PD_{mi})^{\varepsilon_{im}} \times \prod_{j \neq i} (PD_{mj})^{\varepsilon_{ijn}} \times (INC_m)^{\eta_m} \times POP_m; \quad (11)$$

其中:

$$INC_m = INC_{t-1,ni} \times (1 + gI_m); \quad (12)$$

并且,

$$POP_m = POP_{t-1,ni} (1 + gP_m); \quad (13)$$

饲料粮需求

$$QL_{mb} = \beta_{mb} \times \sum_l (QS_{ml} \times FR_{mbl}) \times (PI_{mb})^{\gamma_{bn}} \times \prod_{o \neq b} (PI_{mb})^{\gamma_{bon}} \times (1 + FE_{mb}); \quad (14)$$

生物燃料需求

$$QB_{mi} = f(GM_{mi}, EP_{mi}, PSE_{mi}); \quad (15)$$

其它需求

$$QE_{mi} = QE_{t-1,ni} \times \frac{(QF_{mi} + QL_{mi})}{(QF_{t-1,ni} + QL_{t-1,ni})}; \quad (16)$$

总需求:

$$QD_{mi} = QF_{mi} + QL_{mi} + QB_{mi} + QE_{mi};$$

其中:

QD = 总需求;

QF = 口粮需求

QL = 饲料需求

QB = 生物燃料需求

QE = 其它需求

PD = 有效消费者价格

INC = 人均收入

POP = 总人口

FR = 饲料比率

FE = 饲料效率进步

PI = 有效中间投入（饲料）价格

GM = 政府对生物能源混合于汽车用油比例的规定

EP = 能源价格

PSE = 相当于包含补贴和贸易量度的生产者补贴值

i, j = 表示所有农产品的下标

l = 表示所有畜产品的下标

b,o = 对所有饲料作物的下标

gI = 收入增长率

gP = 人口增长率

ε = 食物需求价格弹性

γ = 饲料粮需求价格弹性

η = 食物需求收入弹性

α = 食物需求函数截距

β = 饲料需求函数截距

其余的变量与前面的定义相同。

(三) 价格

食物联立方程中价格是内生的。国内价格是国际价格的函数，通过价格政策效果来调整。由生产补贴等量值（PSE）和消费者补贴等量值（CSE）及市场边界（MI）来表示。PSEs 和 CSEs 测量相对于国际市场价格潜在的由生产者和消费者承担的税收或补贴水平，也反映了国内和国际价格之间的差异。MI 反映了如交通和市场成本等其它因素的影响。在现在的模型中，PSEs，CSEs 和 MIs 作为国际市场价格的一个比例。为了计算生产者价格，国际市场价格需扣除 MI 值，但需要加上 PSE 的值（公式 18）。消费者价格需在国际市场价格加上 MI 值而扣除 CES 的值（公式 19）。中间投入品价格的 MI 较小是因为用的批发价而不是零售价格，但其它的中间投入品的价格（反映饲料价）同其它消费者价格计算方式一样（公式 20）。

生产者价格：

$$PS_{mi} = [PW_i(1 - MI_{mi})] * (1 + PSE_{mi}); \quad (18)$$

消费者价格：

$$PD_{mi} = [PW_i(1 + MI_{mi})] * (1 - CSE_{mi}); \quad (19)$$

中间（饲料）投入品价格：

$$PI_{mi} = [PW_i(1 + 0.5MI_{mi})](1 - CSE_{mi}); \quad (20)$$

其中：PW=农产品国际市场价格；MI=市场边界；PSE=生产补贴等价值；CES=消费者补贴等价值。其它变量与前面的定义一样。

(四) 国际联结-贸易

国家或地区模型通过国际贸易来联结。每个国家农产品贸易是其国内生产与需求差（公式 21）。出口为正的国家为净出口国，为负的为净进口国。这个定义使模型不能识别某一种产品的同时进口和出口国。

净贸易：

$$QT_{mi} = QS_{mi} - QD_{mi} + QSt_{mi}; \quad (21)$$

其中：QT=贸易量；QS=农产品国内供应量；QD=农产品国内需求量；QSt=农产品存量；i=表示农产品的下标。其它变量的定义同前。

(五) 求解均衡条件的算法

联立方程用一般代数模型系统 (General Algebraic Modeling System GAMS) 程序语言求解。通过利用 Gauss-Seidel 算法求解。程序通过最小化国际净贸易量, 求解一组农产品国际市场价格。这些值也就是能满足市场出清条件下公式 22。

$$\sum_n QT_{mi} = 0 \quad (22)$$

某一种产品的国际市场价格是一种平衡机制。比如, 当一种外在的变化引入模型后, PW 将进行调整。这种调整将传导到有效生产者价格 (PS) 和消费者价格 (PD)。这是通过价格传导方程 (公式 17-19) 完成的。国内价格变化将影响农产品供给和需求, 使其不断迭代, 直到世界供求平衡, 国际净贸易量为零。

(六) 求解营养不良人数

为了求解各种食物预测方案对撒哈拉沙漠以南非洲地区食物安全的影响, 模型可以预测其营养方面的影响, 也就是所引起的 5 岁以下营养不良儿童的人数和比例。任何小孩, 其体重-年龄比美国国家健康统计中心/世界卫生组织设定的体重-年龄比的两个标准差要低, 就视为营养不良。模型能够预测在各种方案下的这个数值。这样就可以分析比较各种方案下食物安全进展状况。5 岁以下营养不良儿童比例由人均卡路里消费量、接受中等教育的女性、母亲和小孩照顾质量, 健康和卫生条件。具体的用于预测营养不良儿童数量关系由国家截面数据回归而得 (Smith t Haddad, 2000), 可以写成下式:

$$\Delta_{t,t2000}MAL = -25.24 \cdot \ln(KCAL_t / KCAL_{t2000}) - 71.76 \cdot \Delta_{t,t2000}LEFXPRAT - 0.22 \cdot \Delta_{t,t2000}SCH - 0.08 \cdot \Delta_{t,t2000}WATER$$

(23)

