

流域水循环与 水资源演变规律研究

中国水利水电科学研究院水资源研究所 编译



科学出版社
www.sciencep.com

流域水循环与水资源 演变规律研究

中国水利水电科学研究院水资源研究所 编译

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书收录了近年来在国外高水平期刊中发表的有关水文水资源领域的论文 28 篇,内容涵盖现代流域规划和管理通用工具开发、全球与区域水循环模拟、模块式模型系统、分布式水文模型、基于遥感信息的蒸发量计算等。书中研究的流域对象遍布欧洲、北美、南美、亚洲、非洲,既有全球、全流域级的大范围水循环模拟,也有单个城市、灌区等的局部水循环研究。

本书可供国内从事水资源、水文模型、水利规划等专业研究的科技人员及高等院校相关专业的师生阅读和参考。

图书在版编目(CIP)数据

流域水循环与水资源演变规律研究/中国水利水电科学研究院编译. —北京:科学出版社,2008

ISBN 978-7-03-022713-3

I. 流… II. 中… III. ①水循环-文集 ②水资源-文集 IV. P339-53
TV211.1-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 119867 号

责任编辑:何舒民 任加林/责任校对:耿 耘

责任印制:吕春珉 /封面设计:耕者设计工作室

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新 蕾 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2008 年 9 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2008 年 9 月第一次印刷 印张:21 3/4

印数:1—1 000 字数:700 000

定价:80.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

销售部电话 010-62134988 编辑部电话 010-62132124(BA08)

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229;010-64034315;13501151303

序

全球环境变化与可持续发展是当今人类社会面临的两大重要挑战,水是人类社会和自然生物赖以存续的基础。自近代工业化以来,由于生产力的快速发展,世界人口迅速膨胀,人类社会生活及工业、农业、景观生态用水大量增加。世界上许多地区,尤其是干旱、半干旱地区人与自然的用水矛盾逐渐凸现,愈演愈烈。我国过去在人本主义的思想指导下,社会经济用水大量挤占自然生态用水,带来一系列的生态环境问题,诸如河道断流、地下水超采、土地荒漠化等。解决这些矛盾需要深入研究流域水循环与水资源演变规律,提出适合我国国情的社会经济发展和水资源开发利用、保护规划,实现人水和谐发展。

国际上越来越多的学者、研究团体、决策机构加大了对流域水循环机理与区域水资源演变规律的研究,特别是对流域内“自然—人工”二元水循环过程的耦合研究促成了水资源学与水文学、水环境学的交叉融合,带来了自然科学方法与社会科学方法的结合契机,催生了一些跨学科的研究热点,例如欧洲共同市场委员会(Commission of the European Communities)等资助的“AQUADAPT”项目,即联合了13家科研机构和来自7个国家的工业界同行,研究内容涉及人类社会与自然资源的相互作用及演变机理、建筑/社会/经济/农业/区域发展的综合规划平台,研究成果的最终目标是为半干旱地区提供流域层次、变化条件下的水资源战略规划和管理等多目标的决策支持信息。我国科技部也在水资源问题突出的海河流域设立了“973”研究项目——“海河流域水循环演变机理与水资源高效利用”,研究目标之一即是通过人类活动干扰下的流域水循环及伴生过程演变机理与规律的揭示,为人类活动密集的缺水流域水循环及生态与环境过程的整体调控奠定科学基础。此外,许多国家,诸如美国、德国、日本、印度、南非、巴西等的研究者,都开展了流域水循环模型、水与土地/覆被变化以及社会经济发展间的相互作用、土壤和地下水运动过程、流域信息获取与处理技术等方面的研究,取得了丰富的研究成果。这些成果陆续发表在国际杂志和一些成果报告中。中国水利水电科学研究院水资源研究所借助海河“973”项目研究的契机,查阅了大量的文献,精选出了其中的具有一定代表性的论文,并翻译成中文。作为海河“973”项目的首席科学家,我很欣慰地看到反映这些成果的高水平论文能够集册出版,方便国内从事该领域研究的专家、学者阅读和参考。

本译文集共收录国外研究论文 28 篇,内容涉及现代流域规划和管理通用工具开发、全球与区域水循环模拟、模块式模型系统、分布式水文模型、基于遥感信息的蒸发量计算等。研究的流域对象遍布欧洲、北美、南美、亚洲、非洲,既有全球、全流域级的大范围模拟,也有单个城市、灌区等的局部研究。译文集的论文选材广泛,内容丰富,为水文水资源领域的研究人员提供了很好的参考和借鉴材料。愿本译文集能成为国内研究人员观察国外同行研究成果的一扇窗户,增进国际交流,推动水文水资源及相关领域的学科发展和技术进步。



