

猪场连续生产销售计划

摘要：本文将猪只分成 A 公、A 母、B 公、B 母、C 公、C 母、D 公、D 母、E 公、E 母、F 公、F 母共 12 种类型，通过分析每一种类型猪只的配种、生长、销售规律以及各不同类型之间配种约束、销售计划约束、猪舍空间容量约束、运输能力约束等，综合约束条件分配后转化为各类型约束条件，建立动态平衡方程，以种猪和副产品销售总收入减去饲养成本作为目标函数，实现充分利用现有资源下的养猪场利润最大化。

首先，通过分析猪只生长数据来拟合猪只体重生长曲线。根据生长规律将各类别猪只按照体重区间划分为 26 个级别，保证在一周的生长周期内，猪只生长只增长一个级别。设 $x_i^{kj} (i=1,2,\dots,26)$ 表示每周销售后不同类型各级别猪只存栏数量， $y_i^{kj} (i=1,2,\dots,26)$ 表示每周销售各级别副产品销售数量， n_i^{kj} 表示每周所需生产补充猪只数量，建立满足猪场连续生产、销售约束的各类别猪只生长动态平衡方程。然后，通过对猪只存栏的数据统计得出当前各类别猪只在不同生长阶段的数量，建立各级别猪只存栏数量约束；通过计算猪舍空间，分析建立不同类型各级别猪只空间约束；通过分析产能数据和运输能力，建立不同类型各级别销售数量约束；通过分析月销售计划，建立猪只生产补充数量约束。最后，结合饲养成本数据和副产品售价预测数据，以销售利润作为目标函数，建立猪场连续生产销售数学模型，使用 *Lingo* 软件进行求解，分析求解结果后进一步优化。

对于问题 1，将每周作为一个生长周期，通过动态模型约束，并保证种猪销售计划和存栏量约束，可求解每周各类型猪只生产补充数量需求，从而计算配种需求数，制定每周配种计划，及生产公猪、生产母猪的更新计划。

对于问题 2，根据种猪的销售计划，逆推求解每周各类型猪只生产补充数量需求，根据模型动态平衡方程等约束以及销售利润最大化的目标函数，可求解每周各品种副产品销售数量 $y_i^{kj} (i=1,2,\dots,26)$ ，制定销售计划。

对于问题 3，由问题一、二求解结果可以得到每周各类型各级猪只的存栏数量，再结合饲养数据可计算得到每周饲料消耗量。

关键词：数据分析；收益最大化；连续生产动态平衡；配种优化；*Lingo* 规划

一、问题的重述

1.1 问题背景

某养猪场现有 A 、 B 、 C 、 D 、 E 、 F 等 6 个品系的种猪和副产品猪存栏共约 1 万头，希望在满足猪只生产规律、猪舍容量、运输能力、各品种市价等约束条件下，制定连续生产、销售计划，包括配种、产仔、销售、更新等环节，以实现充分利用现有资源，实现连续生产的收益最大化。（该猪场的主要产品为种猪，不能作为种猪销售的猪可以作为副产品销售）

1.2 需要解决的问题

围绕猪场连续生产销售的模型，在实现连续生产的收益最大化的条件下，本文以此解决如下问题：

问题（1）：制定每周配种计划，及生产公猪、生产母猪的更新计划。

问题（2）：制定四种副产品每周的销售计划。

问题（3）：测算每周各类饲料消耗量。

为了得到连续生产的收益最大化，结合题中给出的初始状态量，我们首先利用。

1.3 建模目标

- 1、对题给数据进行处理，分析数据规律，绘制图表。
- 2、建立模型时，尽可能结合实际情况考虑市场需求和价格的波动以及在生产各个阶段可能导致存活率下降的情况。
- 3、使模型尽可能适应实际约束，对生产销售策略进行科学评价，找出最优的生产销售方案，实现连续利益最大化。

二、问题的分析

2.1 问题分析

对于问题 1，由于生产母猪从配种开始，需怀孕约 116 天，同时刚出生的小猪需经历哺乳期、保育期，才可以达到作为种猪出售的标准（通过分析待售种猪的时间数据可知其均在 70 天以后，故本文假设种猪需培育至育肥期后方可出售），所以在 2019 年 1 月 1 日配种的母猪，它生产的仔猪可以作为种猪销售时已经过了 186 天，即只可以来供给 7 月份的销售计划。相应的，前几个月的销售需求可考虑由前一周期前配种满足。所以本文在制定配种计划时，需要考虑配种至待销售的延时性，即在配种计划里进行生产的母猪，只能在 6 个月后才可以提供待销售的种猪。对于从 1 月份到 6 月份的销售计划，根据各品种待售种猪的库存以及当前阶段正在怀孕母猪的生产来满足。

当配种计划确定之后，根据之前筛选数据所得到的生产公猪以及生产母猪的数量及日龄，需首先满足题目要求所给的条件，即要求猪只存栏总数不低于 9000 头，其中生产母猪不低于 1100 头，生产公猪不低于 28 头。以及附件 3 最大存栏量的限制。

同时，本题还需考虑到生产猪的更新替换问题，通常生产公猪每年更新替换率 100%；生产母猪从第一次配种起，2 年内可不更新，使用 2 年以上可考虑更新替换，通常每年更新替换率约 65%。更新替换掉的生产猪，可以作为副产品出售。在此，我们将再培育一年后，使用时间超过两年的生产母猪筛选出来，选出其中日龄靠后的 65%，用新的满足配种要求的种猪替换它，并将这更新计划贯穿到全年 52 个周，其中我们设定，日龄越大的更新的时间越早。

对于问题 2，首先确定养猪场的最大目的是要满足种猪的销售计划，而后在追求收益最大化的基础上，制订副产品的销售计划。我们在制作副产品的计划时，是从后往前，根据种猪的需求倒推出副产品的数量。每一品系的猪在进行自留和选种时，都有严格的比例限制，例如 E 系公猪 23 周龄时进行选种，选种率约 40%，同时 E 系母猪全部作为副产品销售。公母比例遵守严格的 1:1，所以根据 E 系种猪数量（设为 x ），即可得到 E 系可以作为副产品销售的数量为 $x/0.6/0.5-x=2.33x$ （这个推导未考虑分娩、死亡等因素）。之后再加入运输能力的约束结合之前的存栏量的约束，即可得到最终结果。

