

■ 概率神经网络(PNN)介绍

概率神经网络 (Probabilistic Neural Network, PNN) 是由 D. F. Specht 在 1990 年提出的一种结构简单、应用广泛的神经网络。PNN 吸收了径向基神经网络与经典的概率密度估计原理的优点，与传统的前馈神经网络相比，在模式分类方面尤其具有较为显著的优势。

■ 概率神经网络(PNN)原理

概率神经网络以指数函数替代了神经网络中常用的 S 形激活函数，主要思想是贝叶斯决策规则，即错误分类的期望风险最小，在多维输入空间内分离决策空间。它是一种基于统计原理的人工神经网络，它是以 Parzen 窗口函数为激活函数的一种前馈网络模型。

■ 概率神经网络(PNN)应用

概率神经网络主要用于分类和模式识别领域，其中分类方面应用最为广泛，这种网络已较广泛地应用于非线性滤波、模式分类、联想记忆和概率密度估计当中。它的优势在于用线性学习算法来完成非线性学习算法所做的工作，同时保证非线性算法的高精度等特性。

■ 风险提示

机器学习量化策略的结果是对历史经验的总结，存在失效的可能。

崇盛棠 高级分析师

投资咨询编号：Z0010966

从业资格编号：F0257938

邮箱：chongst@shhqh.com

田景山 数据分析师

投资咨询编号：Z0015457

从业资格编号：F3045626

邮箱：tianjs@shhqh.com

施杨 分析师助理

从业资格编号：F3057470

关于我们：

客服电话：400-186-8822

公司地址：上海市黄浦区福州路 666 号
华鑫海欣大厦 21、22 楼

公司官网：<http://www.shhqh.com>



内容目录:

1、PNN 模型介绍	2
1.1 算法推导	2
1.2 模型网络结构	3
1.3 算法描述	4
2、PNN 模型对期货价格涨跌方向预测的实证分析	5
2.1 算法工具选择	5
2.2 数据集选取	6
2.3 特征值提取	6
2.4 实证流程	6
2.5 实证结果与分析	7
3、交易策略	14
3.1 策略描述	14
3.2 策略实现	14
4、总结	14

图表目录:

图一: PNN 模型网络结构图	3
图二: PNN 模型网络工作图	4
图三: PNN 模型预测流程图	7
图四: PNN 模型预测准确率随 σ 变化图	8
图五: PNN 价格预测交易策略净值	14
表一: PNN 模型对铁矿石主力连续合约预测结果	8
表二: PNN 模型对沪深 300 股指期货连续合约预测结果	10
表三: PNN 模型对螺纹钢主力连续合约预测结果	12

当前机器学习的研究方向主要分为两类：一类是传统机器学习的研究，该类研究主要是研究学习机制，注重探索通过算法来模拟人的思维和学习机制，如：决策树、随机森林、人工神经网络、贝叶斯学习等。一类是大数据环境下机器学习的研究，大数据的价值体现主要集中在数据的转向以及数据的信息处理能力。大数据时代的到来，对数据的转换，数据的处理、数据的存储提供了更好的技术支持，产业升级和新产业诞生形成了一股强大的推动力量。

本报告对机器学习中的一类算法---概率神经网络模型（PNN）进行探索。PNN 是一种基于统计原理的人工神经网络，是以 Parzen 窗口函数为激活函数的一种前馈网络模型。它吸收了径向基神经网络与经典的概率密度估计原理的优点，与传统的前馈神经网络相比，在模式分类方面尤其具有较为显著的优势，这种网络已较广泛地应用于非线性滤波、模式分类、联想记忆和概率密度估计当中。

1、PNN 模型介绍

1.1 算法推导

贝叶斯决策理论为：

若 $p(w_i | \vec{x}) > p(w_j | \vec{x}) \forall j \neq i$ ，则 $\vec{x} \in w_i$

其中： $p(w_i | \vec{x}) = p(w_i)p(\vec{x} | w_i)$

一般情况下，类的概率密度函数 $p(w_i | \vec{x})$ 是未知的，基于训练样本高斯核的 Parzen 估计如下：

$$p(\vec{x} | w_i) = \frac{1}{N_i} \sum_{k=1}^{N_i} \frac{1}{(2\pi)^{\frac{l}{2}} \sigma^l} \exp\left(-\frac{\|\vec{x} - \vec{x}_{ik}\|^2}{2\sigma^2}\right)$$

其中 \vec{x}_{ik} 是属于第 w_i 类的第 k 个训练样本， l 是样本向量的维数， σ

是平滑参数， N_i 是第 w_i 类的训练样本总数。

约掉共有的元素，判别函数可以简化为：

$$g_i(\vec{x}) = \frac{p(w_i)}{N_i} \sum_{k=1}^{N_i} \exp\left(-\frac{\|\vec{x} - \vec{x}_{ik}\|^2}{2\sigma^2}\right)$$

