基於特徵挑選之智慧型時間序列預測研究

A Study on Intelligent Time Series Prediction Based on Feature Selection

1. 緒論

表1 股票預測文獻彙整

作者 （年）	資料集來源	輸出目標	取樣期間	方法	表現指標
Li et al. （2014）	SSEC, NASDAQ	Stock price	2011-2012	SVM, EMD	RMSE, MAE, MAPE
Xi et al. （2014）	Chongqing Iron & Steel	Stock price	01.04.2012-10.08.2012	RBF	RMSE
Bas et al. （2015）	BIST, TAIFEX	Stock price	10. 01.2010-12. 23.2010	FFANN	RMSE
Ye and Wei （2015）	SSEC	Stock price	2012 -2014	WNN	RMSE, MAPE
Khuat et al. （2016）	Apple, Yahoo, Google	Stock price	2009-2013 2013-2014 2014-2015.	MLP	RMSE
Qiu and Song （2016）	Nikkei 225	Stock price	2007-2013	GA-ANN	Hit ratio
Chen et al. （2016）	TAIEX HSI	Stock price	1998-2006	ANFIS-based	RMSE, Wilcoxon test, Profitable unit
Zhang et al. （2017）	SSEC, TAIEX	Stock price	2000-2006 1990-1999	Type-2 FTS	RMSE, MAPE
Wei et al. （2017）	SSEC	Stock price	2009-2014	2RS-WNN	RMSE, MAD, MAPE, DS%
Chong et al. （2017）	KOSPI	Stock return	2010-2014	DNN	NMSE, RMSE, MAE, MI
Liu et al. （2017）	000573: Shenzhen	Stock volatility	2015-2016	RNNs	Accuracy

Chatzis et al.（2018）	39 Countries	Stock direction	1996-2017	LogR, RF, SVMs, NNs, CART, XG- Boost, MXNET	Accuracy
Pang et al.（2018）	SHASHR, TMSE, TMBA, SINOPEC	Stock price	2006 -2016	ALSTM, ELSTM	MSE, DA
Lei（2018）	SSEC, All Ords, CSI 300, Nikkei 225, DJI	Stock price, Stock direction	2009-2014	BP-NN, RBF-NNAN, FIS-NN, SVM, WNN, RS-WNN, 2RS-WNN	RMSE, MAD, MAPE, DS%, CP%, CD%
Shastri et al.（2019）	Apple	Stock price	2013 - 2016	ANN	MAPE, Accuracy

3. 研究方法

表2 單目標預測資料矩陣

	Candidate features			Target
	$\mathbf{f}_1$	$\mathbf{f}_2$	... $\mathbf{f}_s$	$\mathbf{t}$
Data matrix	x_1	x_2	... x_s	x_{s+1}
	x_2	x_3	... x_{s+1}	x_{s+2}
	⋮	⋮	... ⋮	⋮

其中 s 為自訂的候選特徵個數；**f** 為特徵變數；**t** 表示為目標變數；x 為原始數據差分後的值。

表3 多目標預測資料矩陣

	Candidate features								Targets			
	$\mathbf{f}_1$	$\mathbf{f}_2$	...	$\mathbf{f}_s$	$\mathbf{f}_{s+1}$	$\mathbf{f}_{s+2}$	...	$\mathbf{f}_{s*\|TS\|}$	$\mathbf{t}^{(1)}$	$\mathbf{t}^{(2)}$	...	$\mathbf{t}^{(\|TS\|)}$
Data matrix	$x_1^{(1)}$	$x_2^{(1)}$	...	$x_s^{(1)}$	$x_1^{(2)}$	$x_2^{(2)}$	...	$x_s^{(\|TS\|)}$	$x_{s+1}^{(1)}$	$x_{s+1}^{(2)}$	...	$x_{s+1}^{(\|TS\|)}$
	$x_2^{(1)}$	$x_3^{(1)}$	...	$x_{s+1}^{(1)}$	$x_2^{(2)}$	$x_3^{(2)}$	...	$x_{s+1}^{(\|TS\|)}$	$x_{s+2}^{(1)}$	$x_{s+2}^{(2)}$	...	$x_{s+2}^{(\|TS\|)}$
	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮	...	⋮

其中候選特徵所組成的集合即稱為候選特徵池(Candidate feature pool; CP)，$CP = \{\mathbf{f_i}, i = 1,2,\dots,|CP|\}$，$|CP|$為候選特徵池內所有候選特徵變數的總數；目標變數的集合則記為 TS，$TS = \{t^{(j)}, j = 1,2,\dots,|TS|\}$，$|TS|$為目標變數的總數。

