

7.2.2 山猫与野兔生长关系系统动力学模型及仿真分析

1. 系统动力学流程图

假定 RABBIT—野兔数（只），水平变量（只）；RNBR—野兔纯出生率（只/年）；INRAB—模拟开始时的野兔数（50000 只）；TRNBF—野兔纯出生率因子；RDEN—野兔密度；CC—自然容纳野兔的能力（只）；RKL—山猫捕食野兔的速率（只/年）；RTRA—野兔被人猎捕率（只/年）；FRABTR—野兔被人猎捕系数（1/年）；TRKPL—每头山猫一年内捕食的野兔数（只/头·年，由表函数给出）；TLNBF—山猫纯出生率因子；LYNX—山猫数（头）；INLYNX—模拟开始时的山猫数（1 150 头）；LNBR—山猫纯出生率（头/年）；RDDIC—山猫生存底线；LTRAP—山猫饿死率（由表函数给出）；LSUBR—山猫的生存状况因子；FLNXTR—山猫被人猎捕系数（头/年）。则野兔与山猫系统动力学流程如图 7-2 所示。

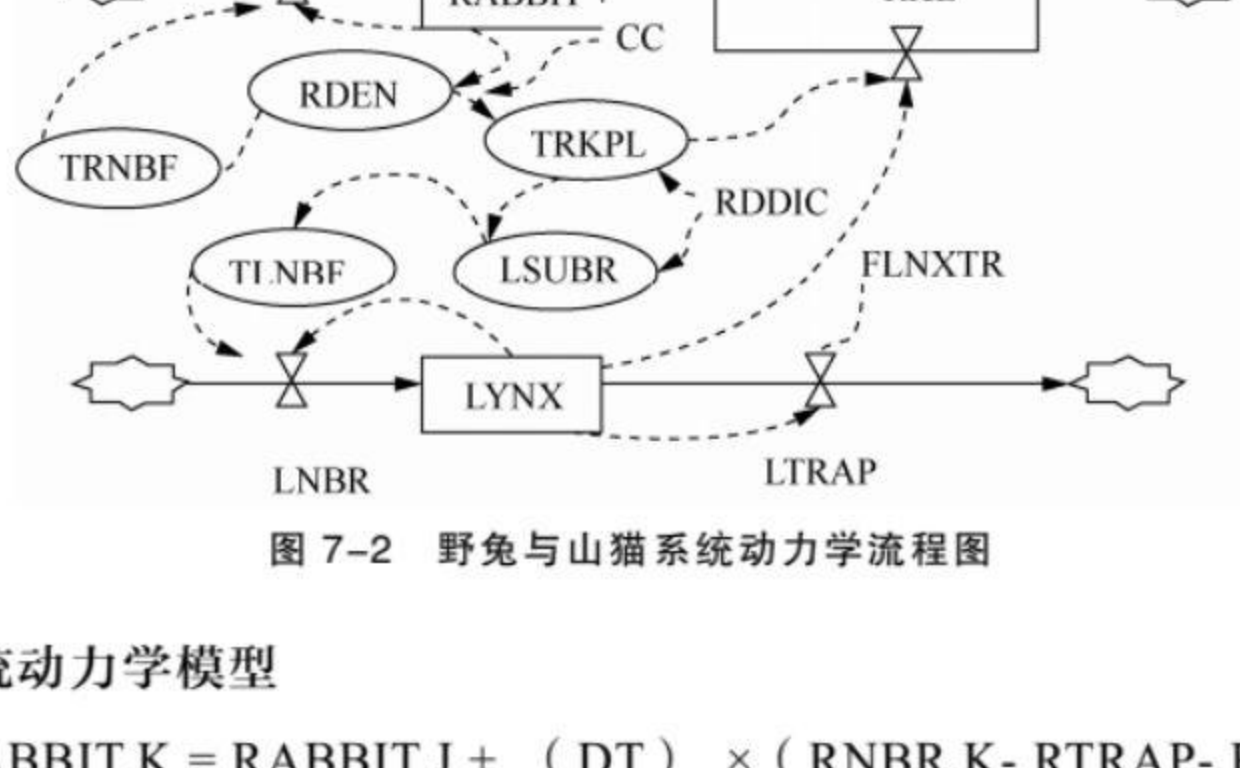


图 7-2 野兔与山猫系统动力学流程图

2. 系统动力学模型

L RABBIT.K = RABBIT.J + (DT) × (RNBR.K- RTRAP- RKL)
N INRAB =50000
R RNBR.K = RABBIT.K ×TRNBF
R RDEN.K = RABBIT.K/CC
C CC = 1000
R RTRA.KL = RABBIT.K×FRABTR
R RKL.KL = LYNX.K ×TRKPL
L LYNX.K = LYNX .J + (DT) × (LNBR.KL-LTRAP-FLNXTR.KL)
N INLYNX=1150

R TLNBF = LSUBR.K×RKL.KL
R LNBR.KL=LYNX.K×TLNBF
R LSUBR.K = TRKPL.K/ RDDIC
R FLNXTR.KL = LYNX.K×LTRAP

3. 仿真分析结果

假定每只猫年捕野兔数与野兔密度关系、山猫饿死率如表 7-3、表 7-4 所示。

表 7-3 每只山猫年捕野兔数与野兔密度关系表

野兔密度	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
每只山猫年捕野兔数 TRKPL	0	50	100	150	200	250	300	350	400	450

表 7-4 山猫饿死率关系表

野兔密度	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
山猫饿死率 LTRAP	0.5	0.45	0.4	0.35	0.3	0.25	0.2	0.1	0.05	0.005

