

基于Lasso-GRNN神经网络模型的北京市物流业碳排放量预测

韩宗秀, 刘晓杰*, 徐东睿

天津商业大学管理学院, 天津

收稿日期: 2023年8月17日; 录用日期: 2023年8月24日; 发布日期: 2023年9月22日

摘要

在以“碳达峰、碳中和”为发展目标的背景下, 本文构建了一个组合预测方法——Lasso-GRNN神经网络模型对北京市物流业的碳排放量进行分析预测。首先测算2000~2021年北京市物流业碳排放量, 选取地区生产总值、物流业产值、贸易出口总额等20项指标变量作为北京市物流业碳排放量的影响因素, 利用Lasso回归模型确定影响北京市物流业碳排放量的关键变量, 在此基础上将筛选出的各指标值作为GRNN神经网络的输入变量, 构建Lasso-GRNN神经网络模型对碳排放量进行预测。研究表明, Lasso-GRNN神经网络模型的预测效果明显优于PLS-GRNN和PCA-GRNN组合预测模型, 该模型误差更小、精度更高, 更适合用于碳排放量及其相关指标的预测。

关键词

碳排放量, 北京市物流业, Lasso, GRNN神经网络, 预测

Prediction of Carbon Emissions from the Logistics Industry in Beijing Based on Lasso-GRNN Neural Network Model

Zongxiu Han, Xiaojie Liu*, Dongrui Xu

School of Management, Tianjin University of Commerce, Tianjin

Received: Aug. 17th, 2023; accepted: Aug. 24th, 2023; published: Sep. 22nd, 2023

Abstract

In the context of “carbon peak and carbon neutrality” as the development goal, this paper constructs
*通讯作者。

文章引用: 韩宗秀, 刘晓杰, 徐东睿. 基于 Lasso-GRNN 神经网络模型的北京市物流业碳排放量预测[J]. 现代管理, 2023, 13(9): 1186-1194. DOI: 10.12677/mm.2023.139150

a combined prediction method—Lasso-GRNN neural network model, to analyze and predict the carbon emissions of logistics industry in Beijing. Firstly, the carbon emissions of logistics industry in Beijing from 2000 to 2021 are calculated, and 20 index variables such as gross regional product, output value of logistics industry and total trade exports are selected as the influencing factors of carbon emissions of logistics industry in Beijing. Lasso regression model is adopted to determine the key variables affecting carbon emissions of logistics industry in Beijing. On this basis, the selected index values are taken as the input variables of GRNN neural network, and the Lasso-GRNN neural network model is constructed to predict the carbon emission. The results show that the prediction effect of the Lasso-GRNN neural network model is significantly better than that of PLS-GRNN and PCA-GRNN combined prediction models, which has smaller error and higher precision, and is more suitable for the prediction of carbon emission and its related indicators.

Keywords

Carbon Emissions, Logistics Industry in Beijing, Lasso, GRNN Neural Network, Prediction

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

物流产业是为保证社会生产和社会生活的供给,由运输业、仓储业、通信业等多种行业整合的结果。作为新兴的生产性服务业,它连接着社会经济的各个产业部门,既是支撑国民经济发展的基础性产业,又是国民经济的新增长点。然而,随着经济不断发展,我国在能源生产消费方面日益增加,交通运输业作为国民经济的支柱性产业,与工业、发电共同构成了国家三大能源消耗碳排放源头产业,因此物流业的二氧化碳(CO₂)排放量也在逐年递增。我国交通运输业具有高污染、高能耗、低效率等特点,且现阶段碳排放量也有逐年升高趋势。因此,为了响应国家“碳达峰、碳中和”(“双碳”)目标,实现节能减排,需构建科学的预测模型对物流业未来的碳排放量进行预测,以控制能源消费总量,大幅度提高能源效率,减少物流业碳排放量对“双碳”目标实现的影响,为制定物流业合理有效的碳减排政策提供决策依据[1]。

近年来,国内外学者采用多种组合预测模型对碳排放量进行预测,刘晓蝶等[2]使用 Lasso 回归模型筛选出碳排放影响因素,建立 BP 神经网络模型预测江苏省碳排放量;金尚柱等[3]选取 6 项碳排放影响因素,运用支持向量回归模型构建重庆市碳排放量预测模型;张迪等[4]针对山东省的碳排放数据建立改进的粒子群算法(PSO)优化 BP 神经网络模型,对山东省碳排放量进行预测;刘炳春等[5]构建了一个基于主成分分析法(PCA)和支持向量回归(SVR)的中国碳排放量组合预测模型;徐勇戈等[6]应用模糊布谷鸟搜索算法(FCS)优化支持向量机(SVM)组合预测模型,对建筑业碳排放进行预测;Lu 等[7]利用粒子群优化(PSO)算法优化 BP 神经网络模型,对 2017~2035 年重化工行业未来碳排放进行预测。

