

高等农业机械化管理学
*Advanced Management Science for
Agricultural Mechanization*

高焕文 著

ND30/25

中国农业大学出版社

内 容 提 要

本书是运用现代管理理论、方法与计算机技术,来处理农业机械化生产和服务企业中系统分析与决策问题的著作;是在作者近20年科研与教学积累的基础上,吸取国内外部分研究成果编著的。全书共10章,主要内容包括农机化数据处理、农机化企业经营规划、机器作业系统优化、机械化生产系统模拟、机器更新、农机化服务与供销存储系统模拟优化等。本书可作为农业机械化专业研究生、高年级本科生教材,也可供农业机械化管理人员、科技人员参考。

前 言

本课程是农业机械化专业的主要专业课之一,是学习运用现代化管理理论、方法和技术(主要是运筹学和系统工程的理论、方法及计算机技术),来处理农业机械化管理中较复杂问题的课程,在培养高层次农业机械化管理、科研人才中占有重要位置;可作为农业机械化专业研究生、本科高年级学生的教材,也可供从事农业机械化及相关学科的科研、生产、管理、教学等工作的人员参考。

本书研究的管理知识,以农业机械化企业(包括:生产企业,如农场、农业公司、农业机械站、机务队、专业农户等;服务企业,如农业机器维修点、加油站、供销公司及农副产品加工车间等)的经营管理和生产管理决策知识为主,能力则以计算机定量计算为主。希望读者通过对本书的学习,能够对这一领域的知识和新的科研动态,特别是在中国条件下的具体应用,有较系统的了解,初步掌握解决复杂管理问题的思路和方法。对诸如农业机械化企业经营规划、机器作业系统的优化与模拟、机器更新、农业机械化服务系统及销售存储系统的优化与模拟等问题,能够进行系统分析、选择模型和程序,并用计算机定量计算结果,为决策提供科学依据。当然,在管理决策中,定性分析与定量计算是相辅相成的。目前我国农业机械化管理中定性分析判断还占较大比重,定性分析能力的培养和经验的积累是必要的。但应该看到,系统分析、定量计算、科学决策在当前的经营管理和生产管理中还比较欠缺,与要求不相适应,更需要加强和提高。

本书是著者根据自己 20 年来的科研和教学积累,并吸取了国内外部分研究成果编著而成的。对本书内容做出贡献的有韩宽襟、周应朝、张东兴、郇京宝、李庆福、宋聚国、唐春生、徐丽明、王晓燕等,张晋国编写了第十章,王晓燕还负责本书的打印编排。

由于研究工作的局限,编著时间仓促,书中难免不足之处,欢迎读者指正。

高 焕 文
1997 年 11 月

目 次

第一章 引论	(1)
第一节 农业机械化的定义与内涵.....	(1)
第二节 我国农业机械化的发展历程与特点.....	(2)
第三节 农业机器管理现代化.....	(4)
第二章 农业机械化数据处理	(7)
第一节 单一变量的统计处理.....	(7)
第二节 两变量回归及其预报与控制.....	(9)
第三节 多元线性与非线性回归处理.....	(14)
第四节 逐步回归与联立方程回归.....	(22)
第三章 农业机器作业系统基础参数	(26)
第一节 机器可下地作业时间概率.....	(26)
第二节 机器作业适时性损失.....	(33)
第四章 机械化农业企业经营规划	(39)
第一节 线性规划法数学模型与求解概述.....	(39)
第二节 经营规模受限情况下的机械化经营规划.....	(40)
第三节 机具受限情况下的经营规模和经营项目规划.....	(51)
第四节 农业机器服务企业经营规划.....	(54)
第五节 经营规划中的几个有关问题.....	(57)
第五章 农业机器作业系统优化(一)	(61)
第一节 流水作业法与机器系统优化.....	(61)
第二节 流水作业下的线性规划机器系统优化模型.....	(63)
第三节 线性规划模型中约束方程的自动生成与迭代单纯形算法.....	(68)
第四节 联合收获机系统配备.....	(74)
第六章 农业机器作业系统优化(二)	(84)
第一节 非线性规划配备原理.....	(84)
第二节 非线性规划模型的复合形改进算法.....	(87)

第三节 非线性规划模型的复合形+迭代单纯形算法.....	(91)
第四节 FMS 软件的使用.....	(93)
第七章 农业机械化作业系统模拟.....	(102)
第一节 收运贮干燥设备系统随机模拟.....	(102)
第二节 播种作业期随机模拟.....	(105)
第三节 作物状态与气象灾害模拟.....	(107)
第四节 作物生产系统模拟简介.....	(111)
第八章 农业机器更新.....	(114)
第一节 机器合理更新期计算的基本模型.....	(114)
第二节 大修制机器的更新期计算模型.....	(118)
第三节 陈旧费与资金的时间价值.....	(121)
第四节 个别机器更新决策.....	(124)
第九章 农业机械化服务系统优化与模拟.....	(126)
第一节 农业机械化服务系统规划.....	(126)
第二节 标准型随机服务系统参数计算.....	(129)
第三节 服务系统的分析与优化.....	(131)
第四节 计算机随机模拟.....	(138)
第十章 农业机械化销售存储系统模拟.....	(141)
第一节 存储管理基本知识.....	(141)
第二节 通用程序语言对农机存储系统的模拟.....	(145)
第三节 专用模拟语言——STELLA 对农机存储系统的模拟.....	(153)
附录.....	(164)