2008.8.22

前 言

伴随着世界范围内环境和资源问题复杂性的增强,流域水循环与水资源演变研究领域也在新方法、新技术、新问题的指引下不断拓展,国际上涌现出了许多针对目前水资源管理、评价、模拟模型的研究成果,并且这些方法和模型也已经在处理水资源问题中得到了广泛的应用。在这样一个世界范围的研究背景下,我国的流域水循环与水资源研究也取得了长足的进步,但由于我们面临的水资源问题的特殊性,与发达国家相比,在这一领域的研究范围还有待扩展,研究方法还需丰富,最直接办法就是从国际前沿领域汲取营养。

《流域水循环与水资源演变规律研究》涉及了当前的水文模型、水资源管理模型在世界各大洲的应用与进展,主要内容包括:流域范围内宏观和微观尺度上模拟气候和土地利用变化对水文循环的区域性影响,并为了避免这种影响提出政治和技术措施;SWAT 模型在水资源管理应用研究中的最新进展;基于 GIS 的 SWAT 模型在模拟流域水文现象、水平衡过程时空变化;采用 GIS 建立地表水、地下水运动的模拟模型和评价决策支持系统;流域尺度的水文综合模型,包括地形、地质条件、土壤、降水和土地利用等参数的水量和水质综合模拟;能够应用于水与环境资源管理的模块式模型系统(MMS)等。上述内容均为目前水循环与水资源演变研究领域的国际最新研究成果,基本涵盖了这一领域的各个方面,可作为目前水循环研究领域进展的一个缩影,亦代表了该领域目前的国际研究水平。

基于以上特点,可以预见本书的相关内容对于我国在水循环和水资源演变研究领域具有重大的应用价值,主要体现在:

(1)有助于针对我国当前高强度的人类活动对水文循环的影响,提出如何降低这种影响的措施,以及面对无法避免的气候和土地利用变化等提出相应的应对策略。

(2)有助于扩展我国水循环和水资源演变研究的范围,详细刻画流域水文地质的参数能够较好地模拟流域,为评估水资源合理配置方案和制定水资源管理政策提供更加有力的工具。

(3)有助于为人水和谐理念在水资源管理中的应用提供科学依据,同时引入各种模拟和优化模型对当前的水问题进行针对性地研究,可以有效地避免过去研究范围和结果的单一,能够从一个更加宽泛的角度来审视水问题。

本书的出版首先要感谢国家重点基础研究发展规划项目——海河流域水循环演变机理与水资源高效利用(2006CB403401);其次要感谢本次收录的原文作者,是他们的集体智慧使我们能够有幸看到如此新颖的研究思路和极富创造性的成果;同时要感谢在出版前对翻译进行校核的各位专家,没有您们的帮助本书就不可能出版;还有文章的翻译

人员以及为这项工作付出了辛勤劳动的其他所有人员,没有大家的努力译文集也难以付梓。翻译是一门艺术,它不仅需要扎实的专业知识,而且还需要丰富的人文素养。对于译者们来说,翻译这些处于该领域学术前沿的研究成果,无疑是一种巨大的挑战。尽管译者们竭力完整地表达文章的原意,并保持各自的论述风格,但由于翻译水平有限,书中难免出现译文不当之处,敬请读者不吝赐教。最后需要说明的是,由于本译文集出版仓促,有少数原文作者由于没有查到具体的通信方式,没能及时取得联系,如有疏漏不妥之处,请与我们联系,网址:dwr-wec@iwhr.com。

