

农业系统工程国内外发展水平 及今后在我国开展的意见

张 德 骏

(吉林工业大学)

提 要

六十年代中期发达国家开始将系统工程应用到农业的基础研究与应用研究方面。本文概述了他们目前广泛采用系统模拟方法在作物生长、病虫害预测及管理、农业生产技术模拟、作物干燥和加工、水文学与污染、农业经济、农业灌溉、农业能源与资源管理等八个方面所取得的研究成果；文章还扼要总结了自1979至1984年间，我国各地将系统工程用于研究农业生产结构模式、水稻栽培技术规范、农业现代化综合科学试验规划，地县农业经济规划、病虫害预测预报、农机合理配备、农场规划等问题取得的成就。最后针对我国情况，提出了在农业系统工程发展方针、基础工作与培养技术人才方面的意见。

六十年代发展起来的系统工程概念和技术，目前已发展成为一门科学。用数字计算机进行动态模拟或仿真，到七十年代已经发展成为一项重要的科研工具。现在计算机硬件愈来愈成熟，有关软件也发展了很多，潜力很大。农业及工程工作者也已经学会了系统工程这项技术。在发达国家，六十年代中期已开始将其广泛地应用到农业的基础研究和应用研究方面，并取得了良好效果。我国自1979年以来，也开始运用系统工程技术于农业生产，在生产技术和规划管理方面亦取得了初步成果，并已引起各级领导和广大农业工作者的重视。农业系统工程的前景是非常喜人的。本文是研究整理七十年代末八十年代初，农业系统工程国内外的发展情况和水平，提出今后我国如何开展农业系统工程的意见，供参考。

一、国外农业系统工程的发展水平

系统工程应用于农业，目前美国仍处于领先地位。美国是六十年代中期将系统工程开始应用于农业的，它对美国农业的发展起了有利的作用。

目前国际上将农业的系统体系分为七个层次：即微组成部分（包括微孔、生物化学管道

* 原文较长，本刊作了部分删节。

** 本文写作时承中国农业工程研究设计院袁柏瑞、东北农学院杨广林同志提供资料，仅致谢意。

等),植物的组成部分(包括植物的根、茎、叶等),个别植物或作物,作物的生态系统(例如玉米田块、草场等)农业面积,地区和世界;从最小的“微组成部分”的范围涉及描述一个植物、草、谷粒或昆虫等的通道的生化流动和工作过程,到最大的“世界”的范围涉及诸如人口、粮食、自然资源、污染、生活水平等问题。以美国为例,农业系统工程的发展多在后五个层次,特别是在中间三个层次的问题。有的问题是属于跨层次的研究。

在系统工程应用于农业方面,美国的主要经验是:农业系统模拟需要多学科的合作队伍,农业工程师要熟悉系统分析技术,他必须制定总的研究方案和各项子系统。他要关心农业生产的所有因素,因为唯有农业工程人员才能用工程的眼光来注意农业生产中的生长过程和生产管理工作。同样重要的是其他学科的专家,包括数学家、计算机专家、气象学家、农艺学家、土壤学家、昆虫学家、植物生理学家、植物病理学家、其他工程师、以及农业经济学家、生产指挥者和技术转移输送专家的作用。

农业系统工程的起步是在六十年代初期。当时就有人建议农业科学家使用系统工程方法来解决农业问题。麻省理工学院的J.W.Forrester教授的著作“工业动力学”和“系统原理”对农业应用系统工程是有影响的。D.H.Meadows等的著作说明了计算机系统模拟方法能解决大系统问题并使其理论让外行人也能理会。特别是灵敏度分析的方法使系统模拟方法成为一门科学。七十年代的十年中系统模拟方法已被广泛接受并被应用于农业中见诸成效。1979年的美国农业工程学会论文集中,21%的论文均采用了系统模拟方法作为研究的主要手段。

系统模拟应用已卓有成效的范围可分为下列8个方面:

1. 作物的生长研究

主要是研究各种作物生长过程与环境因素的关系。一个作物的数学模型是人们能观察到的并可控制的作物各种反应特性(如生长情况、重量变化、光合变化等)与影响作物生长的有关环境因素间的函数关系。初期研究的模型大多用多元回归技术(Multiple Regression)处理田间作物的试验数据而形成。但由于变数太多,其相关影响又很复杂,这种方法遇到了困难。随后,作物生长模型的研究演变为根据物理、化学原理的生长理论来进行研究。

作物生长模拟包括经验公式和偏微分方程式系统。到七十年代,这些公式可用电子数字计算机进行动态解题,用来描述作物内部的物质流、能量流及其平衡。作物的生长和生殖的数学模型常将干物质的聚积或碳水化合物化合物的生成作为作物光合作用、呼吸、蒸发、转移、固氮、水份吸收和氮的吸收、衰老的函数来进行模型化。其机制是根据生物化学的原理,其控制力量为环境因素和气象因素。

荷兰的科学家de Wit对作物的模拟做出了贡献。Baker⁽¹⁾举出20种主要作物的系统模拟,包括:柑桔、高粱、棉花、玉米、大豆、花生、三叶草、水稻、土豆、甜菜、大麦等。棉花最受人们重视,美国Arizona州的H.N.Stapleton对棉花生长模型进行了研究,为此于1975年获得了ASAE的新概念奖⁽²⁾。W.G.Duncan⁽³⁾为第一个对玉米模型进行研究的人。他研究了玉米叶的角度、叶面积、遮盖高度对生长影响的模型,考虑了太阳的射角、直接和发散辐射、叶的反射以及土壤表面返回到叶的反射等因素,他还从直接的产量输出的角度研究了作物生长中种子生产阶段的机制。