第一章 引 论

第一节 农业机械化的定义与内涵

农业机械化有着广泛、复杂的内容，对农业机械化的定义曾有各种不同提法，如农业机械化是“用机器进行农业生产活动的过程”，农业机械化是“农业机器的设计、制造、鉴定、推广、使用、维修、管理各环节的总称”，以及农业机械化“包括种植业、养殖业、加工业，贯穿产前、产中、产后服务全过程”等。应该说这些提法阐述了农业机械化的不同特征、不同方面，有助于说明不同问题，如强调农业机械化不仅包括种植业，还有养殖业、加工业等，不要局限在某一方面，或强调不仅在产中，也要注意产前、产后等，但作为反映本质的定义似乎还不够确切。

现在一般较接受的定义是：“用机器逐步代替人、畜力进行农业生产的技术改造和经济发展的过程”（见《农业机械化工程》，余友泰主编）。

农业机械化的内涵或工作内容，因所处层次不同而异。政府的行政主管或综合管理部门对要不要发展农业机械化，以及它的作用与地位的研究，这是第1个层次；在高层农业机械化管理和研究部门，研究如何发展农业机械化，制定战略、方针、政策，这是第2个层次；在机务管理部门和生产单位，研究如何具体实施，如何取得更好的效益，这是第3个层次；对于机务人员，其主要工作是如何使用、维护、保养机器等，这是第4个层次。这4个层次的工作都是农业机械化，但不同层次的内涵大不相同。

一、社会经济战略研究层次

主管农业的行政领导（如市、县长）及农村发展中心的工作，主要是通过农业机械化与农村经济发展协调的研究，农业机械化与工业发展协调的研究，劳动力转移与农业机械化关系的研究等，确定农业机械化发展战略和方针（如加速发展农业机械化，实施半机械化与机械化并举，搞因地制宜选择性机械化等决策）。

二、宏观管理组织层次

农业机械化司局、农业机械工程局、研究院所、学校等的工作内容，包括组织进行区划、规划，制定科技攻关战略、机器生产及技术机具引进规划，研究生产模式、农业机械经营形式、服务体系及更新决策等。

三、微观经营管理层次

农场、机务站（队）、制造厂、维修厂、供销公司等的技术和业务工作，包括企业规模、市场营销、产品布局、种植制度、作业工艺、机器配备、机器更新、生产计划、调度等。

四、机器技术层次

工程技术人员、驾驶操作人员的业务，包括机器操作、技术维护、修理、油料化验、油库管理等。

本教材主要论述第二、三层次的内容，农业机械运用管理学为第三、四层次的内容。

第二节 我国农业机械化的发展历程与特点

一、我国农业机械化的发展历程

我国开始有计划大规模地发展农业机械化是在 1957 年，1949 ~ 1956 年主要是制造补充旧式农具、恢复生产和在农村实现合作化。推行农业机械化的背景是国家实行第一个五年计划，开始了工业化大建设，需要更多的农产品；农村实现了集体化，需要进一步发展生产力。当时提出，用 25 年时间，即到 1980 年基本实现农业机械化。采用的方式是以社队集体投入为主、国家支援为辅。为此，国家下了很大力气，成立了农业机械部，建设起相应的农业机械工业体系和一大批国营拖拉机站、国营农场及农业机械化试点县。到 1978 年，大中型拖拉机已达 74.5 万台，已相当接近 80 万台的目标。但是，由于与整个国民经济发展不协调，农村经济还没有发展到相应程度，富余劳力尚未转移出来，实际综合机械化程度不到 20%，与 70% 的要求相去甚远，终于导致失败。1979 年停止了“1980 年基本实现农业机械化”的口号。

1982 年开始实行的农户联产承包责任制，把农业生产转移到以农户为基础的发展道路上，农业机械的投资经营也实行以农户为主，调动了农民的积极性，从而使农业生产获得极大发展，适合农户的小型农业机具发展也方兴未艾。但国家和集体投入减少，大中型农业机具销量下降，田间机械化水平降低。到 80 年代后期，乡镇企业崛起，农村经济快速发展，务农劳力转移，民工潮兴起，发达农村开始规模经营，农业机械化又再次发展起来。与 60 ~ 70 年代的发展不同之处，是经过十几年调整，农业机械化已进入与农业生产和国民经济协调发展的时期。

各个时期全国主要农业机械拥有量和主要作业农业机械化水平见表 1-1、1-2、1-3。

表 1-1 1957 ~ 1994 年主要农业机械拥有量

	万台						
	1957	1965	1970	1980	1986	1992	1994
农机总动力/万 kW	200	1 098	2 163	14 000	16 764	30 330	31 558
大中型拖拉机	1.7	7.2	12.5	75	87.1	75.8	72.4
小型拖拉机	-	0.4	7.8	196	450	750	817
大型农具	4.0	25.8	34.6	136.9	101.3	104.3	99.4
联合收割机	-	0.67	0.8	2.7	3.1	5.1	6.3
农用汽车/万辆	-	-	0.46	13.8	49.4	63.3	68

表 1-2 1957 ~ 1994 年主要田间作业机械化程度

	%						
	1957	1965	1970	1980	1986	1992	1994
机械耕整	2.4	15	18	42.4	40.85	53.9	55
机械播种	-	-	3	10.9	9.12	17.7	20
机械收割	-	-	1	3.1	3.41	9.7	11
机械灌溉	1.2	24.5	41.6	56.6	58	58.8	58.9

表 1-3 1994 年全国农业机械化综合程度

		%	
机械耕整	55	机械播种	20
机械植保	13	机械收割	11
机械脱粒	63	机械运输	60
机械灌溉	58.9	平均	40.12

由表可见，1957 ~ 1994 年的 37 年间，农业机械总动力、小型拖拉机、联合收割机及农用汽车持续快速增长，总动力年增长率为 14.6%，其中 1980 年前年增长率在 20% 以上。