目 录

序

前 言

SCAPT 模型研究报告	1
易北河流域宏观与中观尺度上的水文模拟	21
SWAT 模型在水资源管理中应用研究进展	31
城市化流域水文循环改善情况的定量评价	42
对 1965~1994 年 Weser 流域水平衡过程时空变化的模拟	46
美国新墨西哥州半干旱的 Estancia 内流域径流模拟及评估	60
基于 GIS 的大型灌区地下水评价决策支持系统	71
基于不规则三角形网格(TIN)的完全分布式模型在模拟流域水文响应中的应用	88
基于水文模型系统的连续水文模拟研究	113
利用卫星资料以及气象资料估算斯里兰卡的蒸发量	126
流域尺度的水文综合模型	137
流域环境水力(WEHY)模型:模型应用	150
模块式模型系统(MMS)——用于水 and 环境资源的管理工具	164
气候和土地利用的变化对于半干旱德国流域水量平衡的可能影响	175
全球性水文模型计算水资源量指数-模型的调整与验证	186
土壤和地下水带运动过程的建模与模拟	208
西尼日尔萨勒赫地区一个半干旱、内陆河流域的水文过程模拟——基于模型的 数据分析和筛选	215
遥感数据在南非东北开普省(NECP)大规模造林区的分布式水文模型参数化中的应用	229
用基于 GIS 的 SVAT 模型模拟集水区水文现象	236
用于一个半干旱山区流域的综合地貌与水文地质 MMS 模型框架	248
运用 GIS 对影响水库水质的流域物理属性进行空间展布	255
中尺度土地利用和气候变化影响评价	260
基于多目标分析的水资源规划群决策方法	273
分布式水文模拟中的模型设计、尺度和参数评估等问题的组件化方法	287
跨地区水资源规划模型	299
纳米比亚商业农场区水资源评价的案例研究	305
基于热力学理论利用遥感数据推算空气温度	315
内蒙古西部牧区生态修复研究	328

SCAPT 模型研究报告

本章作为 Aquadapt 计划工作 1 组的 6 号发行原理性文件,是一个详述土地利用绘图、方案的模型集成方法、数据可用性和确定的数据需求、SCAPT 算法的建议以及用水标准细则的报告。这个报告采用了与 Aquadapt 计划工作组 1~9 号发行文件相同的用水标准。

1. SCAPT 模型未来的末端使用和应用

这个工作包的成果将会是一个战略上的流域分析和规划工具(Strategic Catchment Analysis and Planning Tool,简称 SCAPT)。其目的在于将基于人类活动的用水与流域水循环结合起来,分析当社会经济和自然环境条件发生改变时,水的供应、需求和使用的反应结合机制。本报告采用 SCAPT 模型在 Hérault 流域(法国)的应用作为实例。

SCAPT 模型的目的是用来模拟用水对 Hérault 流域内水质及其可用性的影响,为末端用户对流域尺度的水质和水量管理提出和制定合适的策略。模拟的影响因素包括:

- (1)土地利用变化和发展计划。
- (2)气候变化。
- (3)城市和工业用水技术和方法的变化。
- (4)蒙彼利埃市向东扩展所导致的流域内预期人口增长。

SCAPT 模型可以被政策制定者们用来探测可能的方案,目的是为了映射不同政策下的行为范围,确定可能的非预期问题以及确定更宽广的区域政策范围内的有效并具有适应性的水资源管理政策。

SCAPT 模型的操作需要用户为研究提出一些方案。输出会以一种可以显示明确意义及结果的方式提供对流域内水资源的水质有影响的信息,例如一个显示“可接受”、“警戒线”和“失败”的仿交通红绿灯系统。输出结果会包括区域内的详细水质目标、特定区域水质退化的灵敏度以及水资源及各种用途水体的可用性。最终输出结果可以为当地和流域范围内供水的可持续水平提供一些信息,包括可用水量的多少和水质适用性、不断变化的利用和环境条件下的水环境容量以及对当地或国家制定的环境质量标准的服从。假若给予 SCAPT 模型精确的用水活动描述,它就可以检查流域内从整个流域、个人用水以及断面观点上看的水资源使用的可持续性差额。

SCAPT 模型的发展动力是为了显示人类环境空间及行为上的变化以及这些变化对水文系统的影响。SCAPT 模型还会通过限制或促进各种水依赖社会——经济结构土地区域(住房、工业、农业、葡萄种植业)的发展来模拟土地利用——社会对于资源可用性的反应,可以是对水的可用性的反应,也可以是对其他独立变量的反应(如计划限制)。合成的模型还可以模拟流域用水系统,其输出可用来探测弹性、潜在适应性、占据和共同进展。

