

数学建模 方法、模型与写作

Linghao Chen

lhchen@stu.xidian.edu.cn & xdu.lhchen@gmail.com

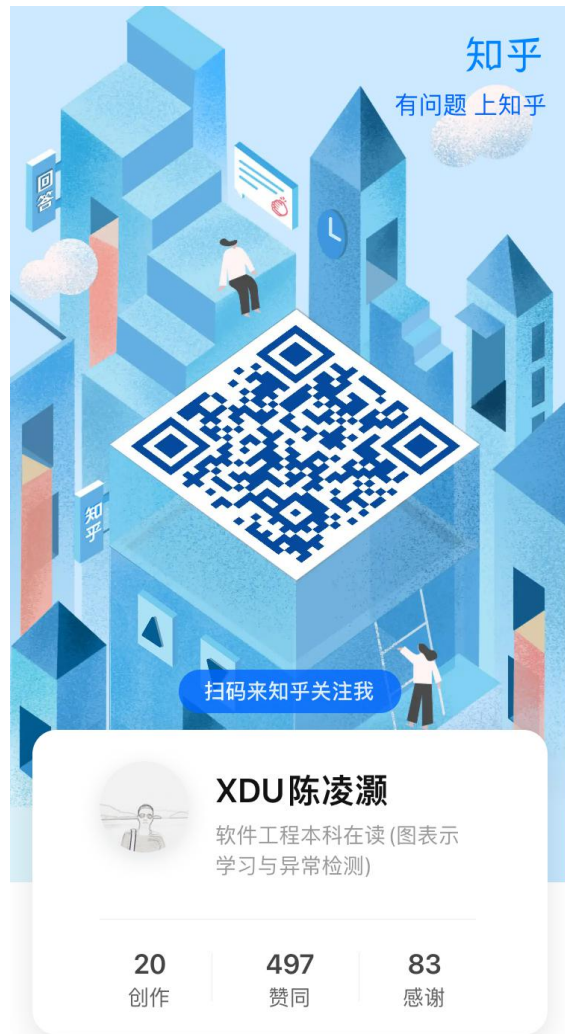
HOME PAGE: <https://lhchen.top>

School of Computer Science and Technology, Xidian University, Xi'an, ShaanXi, P.R.China

The slide of this talk is available AT: <https://lhchen.top/Modeling/slide.pdf>



私货夹带环节



知乎：XDU陈凌灏
欢迎关注、私信探讨、合作



微信公众号：ZEROHAO
欢迎关注



微信公众号：西电浪潮俱乐部
欢迎关注、加入！



快速约时间



西安电子科技大学
XIDIAN UNIVERSITY

建模

实验

论文



建模

实验

论文



建模

论文



1. 背景介绍

2. 比赛历程

2.1 选题

2.2 按部就班怎么做

2.3 创新点的发掘

2.4 实验求解和分析

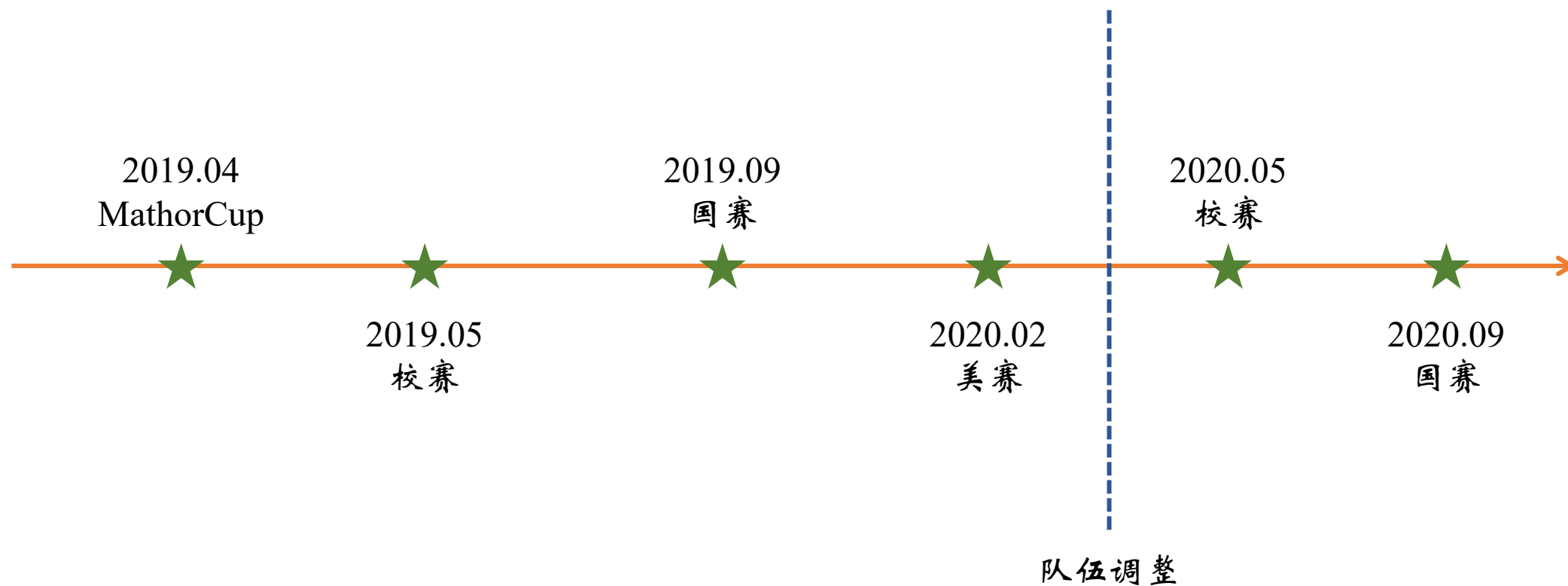
2.5 排版绘图

2.6 赛间作息

3 其他

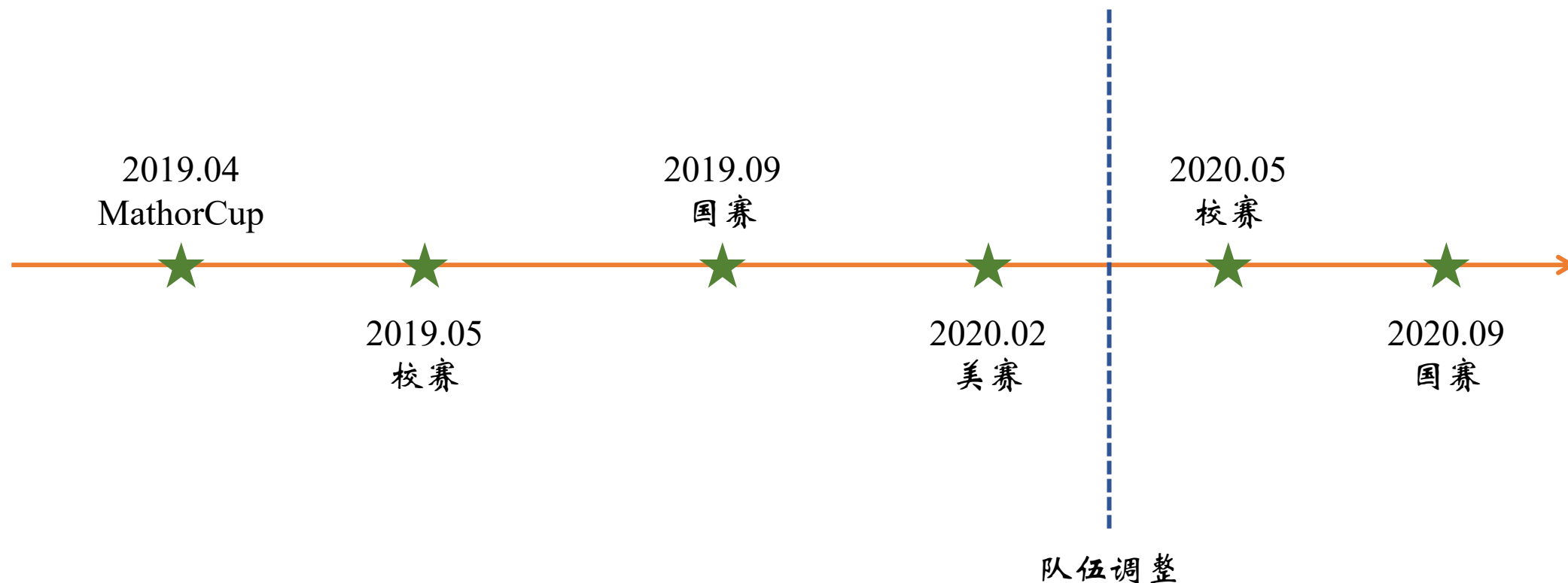


背景介绍



背景介绍

我们取得或不取得任何一个奖项并不重要，因为获奖只是对你实力的认可，而不会对你的有任何的加成或减损。因此，在本科阶段，只要始终保持自我的纵向成长便值得。



2.1 选题

我个人偏好做一些和图相关且应用性强的题，因此我们在平时训练的就是C题。在拿到赛题之后，因为B题是算法题，C题是一道应用题，我们在B题和C题之间进行了权衡。经过我们的考虑，B题的需要处理的图较多，且较难在短时间内做出创新性强的结果。我们最后选择了C题进行突破。