对所有样本进行归一化，由：

$$\sum_{i=1}^l x_i^2 = 1$$

$$\text{和} \|\vec{x} - \vec{x}_{ik}\|^2 = \|\vec{x}\|^2 + \|\vec{x}_{ik}\|^2 - 2\vec{x}^T \vec{x}_{ik} = 2 - 2\vec{x}^T \vec{x}_{ik}$$

有：

$$g_i(\vec{x}) = \frac{p(w_i)}{N_i} \sum_{k=1}^{N_i} \exp\left(\frac{\vec{x}^T \vec{x}_{ik} - 1}{\sigma^2}\right)$$

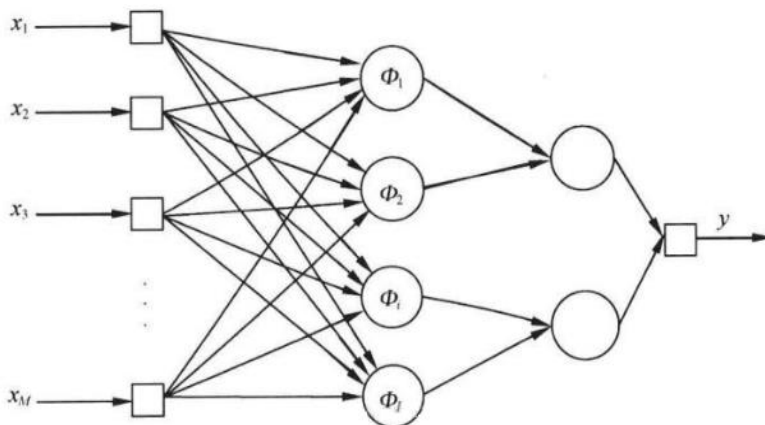
最后，判别规则为：

若 $g_i(\vec{x}) > g_j(\vec{x}) \quad \forall j \neq i$ ，则 $\vec{x} \in w_i$

1.2 模型网络结构

概率神经网络结构如图一所示，构成这个网络结构的层分别为：输入层、样本层(模式层)、求和层、竞争层(输出层)组成。

图一：PNN 模型网络结构图



资料来源：华鑫期货研究所

PNN 网络的工作过程描述如下：

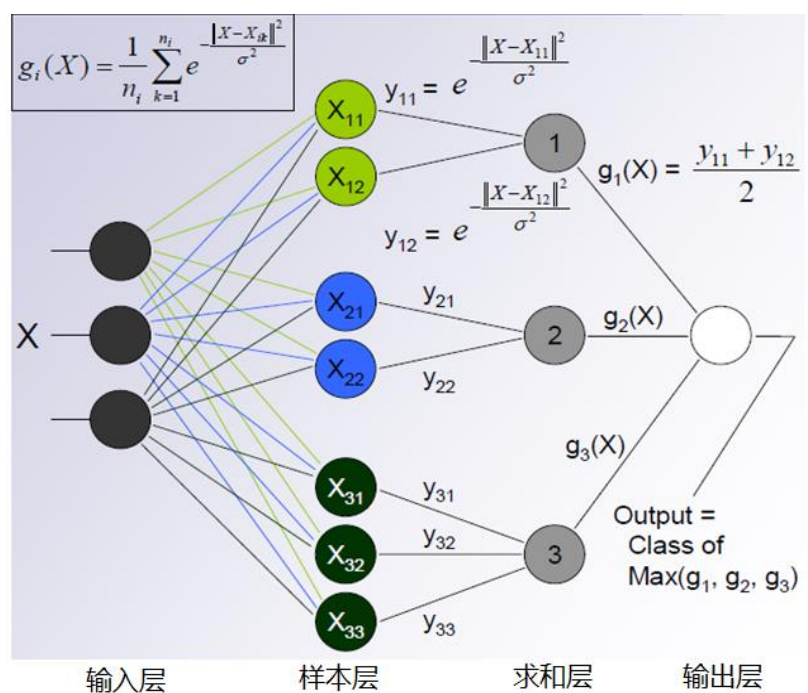
首先，将输入向量 \vec{x} 输入到输入层，在输入层中，网络计算输入向量于样本向量之间的距离 $\|\vec{x} - \vec{x}_{ik}\|$ ，所得的向量由输入层输出，该向量反映了向量间的接近程度；

接着，输入层的输出向量送到样本层中，样本层节点的数目等于训练样本数目的总和，即

$$N = \sum_{i=1}^M N_i$$

其中 M 是类的总和。样本层的主要工作是：先判断哪些类别输入向量相关，再将相关度高的类别集中起来，样本层的输出值就代表相识度；然后，将样本层的输出值送入到求和层，求和层的结点个数是 M，每个结点对应一个类，通过求和层的竞争传递函数进行判别；最后，判别的结果由输出层输出，输出结果只有一个 1，其余结果都是 0，概率最大的那一类输出结果为 1。

图二：PNN 网络工作图



资料来源：华鑫期货研究所

1.3 算法描述

第一步：首先必须对输入矩阵进行归一化处理，这样可以减小误差，避免较小的值被较大的值“吃掉”。设初始训练样本为：

$$X = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_{m1} & X_{m2} & \dots & X_{mn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \dots \\ X_m \end{bmatrix}$$