大中型拖拉机和大型农业机具在 1980 年前快速增长，年增长率为 17% 左右，但 1980 年后增长率降低。

田间机械化水平，耕播作业在 1980 年以前以 14% 左右的年增长率快速发展，1980 年以后速度减慢，直至 1986 年开始逐步恢复，成正增长。

1994 年以机械耕、播、植保、收获、脱粒、运输、灌溉 7 项作业综合计算的农业机械化程度达到 40%，按农业生产中机械代替手工作业的总量计算也在 40% 左右。

中国幅员辽阔，各地自然条件和经济水平相差很大，农业机械化也呈不平衡发展。1994 年农业机械化发展较好的 10 个省市，综合农业机械化程度已超过 60%；农业机械化较差的 6 个内陆和山区省份，目前综合机械化程度在 20% 以下。

估计“九五”期间农业机械化形势要好于“八五”，发展速度将加快。因为：

(一) **社会需要** 随着工业化发展，要求农业提供更多的农产品，以满足工业和人民生活水平提高的需要。这就要依靠机械化大规模改造中低产田，开荒造田，强化抗灾夺高产能力。因此国家将从政策与投资上扶持。

(二) **农民需要** 要靠机械化提高劳动生产率，实现农产品加工增值及扩大经营门路等增加收入的措施来达到小康。

(三) **投入能力增加** 随着农村富裕，集体和个人投资能力加强，费用支付能力提高。预计综合农业机械化程度将提高 5 ~ 10 个百分点，即达到 45% ~ 50%，发展较快的若干省市将实现基本机械化。

二、我国农业机械化的特点与要求

农业机械化是为农业服务的，农业机械化的特点首先是由农业生产特点决定的，不同的生产特点形成对农业机械化不同的要求。我国农业机械化的特点概括起来有：

- 1) 人多地少，粮食紧张，农业机械化必须同时提高劳动生产率和土地生产率；
- 2) 作业地块偏小，与使用机械作业矛盾，农业机械化要有适当组织形式；
- 3) 幅员辽阔，社会和自然条件差异大，要因地制宜地发展机械化；
- 4) 资源相对缺乏，经济力量薄弱，必须实行节水、节能、保护地力的机械化。

进一步分析 1, 2 两个特点和要求：

- 1) 人多地少，粮食紧张，农业机械化必须同时提高劳动生产率和土地生产率。

目前我国人均 0.1 hm^2 耕地，劳均 0.33 hm^2 左右（1950 年为 0.83 hm^2 ），仅从劳力需求看，对机械化要求应该不迫切。但由于粮食形势严峻，我国至今还是一个粮食进口国家，许多省是缺粮省。随着工业化推进，耕地减少，人口增长，人均消费上升，矛盾还会更突出。为了生产必需的粮食，又离不开机械化；对部分富裕地区，劳力转移快，机械化日渐成为生产主力军，没有机械化就没有高产量。对广大农业区则主要是通过机械化，为提高土地单位面积产量服务，同时为提高劳动生产率增加农民收入服务。这一点与世界上实现了机械化的不少国家是不同的，如美国、加拿大、澳大利亚，机械化主要是劳力替代，劳均经营面积扩大。几十年来，我国农业机械化战线广大职工的实践证明，机械化提高了农作物复种指数，做到适时作业，实现了中低产田的工程改造，加强了田间管理，降低了粮食收后损失，实现了增产新技术（如铺膜种植技术、化肥深施技术、茎秆还田技术、幼苗移栽技术），机械化可以在替代人畜力劳动的同时，提高土地单位面积产量。随着生产和经济的发展，机械化在增产中所起的作用将愈来愈大。

- 2) 作业地块小与使用机械的矛盾，要求农业机械化要有适当的组织形式。

我国人多地少，人均面积与机械化存在着矛盾。实行家庭联产承包责任制后，土地细碎化，矛盾更加突出。为了缓解矛盾，不少地区摸索出“统一耕作，分散管理”、“机器村营，土地户营，双层经营，代耕服务”，以及经济发达城市郊区组织的“乡村集体农场”、“农业车间”、“专业承包”等多种模式，实行规模经营。对有些专业性很强的作业，如收获作业，还组织了跨地区的流动麦收，每年出动成千上万台联合收获机跨省作业，利用作物成熟的时差，延长收

获机作业时间，取得了良好的生产效益和经济效益。

预计未来的机械化经营模式，将不是如世界上许多国家那样的家庭农场为主的模式，而是以乡村集体农场和专业代耕、专业播种、专业收获为主的模式，以达到机械化作业需求的规模。

由于提高复种指数和抢农时的要求，以及机器集体经营、多机组同时作业条件的存在，我国一年多熟的地区在耕作方法上出现了与国外普遍采用的“分段作业法”不同的“流水作业法”，并导致了在机器作业系统理论、方法和模型上与国外的重大区别。本书的重点即在“流水作业法”下机器作业系统的研究上。

第三节 农业机械化管理现代化

半个多世纪以来，随着生产和科学的发展，管理学已逐步形成一门独立的内容丰富的现代科学。观察国内外农业机械化管理（Farm Machinery Management）学科的内容，可以看出农业机械化管理虽然有其特殊的对象与领域，但解决问题的理论和方法，特别是现代化的农业机械化管理理论和方法，很大程度上与一般现代化管理是相同的，或者是现代化管理理论的应用和发展。因此，研究农业机械化管理理论与方法，应该对一般管理理论及其发展有基本了解，研究它对农业机械化管理理论的影响，为提高农业机械化管理水平提供理论依据。

