

基于改进微粒群算法的信息化需求组合优选模型研究

郭树行¹ 丁 娴² 王 坚¹

(中央财经大学信息学院 北京 100081)¹ (美国华盛顿大学信息学院 西雅图 98105)²

摘 要 为了适应信息化需求投资组合量化管理的要求,提出了一种基于改进微粒群算法的信息化需求投资组合模型。首先论述了微粒群在投资领域中的应用现状;其次定义了信息化需求元模型,设定了相关两系数;提出了一种引入信息化需求间效用期望系数、决策者偏好系数的新微粒群机制的 IPSO 算法,并与传统 PSO 算法进行了对比验证。

关键词 信息化需求,组合优化,微粒群算法,偏好系数,效用期望

中图分类号 TP391 文献标识码 A

Study on Optimal Combination of Model of Information Needs Based on Particle Swarm Optimization Algorithm

GUO Shu-hang¹ DING Xian² WANG Jian¹

(School of Information, Central University of Finance and Economics, Beijing 100081, China)¹

(School of Information, University of Washington, Seattle 98105, USA)²

Abstract To meet the requirements of the quantitative portfolio management in information needs, a model based on an improved Particle Swarm Optimization algorithm to solve the portfolio optimization problem of information was proposed. Firstly, discussing the application status of the PSO in the investment field. Second, defining the element model of information needs, setting two coefficients, then proposing a new PSO algorithm adding the Expected Utility Coefficient among the information needs and the Preferences Coefficient of decision-makers, and comparing it with traditional PSO algorithm.

Keywords Information needs, Portfolio optimization, Particle swarm optimization algorithm, Preferences coefficient, Expected utility coefficient

我国对于投资组合理论的研究始于 1990 年,从马克维茨与夏普等人提出的均值-方差理论开始,引发了运用传统数学方法解决投资组合问题的思路。但传统的模型计算量较大,并且会依赖较多不实际的假设,因此会忽略投资实践中的一些重要因素,如决策者的偏好、项目间相关性等。陈炜(2009)等人指出^[1]对于增加现实约束条件后的投资组合模型,采用传统数值优化算法求解在很多情况下并不是很有效。为使投资组合模型更好地描述 IT 信息化需求的具体实践,近年来,大多数文献通过仿生算法(如遗传算法、蚁群算法、人工神经网络、人工鱼群算法等)来求解考虑现实约束条件后的投资组合问题^[2-4],也取得了不错的效果。目前,微粒群算法已被广泛应用于投资组合领域,但在其计算求解过程中均未考虑项目之间的相关性对组合优化问题的影响^[5]。本文在改进的组合优化模型基础上,提出一种引入信息化需求项目间效用期望系数的微粒群算法,以有助于消除信息化需求项目间相互作用对信息化需求组合的影响,并突出实际投资环境中人对信息化需求组合的重要性。

1 信息化需求模型定义

本文在已有的信息化需求组合优化模型^[6,7]的基础上,考虑决策者的个人偏好等对信息化需求的影响^[8],综合约束条件,构建衡量决策者偏好系数的组合优化模型。

$P_1G = \{p_1, p_2, \dots, p_n; \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n; \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n\}$ 为信息

化需求, p_n 代表第 n 个信息化需求, α_n 代表信息化需求中人对信息化需求的影响, β_n 表示不同的信息化需求之间的关系。

偏好系数,记为 α_i ,用 0 到 1 之间的数对信息化需求 i 赋权值,反映决策主体对信息化需求 i 的偏好程度。偏好系数越大,表明决策者越偏爱对此需求进行投资,这可根据企业历年信息化需求投资汇总报告中各信息化需求投资总数占有信息化需求投资总额的百分比来确定。