归一化系数为：

$$B^T = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{\sum_{k=1}^n x_{1k}^2}} & \frac{1}{\sqrt{\sum_{k=1}^n x_{2k}^2}} & \dots & \frac{1}{\sqrt{\sum_{k=1}^n x_{mk}^2}} \end{bmatrix}$$

通过计算，归一化后的学习样本为：

$$C_{m \times n} = B_{m \times 1} [1 \dots 1]_{1 \times n} \cdot X_{m \times n}$$

第二步：将归一化好的样本送入网络样本层。因为是有监督学习算法，所以很容易知道每个样本属于哪个类。

第三步：模式距离的计算，该距离是指样本矩阵与学习矩阵中相应元素之间的距离。则经归一化后，需要待识别的输入样本矩阵为：

$$D = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & \cdots & d_{1n} \\ d_{21} & d_{22} & \cdots & d_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ d_{p1} & d_{p2} & \cdots & d_{pn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ \cdots \\ d_p \end{bmatrix}$$

计算欧式距离：就是需要识别的归一化的样本向量 d_i ，与每一个归一化后的训练样本(C_j)的欧式距离。

$$E = \begin{bmatrix} \sqrt{\sum_{k=1}^n |d_{1k} - c_{1k}|^2} & \sqrt{\sum_{k=1}^n |d_{1k} - c_{2k}|^2} & \cdots & \sqrt{\sum_{k=1}^n |d_{1k} - c_{mk}|^2} \\ \sqrt{\sum_{k=1}^n |d_{2k} - c_{1k}|^2} & \sqrt{\sum_{k=1}^n |d_{2k} - c_{2k}|^2} & \cdots & \sqrt{\sum_{k=1}^n |d_{2k} - c_{mk}|^2} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \sqrt{\sum_{k=1}^n |d_{pk} - c_{1k}|^2} & \sqrt{\sum_{k=1}^n |d_{pk} - c_{2k}|^2} & \cdots & \sqrt{\sum_{k=1}^n |d_{pk} - c_{mk}|^2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E_{11} & E_{12} & \cdots & E_{1m} \\ E_{21} & E_{22} & \cdots & E_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ E_{p1} & E_{p2} & \cdots & E_{pm} \end{bmatrix}$$

第四步：样本层径向基函数的神经元被激活，取标准差为 0.1 的高斯核函数，激活后得到初始概率矩阵：

$$P = \begin{bmatrix} e^{-\frac{E_{11}}{2\sigma^2}} & e^{-\frac{E_{12}}{2\sigma^2}} & \cdots & e^{-\frac{E_{1m}}{2\sigma^2}} \\ e^{-\frac{E_{21}}{2\sigma^2}} & e^{-\frac{E_{22}}{2\sigma^2}} & \cdots & e^{-\frac{E_{2m}}{2\sigma^2}} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ e^{-\frac{E_{p1}}{2\sigma^2}} & e^{-\frac{E_{p2}}{2\sigma^2}} & \cdots & e^{-\frac{E_{pm}}{2\sigma^2}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \cdots & P_{1m} \\ P_{21} & P_{22} & \cdots & P_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ P_{p1} & P_{p2} & \cdots & P_{pm} \end{bmatrix}$$

第五步：在网络的求和层求得各个样本属于各类的初始概率和：

$$S = \begin{bmatrix} \sum_{l=1}^k P_{1l} & \sum_{l=k+1}^{2k} P_{1l} & \cdots & \sum_{l=m-k+1}^m P_{1l} \\ \sum_{l=1}^k P_{2l} & \sum_{l=k+1}^{2k} P_{2l} & \cdots & \sum_{l=m-k+1}^m P_{2l} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \sum_{l=1}^k P_{pl} & \sum_{l=k+1}^{2k} P_{pl} & \cdots & \sum_{l=m-k+1}^m P_{pl} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & \cdots & S_{1c} \\ S_{21} & S_{22} & \cdots & S_{2c} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ S_{p1} & S_{p2} & \cdots & S_{pc} \end{bmatrix}$$

第六步：计算概率，即第 i 个样本属于第 j 类的概率。

$$prob_{ij} = \frac{S_{ij}}{\sum_{l=1}^c S_{il}}$$

2、PNN 模型对期货价格涨跌方向预测的实证分析

2.1 算法工具选择

目前 Python 没有发现包含 PNN 算法的第三方库，根据上述算法描述，采用 Python 编写 PNN 相关功能函数，供实证分析时调用。

2.2 数据集选取

采用近三年铁矿石、螺纹钢、沪深 300 股指期货三个品种连续主力合约近三年(2016/11/22~2019/11/21)的行情数据，共计 730 个。其中前 80%的数据作为训练样本共 584 个，后 20%的作为测试样本共 146 个。