对于问题 3，我们则需要充分利用附件 1 的饲喂程序，在满足前两问的基础上，将饲料钱加入目标函数即收益的表达式中，根据所得到的配种及销售计划，可以得到养猪场内每周存栏各类猪的数目，进而确定每周各类饲料消耗量。

三、模型假设

由于问题中约束条件较多，在整个建模建立及求解过程中，作出如下假设：

假设 1：A、B、C、D 系纯系配种母猪每胎生 14 头，杂交配种 E 系时母猪每胎生 18 头，杂交配种 F 系母猪时每胎生 22 头，其中公母比例 1: b 。

假设 2：纯系配种用于生产种猪更新替换的种猪，没有测定为自留的作为种猪继续销售。

假设 3：在猪的养育过程中，我们规定养育至体重 25kg 后由保育期进入育肥期。

假设 4：将附件 2 所提供的猪的体重平均值作为对应生长周期内的体重。

假设 5：所有的种猪、副产品都可以立即售出。

假设 6：除了体中所给出的分娩率，哺乳、保育、育肥阶段的死亡率，不考虑其他疾病情况。

假设 7：将各类型按照体重划分为 26 个级别，在一周生长期内猪只增长一个级别。

四、符号规定

符号	意义	单位
x_i^{kj}	k 系 j 性别猪第 i 级副产品存栏数	
y_i^{kj}	k 系 j 性别猪第 i 级副产品销售数	
n_t^{kj}	第 t 周 k 系 j 性别猪所需生产的数量	
$X^{kj} = (x_1^{kj}, x_2^{kj}, x_3^{kj}, \dots, x_i^{kj})^T$	k 系 j 性别猪存栏向量	
$Y^{kj} = (y_1^{kj}, y_2^{kj}, y_3^{kj}, \dots, y_i^{kj})^T$	k 系 j 性别猪第 i 级副产品销售向量	
$R^{kj} = (n_t^{kj}, 0, 0, \dots, 0)^T$	第 t 周 k 系 j 性别猪所需生产补充向量	
$p = (p_{t1}, p_{t2}, \dots, p_{ti})^T$	第 t 周 i 级副产品猪的售价	
$b = (b_1, b_2, \dots, b_i)^T$	i 级副产品猪饲养一周的成本	
$m = (m_1, m_2, \dots, m_i)^T$	i 级副产品猪的平均体重	
$salenow^{kj}$	k 系 j 性别销售种猪存栏数量	
$sale_t^{kj}$	第 t 周 k 系 j 性别销售种猪数	
$keepnow^{kj}$	k 系 j 性别生产种猪存栏数量	
$keep_t^{kj}$	第 t 周 k 系 j 性别自留种猪数量	
$keepchange_t^{kj}$	第 t 周 k 系 j 性别自留种猪更新率	
$keepshaixuan_t^{kj}$	第 t 周 k 系 j 性别自留种猪筛选率	
S^{kj}	k 系 j 性别猪存栏总数	
S_1^{kj}	k 系 j 性别猪哺乳期存栏数	
S_2^{kj}	k 系 j 性别猪保育期存栏数	
S_3^{kj}	k 系 j 性别猪育肥期存栏数	
C_1^{kj}	k 系 j 性别猪 6-22.7kg 出栏数	
C_2^{kj}	k 系 j 性别猪 22.7-34kg 出栏数	

C_3^{kj}	k 系 j 性别猪 34-120kg 出栏数	
w_i	i 级存活率	
g_i	i 级生长进入参数	
Y	运输能力	

五、模型的建立与求解

5.1 问题 1 模型的建立与求解

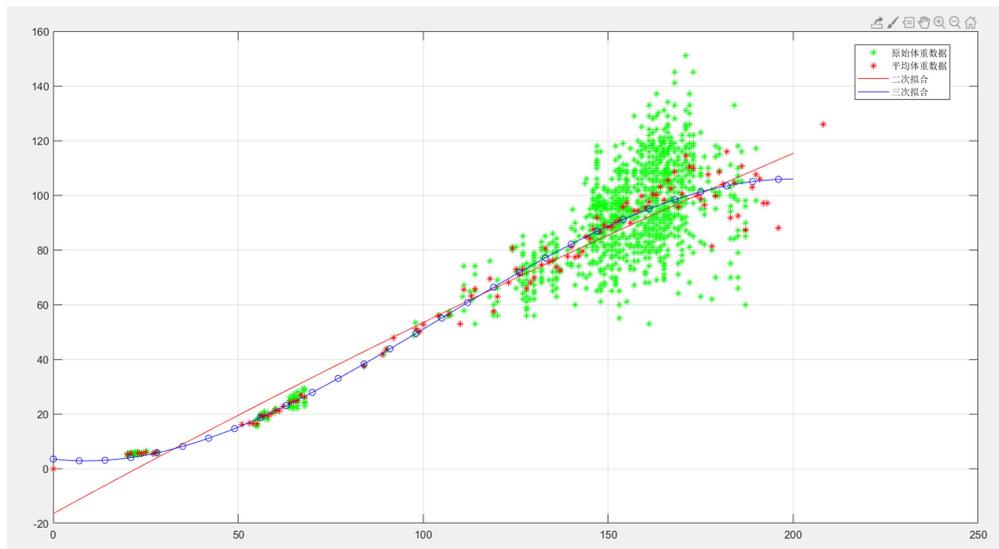
5.1.1 问题 1 模型的建立

本文主要研究在各品种市价、场内运载能力、产能约束等条件下，如何确定配种计划和销售计划，使得养猪场收益达到最大化，本题与以往不同的是，题设条件比较多，产品种类构成复杂，且初始数据（包括体重、饲料数量、副产品售价预测、猪只存栏数、种猪销售计划等）较多，在进行建模之前首先要进行数据预处理。