以下从管理的任务与功能、现代管理理论的发展与主要内容、对农业机械化管理理论与方法的影响等3个方面进行简要回顾与讨论。

一、管理的任务与功能

管理是从人们生产劳动中出现分工和协作开始的。管理的任务，正如美国瑞塞尔（Clayton Reeser）所著管理学一书的书名：“Management - The Key To Organization Effectiveness”，是提高组织效率。对于企业来说，英文“Management”一词，包含了“经营管理”的内容。因为随着生产社会化进展，市场竞争加剧，企业的经营与管理愈来愈不可分离，企业经营方向错了，管理水平再高也没用。因此，讲到“管理”就是指经营管理。以前农业机器与企业管理一样，存在的问题是只讲管理，不讲经营。因为任务是上级定的，完成任务就行。现在情况发生了变化，首要任务是讲效益，经营被提到了重要位置。

经营主要解决企业全局性战略性的问题，如确定产品类型、数量、销售方式等。管理主要解决战术性和事务性问题，即通过组织、计划、协调、控制等手段，把企业拥有的人力、物力、财力充分地运用起来，使之发挥最大的效果，实现企业目标。

经营管理应具有的功能如下：

1) 决策功能 包括确定企业目标和实现目标的方法，以及企业生产活动中重大问题的决策（如种植什么作物、工艺的重大变化、设备添加或更新等），是管理最重要的功能。重大的决策常常由规划体现出来，根据规划编制具体执行计划。

2) 组织功能 组织是指为完成计划目标，把企业拥有的人力、物力、财力合理地组织起来，保证供应、生产、维修、销售、储存各环节相互衔接，生产活动井然有序进行的功能。

3) 用人及指导功能 主要指对人员的合理安排，以及根据决策、计划指导各级人员完成任务的功能。

4) 协调控制功能 控制即将结果与原定标准相比，当出现偏离时分析原因，采取措施，纠正偏差，一般叫纵向管理。为了有效地控制，必须建立良好的信息反馈系统。协调则是根据企业各部门各岗位完成任务的差异，进行调整，可以叫横向管理。从某种意义上说，指挥就是协调，协调要依靠信息流来实现。

各项功能中最重要的是决策和用人，控制与协调实质也是决策问题。决策如果失误，具体工作做得再好，也难免失败。其次是用人，人是决定性因素，人员配置不当，积极性不高，任务不可能完成得好。

二、现代管理理论的发展与主要内容

管理虽然几千年前就有，但形成一门科学还是本世纪的事情。现代管理学科的出现，更只有几十年的历史。人们普遍认为“科学管理”是从美国的泰勒（Frederick Taylor）开始的，他从钢铁厂生产的动作与时间研究入手，创立了一种谋求高工效的科学管理制度，后来人们称其为泰勒制，1911年他发表了专著《科学管理原理》一书。较早地阐明关于管理与协调的一系列指导原则的，是法国的法约（Henri Fayol），他总结了经营公司的成功经验，提出企业管理的14条原则，如分工、责任、纪律、指挥、秩序等。早期着重于“人群关系”和“行为科学”理论研究的有英国空想社会主义者欧文（Robert Owen），后期的有美国的梅奥（George E. Mayo）和他领导的哈佛小组。在有名的“霍桑研究”中，他们探讨了工作条件、心理因素及社会因素对产量的影响。1938年梅奥发表《工业文明中人的问题》，提出工人不是“经济人”，而是“社会人”的观点。

现代管理理论是经过几十年科学管理的准备，在二次世界大战后，伴随着工农业生产空前高涨，企业规模扩大，市场竞争加剧，以及数学方法与计算机技术取得长足进展等情况发展起来的。

现代管理更加注重决策，获得1978年诺贝尔经济学奖的美国管理学家西蒙（Herbert Simon）甚至说，也许最好是把“决策当作管理的同义语”。现代管理学科的理论基础，如运筹学、控制论、系统工程等，很大程度上都是制定决策的科学。

运筹学起始于第二次世界大战中英美等国的OR（Operations Research）小组对如何有效利用军事装备及资源的研究。由于小组的成果为赢得战争胜利做出了显著贡献，战后运筹学（OR）方法很快推广到国民经济各部门，促进了生产发展，运筹学本身的水平也得到迅速的提高。60年代开始，计算机进入实用，使得手算无法处理的许多运筹问题获得有效解决，运筹学更成为现代管理学科的核心。根据美国斯坦福（Stanford）大学的希勒尔等（Hiller and Lieberman）所著运筹学导论，它主要包括规划论（线性、非线性、整数规划）、网络论、排队论、对策论、库存论和马尔可夫过程等6部分内容。它的许多部分，在农业机器现代管理上都有着重要用途。

系统工程或系统分析，是管理学科发展到高级阶段的产物。一般认为，美国60年代的“阿波罗登月计划”是成功的起点。该计划参加研究、设计、制造的科学家工程师有42万人，有150万个分系统，由于依靠系统工程的方法进行管理，使得各个分系统正确发挥作用，从而使计划提前完成。当然，系统思想不是近期才有的，我国古代李冰父子修都江堰，北宋真宗时期皇宫修复工程都是系统思想应用的范例。只是由于系统工程要用到更广泛的数学方法和更依赖计算机技术，它成熟的时间才更晚一些。系统工程作为一门组织管理技术已广泛用于工业、农业、交通、能源、空间技术、城市规划及生态环境等领域。