其中: MAL = 营养不良儿童比例

KCAL = 人均卡路里

LEFXPART = 女性与男性出生时的预期寿命比率

SCH = 所有接受中等教育的女性登记人数 (任何年龄组) 与国家相应的所规定的中等教育年龄组女性的比例

WATER = 饮用清洁水人口比例

$\Delta_{t,t2000}$ 时间 t 的变量 WATER 值与基年 2000 年的变量 WATER 值差

数据大多来自于: 关于儿童增长营养不良数据库 (世界卫生组织), 联合国管理委员会营养协调分会, 世界银行世界发展指标, FAO (联合国粮农组织) 数据库, UNESCO (联合国教科文组织) 的 UNESCOSTAT 数据库。人均卡路里消费变量来自于两部分: 一是来自于模型中所包含的所有农产品, 另外是模型还没有包含的。知道了百分比, 预测数可由下面的公式计算:

$$NMAL_t = MAL_t \times POP5_t; \quad (24)$$

其中, NAML=营养不良的儿童数

POP5=人群中 0-5 岁儿童数量

观察到的这些因素之间的关系可以用来建立半对数方程形式的数学模型。这样就可以从描述人均卡路里消费量、中等教育女性，妇女和儿童照顾质量，健康和卫生的数据中精确地计算营养不良的人数。

二、水模型部分

这部分以优化技术为理论基础，以流域内最小化缺水数为目标函数。全世界被分为 126 个不同大小的流域片，期望尽可能准确地描述在灌溉农业中最为主要的流域。

(一) 水需求

1. 灌溉需水

以水利和农艺特性来估计农作物需水。流域内一年农作物净需水 (NCWD) 以实证的作物需水方程来计算 (Doorenbos to Pruitt 1979)；

$$NCWD = \sum_{cp} \sum_{ct} kc^{cp,ct} \cdot ET_0^{ct} \cdot A^{cp} = \sum_{cp} \sum_{ct} ETM^{ct,cp} \cdot A^{cp} \quad (25)$$

其中，CP 是表示农作物的上标，ct 是表示农作物生长期的上标， ET_0 是参考作物蒸腾蒸发量，kc 是作物系数，A 是作物面积。

有效降雨量能部分或全部满足作物需水。有效降雨量是指降雨渗入到作物根部能被作物吸收的水量。作物生长期的有效降雨量可以通过雨水收获技术来提高。考虑到有效降雨量和冲盐需水量的净灌溉需水 (NIRWD) 为，

$$NIRWD = \sum_{cp} \sum_{st} (kc^{cp,st} \cdot ET_0^{st} - PE^{cp,st}) \cdot AI^{cp} \cdot (1 + LR) \quad (26)$$

其中：AI 是灌溉面积，LR 是冲盐系数，用来反映冲洗土壤盐分和灌溉水盐分的需水量。

表示总的灌溉需水计算式为：

$$IRWD = NIRWD / BE \quad (27)$$

其中，BE 定义为流域水利用系数。流域水利用系数的概念有很多的讨论和不同的定义，主要是由 Molden, Sakthivadivel 和 Habib(2001)提出的。在这项研究中，流域水利用系数是测量有效水消耗（作物蒸腾蒸发与冲盐）在流域尺度上与总灌溉消耗水量的比例，由过去的记录来估计 (NIRWD, 公式 25)。未来的流域水利用系数假定在一个流域内按一个既定的速度增长，取决于水利设施投资流域水管理改进。

灌溉需水预测取决于灌溉面积、作物种植结构、水资源利用效率及集雨技术。全球气候变化后，温度和降雨也会影响到将来的灌溉需水，但还没有包括在目前的模型分析框架中。

2 畜牧需水预测

基础年的畜牧需水预测基于牲畜数量 (QS_{iv}) 和每头牲畜消耗水 (W_{iv})，包括牛、猪、羊、家禽。对于所有的畜牧生产，假定每一个流域片、国家或地区的家

畜生产率相同，以此来预测牲畜需水。这样，牲畜需水就是牲畜产量的一个线性函数。并假定每一牲畜的消耗水量不变，则：

$$LVWD = QS_{lv} \cdot w_{lv} \quad (28)$$

3. 工业需水预测

工业需水预测取决于收入（人均国民生产总值 GDPC）和水资源利用技术进步。利用时间系列资料回归分析工业用水与人均收入之间的关系。可以设定工业需水强度（IWDI, industrial water demand intensity, 定义为 1000 美元 GDP 产值耗水量）是人均 GDP 和时间变量的线性函数，并根据未来工业需水在不同地区和国家的变化趋势进行专家判断。

$$IWDI = \alpha + \beta \cdot GDPC + \gamma \cdot T \quad (29)$$

其中： α 是截距项； β 是收入系数，反映工业需水强度如何随着 GDPC 一起变动； γ 是时间系数，主要反映水利用技术变化。已有研究显示，对于所有国家和流域来说， $\alpha > 0$ ， $\beta < 0$ 及 $\gamma < 0$ ，表明将来，工业需水强度将随着 GDPC 和 T 而下降。

4. 居民需水

居民需水（DOWD）包括城市和农村居民需水。估计基年居民需水的数据与方法同工业需水估计一样。居民需水预测依据于对人口和收入增长的预测。在每个国家或流域，居民需水收入弹性值来自于研究文献和可能的估计值。这些弹性值测度了由于人均收入水平的提高对水消费的倾向。利用弹性来测度直接的收入效应和通过技术、管理变化带来的节约用水。居民生活需水年均增长率是人口增长率（ ϕ_{pop} ）和收入（GDPC ϕ GDPC）的函数，为：

$$\phi_{dwd} = \phi_{pop} + \eta \cdot \phi_{gdpc} \quad (30)$$

其中， $\partial \phi_{dwd} / \partial \phi_{gdpc} = \eta < 0$ ，在发达国家，现在的人均用水量较大，收入增长后，人均居民生活用水将会随着收入增长而下降。而在发展中国家 $\partial \phi_{dwd} / \partial \phi_{gdpc} = \eta > 0$ ，收入增长后，人均需水量还会有所增长。

5. 环境、生态和航运需水（Committed Flow for Environmental, Ecological and Navigational Uses）

在现有的模型分析框架中，生态用水定义为年均河川径流的比例。对很多河流和国家来说，目前缺少相应的数据，所以用一个循环程序来界定缺乏数据的变量。生态需水的基础值假定为 10%。如果航运需要较大的河水，另外还增加 20-30% 的水量（比如，长江流域）；10-15% 用于保护环境是重要的，这对于发达国家的情况更是如此；干旱和半干旱地区，5-10% 的水资源总量用于生态需水，如用于冲盐，就比较些（如在中亚地区）。流域来水量、出水量和消耗水量较准生态需水数值。