C题 中小微企业的信贷决策

在实际中，由于中小微企业规模相对较小，也缺少抵押资产，因此银行通常是依据信贷政策、企业的交易票据信息和上下游企业的影响力，向实力强、供求关系稳定的企业提供贷款，并可以对信誉高、信贷风险小的企业给予利率优惠。银行首先根据中小微企业的实力、信誉对其信贷风险做出评估，然后依据信贷风险等因素来确定是否放贷及贷款额度、利率和期限等信贷策略。

某银行对确定要放贷企业的贷款额度为10-100万元；年利率为4%~15%；贷款期限为1年。附件1~3分别给出了123家有信贷记录企业的相关数据、302家无信贷记录企业的相关数据和贷款利率与客户流失率关系的2019年统计数据。该银行请你们团队根据实际和附件中的数据信息，通过建立数学模型研究对中小微企业的信贷策略，主要解决下列问题：

- (1) 对附件1中123家企业的信贷风险进行量化分析，给出该银行在年度信贷总额固定时对这些企业的信贷策略。
- (2) 在问题1的基础上，对附件2中302家企业的信贷风险进行量化分析，并给出该银行在年度信贷总额为1亿元时对这些企业的信贷策略。
- (3) 企业的生产经营和经济效益可能会受到一些突发因素影响，而且突发因素往往对不同行业、不同类别的企业会有不同的影响。综合考虑附件2中各企业的信贷风险和可能的突发因素（例如：新冠病毒疫情）对各企业的影响，给出该银行在年度信贷总额为1亿元时的信贷调整策略。



2.2 按部就班怎么做

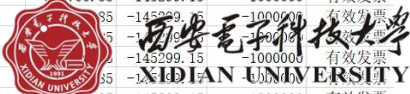
Q1:

对附件1中123家企业的信贷风险进行量化分析，给出该银行在年度信贷总额固定时对这些企业的信贷策略。

企业代号	企业名称	信誉评级	是否违约	
E1	***电器销售有限公司	A	否	商业
E2	***技术有限责任公司	A	否	技术行业
E3	***电子(中国)有限公司***分公司	C	否	技术行业
E4	***发展有限责任公司	C	否	商业
E5	***供应链管理有限公司	B	否	商业
E6	***装饰设计工程有限公司	A	否	工业
E7	***家电有限公司***分公司	A	否	商业
E8	***科学研究院有限公司	A	否	技术行业
E9	***生活用品服务有限公司***分公司	A	否	生活服务业
E10	***建筑劳务有限公司	B	否	工业
E11	***建设工程有限公司	C	否	工业
E12	***建筑劳务有限公司	B	否	工业
E13	***汽车贸易有限公司	A	否	商业
E14	个体经营E14	C	否	个体户
E15	***劳务有限公司	A	否	生活服务业
E16	***建筑劳务有限公司	A	否	工业
E17	***消防工程有限公司	A	否	工业
E18	***消防工程有限责任公司	A	否	工业
E19	***科技有限公司	A	否	技术行业
E20	***贸易有限公司	B	否	商业
E21	***建设工程有限公司	B	否	工业
E22	***物流有限公司	A	否	邮政物流
E23	***贸易有限公司	B	否	商业
E24	***建筑工程有限公司	A	否	工业
E25	***通讯设备有限公司	C	否	技术行业
E26	***金属材料有限公司	A	否	工业
E27	***农业开发有限公司	A	否	农林牧渔
E28	***景观工程有限公司	B	否	工业
E29	***建筑劳务有限公司	C	是	工业
E30	***建筑工程有限公司	B	否	工业
E31	***食品有限公司	A	否	工业
E32	***建筑劳务有限公司	B	否	工业
E33	***园林有限责任公司	B	否	农林牧渔
E34	***建设工程有限公司	B	否	工业
E35	***商贸有限公司	B	否	商业
E36	***超硬材料有限公司	D	是	技术行业
E37	***木业有限公司	B	否	农林牧渔
E38	***建设工程有限公司	B	否	工业
E39	***建筑劳务有限公司	C	否	工业
E40	***财税咨询服务有限公司	C	否	商业
E41	***物业发展有限公司	C	否	商业
E42	***园艺场	A	否	农林牧渔
E43	***建设工程有限公司	B	否	工业
E44	***商贸有限公司	C	否	商业
E45	个体经营E45	D	是	个体户
企业信息		进项发票信息	销项发票信息	+

企业代号	发票号码	开票日期	销方单位代号	金额	税额	价税合计	发票状态
E1	3390939	2017/7/18	A00297	-943.4	-56.6	-1000	有效发
E1	3390940	2017/7/18	A00297	-4780.24	-286.81	-5067.05	有效发
E1	3390941	2017/7/18	A00297	943.4	56.6	1000	有效发
E1	3390942	2017/7/18	A00297	4780.24	286.81	5067.05	有效发
E1	9902669	2017/8/7	A05061	326.21	9.79	336	有效发
E1	40826107	2017/8/8	A05991	170.94	29.06	200	有效发
E1	4420531	2017/8/9	A03142	37735.85	2264.15	40000	有效发
E1	4420532	2017/8/9	A03142	4716.98	283.02	5000	有效发
E1	15040454	2017/8/11	A02994	46153.85	7846.15	54000	作废发
E1	40829320	2017/8/14	A05991	162.39	27.61	190	有效发
E1	2032326	2017/8/16	A00314	4614.12	276.84	4890.96	有效发
E1	14678366	2017/8/21	A03346	13846.15	2353.85	16200	有效发
E1	167875	2017/8/23	A01714	4854.37	145.63	5000	有效发
E1	167876	2017/8/23	A01714	4854.37	145.63	5000	有效发
E1	167877	2017/8/23	A01714	4854.37	145.63	5000	有效发
E1	167878	2017/8/23	A01714	4854.37	145.63	5000	有效发
E1	13428924	2017/8/23	A13557	970.87	29.13	1000	有效发
E1	167879	2017/8/24	A01714	485.44	14.56	500	有效发
E1	13690002	2017/8/24	A07155	601.89	36.11	638	作废发
E1	13690003	2017/8/24	A07155	601.89	36.11	638	有效发
E1	10769077	2017/8/25	A01798	969.9	29.1	999	有效发
E1	15462965	2017/8/27	A03775	466.02	13.98	480	有效发
E1	18308605	2017/8/27	A08485	619.81	37.19	657	有效发
E1	9279217	2017/8/28	A01709	283.02	16.98	300	有效发
E1	15459892	2017/8/28	A06754	728.16	21.84	750	作废发
E1	15459893	2017/8/28	A06754	640.78	19.22	660	有效发
E1	13338965	2017/8/28	A07242	185.85	11.15	197	有效发
E1	10644182	2017/8/29	A01772	199.03	5.97	205	有效发
E1	5075766	2017/8/29	A03305	9939977.78	1689796.22	11629774	有效发
E1	5075767	2017/8/29	A03305	9971652.13	1695180.87	11666833	有效发
E1	5075768	2017/8/29	A03305	9968229.05	1694598.95	11662828	有效发
E1	5075769	2017/8/29	A03305	9960077.77	1693213.23	11653291	有效发
E1	5075770	2017/8/29	A03305	9996923.08	1699476.92	11696400	有效发
E1	5075771	2017/8/29	A03305	9979000	1696430	11675430	有效发
E1	5075772	2017/8/29	A03305	9947058.12	1690999.88	11638058	有效发
E1	5075773	2017/8/29	A03305	9926304.27	1687471.73	11613776	有效发
E1	5075774	2017/8/29	A03305	9943299.15	1690360.85	11633660	有效发
E1	5075775	2017/8/29	A03305	9959817.93	1693169.07	11652987	有效发
E1	5075776	2017/8/29	A03305	9923273.5	1686956.5	11610230	有效发
E1	5075777	2017/8/29	A03305	9987916.23	1697945.77	11685862	有效发
E1	8170111	2017/8/29	A03305	9989918.8	1698286.2	11688205	有效发
E1	8170112	2017/8/29	A03305	9982679.5	1697055.5	11679735	有效发
E1	8170113	2017/8/29	A03305	9978288.9	1696309.1	11674598	有效发
E1	8170114	2017/8/30	A03305	8871444.44	1508145.56	10379590	有效发
E1	8170115	2017/8/30	A03305	1168286.2	73.18	1168360	有效发
企业信息		进项发票信息		销项发票信息			