在以上研究分析的基础上,本文测算了北京市物流业 2000~2021 年产生的碳排放量,分析北京市物流业碳排放量的影响因素特征,采用 Lasso 回归选取影响碳排放量的关键因素,通过对比多个组合预测模型,应用广义回归神经网络(Generalized Regression Neural Network, GRNN)对各年度物流业碳排放量进行预测,并对所提出的 Lasso-GRNN 模型的预测性能进行分析。

2. 数据来源

为预测北京市物流业 2022 年碳排放量,测算 2000~2021 年北京市物流业碳排放量并在此基础上进行

分析预测。根据现有的文献成果和影响因素的选取原则，选取与碳排放量密切相关的人均 GDP、物流产业产值、邮电业务总量、物流业从业人数等指标作为影响因子，并将之归纳为经济规模、经济结构、物流发展水平、物流需求规模和物流供给能力 5 大类别，其中所有的数据均来源于《中国能源统计年鉴》和《北京市统计年鉴》，如表 1 所示。

Table 1. Influencing factor indexes of carbon emissions from the logistics industry in Beijing from 2000 to 2021
表 1. 2000~2021 年北京市物流业碳排放量影响因素指标

| 年份 | 经济规模 | | 经济结构 | | | 物流发展水平 | | | | 物流需求规模 | | | 物流供给能力 | | | | | | | |
|------|------------|---------------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|--------------|------------|----------|---------------|------------|--------------|---------|-------------|---------|-------------|-------------|---------------|-------------|
| | 地区生产总值(亿元) | 社会消费品零售总额(亿元) | 人均GDP(元/人) | 第一产业占比(%) | 第二产业占比(%) | 第三产业占比(%) | 物流产业产值(亿元) | 贸易进出口总值(万美元) | 铁路营业里程(公里) | 公路里程(公里) | 公路营运汽车拥有量(万辆) | 邮电业务总量(亿元) | 城镇居民可支配收入(元) | 货运量(万吨) | 货物周转量(亿吨公里) | 客运量(万人) | 旅客周转量(亿人公里) | 物流业从业人数(万人) | 物流业固定资产投资(亿元) | 互联网上网人数(万人) |
| 2000 | 3277.8 | 1760.3 | 25014 | 2.4 | 31.2 | 66.4 | 190.12 | 4940041 | 997 | 13597 | 7.94 | 214.7 | 10590 | 30714 | 299.64 | 18396 | 313.99 | 16.7 | 122.60 | 278.775 |
| 2001 | 3861.5 | 1958.1 | 28097 | 2.1 | 29.2 | 68.7 | 227.6 | 5149809 | 987 | 13891 | 9.43 | 218.3 | 11939 | 30608 | 315.98 | 22469 | 346.26 | 16.5 | 138.83 | 330.26 |
| 2002 | 4525.7 | 2159.9 | 32231 | 1.8 | 27.3 | 70.9 | 249.2 | 5250529 | 987 | 14359 | 10.56 | 254 | 12949 | 30799 | 340.55 | 28384 | 396.16 | 16.8 | 211.29 | 390.06 |
| 2003 | 5267.2 | 2492.6 | 36583 | 1.6 | 27.7 | 70.8 | 271.1 | 6850017 | 964 | 14453 | 11.97 | 304 | 14535 | 30729 | 362.08 | 30520 | 393.31 | 32.1 | 214.89 | 398 |
| 2004 | 6252.5 | 2883.6 | 42402 | 1.4 | 28.4 | 70.3 | 303.4 | 9457572 | 964 | 14630 | 12.03 | 343.8 | 16502 | 31321 | 402.28 | 49750 | 758.01 | 34.9 | 221.31 | 402 |
| 2005 | 7149.8 | 3221.4 | 47182 | 1.2 | 26.7 | 72.1 | 333.9 | 12550643 | 966 | 14696 | 12.92 | 413 | 18775 | 32113 | 457.74 | 60841 | 838.08 | 37.3 | 308.8 | 428 |
| 2006 | 8387 | 3673.3 | 53438 | 1 | 24.7 | 74.3 | 373.5 | 15803663 | 962 | 20503 | 16.7 | 504.6 | 21415 | 33008 | 423.12 | 12276 | 825.45 | 43.2 | 523.6 | 468 |
| 2007 | 10425.5 | 4307.4 | 63629 | 1 | 23.1 | 75.9 | 412.5 | 19299976 | 962 | 20754 | 13.78 | 705 | 23752 | 19877 | 449.04 | 20040 | 960.35 | 46.2 | 631.3 | 737 |