1.1 SCAPT 模型综合

图 1 显示了整个 SCAPT 模型的结构,有 3 个相互联系的独立组成部分。

(1)土地利用覆盖变化模块(Land Use Cover Change,简称 LUCC),从空间角度描述了土地利用的类型,转变规则,适宜性和临界的水资源需求。

(2)一个详述了流域内(包括地表水和地下水)水资源的环境分布的水文模块。

(3)用水模式模块(Water Use Profile,简称 WUP),生成了包括需求、水质影响、蓄水和治理作用在内的用水特性。

土地利用模块详细说明了土地利用类型的空间分布。这些土地利用类型会决定需求和使用水资源

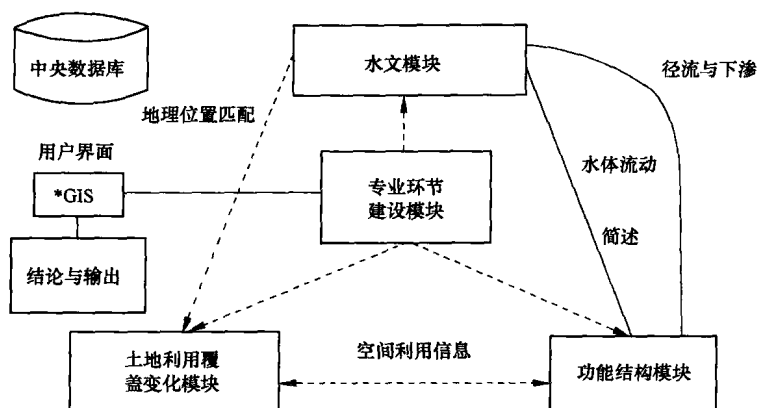


图1 SCAPT 模型结构

的用水模式模块(WUPs)。WUP 模块使用水文模块来决定不同来源水资源的可用性,并模拟这些水各种用途的使用。WUP 模块包含了水依赖活动(WUPs)的主要部分(包括花园灌溉、洗涤、餐饮、清洁等其他生活用水以及漂洗、冷却等工业用水),这些联合起来形成了一个统一的功能或经济体。就是这些用水活动以及它们之间的关系定义了对整个结构的用水影响。这些活动的特性定义了土地利用类型对流域内水资源的影响。

1.2 土地利用覆盖变化模块

土地利用覆盖变化模块(LUCC)会模拟 Hérault 流域内不同土地利用和土地覆盖类型对水文压力、计划分布带、额外压力(如人口变化)和生态变化活动的反应机制。自然植被、农业、葡萄种植业和城市土地利用覆盖类型分别代表了 Hérault 流域内的自然、半自然、人工和建筑地貌。

1.3 用水模式模块

SCAPT 的用水模式模块(WUP)推进了流域内确定的土地利用实践活动固有的各种水依赖活动的影响的模拟。土地利用指定提供了土地利用类型的空间分布,用水模式表述了水量、人工水量和基于土地的用水需求。

1.4 水文模块

在 SCAPT 模型的操作中会使用一个分布式水文模型来反映 Hérault 流域内的 3 个主要蓄土层类型,分别是结晶体、喀斯特和淤积层。土壤-气候-土地利用模块根据这些蓄土层和降雨数据,就可以计算出大气回流、表层/陆地速率和有效下渗流量。每一层蓄土层流向河流或邻近的蓄土层,流量会被观测下来。

2. SCAPT 模型的数据可用性

BRGM 已经为研究得到了相关的数据库。这些数据主要是关于 Hérault 流域的。其包含的数据被相关数据类型本质所显示和描绘,即为空间的和非空间的。

2.1 空间(GIS)数据库

提供的空间数据库可以根据空间数据类型进一步划分。

2.1.1 矢量空间数据库(表 1)

表 1 矢量空间数据库

文 件	比例尺	来 源	数据类型
Hérault 水库	1/50.000	BRGM	矢量
河网	1/50.000	IGN(BD Carto)	矢量
社区	1/50.000	IGN(BD Carto)	矢量
主要城市	1/50.000	IGN(BD Carto)	矢量
水文网	1/50.000	IGN(BD Carto)	矢量
湖泊	1/50.000	IGN(BD Carto)	矢量
灌区	1/50.000	BRGM	矢量
地下水集水处	1/25.000	SAC34	
地质概况	1/50.000	BRGM	
水文地质薄弱区	1/50.000	BRGM	矢量
土壤有效含水量	1/1.500.000	INRA	矢量
主要水文地质区域	1/50.000	BRGM	矢量
城市人口统计		BRGM	矢量

2.1.2 网格数据库(表 2)

表 2 网格数据库

文 件	比例尺	像素/m	来 源	数据类型
DTM	1/50.000	50	IGN (BD Carto)	网格
CXX_XX.tif	1/25.000		IGN (Scan 25)	图形
2000 年土地利用情况	1/30.000	20	BRGM - SPOT	网格
1987 年土地利用情况	1/30.000	20	BRGM - SPOT	网格
1m 的 I konos 文件(Agde)	1/1.000	1	BRGM - I konos	图形
4m 的 I konos 文件(Ganges)	1/5.000	1	BRGM - I konos	图形
4m 的 I konos 文件(Agde)	1/5.000	1	BRGM - I konos	图形
25/11/1999 的 SPOT 文件	1/30.000	20	BRGM - SPOT	图形
28/08/2000 的 SPOT 文件	1/30.000	20	BRGM - SPOT	图形
21/05/1987 的 SPOT 文件	1/30.000	20	BRGM - SPOT	图形
31/01/1987 的 SPOT 文件	1/30.000	20	BRGM - SPOT	图形