作物生长模拟研究的现存主要问题是模型的验证证实问题。Phene等⁽⁴⁾创立了一个土壤—作物—空气环境实验装备及其数据采集系统。这个系统叫SPAR(即英文Soil—Plant—

Atmosphere Research System 的缩写), 是一个计算机控制的环境系统。这个系统建立于美国东部南卡罗来纳州Florence 的美国农业部沿海平原水土保持研究中心内。这个系统包括三个独立监控的日照室。每室有一个2米×0.5米×1米的钢制土槽作底, 土槽之上固定了一聚丙烯制的1.5米高的封闭的空气室。土槽机室的温度由空调器和加热器进行控制。土壤、作物、小气候等参数变量由一个微计算机控制的数据获得系统自动测量。在每个室中的作物每分钟CO₂吸收量可进行测定并可保持在一个不变的CO₂水平上, 从而可得出净光合量。这样, 用这个系统就可连续地获得作物的生长发育数据。

2. 病虫害群体动力学及其管理的研究

昆虫、草、病害为作物生态系统的重要灾害。国外对灾害的发展、饲养和生殖曾进行过模拟, 目的是了解其生长发育的过程或研究可减少病虫害药剂施用量的控制方法。生物学家和数学家K.E.F. Watt⁽⁵⁾曾对昆虫群体的模拟提供了很多模拟方法。在概念上, 病虫害模拟与作物模拟不同。例如, 昆虫模拟是根据现有群体及环境情况来预测未来时间的群体水平。昆虫在一个生命循环内, 从一个阶段到下一个阶段的发展是与先后顺序时间有关还是与生理时间有关, 决定于生长的开始阶段需要的养分是否已存在于昆虫的内部。昆虫的生长或死亡常作为环境中空气温度或累积热能的连续函数。该两者常由于其他诸如空气中含水量、空气流动速度、雨量等环境因素的影响而衰减。昆虫可获得的食物量、所采用的虫害控制措施、昆虫本身的繁殖率和死亡率的大小等也是生长和死亡的影响因素。

例如, 美国在棉铃虫防治方面采用了BWSIM模型进行指导, 有一定成效。J.W. Jones和H.D. Bowen等在研究中指出⁽⁶⁾: 由于早期施用杀虫剂来杀象虫(Boll Weevil)减少了控制棉铃虫(Boll Worm)和烟草芽虫(Tobacco Budworm)的有利昆虫群体。故综合协调的防治方案应当采用生物的和化学的防治方法使虫害降低到临界水平并尽量减少对生态的副作用。为此, 在棉花生产系统中的综合治理方案就必需首先研究棉花的主要害虫的生长计算机模型。这个模型称为BWSIM(Boll Weevil Simulation Model)模型, 它是一个模拟受到作物因素、气象因素和害虫密度影响的棉铃象虫群体的动态模型。这个模型考虑了随时间变化的昆虫每一生长阶段(包括蛋卵、幼虫、蛹和成虫)的时间长度以及昆虫的捕食、寄生、衰老与死亡的情况。这个模型经过了田间验证, 其预测是有效的。

目前在美国研究较多的是下列两个方面: (1) 配合研究作物的模拟和灾害的模拟来预测当气象因素与灾害控制措施改变时灾害对作物系统的影响; (2) 研究最佳的杀虫剂施用量和施用时间, 也有人研究昆虫群体密度或其摄食速率与作物产量减少的函数关系。

3. 农业生产技术的模拟研究

对整地、种植、中耕及收获过程均可进行系统模拟以求得最优化的工时、劳动和使用成本、机械尺寸及利润极限等。这种模拟一般应用排队论原理的网络分析或程序以便根据时间和机器等可用资源条件作出各种活动的计划决策。气象因素只是限制了在室外的工作时间。这些模拟大多是网络式的模拟。

D.H. Doster曾在普渡大学举办短训班, 训练农民来模拟生产系统以便规划管理其农场。例如, 结合玉米生产和收获过程的模拟, Morey⁽⁷⁾用线性规划方法进行了经济分析。用模拟方法也有助于选择机械装备。

生产技术系统模拟研究的应用范围很广。林业生产也运用了系统模拟技术。⁽⁸⁾林业生

产的指挥者要按照工程—经济—生态原则，根据人员、设备、木材资源及其位置、道路网、仓库、发送日期及其他经济和环境的约束等情报来规划生产。这些情报的贮存、检索和显示需要计算机系统。系统分析和模拟方法用于人机位置的配备、设备的使用计划与顺序、新林业设备的制造与引入生产的规划、竞争性投标的策略、库存的控制、生产的经济分析等方面都是很有有效的。所用的数学方法为代数、概率系统分析方法及各种数学规划方法等。

