

地理信息系统费用效益分析

钟耳顺

(中国科学院地理研究所资源与环境信息系统国家重点实验室 北京 100101)

周宁

(北京大学经济学院 北京 100871)

摘要 在经济发展的推动下,地理信息系统技术的应用在我国迅速兴起,特别是在城市规划和土地管理等领域非常活跃。随着一些大型系统的筹备和建立,地理信息系统费用效益分析已显得十分重要,许多用户迫切需要这方面的资料并了解有关方法。费用效益分析是地理信息系统进行立项可行性研究和系统管理的一个基本内容,本文主要介绍国外这一领域的观点,总结和提出确定地理信息系统费用和效益的方法,并讨论有关经济分析技术,旨在推动这一工作的深入开展。

关键词 地理信息系统,费用效益分析

地理信息系统(GIS)已经成为一门新兴的产业,特别是在发达国家,这一技术的应用范围已从土地管理、森林清查、市政管理和城市规划发展到汽车导航、市场规划等多个领域,并广泛进入政府部门和各种企业。随着GIS的普及和推广,GIS的费用和效益如何,已逐渐引起人们的注意。特别是对于系统的投资者来说,它是一个必须加以考虑的问题。

在我国,特别是在城市规划与国土管理部门,GIS已经开始进入应用阶段,各种系统正在建立或筹备之中。目前,一些部门在进行GIS系统立项和可行性研究时,急需GIS费用效益分析方法和有关资料,由于国内建成的可操作性运行系统较少,费用效益分析工作刚刚起步,缺乏参考资料,因此探讨GIS系统费用效益的分析方法对于GIS技术的推广应用无疑有着重要意义。本文主要讨论GIS费用效益分析方法和投资模式,并介绍国外这方面的一些实例,以推动我国GIS经济评价工作的开展。

1 GIS费用效益分析概述

费用效益分析是鉴别和量度一个项目或规划的经济效益和费用的一种系统方法,一个项目的效益是该项目可能得到产品增值的价值;而费用则是该项目的全部支出^[1]。GIS费用效益分析(cost/benefit analysis)是对GIS系统建立和运行中的全部人力、物力支出及其所产生的效益和在一定时间内的增值进行分析和比较的过程。费用效益分析是

收稿日期: 1993年3月19日,收到修改稿日期: 1993年6月16日

GIS 立项和用户需求分析的一个重要环节。美国联邦数字地图协调委员会把费用效益分析作为 GIS 用户需求分析规范的一项重要内容^[2]。另一方面,它也是指导系统管理和维护的基础。所以,有人认为详细的费用效益分析是 GIS 和各种自动制图项目的一个重要部分^[3]。

GIS 费用效益分析是一件复杂的工作。第一, GIS 是一门综合性决策支持技术,这一性质决定了对其进行费用效益分析的困难性。其效益与应用部门利用这一技术进行决策密切相关,这显然与其它只需考虑货币价值的项目的经济评价不同。第二,对于 GIS 的效益表达和评估,缺乏理论基础,而且各方面的专家看法不一。1989年5月在美国缅因州举行了一个关于 GIS 价值和应用的讨论会^[4],来自经济、技术等多方面的专家对这一问题各抒己见。GIS 专家 Roger Tomlinson 认为,在地图生产过程中, GIS 既不能减少人员,也不会大幅度降低制图的成本,其效益主要体现在易于产生新的信息和有效地对现有数据进行分析上。与会的经济学家也认为,由于 GIS 的价值无法直接以货币单位加以计算,只能通过间接的方法加以推断,所以其效益难于评估。然而,来自实际应用方面的专家们则认为,有必要而且有可能对一个具体系统进行有效的经济评价。第三,目前还没有衡量 GIS 效益的统一标准,而且影响其经济效益评价的因素非常之多,它不但受技术方面的限制,而且受系统应用机构的组织与管理等方面因素的限制,所以在具体的分析实施过程中,有可能出现不同的分析者对同一系统进行分析而得出不同结论的情况。

尽管进行 GIS 费用效益分析存在以上多方面的困难,但是为了满足应用和管理上的需要,必须寻求描述和表达 GIS 效益的方法和探讨进行 GIS 费用效益分析的模式。特别是对于具体应用部门,这一点具有非常重要的意义。