2.2 非空间(平面)数据库(表 3)

表 3 平面数据库

文 件	内 容
经济数据	[8 方面:(法语)]
ETP 数据	(1 方面:蒙彼利埃机场)

续表

文 件	内 容
Orphimède 数据	(9 方面;加上一个更深层的 Uclas 极限数据)
压力测定数据	(48 项内容)
降雨量数据	(23 项目测数据,52 项目测及平测数据)
SPOT 灌溉需求分类	社区需水分类有以下数据:2000 年 5 月,2000 年 6 月,2000 年 7 月,2000 年 8 月,2000 年 9 月,1987 年 5 月,1987 年 6 月,1987 年 7 月,1987 年 8 月
SPOT 土地利用概要分类	社区(2000,1987)土地利用概要包括夏播作物、草地、冬播作物、停车场、森林、葡萄园、密集型葡萄园、稀疏型葡萄园、水面、道路、低密度城市、高密度城市
农业统计部门监测数据	贯穿水库的 273 个站点资料 社区信息:人口(1990,1999)、农业统计概要(2000,1988,1979)并包含 SAU réelle、SAV_RGA、耕地、谷类、森林、草地、葡萄园、果园、蔬菜、大棚、小麦、油菜籽
需用水情况	2000 年社区对夏播作物灌溉用水的分配情况及最终的实际用水情况

3. SCAPT 模型各模块描述和算法

3.1 水文模块

见 BRGM 水文模型说明文件。

3.2 土地利用覆盖变化模块

土地利用发展模型(LUCC)是一个网格结构(土壤气候网格)模型,见图 2。所有的土地利用种类以

14 类土地利用开发网络



土地网格不断发生变化

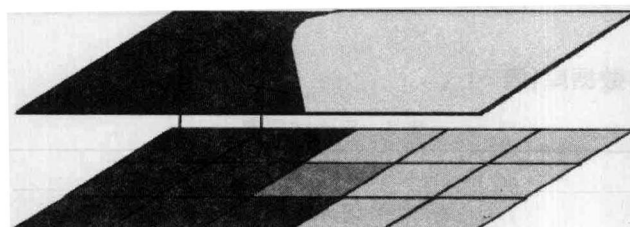


图 2 土地利用发展模型示意图

在 $2\text{km} \times 2\text{km}$ 的网格内的覆盖百分比形式被展示出来。一些土地利用种类如农业——冬夏庄稼、葡萄种植业和自然植被直接表现成从有 1~14 类的 SPOT 土地利用网格转化来的网格。种类 13 和 14 代表城市土地利用,其复杂性会在 4.3 节中简要说明。

3.2.1 单元自动控制

用单元自动控制法(Cellular Automata,简称 CA)来模拟土地利用变化,特别是在市区内或市区周围地区,在过去 10 年中正越来越深入地进行研究。Geonamica 的 GIS 和 White、Engelen (Engelen, et al., 1993, 1999, 2000)发展的模拟环境中所运用的限制单元自动控制是一个相对来说计算量不大,容易处理 1000×1000 网格地形的例子。

在上面提到的例子中(有一个是可以从网上下载的)有更全面的描述,但主要的意思就是研究区域(比如一个流域)用一种网格单元形式来表征。单元可以是一种不连续状态,或者增加其他属性和特征,为了进一步的表征如人口密度,植被生物量等信息。这些属性和特征可以作为常量来表示,也可以通过 CA 中内含的对不同作用(如植物生长)的微动力模型计算而得。微动力模型可以从单元以及地形水平得到信息,也可以为它们返回信息,提供了一个连接各种水平的机制。

CA 模型中的单元网格的状态变化基于他们现有的状态(和可能的属性/或特征)和在一个特定的统一相邻关系定义(Engelen 等, 1999 年中以 8 个单元网格作为半径,包含的 196 个单元网格作为相邻网格)下的相邻单元网格的状态。模型中每种状态的单元网格数量决定于土地利用类型时间序列和区域发展计划预报,或者是通过应用一个外部的但可以被连接的宏观动力模型决定。使用了一种转换机制来决定每个单元从它现有的状态转换到其他每一种可能状态的可能性。单元状态变化可能性通过下面形式的方程来计算

$${}^tP_z = v({}^tA_z)^a (S_z)^s ({}^tZ_z)^p ({}^tN_z)^n$$

式中: tP_z —— t 时刻一个单元转化为 z 状态的可能性;

v ——随机混乱调整参数(大多数值只用较小的调整,只有一些需要较大的调整);

tA_z ——单元网格的可达性(一般是网状路径);