4. 作物干燥和加工研究

T.L.Thompson⁽⁹⁾与 F.W.Bakker—Arkema⁽¹⁰⁾早在六十年代在描述干燥过程和干燥速率方面首先运用了系统模拟方法。干燥的现象可用下列三种方法进行模拟：① 研究被干燥的物体，当其在干燥器中流动时或当在深床贮存进行干燥时的整体干燥特性；② 将物体分成层并按层模拟与空气中的热量和水份的转换；③ 研究描述谷粒内部和由谷粒向外的热量和物质的转换。

谷物干燥是一个同时进行的热量和物质转移及平衡的过程。热量对水份的蒸发通常是由空气这种干燥介质来吸收的。某些农产品开始时是按稳定状态的规律进行干燥的，在此期间水分流失以不变的速率进行。随后有一个干燥率下降的阶段，这一阶段在谷物干燥模拟研究中已愈来愈受到了非常的重视。谷物在不变干燥率阶段的干燥性能决定于空气速度、空气温度和湿度。谷类作物，除了未成熟即进行收获者外，一般不是以不变干燥率进行干燥的，其他农作物，如土豆和甜菜，当周围环境不变时，其干燥或脱水都是以不变速率进行的。

在干燥速率下降阶段，预测干燥速率比不变干燥率阶段更为复杂。不仅要考虑外部条件，还要考虑作物内部的转移机理，采用半理论半经验的关系（方法）或作为预测干燥速率的模型曾证明是成功的。例如：谷物一般在固定的深床或移动的薄床进行干燥。不论深床或薄床，其深度可再分成层，而时间可用小增量再分成时步。于是，热量流和物质流将通过谷物床层一层一层地连续通过。这种干燥模拟方法曾成功地应用于：各种干燥器的设计，太阳能加热空气干燥作物技术、确定谷物损失率、确定谷物的安全贮存时间、研究比较太阳能风能和生物能等各种能源的经济价值等方面。

Brooker等的论文介绍了谷物干燥的一般理论；Barrett等介绍了薄床干燥中热量流及物质流的半理论表达式的模拟模型。

5. 水文学与污染问题研究

水的运动、流量和污染物输送的过程可用水文模拟方法，包括采用污染源组成模型和水文运动模型，来描述和定量化，常用“分块集总”参数（Lumped）或“分布”参数（Distributed）来有区别地描述一个流域或几个模型描述几个小流域面积。N.H.Crawford和 R.R.Linsley 1959年开始进行斯坦福流域模型（Stanford Watershed Model）的研究。L.F.Huggins和E.J.Monke运用有限差分法来解有关降雨量、截流、渗流、表面粗糙度、贮存流和表面径流的微分方程。L.D.Meyer和W.H.Wischmeier⁽¹¹⁾用解在某些点对时间的回归方程式来模拟水对土壤侵蚀的过程。

由于最近水中沉积物及与沉积物有关的养料和污染物的输送，对地区环境及经济的冲击，引起了广泛的重视，使得在与农业有关的水的流动、土壤流失和污染传送方面进行了不少模拟研究工作。由田间及饲养场流出的杀虫药剂及动物废料造成的污染最受重视，是研究的重点项目。这些研究对评价现有的和拟议中的控制措施的有效性和对水质量的控制都是很

有用的。

一般说来,水及其沉积作用的过程是以流域为单位按一系列小而均匀的面积或地块用半理论的或经验的方法进行描述的。这些面积或单元的输出将遍及于整个流域并联合起来向下游输送。为了全面平衡水流动的方程式并考虑到水的流动所能采取的各种途径,包括地下排水、渗流及渠道水流有时也要考虑。

美国在水文学研究方面做了不少工作。例如:Anderson⁽¹²⁾等就为Iowa州西部的一个黄土地农业区域研究了水的流动平衡模型。该研究指出:农业流域的水资源平衡对粮食生产有很大影响;很好地使用水资源并保持良好的生态环境与农业生产决策有很大的关系。一般水流域经营方法包括不同作物复盖、不同耕作措施等条件,需要记载降雨量、径流量、土壤水分、蒸发量、风速、空气温度、相对湿度、太阳辐射等数据。当水流域的条件变化时要求对该流域水资源的变化能进行预测。所以水资源的模型是很重要的。该模型适用于排水性好、深层土壤均匀的黄土水流域。在研究中是使用小型水流域的试验数据进行标定和试验的。用模型预测量和实测4年表面径流的相关系数为0.80;根部土壤水量预测和4年实测(两周测一次)数的相关系数是0.91,说明模型是有效的。

在土壤流失方面,Foster等⁽¹³⁾建立了由水流沉积运输的连续方程及其它小沟和沟间方程发展而成的土壤流失方程。该方程能解积水土流失过程并可用来估算在特有风暴情况下的土壤流失量。

水文学模拟中最困难的部分是研究出一个实用有效的描述与风暴有关的水和污染物流动的数据库。在水文学研究中,采用了最先进的计算机绘图学、有限差分法、及有限元分析等。

6. 农业经济问题研究

由于用按等级排列比较方案的方法来表示农业经济系统的输出是很复杂的,而且有很多人人为的困难,所以系统模拟方法在农业经济上的应用受到了很大限制。目前,美国仅在下列两个方面受到重视:(1)对农业生产系统的评价,主要是估算收获时或贮存时的作物总产值;(2)采用成本和利润长期间分期付款办法的农业装备和设施的设计。