1、数据预处理

由题给附件 2 猪只生长数据，可拟合生长曲线，如图 5-1 所示：

图 5-1 猪只体重生长曲线



由拟合生长曲线分析体重生长规律可将猪只体重分为 26 个级别，如表 5-1 所示：

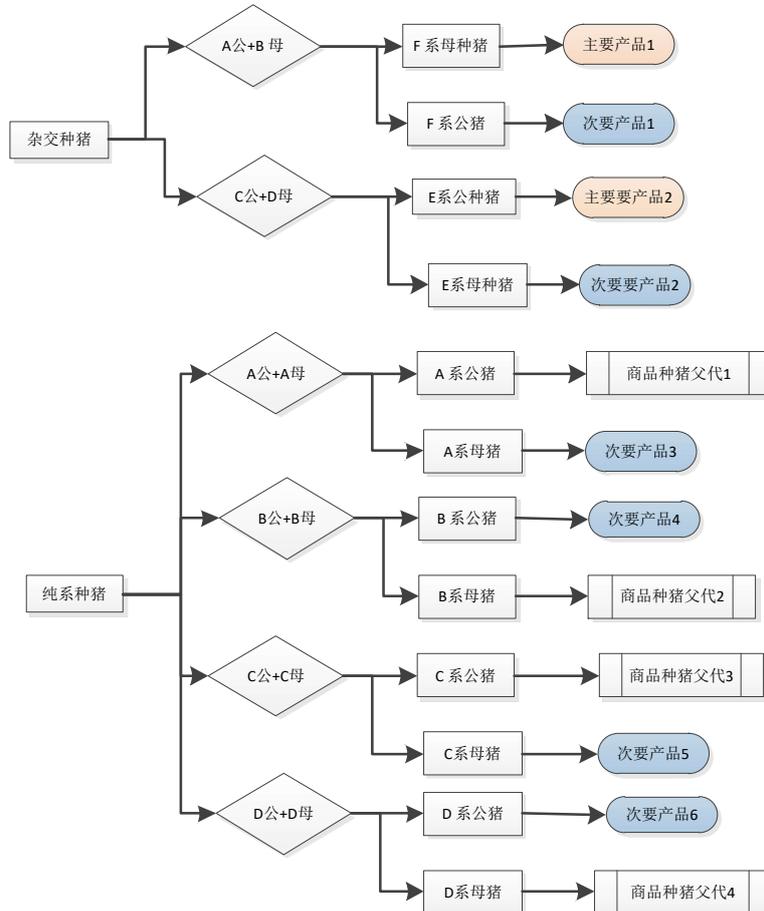
表 5-1 猪只体重分级表

级别	体重区间	体重区间平均值	价格
1	(0, 2.828474)	1.414237	P1
2	(2.828474, 3.027569)	2.9280215	P2
3	(3.027569, 4.014912)	3.521693	P3
4	(4.014912, 5.72927)	4.872091	P4
5	(5.72927, 8.109407)	6.91993385	P5
6	(8.109407, 11.09409)	9.6017485	P6

7	(11.09409, 14.62208)	12.858085	P7
8	(14.62208, 18.63215)	16.627115	P8
9	(18.63215, 23.06306)	20.847605	P9
10	(23.06306, 27.85357)	25.458315	P10
11	(27.85357, 32.94246)	30.398015	P11
12	(32.94246, 38.26848)	35.60547	P12
13	(38.26848, 43.77041)	41.019445	P13
14	(43.77041, 49.387)	46.578705	P14
15	(49.387, 55.05703)	52.222015	P15
16	(55.05703, 60.71926)	57.888145	P16
17	(60.71926, 66.31245)	63.515855	P17
18	(66.31245, 71.77537)	69.04391	P18
19	(71.77537, 77.04678)	74.411075	P19
20	(77.04678, 82.06546)	79.55612	P20
21	(82.06546, 86.77016)	84.41781	P21
22	(86.77016, 91.09965)	88.934905	P22
23	(91.09965, 94.9927)	93.046175	P23
24	(94.9927, 98.38807)	96.690385	P24
25	(98.38807, 101.2245)	99.806285	P25
26	(101.2245, inf)	110	P26

各类型产品配种关系图如图 5-2 所示:

图 5-2 各类型产品配种关系图



由题给附件 4：副产品售价预测数据可列出各级每周的预测售价。如表 5-2 所示：

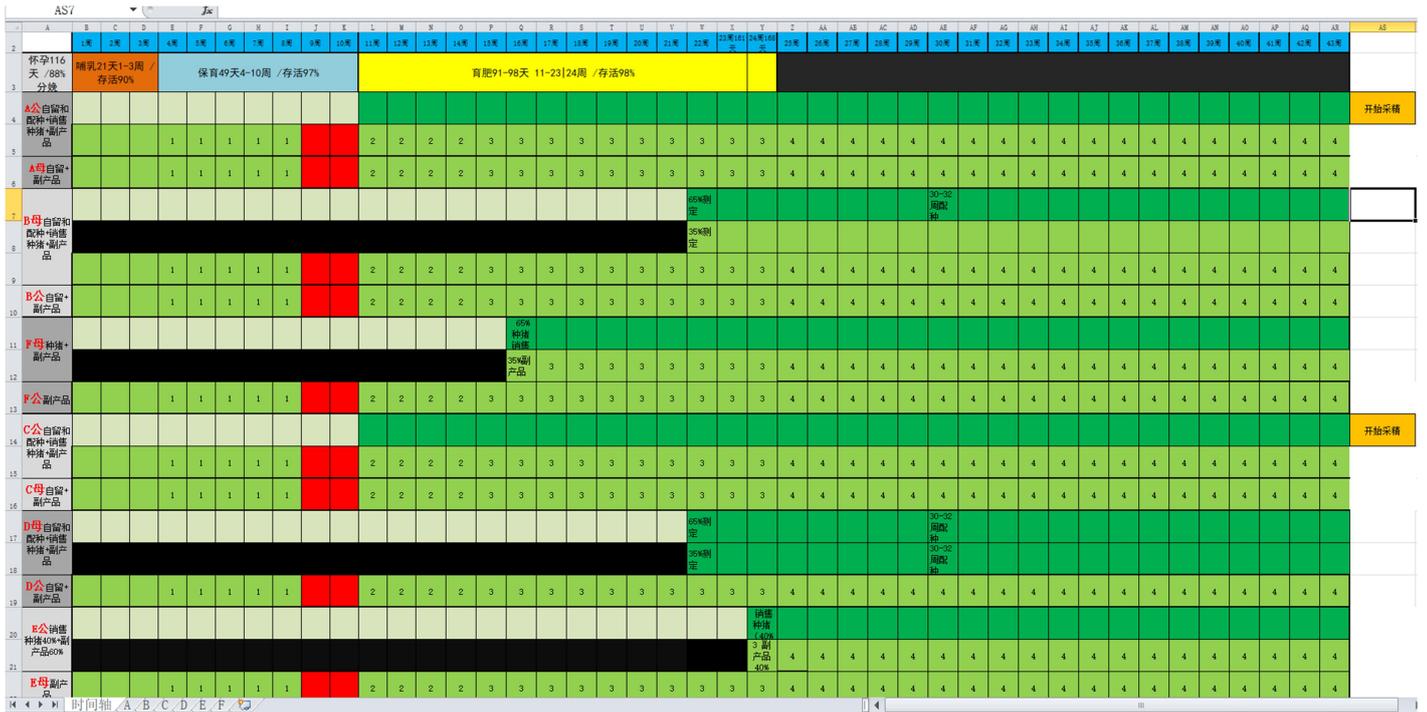
表 5-2 各级每周的预测售价

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
P1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P4	54.18	54.18	54.18	54.18	55.20	55.20	55.20	55.20	56.18	56.18	56.18	56.18	56.18
P5	54.18	54.18	54.18	54.18	55.20	55.20	55.20	55.20	56.18	56.18	56.18	56.18	56.18
P6	54.18	54.18	54.18	54.18	55.20	55.20	55.20	55.20	56.18	56.18	56.18	56.18	56.18
P7	54.18	54.18	54.18	54.18	55.20	55.20	55.20	55.20	56.18	56.18	56.18	56.18	56.18
P8	54.18	54.18	54.18	54.18	55.20	55.20	55.20	55.20	56.18	56.18	56.18	56.18	56.18
P9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P11	15.83	15.83	15.83	15.83	16.00	16.00	16.00	16.00	16.20	16.20	16.20	16.20	16.20
P12	15.83	15.83	15.83	15.83	16.00	16.00	16.00	16.00	16.20	16.20	16.20	16.20	16.20
P13	15.83	15.83	15.83	15.83	16.00	16.00	16.00	16.00	16.20	16.20	16.20	16.20	16.20
P14	15.83	15.83	15.83	15.83	16.00	16.00	16.00	16.00	16.20	16.20	16.20	16.20	16.20
P15	14.14	14.14	14.14	14.14	14.62	14.62	14.62	14.62	15.43	15.43	15.43	15.43	15.43
P16	14.14	14.14	14.14	14.14	14.62	14.62	14.62	14.62	15.43	15.43	15.43	15.43	15.43
P17	14.14	14.14	14.14	14.14	14.62	14.62	14.62	14.62	15.43	15.43	15.43	15.43	15.43
P18	14.14	14.14	14.14	14.14	14.62	14.62	14.62	14.62	15.43	15.43	15.43	15.43	15.43
P19	14.14	14.14	14.14	14.14	14.62	14.62	14.62	14.62	15.43	15.43	15.43	15.43	15.43
P20	14.14	14.14	14.14	14.14	14.62	14.62	14.62	14.62	15.43	15.43	15.43	15.43	15.43
P21	14.14	14.14	14.14	14.14	14.62	14.62	14.62	14.62	15.43	15.43	15.43	15.43	15.43
P22	14.14	14.14	14.14	14.14	14.62	14.62	14.62	14.62	15.43	15.43	15.43	15.43	15.43
P23	14.14	14.14	14.14	14.14	14.62	14.62	14.62	14.62	15.43	15.43	15.43	15.43	15.43
P24	14.14	14.14	14.14	14.14	14.62	14.62	14.62	14.62	15.43	15.43	15.43	15.43	15.43
P25	14.14	14.14	14.14	14.14	14.62	14.62	14.62	14.62	15.43	15.43	15.43	15.43	15.43
P26	16.45	16.45	16.45	16.45	17.60	17.60	17.60	17.60	18.31	18.31	18.31	18.31	18.31
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
P1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P4	58.09	58.09	58.09	58.09	59.46	59.46	59.46	59.46	59.40	59.40	59.40	59.40	59.40
P5	58.09	58.09	58.09	58.09	59.46	59.46	59.46	59.46	59.40	59.40	59.40	59.40	59.40
P6	58.09	58.09	58.09	58.09	59.46	59.46	59.46	59.46	59.40	59.40	59.40	59.40	59.40
P7	58.09	58.09	58.09	58.09	59.46	59.46	59.46	59.46	59.40	59.40	59.40	59.40	59.40
P8	58.09	58.09	58.09	58.09	59.46	59.46	59.46	59.46	59.40	59.40	59.40	59.40	59.40
P9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P11	22.00	22.00	22.00	22.00	21.50	21.50	21.50	21.50	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00
P12	22.00	22.00	22.00	22.00	21.50	21.50	21.50	21.50	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00
P13	22.00	22.00	22.00	22.00	21.50	21.50	21.50	21.50	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00
P14	22.00	22.00	22.00	22.00	21.50	21.50	21.50	21.50	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00
P15	16.28	16.28	16.28	16.28	16.29	16.29	16.29	16.29	16.24	16.24	16.24	16.24	16.24
P16	16.28	16.28	16.28	16.28	16.29	16.29	16.29	16.29	16.24	16.24	16.24	16.24	16.24