| 2008 | 11813.1 | 5257.5 | 68541 | 0.9 | 21.4 | 77.7 | 408.4 | 27169290 | 956 | 20340 | 15.09 | 841.6 | 26918 | 20525 | 454.22 | 128525 | 1042.00 | 48 | 701.3 | 980 |
| 2009 | 12900.9 | 6140 | 71059 | 0.9 | 21.2 | 77.9 | 449.2 | 21479103 | 956 | 20755 | 17.96 | 955.6 | 29329 | 20470 | 441.23 | 133872 | 1146.48 | 57 | 827.9 | 1103 |
| 2010 | 14964 | 7273 | 78307 | 0.8 | 21.6 | 77.6 | 570.4 | 30166129 | 956 | 21114 | 15.75 | 1174.2 | 32132 | 21762 | 513.66 | 140663 | 1399.54 | 58.6 | 790.2 | 1218 |
| 2011 | 17188.8 | 8334.8 | 86246 | 0.8 | 20.7 | 78.5 | 637.3 | 38958314 | 1067 | 21347 | 18.6 | 566.4 | 36365 | 24663 | 616.93 | 145773 | 1528.65 | 69.3 | 739.7 | 1379 |
| 2012 | 19024.7 | 9440.2 | 92758 | 0.8 | 20.3 | 79 | 635.5 | 40810735 | 1115.1 | 21492 | 21.28 | 630.3 | 40306 | 26162 | 638.31 | 149037 | 1595.79 | 57.8 | 734.74 | 1458 |
| 2013 | 21134.6 | 10382.5 | 100569 | 0.8 | 19.7 | 79.5 | 670.6 | 42994169 | 1115.5 | 21673 | 24.11 | 757 | 44564 | 25748 | 680.91 | 71056 | 1498.77 | 59.2 | 681.44 | 1556 |
| 2014 | 22926 | 11354 | 106732 | 0.7 | 19.3 | 80 | 724.8 | 41553810 | 1123.6 | 21849 | 26.1 | 890.6 | 48531.8 | 26551 | 672.82 | 71715 | 1602.72 | 60.2 | 775.80 | 1593 |
| 2015 | 24799.1 | 12271.9 | 113692 | 0.6 | 17.8 | 81.6 | 739.8 | 31941616 | 1123.6 | 21885 | 25.08 | 1181.9 | 52859.2 | 20078 | 623.69 | 69924 | 1747.68 | 60 | 849.55 | 1647 |
| 2016 | 27041.2 | 13134.9 | 123391 | 0.5 | 17.3 | 82.3 | 790.8 | 28237935 | 1103.1 | 22026 | 25.09 | 1782.4 | 57275.3 | 20734 | 671.33 | 69292 | 1889.31 | 58.2 | 995.40 | 1690 |
| 2017 | 29883 | 13933.7 | 136172 | 0.4 | 16.9 | 82.7 | 901 | 32372057.7 | 1103.1 | 22226 | 25.92 | 1294.8 | 62406.3 | 20110 | 700.05 | 67420 | 2055.85 | 57.7 | 1349.58 | 2070.894 |
| 2018 | 33106 | 14422.3 | 150962 | 0.4 | 16.5 | 83.1 | 1015.9 | 41242625.8 | 1103.1 | 22256 | 24.39 | 2169 | 67989.9 | 20873 | 780.65 | 67571 | 2219.98 | 60.2 | 1376.57 | 1222.3 |
| 2019 | 35445.1 | 15063.7 | 161776 | 0.3 | 16 | 83.7 | 1010.8 | 41608020 | 1205.3 | 22366 | 16.1 | 3142.1 | 73848.5 | 22808 | 900.77 | 72148 | 2291.84 | 59 | 1164.58 | 1221.594 |
| 2020 | 36102.6 | 13716.4 | 164158 | 0.3 | 16 | 83.7 | 836.5 | 33503973 | 1242 | 22264 | 10.97 | 3727.9 | 75602 | 22203 | 842.76 | 36270 | 1014.99 | 56 | 1055.11 | 1215.51 |
| 2021 | 40269.6 | 14867.7 | 183980 | 0.3 | 18 | 81.7 | 942.5 | 47102424 | 1340 | 22320 | 12.63 | 796 | 81518 | 28127 | 880.39 | 42308 | 1047.17 | 54.9 | 1018.18 | 1210.39 |