在制定农业经济规划方面,当决策的决定权在系统工程人员手中而不是在掌握资源的生产指挥者手中时,委托人是否接受拟定的系统规划就成了一个大问题。在美国,用数学方法和优化技术能解决的问题称为“硬”问题,涉及人们思想的称为“软”问题;软问题牵涉到政策问题,还有这部分人和那部分人之间的公平性(Equity)问题,国外认为是较难解决的。例如,美国很早就将系统工程用于农业,已经在许多农业生产技术问题上取得了广泛的成就,但还没有在一个流域或一个地区的农业经济规划上加以应用和实施。如美国中西部偏北有个红河流域,虽然有人做了经济开发规划但未能付诸实施;卡罗拉多河和密苏里河流域的区域规划的制定也遭到反对。以致很多美国的系统工程学者不得不到别的国家(墨西哥、尼日利亚、南朝鲜等国),去制订规划施展才能。

7. 农业灌溉研究

灌溉系统的设计和用水时间的规划对美国农业来说愈来愈显得重要了。Allen和Lambert⁽¹⁴⁾研究了一个烟草灌溉模型,它以最大净经济效益为目标求灌溉时间的最佳化。Lembke和Jones⁽¹⁵⁾,Jensen和Wright则根据土壤含水量、降雨量和蒸发量进行灌溉时间的设计。根据

此研究美国农业部发行了一个灌溉计划表“USDA Irrigation Scheduling Program”来指导农民进行灌溉。该表考虑到不同作物在生长的不同阶段对水的需求量,输入气象及土壤数据,输出灌溉日期及水量。

8. 农业能源与资源管理

使用能源的效率和资源使用管理对一个国家来说是非常重要的。能量流、能量平衡和节能是前述“作物生长研究”和“谷物干燥加工研究”模拟的基础。在七十年代后期由于石油紧缺人们才开始认识到能源的重要性,其使用效率是一个需要考虑优化的问题。因此,能源使用在美国已成为模拟研究的课题。最初,这些模拟研究是做一些能源预算用来进行经济的预测。最近的论文内容则涉及到从全国农业生产需要的能源消耗量一直到肉牛的能量新陈代谢研究。家庭建筑、辅助设施、牲畜棚、温室等设施如何节能,如何提高用能效率也是研究的主要课题。再生能源(Renewable Energy Resource)能否代替石油也在研究之列。

多种能源,包括太阳能、煤、核电能、油页岩与生物能等应相辅相成以减少对石油产品的依赖。其中生物能在美国被认为是能解决能源危机的一个主要可能性。因此,下了很大功夫来研究它。

用模拟方法可以求出生物能的总量及随时间变化可获得的生物能能量。由作物产品及残茬产生的全部农业生物量的定量研究正在进行。这项研究是根据美国农业部的土地利用数据进行的。Muller等⁽¹⁶⁾的研究指出:第一年播种期推迟将减少作物产量并推迟第二年(17个月后)的收成。因为,推迟播种的影响,将持续在第一年的收获和第二年的种植与收获作业中起作用。

作物生长的模拟方法可用来计算农业可提供能制作酒精的谷物,如玉米的总量,育种学家可用模拟方法计算由于品种改良或更新可能增加的产量。在这方面,为了生产酒精而要求大量生物物质的积累,与作为大量生产的粮食作物所需的作物品种选择的指标要求是很不同的。

模拟方法还可获得不同生物体作物的总量及其取得的时间,从而帮助人们合理进行农作物的处理加工设备及贮存设备的产品设计和工艺设计。

生物体转化为能源时,其工艺包括直接燃烧、生物气化和热化学气化、热分解、酒精发酵、将种籽进行机械式榨油等方法。在转化过程中,烧煮需要热量,发酵需要冷却,蒸馏需要蒸发和冷凝;在理论上这些工艺耗能不多,但实际经验其消耗的能量将用去所得的酒精燃料的一半还多。对转化过程的模拟将对生产工艺起指导作用,并可帮助设计转化效率较高的热交换器和热泵等设备。

Barrett等⁽¹⁷⁾正在研究高效率地生产和利用生物能源的方法。这是一个重要目标。采用系统模拟方法可以研究计算各种生物能源,如作物、残茬、草原饲料等的量受到气象条件、土地增施肥料和休耕地利用等因素变化时的影响。生物体的收集和输送系统也正在进行研究。在设计和试验转化系统时,采用了计算机数据采集和处理技术。在确定含能量和比较选择直接燃烧、气化或热分解等各种转化的工艺方法时,都采用了系统模拟方法。

对上述八个方面,美国科学家已经研制了很多程序软件供农民选用。他们现在致力的是在科研和应用之间建造更多的软件桥。此外,正研究解决在农业系统工程应用中几个较难解决的问题。如怎样更好地对数学模型进行证实,怎样估计预测误差,怎样将决策方案的信息

传达给生产指挥者而使之易于接受等。美国的经验说明,解决农业问题应用系统模拟方法的可能性愈来愈大,效果愈来愈好。他们认为,随着微计算机和小计算器的成本降低,系统模拟方法的应用将更能广泛推广到农业的各种活动中。