相关系数,记为 β_n ,表示某一信息化需求的投资比例的变动对于其余信息化需求的投资比例的影响。本文主要结合皮尔森相关系数^[9]确定信息化需求间的相关系数。

假设企业中有 $n(n < 100)$ 种信息化需求供投资者选择,对其进行损益评估,估算出每一信息化需求在这一投资期中的平均收益率,记为 $r_i, r_i = (r_1, r_2, \dots, r_n)$,表示第 i 种信息化需求在此投资期的平均收益率;并预测出满足该信息化需求的损失率,记为 $q_i = (q_1, q_2, \dots, q_n)$;为满足此信息化需求所支出的交易费用率记为 $p_i = (p_1, p_2, \dots, p_n)$; α_i 为决策者对信息化需求 i 的偏好系数。假定信息化需求投资者的总金额为 $M, X_i = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ 表示对信息化需求 i 的投资比例,求解如何用有限的资金 M 有选择地满足若干信息化需求,从而使得在预期的收益率下提出决策者最满意的投资方案。

构建最终衡量决策者偏好系数的组合优化模型^[10]如下,用以求得最优投资组合。

到稿日期:2012-09-10 返修日期:2012-12-13 本文受中央财经大学 211 工程三期建设(211-cure-3th)资助。

郭树行(1978-),讲师,主要研究方向为 IT 项目管理、企业信息化规划与设计, E-mail: guoshuhang@hotmail.com; 丁 娴 博士生,主要研究方向为 IT 项目管理、系统分析设计。

$$\max \alpha = \sum_{i=1}^n \alpha_i x_i$$

$$s. t. \begin{cases} \sum_{i=1}^n x_i = 1 \\ \sum_{i=1}^n x_i (r_i - p_i) \geq R \\ x_i q_i \leq q (i=1, 2, \dots, n) \\ x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0 \end{cases} \quad (1)$$

式中, α 为信息化需求组合的偏好系数, R 为决策者预期的最小期望收益率, q 是决策者给定的总风险区间的值。

2 改进的微粒群算法求解组合优化问题

在现实环境中,信息化的不同需求间往往存在相互作用^[11],某一信息化需求投资比例的增长可能致使其它信息化需求的投资比自发地增长或下降^[12]。因此,在 IPSO 中加入信息化需求间效用期望系数,以消除其对组合结果的影响。

在效用期望系数的计算中,确定信息化各需求间相关系数是前提条件。效用期望系数的公式如下:

$$E_i = \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n (\beta_{ij} * \Delta P_{ij})}{2} \quad (2)$$

式中, E_i 代表除信息化需求 i 本身外其余所有信息化需求对它的影响效用程度,即为信息化需求 i 的效用系数; β_{ij} 代表信息化需求 i 与信息化需求 j 的相关系数; ΔP_{ij} 为信息化需求 i 与信息化需求 j 组合前后的投资比例变化值。根据传统的微粒群算法的两个核心公式:位置更新、速度更新的概念^[13],最终的粒子位置更新公式变为:

$$X_i(t+1) = X_i(t) + V_i(t+1) + E_i \quad (3)$$

速度更新公式保持不变,为:

$$V_{ij}(t+1) = \omega V_{ij}(t) + c_1 r_{1j}(t)[pb_i(t) - x_{ij}(t)] + c_2 r_{2j}(t)[gb(t) - x_{ij}(t)] \quad (4)$$

通过对式(3)、式(4)的理解可知, $V_{ij}(t+1)$ 是位置变化的动因,可得出如下结论:

$$\Delta P_{ij} = V_{ij}(t+1) - V_{ij}(t) \quad (5)$$

2.1 改进的 PSO 算法流程图

改进的 PSO 算法流程图如图 1 所示。

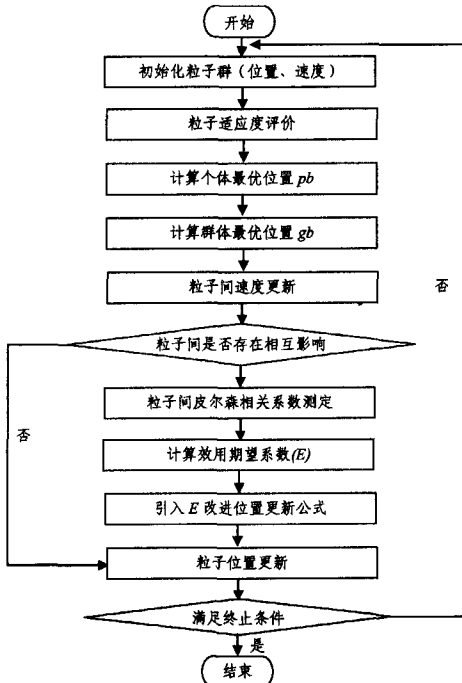


图 1 改进的微粒群算法流程图

3 改进的微粒群算法应用场景

为了尽可能满足决策者在不同的投资模式驱动下的信息化需求投资,分别将该算法应用于混合投资模式与组合优选模式下组合优化问题的研究。

在混合投资模式驱动下,运用传统微粒群算法及引入效用期望系数的微粒群算法对同一决策主体面对的组合优化问题进行求解,分析对比信息化需求间的相关性对组合优化的影响,从而验证改进算法思想的可行性、可靠性。