本文根据政府间气候变化专门委员会(IPCC)推荐的方法测算碳排放量。北京市物流业碳排放量的测算分为两部分进行计算，一部分是根据物流行业运输等活动过程中，原煤、焦炭、燃料油等化石燃料的

消耗量直接计算其 CO₂ 的排放量；另一部分则是选取与物流业相关的其他领域产生的 CO₂ 排放量进行计算。根据 IPCC 碳排放计算方法，物流业 CO₂ 排放测算模型建立如下：

$$I = \sum E_i \times F_i \times K_i$$

式中， I 为物流业碳排放量(万吨)； i 为能源种类； E_i 为第 i 类能源实物消费量； F_i 为第 i 类能源折算标准煤参考系数； K_i 为第 i 类能源的碳排放系数。能源折算标准煤参考系数如表 2 所示。

Table 2. Reference coefficients for converting various types of energy into standard coal

表 2. 各类能源折算标准煤参考系数

| 能源类别 | 折算标准煤系数 | 碳排放系数 |
|-------|---------|--------|
| 原煤 | 0.7143 | 0.7559 |
| 汽油 | 1.4714 | 0.5538 |
| 煤油 | 1.4714 | 0.5714 |
| 柴油 | 1.4571 | 0.5921 |
| 燃料油 | 1.4286 | 0.6185 |
| 液化石油气 | 1.7143 | 0.5042 |
| 天然气 | 13.3 | 0.4483 |
| 电力 | 1.229 | 2.2132 |

根据以上分析计算北京市 2000~2021 年碳排放量，结果如表 3 所示。

Table 3. Carbon emissions from 2000 to 2021 (Unit: ten thousand tons)

表 3. 2000~2021 年碳排放量(单位：万吨)

| 年份 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 碳排放量 | 174.17 | 207.31 | 223.07 | 236.06 | 301.88 | 305.26 | 399.37 | 486.62 | 569.22 | 575.50 | 635.63 |
| 年份 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
| 碳排放量 | 697.39 | 756.16 | 690.55 | 725.31 | 745.19 | 794.89 | 838.56 | 886.27 | 906.40 | 645.62 | 693.39 |

3. 多重共线性检验

经济发展、技术进步及从业人口变动等因素相互制约、相互影响，导致相关数据会出现多重共线性问题。在多元回归实验中，检验各变量之间是否存在多重共线性是非常必要的。根据相关文献分析，最常用的多重共线性诊断方法是 VIF 值(方差膨胀因子)检测法，将自变量值的方差膨胀因子记为 VIF_j ，计算方法为：

$$VIF_j = \frac{1}{1 - R_j^2}, j = 1, 2, \dots, n$$

式中， R_j^2 是以自变量自身为因变量时对其他自变量回归的可决系数。

当 VIF 的值大于 10 时，一般就认为变量间存在显著的多重共线性。对已选取的北京市物流业碳排放影响因素进行多重共线性检验，结果如表 4 所示。

Table 4. VIF values of each influencing factor
表 4. 各影响因素 VIF 值

| 变量 | | VIF 值 |
|--------|-----------------------|----------|
| 一级变量指标 | 二级变量指标 | |
| 经济规模 | 地区生产总值(x_1) | 46,006 |
| | 社会消费品零售总额(x_2) | 44,400 |
| | 人均 GDP (x_3) | 451,130 |
| 经济结构 | 第一产业占比(x_4) | 9887.9 |
| | 第二产业占比(x_5) | 169,330 |
| | 第三产业占比(x_6) | 207,070 |
| 物流发展水平 | 物流产业产值(x_7) | 58,065 |
| | 贸易进出口总值(x_8) | 490.9866 |
| | 铁路营业里程(x_9) | 18,607 |
| | 公路里程(x_{10}) | 5009.0 |
| | 公路营运汽车拥有量(x_{11}) | 3335.5 |
| 物流需求规模 | 邮电业务总量(x_{12}) | 15,844 |
| | 城镇居民可支配收入(x_{13}) | 27,110 |
| | 货运量(x_{14}) | 859.6527 |
| | 货物周转量(x_{15}) | 7808.3 |
| | 客运量(x_{16}) | 5019.7 |
| 物流供给能力 | 旅客周转量(x_{17}) | 17772.8 |
| | 物流业从业人数(x_{18}) | 3755.4 |
| | 物流业固定资产投资(x_{19}) | 43,449 |
| | 互联网上网人数(x_{20}) | 4196.9 |