从经济学的角度上讲,费用效益分析的计算尺度是货币值,在进行项目费用效益分析时,不论是讨论其相对价值还是绝对价值,都需要有一个比较的基础^[4]。这是进行 GIS 费用效益分析的一个基本出发点。在进行具体分析时,有两种方法。

第一种方法是与其它系统比较。这种方法要求首先确定相应能够代替它完成全部任务的另一系统,作为基准系统,然后将它们的费用和效益进行比较,从而体现 GIS 的效益。通常的做法是以现有的(或原有的)人工系统作为基准进行比较。这种方法在国外应用广泛^[3,5],它首先需要详细了解系统,分别掌握基准系统和 GIS 系统的运作过程、产品特征、财政预算和支出,然后将两类系统进行计算和比较。Montgomery 把这种方法归纳为四个步骤^[3]: (1)计算基准系统的费用,包括劳动力开支、材料费用,并考虑增值贬值因素和由于地图产品积压引起的成本费用等因素;(2)计算 GIS 系统建立与运作的费用,归结起来可以包括硬件和软件、数据库开发、数据转换、人员培训和系统维护等几个主要因素;(3)确定和定量分析 GIS 系统的效益,包括确定可定量效益和非定量效益或定性效益。(4)比较基准系统和 GIS 系统的费用。即将 GIS 系统总费用和效益与基准系统进行比较,以确定运行系统的比效效益和储蓄。

第二种方法是将系统自身的费用与效益进行比较。这种方法普遍适用于一般项目的经济分析。其基本原则要求是,分别确定所分析的 GIS 系统的费用和效益,求出效益的现值和费用的现值,然后求出项目的净现值(NPV)和效益费用比值(B/C),其计算式分别为:

$$NPV = PVB - PVC \text{ 和 } B/C = PVB/PVC$$

式中, PVB 为 GIS 效益的现值, PVC 为费用的现值。显然, 决定建立系统的重要经济标准是系统应具有正净现值, 而且 B/C 值越大, 则系统的效益越高。

以上是 GIS 费用效益分析的一些基本思路与方法, 然而在具体分析过程中, 需要根据实际情况进行分析, 但不论采用什么方法, 确定系统的费用和效益是进行 GIS 经济评估的核心内容。

2 GIS 费用和效益的确定

在 GIS 费用效益分析中, 如何确定费用和效益是一个最为关键的问题。一般来说, GIS 的费用比较容易计算和确定, 而其效益则相对难以确定。这主要是由于系统的效益有的可以量化, 而有的则难于量化, 不能直接用货币值加以表示; 而有的则是外部效益, 不易统计。所以在进行 GIS 费用效益分析时, 除了采用定量分析和直接比较外, 还需要应用综合分析和描述说明的方法。以下提出确定 GIS 费用和效益的一些基本原则。

2.1 GIS 费用的确定

根据 GIS 技术本身的特点, 其费用分析的具体内容应包括以下 5 个主要方面: (1) 硬件和软件: 一般指购置硬件和软件的支出。这是建立系统最基本的开支。(2) 数据库建立: 建立数据库的费用往往大大超过硬件和软件系统的支出, 而且对它的估算相对前者较困难。可以通过对数据库建立的人工、数据预处理和数据转换等各项开支进行统计。(3) 人员培训: 包括初级人员培训和系统建立后的继续培训, 这方面的费用是建立可操作性系统不可缺少的一项重要开支。培训费一般依赖于人员的构成和系统对人员的要求。在欧美等发达国家, 由于工资高, 人员培训的费用也往往很高, 甚至超过硬件和软件费用的总和。(4) 应用模型开发: 应用模型是 GIS 技术的重要部分, 一般用户很少具有独立开发全部应用模型的能力, 往往委托其它公司和部门进行开发, 其费用比较容易确定。(5) 系统维护: 即系统进入运行阶段后的日常维护费和材料费用等。

另外, 任何 GIS 系统都离不开数据, 建立系统的数据费用(包括数据的采集、处理等)往往是非常高的。国外有人甚至认为 GIS 系统的硬件、软件和数据的费用投资比例约为 1:10:100^[6]。但是, 考虑到数据是基础, 对任何一类系统都是必需的, 一般不单独列入 GIS 费用效益分析之中。

