

# 多尺度耕地供需动态平衡预警体系研究

刘艳芳<sup>1</sup>

(1 武汉大学资源与环境科学学院, 武汉市珞喻路 129 号, 430079)

**摘要:**在系统讨论和典型概括耕地供需动态平衡特征和分析耕地供需平衡变化驱动因子的基础上,提出了多尺度概念下耕地供需动态平衡体系,并以监测变化、发现警情、明确警情、明确警度、寻找警源、明确警源、区内排警、区外排警为主线,从预兆量、行动量和结果量不同层面构建了多尺度耕地供需动态平衡预警体系,并对多层警示指标,特别是对最终结果层的耕地总量失衡、质量失衡、均量失衡、时间失衡等的定量分析进行了重点讨论。

**关键词:**多尺度;耕地供需动态平衡;预警体系

**中图法分类号:**P271

针对耕地供需动态平衡及其预警的问题,许多专家进行了有益的讨论和研究<sup>[1~8]</sup>,但研究都是从单一方面展开,缺乏对耕地供需动态平衡及其预警进行系统全面的分析,特别是缺乏对平衡变量及其作用的分析。本文在系统讨论和典型概括耕地供需动态平衡特征和分析耕地供需平衡变化驱动因子的基础上,提出了多尺度概念下耕地供需动态平衡体系。

## 1 耕地供需动态平衡的多尺度特征

耕地是由生态系统和经济系统通过技术中介及人类劳动过程耦合而成的生态经济系统。耕地生态经济系统的重要产出主要有以下两方面:

① 经济产出,主要用经济产量,如耕地农产品产量、耕地主要农产品粮食产量等来描述;② 生态产出,主要表现为耕地生态系统的生态服务功能效用,可用生态量来表示,如可采用能表征耕地生态服务功能大小或强弱的综合评价指数以及能表示耕地生态系统稳定性(状态)的耕地土壤流失量和能反映耕地生态系统调节功能大小的绿当量来表示。绿当量是衡量单位面积森林和其他绿色植被生态环境功能强弱的量化值,耕地绿当量为耕地的具有和森林基本相同的生态功能当量,即耕地的绿当量相对于等大森林面积的绿当量的比率,也就

是耕地单位面积的具有和森林基本相同的生态功能,可表示单位面积耕地的生态产出水平。

因此,耕地供需动态平衡实质上是指耕地经济量和生态量的供需动态平衡。无论是耕地经济量供需动态平衡,还是耕地生态量供需动态平衡,一定条件下都表现出总量平衡、均量平衡、质量平衡、时间平衡和区域平衡的特征(图 1),因此,可用多尺度(多标准),包括经济尺度、生态尺度、总量尺度、均量尺度、质量尺度、时间尺度和区域尺度来描述。同时,它也是一个相对平衡的概念,与一定的科技发展水平、消费水平、空间范围大小、人口规模等自然、社会经济状态相对应,因此,用不同的总量、质量、均量等不同水准的尺度来衡量其平衡状态是不一样的。由于耕地供需动态平衡总是针对与一定行政等级相对应的空间尺度下的区域而言的,因此,本文重点讨论各空间尺度下区域的总量平衡、质量平衡、均量平衡、时间平衡和区域平衡(图 2)。耕地供需动态平衡是针对其变化、发展而言的,耕地的供给和需求在多变量的综合作用下是随时间变化而发展的,若耕地供给变化速率和耕地需求变化速率相等,则耕地的供需保持平衡状态。如果耕地供给变化速率与耕地需求变化速率不相等,则原有的平衡被打破,需要采取措施,寻找途径去建立新的平衡。对于这个综合平衡目标,也需要综合运用多种手段,通过多种

途径采取多种行动来实现。

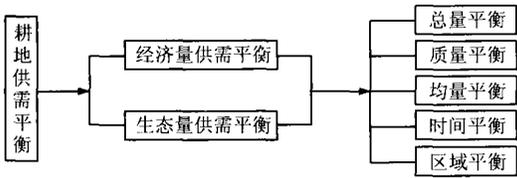


图 1 耕地供需平衡的多尺度特征

Fig. 1 Multi-measure Features of the Balance Between Cultivated Land Demands and Supplies