6. 作为消耗水的用水量

前面所描述的河道外需水都表现为水消耗的形态。取水量需求定义为总消耗需水除于消耗水系数：

$$DWW = DWP / DC = (IRWD + INWD + DOWD + LVWD) / DC \quad (31)$$

在流域尺度上的水消耗系数值主要取决于农业和非农业消耗水比例(也就是说,农业用水量大的地方所对应的消耗水系数值越大)、输水、分水、循环水系统、污水排放和处理设施。在基年,DC通过给定的消耗水量和取水量(WITHD)来计算,将来的DC值作为非灌溉用水比例的函数:

$$DC = \rho \cdot \left(\frac{WDPDO + WDPIN + WDPLV}{WDPT} \right)^\psi \quad (32)$$

这个回归方程根据历史不同流域或国家非灌溉消耗水和总消耗水而得,对所有的流域和国家来说,回归系数 $\rho > 0$ 和 $\psi < 0$ 。

7. 价格对需水的影响

经典的 COBB-DOUGLAS 方程用来界定需水和水价之间的关系,用价格弹性 ξ 来反应:

$$W = W_0 \cdot \left(\frac{P}{P_0} \right)^\xi \quad (33)$$

其中, W_0 和 P_0 分别表示基年需水和水价格。利用估计的每个部门价格弹性,这个关系式可应用于农业、工业和居民生活用水部门。

(二) 水供给

假定最小的环境和生态流量要求作为水供给的先决条件,在水供给方面,主要关注河道外的居民供水、工业供水、牲畜供水和灌溉部门供水。分两步来决定河道外部门供水。第一步是决定总供水量,由每年每月的消耗水来表示;第二步是将总供水量分配到不同的部门。特别的,将灌溉水供给进一步分配到流域片的不同作物。

为了决定一个流域内可用于河道外的总供水量,在评估总的可更新水资源量时,如降雨、蒸腾蒸发,河川径流等水文过程都需要考虑。此外,在界定可利用的更新水资源的比例时,还要综合考虑人类社会的影响。这些影响可分为:(1)需水量;(2)蓄水、引水、地下水开发利用等径流开发制度;(3)水污染和其它水损失;(4)配水政策,如环境用水,农业向城市和工业用水的转移等。所以,水供给是通过水文与人文影响两个方面的因素来决定。

两流域的简单联系分析框架可以用来作为例子,如图 2 所示。下游流域的可用水资源决定于流域降雨和上游(流域)流入水量。流域尺度上地表水的水量平衡方程可描述为:

$$ST^t - ST^{t-1} = ROFF^t + INF^t + OS^t - SWDP^t - RL^t - EL^t \quad (34)$$

其中, t 是模型时间段;ST 是流域蓄水量;ROFF 是流域在 t 时期的降雨;INF 是从其它流域的来水量;OS 代表淡化水等其它水源;RL 是总的泄水量(RELEASE),包括河道最低径流、洪水时期的溢出;EL 是蒸发损失,(主要是地表水库的水面);SWDP 是地表水源的总耗水量,相当于取用水量减去回归水量。SWDP 由这个水量平衡方程来决定, 其上限是最大的地表水取用水量, 为:

$$\sum_i SWDP^i / DC \leq SMAWW; \quad (35)$$

其它关于方程 35 的约束还包括流域出水量必须等于或大于河道内最小径流；每月的水库蒸发量是由水库水面面积和气象条件决定的。

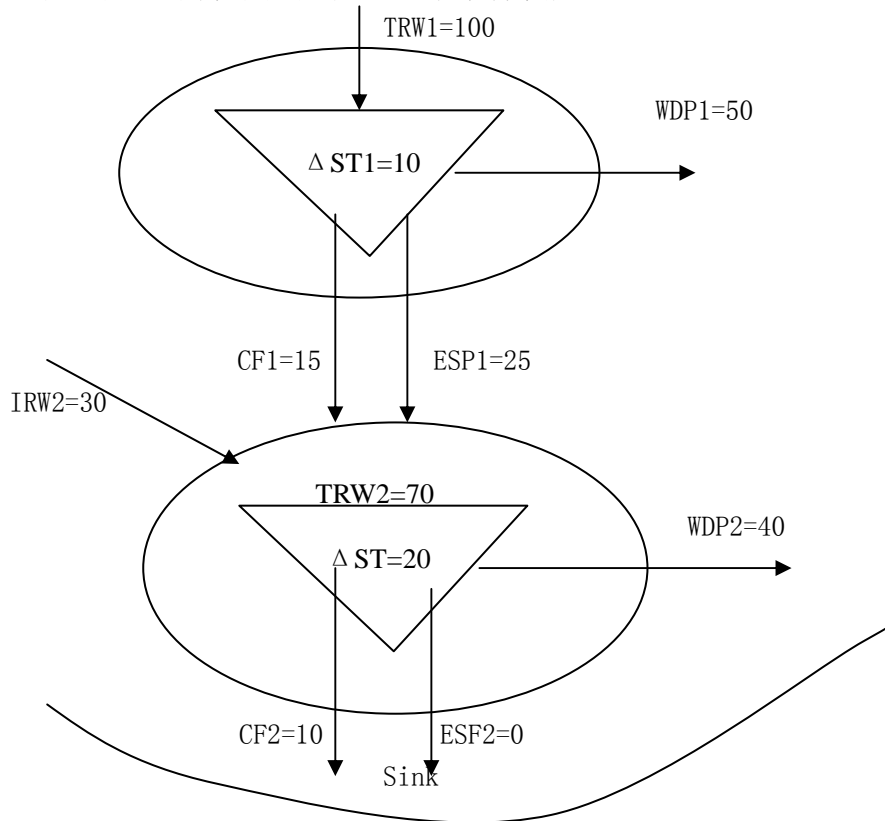


图 2 在不同流域、国家和地区的径流联系

来源: MARK et. al (2002)

注: TRW 表示总的可更新水资源量; IRW, 内部可更新水资源; WDP, 消耗水; CF, committed flow; ESP, (excess spill) 溢出; ΔST , 储存水变化。