S_z ——单元对于土地利用 z 的适宜度(0~1);

tZ_z —— t 时刻单元对于土地利用 z 的分区状态;

tN_z —— t 时刻相邻单元对于该单元对应土地利用 z 的影响为

$${}^tN_z = \sum_d \sum_i w_{zyd} {}^tI_{di}$$

(其中: w_{zyd} ——与一个特定单元相距 d 处于土地利用 y 的相邻单元把这个特定单元从土地利用 y 转变为 z 的权重因子; ${}^tI_{di}$ ——如果 t 时刻相距为 d 的单元处于 y 状态,其值为 1,其他情况下的值为 0)。

每一种状态对应于每一种可能的状态转化的权重因子可以从 -100(最大转化排斥)变化到 +100(最大转化吸引)。单元的状态转化依赖于它们自身的潜力和外界因素确定的每种状态单元数目。单元根据它们自身转化到每种状态的潜力排序,高潜力的首先转化,直到每种状态的单元数目已满。一旦这个过程结束就进入下一步的时间分级。在微动力模型的更新中就可以预先插入这一步(Engelen, et al., 2000)。通过这个随机的分级配置过程,在结束时单元可能不在它的最高转变潜能状态。

除了一些可以转换状态的单元,有些单元,或是在单元之上的向量可以是影响状态转化动力但它们自身不变化的静态物体,或是包含这样的特征。

SCAPT 模型的 LUCC 模块会使用一个改进的 CA 法版本,利用一个已经存在的土地利用覆盖(Land-Use Cover,简称 LUC)类型分级发展而来,并由 BRGM 在 Herault 流域进一步发展并加以应用。每一个 2km 的网格单元会通过它对每一个 LUC 类型的对应百分数来表征。这与 Engelen 等所使用的方法中一个网格单元只能有一个状态是不一样的。

单元中每种土地利用类型所占的比例会发生变化,这种变化由内部条件如水资源可用性(如果可用水不够,这种 LUC 类型所占比例就会减小)、单元对每种 LUC 类型的适配性(基于一些物理属性,如坡度、

网络路径的接近等)、计划的发展分布带(不管一个 LUC 类型是否允许)、LUC 类型间的空间关系(城市结构更有可能在已经存在的城市结构周围发展)和时间(一些由生态作用引起的 LUC 类型变化可以用一个时间上的最小周期来表示)来决定。外部因素(由 SCAPT 用户来确定)如人口数量变化会决定 LUCC 的整体性质,每一种 LUC 类型的总面积比例连同内在因素会决定 LUC 类型的分布,并控制水资源压力引起的变化。LUC 类型可以依靠内部或外部因子来增加或减少它们在每个单元中所占的百分比,比如由于人口增加或减少,城市化类型可能增加或减少。增加或减少的具体地点由内部因子决定。

LUCC 模块正式的分类工作正在进行中,见表 4 中列出主要的内容。

表 4 LUCC 模块分类

项 目	条 目	描 述
独立变量	适宜性因子	每一个主要的物理因素都对应于一个 LUC 类型,影响着这个计算单元对那个 LUC 类型的适宜性,例如:坡度(角度/景象)
	水资源 (数量和质量)	水资源通过关键的水需求影响 LUC 类型的动态
	LUC 类别距离计划带	在一个单元内每种 LCU 类型是否发生取决于计划的规则
非独立变量	LUC 类别	土地利用类型——每个单元都有各种类型所占的百分比
空间尺度	2km×2km 计算单元	覆盖 32 630km ²
时间尺度	月步长	运行周期为 30 年

3.2.2 AQUADAPT(LUCC)土地利用转化

下面的表 5 中列出了 SCAPT 模型框架内所有可行的土地利用覆盖类型转化,具体各类地区的土地利用类型见表 6~表 8。这些表格应该这样来理解——一个给定的土地利用类型能否转变为另一个,或者这种情况是否有一个合理的可能性,如果有,什么是相关影响的关键因素?