企业代号	发票号码	开票日期	购方单位代号	金额	税额	价税合计	发票状态
E1	2835685	2017/10/30	B07545	-979222.22	-166467.78	-1145690	有效发票
E1	4087165	2018/6/21	B09944	-955371.56	-152859.44	-1108231	有效发票
E1	6995164	2018/4/18	B09944	-947035.9	-160996.1	-1108032	有效发票
E1	4087178	2018/6/22	B07545	-948368.1	-151738.9	-1100107	有效发票
E1	11060596	2019/11/5	B09944	-947407.07	-123162.93	-1070570	有效发票
E1	4087166	2018/6/21	B07664	-903648.27	-144583.73	-1048232	有效发票
E1	9920769	2019/7/22	B07664	-917168.14	-119231.86	-1036400	有效发票
E1	8156987	2017/9/21	B09944	-854700.85	-145299.15	-1000000	有效发票
E1	8156988	2017/9/21	B09944	-854700.85	-145299.15	-1000000	有效发票
E1	8156989	2017/9/21	B09944	-854700.85	-145299.15	-1000000	有效发票
E1	8156990	2017/9/21	B09944	-854700.85	-145299.15	-1000000	有效发票
E1	8156991	2017/9/21	B09944	-854700.85	-145299.15	-1000000	有效发票
E1	8156992	2017/9/21	B09944	-854700.85	-145299.15	-1000000	有效发票
E1	8156993	2017/9/21	B09944	-854700.85	-145299.15	-1000000	有效发票
E1	8156994	2017/9/21	B09944	-854700.85	-145299.15	-1000000	有效发票
E1	8156995	2017/9/21	B09944	-854700.85	-145299.15	-1000000	有效发票
E1	8156996	2017/9/21	B09944	-854700.85	-145299.15	-1000000	有效发票
E1	2835562	2017/10/24	B09944	-854700.85	-145299.15	-1000000	有效发票
E1	2835563	2017/10/24	B09944	-854700.85	-145299.15	-1000000	有效发票
E1	2835564	2017/10/24	B09944	-854700.85	-145299.15	-1000000	有效发票
E1	2835565	2017/10/24	B09944	-854700.85	-145299.15	-1000000	有效发票
E1	2835566	2017/10/24	B09944	-854700.85	-145299.15	-1000000	有效发票
E1	2835567	2017/10/24	B09944	-854700.85	-145299.15	-1000000	有效发票
E1	2835568	2017/10/24	B09944	-854700.85	-145299.15	-1000000	有效发票
E1	2835569	2017/10/24	B09944	-854700.85	-145299.15	-1000000	有效发票
E1	2835570	2017/10/24	B09944	-854700.85	-145299.15	-1000000	有效发票
E1	2835571	2017/10/24	B09944	-854700.85	-145299.15	-1000000	有效发票
E1	2835572	2017/10/24	B09944	-854700.85	-145299.15	-1000000	有效发票
E1	2835573	2017/10/24	B09944	-854700.85	-145299.15	-1000000	有效发票
E1	2835574	2017/10/24	B09944	-854700.85	-145299.15	-1000000	有效发票
E1	2835575	2017/10/24	B09944	-854700.85	-145299.15	-1000000	有效发票
E1	1784587	2018/1/21	B09944	-854700.85	-145299.15	-1000000	有效发票
E1	1784588	2018/1/21	B09944	-854700.85	-145299.15	-1000000	有效发票
E1	1784589	2018/1/21	B09944	-854700.85	-145299.15	-1000000	有效发票
E1	1784591	2018/1/21	B09944	-854700.85	-145299.15	-1000000	有效发票
E1	1784592	2018/1/21	B09944	-854700.85	-145299.15	-1000000	有效发票
E1	1784594	2018/1/21	B09944	-854700.85	-145299.15	-1000000	有效发票
E1	1784595	2018/1/21	B09944	-854700.85	-145299.15	-1000000	有效发票
E1	1784596	2018/1/21	B09944	-854700.85	-145299.15	-1000000	有效发票
E1	1784597	2018/1/21	B09944	-854700.85	-145299.15	-1000000	有效发票
E1	8668367	2018/3/12	B09944	-854700.85	-145299.15	-1000000	有效发票
E1	8668368	2018/3/12	B09944	-854700.85	-145299.15	-1000000	有效发票
E1	8668369	2018/3/12	B09944	-854700.85	-145299.15	-1000000	有效发票
E1	8668370	2018/3/12	B09944	-854700.85	-145299.15	-1000000	有效发票
E1	8668371	2018/3/12	B09944	-854700.85	-145299.15	-1000000	有效发票
E1	8668372	2018/3/12	B09944	-854700.85	-145299.15	-1000000	有效发票
				西安电子科技大学 XI'AN JIAOYU DAXUE			



2.2 按部就班怎么做

Q1:

对附件1中123家企业的信贷风险进行量化分析，给出该银行在年度信贷总额固定时对这些企业的信贷策略。

根据数据集所提供的相关指标进行计算得到一些你想要的指标，如一段时间内的负项发票数等等。

此外，第 i 家企业在第 k 月的月净利润 $P_{i,k}$ 也是衡量企业盈利实力的重要指标。进项发票和销项发票分别表示企业进货时销售方开具的发票和销售时购货方开具的发票。二者额度的差值表示企业在这一段时间内的盈利。企业在第 k 月的月净利润 $P_{i,k}$ 可表示为：

示例：

$$P_{i,k} = \sum_{i=1}^n n_{in,i,k} - \sum_{i=1}^n n_{out,i,k} , \quad (2)$$

其中 $n_{in,i,k}$ 、 $n_{out,i,k}$ 分别表示第 i 家企业第 k 月的进项发票金额和销项发票金额。则企业的月均利润为：

$$P_k = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K P_{i,k} . \quad (3)$$



2.2 按部就班怎么做

Q1:

对附件1中123家企业的信贷风险进行**量化分析**，给出该银行在年度信贷总额固定时对这些企业的信贷策略。

根据数据集所提供的相关指标
进行计算得到一些你想要的指标，
如一段时间内的负项发票数等等。

Attention!!!

- ✓ 数据预处理
- ✓ 指标是可解释的
- ✓ 几个指标起一个名字并进行归类
- ✓ 配合上图表说明



2.2 按部就班怎么做

Q1:

对附件1中123家企业的信贷风险进行量化分析，给出该银行在年度信贷总额固定时对这些企业的信贷策略。

Attention!!!