P11	14.19	14.19	14.19	14.19	15.73	15.73	15.73	15.73	15.95	15.95	15.95	15.95	15.95
P12	14.19	14.19	14.19	14.19	15.73	15.73	15.73	15.73	15.95	15.95	15.95	15.95	15.95
P13	14.19	14.19	14.19	14.19	15.73	15.73	15.73	15.73	15.95	15.95	15.95	15.95	15.95
P14	14.19	14.19	14.19	14.19	15.73	15.73	15.73	15.73	15.95	15.95	15.95	15.95	15.95
P15	12.95	12.95	12.95	12.95	12.91	12.91	12.91	12.91	14.15	14.15	14.15	14.15	14.15
P16	12.95	12.95	12.95	12.95	12.91	12.91	12.91	12.91	14.15	14.15	14.15	14.15	14.15
P17	12.95	12.95	12.95	12.95	12.91	12.91	12.91	12.91	14.15	14.15	14.15	14.15	14.15
P18	12.95	12.95	12.95	12.95	12.91	12.91	12.91	12.91	14.15	14.15	14.15	14.15	14.15
P19	12.95	12.95	12.95	12.95	12.91	12.91	12.91	12.91	14.15	14.15	14.15	14.15	14.15
P20	12.95	12.95	12.95	12.95	12.91	12.91	12.91	12.91	14.15	14.15	14.15	14.15	14.15
P21	12.95	12.95	12.95	12.95	12.91	12.91	12.91	12.91	14.15	14.15	14.15	14.15	14.15
P22	12.95	12.95	12.95	12.95	12.91	12.91	12.91	12.91	14.15	14.15	14.15	14.15	14.15
P23	12.95	12.95	12.95	12.95	12.91	12.91	12.91	12.91	14.15	14.15	14.15	14.15	14.15
P24	12.95	12.95	12.95	12.95	12.91	12.91	12.91	12.91	14.15	14.15	14.15	14.15	14.15
P25	12.95	12.95	12.95	12.95	12.91	12.91	12.91	12.91	14.15	14.15	14.15	14.15	14.15
P26	15.39	15.39	15.39	15.39	16.20	16.20	16.20	16.20	16.27	16.27	16.27	16.27	16.27

由题给育猪条件画出育猪时间轴如图 5-3 所示：

图 5-3 育猪时间轴



2、模型建立

$$Z^{kj} = (x_1^{kj} \cdot w_1 \cdot (1 - g_1), x_1^{kj} \cdot w_1 \cdot g_1 + x_2^{kj} \cdot w_2 \cdot (1 - g_2), \dots, x_{i-1}^{kj} \cdot w_{i-1} \cdot g_{i-1} + x_i^{kj})^T$$

Z^{kj} 表示一个周期 T 后 k 系 j 性别猪第 i 级副产品存栏向量

约束条件：

(1) K 系 j 性别猪维持连续生产、销售约束：
 (生长期末（一周后）的状态) - (销售) + (生产补充) = (生长期初状态)
 即

$$Z^{kj} - Y^{kj} + R^{kj} = X^{kj} \quad (1)$$

(2) K 系 j 性别猪副产品存栏约束：

$$\sum_{i=1}^4 x_i^{kj} \geq S_1^{kj} \quad (2)$$

$$\sum_{i=4}^{10} x_i^{kj} \geq S_2^{kj} \quad (3)$$

$$\sum_{i=11}^{25} x_i^{kj} \geq S_3^{kj} \quad (4)$$

$$x_i^{kj} (i = 1, 2, \dots, 26) \geq 0 \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^{26} x_i^{kj} \leq S^{kj} \quad (6)$$

其中，式 (2) - (4) 分别表示 K 系 j 性别猪哺乳期、保育期、育肥期存栏数量约束；式 (5) 表示各级存栏量不为负；式 (6) 表示 K 系 j 性别猪存栏总数约束。

(3) K 系 j 性别猪出栏产能约束：

$$\sum_{i=4}^8 y_i^{kj} \geq C_1^{kj} \quad (7)$$

$$\sum_{i=11}^{12} y_i^{kj} \geq C_2^{kj} \quad (8)$$

$$\sum_{i=13}^{26} y_i^{kj} \geq C_3^{kj} \quad (9)$$

$$y_i^{kj} (i = 1, 2, 3, 9, 10) = 0 \quad (10)$$

$$0 \leq y_i^{kj} (i = 1, 2, \dots, 26) \leq Y \quad (11)$$

其中，式 (7) 表示 K 系 j 性别猪 6-22.7kg 出栏产能约束；式 (8) 表示 K 系 j 性别猪 22.7-34kg 出栏产能约束；式 (9) 表示 K 系 j 性别猪 34-120kg 出栏产能约束；式 (10) 表示不能销售区间约束；式 (11) 表示销售数量不为负且满足运输能力约束。

(5) K 系 j 性别猪生产补充约束：

$$\sum_{i=1}^{26} y_i^{kj} + \sum_{i=1}^{26} x_i^{kj} \times (1 - w_i) + sale + \frac{keep}{keepchange} + (salenow + keepnow) \times 0.01 \leq n_i^{kj} \quad (12)$$

目标函数： *Max*：

$$M^{kj} = L^{kj} - C^{kj} - 171n_t^{kj} - 55 \times (salenow + keepnow) + 1250 \times sale_t + (1 + \frac{1 - keepshaixuan}{keepshaixuan}) \times 120 \times p_{26} \times keep_t$$

其中，*K* 系 *j* 性别第 *t* 周收益：

$$L^{kj} = y_1^{kj} \times m_1 \times p_{11} + y_2^{kj} \times m_2 \times p_{12} + \dots + y_i^{kj} \times m_i \times p_{ii} \quad (13)$$

K 系 *j* 性别第 *t* 周成本：

$$C^{kj} = x_1^{kj} \times b_1 + x_2^{kj} \times b_2 + \dots + x_i^{kj} \times b_i \quad (14)$$

约束条件表示：对题设条件中规定的分娩率 88%，产房仔猪死亡率约 10%，保育期死亡率 3%，育肥期死亡率 2%。将这些比例分别对应所处的周数进行开方，将死亡比例平均到每一个阶段，能够更好得拟合连续生产的条件；对于生产公猪、生产母猪的更新替换，我们对数据进行筛选，对于各个品系的猪，在现有日龄的基础上，再加上一年的使用时间，将日龄在两年以上，并且按降序排列，将日龄数为前 65% 的生产母猪进行替换，并将被替换掉的猪作为副产品销售。