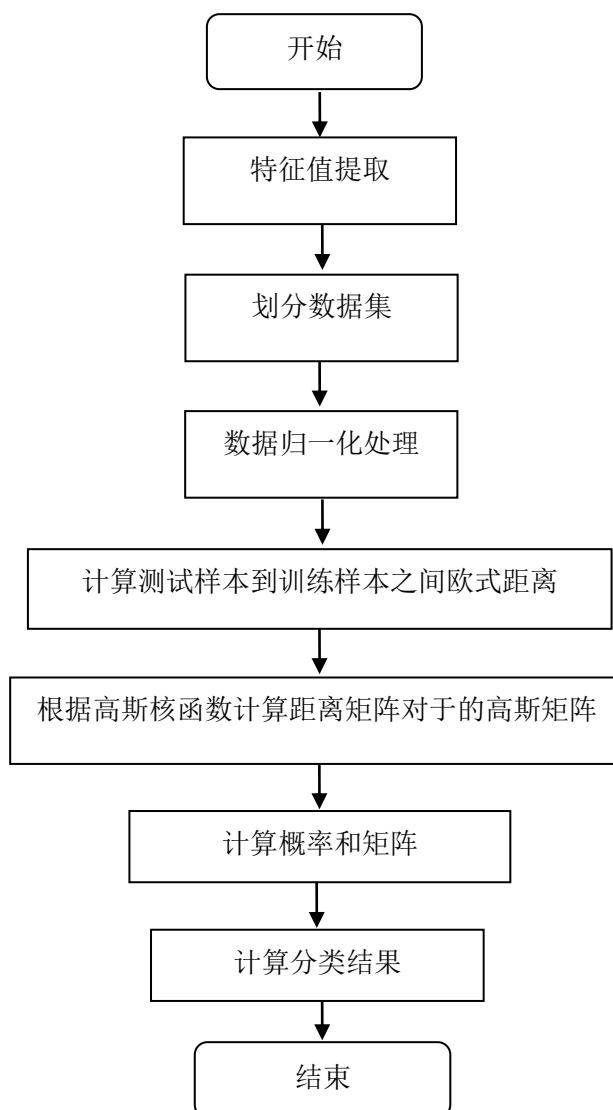
2.3 特征值提取

输入特征变量选择开盘价、收盘价、最高价、最低价、成交量、持仓量 6 个特征。对于训练样本，增加一列标签值，假如该天收盘价高于上一天收盘价，则意味价格上涨，标记为 1，假如该天收盘价低于上一天收盘价，则意味着价格下跌，标记为-1，不涨不跌标记为 0。

2.4 实证流程

PNN 模型唯一的超参数 σ 平滑参数，一般是根据经验值给出。在实际问题中不难找到良好的 σ 值，随着 σ 值的微小变化，错误分类比率不发生显著变化。这里设置为 0.1，期货价格预测流程如图三所示：