作为现代管理理论的基本构成，运筹学、控制论和系统工程，在逻辑手段和计量方法上有其共同性，但研究范围有所区别。一般认为系统工程范围更大，用于战略性的高级决策，而运筹学、控制论主要解决较小范围的问题，多用于战术性决策制定。

二次世界大战后，管理的另一方面“行为科学”也有巨大发展。如1960年美国麦克格雷高尔（D. McGregor）的“X·Y”理论，认为把人视为天生厌恶工作，管理就是告诉工人做什么、怎样做，并监督他们做的理论是不对的，他将其称为“X理论”，并提出了相反的“Y理论”，认为人并非不喜欢工作，要看在什么条件下工作，它可以使人感到满足而自愿工作，也可能感到是一种惩罚而尽量逃避。“X·Y”理论对西方的企业管理有着广泛的影响。60年代日本的“无缺点计划”，70年代欧洲的“和拢管理”都属于行为科学发展的范畴。我国在“人群关系”，调动职工积极性，发扬主人翁精神方面有着丰富的经验和理论，值得发扬提高。

总体来看，现代管理理论大致包括下列主要分支：工作研究、质量控制、人体工程、价值工程、预测论、决策论、运筹学、控制论、系统工程、行为科学。

三、对农业机械化管理理论与方法的影响

综合现代管理的发展，可以看出有五大特点或变化：

- 1) 由定性管理向定量管理发展，利用数学方法和计算机制定优化的定量管理决策；
- 2) 由生产管理向经营管理变化；
- 3) 由个别管理发展为系统管理，制定系统决策，由单纯技术管理发展为企业效益管理，技术效益、经济效益、生态效益及社会效益并重；
- 4) 重视信息管理，建立数据库，改进数据处理手段和方法；
- 5) 重视人群管理，发展行为科学。

可以概括为：定量化、系统化、信息化与人事现代化。

观察国内外农业机械化管理的发展变化，可以清楚地看到有着与现代化管理同样的趋势，看到现代管理理论和方法对农业机械化管理的影响。

1) 借助运筹学、控制论中成熟的方法和模型，解决农业机械化管理中有关决策问题，由经验定性决策向优化定量决策发展。如线性及非线性规划方法用于制定机械作业计划、机器系统配备、企业经营规划等的定量决策计算；排队论、随机模拟用于农业机械化供销服务系统、加工网点配置、加油站配置计算等；库存论用于库存管理定量计算；马尔可夫过程用于机器更新计算和市场预测；网络论用于机器系统诊断与模拟；控制论用于作业过程优化控制计算等。

2) 从生产管理向经营管理的内容扩展。农业机械化企业（如机械化农场、专业户）中这个问题已经提到日程上来。以前使用农业机器的单位，如生产大队和农场，种什么作物是由上级决定的，种多少面积是不变的，单位的任务只是如何把生产搞好，增加产量，而没有多少经营问题。现在则不仅要考虑搞好生产，更要注意经济效益，要决定种什么作物、种多少、搞什么副业项目、规模多大等；结合企业人力物力财力状况，从若干可行经营方案中，制定出优化的经营方案，以获得最大收益。有些传统的内容（如机器配备）要延伸，由以前仅在种植计划一定前提下配备机器，变为包括计算种什么、种多少、配什么机器的作业系统多参数优化。

3) 强化系统分析能力，发展出机器系统管理决策的方法与模型。如通过对机器作业成本、作业时间、作业适时性损失的系统分析，建立机器一时间系统优化模型。通过前序作业对后序作业影响的系统分析，建立一年两熟地区的机器系统配备模型。

4) 随机模拟技术、仿真技术的应用，使得非确定性复杂问题的研究、分析、决策成为可能。如作业期的确定、服务能力确定、灾害预测等，进一步提高了农业机械化管理决策的水平。

参 考 文 献

- 1 高焕文. 关于提高农业机械化管理水平的探讨. 农业机器运用工程文集, 1985 (1)
- 2 高焕文. 国外农业机器管理决策点滴. 农业机械化, 1985 (2)

第二章 农业机械化数据处理

大量的农业机械化数据(各类机器数量、作业量、作业成本、劳动消耗、耗油量、维修费、作业时间、地块大小、土壤比阻、作物产量、机械化程度等)为研究农业机械化企业运行规律,探讨农业机械化与各种社会、自然因素之间的相互关系,预测发展、制订规划等一系列工作提供了丰富的材料和可靠的依据。但是,要从繁多的数据中找到有用的东西,得到可靠科学的结论,还必须对数据进行认真的检验和整理,去粗取精,去伪存真,抓住事物的本质和规律。

因此,数据的收集和处理是科学地解决农业机械化问题的基础,是管理工作实现定量化、系统化的前提。但是用手工进行数据处理是十分繁杂和缓慢的。本章讨论用计算机进行数据处理的几个主要方面。

第一节 单一变量的统计处理

为了获得某一农业机械化参数,必须进行调查、测试或试验。如果能对研究对象进行全面调查和试验,当然十分可靠,但常常是不可能的。如要知道某地区土壤的比阻,不可能对该地区所有地块所有面积上的土壤进行比阻测试。又如拖拉机大修费,虽然有可能把数万台拖拉机的大修费收集起来,计算其平均值,但在人力、物力、财力和时间上的耗费是相当大的。因而只有抽样调查才是一种切实可行的办法。

抽样时必须遵循随机取样的原则,即不能带有主观因素专门选取较大值或选取较小值。为了保证一定的代表性,农业机械化部门常采用间隔抽样的办法。例如,要了解某县 600 个大队的农业机械化程度,拟抽 30 个大队调查。可将全县大队编号为 1, 2, 3, ..., 100, 101, ..., 599, 600, 然后每隔 20 号抽取一个样,如大队的抽样调查编号为 5, 25, 45, 65, ..., 205, ..., 585 等。