由表 4 可以看出, 以上 20 个影响因素的 *VIF* 值均大于 10, 说明影响因素变量之间存在严重的多重共线性问题, 因此消除多重共线性对分析结果的影响从而减少误差是至关重要的。

4. Lasso 变量选取模型

消除多重共线性的方法有很多, 如: 逐步回归法、岭回归、主成分分析等, 本文选择使用 Lasso 回归方法。运用 Lasso 回归方法选择了 10 个关键变量, 即 x_2 、 x_5 、 x_8 、 x_9 、 x_{10} 、 x_{14} 、 x_{16} 、 x_{17} 、 x_{19} 、 x_{20} 。从表 5 中的结果可知, 这 10 个变量的 Lasso 回归系数显著不为零, 即剔除了地区生产总值(x_1)、人均 GDP (x_3)、第一产业占比(x_4)、第三产业占比(x_6)、物流产业产值(x_7)、公路营运汽车拥有量(x_{11})、邮电业务总量(x_{12})、城镇居民可支配收入(x_{13})、货物周转量(x_{15})、物流业从业人数(x_{18})这 10 个变量。之所以运用 Lasso 剔除了上述 10 个变量, 是因为地区生产总值(x_1)、人均 GDP (x_3)与社会消费品零售总额(x_2)存在明显的多重共线性, 公路营运汽车拥有量(x_{11})与公路里程(x_{10})相关性太强。

Table 5. Lasso regression coefficients**表 5.** Lasso 回归系数

| | | | | | |
|----|----------|------------|------------|----------|----------|
| 变量 | x_2 | x_5 | x_8 | x_9 | x_{10} |
| 系数 | 0.0068 | -2.7388 | 2.3873e-06 | 0.0421 | 0.0119 |
| 变量 | x_{14} | x_{16} | x_{17} | x_{19} | x_{20} |
| 系数 | -0.0023 | 3.0704e-04 | 0.1590 | 0.0275 | 0.0053 |

综上, Lasso 变量选择模型选取了 10 个变量, 分别是社会消费品零售总额(x_2)、第二产业占比(x_5)、贸易进出口总值(x_8)、铁路营业里程(x_9)、公路里程(x_{10})、货运量(x_{14})、客运量(x_{16})、旅客周转量(x_{17})、物流业固定资产投资(x_{19})、互联网上网人数(x_{20})。因此, 将这 10 个变量作为影响北京市物流业碳排放量的主要影响因素。

5. Lasso-GRNN 神经网络模型预测

将 Lasso 选取出的这 10 个变量作为神经网络模型中的输入变量, 记为 P, 以物流业碳排放量这 1 项指标的数据作为输出变量, 记为 T。以 2000~2020 年的数据作为训练样本, 2021 年的数据作为测试样本, 由于训练样本比较少, 所以采用交叉验证的方法训练 GRNN 神经网络, 并采用循环迭代的方法找出最佳的 SPREAD 值, 本案例中最后循环得到的最佳 SPREAD 值为 0.6。Lasso-GRNN 神经网络模型的预测效果如图 1 所示, 从图 1 可以看出 2021 年的预测值和真实值之间相差较小, 表明 Lasso-GRNN 神经网络模型的样本预测效果非常好。