图三：PNN 模型预测流程图

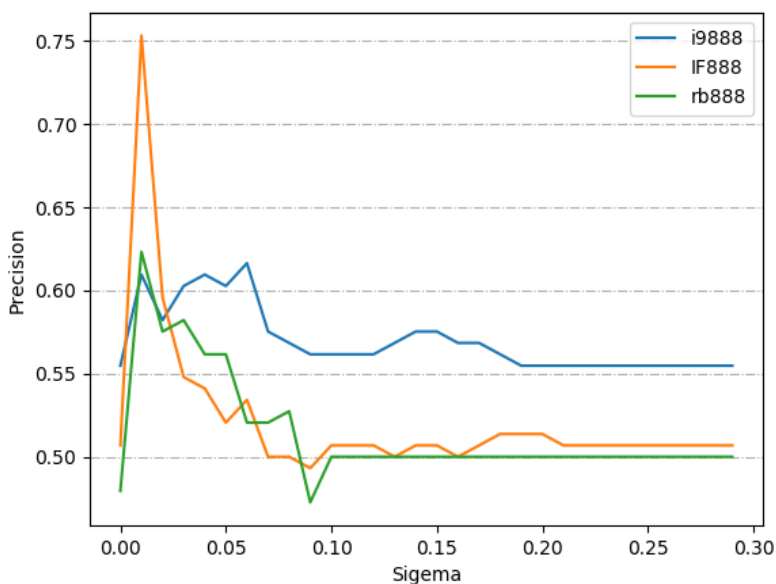


资料来源：华鑫期货研究所

2.5 实证流程

为取得较好的对比分析结果，对模型超参数 σ 从0.01到0.3，间隔0.01进行遍历，分别进行训练，得到的准确率与 σ 对应关系的曲线如图四：

图四：PNN 模型预测准确率随 σ 变化图



资料来源：华鑫期货研究所

从图中可看出，在 σ 取 0.01 时，各品种的预测准确率均达到最高值，并且当 σ 大于 0.21 后，预测准确率均不再变化。

为了避免过拟合，除去准确率最大的值，当取 $\sigma = 0.02$ 时，三个品种的预测结果明细如下：

铁矿石主力连续合约：准确率为 58.2%；

沪深 300 股指期货主力连续合约：准确率为 59.6%；

螺纹钢主力连续合约：准确率为 51.5%；

表一：PNN 模型对铁矿石主力连续合约预测结果

序号	昨收盘价	今收盘价	实际值	预测值	序号	昨收盘价	今收盘价	实际值	预测值
0	621	620	跌	涨	73	724.5	689.5	跌	跌
1	620	621.5	涨	涨	74	689.5	693.5	涨	涨
2	621.5	627	涨	跌	75	693.5	660.5	跌	跌
3	627	629	涨	涨	76	660.5	660.5	平	涨
4	629	619	跌	涨	77	660.5	639	跌	跌
5	619	616	跌	涨	78	639	638.5	跌	跌
6	616	618.5	涨	涨	79	638.5	627.5	跌	跌
7	618.5	634	涨	涨	80	627.5	631.5	涨	跌
8	634	639	涨	涨	81	631.5	618	跌	跌
9	639	638	跌	跌	82	618	626.5	涨	涨
10	638	652	涨	涨	83	626.5	617	跌	涨
11	652	643	跌	涨	84	617	609	跌	跌

12	643	644.5	涨	涨	85	609	589.5	跌	涨
13	644.5	655.5	涨	涨	86	589.5	600	涨	涨
14	655.5	653.5	跌	涨	87	600	613	涨	涨
15	653.5	644.5	跌	涨	88	613	593.5	跌	涨
16	644.5	660	涨	跌	89	593.5	586	跌	涨
17	660	680.5	涨	跌	90	586	588	涨	涨
18	680.5	707	涨	涨	91	588	580	跌	跌
19	707	711.5	涨	涨	92	580	607.5	涨	涨
20	711.5	717	涨	涨	93	607.5	630	涨	涨
21	717	728	涨	涨	94	630	637.5	涨	涨
22	728	728.5	涨	涨	95	637.5	644.5	涨	涨
23	728.5	732	涨	涨	96	644.5	647	涨	涨
24	732	761	涨	跌	97	647	629	跌	涨
25	761	756.5	跌	涨	98	629	655.5	涨	跌
26	756.5	748	跌	涨	99	655.5	655.5	平	涨
27	748	737	跌	涨	100	655.5	661	涨	涨
28	737	727	跌	跌	101	661	680	涨	涨
29	727	709	跌	涨	102	680	670.5	跌	涨
30	709	720.5	涨	涨	103	670.5	665.5	跌	涨
31	720.5	719.5	跌	跌	104	665.5	661	跌	涨
32	719.5	712.5	跌	涨	105	661	637.5	跌	涨
33	712.5	729.5	涨	跌	106	637.5	635	跌	涨
34	729.5	760.5	涨	涨	107	635	647.5	涨	涨
35	760.5	764	涨	涨	108	647.5	622.5	跌	涨
36	764	781.5	涨	跌	109	622.5	624.5	涨	涨
37	781.5	783.5	涨	涨	110	624.5	637	涨	涨
38	783.5	768.5	跌	涨	111	637	642.5	涨	涨
39	768.5	786	涨	涨	112	642.5	655.5	涨	涨
40	786	806.5	涨	涨	113	655.5	657	涨	涨
41	806.5	831	涨	涨	114	657	638.5	跌	跌
42	831	820	跌	涨	115	638.5	657.5	涨	涨
43	820	813.5	跌	涨	116	657.5	658	涨	涨
44	813.5	798.5	跌	跌	117	658	638.5	跌	涨
45	798.5	804	涨	涨	118	638.5	644	涨	涨
46	804	821.5	涨	涨	119	644	617	跌	涨
47	821.5	838.5	涨	涨	120	617	615	跌	涨
48	838.5	873	涨	涨	121	615	616	涨	涨
49	873	900	涨	涨	122	616	611.5	跌	涨
50	900	908.5	涨	涨	123	611.5	616	涨	涨
51	908.5	868	跌	跌	124	616	620.5	涨	涨
52	868	829.5	跌	跌	125	620.5	628	涨	跌
53	829.5	861	涨	涨	126	628	634.5	涨	跌
54	861	880.5	涨	跌	127	634.5	627	跌	涨

55	880.5	881	涨	涨	128	627	622	跌	跌
56	881	866.5	跌	涨	129	622	622.5	涨	跌
57	866.5	873	涨	跌	130	622.5	620.5	跌	涨
58	873	895	涨	涨	131	620.5	625.5	涨	跌
59	895	905	涨	涨	132	625.5	615	跌	涨
60	905	899.5	跌	涨	133	615	622	涨	跌
61	899.5	889	跌	跌	134	622	621.5	跌	跌
62	889	916	涨	涨	135	621.5	611	跌	跌
63	916	885	跌	涨	136	611	600	跌	跌
64	885	880	跌	涨	137	600	591.5	跌	跌
65	880	860	跌	涨	138	591.5	607	涨	涨
66	860	871.5	涨	涨	139	607	607.5	涨	跌
67	871.5	892	涨	涨	140	607.5	618.5	涨	涨
68	892	885	跌	跌	141	618.5	628.5	涨	涨
69	885	906	涨	涨	142	628.5	632	涨	跌
70	906	897.5	跌	跌	143	632	636.5	涨	跌
71	897.5	747.5	跌	涨	144	636.5	632.5	跌	涨
72	747.5	724.5	跌	涨	145	632.5	641.5	涨	跌