目前国际上有一个国际系统分析应用研究所(International Institute of Applied System Analysis简称IIASA,读如Yah—Sah),在系统工程的应用方面开展了不少工作。这个研究所成立于1972年,总部设在奥地利的维也纳,是一个非官方性质的国际性研究机构。该所的工作人员由美、苏、奥、保、加、捷、芬、法、匈、西德、东德、意、日、荷、波、英、瑞等17个国家的科学院或相当的科学团体的科学家组成,各国分担一部分经费。用的语言是英语。它的宗旨是全世界科学家一起用系统工程技术研究共同关心的问题,特别是由于科技发展引起的问题。十多年来,该所研究的问题有两个,都是与农业有密切关系的。一个是世界的能源问题,另一个是世界的粮农问题。能源问题,研究世界在石油产品严重不足、愈来愈少的趋势下,2030年世界能源的组成形式(包括石油、煤、核能及其它)和目前要采取的措施。粮农问题,研究的方法是建立各国和世界的粮农模型,以便了解各国间的相互作用,从中找出影响各国及国际政策所应提出的建议;目的是运用近二三十年来农业科技的成果,将各地区建成具有稳定持续的农业生产力。从世界范围而言,建成一个没有饥饿的世界,以满足2030年世界人口增加一倍对食物的需要。该所有4位所长,25个学科,有各国科学家约100人。

二、我国农业系统工程的发展水平

我国农业系统工程的发展虽然比美国要落后约15年,但我国农业系统工程的发展是非常迅速的。现将5年来(1979—1984)我国有代表性的科研成果简要介绍如下。

在将系统工程方法和计算机应用于解决农业生产问题方面,浙江省农科院和浙江省计算中心曾成功地进行了浙江省小麦赤霉病的预测预报。⁽¹⁸⁾这种病害发病后,使小麦减产很大。根据老农的经验,发病的原因是综合性的,包括气象因素、品种选用、施肥水平、防治质量好坏等,但其中主要是气象因素。如果能对病的发生作出预测预报,使生产上能适当考虑作物品种布局、加强农事操作、及时做好农药调拨,在防治上就能主动,从而减少损失也可减少农药消耗。研究组将历年病害情况分成水平与多年气象资料进行研究,在气象资料中找出气温、湿度、雨量等并按生长季节分期的426个因素与不同病害水平用计算机进行回归分析、筛选主要因子,找出判别式,可以据此进行预测。第一年预测即见效果,准确度达到80%,浙江省有小麦80万亩,如少施药一次,全省即可节省40万元(每亩施药费以5角计)。浙江省对稻瘟病同样进行了预测预报,也取得了成功。

湖南省的水稻生产规范化工作运用了系统工程方法取得了很好的经济效益。该省的娄底地区地处湘中红壤丘陵区,人多地少、劳力充裕、精耕细作。在推广杂交水稻工作中,为了提高生产水平,省科委下达了“系统工程在水稻栽培技术规范化的研究与应用”的重点科研课题。该题由1979—1984进行了五年,研究工作是组织得比较好的⁽¹⁹⁾。1979—80年课题组在田间试验设计上采用了与大面积生产结合走多因素多水平综合试验的方法对“威优青杂交水稻丰产农艺措施方案”进行了设计。在设计中利用了回归试验设计方法建立了各试验因

子(包括播种期、秧田播种量、插秧时叶令、插秧密度、施肥水平等)在空间上的多维反应面数学模型,并实现了计算机仿真优化,从而得出规范化的田间试验方案,在大面积推广试验、执行结果,娄底农科所的试验田亩产达到了2024斤;邵东、双峰、新邵三县农科所也都突破了“亩产吨粮”的指标。这一成就使农业的试验研究向模型化定量化前进了一步,使运用计算机为农业服务成为可能,增加了深入研究的信心。首先是研究人员自觉地学习运用系统工程原理来组织指导课题的开发,加强了研究工作的总体规划设计。其次,在技术上广泛地采用了结构分析模型、线性规划模型、模糊决策模型、预测预控模型、矩阵对策模型、思维模型等多途径的建模方法,并加强了整体方案的协同配套和组装的研究,形成了相应的计算程序,建立了一批子模型和子程序,进行了配套组装,研制出“水稻栽培规范化程序包”的多功能软件系统,同时还建立了农事活动基本经验库、数据库和模型库,可为用户提供栽培方案咨询、信息处理、参数测辨、效益分析、仿真优化等多功能的服务。这一软件工作具有较高水平,为我国的农业系统工程软件工作打下了一个良好基础。

在用系统工程方法研究农业生产问题方面,在蚕类育种⁽²⁶⁾、作物品种遗传、虫害生态研究和预报^(27,28)和农机合理配备⁽²⁹⁾等方面均取得了初步研究成果。

在将系统工程方法用于农业经济规划方面,我国迈出的步子是巨大的。

首先,系统工程思想被用来研究农业生产的结构模式问题。黄土高原的水土流失是影响我国农业生产的一个大问题。怎样防止和减少水土流失呢?中科院水土保持研究所和宁夏固原气象局1982年写的论文“最佳黄土丘陵区农林牧结构模式”,在资源综合考察的基础上,设计了新的农林牧生产结构模式并用系统工程方法对该地区防止水土流失,恢复生态平衡做出了总体定量分析。固原地区原来的生产情况是水土流失严重,考察时天然草地亩产干草才100~150斤,农地亩产粮食70斤,人工草地亩产牧草500~1000斤,生态平衡统的生产结构层状态十分脆弱。作者将土地分为林地、人工草地、天然草场、平缓地和坡地5种,改变了传次,以水土保持系数为代表的水土流失情况作为第一层指标,以平均产量为代表的生物产量作为第二层指标。同时,根据过去科研成果和实践经验,抓住系统结构的本质,精确估算各生产单元间物质和能量交换的数量关系。然后,用系统工程的线性规划方法将经济效益作为目标,将农林牧合理用地比例、农牧地肥力平衡、防止水土流失和群众粮食薪柴需要作为约束条件计算出最佳方案。提出的初步方案只将用地比例进行调整,略增施一些化肥,实施结果经济效益即可提高一倍,而水土流失可以减到五分之一,生态状况大为改善。

