

基于 LSTM 神经网络我国印染布产量预测

舒服华

武汉理工大学 继续教育学院(中国)

摘要: 采用性能较优的长短期记忆神经网络模型(LSTM)对我国印染布产量进行预测。结果显示:平均预测误差仅为 0.259 1%,比极限学习机的 1.018 1%减小 76.094 2%,比循环神经网络的 0.602 0%减小 56.960 1%。运用 LSTM 模型预测 2023—2025 年我国印染布产量,通过分析,表明这一预测结果有较高的可信度。

关键词: 长短期记忆神经网络模型; 印染布; 产量; 预测

Prediction of China's printing and dyeing fabric production based on LSTM

Shu Fuhua

School of Continuing Education, Wuhan University of Technology, Wuhan/China

Abstract: The LSTM model was adopted to predict the production of printed and dyed fabrics in China. The results showed that the average prediction error was only 0.259 1%, a decrease of 76.094 2% compared to the extreme learning machine's 1.018 1%, and a decrease of 56.960 1% compared to the recurrent neural network's 0.602 0%. The LSTM model was used to predict the production of printed and dyed fabrics in China from 2023 to 2025. The analysis shows that this prediction result has high credibility.

Keywords: long-short term memory(LSTM); printed and dyed fabric; production; prediction

印染布顾名思义是指坯布经印花或染色等工艺加工处理后的纺织品,是纺织工业的主要成品,广泛用于服装、床上用品、家居装饰等领域。印染布可分为印花布、染色布、漂白布,很多纺织面料,如棉、毛、丝、麻、涤纶等制成的织物,都可以通过印染加工成印染布。坯布经过印花或染色整理不仅可以得到图案美观、色彩鲜艳、样式丰富的印染布,而且还可以改善织物的使用性能,如去除天然材质织物的杂质、提高光洁度、增强柔软性、稳定尺寸及提高防尘性等,使纺织品附加值大为提高,印染布在纺织领域得到了广泛应用。中国是传统的纺织大国,印染纺织产品的产量长期占全球第一。纺织业是劳动密集型产业,中国纺织业对外依存度很高。随着我国加入 WTO,一方面,经济的持续快速发展,用工需求增大,人工成本也

逐步上升,我国纺织品价格优势逐渐减弱,在国际市场的竞争力渐渐下降;另一方面,国际贸易保护主义抬头,对我国纺织品(包括印染布在内)出口采取各种限制,使我国纺织品走向国际市场举步维艰。产量呈波动上升的趋势,以及 2021 年新冠疫情影响,印染布产量出现了较大下滑。随着 2023 年新冠疫情影响的基本结束,全球经济稳步复苏,纺织品市场需求改善,国内印染布产能逐步释放,止住了产量下滑势头。科学预测我国印染布产量,对指定行业发展规划,调整优化资源配置,防止盲目扩展,确保市场供需平稳,促进有序有效发展,为我国经济高质量发展增添新动能具有重要意义。

人工神经网络(artificial neural network, ANN)是机器学习与人工智能技术的典型代表,广泛应用于

人脸识别、图像处理、语音识别、数据处理等领域,随着人工智能技术的深入发展,其应用领域得到了进一步拓展,如模式识别、故障诊断、时间序列预测等,尤其是在对时间序列预测方面,人工智能发挥了越来越重要的作用,优势越来越显现。运用 ANN 对时间序列的发展趋势进行预测,原理是先利用原始数据样本对其进行学习训练,让 ANN 从这些历史数据信息中找出隐藏在系统内部的规律性,然后根据所获得的系统运行规律推断其未来发展趋势。神经网络有很多类型,常用的有多层前馈神经网络(back propagation, BP)和循环神经网络(recurrent neural network, RNN)。RNN 引入了记忆机制,以保持对过去信息的记忆,实现对信息的传递与保存,但 RNN 在处理时间序列时,每个时间步都要记忆之前的全部信息并结合当前的输入来更新隐藏状态,再传递到下一个时间步,因此往往容易出现一些问题,如受样本中的畸点数据干扰和影响,导致判断失真;或因记忆空间所限,难以准确无误地记住全部历史信息,导致一些有价值的信息丢失,对判断带来不利影响,故处理分布比较复杂的时间序列时预测精度差强人意。长短期记忆网络(long-short term memory, LSTM)能较好地解决这些问题,它有遗忘功能,或者说选择记忆能力,能够丢弃干扰和无价值的旧信息,保留有价值 and 珍贵的原始信息,即对历史信息有选择性地记忆,忘掉无用的东西,记住有用的部分,这样做的优点一是剔除了原始信息中的糟粕,排除了干扰项;二是保留了原始信息的精髓,可以进行精准决策;最重要的是在记忆空间一定的情况下,有效记忆的容量增加。因此,相比 ANN, LSTM 预测的准确性和可靠性得到很大的改善,尤其是在处理杂乱的时间序列时,优势突显^[1-9]。