在统计进项发票、销项发票金额信息时，对表中的作废发票进行剔除，再对剔除后的数据进行分析。

- ✓ 数据预处理
- ✓ 几个指标起一个名字并进行归类
- ✓ 配合上图表说明
- ✓ 指标是可解释的

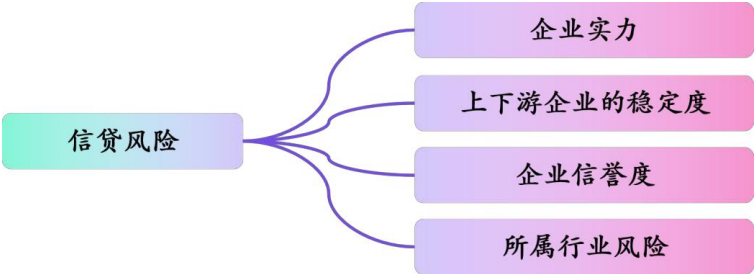


表 1 企业信贷风险的评估参考指标表

统计量	企业的信誉度	月均利润	上下游企业实力	总资金流量
符号	$Credit_i$	P_k	S_i	$P_{i,k}$
统计量	月内日均负项销项发票数	行业 s 的风险系数	月内日均负项进项发票数	月均作废发票数
符号	$\bar{n}_{out,i}$	ρ_s	$\bar{n}_{in,i}$	z_i
统计量	贷款企业对上游企业的依赖程度		贷款企业对下游企业的依赖程度	
符号	ε_{up}		ε_{down}	

根据上述分析，可以看出经过主成分分析后的 4 个因子可以在一定程度上反映图 2 所示的 4 个影响企业信贷风险的主要方面，具有一定的现实内涵与可解释性。

根据得到的结果对信贷风险量化分析模型进行检验。首先将各家企业的风险值进行归一化处理：

$$r_i = \frac{risk_i}{\max\{risk_j\}}. \tag{29}$$

下面检验归一化风险 r_i 与该企业是否有违约记录 σ_i 进行相关性分析。计算风险与是否违约之间的斯皮尔曼相关系数：

$$\rho = \frac{\sum_i (r_i - \bar{r})(\sigma_i - \bar{\sigma})}{\sqrt{\sum_i (r_i - \bar{r})^2 (\sigma_i - \bar{\sigma})^2}}. \tag{30}$$

经过求解，得到斯皮尔曼相关系数为 0.881，表明本文确定的相关性系数与企业是否违约可以呈现良好的相关性，对企业的信誉、风险有良好的刻画能力。



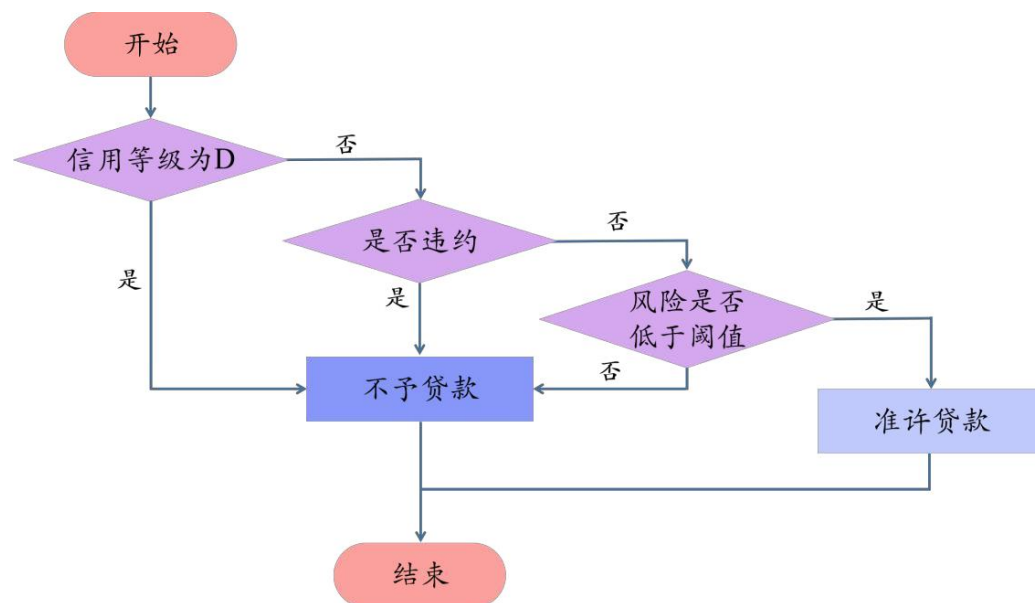
2.2 按部就班怎么做

Q1:

对附件1中123家企业的信贷风险进行量化分析，给出该银行在年度信贷总额固定时对这些企业的信贷策略。

借不借？

借多少？(2.3中介绍)



2.2 按部就班怎么做

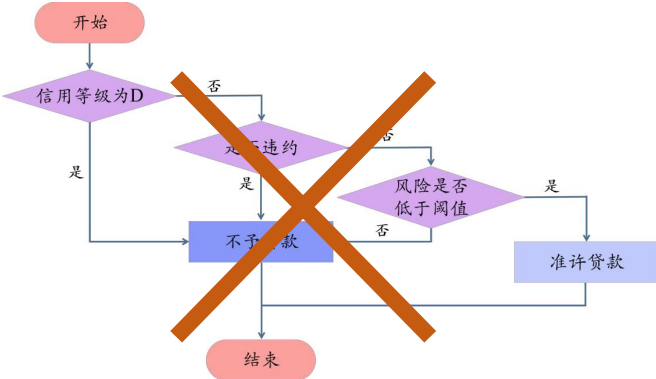
Q2:

在问题1的基础上，对附件2中302家企业的信贷风险进行量化分析，并给出该银行在年度信贷总额为1亿元时对这些企业的信贷策略。

企业代号	企业名称	信誉评级	是否违约	
E1	***电器销售有限公司	A	否	商业
E2	***技术有限责任公司	A	否	技术行业
E3	***电子(中国)有限公司***分公司	C	否	技术行业
E4	***发展有限责任公司	C	否	商业
E5	***供应链管理有限公司	B	否	商业
E6	***装饰设计工程有限公司	A	否	工业
E7	***家电有限公司***分公司	A	否	商业
E8	***科学研究院有限公司	A	否	技术行业
E9	***生活用品服务有限公司***分公	A	否	生活服务业
E10	***建筑劳务有限公司	B	否	工业
E11	***建设工程有限公司	C	否	工业
E12	***建筑劳务有限公司	B	否	工业
E13	***汽车贸易有限公司	A	否	商业
E14	个体经营E14	C	否	个体户
E15	***劳务有限公司	A	否	生活服务业
E16	***建筑劳务有限公司	A	否	工业
E17	***消防工程有限公司	A	否	工业
E18	***消防工程有限责任公司	A	否	工业
E19	***科技有限公司	A	否	技术行业
E20	***贸易有限公司	B	否	商业
E21	***建设工程有限公司	B	否	工业
E22	***物流有限公司	A	否	邮政物流
E23	***贸易有限公司	B	否	商业
E24	***建筑工程有限公司	A	否	工业
E25	***通讯设备有限公司	C	否	技术行业
E26	***金属材料有限公司	A	否	工业
E27	***农业开发有限公司	A	否	农林牧渔
E28	***景观工程有限公司	B	否	工业
E29	***建筑劳务有限公司	C	是	工业
E30	***建筑工程有限公司	B	否	工业
E31	***食品有限公司	A	否	工业
E32	***建筑劳务有限公司	B	否	工业
E33	***园林有限责任公司	B	否	农林牧渔
E34	***建设工程有限公司	B	否	工业
E35	***商贸有限公司	B	否	商业
E36	***超硬材料有限公司	D	是	技术行业
E37	***木业有限公司	B	否	农林牧渔



企业代号	企业名称			
E124	个体经营E124			
E125	个体经营E125			
E126	个体经营E126			
E127	个体经营E127			
E128	个体经营E128			
E129	个体经营E129			
E130	个体经营E130			
E131	个体经营E131			
E132	个体经营E132			
E133	个体经营E133			
E134	***工程咨询有限公司			
E135	***建设工程有限公司			
E136	***机械有限责任公司			
E137	***建设工程有限公司			
E138	个体经营E138			
E139	个体经营E139			
E140	***建筑工程有限公司			
E141	***食品有限公司			
E142	***运业有限公司			
E143	***电子科技有限公司			
E144	***劳务有限公司			
E145	***工贸有限公司			
E146	***基础建设工程有限公司			
E147	***装饰工程有限责任公司			
E148	***商贸有限公司			
E149	***建筑劳务有限公司			
E150	***建设工程有限公司			
E151	***路桥工程有限公司			
E152	***运贸有限责任公司			
E153	个体经营E153			
E154	***汽车销售服务有限公司			
E155	个体经营E155			
E156	个体经营E156			
E157	***环境设备工程有限公司			
E158	***装饰工程有限公司			
E159	个体经营E159			
E160	***钢结构工程有限公司			



2.2 按部就班怎么做

Q2:

在问题1的基础上，对附件2中302家企业的信贷风险进行量化分析，并给出该银行在年度信贷总额为1亿元时对这些企业的信贷策略。

数据缺失怎么办？

在“附件 2”中的 302 家企业信息表中，缺少企业信用等级的数据，无法确定企业信用等级、违约记录的相关数据。本文利用第一问中得到的 10 个指标，通过决策树模型得到缺失的数据。