延续混合投资模式的思想,在组合优选模式驱动下,运用熵权法评定信息化需求优先级满足投资者对信息化需求风险准备金的需求。

熵权法主要原理^[14]如下:

第 1 步 计算评价对象 (m) 中各指标的熵权 (ω_j)

$$\omega_j = (1 - H_j) / (n - \sum_{j=1}^n H_j) \quad (6)$$

第 2 步 计算各对象最优值权重

$$S_i = 1 - \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij} a_j^*}{\sum_{j=1}^n (a_j^*)^2} (i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n) \quad (7)$$

式中, $S_i \in (0, 1)$ 越小,说明评价方案优先级越高。

4 实例验证

为了检验上述思想的可行性,分别将其应用于两种场景求解组合优化问题。

4.1 偏好系数对信息化需求组合优化的影响

两家中小型企业均计划用 100 万元资金投资满足 10 个信息化需求的开发。根据对两公司历史数据的统计,选出信息化需求的相关数据,分别如表 1、表 2 所列,其中包括预期收益率 (α_i)、费用率 (q_i)、损失率 (p_i)、偏好系数 (r_i)。求解最小收益率为 22%、24%、25% 时两企业决策者满意度最大的优化组合结果。

根据具体问题,本文模型应用各参数设置如下:微粒群空间维度为 10 维,代表 10 种组合的信息化需求各自投资比例;群体个数取 50;每代迭代次数为 200;粒子的速度变化范围为 $(-0.1, 0.1)$;学习因子 $C1$ 与 $C2$ 均为 1.4962;惯性权重为 0.7298。运用传统微粒群算法,求得两公司决策者最满意的投资组合方案,如图 2、图 3 所示。

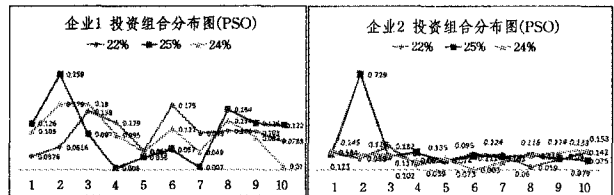


图 2 企业 1 投资组合分布图 (PSO)

图 3 企业 2 投资组合分布图 (PSO)

根据结论可知,不同的决策者依据不同的信息化需求偏好系数对于同一组合优化问题所求得的最优解不同。但对于同一决策者而言,在不同收益率时,对同一优化问题所求得的最优解组合的满意度大致相同。从表 1 可知,企业 1 决策者对所求信息化需求组合最大满意度约为 0.10 (0.0091、0.116、0.101),稍有波动但不明显;企业 2 这一性质更为明显,其满意度均为 0.1 (0.109、0.104、0.103) 左右,计算结果较为稳定,符合同一决策者偏好相同的实际。若投资者对获得的策略不满意,可通过调整 α_i 值获得更多投资策略。