地下水消耗 (GWDP) 由地下水的最大取水量 (GMAWW) 限制

$$\sum_i GWDP^i / DC \leq GMAWW \quad (36)$$

根据实际的年均取水量和年均地下水抽水量计算基年 (2000 年) 的 SMAWW 和 GMAWW 的值 (WRI, 2000)。依据地表水和地下水在不同国家和地区将来的开发量来预测 SMAWW 和 GMAWW。特别的, GMAWW 是依据于历史抽水量和潜在的地下水资源 (通过测算地下水补给量) 进行预测。

一个传统的水库运行模型包括天然可获水资源量, 蓄水规定, 取水能力和最低径流 (Committed flow requirements)。这是一个优化模型。模型运行以每年的月为时间尺度。目标函数是最大水供给的可靠性 (也就是水需求对水供给的比率等于或小于 1.0), 也就是:

$$\max = \left[\begin{array}{c} \frac{\sum_t (SWDP^t + GWDP^t)}{\sum_t (DOWD^t + INWD^t + LVWD^t + IRWD^t)} \\ + \omega \cdot \min_t \left(\frac{SWDP^t + GWDP^t}{DOWD^t + INWD^t + LVWD^t + IRWD^t} \right) \end{array} \right] \quad (37)$$

可看到，目标方程根据作物生长期的水需求来利用水资源，主要是最大化在不同时间尺度上的最小比率。权重系数 ω 是通过试错的方式来决定，直到水供给按每月需水近可能的匹配。

在上述约束条件下，求解到在每月能用于各种河道外用水的总消耗量，下一步就可以求解能被用于各部门的可水量。假定居民生活需水能得到优先满足，然后是工业和畜牧需水，最后才是灌溉需水。用每年的总值乘以一个月份分配系数得到每月非灌溉需水。用于每个部门的可消耗的水供给计算为：

$$WDPDO^t = \min(DOWD^t, SWDP^t + GWDP^t) \quad (38)$$

$$WDPIN^t = \min(INWD^t, SWDP^t + GWDP^t - WDPDO^t) \quad (39)$$

$$WDPLV^t = \min(LVWD^t, SWDP^t + GWDP^t - WDPDO^t - WDPIN^t) \quad (40)$$

$$WDIR^t = \min(IRWD^t, SWDP^t + GWDP^t - WDPDO^t - WDPIN^t - WDPLV^t) \quad (41)$$

最后，可用于作物蒸腾蒸发的水量通过引进流域灌溉效率（basin efficiency）并考虑到压盐需水：

$$TNIW^t = BE \cdot WDIR^t / (1 + LR) \quad (42)$$

根据作物灌溉需水，TNIW 能进一步分配到各种作物上。以流域为单元，农作物单产是对水胁迫（Water Stress(ky)）和农产品平均价格（PC）的供给反应函数，包括水稻、小麦、玉米、其它谷物，大豆，土豆，红薯，其它薯类作物。

水分配系数定义为：

$$\pi^{i,t} = \frac{ALLO^{i,t}}{\sum_{cp} ALLO^{i,t}} \quad (43)$$

$$ALLO^i = AI^i \cdot ky^i \cdot [1 - PE^{i,t} / ETM^{i,t}] \cdot PC^i \quad (44)$$

其中， $ETM^{cp,t} = ET_0^{cp,t} \cdot kc^{cp,t}$ 是最大作物蒸腾蒸发量； π 是一个在（0，1）区间上的规模系数（scaled number），并且各作物 π 的和设定为 1。分配到各种作物的有效供水量可以计算为：

$$NIW^{i,t} = TNIW^t \cdot \pi^{i,t} \quad (45)$$

这样，依据种植作物利润、对水胁迫的敏感度和作物灌溉水需求分配水（总

需求减去有效降雨量)。利润高的、或是旱灾更敏感，或是需要更多灌溉水的农作物需水具有优先权。

(三) 有效降雨量

有效降雨量 (effective rainfall, PE) 取决于总降雨量 (PT), 前期的土壤水含量 (SM0), 最大作物蒸腾蒸发量 (ETM) 和土壤特征 (水利引导 k , hydraulic conductivity, 田间土壤含量和其他因素)。在给定了 PT, ETM 和有效土壤水含量, PE 由 SCS 方法进行计算 (USDA, SCS 1967)

$$PE^{cp,st} = f \cdot (1.253PT^{st^{0.824}} - 2.935) \cdot 10^{(0.001ETM^{cp,st})} \quad (46)$$

其中, f 是依据于灌溉水深度的调整系数。

如果每次灌溉水的深度 $DI=75\text{mm}$, 则 $f=1.0$ (47)

如果每次灌溉水的深度 $DI<75\text{mm}$, 那么 $f = 0.133 + 0.201 \cdot \ln(Da)$ (48)

如果每次灌水的 $ID>75\text{mm}$, 那么 $f = 0.946 + 0.00073 \cdot Da$ (49)

灌溉耕地上的每次灌溉用水的深度为 75mm 到 100mm, 在雨养耕地上的灌溉水深度为 150mm-200mm。在上面的结果中, 如果 PE 大于 ETm 或是 PT, PE 等于最小的 Etm 或是 PT。当 $PT<12.5\text{mm}$, $PE=PT$ 。

全球降雨方格 (半个经纬度, 1961-90, 月数) 来自于东Anglia大学用来计算的地区、国家、流域各种作物的总降雨量 (方框 1), 利用SCS方法及作物ET_m和总降雨的数据计算每月作物 (crop-wise) 有效降雨量 (30 年长系列)。

此外, 随着集雨技术的改进, 作物生育期的有效降雨量会提高。集雨技术是用于植物灌溉和其它用途而收集、取用和蓄集雨水的技术, 特别是在干旱和半干旱地区, 其可作为有效的保护水源的工具。集雨能改进农民可用水资源, 增加土壤肥力, 在一些地区生态系统更高的作物生产, 通过降低土壤流失提供更多的环境效益。高级的耕作技术可以增加雨水渗透和蒸发的比例。垄耕技术, 一种典型的土壤水保持技术, 可增长渗透和保留于土壤中的水份。精准平地技术也可增长大渗漏量, 提高有效降雨。一个系数 (λ) 可以用来反映在不同集雨水平下有效降雨量的增长。

$$PE^{*cp,st} = \lambda \cdot PE^{cp,st} \quad (50)$$

三、模型运行程序

模型运行程序如方框 1 所示。模型用于 1 年内每月的水量平衡。通过顺序求解每年的水量平衡, 将各年结果连接起来。气候的时间系列数据来自于 1961~1990 这 30 年的历史记录。此外, 设定一个覆盖 1995-2025 年预测期的单一的历史时间系列的基础情景, 也可设定许多其它水文时间系列。通过多种水文情景方案的统计可以识别不同水文条件下供水的不确定性。