影响耕地供需平衡变化的因素很多,可概括为自然驱动(作用)因素和社会经济驱动因素(包括既具有自然属性又具有社会经济属性的人口驱动因素)。按变化驱动作用过程(变化发展阶段),可将驱动因子划分为预兆量(omen)和行动量或作用量(action),驱动因子综合作用的结果用结果量(result)表示。预兆量可预示变化及(引起变化的行动)发生的可能性、可能变化(行动)的程度及变化(行动)的方向(增减),应尽可能地选择能稳定准确指示变化发生及变化方向的因子,也就是具有显著先验性特征的指标来作为预兆量,即与导致变化的行动(作用)以及最终结果耕地供需平衡变化之间关联度及灵敏度(弹性)大的因子。

一个预兆量可能预示着多个行动或多方面变化的发生,多个预兆量也可能预示着一个行动或一个方面的变化。预兆量多为状态水平量,包括绝对量和相对量(人均量、地均(单位面积)量及比重)。行动量(作用量)直接表示导致变化的作用(强度)大小和方向(增减),为直接影响(作用)量,可区分出自然作用量和人为行动(作用)量(社会经济作用量)。同样,一个行动量可能导致多方面的变化发生,多个行动量可能综合作用产生一个方面的变化结果。行动量(作用量)多采用变差、变率等反映作用强度的相对量;结果量表示各种驱动因子综合作用的结果,包括耕地质量、耕地数量、耕地单产水平、耕地复种指数以及耕地农产品总产量等反映耕地农产品供给能力的变化结果和包括人口规模、耕地农产品消费水平等反映耕地农产品需求的变化结果,可采用变化量和变化率等指标来表示。

自然驱动(作用)因素包括变化的基础和前提(预兆量)以及自然作用量。自然因素的状态水平,如气温、降水、地形等自然预兆量,预示着(孕育着)变化和可能发生作用的强度和方向(正向或负向作用,有利或不利影响)以及自然作用量,如温差及变率、降水变差及变率以及自然灾害作用等,反映自然因素作用的强度及方向。社会经济驱动(作用)因素同样也包括变化的基础和前提的预兆量和社会经济行动(作用)量,可分为消费需求、政策影响(人口政策、价格政策、粮食安全政策等)、社会经济发展(产业发展、城市建设发展以及发展带来的负面作用污染等)等驱动因子,可用人均投入、人均粮食水平、城市化水平、粮价、耕地征用价、耕地出让价、粮食自给率、人均工业总产值、单位面积农业投入(包括单位面积资金投入、劳力投入、有机肥投入)等一系列指标来表示。值得注

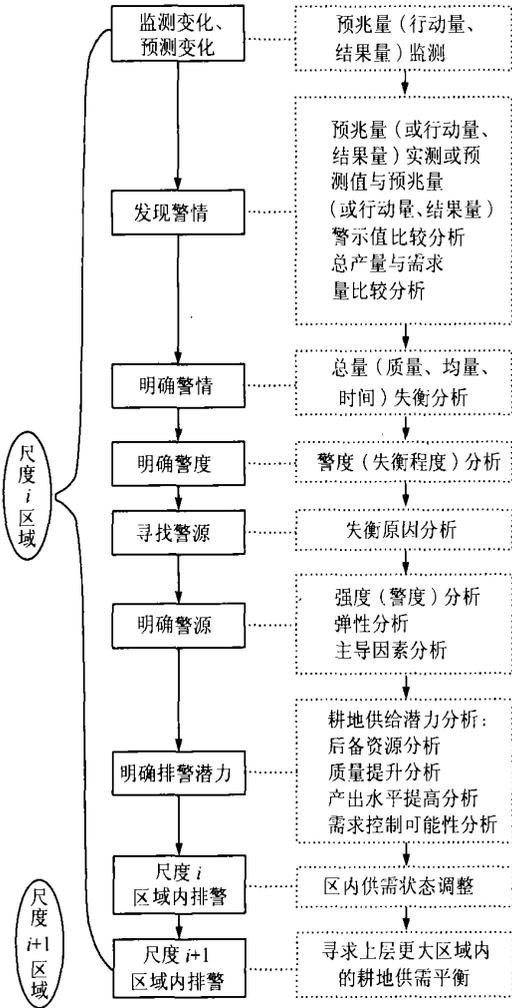


图 2 多尺度耕地供需平衡预警基本过程

Fig. 2 Basic Forewarning Process of the Balance Between Cultivated Land Demands and Supplies at Multi-measures