中国农业工程研究设计院和山东省农业厅及禹城县有关部门协作应用系统工程方法进行了禹城县肉牛生产的可行性研究,寻求肉牛生产系统与外界环境联系的规律⁽²⁰⁾。研究结果认为禹城县发展肉牛生产是可行的,建立了数学模型并通过计算提供了禹城育肥肉牛可以采用的饲料配方和成本,黄牛繁育规划方案和四种育肥方案的投资经济效果分析,以及建立良种繁育、饲料加工、防疫、销售四大体系发展肉牛生产的具体步骤和措施。

在宏观经济规划方面,黑龙江省海伦县在探索中国式的现代化道路上取得了很大的进展。它的经济规划就是以系统工程技术作为指导的。海伦县是全国三个农业现代化综合科学实验基地县之一。五年多来,在中科院的指导下,以黑龙江省农业现代化研究所为中心,组织了中科院与农业现代化有关各研究所及黑龙江省有关科研单位、大专院校协同作战密切配合、在该县进行了一系列的农业现代化综合科学试验。这些试验的规划是我国系统科学在农

业上广泛应用的一次重大尝试。为完成这项攻关任务,国家投资近20万元,集中全国系统工程和农业科技人员300余人,奋战100多天,完成了大小模型100多个,对海伦县近、中、远期的发展提出了不同方案,不仅探讨了农工商的发展模式,而且研究了教科文的的发展。经过几年努力,规划正在逐步实施,该县的经济结构已初步发生了四个转化:即由单纯种植业的狭义农业向农林牧副渔全面发展的广义农业转化;由自给半自给经济向较大规模的商品生产转化;由单纯依靠传统经验向传统经验与现代化科学技术相结合的现代农业转化;由《三级所有队为基础》的公社化经济的生产劳动向家庭联产承包责任制的新型合作经济转化。1983年底,工农业总产值由1978年的两亿三千六百万元增加到三亿八千一百万元,增加61.5%,人均收入由170元增加到350元,增加105%,人们形象地称这个县的经济结构是以种植业为主体,以农林牧副渔和农工商综合经营为两翼,以社会主义精神文明建设为鸟头的“飞鸟型”经济模式。

这次攻关采用的主要研究方法有线性规划及参数分析,回归分析预测法、模糊评审格图取交法、专家调查法、总体协调与动态仿真法、投入产出分析法、矩阵模型及聚类分析法等,海伦经济规划研究的面广,理论探讨也较深入,为实现系统的现代化管理提出了一套方法。其效果如何还须经过实践的检验。

在宏观规划方面,湖南省也运用系统工程开展了“浏阳县经济振兴规划及山区开发研究”。这个规划是对一个县较长时期的发展进行全面规划,涉及到政治、经济、社会、生态、科技、管理、交通、能源、流通、教育、卫生等各个方面。在规划中新建、改造和移植的各种模型达到100多个,是又一次系统工程观念和方法论在经济规划工作中的一次全面的应用⁽²¹⁾。

在农场的规划方面,中国农业工程研究设计院与北京市郊永乐店农场柴厂屯分场合作1983年完成了柴厂屯分场的线性规划模型的设计和验证。⁽²²⁾验证表明该模型能比较真实地反映现有的农业生产系统。如按系统分析提供的优化方向主要对种植业的结构作适当调整后,计算纯收益将比1983年原计划增加132万元,人均收入可达332元。

在基础工作方面,除了湖南省研制的“水稻栽培规范化程序包”外,东北农学院还研究编制成功一套“旋转设计试验数据的计算程序包”。该程序采用模块式结构和对话式方案,可用于构造目标函数的多因素、复相关、非线性的数学模型,可普遍用于对田间试验结果进行系统分析。该系统已于84年7月进行了鉴定。此外,还在水稻遗传资源方面建立了数据库⁽²³⁾,研制了小麦产量估测的计算机程序⁽²⁴⁾和配合饲料最佳配方的计算机程序⁽²⁵⁾等。这些工作形成了一个好的开端。

我国五年来在农业系统工程方面的发展是非常迅速的,在农业生产的某些环节和领域中已经做了不少工作,起了一定的指导生产的作用;特别是在农业经济规划方面,已经初步开展了规模宏大的地区农业经济规划工作,这对我国农业生产现代化将起着关键的改革作用。