由于我国印染布产量组成的数据序列分别较为复杂,因此采用 LSTM 对其进行预测,以期提高预测的客观性和精确性。

1 LSTM 神经网络简介

RNN 在处理时间序列时,是按照时间先后顺序来处理数据的,即以递次循环的方式传递和处理数据信息流。网络在当前时刻的输出,由上一时刻传递的信息和当前的输出共同决定,二者融合对信息进行更新再传递到下一时刻。每一步的信息更新实现归功于一个重复的神经网络模块。这种重复模块只

有简单的一层,传统的信息也只有隐状态(h)一种,且在传递过程中,后一步对前一步的信息不加区分地全部接纳。网络的记忆空间有限,当处理的时序较长时,由于要记忆之前的所有信息,那么越往后需要记忆的信息量就越多,

导致记忆的能力变相变差,难免会使一些重要信息丢失,损失了部分原始信息,导致原始信息利用不彻底,对系统的规律性把握不够,发展趋势判断不够准确,更为不利的是因为要记忆所有的历史信息,意味着原始数据中的一些干扰信息和畸形数据也要保留,不能消除而要继续传递下去,这必然会妨碍决策的科学性。

LSTM 是针对传统 RNN 存在的问题和不足进行改进的神经网络模型。LSTM 实质上也是一种循环神经网络,但相较 ANN,它在结构和功能上发生了重大改变。LSTM 采用特殊的门机制控制信息的流动,每个循环单元有 4 层复杂结构调节信息的流入流出,它允许忘记一部分无价值或者干扰信息,通过删除或者添加信息,滤除干扰信息,相当于扩大了记忆空间,强化对重要的、有价值的信息的记忆,等同于增强了网络的有效记忆能力。LSTM 的循环单元如图 1 所示,它内部由 4 层相关连通的层次结构组成,专门设置了遗忘门(f_t)、输入门(i_t)、输出门(o_t)来控制信息流的进出。此外与传统循环神经网络不同, LSTM 传递两种信息,一种称为细胞信息(c),另一种称为隐藏信息(h),它们都是循环单元的隐状态, c 和 h 相互之间存在紧密的联系。细胞信息(c)变化不大,故称为长期记忆,而隐藏信息依据时刻的变化随时需要改变,因此可称为短期记忆。3 个门分别有各自不同的功能。输入门用来记忆近期有用的信息,遗忘门用来对久远的、无用的信息进行选择性的遗忘,输出门控制当前状态可传达到输出的信息量。

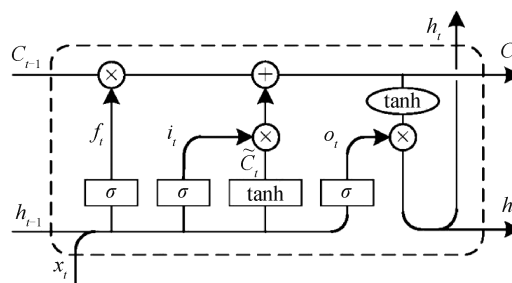


图 1 LSTM 网络循环单元结构

LSTM 模型的信息传递过程如下。

——信号的取舍

根据上一时刻输出(h_{t-1})和当前输入(x_t),决定上一时刻所学的信息 C_{t-1} 是通过或是部分通过,它由遗忘门控制。遗忘门的输出(f_t)可由公式(1)表示。

$$f_t = \sigma(W_f[h_{t-1}, x_t] + b_f) \quad (1)$$

式中, W_f 为权重; b_f 为偏置。

——信号的更新

控制当前输入可流入到细胞记忆单元的信息量。它包括两部分:一部分是上一时刻通过的部分隐藏信号,由输入门决定哪些值需要更新;另一部分是添加到细胞记忆单元中候选细胞记忆状态值(\tilde{C}_t)。更新后流入到当前记忆细胞状况的信息计算按公式(2)~公式(4)进行。