数据恢复

表 3 “附件 2”中部分企业的预测风险评级统计表

企业	E124	E125	E423	E424	E425
信用评级	B	B	D	C	B
是否违约	否	否	是	是	是



2.2 按部就班怎么做

Q2:

在问题1的基础上，对附件2中302家企业的信贷风险进行量化分析，并给出该银行在年度信贷总额为1亿元时对这些企业的信贷策略。

对于信贷策略的确定，最简单也是最快的方法就是按照第一问的思路一以贯之。当然也可以增加一些新的思路，这里我们放到2.3节中进行陈述。如果单单使用第一问的思路解决问题未免显得单薄，因此加上一些东西是非常必要的。



2.2 按部就班怎么做

Q3:

企业的生产经营和经济效益可能会受到一些突发因素影响，而且突发因素往往对不同行业、不同类别的企业会有不同的影响。综合考虑附件2中各企业的信贷风险和可能的突发因素（例如：新冠病毒疫情）对各企业的影响，给出该银行在年度信贷总额为1亿元时的信贷调整策略。

在需要贷款的企业中，由于所处的行业不同，在面对不同类型的突发因素时，会受到不同程度的冲击，贷款企业的风险也会出现变化。

这里你可以直接选用COVID-19进行建模，这里的建模过程主要考虑的是如何对利率和借贷金额进行调整，比较开放，我们的主要工作不在这里，也不在这里发掘创新。



2.3 创新点的发掘

Q1:

对附件1中123家企业的信贷风险进行量化分析，给出该银行在年度信贷总额固定时对这些企业的信贷策略。

如果我们认真一些发掘的话，我们会发现到企业的进项发票和销项发票之间的上下游企业之间有相同的企业。这就将思路拓展开了，我们是否可以根据建立图模型，根据资金流向，利用图论中的一些指标进行发掘？

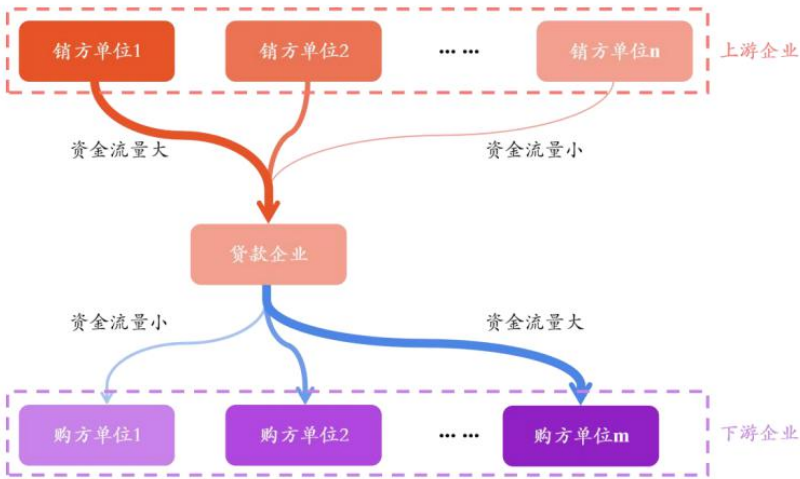


图4 企业上下游的供应关系图

本文将企业的上下游供应关系抽象为图。图4表示的是企业上下游的供应关系图，资金流线条越粗表示企业间的资金流越大，反之则表示资金流越小。图4中的企业间资金流向可以反应企业与上下游企业之间的交易关系。如图4所示，当企业在进货时过分依赖某一家厂商的货源时，很有可能在这家上游企业资金链断裂时不能继续生产，进而导致该企业陷入需求紧张的危机；当在下游企业在无力支付相关费用或需求大幅减少时销售链断裂，导致贷款企业库存累积、资金无法回流，进而导致无法偿还银行债务。

根据上述分析，如果在资金流通的过程中如果过分依赖于某一或某几个上、下游企业的资金流入、流出，就很有可能在这几家上、下游企业出现特殊风险时，贷款企业陷入危机。企业资金过分依赖某几家上、下游企业表现为资金分布的不均衡性。因此本文通过每个月上下游企业入、销项金额的样本方差 ε_{up} 、 ε_{down} 分别表示贷款企业对上、下游企业的依赖程度，且：

$$\varepsilon_{up,i} = \frac{1}{m_{in} - 1} \sum_{j=1}^{m_{in}} (e_{up,i,j} - \bar{e}_{up,i})^2, \tag{6}$$

$$\varepsilon_{down} = \frac{1}{m_{down} - 1} \sum_{j=1}^{m_{down}} (e_{down,i,j} - \bar{e}_{down,i})^2. \tag{7}$$

其中 $e_{up,i,j}$ 、 $e_{down,i,j}$ 分别表示上游企业 j 流向第 i 家贷款企业的资金记录值与第 i 家贷款企业流向下游企业 j 的资金记录值，其中 m_{in} 、 m_{out} 分别是上游资金流向贷款企业与贷款企业流向下游企业资金的记录条数。



2.3 创新点的发掘

Q1:

对附件1中123家企业的信贷风险进行量化分析，给出该银行在年度信贷总额固定时对这些企业的信贷策略。

借多少？

首先我们将贷款额度进行了分级，也就是说我们的贷款额度是离散的，如10,20,...,100这样。我们提出了建立基于信誉分级的还款概率矩阵 $P_{m \times 10}$

在矩阵 P 中，第 i 行第 j 列的元素表示第 i 家企业在贷款金额为 u_j 时还款概率 $P_{i,j}$ 。

这里的还款概率使用什么指标进行建模呢？我们采用了Sigmoid函数 $y = \frac{1}{1 + \exp(-w^T x)}$

进行建模，我们在该函数的分母的线性部分加入了企业信誉等级和第一问确立的各种指标进行建模，这里大家的发挥空间比较大，可以有一点自己的思考。

得到了某一企业某一贷款金额下的还款概率，就能获得银行的收益期望了。加上一些约束条件，并最大化银行的收益就是我们的目标了！



2.3 创新点的发掘

Q1:

对附件1中123家企业的信贷风险进行量化分析，给出该银行在年度信贷总额固定时对这些企业的信贷策略。

借多少？

本文将根据企业还款概率矩阵 P 建立单目标优化模型。银行的收益期望由 2 部分决定，一方面是银行的利息盈利 $u_j \cdot \eta_i$ (其中 η_i 为利率)，另一方面是由于坏账 (企业未按时归还贷款) 导致的亏损金额 u_j 。根据企业还款概率 $P_{i,j}(x)$ ，得到银行的收益期望：

$$E = \sum_{i=1}^m [P_{i,j} \cdot u_j \cdot \eta_i - (1 - P_{i,j}) \cdot u_j] \cdot (1 - \alpha_i), \quad (27)$$

其中 α_i 表示公式 (20)、(21)、(22) 中的客户流失率。在企业 i 的风险为 r_i 时，确定单目标优化模型：

$$\begin{aligned} & \max \sum_{i=1}^m [P_{i,j} \cdot u_j \cdot \eta_i - (1 - P_{i,j}) \cdot u_j] \cdot (1 - \alpha_i) \\ & s.t. \begin{cases} \sum u_j \leq U \\ 100,000 \leq u_j \leq 1,000,000, \quad j = 1, 2, \dots, 10 \\ 4\% \leq \eta_i \leq 15\%, \quad i = 1, 2, \dots, m \end{cases} \end{aligned}$$



2.3 创新点的发掘

Q2:

在问题1的基础上，对附件2中302家企业的信贷风险进行量化分析，并给出该银行在年度信贷总额为1亿元时对这些企业的信贷策略。

首先，我们的考虑是最大化银行利润。我们在第二问中主要的思考点是银行的不仅是要定多少利率，由于企业每年、每个季度、每个月的经营状况是不同的，我们考虑了动态利率的方案针对性的设计。对于那些信用良好、而恰好当时最缺钱的企业给予一定的优惠时长，并在优惠时长中减少利率。但是利率的调整又会对客户流失率产生影响，我们根据“附件3”对流失率进行了建模。得到了流失率、研究的时间范围、利率的取值，再加入限制条件，我们可以建立最大化银行利润的优化模型。