表4 影響資訊矩陣

	$\mathbf{f_1}$	$\mathbf{f_2}$	...	$\mathbf{f}_{\|CP\|}$	$\mathbf{t^{(j)}}$
$\mathbf{f_1}$	*0*	$I_{\mathbf{f_1}\to\mathbf{f_2}}$	...	$I_{\mathbf{f_1}\to\mathbf{f}_{\|CP\|}}$	$I_{\mathbf{f_1}\to\mathbf{t^{(j)}}}$
$\mathbf{f_2}$	$I_{\mathbf{f_2}\to\mathbf{f_1}}$	*0*	...	$I_{\mathbf{f_2}\to\mathbf{f}_{\|CP\|}}$	$I_{\mathbf{f_2}\to\mathbf{t^{(j)}}}$
⋮	⋮	⋮	*0*	⋮	⋮
$\mathbf{f}_{\|CP\|\|}$	$I_{f_{\|CP\|}\to\mathbf{f_1}}$	$I_{f_{\|CP\|}\to\mathbf{f_2}}$	...	*0*	$I_{f_{\|CP\|}\to\mathbf{t^{(j)}}}$
$\mathbf{t^{(j)}}$	$I_{\mathbf{t^{(j)}}\to\mathbf{f_1}}$	$I_{\mathbf{t^{(j)}}\to\mathbf{f_2}}$	...	$I_{\mathbf{t^{(j)}}\to\mathbf{f}_{\|CP\|}}$	*0*

其中$\mathbf{t^{(j)}}$表示為第 j 個目標變數。

4. 實驗內容

4.1特徵的擷取與影響

表5 四目標預測特徵多寡之效能比較（**RMSE**）

		RMSE				
		NASDAQ	Nikkei 225	SSEC	HSI	Average
2 Features	Descending	**94.1295**	**222.6781**	**35.1970**	**350.6400**	**175.6612**
	Ascending	94.5546	253.3162	35.7287	366.9145	187.6285
4 Features	Descending	96.4573	**232.2399**	**34.8774**	**328.2104**	**172.9463**
	Ascending	**88.6865**	242.8330	37.7493	386.4353	188.926
6 Features	Descending	**97.0546**	**222.2573**	**34.3217**	**325.1491**	**169.6957**
	Ascending	98.9589	249.4580	35.0286	372.4195	188.9663
8 Features	Descending	92.2382	**210.2565**	**33.3978**	**326.2835**	**165.544**
	Ascending	**88.7380**	252.2235	35.8468	380.9012	189.4274

4.2驗證 WOA-RLSE 複合式學習演算法

表6 學習演算法效能比較（**RMSE**）

	RMSE				
	NASDAQ	Nikkei 225	SSEC	HSI	Average
ABC（Karaboga and Basturk, 2007）	225.7861	258.1546	387.6793	372.5589	311.0447
ABC-RLSE	**92.2593**	**209.3819**	33.7420	333.3150	167.1746
CACO（Jalalinejad et al., 2007）	762.9483	258.6984	381.0925	374.4953	444.3086
CACO-RLSE	99.48212	239.7220	35.7084	363.7253	184.6595
SLPSO（Cheng and Jin, 2015）	97.1107	226.3361	39.6582	352.5358	178.9102
SLPSO-RLSE	96.6662	213.6644	**32.2050**	329.7354	168.0678
WOA（Mirjalili and Lewis, 2016）	107.6793	259.8400	39.0044	383.0639	197.3969
WOA-RLSE	96.8994	211.1764	32.2788	**324.0506**	**166.1013**

4.3 國際金融市場的相互作用

表7 四目標預測之效能比較（**RMSE**）

	RMSE			
	NASDAQ	Nikkei 225	SSEC	HSI
Hsieh et al.（2011）	-	177.0000	-	-
Chen（1996）	-	-	-	337.8200
Chen & Chen（2011）	-	-	-	197.9000
Yu（2005）	-	-	-	172.8700
Chen et al.（2016）	-	-	-	132.6700
Cai et al. （2013）	22.0500	-	-	129.0000
Cai et al. （2015）	21.9900	-	-	116.4200
Ye et al.（2016）	**19.3900**	-	-	127.2100
Huarng and Yu（2005）	-	-	21.9938	-
Cheng et al. （2008）	-	-	21.6367	-
Chen（2002）	-	-	32.2600	-
Lee et al. （2006）	-	-	24.1420	-
Egrioglu et al. （2011）	-	-	18.1261	-
Wang et al.（2013）	-	-	17.8860	-
Bas et al.（2015）	-	-	66.6560	-
Yolcu et al.（2016）	-	-	65.4207	-
Zhang et al.（2017）	-	-	17.7821	-
Proposed method	21.8518	**124.9109**	**14.5307**	**94.5062**