对于产房、保育舍、育肥舍的约束，由于我们在建立模型过程中，进入各级别的猪的数量等于售出的猪的数量，故只要在 1 月 1 号满足各阶段存栏量的限制，整个周期内约束就都是满足的，我们对初始数据进行统计，保育猪数量为 2333，育肥猪数量为 2109，分别小于 2675 和 5657，在初始条件下，关于生产猪、哺乳仔猪的限制也同样满足。

5.1.2 模型的求解

本模型在建立过程中设置的变量较多，是一种典型的多变量多目标混合线性规划问题。求解模型我们采用 *Lingo* 软件。*Lingo* 软件是一款专门用来处理优化问题的软件，它尤其擅长求解线性规划、非线性规划、整数规划等问题。

将模型分解为 12 种不同类型分别进行求解，当各类型求解结果都满足约束要求时，可求解出各类型每周各级的销售数量、生产补充数量、各级存栏量等。根据求解生产补充数量可计算问题一种各类型所需的配种计划，参照配种计划可制定生产公猪和母猪的更新计划；通过综合各级销售数量可计算副产品一至副产品四每周的销售计划，制定问题二销售计划；通过求解所得各类型猪各级存栏量可计算每周饲养所需消耗量，制定问题三各周饲料消耗量。

Lingo 求解 *A* 系公猪第一周销售数量、生产补充数量、各级存栏量部分代码及求解结果如下图如图 5-4、5-5 所示：

图 5-4 A 系公猪第一周 LINGO 求解部分代码

```

LINGO - [LINGO 模型 - Agong]
文件(F) 编辑(E) LINGO(L) 窗口(W) 帮助(H)
model:
sets:
s/1..26/:b,m,p,y,x,e;
endsets
max=M;
!A公第1周销售种猪数:
saleNow=512; !当前销售种猪存栏数:
sale =27; !销售种猪数:
!A公第1周自留种猪数:
keepnow=16; !当前自留生产种猪存栏数:
keepChange=1; !自留生产种猪每年更新率:
keep =keepnow*keepChange/52;
keepshaixuan=1;
!A公第1周产猪数:
!Rn<=300;
!约束产猪数Rn>种猪售卖数+更新种猪数+副产品售卖数+死亡数:
@sum(s:y)+sale+keep/keepshaixuan=@sum(s:x*(1-e))+(saleNow+keepnow)*0.01<=Rn;
!目标函数:
M=@sum(s:y*m*p)-@sum(s:x*e*b)-171*Rn-55*(saleNow+keepnow)+sale*1250+keep*120*p(26)+120*p(26)*keep*(1-keepshaixuan)/keepshaixuan;
M>=0;
!连续生产条件:
@for(s(1)|#gt#1:x(1)=x(1-1)*e(1)-y(1));
x(1)=y(1)+Rn-sale-keep/keepshaixuan;
!约束条件:
@for(s(1)|#ge#1 #and# i#le#26:y(i)>=0);
!@for(s(1)|#gt#1 #and# i#le#26:x(1)<=x(1-1));
!A公各级副产品销售约束:
y(1)=0;
y(2)=0;
y(3)=0;
y(9)=0;
y(10)=0;
@sum(s(1)|#ge#4 #and# i#le#8:y(i))>=68/10;
@sum(s(1)|#ge#11 #and# i#le#12:y(i))>=75/10;
@sum(s(1)|#ge#13 #and# i#le#26:y(i))>=38/10;
!A公各级副产品存栏约束:
@sum(s(1)|#ge#1 #and# i#le#3:x(1))>=95;
!@sum(s(1)|#ge#1 #and# i#le#3:x(1))<=115;
@sum(s(1)|#ge#4 #and# i#le#10:x(1))>=102;
!@sum(s(1)|#ge#4 #and# i#le#10:x(1))<=135;
@sum(s(1)|#ge#11 #and# i#le#25:x(1))>=316;
准备 NUM MOD 行 24, 列 37 7:16 pm

```

图 5-5 A 系公猪第一周 LINGO 求解结果

LINGO - [求解报告 - Agong]

Global optimal solution found at iteration: 33
Objective value: 8056.958

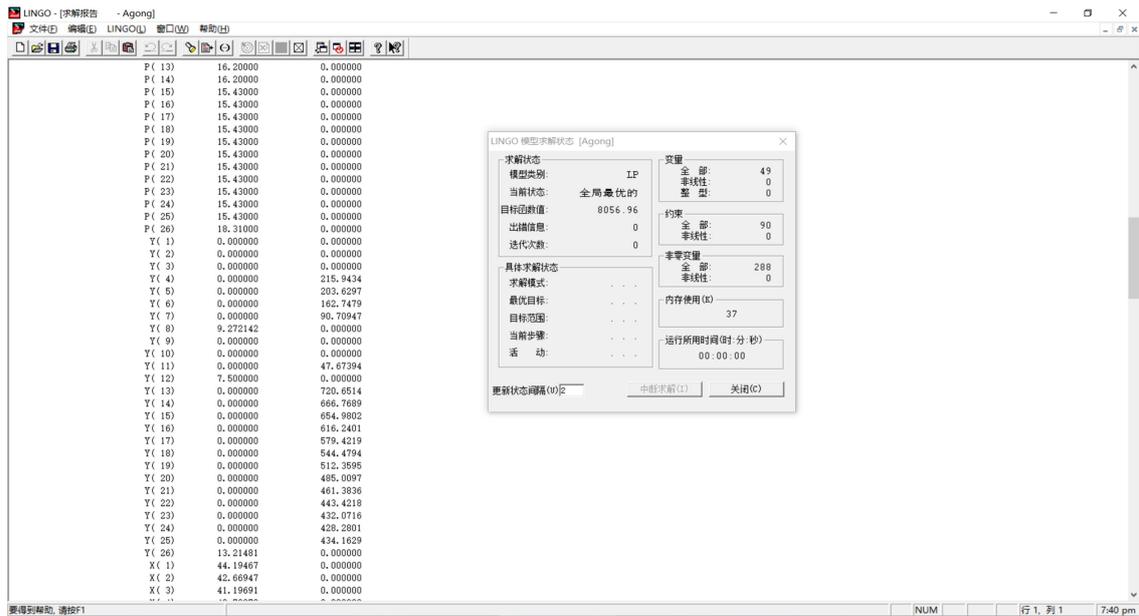
Variable	Value	Reduced Cost
M	8056.958	0.000000
SALENOW	512.0000	0.000000
SALE	27.00000	0.000000
KEEPNOW	16.00000	0.000000
KEEPCHANGE	1.000000	0.000000
KEEP	0.3076923	0.000000
KEEPSHAIKUAN	1.000000	0.000000
RN	71.50237	0.000000
B (1)	0.000000	0.000000
B (2)	0.000000	0.000000
B (3)	10.00000	0.000000
B (4)	20.00000	0.000000
B (5)	26.00000	0.000000
B (6)	26.00000	0.000000
B (7)	35.00000	0.000000
B (8)	35.00000	0.000000
B (9)	36.00000	0.000000
B (10)	39.00000	0.000000
B (11)	44.00000	0.000000
B (12)	43.00000	0.000000
B (13)	43.00000	0.000000
B (14)	46.00000	0.000000
B (15)	55.00000	0.000000
B (16)	56.00000	0.000000
B (17)	56.00000	0.000000
B (18)	56.00000	0.000000
B (19)	57.00000	0.000000
B (20)	56.00000	0.000000
B (21)	56.00000	0.000000
B (22)	56.00000	0.000000
B (23)	56.00000	0.000000
B (24)	56.00000	0.000000
B (25)	56.00000	0.000000
B (26)	56.00000	0.000000
M (1)	1.414237	0.000000
M (2)	2.928022	0.000000
M (3)	3.521693	0.000000
M (4)	4.872091	0.000000