$$i_t = \sigma(W_i[h_{t-1}, x_t] + b_i) \quad (2)$$

$$\tilde{C}_t = \tanh(W_c[h_{t-1}, x_t] + b_c) \quad (3)$$

$$c_t = f_t \times c_{t-1} + i_t \times \tilde{C}_t \quad (4)$$

式中, W_i 、 W_c 为权重; b_i 、 b_c 为偏置。

——信号输出

前一时刻的隐状态传递到下一时刻的信息量由输出门(o_t)控制。循环单元当前输出的隐状态(h_t)计算按公式(5)和公式(6)进行。

$$o_t = \sigma(W_o[h_{t-1}, x_t] + b_o) \quad (5)$$

$$h_t = o_t \times \tanh(c_t) \quad (6)$$

式中, W_o 为权重; b_o 为偏置。

2 我国印染布产量预测

图 2 所示为 2005—2022 年我国印染布产量统计数据。由图 2 可见,2005—2010 年我国印染布产量高速增长,之后的 2011—2015 年快速回落,随后波动起伏,这主要与国内环保政策收紧,淘汰落后过剩产能,国际贸易摩擦不断,国际贸易壁垒加深,市场需求不振等原因有关。就数据分布特点而言,具有非单调、曲线凸凹不一致、不光滑的复杂分布特点,因此采用 LSTM 神经网络预测比较合适。

以图 2 中的数据为样本,建立 LSTM 神经网络。输入 X 为年份序号,输出 Y 为印染布产量数据,即:

$$X = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18]$$

$$Y = [362.20, 430.30, 490.20, 494.30, 539.80,$$

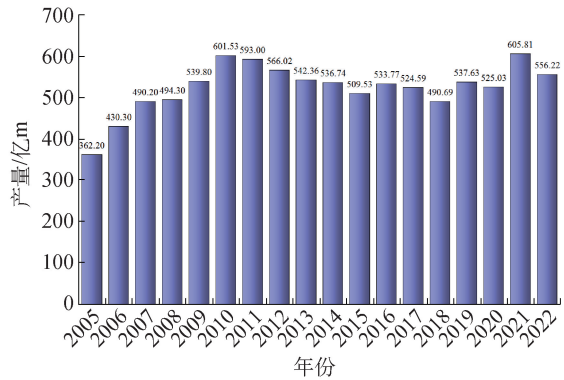


图 2 我国印染布产量统计
(资料来源:中国纺织工业联合会)

601.53, 593.00, 566.02, 542.36, 536.74, 509.53, 533.77, 524.59, 490.69, 537.63, 525.03, 605.81, 556.22]

调整模型各参数,使模型的性能尽可能达到最佳。网络的学习训练过程如图 3 所示,由图 3 可见,随着迭代次数的增加,模型的均方根误差(root mean square error, RMSE)逐步趋于稳定,模型收敛。模型的具体结构如图 4,回归结果见表 1。

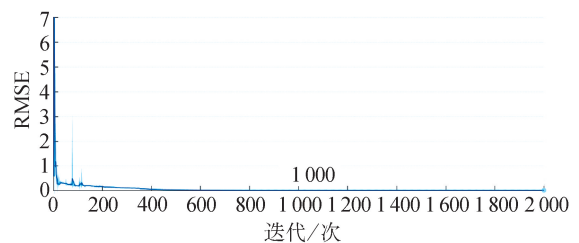


图 3 网络训练过程

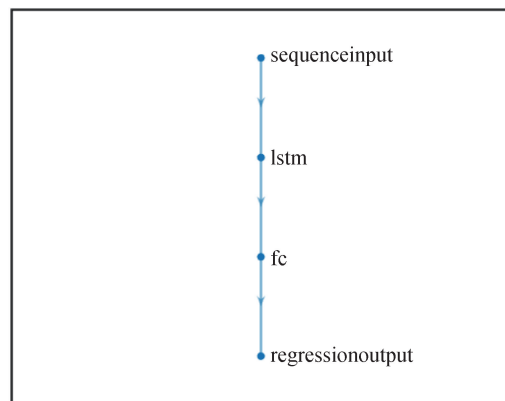


图 4 LSTM 网络具体结构

为进一步检验 LSTM 模型的性能,分别运用另

外两种神经网络——传统循环神经网络(RNN)和极限学习机(extreme learning machine,ELM)对原始数据样本进行回归,回归结果见表1。由表1可知,ELM模型的平均回归误差为1.0181%,RNN模型的平均回归误差为0.6020%,LSTM模型的平均回