2.3 创新点的发掘

Q2:

在问题1的基础上，对附件2中302家企业的信贷风险进行量化分析，并给出该银行在年度信贷总额为1亿元时对这些企业的信贷策略。

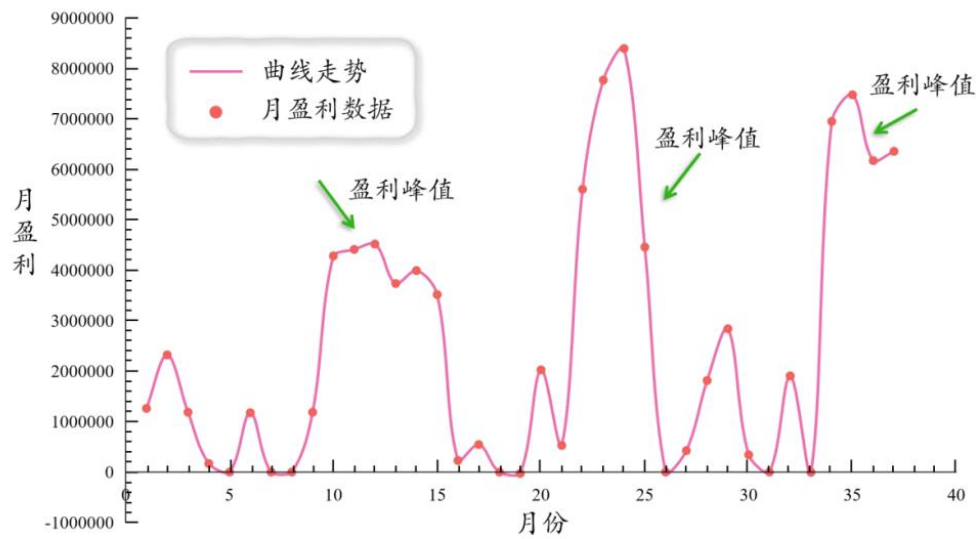


图 9 E185 企业资金周期性流动示意图

下面对资金周期性流动企业进行筛选与挖掘。如图 9 所示，E185 企业(***生态魔芋有限公司)，从 2017 年 1 月至 2020 年 1 月期间，共计 37 个月的盈利数据反应了企业的月盈利的周期性波动情况。大致在每年的年底，企业的月销售额达到峰值(图中用绿色箭头标注)，适当地提高利率可以有利于银行的收益；在每年的 6、7 月份，企业的月利润到达低谷，甚至在 2018 年的 6、7 月份出现负增长，适当降低利率有利于稳定银行和企业之间的长期关系，也有利于企业本身发展。

• 筛选周期性企业

下面研究企业是否具有周期性的资金流动规律。对所研究的企业月盈利收益，选取 $P_{1k}=[p_1,p_2,\dots,p_{12-k}]$ ， $P_{2k}=[p_{1+k},p_{2+k},\dots,p_{12}]$ 2 个序列进行分析，其中 p_i 表示第 i 月的企业净利润。计算这 2 个序列的自相关系数(Pearson 相关系数)作为两个序列之间的相似度：

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (P_{1k,i} - \bar{P}_{1k})(P_{2k,i} - \bar{P}_{2k})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (P_{1k,i} - \bar{P}_{1k})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (P_{2k,i} - \bar{P}_{2k})^2}} \tag{31}.$$

以 $k=2$ 为例，此时选取 $P_1=[p_1,p_2,\dots,p_{10}]$ ， $P_2=[p_3,p_4,\dots,p_{12}]$ ，计算两序列的相关系数作为其相似度。

本文中 k 的取值为 1,2,...,6。通过对 k 的取值进行遍历，若两序列的相似度 $r > r_0$ ($r_0 = 0.6$) 时，认为该企业的资金流动呈周期性波动。在一轮遍历中，当 r 取得最大值且 $r > 0.6$ 时，认为该企业的资金流动周期 $T = k$ ；若经过一轮遍历， r 均不超过 0.6，则该企业的资金流动没有周期性。

在资金周期性流动的企业生产经营过程中，一个资金流动周期内生产和经营的时间通常各占周期的一半，本文认为在生产时期内的时间是企业最缺乏资金的时间，需要在利率浮动上给予一定的优惠。因此本文认为企业的优惠期时长为：

$$T_1 = \frac{1}{2} T. \tag{32}$$

一年内其余的时间均为企业的非优惠期，记为 T_2 。



2.3 创新点的发掘

Q2:

在问题1的基础上，对附件2中302家企业的信贷风险进行量化分析，并给出该银行在年度信贷总额为1亿元时对这些企业的信贷策略。

优惠期和非优惠期分别建模：

对于资金流量呈周期性波动的 m_0 家企业，银行在优惠期内的收益期望和非优惠期内的收益期望分别为：

$$E_1 = T_1 \cdot \left[\sum_{i=1}^{m_0} [P_{i,j} \cdot u_j \cdot \eta'_i - (1 - P_{i,j}) \cdot u_j] \cdot (1 - \alpha'_i) \right], \quad (36)$$

$$E_2 = T_2 \cdot \left[\sum_{i=1}^{m_0} [P_{i,j} \cdot u_j \cdot \eta_i - (1 - P_{i,j}) \cdot u_j] \cdot (1 - \alpha'_i) \right], \quad (37)$$

其中 T_1, T_2 分别为非优惠期时长和优惠期时长。

对于剩余的 $m - m_0$ 家资金流量不呈周期性波动的企业，银行对其收益的期望为：

$$E_3 = \sum_{i=m_0+1}^{m-m_0} [P_{i,j} \cdot u_j \cdot \eta_i - (1 - P_{i,j}) \cdot u_j] \cdot (1 - \alpha_i). \quad (38)$$

为最大化银行利润，本文根据上述利益期望建立企业利润优化模型：

$$\begin{aligned} & \max E_1 + E_2 + E_3 \\ & s.t. \begin{cases} \sum u_j \leq U \\ \eta'_i = \alpha' \eta_i \\ 150,000 \leq u_j \leq 1,000,000, j \in \{\text{周期性企业}\} \\ 100,000 \leq u_j \leq 1,000,000, j \notin \{\text{周期性企业}\} \\ 4\% \leq \eta_i \leq 15\%, i = 1, 2, \dots, m \end{cases} \end{aligned} \quad (39)$$



2.3 创新点的发掘

Q3:

企业的生产经营和经济效益可能会受到一些突发因素影响，而且突发因素往往对不同行业、不同类别的企业会有不同的影响。综合考虑附件2中各企业的信贷风险和可能的突发因素（例如：新冠病毒疫情）对各企业的影响，给出该银行在年度信贷总额为1亿元时的信贷调整策略。

疫情：

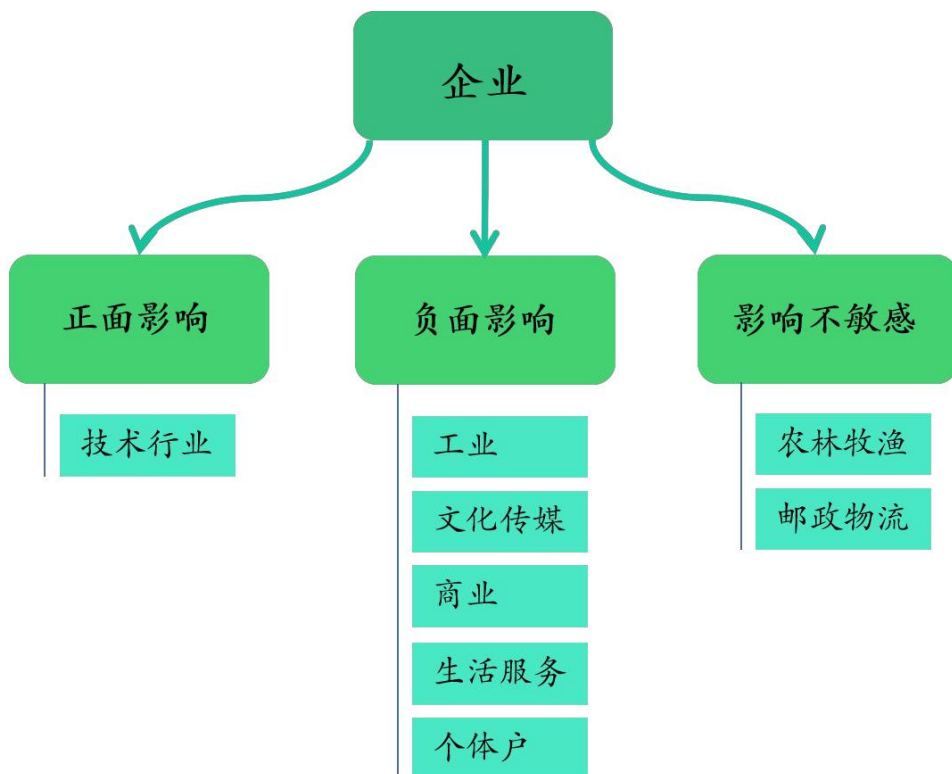
由于疫情带来的不仅仅是负面的影响，对一些企业有一定的促进作用，因此我们考虑了三种情况：正面、负面、不敏感。此外，我们基于“提升银行对不良企业容忍度原则”（提高中小企业不良率容忍度）、“专项额度原则”（对于银行用于贷款的总资产，从中分出部分用于帮扶中小微企业）和“利率调整原则”（受疫情冲击，银行需要对不同行业的利率进行调整），对银行的信贷策略做出调整。