表1 传统微粒群算法求得企业1与企业2最优组合配比

需求编号	收益 (r _i)	费用率 (P _i)	损失率 (q _i)	企业1			企业2				
				偏好系数	需求投资比例 PSO(22%)	需求投资比例 PSO(24%)	需求投资比例 PSO(25%)	偏好系数	需求投资比例 PSO(22%)	需求投资比例 PSO(24%)	需求投资比例 PSO(25%)
1	0.353	0.05	0.04	0.123	0.0376	0.126	0.105	0.059	0.134	0.123	0.145
2	0.354	0.04	0.002	0.02	0.616	0.259	0.179	0.152	0.088	0.729	0.116
3	0.275	0.06	0.01	0.154	0.158	0.097	0.18	0.065	0.182	0.102	0.117
4	0.193	0.05	0.07	0.112	0.129	0.006	0.095	0.078	0.039	0.135	0.065
5	0.743	0.15	0.33	0.032	0.052	0.036	0.05	0.16	0.074	0.073	0.095
6	0.182	0.03	0.023	0.071	0.175	0.057	0.111	0.047	0.124	0.111	0.003
7	0.201	0.035	0.187	0.15	0.099	0.007	0.049	0.064	0.116	0.103	0.06
8	0.403	0.055	0.23	0.141	0.106	0.164	0.134	0.183	0.019	0.114	0.113
9	0.371	0.007	0.012	0.015	0.103	0.126	0.087	0.072	0.079	0.09	0.133
10	0.004	0.002	0.001	0.182	0.078	0.122	0.01	0.121	0.142	0.075	0.153
需求组合最大偏好系数					0.091	0.116	0.101		0.109	0.104	0.103

表2 20家同行企业信息化需求

企业编号	需求1与需求2投资比例原始数据		需求1与需求3投资比例原始数据	
	需求1投资比	需求2投资比	需求1投资比	需求3投资比
1	0.25	0.51	0.39	0.19
2	0.32	0.26	0.424	0.286
3	0.25	0.72	0.454	0.163
4	0.34	0.23	0.698	0.192
5	0.18	0.69	0.421	0.071
6	0.09	0.36	0.291	0.062
7	0.265	0.04	0.402	0.188
8	0.21	0.68	0.381	0.166
9	0.356	0.112	0.486	0.275
10	0.115	0.11	0.231	0.12
11	0.286	0.098	0.412	0.198
12	0.095	0.76	0.198	0.098
13	0.388	0.105	0.589	0.25
14	0.175	0.56	0.233	0.135
15	0.26	0.104	0.553	0.13
16	0.27	0.18	0.598	0.128
17	0.14	0.61	0.127	0.148
18	0.32	0.05	0.577	0.216
19	0.29	0.06	0.571	0.174
20	0.25	0.58	0.411	0.185
相关系数	-0.5578		0.421	

求两两组合的各自投资比例进行统计,仅以信息化需求1与信息化需求2及信息化需求1与信息化需求3的相关性分析为例进行说明,运用SAS统计分析软件对表2中数据进行相关性检验,得到信息化需求1投资比例与信息化需求2投资比例相关系数 β_{12} 为-0.5578;信息化需求1投资比例与信息化需求3投资比例相关系数 β_{13} 为0.4210。按此方法求得各信息化需求间的相关系数,汇总如表3所列。

在预期收益率为22%、24%、25%时,分别运用传统微粒群算法与改进微粒群算法求得使得企业1决策者最满意的投资组合方案,如图4、图5所示。

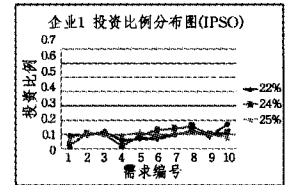
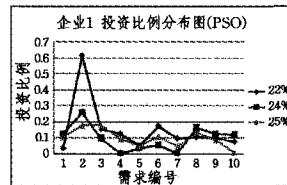


图4 投资组合分布图(PSO) 图5 投资组合分布图(IPSO)

对比图4,图5可知,信息化需求间的相关性会对决策者的决策造成较大的影响,如同在22%收益率下,考虑信息化需求间相关性的算法对信息化需求1比例为0.094,而不考虑信息化需求间相关性的算法对信息化需求1分配0.0376投资比例,相差0.06,对决策影响较大。若各需求间的相关性有所变化,可通过调整E,获得相应的投资策略。