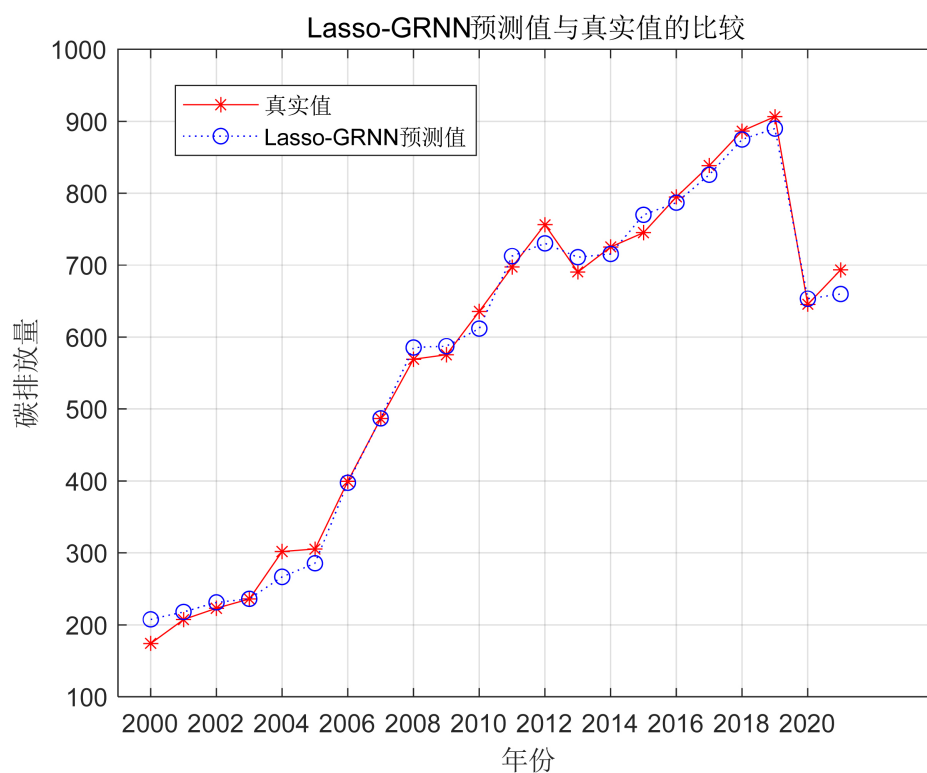


Figure 1. Comparison between the predicted value of the Lasso-GRNN neural network model and the true value

图 1. Lasso-GRNN 神经网络模型预测值与真实值的比较

为了检验本文提出的 Lasso-GRNN 神经网络模型的预测效果, 将 Lasso-GRNN 神经网络模型和 PCA-GRNN、PLS-GRNN 神经网络模型做比较研究。最后得到三个组合模型的预测对比结果, 如表 6 所示。

Table 6. Prediction results of combined models
表 6. 组合模型预测结果

| 组合模型 | 绝对误差 | 相对误差 |
|------------|---------|--------|
| PLS-GRNN | 88.8231 | 0.1281 |
| PCA-GRNN | 96.703 | 0.1395 |
| Lasso-GRNN | 33.5235 | 0.0483 |

从表 6 可以看出, PLS-GRNN 和 PCA-GRNN 的组合预测模型的预测相对误差分别为 12.81% 和 13.95%, PCA-GRNN 的组合预测模型效果最差, 而 Lasso-GRNN 神经网络模型的预测相对误差非常小, 只有 4.83%, 预测精度最高。三组模型的预测效果图见图 2, 从图 2 中的局部放大图可以看出, Lasso-GRNN 神经网络模型在 2021 年的北京市物流业碳排放量预测值与真实值相差最小。与 PLS 和 PCA 主成分分析法相比, Lasso 是一个特征选择, 通过 Lasso 回归分析, 提取部分特征变量进行预测, 而 PLS 和 PCA 是特征转换, 降维后的每一个新的维度, 其中都包含原有特征的信息(只是占比不同), 但是降维后新的维度丢失了原有数据维度的语义信息。因此, 运用 Lasso 回归模型进行特征变量选取更适用于 GRNN 神经网络模型, 预测效果也是另外两个降维模型无法比拟的。