2.3 创新点的发掘

Q3:

企业的生产经营和经济效益可能会受到一些突发因素影响，而且突发因素往往对不同行业、不同类别的企业会有不同的影响。综合考虑附件2中各企业的信贷风险和可能的突发因素（例如：新冠病毒疫情）对各企业的影响，给出该银行在年度信贷总额为1亿元时的信贷调整策略。



➤ 提高容忍度原则

疫情期间，提高中小企业不良率容忍度对帮助中小微企业克服短期困难有一定的帮助。在疫情期间，中小微企业的现金流减少，进而会进一步对银行的贷款质量造成冲击，从而导致银行受影响行业的贷款动力。

为提高对企业的容忍度，银行在判断是否对贷款企业发放贷款时，将风险阈值 r_0 下调 5%。

➤ 专项额度原则

对于银行用于贷款的总资产 U ，从中分出部分用于帮扶中小微企业，分配出用于帮扶的部分为：

$$U_{reserve} = \alpha U. \quad (40)$$

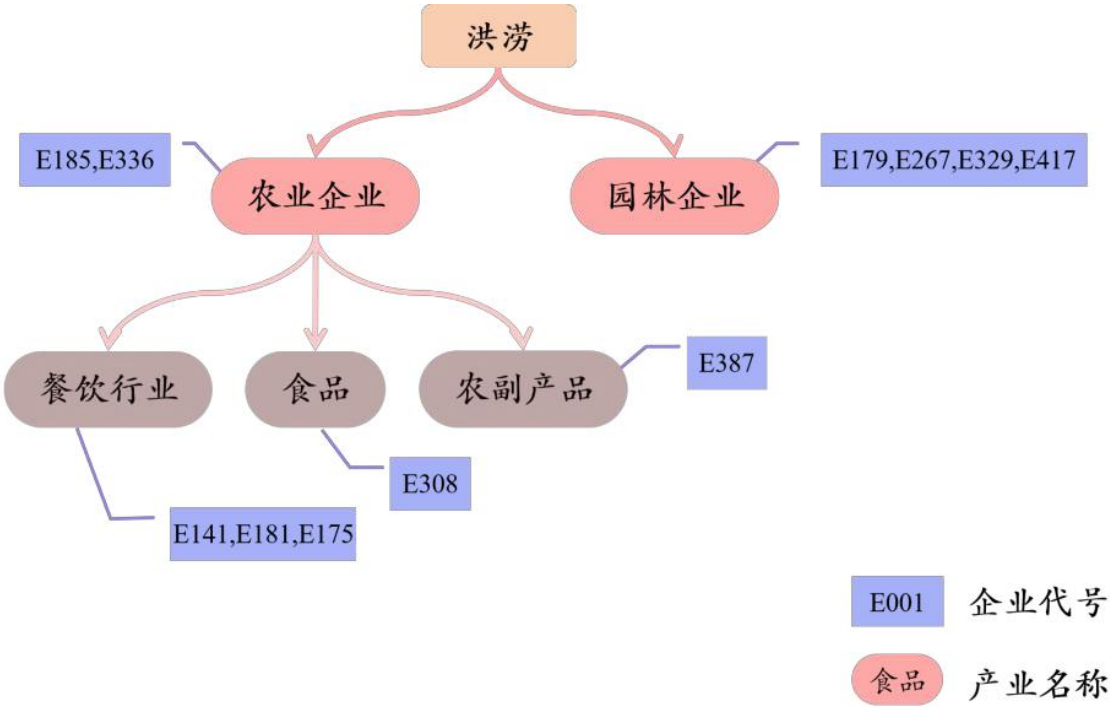


2.3 创新点的发掘

Q3:

企业的生产经营和经济效益可能会受到一些突发因素影响，而且突发因素往往对不同行业、不同类别的企业会有不同的影响。综合考虑附件2中各企业的信贷风险和可能的突发因素（例如：新冠病毒疫情）对各企业的影响，给出该银行在年度信贷总额为1亿元时的信贷调整策略。

洪涝：



本文定义洪涝灾害对企业的冲击系数 σ_i 。对于洪涝灾害的直接影响的企业，本文认为 $\sigma_i = 1$ 。洪涝灾害的影响传播效应类似于食物链的能量传播关系，企业之间的影响符合逐级递减的规律。行业冲击在各个层级之间的传递效率为 e ，本文中 $e = 30\%$ 。图 10 中的企业受到突发洪涝灾害影响后，向下一层级的企业传播的灾害影响为 $\sigma'_i = \sigma_i \cdot e$ 。

2.4 实验求解和分析

Good discussion accompanies the results.

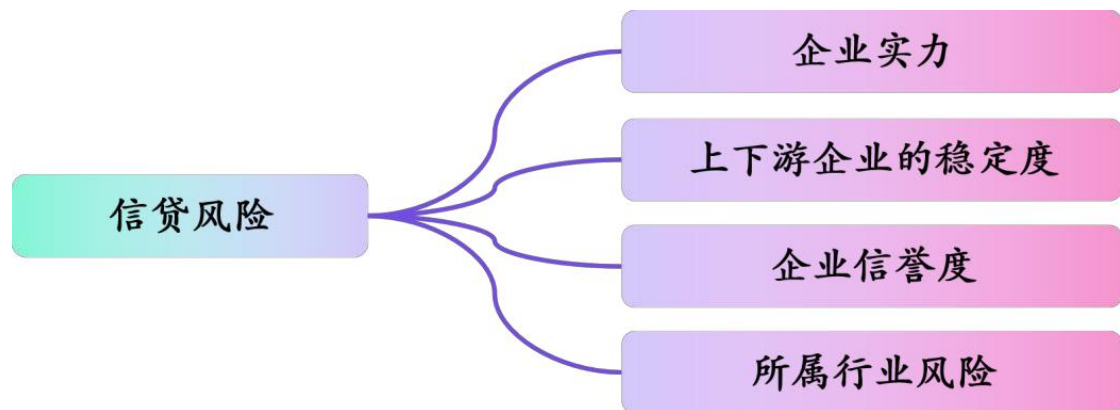
由于比赛时间的关系，我们没有在这里做太多的工作，这里只介绍一些我们的一些基本操作。

- 在拟合的最后进行拿出一些指标分析相关系数，以及系数正负所体现的相关性是否符合常理；
- 灵敏性分析。在第二问中，我们使用了三个数值刻画企业的信誉等级，我们针对这三个取值对最终利率的影响进行了分析。