然而, 一个系统各项费用的正常比例为多少? 目前仍无统一的模式, 但不同

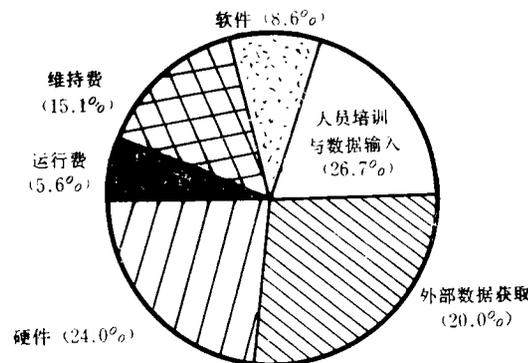


图 1 加拿大渥太华城市信息系统 1990-1996 平均费用构成

Fig. 1 Implementing costs of Ottawa urban GIS 1990-1996

类型的系统,各项费用构成是不同的。从 Douglass Smith 等对加拿大渥太华城市信息系统所作的经济分析看,各项费用 6 年平均比例如图 1 所示^[7]。分析其它有关材料,如文献

[5]和 [7]等,作者认为这一比例基本代表国外城市信息系统的费用构成。在我国,一些城市正在建立城市信息系统,如海口市城市规划信息系统、深圳城市规划与国土信息系统等,但对它们的费用进行全面统计和预测还为时过早。海口市城市规划信息系统¹⁾所设计和规划的费用构成如图 2 所示,深圳城市规划与国土信息系统²⁾的费用构成与此基本相似。从渥太华城市信息系统与海口市城市规划信息系统进行简单比较中可以看出,国外 GIS 费用构成中人员培训和系统建立大大高于我国的系统;而我国目前 GIS 费

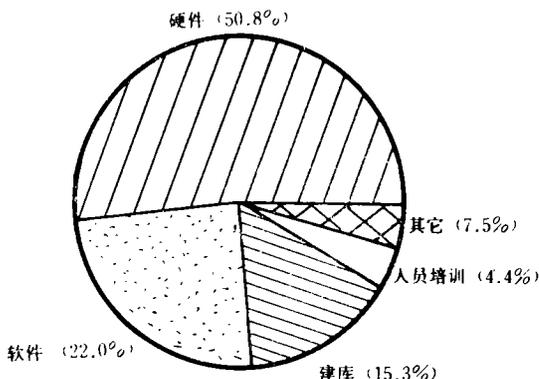


图 2 海口市城市规划信息系统的费用构成
(维持费与运行费未列入)

Fig. 2 Planned costs of the Haikou planning information system

用构成中硬件、软件的费用占绝大比例。

2.2 GIS 效益的确定

相对于 GIS 费用分析, GIS 效益的确定要困难得多,往往需要采用综合分析的方法,现在主要讨论有关原则。一般的, GIS 的效益可以分为两大类,一是定量效益,二是定性效益。定量效益可以直接计算,能够通过帐目记录查算,而且可信度大,出现频率高。它可为项目的经济可行性研究提供一个重要基础。二是定性效益,由于其可预测性低,其值又不易直接计算清查,所以这类效益难于确定。例如,运用 GIS 可以提高人员的工作效率,从而大大提高了公司的信誉和市场的竞争能力,这种效率是无法直接计算的。但是,正是由于 GIS 具有这种效益,才使其成为许多决策部门应用的潜力所在。

2.2.1 定量效益

GIS 是一种自动化系统,与人工系统比较,其产品精确度更高,响应时间更快,用户更易于获取信息,并可大幅度提高劳动和生产效率。GIS 系统不是简单地完成现行人工系统的运作,它提供了多种更为灵活的功能,工作人员能够更加有效地完成其任务和更易于综合各种地理信息,增强对现有资源的利用,降低成本和提高服务。GIS 系统提高生产效率,主要是通过以下几个方面实现的:(1)减少操作费用;(2)降低劳动强度和对人员的需要;(3)提高运作速度和增强分析能力;(4)为用户提供各种灵活的产品,避免硬拷贝图的库存。以上几点可以通过与人工系统进行逐项比较,确定其在操作时间、人工和某项成本所节省的值,从而进行定量分析。