表二：PNN 模型对沪深 300 股指期货主力连续合约预测结果

序号	昨收盘价	今收盘价	实际值	预测值	序号	昨收盘价	今收盘价	实际值	预测值
0	4080.6	4070.6	跌	跌	73	3740	3667	跌	涨
1	4070.6	4130.2	涨	涨	74	3667	3625.8	跌	涨
2	4130.2	4020.2	跌	跌	75	3625.8	3598.2	跌	跌
3	4020.2	4018.8	跌	涨	76	3598.2	3638.8	涨	涨
4	4018.8	4025	涨	跌	77	3638.8	3621.6	跌	涨
5	4025	3948.6	跌	涨	78	3621.6	3672.8	涨	涨
6	3948.6	3891.4	跌	跌	79	3672.8	3652.2	跌	涨
7	3891.4	3914.8	涨	跌	80	3652.2	3673.4	涨	涨
8	3914.8	3913.8	跌	涨	81	3673.4	3674.6	涨	涨
9	3913.8	3668	跌	跌	82	3674.6	3684.8	涨	跌
10	3668	3714.4	涨	跌	83	3684.8	3783.4	涨	涨
11	3714.4	3664.2	跌	跌	84	3783.4	3772	跌	涨
12	3664.2	3597.6	跌	跌	85	3772	3775	涨	涨
13	3597.6	3711	涨	涨	86	3775	3777.2	涨	跌
14	3711	3657.2	跌	涨	87	3777.2	3805.2	涨	涨
15	3657.2	3638.6	跌	跌	88	3805.2	3762.2	跌	涨
16	3638.6	3715.2	涨	涨	89	3762.2	3803.4	涨	涨
17	3715.2	3703	跌	跌	90	3803.4	3795	跌	跌
18	3703	3617.4	跌	涨	91	3795	3782.2	跌	涨
19	3617.4	3587.8	跌	跌	92	3782.2	3791.8	涨	跌
20	3587.8	3625.2	涨	涨	93	3791.8	3832.6	涨	涨

21	3625.2	3622	跌	涨	94	3832.6	3835	涨	涨
22	3622	3557.6	跌	涨	95	3835	3888	涨	跌
23	3557.6	3569.4	涨	跌	96	3888	3923.6	涨	涨
24	3569.4	3607.2	涨	涨	97	3923.6	3958	涨	涨
25	3607.2	3626	涨	涨	98	3958	3968.2	涨	涨
26	3626	3627.4	涨	涨	99	3968.2	3960.6	跌	涨
27	3627.4	3619.4	跌	跌	100	3960.6	3933.8	跌	跌
28	3619.4	3594.8	跌	跌	101	3933.8	3976.8	涨	跌
29	3594.8	3613.8	涨	涨	102	3976.8	3959.8	跌	跌
30	3613.8	3586.2	跌	跌	103	3959.8	3888.4	跌	涨
31	3586.2	3574.6	跌	涨	104	3888.4	3904.2	涨	涨
32	3574.6	3544.6	跌	涨	105	3904.2	3925	涨	涨
33	3544.6	3591.8	涨	涨	106	3925	3926	涨	涨
34	3591.8	3706.2	涨	涨	107	3926	3894.8	跌	跌
35	3706.2	3676	跌	跌	108	3894.8	3894.6	跌	跌
36	3676	3668.6	跌	涨	109	3894.6	3869.6	跌	跌
37	3668.6	3645	跌	涨	110	3869.6	3844.4	跌	跌
38	3645	3652	涨	涨	111	3844.4	3855.8	涨	涨
39	3652	3661.2	涨	跌	112	3855.8	3794	跌	涨
40	3661.2	3718.4	涨	涨	113	3794	3828	涨	涨
41	3718.4	3821.6	涨	涨	114	3828	3832.8	涨	涨
42	3821.6	3809.2	跌	涨	115	3832.8	3863.8	涨	跌
43	3809.2	3814	涨	跌	116	3863.8	3913.4	涨	涨
44	3814	3773	跌	涨	117	3913.4	3945.2	涨	涨
45	3773	3769	跌	涨	118	3945.2	3934.8	跌	跌
46	3769	3813.8	涨	涨	119	3934.8	3917.8	跌	跌
47	3813.8	3817.6	涨	涨	120	3917.8	3926.8	涨	跌
48	3817.6	3911	涨	涨	121	3926.8	3854.2	跌	涨
49	3911	3913	涨	涨	122	3854.2	3866.8	涨	涨
50	3913	3879.2	跌	涨	123	3866.8	3878.8	涨	跌
51	3879.2	3855.8	跌	跌	124	3878.8	3862.8	跌	涨
52	3855.8	3874.6	涨	跌	125	3862.8	3870.4	涨	跌
53	3874.6	3780	跌	跌	126	3870.4	3899	涨	涨
54	3780	3771.4	跌	跌	127	3899	3919	涨	跌
55	3771.4	3772.6	涨	涨	128	3919	3905	跌	涨
56	3772.6	3769.2	跌	涨	129	3905	3877	跌	跌
57	3769.2	3799.8	涨	涨	130	3877	3879	涨	跌
58	3799.8	3817.8	涨	跌	131	3879	3959.4	涨	涨
59	3817.8	3803.4	跌	涨	132	3959.4	3974.2	涨	跌
60	3803.4	3794.6	跌	涨	133	3974.2	3996.4	涨	涨
61	3794.6	3770.6	跌	跌	134	3996.4	3983	跌	跌
62	3770.6	3799.4	涨	涨	135	3983	3990.2	涨	跌
63	3799.4	3769.2	跌	跌	136	3990.2	3968.8	跌	涨