4.2 改进的微粒群算法对信息化需求组合的影响

4.2.1 混合投资模式

对上实例中的企业1再运用改进的微粒群算法求解最小收益率为22%、24%、25%时的组合优化结果。

选取与企业1同行业的20家企业对以上10种信息化需

表3 企业1中各信息化需求间相关系数汇总

相关系数	10种信息化需求中各需求间相关系数汇总									
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀
X ₁	1	-0.5578	0.421	0.321	1	-1	0.82	-1	-1	0.631
X ₂	-0.5578	1	0.189	-0.141	0.2	-0.12	0.124	-0.24	-0.124	0.361
X ₃	0.421	0.189	1	0.1	-0.41	-1	0.182	0.24	0.42	0.23
X ₄	0.321	-0.141	0.1	1	0.2142	0.12	0.122	0.14	-1	0.1
X ₅	1	0.2	-0.41	0.2142	1	0.189	0.312	0.514	1	-1
X ₆	-1	-0.12	-1	0.12	0.189	1	0.8312	-0.415	-0.765	0.261
X ₇	0.82	0.124	0.182	0.122	0.312	0.8312	1	0.2514	-1	-1
X ₈	-1	-0.24	0.24	0.14	0.514	-0.415	0.2514	1	1	-1
X ₉	-1	-0.124	0.42	-1	1	-0.765	-1	1	1	-0.753
X ₁₀	0.631	0.361	0.23	0.1	-1	0.261	-1	-1	-0.753	1

4.2.2 组合优选模式

延续实例4.2.1节中混合模式下求得的企业1的信息化需求组合优化的投资配比方案,根据熵权法对其进行二次优化,评定各信息化需求开展的优先级。所选评价指标为表1中企业1的预期收益率、损失率、费用率、偏好系数4组数据,将其作为判断矩阵。

根据式(6)计算4个指标的熵权为: $w_1=0.156, w_2=0.192, w_3=0.339, w_4=0.311$ 。运用式(7)求得10个信息化需求的最优值权重依次为: $S_1=0.832, S_2=0.648, S_3=0.855, S_4=0.764, S_5=0.060, S_6=0.924, S_7=0.665, S_8=0.257, S_9=0.872, S_{10}=0.808$ 。

表4 传统微粒群算法与改进微粒群算法求得企业1最优组合配比表

需求编号	收益 (r_i)	费用率 (P_i)	损失率 (q_i)	偏好 系数	企业1				企业1	
					需求投资比例 PSO(22%)	需求投资比例 PSO(24%)	需求投资比例 PSO(25%)	需求投资比例 IPSO(22%)	需求投资比例 IPSO(24%)	需求投资比例 IPSO(25%)
1	0.353	0.05	0.04	0.123	0.038	0.126	0.105	0.026	0.105	0.077
2	0.354	0.04	0.002	0.02	0.616	0.259	0.179	0.107	0.179	0.109
3	0.275	0.06	0.01	0.154	0.158	0.097	0.18	0.103	0.18	0.108
4	0.193	0.05	0.07	0.112	0.129	0.006	0.095	0.018	0.095	0.093
5	0.743	0.15	0.33	0.032	0.052	0.036	0.05	0.094	0.05	0.114
6	0.182	0.03	0.023	0.071	0.175	0.057	0.111	0.131	0.111	0.085
7	0.201	0.035	0.187	0.15	0.099	0.007	0.049	0.142	0.049	0.105
8	0.403	0.055	0.23	0.141	0.106	0.164	0.134	0.158	0.134	0.12
9	0.371	0.007	0.012	0.015	0.103	0.126	0.087	0.104	0.087	0.108
10	0.004	0.002	0.001	0.182	0.078	0.122	0.01	0.117	0.01	0.081
需求组合最 大偏好系数					0.091	0.116	0.101	0.107	0.101	0.104

结合组合优选求得的结果可知,在本实例中,可得到如下结论:通过改进的微粒群算法可得,企业1在预期最小收益率为22%时,各信息化需求的投资比例为: $x_1=0.094$, $x_2=0.097$, $x_3=0.118$, $x_4=0.094$, $x_5=0.073$, $x_6=0.073$, $x_7=0.098$, $x_8=0.127$, $x_9=0.089$, $x_{10}=0.172$ (引自表4内容)。在此10个信息化需求中,可依据如下先后顺序进行投资:信息化需求6、信息化需求9、信息化需求3、信息化需求1、信息化需求10、信息化需求4、信息化需求7、信息化需求2、信息化需求8、信息化需求5。

最后为了说明IPSO算法优于PSO,将从两个支持维度(投资人满意度、需求相关性)展开。相对于传统PSO,IPSO更加支持和注重投资人满意度的量化分析。从表5可以看出,IPSO提出的解决方案能更稳定地满足投资人的满意度。如对于投资收益率分别为22%,24%,25%的组合,IPSO的3种方案获得的最大偏好系数的标准差为0.003,远小于PSO的0.013。因此IPSO能更为稳定可靠地支持不同条件下投资人的满意度。