单一变量统计处理及后面叙述的回归处理,实际上都是对抽样的观测数据进行处理,用抽样的结果近似地描述所要知道的总体规律。

单一变量统计有下列基本数学模型。

设为得到某县轻壤土的比阻,抽取了 n 个地块进行测试,测得比阻分别为 $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ 。它们的平均值 \bar{X} 、方差 S^2 或标准差 S 、变异系数 V 的计算公式如下:

1. 平均值

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (2-1)$$

一般用抽样的平均值代替总体平均值,它是描述总体特征的一个主要指标,对本例来说

即代表该县轻壤土比阻。

2. 方差

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1} \quad (2-2)$$

3. 标准差

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (2-3)$$

标准差表明观测变量对平均值的波动情况，它是描述总体规律的另一个重要指标。根据概率论的正态分布规律，可知变量中有：

68%的点落在值 $(\bar{X} \pm S)$ 之间；

95%的点落在值 $(\bar{X} \pm 2S)$ 之间；

99.7%的点落在值 $(\bar{X} \pm 3S)$ 之间。

这个规律在变量预测中起着重要作用。

4. 变异系数

$$V = \frac{S}{\bar{X}} \times 100\% \quad (2-4)$$

变异系数可用来观测变量波动的幅度，由于它排除了平均值大小的影响，故便于用在不同参数间的比较。

为了使数据分布情况一目了然，可绘制数据分布直方图。

一个进行上述计算和绘直方图的程序见附录一(程序 2-1)

例 2-1 为了掌握某县轻壤土的比阻，根据随机抽样原则，共测得 20 个数据如表 2-1。试求其平均值、方差、标准差和变异系数，并分组画出百分比直方图。

0.37	0.36	0.35	0.40	0.38
0.39	0.23	0.43	0.34	0.38
0.34	0.42	0.25	0.30	0.33
0.41	0.29	0.35	0.28	0.34

解：调用附录一程序 2-1，输入表中 20 个数据。计算机打印结果如下，绘制的直方图见图 2-1。

$$\bar{X}_1 = 0.347,$$

$$S^2 = 0.003,$$

$$S = 0.055,$$

$$V = 15.8\%.$$

其中： \bar{X}_1 —— 平均值；

S^2 —— 方差；

S —— 标准差；

V —— 变异系数。

从计算结果可知：该县轻壤土平均比阻为 0.347 kg/cm^2 ；方差为 0.003 或标准差为

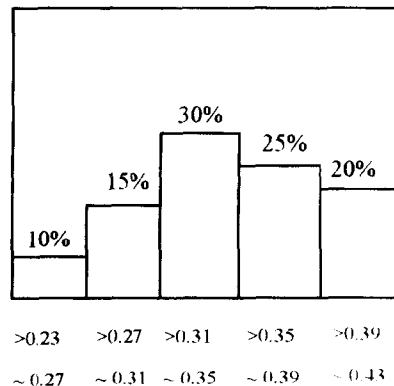


图 2-1 计算机绘制的土壤比阻分布直方图

0.055 kg/cm²，说明大部分土壤比阻在0.347 ± 0.055，即0.292 ~ 0.402 kg/cm²的范围内；变异系数为15.8%。

直方图反映了不同比阻地块的分布情况，比阻在 0.31 ~ 0.35 之间的地块最多，占总数的 30%；其次为比阻在 0.35 ~ 0.38 之间的，占 25%。

结果分析：根据计算结果，一般情况下用 0.347 作为该地区轻壤土的比阻即可。在要求更精确时，如进行拖拉机编组计算，则应考虑波动范围。满足 68% 的土地情况，比阻范围是 0.292 ~ 0.402 kg/cm²；满足 95% 情况，比阻为 0.237 ~ 0.457 kg/cm²。比较好的办法是结合具体情况选取比阻值。如已知本村偏硬或板结时，取较大的比阻值，如 0.40 kg/cm²；反之取较小值，以使编组的拖拉机动力既满足要求，又不致浪费。

例 2-2 对 16 台东方红-75 型拖拉机组的耕地生产率进行了测定，其结果如表 2-2。试求其平均耕地生产率与变异情况，并绘制直方分布图。

表 2-2 16 台拖拉机的耕地生产率 hm²/h

车号	耕地生产率	车号	耕地生产率
1	0.597	9	0.700
2	0.853	10	0.747
3	0.747	11	0.667
4	0.533	12	0.767
5	0.807	13	0.680
6	0.793	14	0.620
7	0.753	15	0.593
8	0.747	16	0.867

解：用程序 2-1 计算，结果如下，直方图如图 2-2。

$$X_1 = 0.716 \text{ (hm}^2/\text{h)},$$

$$S^2 = 0.0094,$$

$$S = 0.097 \text{ (hm}^2/\text{h)},$$

$$V = 13.5\%.$$

计算结果说明，该群东方红-75 拖拉机平均生产率 0.716 hm²/h，大部分为 0.619~0.813 hm²/h 之间。

直方图表明，生产率在 0.73 ~ 0.8 hm²/h 之间的拖拉机最多，占总数的 37.5%；在 0.53 ~ 0.6 hm²/h 和 0.8 ~ 0.87 hm²/h 之间的次之，各为 18.8%。