假定基年的期初蓄水量是已知, 的每年的年末蓄水量是下一年年初蓄水量。对那些蓄水能力大的流域, 在模型分析框架中, 年际间的径流管理是可能的。对

于非灌溉用水需求(LVWD, IWDI, DOWD)逐年更新(方程 28-30)。通过预测水库蓄水,用水效率,最大可用水量(Maximum allowed water withdrawal, MAWW)更新基础设施数据。

框图 1 模型运行程序 (For-end 是 GAMS 的一个循环语句)

```

基年 (比如 2000)
For 每一组 i
For 在每一组中每一单个或加总的流域 j
给定基年的需水和供水参数
(包括估计的水库蓄水能力初使值和流入水量值)
求解 WSM 模型得水供给量
End 第 i 组
End 所有的组
预测年 (比如 2001-2050)
For 每一年 k
For 每一组 i
For 在每一组中每一单个或加总的流域 j
更新需水和供水参数,包括从 k-1 年末水库蓄水初使值,从同组内其它单元的流入水量量
求解 (solved, 对每第 1 组, 流入量等于 0)
solve WSM 求解供水是
计算流域 j 的流出量
end 第 i 组
end 年份 k 的所有的组
end 所有的年份

```

模型运行于单个流域,但也可以用于模拟国际界河。一个流域的流出量(outflow, RL)可以作为下游地区的流入量。这点对于一些国际河流是非常重要的,比如,尼罗河(苏丹,埃塞俄比亚,埃及,乌干达,布隆迪,坦桑尼亚,肯尼亚,扎伊尔和卢旺达);湄公河(中国,老挝,缅甸,泰国,柬埔寨和越南)印度河(巴基斯坦,印度,阿富汗和中国);恒河-雅鲁藏布江(中国,印度,孟加拉国,不丹和尼泊尔);亚马逊河(巴西,秘鲁,玻利维亚,哥伦比亚,厄瓜多尔,委内瑞拉和圭亚那);多瑙河(罗马尼亚,南斯拉夫,匈牙利,阿尔巴尼亚,意大利,奥地利,捷克,德国,俄国,波兰,保加利亚和瑞士);尼日尔(马里,尼日利亚,尼日尔,阿尔及利亚,几内亚,乍得,喀麦隆,布基纳法索,贝宁,科特迪瓦);底格里斯河-幼发拉底河(伊拉克,伊朗,土耳其和叙利亚);里奥格兰德(美国和墨西哥)。模型中所包含的流域见后面的附件。

四、联接食物和水模型

模型中的水供求子模块计算流域内每一时期 (NIW^t) 各种作物的有效灌溉供水, 跨度为 30 年。这个模型结果与模拟食物生产、需求和贸易模块联接起来。

图 3 是一个表示联接食物和水模型系统的流程图。每一年初, 假定没有水短缺, $\Delta AC(W)$ 和 $\Delta YC(W)$ 是零, 农作物收获面积和单产由价格、劳动力投入、化肥和其它投入变量及技术进步决定。接下来计算每种作物的可用水量, ΔAC 和 $\Delta YC(W)$, 更新农作物播种面积和单产。接着, 改变农作物产量和库存数, 以此计算食物净贸易额和全球贸易平衡 (为 0, 市场出清条件)。如果没有达到市场出清, 那么农产品的价格就要改变, 模型进入一个新的循环运行直至达到市场出清条件。这时, 农作物的单产和收获面积都是内生的, 依赖于可用水量, 价格和其它农业投入。