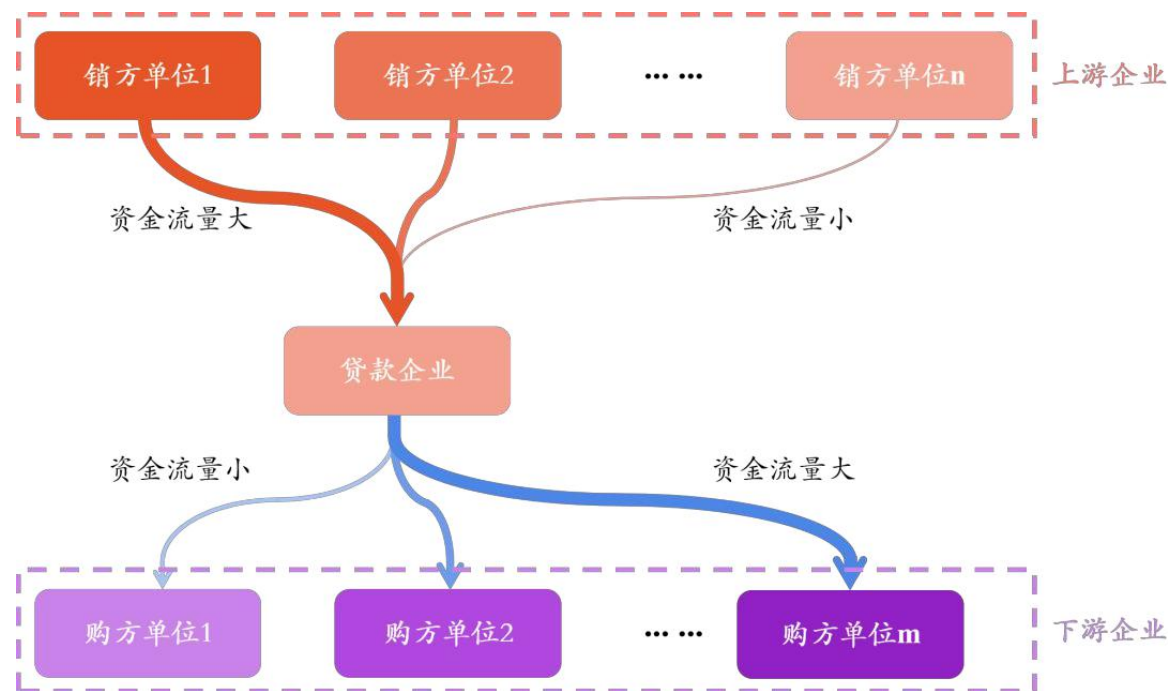


2.5 排版绘图

模型概览图：这张图绘制的其实并不好看，但是很有必要，是一个总的框架和分析思路的体现。绘制的时候注意我在左框最右和右框最左的取色是一致的，确保连续性。

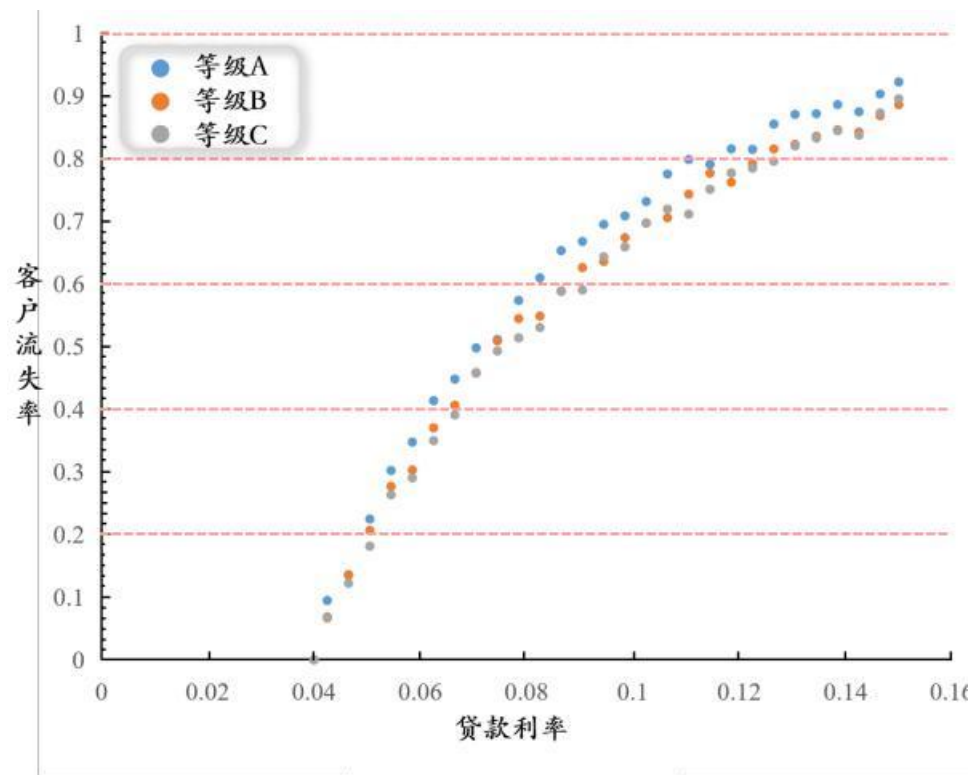


资金流动图：这里的绘图我们将资金的流向表示清楚了，并加了文字说明流量大小，而且流量大的箭头粗，更加形象具体。

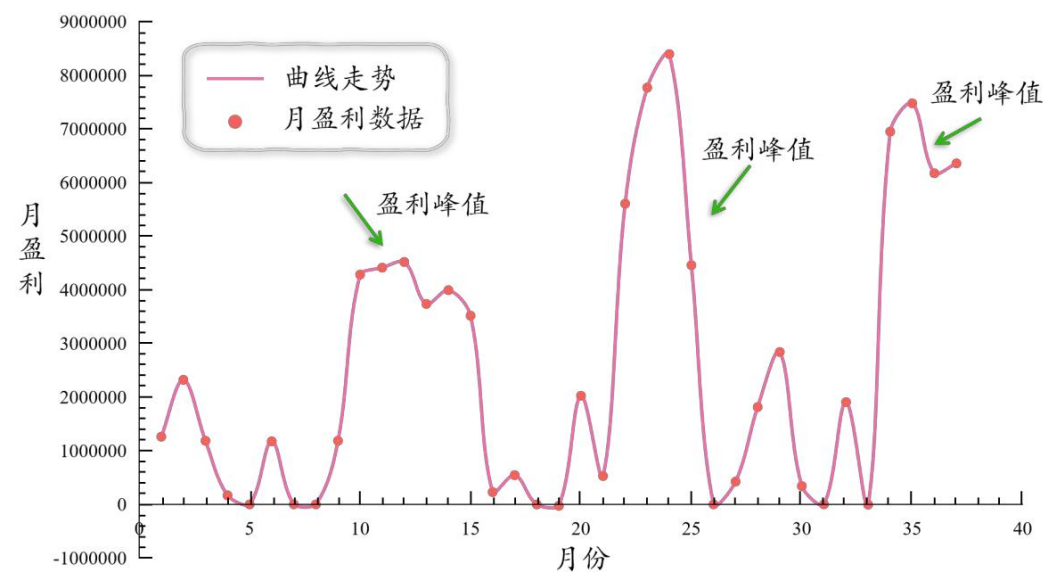


2.5 排版绘图

拟合前数据散点图：这里的加工工作主要是横纵轴刻度的加细以及配色的选取。同时图例的框我们使用了手绘风，更生动一些



Toy example的分析：这里的加工工作主要是横纵轴刻度的加细以及配色的选取。同时，我把连线做得更光滑了，看起来更舒适。此外，可能有些同学不会注意到我们的图例框和箭头都加了阴影，自我感觉看上去更好看。



2.6 赛间作息

这次比赛是我做过最累的一次，以下是凭借记忆复现的时间表。

	DAY1	DAY2	DAY3	DAY4
凌晨	—	睡觉	第一问的前半部分收尾	第二问收尾、入手第三问
上午	—	第一问	第一问后半部分、第二问	第三问落地一半
下午	—	第一问	第一问后半部分、第二问	第三问结束、填补空缺的章节
晚上	—	第一问	第一问后半部分、第二问	修改、整理代码

由于比赛过去较长的时间，我的回忆可能有些地方与事实有出入，希望谅解。



I want to say:





与我联系的最佳方式是：

- 1、知乎私信
- 2、lhchen@stu.xidian.edu.cn & xdu.lhchen@gmail.com



微信公众号：ZEROHAO
欢迎关注

知乎：XDU陈凌灏
欢迎关注、私信探讨、合作



西安电子科技大学
XIDIAN UNIVERSITY

Q&A

Linghao Chen

lhchen@stu.xidian.edu.cn

HOME PAGE: <https://lhchen.top>

School of Computer Science and Technology, Xidian University, Xi'an, ShaanXi, P.R.China

The slide of this talk is available AT: <https://lhchen.top/Modeling/slide.pdf>



西安电子科技大学
XIDIAN UNIVERSITY