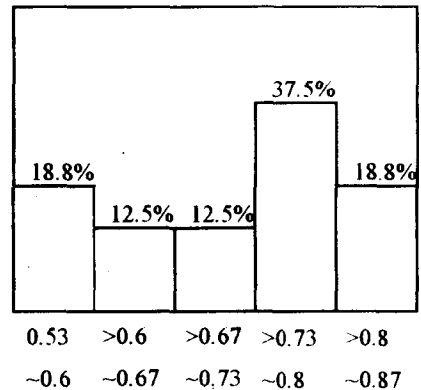


图 2-2 东方红-75 机组耕地生产率直方图

第二节 两变量回归及其预报与控制

在农业机械化领域中，同时出现的几个变量，往往不是各自孤立地变化，而是相互联系的。变量之间的相互联系可分为两大类：一类是确定型关系，亦称函数关系，如发动机功率 N 与转速 n 和扭矩 M 的关系 $N=Mn/716.2$ ， N 与 M 和 n 成正比关系。另一类是非确定型关系，

如拖拉机使用期与年维修费的关系，联合收获机价格与功率的关系，农业机械化程度与作物产量的关系等。拖拉机的年维修费与使用年限关系很大，但二者的关系却是非确定型的，如两部同样的机器，使用年限相同，其年维修费可以各不相同。这类关系亦称相关关系。

变量之间的相关关系只有在大量观测试验的基础上，对测试数据进行回归处理才能获得。所谓回归处理，实质上是寻求相应的函数关系来近似表述相关关系，亦即寻求回归函数。回归处理大体可分为线性回归和非线性回归。对2个变量来说，就是直线回归与曲线回归。

一、直线回归及其预报与控制

(一) 直线回归方程

例 2-3 表 2-3 为某省 1960 ~ 1980 年农业机械化程度与粮食每 hm^2 产量的统计数字。试求该省粮食每 hm^2 产量与农业机械化程度的关系。

表 2-3 农业机械化程度与粮食每 hm^2 产量

序号	年份	机械化程度/%	公顷产量 kg/hm^2
1	1960 ~ 1961	4.70	883.125
2	1962 ~ 1963	6.05	991.500
3	1964 ~ 1965	8.30	1 215.750
4	1966 ~ 1967	8.25	1 217.625
5	1968 ~ 1969	9.10	1 249.875
6	1970 ~ 1971	11.40	1 528.500
7	1972 ~ 1973	15.15	1 559.625
8	1974 ~ 1975	19.70	2 000.25
9	1976 ~ 1977	23.95	1 963.125
10	1978 ~ 1979	27.15	2 069.625
11	1980 ~ 1981	27.31	2 040.000

为此可设机械化程度为自变量 X ，粮食每 hm^2 产量为因变量 Y ，将这批数据画在直角坐标上，如数据点近似成直线分布(图 2-3)，则预计两变量之间的相关关系可能是直线回归关系。此时，可在散点密集处画一条直线近似地代表两变量的相关关系。

直线回归方程为：

$$\hat{Y} = A + BX$$

式中： \hat{Y} —— 回归值；
 A —— 回归常数；
 B —— 回归系数。

$$B = \frac{\sum_{i=1}^n X_i Y_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n Y_i}{\sum_{i=1}^n X_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n X_i \right)^2} \quad (2-5)$$

$$A = \bar{Y} - B\bar{X} \quad (2-6)$$

式中： \bar{Y} —— Y_i 值的算术平均值；
 \bar{X} —— X_i 值的算术平均值。

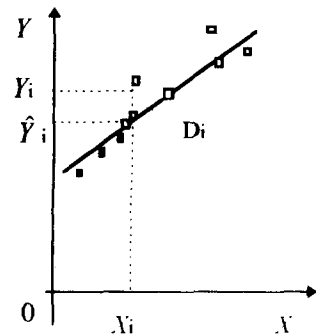


图 2-3 农业机械化程度与粮食每公顷产量散点图

由 A , B 构造的直线方程 $\hat{Y} = A + BX$ 称为 Y 对 X 的直线回归方程。

用式(2-5)、(2-6)对例 2-3 计算, 结果得:

$B = 50.063 \text{ kg/hm}^2$ (即农业机械化程度提高 1%, 粮食每 hm^2 产量增加 50.063 kg),

$A = 787.118 \text{ kg/hm}^2$ 。

该省粮食每 hm^2 产量与农业机械化程度的直线回归方程为:

$$\hat{Y} = 787.118 + 50.063X$$

回归所得直线方程与实际观测数据散点的密切程度如何, 或者说两变量之间的相关关系是不是直线关系, 还需进一步检验。一般用相关系数 R 来完成检验工作。

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n X_i Y_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n Y_i}{\sqrt{\left(\sum_{i=1}^n X_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n X_i \right)^2 \right) \left(\sum_{i=1}^n Y_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n Y_i \right)^2 \right)}} \quad (2-7)$$

R 值的大小在 ± 1 之间, 即 $-1 \leq R \leq 1$ 。按其大小不同, 又分为 3 种情况:

1) $R=0$, 对照式(2-7)与式(2-5), 不难得出 $B=0$, 回归直线平行于 X 轴, X 的变化与 Y 无关, 即 X 与 Y 之间无相关关系。

2) $R=1$, 所有的散点都在回归直线上, 变量 Y 与 X 完全直线相关, 或具有确定型直线函数关系。

3) $0 < |R| < 1$, 这是绝大多数的回归情形, X 与 Y 之间存在着一定的直线相关关系。 $|R|$ 愈接近 1, 相关程度愈高; 反之, $|R|$ 愈接近 0, 相关程度愈低。

两变量间线性相关的显著程度与置信度和测点数有关。附录二给出了不同自由度 f ($f=n-2$, n 为测点数)、不同置信水平 α ($\alpha=1-\text{置信度}$) 时显著相关的最小 R 值, 此 R 值亦称显著值 R_T 。当回归方程的 R 值等于或大于 R_T 时, 两变量相关显著。反之相关不显著。

仍计算例 2-3, 按式(2-7)算得 $R=0.966$ 。当本例中两个变量有 11 组观测数据, 试验置信度为 99% 时, 两变量的直线相关显著性如何?