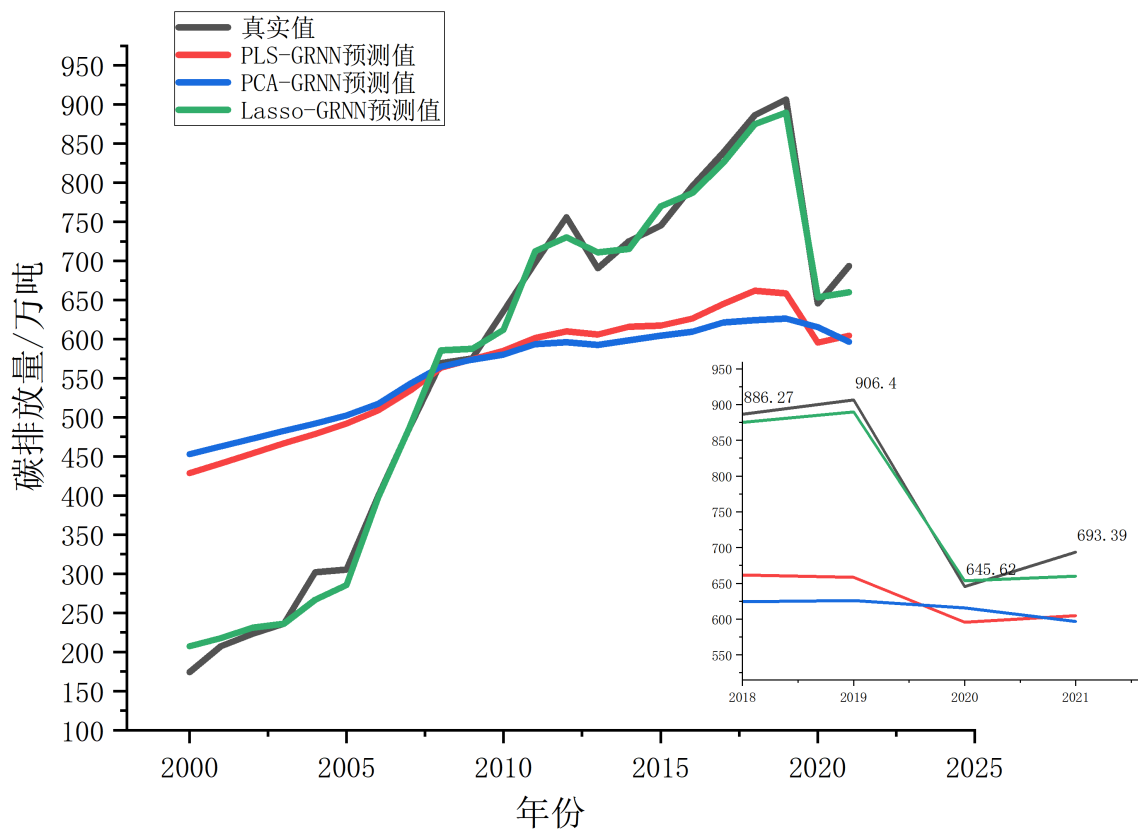


Figure 2. Comparison of combined prediction models
图 2. 组合预测模型对比

总之, 经过反复训练得到 Lasso-GRNN 神经网络模型具有很好的预测效果, 因此, 可以用该组合模型预测北京市物流业碳排放量, 其中, 2022 年各影响因素的数值利用指数平滑法得到, 以 2000~2021 年的数据作为训练样本, 2022 年数据作为测试样本, 训练神经网络得到最佳的 SPREAD 值为 1.6, 预测结果见图 3。

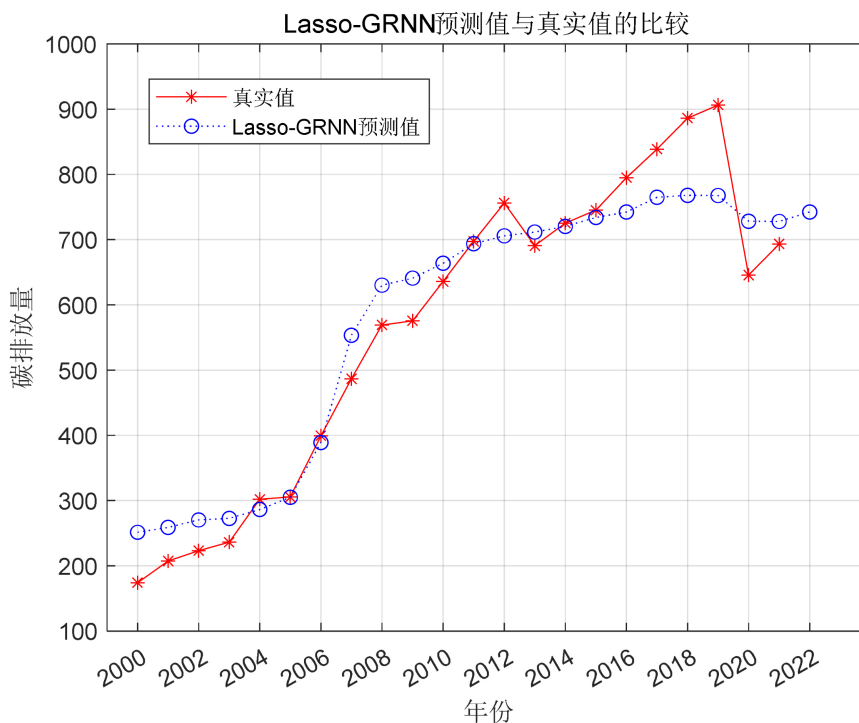


Figure 3. Prediction of carbon emissions from the logistics industry in Beijing in 2022
图 3. 2022 年北京市物流业碳排放量预测