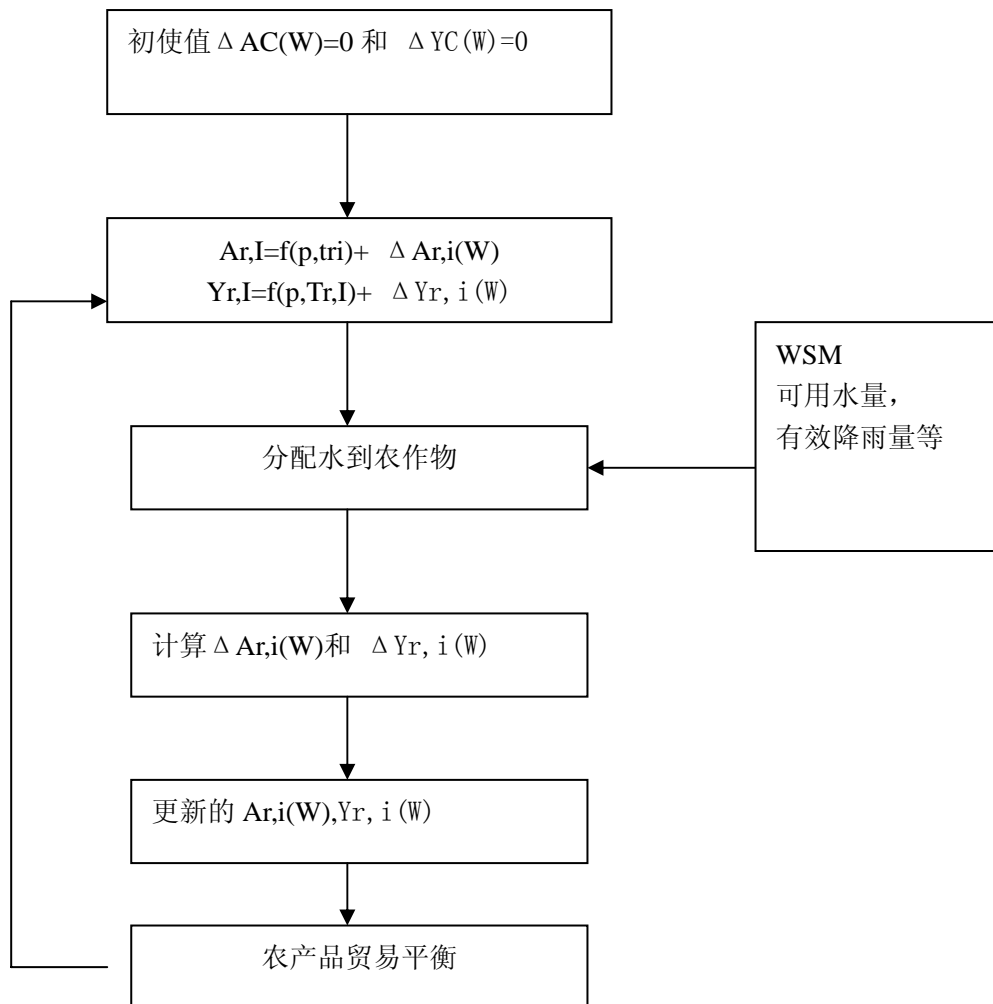


图 3. WAPSIM 程序流程图

主要参考文献:

Rosegrant W. Mark, Claudia Ringler, Siwa Msangi, Timothy B. Sulser, Tingju Zhu and Sarah A.Cline. International Model for Policy Analysis of Agricultural Commodities and Trade: (IMPACT): Model Description, International Food Policy Research Institute, Washington, D.C., June,2008.

http://www.iwmi.cgiar.org/assessment/files_new/research_projects/ICID_WATERSIM.pdf

Fraiture de Charlotte, Integrated water and food analysis at the global and basin level. An application of WATERSIM, Water Resources Management, Volume 21, Number 1 , 2007

附件 1 模型包含的国家和地区

Adriatic(亚得里亚海的地区)	几内亚-比绍
阿富汗	海湾
阿尔及利亚	Iberia (伊比利亚)
阿尔卑斯山脉地区	印度
安哥拉	印度尼西亚
阿根廷	伊朗
澳大利亚	伊拉克
波罗的海地区	以色列
孟加拉国	意大利
比利时-卢森堡	Ivory Coast (科特迪瓦)
贝宁	日本
不丹	约旦
博茨瓦纳	哈萨克斯坦
巴西	肯尼亚
英国 岛	吉尔吉斯斯坦
Burkina-faso	黎巴嫩
布隆迪	莱索托
喀麦隆	利比里亚
	利比亚
加拿大	马达加斯加
加勒比海-中美洲	马拉维
高加索	马来西亚
中部非洲	马里
中部欧洲	毛里塔尼亚
中南美洲	墨西哥
乍得	蒙古
智利	摩洛哥
中国	莫桑比克
哥伦比亚	缅甸
刚果	纳米比亚
塞浦路斯	尼泊尔
吉布提	荷兰
厄瓜多尔	新西兰
埃及	尼日尔
赤道-几内亚	尼日利亚
厄立特里亚	北朝鲜
埃塞俄比亚	北南美洲
法国	巴基斯坦
加蓬	巴布亚-新几内亚
冈比亚	秘鲁
德国	菲律宾

加纳	波兰
几内亚	其它
俄罗斯	斯堪的纳维亚半岛
卢望达	塞内加尔
Sierra Leone (塞拉利昂)	南韩
新加坡	东南亚
索马里	斯里兰卡
南非	苏丹
Swaziland(斯威士兰)	塔吉克斯坦
叙利亚	坦桑尼亚
泰国	突尼斯
多哥	土耳其
土库门斯坦	乌干达
乌克兰	美国
乌拉圭	乌孜别克斯坦
越南	民主刚果
赞比亚	津巴布韦

附 2. 模型包含的河流

Amazon	Lower Mongolia
Amudarja	Luni
Amur	Madagascar
Arabian Peninsula	Mahi Tapti
Arkansas	Mekong
Baltic	Middle Mexico
Black sea	Mississippi
Borneo	Missouri
Brahmaputra	Murray Australia
Brahmari	New Zealand
Britain	Niger
California	Nile
Canada-Arctic-Atlantic	North African Coast
Caribbean	North Euro Russia
Cauvery	North Korea Peninsula
Central African West Coast	North South America
Central America	Northeast Brazil
Central Australia	Northwest Africa
Central Canada Slave Basin	Northwest South America
Yangtze	Ob
Chotanagpul	Oder
Colorado	Ohio
Columbia	Orange
Columbia Ecuador	Orinoco
Congo	Papua Oceania
Cuba	Parana
Danube	Peru Coastal
Dnieper	Philippines
East African Coast	Red-Winnipeg
Eastern Ghats	Rhine
Eastern Australia Tasmania	Rhone
Eastern Mediterranean	Rio-colorado
Elbe	Rio Grande
Ganges	Rest-of-World(Row)
Godavari	Sahara
Great Basin	Sahyada
Great Lakes	Salada Tierra
Haihe	San Francisco
Horn of Africa	Scandinavia

Yellow river	SE Asia Coast
Iberia East Mediterranean	Seine
Iberia West Atlantic	Senegal
India East Coast	Songhua
Indonesia East	South African Coast
Indonesia West	South Korean Peninsula
Indus	Southeast African Coast
Ireland	Southeast US
Italy	Sri Lanka
Japan	Syrdarja
Kalahari	Thai-Myan-Malay
Krishna	Tierra
Lake Balkhash	Tigris-Euphrates
Lake Chad Basin	Toc
Langcang River	Ural
Limpopo	Western Asia-Iran
Lorie-Bourdeaux	Western Australian
Uruguay	Western Gulf Mexico
US Northeast	Yenisey
Volga	Yili He
Volta	Yucatan
West African Coastal	Zambezi
Upper Mexico	Zhujiang River
Upper Mongolia	

附 3. 模型包含的农产品

模型包含的农产品种类有：牛肉，禽肉，羊肉，猪肉，蛋类，奶类，小麦，大米，玉米，其它粗粮，土豆，红薯和山药，木薯和其它薯类，大豆，粗粉，油料，蔬菜，热带和亚热带水果，温带水果，甘蔗，甜菜，甜料，高粱，小米，鹰嘴豆，花生，木豆，棉花。