表5 传统微粒群算法与改进微粒群算法求得企业1最优组合配比

投资收益率	PSO	IPSO
	最大偏好系数	最大偏好系数
22%	0.091	0.107
24%	0.116	0.101
25%	0.101	0.104
标准差	0.013	0.003

同时,IPSO考虑了因子(使用对象)之间的相互作用,而传统的微粒群算法则假设使用对象之间彼此独立,信息需求典型特征之一便是需求间存在相互影响,这使得改进的微粒群算法更适用于实际信息需求项目的应用。但由于在IPSO中加入了皮尔森相关系数的运算,使得其在运算过程中速度较PSO稍慢。将其运用在大型项目群会有相对明显的差别,运用于小项目群差别不明显。即使如此,IPSO较传统的投资组合方法仍有相当明显的速度优势,具有一定可行性。

结束语 本文在构建的衡量决策者对信息化需求总体偏好模型的基础上运用引入效用期望系数的微粒群算法求解混合模式、组合优选模式下的信息化需求组合优化问题,在突出了实际投资环境中人对信息化需求组合投资的重要性的同时,对传统的PSO算法进行了改进,使其在处理信息化需求组合优化相关问题时,“自发”地消除信息化需求间相互作用对总目标的影响,使该算法更“智能”地适应客观性需求;启发式地将客观因素量化至算法中,为日后信息化需求的多目标

优化等问题更符合实际投资环境奠定了良好的基础。

参考文献

- [1] 陈炜,张润彤,杨玲. 基于改进粒子群算法的投资组合选择模型[J]. 计算机科学,2009,1(36):146-147
- [2] 林丹,李小明,王萍. 用遗传算法求解改进内的投资组合模型[J]. 系统工程,2005,8(23):68-72
- [3] 王锡淮,郑晓鸣,肖健梅. 求解约束优化问题的人工鱼群算法[J]. 计算机工程与应用,2007(9):40-43
- [4] 段海滨,王道波,于秀芬. 几种新型仿生优化算法的比较研究[J]. 计算机仿真,2007,24(3):169
- [5] Tang Jun, Wang Ke, Zhao Xiao-juan. A Novel Constraint Handling Technique for Complex Portfolio Selection[C]// Proceedings of the 6th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery. Tianjin, IEEE, August 2009;156-160
- [6] Gao Jian-wei, Chu Zhong-hua. An Improved Particle Swarm Optimization for the Constrained Portfolio Selection Problem[C]// Proceedings of the International Conference on Computational Intelligence and Natural Computing. Wuhan, IEEE, June 2009; 518-522
- [7] Xu Fa-sheng, Chen Wei, Yang Ling. Improved Particle Swarm Optimization for Realistic Portfolio Selection[C] // Proceedings of the International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking, and Parallel/Distributed Computing. IEEE, 2007
- [8] Wickramasinghe U K, Li Xiao-dong. Integrating user preferences with particle swarms for multi-objective optimization[C]// Proceedings of the 10th annual conference on Genetic and evolutionary computation. New York, USA, 2008
- [9] Susumu T. A study on multi relation coefficient among variables [J]. Proceedings of the School of Information Technology and Electronics of Tokai University, 2004, 4(1): 66-73
- [10] 杨建辉,江文婷. 基于PSO的考虑完全费用的证券组合优化研究[J]. 计算机应用研究, 2010(9): 3364-3367
- [11] 胡志娟,薛梅. 相关系数影响下投资组合的风险研究[J]. 经济论坛, 2010, 10(482): 44-46
- [12] 张波,陈睿君,路璐. 粒子群算法在投资组合中的应用[J]. 系统工程, 2007, 25(8): 108-110
- [13] Kennedy J, Eberhart R. Particle Swarm Optimization [C]// Proc IEEE International Conference on Neural Networks, Perth, 1995
- [14] 孙昭旭,韩敏. 基于满意度和相对熵模型的多属性决策方法[C]// 武汉:第五届中国不确定系统年会. 2007