64	3769.2	3780	涨	跌	137	3968.8	3906.6	跌	涨
65	3780	3810	涨	涨	138	3906.6	3897.6	跌	涨
66	3810	3848.8	涨	涨	139	3897.6	3900	涨	涨
67	3848.8	3851.8	涨	跌	140	3900	3895.4	跌	跌
68	3851.8	3843.6	跌	跌	141	3895.4	3879	跌	跌
69	3843.6	3861.4	涨	涨	142	3879	3908.8	涨	涨
70	3861.4	3838	跌	跌	143	3908.8	3953.6	涨	跌
71	3838	3798.4	跌	跌	144	3953.6	3907.8	跌	跌
72	3798.4	3740	跌	涨	145	3907.8	3888.4	跌	跌

表三：PNN 模型对螺纹钢主力连续合约预测结果

序号	昨收盘价	今收盘价	实际值	预测值	序号	昨收盘价	今收盘价	实际值	预测值
0	3795	3710	跌	涨	73	3816	3753	跌	涨
1	3710	3738	涨	涨	74	3753	3707	跌	跌
2	3738	3773	涨	涨	75	3707	3711	涨	涨
3	3773	3757	跌	跌	76	3711	3672	跌	涨
4	3757	3730	跌	涨	77	3672	3591	跌	涨
5	3730	3712	跌	涨	78	3591	3677	涨	涨
6	3712	3739	涨	涨	79	3677	3677	平	涨
7	3739	3777	涨	涨	80	3677	3670	跌	涨
8	3777	3828	涨	涨	81	3670	3715	涨	涨
9	3828	3756	跌	涨	82	3715	3715	平	跌
10	3756	3767	涨	涨	83	3715	3747	涨	涨
11	3767	3731	跌	涨	84	3747	3699	跌	跌
12	3731	3737	涨	涨	85	3699	3686	跌	涨
13	3737	3746	涨	涨	86	3686	3418	跌	跌
14	3746	3691	跌	涨	87	3418	3446	涨	涨
15	3691	3663	跌	涨	88	3446	3372	跌	跌
16	3663	3704	涨	跌	89	3372	3281	跌	跌
17	3704	3742	涨	涨	90	3281	3317	涨	涨
18	3742	3771	涨	涨	91	3317	3266	跌	跌
19	3771	3780	涨	跌	92	3266	3350	涨	涨
20	3780	3919	涨	涨	93	3350	3407	涨	涨
21	3919	3910	跌	涨	94	3407	3403	跌	跌
22	3910	3881	跌	涨	95	3403	3423	涨	跌
23	3881	3889	涨	涨	96	3423	3439	涨	涨
24	3889	3842	跌	涨	97	3439	3387	跌	跌
25	3842	3845	涨	涨	98	3387	3497	涨	涨
26	3845	3825	跌	涨	99	3497	3479	跌	跌
27	3825	3777	跌	涨	100	3479	3481	涨	跌
28	3777	3750	跌	跌	101	3481	3549	涨	跌