三、对我国农业系统工程进一步发展的意见

(一)、在农业系统工程的发展方针方面,要继续认真做好各种宏观的农业经济规划工作,力争得到验证和实施,同时大力研究与农业生产关系密切的中小型系统工程的应用问题

并推广其成果。

国际上发达国家农业系统工程研究的问题是很广泛的。以美国为例，他们将问题如前述分为八大类，各类问题的数量比例是较均匀的。据1982年统计，1973—1982十年内美国农业工程学会论文中有21%以上的论文是应用系统工程研究农业问题的。（该会论文估计每年约500篇）

我国农业系统工程虽已有了好的开始，但所研究的问题，以我国这样一个农业大国而论，在数量上仍是很少的。所研究的问题，在广度上也是很不够的，在某些方面还是空白。研究问题的特点是农业经济规划方面的问题比例很大，这些规划有的虽经过实施已初见成效，但有的尚需验证，有的实施还有困难。

我国社会主义制度的特点是计划经济和集中领导，这对系统工程的应用有极大的优越性，而在发达的资本主义国家就不可能进行大的农业规划，这是和我国不能比的。我国农业的现代化需要制订很多宏观的农业规划这是系统工程工作者和农业科学家的光荣责任。目前进行这类规划的编制要注意在较短期内有经济效益，在方法上要注意可行性和注意验证，特别要注意向委托者如何汇报的方法和艺术，以便于规划被接受而付诸实施。在宏观农业规划中，要尽快在农业现代化的种植业、农牧结合、农工商一体化三个层次的规划方面创造成熟的经验。

中小型的农业生产问题是指一个农场、一个生产队、一个农户较单纯的种植计划，加工点布局、农业物资运输、饲料配方、灾害预报、机器配备等问题。这些问题用系统工程方法求解能进行选优，在短期内能显著获得经济效益，从而能在委托者和领导者中建立农业系统工程的信誉，应该在搞宏观农业规划的同时大力进行研究和推广。

1984年10月来我国讲学和访问的美国系统分析专家，曾任美国运筹学学会主席、美国麻省理工学院和麻省大学运筹和工业管理系教授并曾在国际系统分析应用研究所工作过多年的Hugh J Miser教授在了解我国农业系统工程发展情况后曾提出：“宏观规划问题要被接受，需要委托者与系统工程工作者有诚恳的相互学习愿望。一般农业企业和农户也很需要农业系统工程，但在美国都重视不够。建议，当前中国可在专业户中推广农业系统工程，对农民的帮助一定很大。”这个意见是值得重视的。

（二）、要做好农业系统工程的基础工作。

所谓基础工作就是建立农业系统工程的三库，即数据库、方法库、软件库的工作。要鼓励和提倡各级科研单位、大专院校研究农业生产各方面的工艺方法、科学技术和及管理技术及其经过验证使用有效的软件，并鼓励各省区要尽快建立自己的农业生产数据库，使农业生产单位和农业户能方便迅速地得到系统工程的应用和指导。所设计的软件应尽量编成对话的形式以便于农民使用。

在软件方面，发达国家的例子很多。美国在合理的农机配备方面，普度大学就有一个PurdueB-9模型能为农户设计合理的机具系统。以康奈尔大学为主的美国东北地区农业工程服务中心就备有农业工程软件程序53种，Lowa州立大学有农业决策软件包，内有程序38种等等，这些软件为农民解决很多农业生产需要决策的问题。

（三）、要在3—5年内迅速培养一批农业系统工程的骨干人才。

赵紫阳总理曾说过：“中国的农业也要用系统工程。”现在广大农民和农业科技工作者

在农业现代化工作中都迫切需要系统工程方法的指导。但是农业系统工程的技术人才极为缺乏，远远不能满足发展的需要。

国际上对系统工程人才的培养早有重视，例如美国有100所大学设有系统工程的科系。据七十年代统计，美国拥有系统工程师175,000人，日本也有110,000人（其中很大一部分是计算机工作者）。在这方面，我国的差距是很大的。

从农业系统工程来看，农业系统工程工作要由系统工程工作者和各类农业科技人员（在我国应包括农机化毕业生）和农业经济人员共同合作来完成。从我国的具体情况来看，农业系统工程工作人员最快应由后两类人员中培养。为此，提出下列三点意见：

1. 继续举办各种培训班。近年来学会举办了各种类型的农业系统工程培训班，培养了数以千计的农业系统工程工作人员，成绩很大，我们要系统地总结办班经验，进一步提高办班的质量；有计划、有准备地举办初级班、高级班、对领导同志的讲座班等；要根据班的性质选编出版成套的讲义，并组织一批讲师团。

2. 扩大招收农业系统工程研究生。举办农业系统工程研究生班，加速培养一批经过系统工程正规训练的农业系统工程专门人才。目前国内已有少数农口、工口的高等院校招收农业系统工程硕士研究生。建议鼓励更多的院校更多的导师招收农业系统工程研究生，鼓励有条件的高校举办二年制的农业系统工程研究生班，二年毕业参加工作后写作论文可回原校申请答辩硕士学位。近期内应由国家选送一批研究生出国学习农业系统工程。培养研究生是快出农业系统工程人才的重要途径。