表 5 SCAPT 模型中的土地利用类型分类

编 号	英 语	中 文
1	Summer Crops	夏播作物
2	Grassland	草地
3	Winter crops	冬播作物
4	Garrigue	停车场
5	Forest	森林
6		
7	Vineyard	葡萄园
8	Dense Vineyard	密集型葡萄园
9	Sparse Vineyard	稀疏型葡萄园
10	Water	水面
11	Roads	路面
12	Suburban	郊区
13	Urban	城市
14	No Data	没有数据

这些表格通过采纳的主要地形带来分类,分别是山区、岩溶高地和淤积山谷地带。注意这些转变是应用在流域中一个 2km×2km 的网格内,而在网格内只有土地利用类型的相对比例(不是地理位置)是

已知或可预见的。

表 6 山区土地利用类型

项 目	夏播作物	草 地	冬播作物	停车场	森 林	葡萄园	稀疏型葡萄园	城 市	郊 区
草地	只有灌溉的地方		落水洞内	由于社会变化				由于生长	由于生长
冬播作物		因社会变化		由于搁荒				由于生长	由于生长
停车场		由于改进	因社会变化		由于自然过程			由于生长	由于生长
森林		但坡度受限	土壤贫瘠	由于自然过程					但坡度受限制

表 7 岩溶高原土地利用类型

项 目	夏播作物	草 地	冬播作物	停车场	森 林	葡萄园	稀疏型葡萄园	城 市	郊 区
草地			水制约	由于搁荒				由于生长	由于生长
冬播作物		由于生长		由于搁荒				在大于5%的地方	在大于5%的地方
停车场					由于自然过程			由于生长	由于生长
森林		由于社会改变		由于自然过程					但坡度受限制

注:1)在岩溶盆地地层,制限岩溶草地为网格单元的5%;

2)在天然泉域附近地区限制城市的发展;

3)将冬播作物视为极为不可能出现的;

4)将葡萄园视为岩溶地区少量但固定的重要特征;

5)土地所有权问题关系到停车场土地利用。

表 8 淤积山谷地区土地利用类型

项 目	夏播作物	冬播作物	停车场	森 林	葡萄园	密集型葡萄园	稀疏型葡萄园	城 市	郊 区
夏播作物			由于搁荒		由于社会变化	由于社会变化	由于社会变化	由于生长	由于生长
冬播作物	水制约		由于搁荒		由于社会变化	由于社会变化	由于社会变化	由于生长	由于生长
停车场	由于资金制约	由于搁荒		由于自然变化	由于社会变化	由于社会变化	由于社会变化	由于生长	由于生长
森林			由于自然变化						

续表

项 目	夏播作物	冬播作物	停车场	森 林	葡萄园	密集型葡萄园	稀疏型葡萄园	城 市	郊 区
葡萄园	由于社会变化	由于社会变化	由于搁荒			由于社会变化	由于社会变化	由于社会变化	由于社会变化
密集型葡萄园	由于社会变化	由于社会变化	由于搁荒		由于社会变化		由于社会变化	由于社会变化	由于社会变化
稀疏型葡萄园	由于社会变化	由于社会变化	由于搁荒		由于社会变化	由于社会变化		由于社会变化	由于社会变化

注:1)对于夏播作物灌溉用地是首选的种植地,而且即便不灌溉地也不可能转变为其他土地利用类型;

2)由卫星对冲积平原的草地分类特别在半城镇地区都是基于“I konos”的观点,因此没有包括这个目录;

3)冲积平原的森林包括果林,尽管在流域上游它们不可能是同一类型的森林,所以它们在这里必须特别对待。

转变包含于生态环境变化中——因此,从草地直接到森林的转变是不认可的,而从草地到garrigue,然后从garrigue到森林被认为是两个独立的阶段。

最后,模型会以一种对话的形式很好地向末端用户展示这些表格,由此用户要为每一个点输入一个可能性值(或保留默认值)。

3.3 用水模式模块

3.3.1 模拟水资源的各种不同使用的重要性

流域内个体的行为特征不是同源或空间相关的。不过个体的用水行为是这个模型的基础。SCAPT模型用来展示水文系统和人工结构(自然的、经济的以及作为一个社会反应机制)的动态交互作用。模型通过考虑到社会中各自用水行为的个性,调整它们的行为来适宜他们自身、整个社会或是说环境,来展示对水资源可用性作出反应的用水行为特征以及其随时间的变化,和发展可持续社会的政策体制。

SCAPT的用水模式模块推进了Hérault流域内确定的土地利用实践活动固有的各种水依赖活动的影响模拟。土地利用指定提供了土地利用种类的空间分布和关键的水需求,而用水模式则描述了人工水依赖作用的水质和水量需水模式,这些用水作用的供水既来自水文系统也来自供水网络。