## 2 耕地供需平衡变化的驱动因子分析

耕地供需平衡变化取决于以下两个方面:

- ① 耕地供给变化(耕地农产品供给变化和耕地生态服务功能供给变化);
- ② 耕地需求变化(耕地农产品需求变化和耕地生态服务功能需求变化)。

意的是,改变农业投入行动量中包括增加耕地面积、提高耕地质量的工程(作用)因子,如改造中低产田、农地整理、居民点整理、废弃地复垦、后备资

源开发利用等、污染治理等,可用工程涉及面积及比重、单位面积资金投入量及变化率和单位面积劳力投入量及变化率等指标来反映。

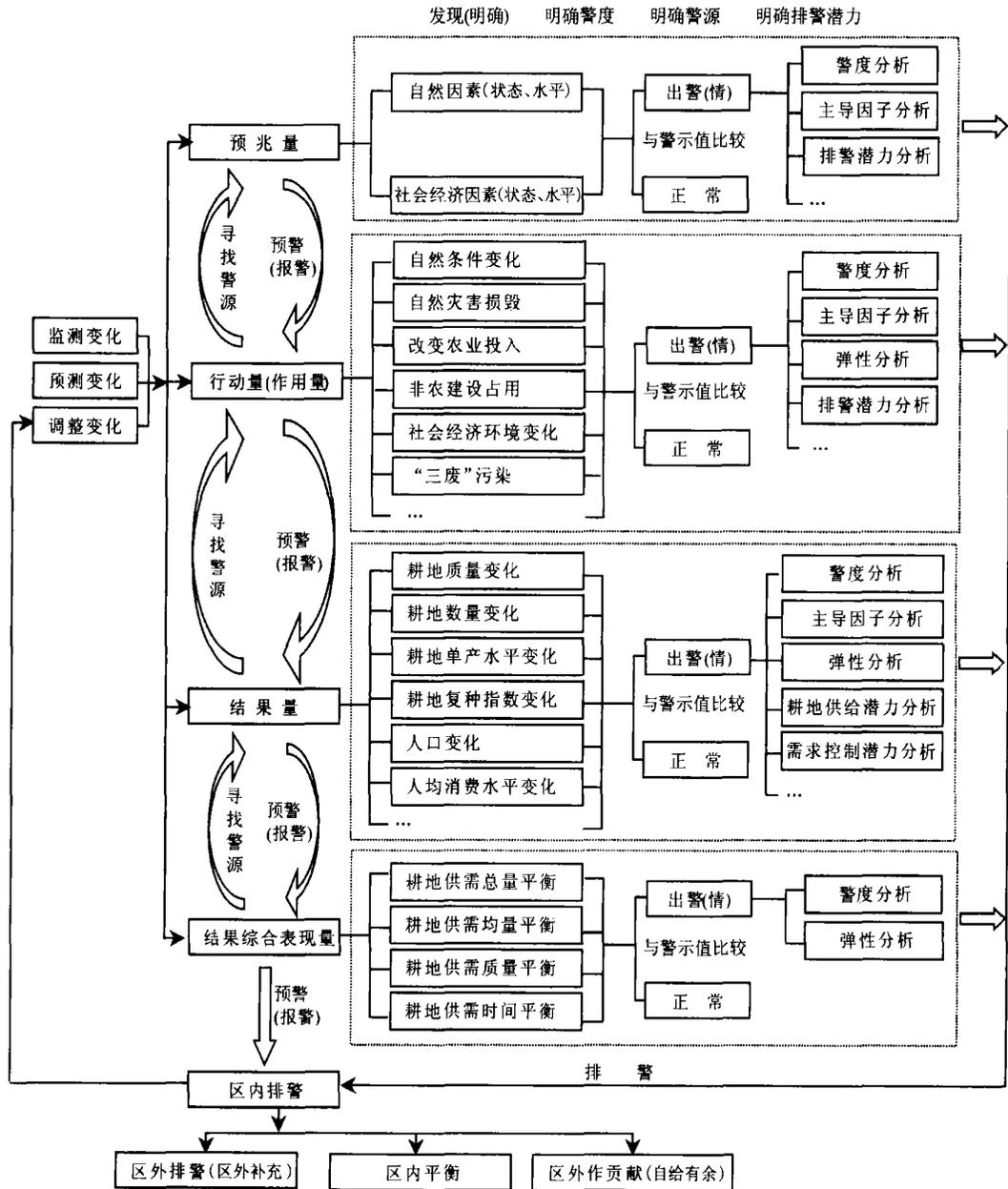


图3 尺度*i*区域耕地供需动态平衡预警体系  
Fig. 3 Forewarning System of Dynamic Balance Between Cultivated Land Demands & Supplies at a Certain Scale of Region *i*

### 3 多尺度耕地供需动态平衡预警体系的主要环节

#### 3.1 警示指标

无论预警还是报警,首先要确定指示警情出现的指标。对于耕地供需动态平衡预警而言,重要的是要确定能指示失衡状态、变化异常、变化超

常等各层的警示指标及警示值。如以耕地的农产品产出量与耕地农产品的需求量之差为最终层警示指标,差值为负,则指明警情出现,其绝对值越大,表明失衡越严重。警示值的确定应与衡量警情(失衡)的尺度及警度相对应,警戒级数越小,表明耕地供需失衡状况越严重,恢复平衡难度越大。各层警示值的确定还有待于结合区域的具体情况,针对不同的失衡衡量尺度和警度分析确定。