LINGO 模型求解状态 [Agong]

求解状态	IP	变量	全部: 49
模型类别	全局最优的	非线性:	0
当前状态	8056.96	整型:	0
目标函数值	0	约束	全部: 90
出栈信息	33	非线性:	0
迭代次数		非零变量	全部: 288
具体求解状态		非线性:	0
求解模式		内存使用(K)	37
最优目标		运行所用时间(时:分:秒)	00:00:00
目标范围			
当前步骤			
活动			

更新状态间隔(秒) 中庭求解(L) 关闭(C)

NUM MOD 行 1, 列 1 7:03 pm



求解结果分析:

由求解结果可以看出：副产品销售集中在第 8 级、第 14 级和第 26 级，也就是副产品一区大体重区间段和副产品四区小体重区段，这是因为当猪只作为副产品一销售时，由于副产品一的价格高于饲养成本，故饲养至体重越大收益越大；猪只作为副产品四销售时，由体重生长规律可以看出，第 26 级之后体重增长较少，而成本保持不变，故时间越长收益越小；同时副产品二、三的销售价格小于副产品一、四且该区间猪只体重增长较快，收益大于成本，故一般销售副产品二、三的数量较少，符合题目实际要求。

A 系公猪第一周销售数量、生产补充数量、各级存栏量 *Lingo* 求解代码见附录。对照不同类型育猪时间轴，修改约束条件参数，可依次求得 A 母、B 公、B 母、C 公、C 母、D 公、D 母、E 公、E 母、F 公、F 母每周的销售数量、生产补充数量、各级存栏量，综合求解结果，制定配种计划、销售计划、饲料消耗表。其他类型各级每周销售数量、生产补充数量、各级存栏量等模型参量，求解结果见附件 1: *Lingo* 求解结果，代码见附件 2: *Lingo* 代码。

由求解结果计算制定配种计划、副产品销售计划、饲料消耗量分别见附件 3: 配种计划、附件 4: 副产品销售计划、附件 5: 饲料消耗量。

各级猪只饲养一周饲料成本如下表 5-3 所示:

表 5-3: 各级猪只饲养一周饲料成本

级别	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
每周成本	0	0	10	20	26	26	35	35	36	39	44	43	43
级别	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
每周成本	46	55	56	56	56	57	56	56	56	56	56	56	56

不同类型各区间猪只数量初始值如下表 5-4 所示：

表 5-4：不同类型各区间猪只数量初始值

			哺乳	保育	育肥	代售种猪	生产后备	生产
A	公猪	种猪	101	163		248		16
		副产品	95	102	316			
	母猪	种猪	42	150		332	7	201
		副产品	92	111	235			
B	公猪	种猪	110	96		266		3
		副产品	104	121	331			
	母猪	种猪	52	167		481	24	624
		副产品	77	85	245			
C	公猪	种猪	4	8		54		8
		副产品	49	59	152			
	母猪	种猪	1	18		65	7	24
		副产品	50	54	121			
D	公猪	种猪	38	82		139		3
		副产品	50	54	131			
	母猪	种猪	38	81		149	16	271
		副产品	40	38	136			
E	公猪	种猪	127	191		372		
		副产品	61	64	169			
	母猪	种猪						
		副产品	34	48	134			
F	公猪	种猪						
		副产品						
	母猪	种猪	248	606		505		
		副产品	40	35	129			

六、模型评价与参考

与大多数数学建模题目的初始数据和约束条件数量不太多相比，本题目接近生产生活实际具有很多类型的约束条件。因此，在模型的建立过程中，我们采用数据预处理，约束预分配的方法，在充分考虑猪只生产规律、猪舍容量、运输能力等约束条件下，制定连续生产、销售计划，包括配种、产仔、销售、更新等环节，最终得到了较为满意的结果。

6.1 从研究问题、模型、算法和结果四个维度对本文所做的工作进行总结：

建立了可以实现测量的数学优化模型。建立模型之后对题中所提供的数据进行了最优化分析，预估值确定之后更加容易的获取了最终结果，计算较方便，实

际可操作性较强。该数学优化模型以最大收益为目标,综合考虑了种猪销售计划、满足连续生产、猪舍容量及运输能力等实际约束条件。

由于本模型变量较多的特点,最终确定采取 *Lingo* 软件。在将整个培育和銷售划分为 26 个级别后,用动态平衡方程做 26 次迭代,得到最优结果。最后,将本文模型与方法应用于养猪场的实际培育中,能够给出较优的规划,实现最终的目的。