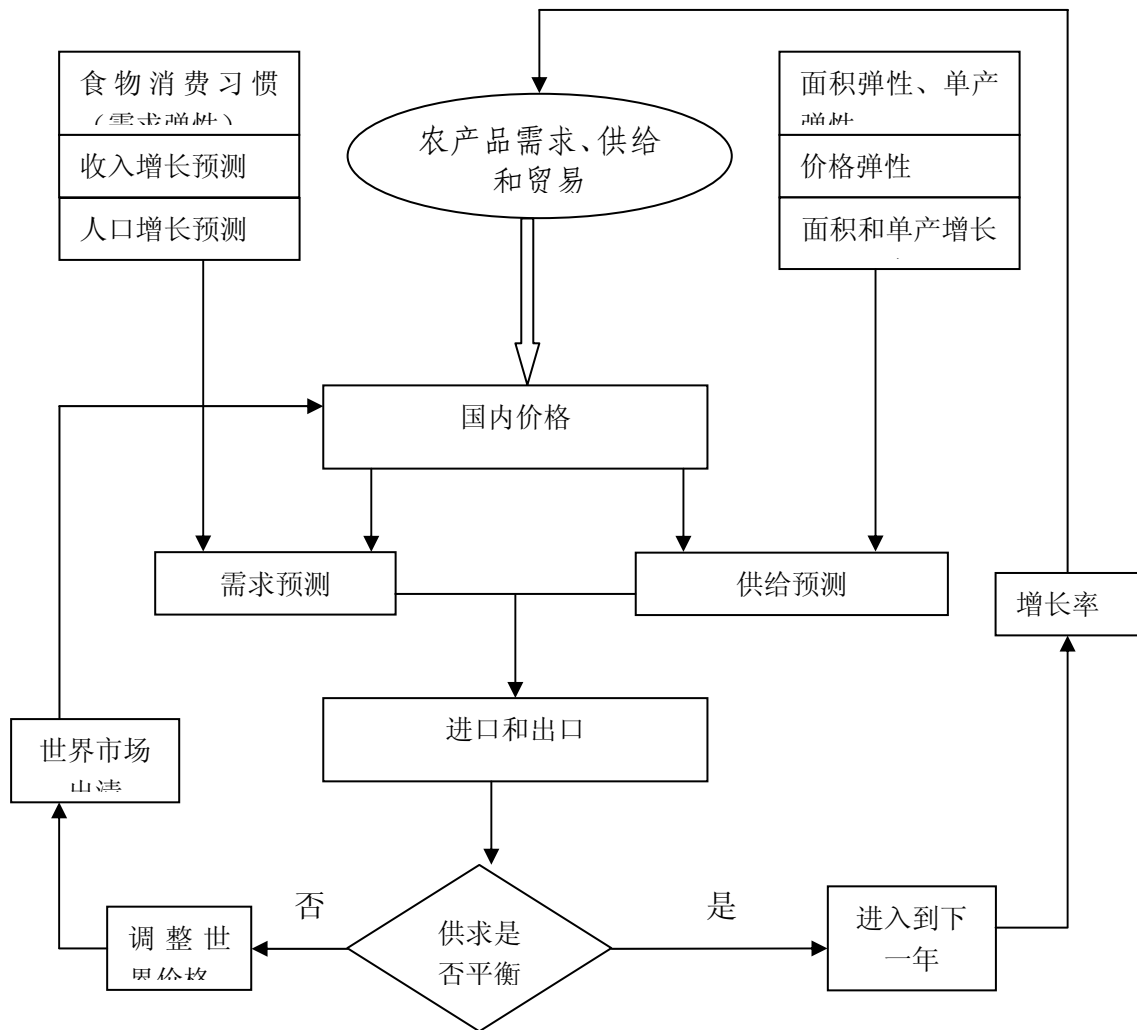


图 1 IMPACT 模型贸易部分概念图

附件 4 模型中的流域代码

Region_ID	Region_name	Region_ID	Region_name	Region_ID	Region_name	Region_ID	Region_name
ADR	Adriatic	DJI	Djibouti	LES	Lesotho	SEA	Southeast_Asia
AEU	Alpine_Europe	DRC	DRC	LIB	Liberia	SEN	Senegal
AFG	Afghanistan	ECU	Ecuador	MAD	Madagascar	SIN	Singapore
ALG	Algeria	EGY	Egypt	MAL	Mali	SKO	South_Korea
ANG	Angola	EQG	Equatorial_Guinea	MAU	Mauritania	SLE	Sierra_Leone
ARG	Argentina	ERI	Eritrea	MEX	Mexico	SOM	Somalia
AUS	Australia	ETH	Ethiopia	MLW	Malawi	SRL	Sri_Lanka
BAL	Baltic	FRA	France	MLY	Malaysia	SUD	Sudan
BAN	Bangladesh	GAB	Gabon	MON	Mongolia	SWA	Swaziland
BEL	Belgium_Luxembourg	GAM	Gambia	MOR	Morocco	SYR	Syria
BEN	Benin	GER	Germany	MOZ	Mozambique	TAJ	Tajikistan
BHU	Bhutan	GHA	Ghana	MYN	Myanmar	TAN	Tanzania
BOT	Botswana	GUB	Guinea_Bissau	NAM	Namibia	THA	Thailand
BRA	Brazil	GUI	Guinea	NEP	Nepal	TKM	Turkmenistan
BRI	British_Isles	GUL	Gulf	NET	Netherlands	TKY	Turkey
BUF	Burkina_Faso	IBE	Iberia	NIA	Nigeria	TOG	Togo
BUR	Burundi	IND	India	NIG	Niger	TUN	Tunisia
CAM	Cameroon	INO	Indonesia	NOK	North_Korea	UGA	Uganda
CAN	Canada	IRN	Iran	NSA	Northern_South_America	UKR	Ukraine
CAR	Central_African_Republic	IRQ	Iraq	NZE	New_Zealand	UNS	United_States
CAU	Caucus	ISR	Israel	PAK	Pakistan	URU	Uruguay
CCA	Caribbean_Central_America	ITA	Italy	PER	Peru	UZB	Uzbekistan
CEU	Central_Europe	IVC	Ivory_Coast	PHI	Philippines	VIE	Vietnam
CHA	Chad	JAP	Japan	PNG	Papua_New_Guinea	WSA	Western_Sahara
CHL	Chile	JOR	Jordan	POL	Poland	ZAM	Zambia
CHN	China	KAZ	Kazakhstan	ROW	ROW	ZIM	Zimbabwe
COL	Colombia	KEN	Kenya	RUS	Russia		
CON	Congo	KYR	Kyrgyzstan	RWA	Rwanda		
CSA	Central_South_America	LBY	Libya	SAF	South_Africa		
CYP	Cyprus	LEB	Lebanon	SCA	Scandinavia		