### 3.2 变化监测与变化预测

耕地供需状态变化的监测和预测可在预兆量、行动量和结果量3个层面上实现。要实现全面把握耕地供需状态,应在这3个层面上对所有影响因素及其结果进行定期、定点或随机的观测、诊断、分析与评价,及时把握各类变量各种特征的动态变化趋势和规律,为实现提前预警、及时报警和有效排警、保障耕地供需动态平衡提供科学依据。

对行动量中的社会经济因素变化监测,特别是改造工程及用地用途变更工程,要以项目申报、审批和用途变更登记等制度的实施为基础。需特别指出的是,对耕地供需状态进行动态监测的重点和难点是对耕地质量的动态监测。

### 3.3 发现警情

在预兆量、行动量、结果量的变化监测或变化趋势预测基础上,可参照与一定尺度和警度相对应的警示值对各因子的状态水平进行比较分析,发现异常(警情),如在耕地质量、耕地面积、农作物单产水平及复种指数、人口规模和农产品人均消费水平等的变化监测或变化趋势预测的基础上,运用最新的数据求得耕地农产品的总产量和耕地农产品的总需求量,通过比较这两个警示指标量发现警情。若总产量小于总需求量,则指示警情出现,表明耕地供需状态出现失衡,这是耕地供需动态平衡预警体系的最终警示指标。发现警情后,需通过明确警情和警度来分析其具体的失衡特征和程度;若总产量大于或等于总需求量,则总体上耕地供需呈现平衡状态或自给有余。

### 3.4 明确警情与警度

通过对区域内耕地农产品的总产量与总需求量之差的诊断发现,耕地供需失衡后,可进一步通过耕地总量、质量、均量、时间等的失衡分析,来明确耕地供需失衡状态(包括失衡程度)的主要特征。其主要分析过程见图4。

至于一定条件下的耕地失衡系列警示量 $\rho$ 、 $\tau$ 、 $\epsilon$ 、 $\delta$ 、 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\sigma$ 、 $\omega$ 等的确定,需结合具体区域的具体条件,并参照有关标准和研究成果来综合考虑。