6.2 展望

在本题我们所建立的模型要求进出养猪场的猪数量一致,从而满足所有的约束条件。事实上,经观察,在整个培育的过程中,育肥舍的数量始终是大于处于育肥期阶段的猪的数量的。为得到更优的解法,我们可以这样考虑将育肥舍改造为相对数量较为紧缺的产房和保育舍,从而整个模型的容量便会变大,进一步可以在原有种猪销售计划的基础上再次优化配种计划,实现得到更多的收益:

1、建立更精确、适用范围更广的模型,减少对部分参数的假设。本文在考虑一些情况,如自留纯系猪的配种和副产品比例时,将其设置成一个固定值来减少求解难度,但是实际中还还可以考虑多方面因素。

2、设计更加高效、求解质量更好的算法。本题采用了 *Lingo* 软件来求解线性规划,对于本文的 26 个变量,12 个方程还是可以求解的,但当情况再复杂一些,变量更多的情况下,还需要借助其他算法的求解。

3、同时,还可以考虑得到更大收益的方法,比如改造房舍、合理制定种猪销售计划,最大程度上利用母猪的生产数量,在本题过程中,母猪的生产能力是没有被完全利用,这就需要我们开拓思路,更进一步挖掘题目的信息。

七、参考文献

- [1]吴孟达,李银飞, 生猪养殖场的经营管理策略研究, 数学建模及其应用, 2095-3070(2014)04-0054-05:54-58,2014
- [2]成宝娟,生猪养殖场的经营管理策略,温州职业技术学院学报, 1671-4326(2015)02-0065-06:66-70,2015
- [3]刘友新,基于数学建模的养猪养殖场经营管理分析, 芜湖职业技术学院学报,1009-1114(2015)02-0084-08:2015
- [4]陈和君. 探讨养猪资金预算及成本核算[J].实务解读, 2013(04)
- [5]张善超,张长友.养殖场生产成本核算分析[J].中国动物保健, 2010(09):15-16
- [6]王祖力,王济民.生猪养殖成本收益分析. [J]. 猪业经济, 2012 (01):7-8.
- [7]郭欣红,姜晓艳.经济数学[M].北京:人民邮电出版社, 2010-11-12
- [8]方立华.旌德县病死猪无害化处理补贴政策实施现状与对策[J].基层农技推广, 2015(1):169-169 ,172.
- [9]龚兰,韦纯勇,规模养殖场经济效益调查报告[J].当代畜牧,2011(5):7-8.
- [10]王跃飞,郭万跃.猪人工授精技术的效益评价及实践与体会[J].浙江畜牧兽医,

2014(6):29-30.

[11]姜启源,谢金星,叶俊,数学模型[M].北京:高等教育出版社,1987:82-83.

[12]王鹏飞,杜忍让,肉猪生产成本分析[J].陕西农业科学,2013(03):220-223.

附录:

```
model:
sets:
s/1..26/:b,m,p,y,x,e;
endsets
max=MM;
!A公第t周销售种猪数;
saleNow=512; !当前销售种猪存栏数;
sale =27; !销售种猪数;
!A公第t周自留种猪数;
keepnow=16; !当前自留生产种猪存栏数;
keepChange=1; !自留生产种猪每年更新率;
keep =keepnow*keepChange/52;
keepshaixuan=1;
!A公第t周产猪数;
!Rn<=300;
!约束产猪数Rn>种猪售卖数+更新种猪数+副产品售卖数+死亡数;
@sum(s:y)+sale+keep/keepshaixuan+@sum(s:x*(1-e))+(saleNow+keepnow)*0.01<=Rn;
!目标函数;
MM=@sum(s:y*m*p)-@sum(s:x*e*b)-171*Rn-55*(saleNow+keepnow)+sale*1250+keep*120*p(26)
+120*p(26)*keep*(1-keepshaixuan)/keepshaixuan;

MM>0;
!连续生产条件;
@for(s(i)|i#gt#1:x(i)=x(i-1)*e(i)-y(i));
x(1)=y(1)+Rn-sale-keep/keepshaixuan;
!约束条件;
@for(s(i)|i#ge#1 #and# i#le#26:y(i)>=0);
!@for(s(i)|i#gt#1 #and# i#lt#26:x(i)<=x(i-1));
!A公各级副产品销售约束;
y(1)=0;
y(2)=0;
y(3)=0;
y(9)=0;
y(10)=0;
@sum(s(i)|i#ge#4 #and# i#le#8:y(i))>=68/10;
@sum(s(i)|i#ge#11 #and# i#le#12:y(i))>=75/10;
@sum(s(i)|i#ge#13 #and# i#le#26:y(i))>=38/10;

!A公各级副产品存栏约束;
@sum(s(i)|i#ge#1 #and# i#le#3:x(i))>=95;
@sum(s(i)|i#ge#4 #and# i#le#10:x(i))>=102;
@sum(s(i)|i#ge#11 #and# i#le#25:x(i))>=316;
```

x(26)>=0;

@sum(s:x)<=700;!1041;

@for(s:x>=0);

data:

m, b, e, p=

1. 414237	0	0.965489	0.00
2. 928022	0	0.965489	0.00
3. 521693	10	0.965489	0.00
4. 872091	20	0.989898	56.18
6. 919934	26	0.989898	56.18
9. 601749	26	0.989898	56.18
12. 85809	35	0.989898	56.18
16. 62712	35	0.989898	56.18
20. 84761	36	0.989898	0.00
25. 45832	39	0.989898	0.00
30. 39802	44	0.993288	16.20
35. 60547	43	0.993288	16.20
41. 01945	43	0.993288	16.20
46. 57871	46	0.993288	16.20
52. 22202	55	0.993288	15.43
57. 88815	56	0.993288	15.43
63. 51586	56	0.993288	15.43
69. 04391	56	0.993288	15.43
74. 41108	57	0.993288	15.43
79. 55612	56	0.993288	15.43
84. 41781	56	0.993288	15.43
88. 93491	56	0.993288	15.43
93. 04618	56	0.993288	15.43
96. 69039	56	0.993288	15.43
99. 80629	56	1	15.43
110	56	1	18.31

;

enddata

end