由图 3 可以看出, 所输入的真实值与利用 Lasso-GRNN 预测的预测值两者呈线性相关, 除了在 2018~2020 年份之间两者可能因受到新冠疫情的影响而出现了较大的差值外, 其余年份的预测值与真实值相对比, 均能呈现较好的预测效果。而在 2022 年疫情结束后, 各行各业又恢复以往的运行秩序, 北京市物流业也在“双碳”目标下全面重启, 该年在恢复经济的同时, 碳排放量也有着较为缓慢的增长。总体上, 近 20 年北京市物流业的碳排放总量处于不断增长趋势, 其中 2004~2008 年中增长趋势较为明显, 其余年份比较平稳。基于本文的研究结论, 北京市在物流行业降低碳排放量可参考以下建议: 加快产业结构调整, 大力发展战略性新兴产业, 降低能源消费强度; 优化运输结构和交通运输工具, 减少能源消耗; 加强技术创新, 改进物流作业方式等措施, 不断提高能源利用效率; 注重培养高素质物流业从业人员。

6. 结束语

由于影响物流业碳排放量的因素众多, 并且一些影响因素之间存在多重共线性, 本文采用 Lasso 方法筛选影响物流业碳排放量的特征变量, 从 Lasso 的回归系数可以看出, 影响北京市物流业碳排放量的主要因素有社会消费品零售总额、第二产业占比、贸易进出口总值、铁路营业里程、公路里程、货运量、客运量、旅客周转量、物流业固定资产投资、互联网上网人数, 其中旅客周转量的系数最大, 其次是铁路营业里程, 表明旅客周转量和铁路营业里程对北京市物流业碳排放量具有显著的正向作用。然后在变量选取的基础上, 用 GRNN 神经网络模型拟合碳排放量与各主要影响因素之间的非线性关系, 最后用训练好

的 Lasso-GRNN 神经网络模型预测北京市物流业碳排放量，并与 PLS-GRNN 和 PCA-GRNN 组合预测模型的预测结果进行对比，从预测精度来看，两个模型预测相对误差分别为 12.81% 和 13.95%，而 Lasso-GRNN 神经网络模型的预测相对误差只有 4.83%，可见该模型明显优于另外两个组合模型，验证了 Lasso-GRNN 神经网络组合预测模型的优越性，同时也说明了该模型更适用于预测物流业的碳排放量，预测结果显示，2022 年北京市物流业的 CO₂ 排放量将在 742.423 万吨上下浮动。

基金项目

天津商业大学大学生创新创业训练计划项目(项目编号：202210069311)。

参考文献

- [1] 胡鞍钢. 中国实现 2030 年前碳达峰目标及主要途径[J]. 北京工业大学学报(社会科学版), 2021, 21(3): 1-15.
- [2] 刘晓蝶, 孟祥瑞, 王向前. 基于 Lasso-BP 神经网络模型的江苏省碳排放预测[J]. 黑龙江工业学院学报(综合版), 2021, 21(8): 60-65.
- [3] 金尚柱, 李青霞. 基于支持向量回归机的重庆市碳排放量预测研究[J]. 重庆科技学院学报(自然科学版), 2022, 24(1): 110-114.
- [4] 张迪, 王彤彤, 支金虎. 基于 IPSO-BP 神经网络模型的山东省碳排放预测及生态经济分析[J]. 生态科学, 2022, 41(1): 149-158.
- [5] 刘炳春, 符川川, 李健. 基于 PCA-SVR 模型的中国 CO₂ 排放量预测研究[J]. 干旱区资源与环境, 2018, 32(4): 56-61.
- [6] 徐勇戈, 宋伟雪. 基于 FCS-SVM 的建筑业碳排放预测研究[J]. 生态经济, 2019, 35(11): 37-41.
- [7] Lu, C., Li, W. and Gao, S. (2020) Driving Determinants and Prospective Prediction Simulations on Carbon Emissions Peak for China's Heavy Chemical Industry. *Journal of Cleaner Production*, **251**, Article ID: 119642. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119642>