当区域内耕地农产品的总产量与总需求量呈现平衡或自给有余状态时,同样可参照失衡分析过程进行耕地总量、质量、均量和时间等的平衡分析,进一步明确耕地供需平衡状态主要特征,特别是变化超常或变化异常等特征。虽然警示指标计算过程相同,但参照比较的警示值如 $\rho$ 、 $\tau$ 、 $\epsilon$ 、 $\delta$ 、 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\sigma$ 、 $\omega$ 等在平衡分析时,则具有不同的含义,

即为一定条件下耕地总量平衡、质量平衡、均量平衡、时间平衡时出现超常或异常变化的警示值,也可考虑设置与不同警示度相对应的系列值。此时,平衡状态还呈现出耕地产量增加的速度大于或等于耕地需求量增加的速度,或耕地产量减少的速度小于耕地需求量减少的速度的特征。至于其他量,反映警情的严重程度(警度)同样可参照相应的警示值来进行比较分析确定。

### 3.5 寻找与明确警源

在监测(预测)不同层面变化驱动因子量、变化结果量的基础上,诊断发现预报相应层面的警情后,几乎都可向上寻找产生警情的根源(警源),重点进行警源的强度分析和警源(驱动因子)与耕地供需平衡变化的弹性分析,即耕地供需平衡变化对驱动因子变化的敏感程度分析以及驱动因子的主导因子、关联度分析。在警源分析中,要重点抓住引起耕地变化的行动工程进行具体深入的分析,如改造中低产田、采取恰当的耕地利用方式将会提高耕地的质量,而采取不恰当的耕地利用方式、自然灾害损毁和工业“三废”污染将会降低耕地的质量;非农业建设占用、自然灾害损毁会导致耕地减少,废弃地复垦、土地整理和后备资源开发将会使耕地增加,而农业结构调整既可使耕地减少,也可使耕地增加;对农产品播面单产水平变化而言,扩大农业投入、应用新成果、新技术以及合适的利用方式将会提高单产水平,而采取不恰当的利用方式以及受到自然灾害的影响或自然条件变坏将会降低单产水平;自然因素、市场经济条件的变化都会影响复种指数;人口规模的变化主要反映在自然增减变化和机械增减变化,受国家政策和社会经济发展状态等影响较大;技术的进步、观念的更新等直接影响农产品人均消费水平等。

### 3.6 多尺度排警(多尺度寻求平衡)

根据上述系列分析,首先在尺度*i*区内采取一系列有效的措施来排警(区内平衡),主要包括控制耕地减少,提高耕地质量,提高耕地产出水平,后备资源可持续利用及控制人口规模等措施。

对在尺度*i*区内耕地供需状态调整、优化基础上仍不能实现耕地供需平衡的区域,则需在上层更大区域(如尺度*i*+1、*i*+2区域等)内寻求平衡(区际平衡);对自给有余的区域,需从耕地数量(人均耕地拥有量)、耕地质量、耕地空间分布及联系、耕地利用水平与效率等方面进行优势比较,以求在更大区域的平衡中作出应有的贡献,充分体现统筹安排、分工协作、优势互补的区际平衡特色。