2.2.2 定性效益

- 1) 《海口市城市规划信息系统总体设计方案》
- 2) 《深圳市城市规划与国土信息系统总体设计方案》

定性效益不能直接计量,然而它对评价 GIS 的可行性具有很重要的价值。定性效益可归纳为以下 5 个方面:(1)提高了服务质量,在城市土地管理中需要多种报表、图件和分析报告等,人工作业往往精度低或易于出现错误,利用 GIS 可以提高精度和避免错误,并且可以快速提供所需的产品;(2)充分利用现有资源,如 GIS 可以提高土地规划和管理水平,使土地得以充分利用;(3)提高信息的处理能力;(4)增强空间分析能力,手工的方式进行空间分析是很有限的,利用 GIS 可以进行要素的快速叠加、提取等多种空间分析;(5)提高机构的管理水平。

GIS 是一个有价值的战略性工具,它可以提高机构运作能力,降低劳动支出,为管理和决策提供更加准确和及时的信息。上面仅提出了确定 GIS 费用和效益的一些基础原则,在具体实施中,定量效益需要通过与人工系统进行比较,确定其在节省时间、减少劳动力等方面的指标,从而计算其效益。而定性效益,一般只能通过描述和分析的方法加以评价。

3 GIS 的投资模式及有关经济分析

GIS 费用效益分析的一个重要内容是研究其投资模式,即反映费用与效益的时间分布特点,另外在费用效益分析确定之后,还需利用有关经济学方法探讨其价值的体现。下面讨论 GIS 投资模式的特点和有关经济分析的方法。

一个 GIS 项目往往可以分为设备购置与人员培训期、数据库建立与开发期、系统运行与维护期。由于 GIS 是一门新兴技术,对它的投资往往需要采用一种预测性投资模式。这种投资模式的特点是:在系统建立的早期阶段(设备购置与人员培训期和系统建立期),需要大量投资,主要用于购置系统的硬件和软件、进行人员培训、获取系统所需的数据等,这是系统建立的主要投资阶段。一旦系统建立,进入系统运行与维护期之后,系统的运行维护费用便成为主要支出,通常这种支出要大大低于前期阶段的支出,并且比采用其它系统来完成同样的任务的开支要小得多。

在效益方面,它与费用成反比。在系统的早期阶段,系统没有效益;在系统进入应用的早期阶段,因为使用效率低,操作人员远没有达到他们应有的水平,所以效益很小;随着系统的完善,使用者经验的积累和对系统进一步理解,使用水平也相应提高,则系统的效益得到充分显示,使用效率也会提高。然而,使用水平在某一点上便达到了高峰,系统趋于老化,最后系统(硬件和软件)达到其使用寿命的终点,这样就结束了一个投资周期。GIS 系统的一般投资模式如图 3 所示。

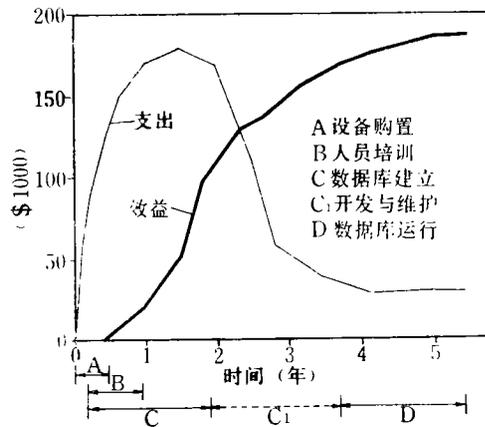


图 3 GIS 系统投资的理论模式

Fig. 3 Theoretical investment model for GIS

决定项目投资的一项重要根据,是进行 GIS 投资经济分析,这种分析可以利用现有的一些经济分析方法,如现值 (PV) 分析、储蓄投资比率分析 (SIR)、贴现偿还分析、效益费用比分析和保本分析等,下面简单介绍这些方法。