归误差比ELM的减小了76.0942%,比RNN的减小56.9601%,进一步证明了LSTM的强大泛化能力。3个模型的拟合曲线如图5所示,由图5可见,LSTM神经网络回归曲线比其他2个模型的回归曲线更加贴近实际曲线。

表1 网络训练结果及比较

年份	实际值/亿m	极限学习机		循环神经网络		长短期记忆神经网络	
		预测值/亿 m	误差/%	预测值/亿 m	误差/%	预测值/亿 m	误差/%
2005	362.20	362.214 9	-0.004 11	364.529 1	0.643 0	362.157 8	0.011 64
2006	430.30	429.540 7	0.176 46	430.264 7	-0.008 2	430.306 6	-0.001 50
2007	490.20	493.179 0	-0.607 72	489.306 6	-0.182 25	490.167 0	0.006 73
2008	494.30	486.547 6	1.568 37	494.624 1	0.065 56	494.287 4	0.002 55
2009	539.80	550.929 4	-2.061 76	538.919 5	-0.163 11	539.799 5	0.000 01
2010	601.53	593.521 0	1.331 45	599.391 1	-0.355 58	601.694 5	-0.027 35
2011	593.00	591.402 2	0.269 45	590.479 7	-0.425 00	593.534 7	-0.090 17
2012	566.02	571.968 7	-1.050 96	568.733 4	0.479 39	565.324 0	0.122 96
2013	542.36	544.632 4	-0.418 99	545.638 6	0.604 51	540.657 0	0.314 00
2014	536.74	522.284 7	2.693 17	523.983 4	-2.376 67	539.730 1	-0.557 09
2015	509.53	523.860 7	-2.812 54	516.023 3	1.274 37	511.233 7	-0.334 37
2016	533.77	531.830 4	0.363 38	532.642 9	-0.211 15	530.071 9	0.692 83
2017	524.59	514.738 8	1.877 89	517.491 6	-1.353 14	522.578 8	0.383 39
2018	490.69	502.241 6	-2.354 14	496.900 7	1.265 71	493.577 6	-0.588 47
2019	537.63	530.562 8	1.314 50	535.647 2	-0.368 80	540.594 7	-0.551 44
2020	525.03	527.473 9	-0.465 47	528.869 5	0.731 29	522.215 4	0.536 09
2021	605.81	605.207 8	0.099 40	604.799 9	-0.166 74	604.356 4	0.239 95
2022	556.22	556.207 8	0.002 20	557.116 8	0.161 24	557.353 8	-0.203 83
平均预测误差/%	—	—	1.018 1	—	0.602 0	—	0.259 1

由表1可知,所建立的LSTM神经网络有很高的拟合精度,平均拟合误差仅为0.2591%。

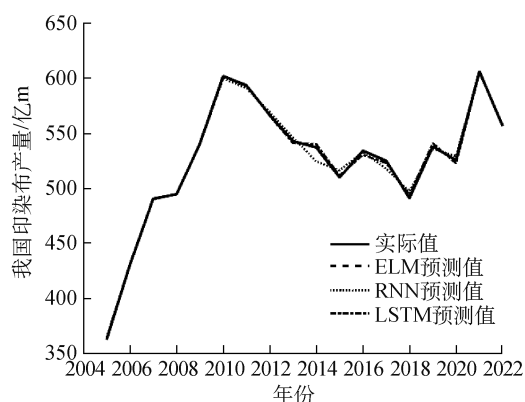


图5 网络拟合曲线及比较

LSTM神经网络不仅可以对已有样本数据进行回归拟合,而且可对样本外变量的发展趋势进行预

测。假设需对2023—2025年我国印染布产量进行预测,此时,只需将自变量的长度往后递延3个数值即可实现。

即: $X=[1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21]$;