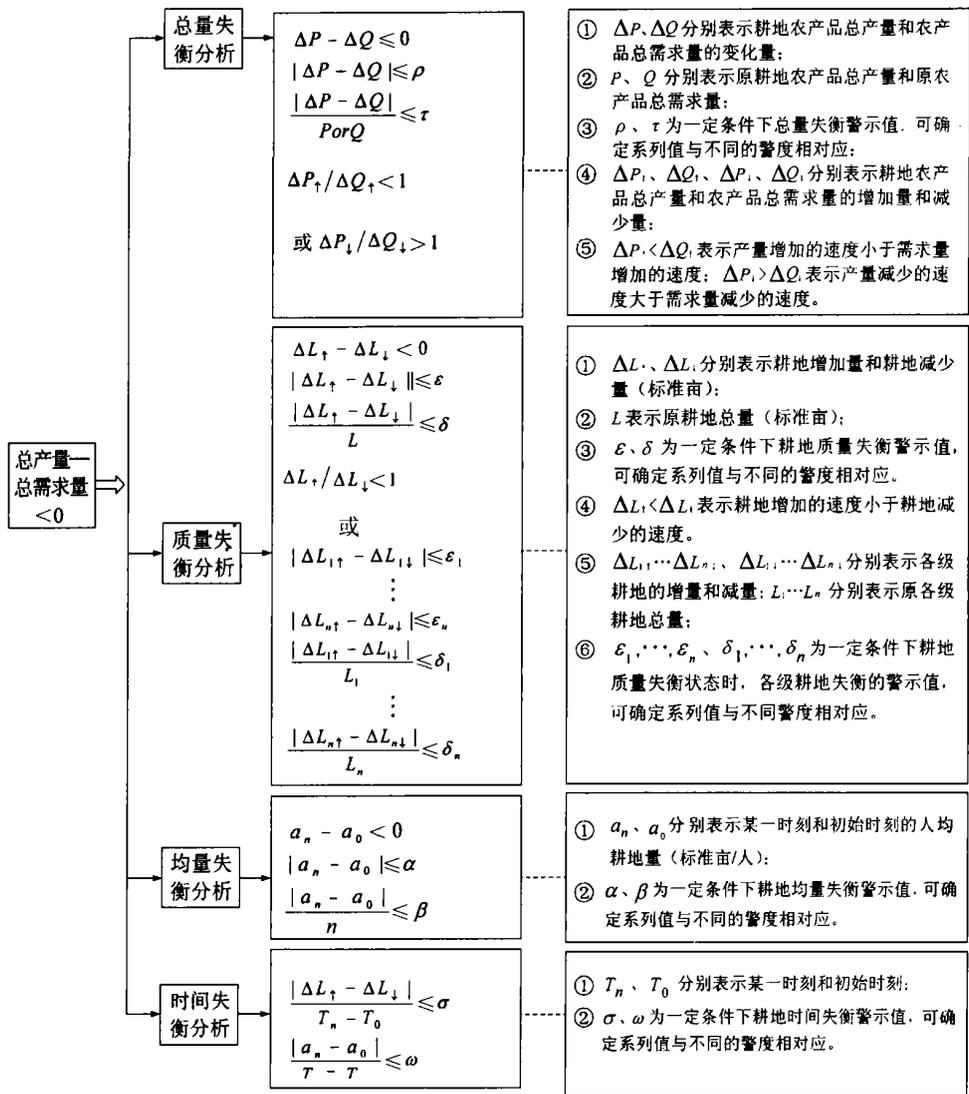


图4 区域耕地供需失衡主要特征分析

Fig. 4 Analysis Processing for Main Features of Disequilibrium Between Cultivated Land Demands and Supplies in a Region

参 考 文 献

- 郭爱清, 褚英敏. 河北省耕地总量动态平衡与可持续利用研究. 河北师范大学学报, 2001, 25(1): 134~137
- 杨向杰. 可持续发展与耕地总量动态平衡. 中国土地科学, 1997, 11(增刊): 27~28
- 程久苗, 梁栋栋. 中国耕地动态平衡的理论内涵与实施对策. 安徽师范大学学报, 1999, 22(2): 145~147
- 吴克宁, 马素兰. 试论耕地总量动态平衡的理论依据. 中国土地科学, 1997, 11(增刊): 23~27
- 欧名豪. 土地利用规划控制研究. 北京: 中国林业出版社, 1999
- 彭补拙, 张 燕. 城市边缘地区耕地预警系统的研究——区域耕地总量平衡分析以温州市为例. 经济地

- 理, 2001, 21(6): 714~718
- 吴永光, 尤 琳. 上海市松金青地区实现耕地动态平衡的可行性探讨. 经济地理, 2000, 20(2): 69~73
- 朱 晔, 叶民强. 区域可持续发展预警系统研究. 华侨大学学报, 2002(1): 32~38
- 张志强, 黄漫红. 中国粮食生产系统预警指标分析. 北京农学院学报, 2002, 17(1): 69~72
- 周 峰, 周 颖. 江苏省锡山市耕地数量、质量变化影响因素分析. 中国土地科学, 2001, 15(4): 7~10