当 $f=11-2=9$, $\alpha=1-0.99=0.01$ 时, 查附录二得: 相关系数显著值 $R_T=0.7348$ 。因为, $R=0.966 > R_T=0.7348$, 所以, 在 99% 置信度时, 两变量直线相关显著。

一个计算回归方程和画直方图的计算机程序见附录一(程序 2-2)。

(二) 预报与控制

回归方程的一个主要用途是预报(预测) Y 值。由于变量 X 与 Y 只是相关关系, 所以当给定一个 X_0 值后, 从回归方程求出的 \hat{Y}_0 值便不一定是真实的 Y_0 , 这里 \hat{Y}_0 与 Y_0 之间有一个误差范围, 称为预报误差。预报的任务是要计算出这个误差, 以预报 Y_0 的范围。该误差用剩余标准差 D_E 来反映。

$$D_E = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n-2}} \quad (2-8)$$

由式(2-8)可以看出, 它类似于单一变量统计处理中的标准差。根据正态分布性质, 真实的 Y_0 值落在 $\hat{Y}_0 \pm D_E$ 区间内的占 68%; 落在 $\hat{Y}_0 \pm 2D_E$ 区间内的约占 95%; $\hat{Y}_0 \pm 3D_E$ 区间内的约占 99%。

仍以例 2-3 计算, 已求出某省农业机械化程度与粮食每 hm^2 产量的直线回归方程为:

$$Y = 787.118 + 50.063X$$

且置信度为 99% 时, 相关显著。求得 $D_E=120.113$, 又根据 1995 年预计农业机械化程度可达 50%, 则希望置信度为 95% 时, 可预报粮食单产是:

$$\begin{aligned} Y &= \hat{Y} \pm 2D_E \\ &= (787.118+50.063 \times 50) \pm (2 \times 120.113) \\ &= 3\ 050.025 \sim 3\ 530.475 \text{ (kg/hm}^2\text{)}; \end{aligned}$$

希望置信度为 99% 时, 预报粮食 hm^2 产量为:

$$\begin{aligned} Y &= (787.118+50.063 \times 50) \pm (3 \times 120.113) \\ &= 2\ 929.95 \sim 3\ 650.625 \text{ (kg/hm}^2\text{)}. \end{aligned}$$

已知 X 值可以预报 Y 值出现的范围; 反过来, 已知应达到的 Y 值范围, 也可以算出 X 值的控制范围。

仍以例 2-3 的统计数字为基础, 若希望 1995 年的粮食每 hm^2 产量不低于 3 375 kg, 其可靠性要 95% 以上, 问机械化程度最低应为多少?

解: 已知粮食每 hm^2 产量 Y 与机械化程度 X 的回归方程为 $Y=787.118+50.063X$, 剩余标准差为 $D_E = 120.113$; 由于 Y 值在 $A+BX \pm 2D_E$ 范围内的概率是 95%, 因此以 $A+BX+2D_E$ 和 $A+BX-2D_E$ 画两条平行直线(见图 2-4), 任一 X 对应的 Y 值有 95% 可能落在此二直线形成的夹带内。

给定 $Y_0 > 3\ 375 \text{ kg/hm}^2$, X 应为 X_0 才能满足要求。

$$\begin{aligned} X_0 &= \frac{Y_0 - A - 2D_E}{B} \\ &= \frac{3\ 375 - 787.118 + 240.225}{50.063} = 56.49 \end{aligned}$$

机械化程度应控制在 56.49% 以上, 来保证在 95% 可靠性下粮食每 hm^2 产量超过 3 375 kg。如 X 值为 56.49%, 预计 Y 值的变动范围由 Y_0 到 Y_d 为 3 375 ~ 3 855 kg/hm^2 。

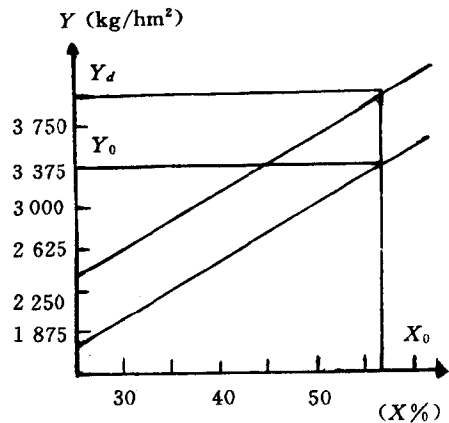


图 2-4 对应于 Y 值的 X 控制值

二、两变量曲线回归

注

当检验到两变量直线相关不显著时, 可能两变量没有相关关系, 也可能是另一种情形, 即两变量间有非线性关系, 亦即曲线的相关关系。

表征曲线关系的数学函数很多, 有:

幂函数 $Y = AX^B$,

指数函数 $Y = AB^X$ 或 $Y = Ae^{BX}$,

对数函数 $Y = A+B\ln X$,

双曲函数 $Y = A+B/X$ 或 $1/Y = A+B/X$ 等。

每种函数有各自的曲线形状, 当变量散点近似组成某种曲线时, 用该函数进行回归往往较好。

例 2-4 16 个粮食专业户的农业机械化程度(%)与每个劳动力的年产粮数如表 2-4 所示。试用指数函数进行回归处理, 并绘制回归曲线图。