29	3750	3707	跌	涨	102	3549	3564	涨	跌
30	3707	3745	涨	跌	103	3564	3533	跌	跌
31	3745	3747	涨	涨	104	3533	3493	跌	跌
32	3747	3737	跌	涨	105	3493	3397	跌	涨
33	3737	3717	跌	涨	106	3397	3388	跌	跌
34	3717	3833	涨	涨	107	3388	3510	涨	涨
35	3833	3776	跌	涨	108	3510	3477	跌	涨
36	3776	3792	涨	涨	109	3477	3498	涨	跌
37	3792	3755	跌	涨	110	3498	3445	跌	涨
38	3755	3704	跌	跌	111	3445	3437	跌	跌
39	3704	3732	涨	跌	112	3437	3470	涨	涨
40	3732	3770	涨	涨	113	3470	3404	跌	跌
41	3770	3825	涨	涨	114	3404	3413	涨	跌
42	3825	3859	涨	涨	115	3413	3415	涨	涨
43	3859	3904	涨	涨	116	3415	3407	跌	跌
44	3904	3994	涨	涨	117	3407	3352	跌	跌
45	3994	3998	涨	涨	118	3352	3346	跌	跌
46	3998	4001	涨	涨	119	3346	3291	跌	跌
47	4001	4065	涨	涨	120	3291	3324	涨	跌
48	4065	4107	涨	涨	121	3324	3310	跌	涨
49	4107	4053	跌	涨	122	3310	3290	跌	跌
50	4053	4030	跌	涨	123	3290	3318	涨	跌
51	4030	4024	跌	涨	124	3318	3312	跌	跌
52	4024	3984	跌	涨	125	3312	3318	涨	跌
53	3984	3992	涨	涨	126	3318	3344	涨	跌
54	3992	4042	涨	涨	127	3344	3327	跌	跌
55	4042	4021	跌	跌	128	3327	3348	涨	涨
56	4021	4017	跌	涨	129	3348	3373	涨	跌
57	4017	3965	跌	跌	130	3373	3367	跌	跌
58	3965	4030	涨	涨	131	3367	3380	涨	涨
59	4030	4037	涨	跌	132	3380	3382	涨	涨
60	4037	4052	涨	跌	133	3382	3434	涨	跌
61	4052	3968	跌	跌	134	3434	3441	涨	跌
62	3968	4001	涨	涨	135	3441	3418	跌	跌
63	4001	3948	跌	涨	136	3418	3412	跌	跌
64	3948	3941	跌	跌	137	3412	3373	跌	涨
65	3941	3899	跌	涨	138	3373	3449	涨	涨
66	3899	3940	涨	涨	139	3449	3442	跌	跌
67	3940	3940	平	跌	140	3442	3511	涨	涨
68	3940	3877	跌	跌	141	3511	3545	涨	跌
69	3877	3886	涨	跌	142	3545	3556	涨	跌
70	3886	3891	涨	跌	143	3556	3635	涨	涨
71	3891	3846	跌	跌	144	3635	3676	涨	涨

72	3846	3816	跌	涨	145	3676	3619	跌	涨
----	------	------	---	---	-----	------	------	---	---

3、交易策略

3.1 规则描述

如果预测明收盘价涨,就以明开盘价买入开仓,明收盘价卖出平仓;

如果预测明收盘价跌,就以明开盘价卖出开仓,明收盘价买入平仓;

3.2 策略实现

随机选取股指期货主力连续合约,回测时间 2019 年 4 月 19 日至 2019 年 11 月 21 日,回测结果净值曲线如图五:

图五: PNN 价格预测交易策略净值



资料来源: 华鑫期货研究所

对近期七个月的数据进行了交易回测,结果显示:年化收益为 45.9%,最大回撤约 2.9%,夏普率为 3.01。

4、总结

PNN 神经网络模型中,唯一要调整的参数是 σ , 它的值太小,对于单独训练的样本仅仅起到隔离的作用,如果太大,不能完全区分细节,对于界限不明显的不同类别,可能得不到理想的分类效果,

因此如何确定合适参数是概率神经网络的关键。在实践中已发现不难找到良好的 σ 值，随着 σ 的微小变化，错误分类比率不发生显著变化。

■ 分析师声明

崇盛棠声明，本人具有中国期货业协会授予的期货从业资格，勤勉尽责、诚实守信。本人对本报告的内容和观点负责，保证信息来源合法合规、研究方法专业审慎、研究观点独立公正、分析结论具有合理依据，特此声明。

■ 本公司具备期货投资咨询业务资格的说明

华鑫期货有限公司（以下简称“本公司”）经中国证券监督管理委员会核准，取得期货投资咨询业务许可。本公司及其投资咨询人员可以为期货投资人或客户提供期货投资分析、预测或者建议等直接或间接的有偿咨询服务。发布期货研究报告，是期货投资咨询业务的一种基本形式，本公司可以对期货及期货相关产品的价值、市场走势或者相关影响因素进行分析，形成投资评级等投资分析意见，制作期货研究报告，并向本公司的客户发布。

■ 免责声明

本研究报告由华鑫期货有限公司撰写，报告中的信息均来源于已公开的资料，我公司尽可能保证可靠、准确和完整，但并不保证报告所述信息的准确性、完整性和时效性，也不保证我公司做出的建议不会发生任何变更。在任何情况下，我公司不就本报告中的内容对任何投资做出任何形式的担保，本报告不能作为道义的、责任的和法律的依据或者凭证，对于本报告中提供信息所导致的任何直接或间接投资盈亏不承担任何责任。

本报告的版权归华鑫期货有限公司所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制和发布。如引用发布，需注明出处为“华鑫期货有限公司”，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。华鑫期货有限公司对于本免责声明条款具有修改权和最终解释权。

华鑫期货有限公司 研究所

公司地址：上海市黄浦区福州路 666 号华鑫海欣大厦 21、22 楼

公司官网：<http://www.shxqh.com>

咨询电话：400-186-8822