在不考虑山猫、野兔被猎人捕获系数及其生存因子的情况下，利用系统动力学仿真软件进行仿真，其仿真结果如图 7-3 所示。

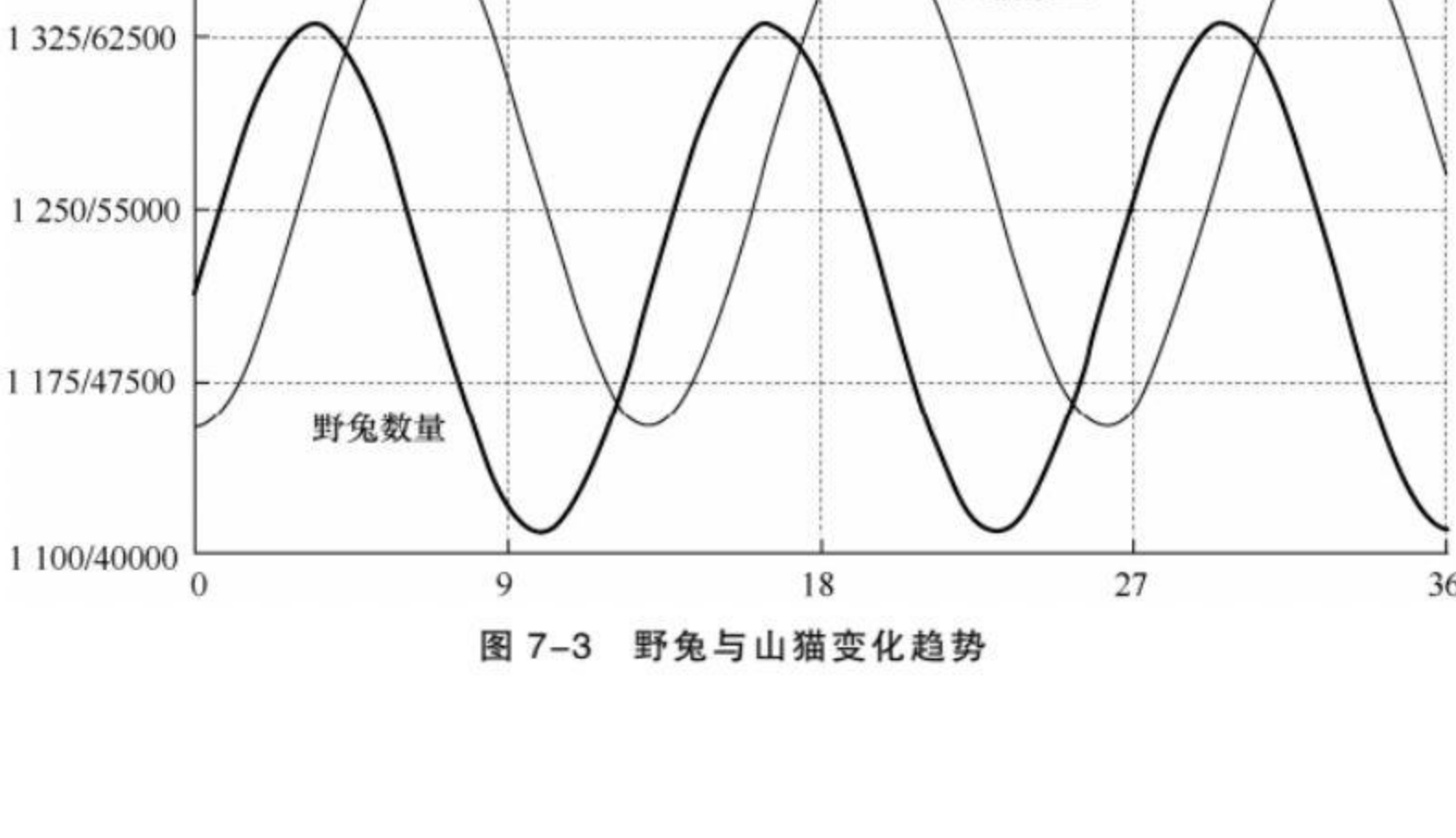


图 7-3 野兔与山猫变化趋势

从图 7-3 中可以看出，山猫与野兔数量呈现一种周期性的规则震荡，当野兔的数量增加时，山猫因为容易捕食到野兔，因此饿死的机率下降，造成山猫数量显著上升。但当野兔密度增加时，野兔被捕食的机率增加，最终造成野兔数量的减少，如此进一步造成山猫不再容易捕食到野兔，使得山猫死亡率上升，最后造成山猫数量上的减少。如此反复循环。

参考文献

[1] 汪应洛. 系统工程（第 4 版）. 北京：机械工业出版社. 2011.
[2] 赵雪岩，李卫华，孙鹏. 系统建模与仿真. 北京：国防工业出版社. 2015.
[3] 钟永光，贾晓菁，钱颖等. 系统动力学（第二版）. 北京：科学出版社. 2013.
[4] [美]斯特曼·J.D. 商务动态分析方法：对复杂系统的系统思考与建模. 朱岩，钟永光，等译. 北京：清华大学出版社，2008. 6.
[5] 张炳江. 层次分析法及其应用案例[M]. 北京：电子工业出版社. 2014.
[6] 孙宏才. 网络层次分析法与决策科学[M]. 北京：国防工业出版社. 2011.
[7] 郭齐胜. 系统建模[M]. 北京：国防工业出版社. 2006.
[8] 汪应洛. 系统工程理论、方法和应用[M]. 北京：高等教育出版社. 1992.
[9] 汪应洛. 系统工程导论[M]. 北京：机械工业出版社. 1982.
[10] Charnes A, Cooper W W, Rhodes E. Measuring the efficiency of decision making units[J]. European journal of operational research, 1978, 2(6): 429-444.
[11] 魏权龄. 数据包络分析[M]. 北京：科学出版社. 2004.
[12] 盛昭翰，朱乔，吴广谋. DEA 理论，方法及应用[M]. 北京：科学出版社. 1996.
[13] 分式规划. 百度百科. <http://baike.baidu.com/item/%E5%88%86%E5%BC%8F%E8%A7%84%E5%88%92>.
[14] Banker R D, Charnes A, Cooper W W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis[J]. Management science, 1984, 30 (9) : 1078-1092.
[15] Kao C, Hwang S N. Efficiency decomposition in two-stage data envelopment analysis: An application to non-life insurance companies in Taiwan[J]. European Journal of Operational Research, 2008, 185 (1) : 418-429.
[16] Yang Y, Ma B, Koike M. Efficiency-measuring DEA model for production system with k independent sub-systems[J]. Journal of the Operations Research Society of Japan, 2000, 43 (3) : 343-3.
[17] 曾嵘. 中国电信固定电话业务生命周期研究[D]. 南京邮电大学硕士论文，2012.
[18] 王俊杰. 基于霍尔三维系统的中国保险营销系统开发研究[D]. 东南大学硕士论文，2005.