(1) 现值分析法就是把 GIS 系统与人工系统的费用放在同一基础上,并把它们在投资决策时的价值用现值来表示,具有最低现值的系统,就是决策者所应采纳的系统。

(2) 储蓄投资比率分析是测量从可替代系统投资中所获经济效益程度的一种技术。SIR 可以定义为将来费用储蓄与实现这一储蓄的投资之间的关系。当 SIR 为 1 时,表明储蓄和投资相等,若 SIR 大于 1,意味着储蓄高于投资,则应鼓励投资。因为这种分析是使用现值进行的,投资的机会成本 (opportunity cost) 已直接加以考虑。SIR 的计算是以投资量的现值与投资的最终值现值的差来除储蓄现值。

(3) 贴现偿还分析是一种决定投资储蓄的贴现值将偿还投资的时间的技术。这种分析提供了一个多长时间才能偿还最初投资而且产生净效益的分析方法,它是以费用储蓄进行计算的。这种方法需要计算替代系统和最初投资累积。累积储蓄贴现与投资相等的点就是偿还点。

(4) 保本分析是确定 GIS 系统与人工系统经过多长时间的运行后,在费用上 GIS 系统与人工系统的费用相等,超过这一时间 GIS 系统才可能产生效益。

进行经济分析的另一个重要内容是风险评价。由于完成一个系统需要大量的工作,加之技术上的复杂性和运行上需要相当长的时间,因此建立一个 GIS 系统包含了一系列内在风险。风险评价的要素很多,包括财政上的、机构上的、管理上的、系统设计和技术上的及运行上的因素。对风险进行评价需要对各个因子进行考察和加权计算,从而得出影响最大的几个因子,对它们进行分析。比如说,由于缺乏后期财政上的资助可能导致系统难以完成,造成整个工作前功尽弃;又如由于技术和管理未能达到 GIS 系统建立和运行的要求而造成设计上的错误,使系统无法达到预期目标,都属风险评价所需考虑的内容。

4 GIS 经济效益分析实例

关于 GIS 费用效益的研究和实例报道已越来越多^[5,8,9],如美国华盛顿州自然资源局 (NER)、卡罗来纳电力公司、美国地质调查总署、印地安那事务管理局等都对自己的 GIS 系统进行了评估和费用效益分析,这些研究都表明 GIS 技术具有较高的经济效益。如华盛顿州自然资源局管理 293×10^4 ha 森林,采用 GIS 技术后可以大大提高效率,在木材采伐和实地考察这两个方面,可以使每公顷节约 7 美元,并提高分析与管理人员效率 5—7%;卡罗来纳电力和照明公司 (C P&L) 为当地 30000km 的 90 万个用户提供服务,采用 GIS 系统比人工系统每年节约 400 万美元的管理费;印地安那事务管理局对该局的 GIS 系统进行了更加详细的成本效益分析,下面主要介绍该局的工作^[9]。

印地安那事务管理局是美国管理印地安那保留地的一个联邦政府机构,它主要负责土地和自然资源的管理和规划。该局 80 年代初期采用 GIS 技术,到 1985 年,先后在其本部 (Lakewood) 和其它 6 个地方机构安装了 GIS 系统,采用 MOSS 作为系统软件,主要用于木材采伐销售、森林管理、综合资源评价、野生生物管理、考古等 27 个方面。

印地安那事务管理局对总部和 6 个分部的 GIS 应用作了全面调查与分析,并进行了 GIS 费用效益分析。其做法是将 GIS 的应用范围、各种可变成本和不变成本、人工费和时间等与相应的人工系统进行比较,列出 GIS 系统和人工系统的设施费、设备费、维持费、消耗品费、保险费、数字化费、项目费等和总系统费用的预测值,然后进行详细的经济分析,并得出如下结论:(1)数字化费用:按使用系统的所有项目累计,数字化的成本仅为每公顷 0.04—0.07 美元;(2)劳动时间:对于同样工作量,采用人工的工作时间与采用 GIS 的时间比是 17:1;(3)直接费用:使用人工系统和 GIS 系统的直接费用比为 1.68:1;(4)现值分析表明:如果系统的寿命定为 5 年,整个系统的现值净储蓄可达 80 万美元(图 4);(5)储蓄投资比率:使用 GIS 的 SIR 为 2.06:1,表明储蓄是其费用的两倍;(6)贴现偿还分析:整个系统的偿还期为 3.03 年,即 3 年多时间后便可产生净效益;(7)费用效益比分析:对费用效益进行定量分析,GIS 费用效益比为 1.5:1,当然仍有许多效益无法直接计算。