将上述数据加入训练好的LSTM网络,得到2023—2025年我国印染布产量的预测值为

$$Y_p=[592.3906,609.0453,626.2941]$$

图6为预测结果直观图,可见在2023—2025年的3年中,我国印染布产量强劲反弹,恢复到疫情之前的水平,并略有增长。随着新冠感染疫情的结束,一方面,国内管控放松,企业复工复产持续推进,产能快速提高;另一方面,全球经济也开始复苏,被疫情压抑的需求会逐步释放,生产需求将推动生产企业增资扩容,提高产能,多种因素叠加,会推动我国印染布产量大幅提升。可见,这一预测结果的可信度较高。由

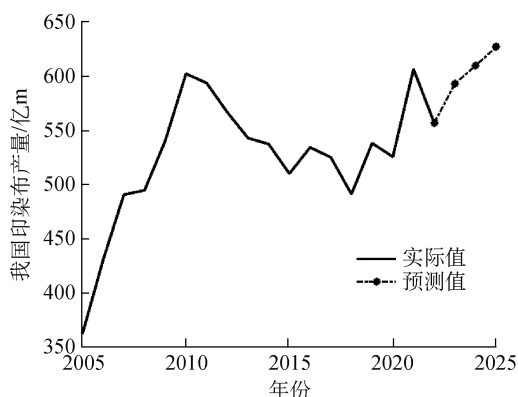


图6 预测曲线直观图

图6还可以看出,预测曲线与实际曲线走势基本吻合,体现了系统的大致变化规律。

3 结语

纺织业是我国传统的支柱产业,在国民经济中占有重要地位。进入21世纪后,随着经济的发展,社会的文明进步、纺织品的功能和用途也发生了深刻变化。今天的服装产品已不再仅仅是遮体避寒,而是兼具展示个性、品味、魅力,美化和装点自己的消费品。印染布改变了纺织品的单调,其花纹、图案、色彩丰富,时尚、美观、新潮,满足了新时代人们的着装需求,在纺织服装领域有着十分广泛的应用。印染行业要抓住这一契机,洞察市场需求,与时俱进,创新发展思路,围绕当下服装消费向时尚、文化、品牌、形象等转变的潮流,加快产业转型升级,加强产品开发、品牌培育,坚持以创新驱动为引领,践行绿色发展理念,发展模式应逐步由规模数量型向质量效益型转变,生产更多受市场欢迎、附加值高的印染布,不断满足人们对纺织产品的新需求,为国民经济的发展再立新功。

运用LSTM模型对我国印染布产量进行的预测

显示:LSTM模型性能十分优秀,平均预测误差仅为0.2591%,比极限学习机的1.0181%减小76.0942%,比循环神经网络的0.6020%减小了56.9601%。利用LSTM模型对2023—2025年我国印染布产量进行的预测结果显示,我国2023—2025年印染布产量将稳步增加,通过分析,表明这一预测结果有较高的可信度。

基金项目:

湖北省自然科学基金项目(2020CFB232)

参 考 文 献

- [1] 舒服华.运用LSTM神经网络预测武汉市居民存款余额[J].金融理论与教学,2020(3):14-18.
- [2] 韩国栋,曹云鹏,王伟影,等.基于LSTM神经网络的燃气轮机排温预测方法[J].热能动力工程,2022,37(3):28-34.
- [3] 雷升,徐启峰,林穿.基于LSTM-SVR的用电需求预测研究[J].电气开关,2022,60(2):13-18.
- [4] 罗芳琼,陆虹,秦川,等.基于LSTM NN特征提取的低温气象灾害预报方法研究[J].数学的实践与认识,2021,51(10):169-182.
- [5] 冯宇旭,李裕梅.基于LSTM神经网络的沪深300指数预测模型研究[J].数学的实践与认识,2019,49(7):308-315.
- [6] 吉长东,王强,王贵朋,等.深度学习LSTM模型的电离层总电子含量预报[J].导航定位学报,2019,7(3):76-81.
- [7] 唐旭,徐卫晓,谭继文,等.基于LSTM的滚动轴承剩余使用寿命预测[J].机械设计,2019,36(增刊1):117-119.
- [8] 唐成顺,孙丹,唐威,等.基于LSTM循环神经网络的汽轮机转子表面应力预测模型[J].中国电机工程学报,2021,41(2):451-461.
- [9] 舒服华.长短期记忆神经网络预测中国智能照明市场规模[J].中国照明电器,2023(6):16-20.

欢迎投稿《国际纺织导报》

<https://gfzb.cbpt.cnki.net> mc@dhu.edu.cn