作者简介: 刘艳芳, 教授, 博士. 现主要从事城市环境分析、土地评价和土地利用规划的研究和教学工作. 代表成果: 在城市灾害防御能力分析、城市旅游资源评价、土地利用规划、土地评价模型研究及 GIS 应用等方面取得多项成果.  
 E-mail: yflu610@sohu.com

# Forewarning System of Dynamic Balance Between Cultivated Land Demands and Supplies at Multi-Measures

LIU Yanfang<sup>1</sup>

(1 School of Resource and Environment Science, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

**Abstract:** Discussing the dynamic balance between cultivated land demands and supplies and comprehensively analyzing the driving factors for the changes of the balance, this paper presents the dynamic balance system of cultivated land demands and supplies with the conceptual framework of multi-scales. In accordance with such main processes as monitoring changes, this paper puts forward a forewarning system of dynamic balance between cultivated land demands and supplies at multi-scales, aiming at the driving factors. It also gives some detailed discussion on multi-dimension warning indexes and quantitative analyses on disequilibria in quantity, quality, per capita capacity and time scale.

**Key words:** multi-measure; dynamic balance between cultivated land demands and supplies; forewarning system

**About the author:** LIU Yanfang, professor, Ph. D. She is mainly concentrated on the research and education in the urban environment studies, land evaluation and land use planning. Her typical achievements include assessment on urban anti-disaster ability and urban tourism resources, land use planning, land evaluation modelling and GIS application etc.

E-mail: yfliu610@sohu.com

(责任编辑: 晓平)

## 《武汉大学学报·信息科学版》征稿简则

本刊是由武汉大学主办、国内外公开发行的测绘及相关专业学术期刊,SCI、EI、PKC、CSA等国际著名检索系统均收录本刊发表的论文。为进一步提高刊登论文的代表性,发挥本刊在国内外的学术辐射优势,特面向国内外公开征稿。

1. 稿件内容: 本刊主要刊登有关摄影测量、遥感、大地测量、工程测量、地图学、物理大地测量、地球动力学、图形图像学、地理信息系统、测绘仪器、计算机理论及应用、光电工程、通讯技术及电子信息工程、资源与环境等相关学科的学术论文,稿件要求具有较高的学术水平或重大应用价值。所有来稿文责自负。

2. 稿件要求: 来稿应符合科技论文著作要求,论点明确,论证严谨,内容创新,数据可靠,方法科学,文字通达、简洁,字数一般在8000字以内。来稿应采用法定计量单位,采用国家有关出版标准,附300字以内的中文摘要和1000单词以上的英文摘要,并附有中英文关键词。摘要要有自含性,要能反映论文的核心内容。作者署名应符合著作权法规定,并附第一作者简介(中英文)、E-mail、通讯方式及所有作者的详细地址(中英文)。基金资助论文应注明基金名称、项目编号。

3. 投稿要求: 所有来稿应打印清楚,交磁盘者须同时附打印稿;图表、公式应清楚,易混淆的字符应注明;所附照片应符合制版要求;参考文献著录内容齐全,格式符合有关标准,并按引用的先后顺序于文中标出;不准一稿两投。一经投稿,视为作者授权编辑部可作不影响作者论点的必要文字加工。

4. 鉴于本刊已整体加入《中国学术期刊(光盘版)》、“中文科技期刊数据库”、“万方数据(ChinalInfo)系统科技期刊群”及“台湾华艺电子期刊全文数据库”等,若无特别声明,所有投稿视为作者同意在本刊出版印刷版的同时授权出版光盘版及进入因特网。本刊所付稿酬包含此项收益。

5. 来稿经本刊组织的同行专家评议、审查同意刊登后,将酌收版面费。一经刊用,即付稿酬。来稿一般不退。对于投稿两个月后无答复的稿件,作者可以查询。

6. 本刊编辑部地址: 武汉市珞喻路129号,武汉大学(测绘校区),武汉大学期刊社信息科学学报编辑部,邮编430079,电话(027)87885922转2465。