以上实例表明,GIS 所获得的效率和产生的储蓄远远高于人工系统。GIS 在经济上有着明显的效益。

效用费用分析是 GIS 建立和运行的一个重要环节。在我国,随着一些大型系统的建立,GIS 的应用已进入了一个新阶段,其费用效益分析日益重要,探讨适于我国情况的可操作性 GIS 费用效益分析模式虽然难度较大,但应知难而进。尽管 GIS 费用效益分析的内容非常广泛,开展这方面的研究,需要技术与经济等方面的专业人员合作和共同努力,对一个系统进行效益费用分析,不但需要采用有关经济学方法,而且必须了解和掌握现行系统和 GIS 系统的开支记录和运作过程材料并对它们进行比较分析,然而,只要大家,特别是新的 GIS 用户共同努力,GIS 费用效益分析工作一定会有新的突破。

参 考 文 献

- [1] (美)梅纳德文 M. 哈弗斯密特(过孝民等译). 环境、自然系统和发展经济评价指南. 北京: 轻工业出版社, 1988.
- [2] Federal interagency Coordinating Committee. A Process for Evaluating Geographic Information Systems. U.S. Geological Survey Open-File Report, 88—105.
- [3] Glenn E. Montgomery, Adley D. Harms. Cost-Benefit Quantifies. AM/FM/GI Support Role. GIS WORLD, 1993, 6, March.
- [4] US Geological Survey, Reston, VA. FDC Newsletter, 1989, (10):10.
- [5] John. M. Griffin and Dam L. Hickman. Final Report: Cost and Benefit A nalysis of Geographic Information System Implementation to Bureau of Indian Affairs, Sept. 1988, Battelle.

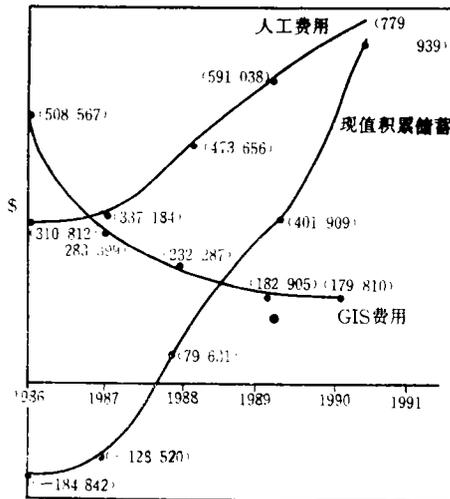


图 4 人工系统与 GIS 的现值分析
Fig. 4 Manual and GIS present value analysis

- [6] Andrew U. Frank, et. A Perspective on GIS Technology in the Nineties. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 1991, **57**(11): 1431—1436.
- [7] Douglass A. Smith, Roger F. Tomlinson. Assessing costs and benefits of geographical information system: methodological and implementation issues. *INT. J. GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS*, 1992, **6** (3): 247—256.
- [8] Dickinson, K.M. Department of Natural Resources, State of Washington, Olympia, Washington. Case Study, GIS Laboratory, SUNY at Buffalo.
- [9] Juliann Stutheit. GIS Procurements: Weigh the Costs. *GIS WORLD*, 1990, **3**(2), April/May.

Cost and Benefit Analysis of Geographic Information System

Zhong Ershun

(National Laboratory of Resources and Environment Information System,
Chinese Academy of Sciences)

Zhou Ning

(School of Economy, Peking University)

Abstract Stimulated by a rapid growth of economy, geographic information system is getting booming in China, particularly in the fields of city planning and land management. Large GIS are under way in some coastal cities. While cost and benefit analysis, an important part for both project possibility study and implementation of a GIS, has not been tackled even since in the country. This article introduces some aspects and models of cost and benefit analysis of GIS from technologic and economic views, aiming at providing an impetus to study on this area in the country. Firstly, some perspectives on this question have been reviewed, then approaches of identifying GIS costs and benefits and some economic techniques are introduced and discussed in the article.

Key words Geographic information system, Cost and benefit analysis