用水模式根据土地利用类型被粗略地分为城市、工业、农业、葡萄种植业(详见SPOT土地利用类型1~14)和外部需求结构如蒙彼利埃市(在流域之外但即将会扩展到Hérault流域上游)和通过管道接受来自流域下游水资源的灌区土地。

用水模式由很多个用水过程(Water Dependent Processes,简称WDPs)组成,这些用水过程组合形成一个具有综合功能的经济实体。用水过程就是接收水并由于它的使用对水资源造成改变的一些作用。就是这些用水作用以及它们之间的关系定义了对整个用水模式结构的用水影响。这些作用的特性定义了土地利用类型对流域内水资源的影响。

用水模式类型会联合土地利用类型和它们内部确定的子类型,还包括典型的水需求和水依赖作用的灵敏性。由于不同的用水作用有不同的用水需求、水质影响以及回收潜力,水依赖作用必须被一个单独处理,但也要通过一个网络与其他作用联合起来。土地利用对象设置由SPOT图像分类定义为1~14个类别,可以通过下面的方式来粗略地分类:

- (1)依靠人口密度的用水分类——城市/工业(12~14)。
- (2)依靠面积的关键水需求——农业/葡萄种植业(1~10)。
- (3)水(11)。

3.3.2 用水模式和关键水需求

Hérault流域内每一个地面土地利用类型(空间面积和用水有很强的相关性)的关键水需求已经根

据各种作物的特性和蒸散发速率估算出来。这些数据为用水模式提供了用水类型。市区会更加依赖于人口密度和各种用水模式组成的市区结构。由此市区结构的处理与其他更具空间相关性的土地利用类型会有所不同。

3.3.3 在 SCAPT 模型中用水模式的使用

用水模式使水问题的回应被模拟并与 SCAPT 模型的水文和土地利用模块动态相连。它展示和模拟了各种水依赖作用,反映了社会和社会对资源可用性、政策/管理压力的反应的复杂性。

WUP 模型模拟水资源的有效利用,就是合理地利用水,重视用水的反应等特征。假设可修改的和用户定义的参数可以从没有变化的反应到整个消费和增加的使用强度的资源和技术完全最优化。目的在于通过允许这个可调整性,模型的用户可以测试不同政策方向不同特征人口下的假设,从而测试采取任何行动导致的可能民众回应,以及虑及居住在 WUP 内的个体行为特征的差异性(家庭、工业、葡萄园等)和结构的自然组成。

3.3.4 城市用水结构优化的潜力

城市 WUPs 在模型里是最综合的对象,就是要调整到可用水里最适当或最合适的水源来使用——未净化水、饮用水、两者之间的以及收集的雨水——并通过在 WUP 内调整、去掉或发展一些水依赖作用对水的可用性作出回应。

例如:包括 a、b、c、d、e、f、g 七个用水过程的用水模式可以表达为

$$WUPa\{a,b,c,d,e,f,g\}(WDPs\ a\sim g)$$

其中,a~g 为不同的用水过程,随着时间和可供水资源的变化,上述用水过程可能演化为

$$WUPa\{a(0.5),b,c,e,f,g\}$$

WUPs 对可用水资源压力或吸引力的适应性通过改变或发展其路径或选择来表现。各个 WUP 可变的特征(花园浇灌、家庭游泳池、农业作物灌溉方式等)会使它们自身最优化,为了适应用户定义的选择达到“最便宜的”或“最舒适的”的状态。

通过对用水特征进行单个水平上的操纵,目的是为了提供一个促进流域范围用水观念探测的实验性工具。它会展示个体行为的流域范围影响和个体对流域内水资源可用性的反应,在用户自己定义的自然和政策假设设定的参数下,如强化的效率测量措施或使用改变用水模式的经济工具。

WUPs 被设置为可以调整的,在各自的水资源诱导反应中有一定程度的自由度。不过还是必须要有一些限制,因为不是所有的家庭类型都有着同样的材料和空间资源自由度。表 9 简要表示出了一个 WUPs 内的水依赖作用分类的方法和模拟出的它们会表现出的反应。

表 9 增加单位人口时用水强度增加率

Water Use Intensity Increase Ratio For Each Extra Person	时间变化	类 型	WUPs
1:1	使用和效率模式改变	主要特征 公共厕所、消费量	a b
0.3*:1	存在或消失的用水模式	可变特征 洗衣机	c d
?:1	季节性、偶然性用水	独立变量 洗车	e f
反应 (m ²)	花(菜)园的规模会引起用水强度的变化	空间依赖型 (花、菜)园灌溉	g

* 估计值