附件 5 IFPRI（国际食物政策研究所）开发的 IMPACT 模型的背景及应用

IFPRI 在 1990 年开始开发 IMPACT 模型-The International Model for Policy Analysis of Agricultural Commodities and Trade-(农产品贸易政策分析国际模型)。那时，关于减少贫困,解决全球的粮食安全、保护自然资源等方面的行动方案，他们认为政策制定者、研究人员没有一个长期的视角和一致的东西。在 1993 年，IFPRI 启动了 2020 年食物、农业和环境全球长期观察项目。这个项目提供了进一步建立 IMPACT 模型的机会。在 1995 年，模型的第 1 次运行结果作为 2020 年展望讨论报告：2020 年全球食物预测-投资的借鉴意义 (Rosegrant, Agcaoili-Sombillar and Perez, 1995)。报告分析了人口、投资和贸易情景对食物安全和营养改善的影响，特别分析了发展中国家影响。

IMPACT 已经用于几份重要的研究报告，用于分析主要食物品种生产、需求与国家层面上的粮食安全之间的联系。比如，在研究发达国家以肉类消费为主的食物结构与发展中国家的粮食安全的关系的方章-全球谷物与肉类消费可选未来 (Rosegrant, Leach 和 Gerpacio, 1999)；2020 年全球薯类作物预测 (Scott, Rosegrant and Ringler, 2000)，这篇文章详细分析了薯类作物对于贫困人口的食物经济的重要性。研究报告：2020 年的畜牧-未来的食物演化 (Delgado 等, 1999) 分析了近年来收入的增长，发展中国家畜产品需求的上升，进而分析了现在和未来牲畜业的变化和发展以及其政策含义。

IMPACT 模型也用于区域研究，如亚洲经济危机和全球长期食物状况 (Rosegrant and Ringler,2000) 和亚洲农村经济转型：没有完成的演化 (Rosegrant and Hazell, 2000)。这两篇文章主要针对 1997 年亚洲金融危机对地区食物经济的影响。在 2020 年全球食物预测一书中是用 IMPACT 模型分析的最完整的结果 (Rosegrant et al., 2001)。2001 年在波恩，由 IFPRI 主办的主题为 2020 年所有人的可持续食物安全的大会上，详细陈述了需求系统和其它用于预测的数据，包含了全球和主要地区的预测。这份出版物作为 IFPRI 出版的第一份研究报告。这些报告提供给国家和地区政策制定者关于投资的政策建议。用于支持预测的因全球人口和经济增长变化所需要的食物生产和营养水平。IMPACT 还提供了对全球渔业生产和需求预测的第一份综合性的政策评估。结果包含在 2020 年的渔业：全球变化了的供求市场 (Delgado, Wada, Rosegrant, Meijer and Ahmed, 2003)。用 IMPACT 模型分析框架发表的分析报告可参见有关的文章，包括了为国际组织，如世界银行，亚洲开发行，联合国粮农组织和一些国家的研究报告。

虽然最初的 IMPACT 模型用来评价全球食物生产和市场行为的主要的农业部门模型得到了政策研究学界的认可，它也以正常的气候条件为基础，作为 30 年预测期的基本假设。这样，每年的气候变化对于食物生产、需求和贸易的影响就没有包含在模型或是在结果中反映出来。水需求和供给变化，特别是非农部门用水的增长，每年的降雨和径流的变化影响到将来的食物生产、需求和贸易。鉴于此，IFPRI 和其它单位合作，建立了更直接的水与食物关系的综合分析框架。研究的结果就是将 IMPACT-WATER 模型发展起来，将原来的 IMPACT 模型与水

模型（Water Simulation Model, WSM）结合起来，分析全球和地区的不同经济部门的水量供求平衡。

IMPACT-water 模型，将 IMPACT 和 WSM 联结，以可用水资源作为可观察到的径流和蓄水变量，来检验可用水资源量对食物供给、需求和价格的影响。这个分析框架可以用来考察不同空间尺度上的水资源与食物需求、贸易的关系。这个尺度包括流域、国家和地区及全球范围。模型首先在流域尺度上评估水供给、需求和农作物生产，农产品产量加总。在国家尺度上模拟食物需求和贸易。最初的 IMPACT 模型将全球分成 36 个国家和地区，现在的 IMPACT-WATER 模型将全球细分为 281 个食物生产单元，代表了 115 个经济区、126 个流域在空间上的交叉。主要是因为原来的地区太大，在地区骨的气候和水文变化太大，不适合用于水资源评估和模拟。当前的 IMPACT-water 模型中，中国、印度和美国（这三个国家生产了全球 60% 的谷物），分别分成了 9 个、13 个和 14 个主要的流域片。其它国家和地区分别包含在其余的 90 个流域中。

正在进行的研究将农产品扩展到 40 个，包含了已捕获和水产业中养殖的渔，坚果，棉花、饲料和主要的旱作物和豆类、比如高粱、小米、鹰嘴豆、木豆。考虑到半干旱热带地区中旱作物和其它饲料作物与牲畜之间的突出关系，进一步对全球油料、肉类和奶类需求预测是极为必要的。包括水产品在内的主要农产品，在全球水资源需求中是极为重要的，也包含在了模型中。

用 IMPACT-water 模型模拟的以各种方案为基础的政策分析出版在 2025 年全球水与食物：解决短缺问题（Rosegrant, Cai 和 Cline, 2002）一书中。另外一篇利用 IMPACT-WATER 结果作政策评估的研究文章，用于北美环境合作委员会，叫做模拟水与食物安全：IMPACT-WATER 模型在北美地区的应用（Rosegrant, Runge 和 Cai）。主要研究 NAFTA（North America Free Trade Agreement）对北美地区的水与食物生产利用的影响。IMPACT-WATER 模型目前也用于世界银行的报告：农业在千年发展目标（Millennium Development Goals）的作物。另外还有用于美国环境保护局（EPA）关于中国水稻在温室气体减排中的作用。