3. 积极创造条件在重点院校内建立农业系统工程（或农业管理工程）专业或系。

主要参考文献

- (1) Baker, D.N. Simulation for research and crop Management. Proc. 2nd World Soybean Conference, 1979.
- (2) Stapleton, H.N. Crop production system simulation. Trans. ASAE 13.110—8, 1970.
- (3) Duncan, W.G., Loomis, R.S., Williams, W.D. and Hanau, R., A Model for simulating photosynthesis in plant communities. Hilgardia, 38, 181-204, 1967.
- (4) Phene, C.J., Baker, D.N., Lambert, J.R., Parsons, J.E. and McKinion, J.M. SPAR-A soil-plant-atmosphere research system. Trans. ASAE 21. 924-30.1978.
- (5) Watt, K.E.F. The Mathematical models for use in insect pest control. can. Entomology Sup. 19. 1-62. 1961.
- (6) Jones, J.W., Bowen, H.D., Stinner, R. E., Bradley, J. R. Jr. and Bachelier, J. S. Simulation of Boll weevil Population as influenced by weather, crop status and management practices, Trans. ASAE 20.121—5.1977.
- (7) Morey, R.V., Peart, R.M. and Deason, D.L. Acorngrowth harvesting and handling simulator. Trans. ASAE 14.326—8, 1971.
- (8) Rajagopal, R. Systems Simulation in Forest Engineering. Trans. ASAE 21. 802-5. 1978.
- (9) Thompson, T.L. Simulation for optimal grain drier design. Trans. ASAE 13. 844-8, 1970.

- [10] Bakker-Arkema, F.W., Evans, T.W. and Farmer, D.M. Simulation of multiple-zone grain-driving. Trans. ASAE 14. 935-8, 1971.
- [11] Meyer, L.D. and Wischmeier, W.H. Mathematical simulation of the process of soil erosion by water. Trans. ASAE 12. 754-8. 62, 1969.
- [12] Anderson, C.E., Johnson, H.P. and Powers, W.L. A water Balance Model for deep Loess soils. Trans. ASAE 21. 314-320, 1978.
- [13] Foster, G.R., Meyer, L.D. and Onstad, C.A. An Erosion Equation from Basic erosion principles. Trans. ASAE 20. 678-682, 1977.
- [14] Allen, W.H. and Lambert, J.R. 1969. Dependence of irrigation scheduling on weather probability and plant response to soil moisture regime. ASAE Paper No. 69-943, ASAE, SSt. Joseph, MI 49085, 1969.
- [15] Lembke, W.D. and Jones, B.A. Jr. Selecting a method for scheduling irrigation using a simulation model. Trans. ASAE 15. 486-91, 1972.
- [16] Muller, R.E., Peart, R.M., Doering III, O.C., Parsons, S.D., Dale, R.F. and Pickett, R.C. Energy input-output simulation of midwest crop production. Proc. 1977 Winter Sim. Conf. Gaithersburg, MD pp.460-8, 1979.
- [17] Barrett, J.R. and Peart, R.M. Systems Simulation in US Agriculture. Progress in Computer Simulation, 1982.
- [18] 浙江省农科院植保所: 微型计算机在小麦赤霉病流行规律及预测预报中的应用 1983.
- [19] 湖南娄底地区农科所、湖南省计算中心庄郁华等: 系统工程在水稻规范化栽培技术中的研究与应用 1983.5.
- [20] 中国农业工程研究设计院: 1982—83科技工作年报 1983.12.
- [21] 汪 皓等: 系统工程在浏阳县经济、社会、科技发展规律中的应用 《系统工程》第 2 期 1984.
- [22] 袁柏瑞: 京郊永乐店柴厂屯分场农业生产规划模型研究 1983.12.
- [23] 上海计算所、上海农科院: 水稻遗传资源数据库的建设和使用 1982.
- [24] 沈阳农学院丁毓山等: 研究小麦产量计算机程序 1983.12.
- [25] 上海农科院王遗宝等: 配合饲料最佳配方计算 FORTRAN 程序 1983.12.
- [26] 浙江农科院: 电算机在家蚕育种上的应用 1983.
- [27] 陕西省植保所李宝林等: 棉田害虫的生态工程初探 1983.
- [28] 上海计算机所周洪祥等: 模糊数学在农业病虫害预报中的应用 1983.12.
- [29] 吉林工业大学刘新力: 友谊农场五分场二队引进机具设备的经济合理性探讨 1983.12.

THE PRESENT DOMESTIC AND INTERNATIONAL
DEVELOPMENT OF AGRICULTURAL SYSTEM
ENGINEERING TECHNOLOGY AND SUGGESTIONS
FOR ITS FURTHER DEVELOPMENT IN CHINA

Zhang De-Jun

(Jilin University of Technology)

Abstract

This paper introduces in quite detail in 8 categories the development of agricultural systems engineering technology in developed countries. These categories are: plant growth, pest forecast and management, agricultural production technology, crop drying, hydrology and pollution, agricultural economical planning irrigation and energy and resource management. The paper also gives a simple brief of the IIASA Research Institute in Vienna. The paper next summarizes briefly the development of agricultural system engineering technology in China for the past 5 years, enumerating important research items such as: the study of agricultural production structure patterns, rice culture standardized techniques, unified planning of modernized agricultural scientific experiments, county or regional economical planning, pest forecast, rational disposition of agricultural machinery, state farm planning, etc. It also reports newly started studies of agricultural softwares. Finally, in accordance with the present situations of China the author gives constructive suggestions regarding the policy of development of agricultural system engineering in China, the establishment of basic softwares and data banks and the training of specialized personnel.

Dec.10, 1985