

# 基于GM (1, 1)模型的房地产价格分析与预测

## ——以上海市为例

郑玉曼

浙江工商大学公共管理学院, 浙江 杭州

收稿日期: 2024年4月28日; 录用日期: 2024年5月9日; 发布日期: 2024年6月30日

### 摘要

房地产行业是我国经济的支柱产业, 对地区经济发展和居民生活水平影响巨大, 房地产价格变动因此成为一项重要的民生问题。本文以上海市为例, 首先采用灰色关联度模型从供需层面、经济层面、政策层面和其他多个维度的层面中筛选房地产价格主要影响因素, 随后基于其2010年~2021年的商品房住宅均价的相关数据, 采用GM (1, 1)模型对其未来5年房地产价格进行预测分析。结果显示, 上海市房地产价格受人均可支配收入、生产总值、人均GDP、金融存款余额量、住宅开发投资额等因素影响最为显著; 同时, 预测未来5年上海市房地产价格将持续上涨, 年增幅约为9%。

### 关键词

上海市, 房地产价格, 灰色关联度, GM (1, 1), 预测

# Analysis and Forecast of Real Estate Prices Based on the GM (1, 1) Model

## —A Case Study of Shanghai

Yuman Zheng

School of Public Administration, Zhejiang Gongshang University, Hangzhou Zhejiang

Received: Apr. 28<sup>th</sup>, 2024; accepted: May 9<sup>th</sup>, 2024; published: Jun. 30<sup>th</sup>, 2024

### Abstract

The real estate industry is a cornerstone of China's economy, exerting a significant impact on regional economic development and residents' living standards. Therefore, fluctuations in real estate prices have become an important issue affecting people's livelihoods. Taking Shanghai as an

example, this article first uses the grey relational model to select the main influencing factors of real estate prices from the perspectives of supply and demand, economy, policies, and other dimensions. Then, based on the related data of the average price of commercial residential buildings from 2010 to 2021, the GM (1, 1) model is employed to analyze and predict the future real estate prices for the next 5 years. The results indicate that real estate prices in Shanghai are significantly influenced by factors such as per capita disposable income, gross domestic product (GDP), per capita GDP, financial deposit balance, and residential development investment. Additionally, it is predicted that Shanghai's real estate prices will continue to rise over the next 5 years, with an annual growth rate of approximately 9%.

## Keywords

Shanghai, Real Estate Prices, Grey Relational Analysis, GM (1, 1), Prediction

Copyright © 2024 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

自 1998 年推行个人住房货币化改革以来,我国房地产市场持续进步,已经成为国家新的经济增长引擎和国民经济的关键支柱产业[1]。但房地产行业发展需要庞大的资金投入和较长的周期,也容易受到政策影响,因此房地产价格易产生较大波动。此外,随着城市化进程的不断加快,城市住房需求持续攀升,导致房地产价格急剧上涨。这种持续上涨和大幅波动已经超越了普通居民的经济负担能力,对居民生活质量产生了严重的影响[2]。这使得房地产价格成为备受瞩目的社会经济难题[3]。因此研究房地产价格的影响因素、预测未来价格走势,并有针对性地提出房价调控建议[4],对于维护房地产市场的稳定,促进整体经济的健康发展具有至关重要的意义。

在学术界,房地产价格一直是研究的焦点之一,其主要内容可概括为三个方面。首先,是房地产价格的影响因素。罗琳等学者的研究不仅从微观角度考察房地产自身特征如房龄、绿化率和容积率等,还关注了生活和交通便利性等因素[5]。而张明等学者则从宏观角度出发,认为房地产价格的影响因素涉及多方面,包括需求、供给、区域、行政和投机等[6]。其次,是房地产价格的预测分析。国内外学者采用众多房地产价格预测方法,主要包括决策树[7]、支持向量机[8]、神经网络[9]、随机森林[10]、灰色模型[11]、VAR 模型[12]、ARIMA 模型[13]等。其中,杨环等学者的实证研究结果表明 GM (1, 1)模型因其数据拟合效果和预测精度高,在房地产价格预测中备受推崇[14]。最后,是房地产价格的调控政策。学者们分别从利率、税收、土地价格、人口和经济增长等多个方面提出了多层次的调控建议[15] [16] [17] [18]。

本文在前期研究的基础上,以上海市为研究区域,运用灰色关联度对其房地产价格的影响因素进行了筛选分析,并构建 GM (1, 1)模型,以预测未来五年上海市房地产价格。

## 2. 研究方法与数据来源

### 2.1. 研究方法

#### 2.1.1. 灰色关联度

灰色关联分析的基本理念是根据序列曲线集合形状的相似程度来判断它们之间的联系紧密程度,

曲线形状的相似度越高，对应序列之间的关联度就越高；形状的相似程度越低，则序列之间的关联度越低。

1) 确定参考序列  $x_0$  和比较序列  $x_i$

参考序列  $x_0 = (x_0(1), x_0(2), \dots, x_0(n))$ ，比较序列  $x_i = (x_i(1), x_i(2), \dots, x_i(n))$ 。灰色关联度不仅体现了折线  $x_0$  和  $x_i$  的相似程度，还反映了  $x_0$  和  $x_i$  相对于起始点的变化速率的接近程度，是较为全面地揭示序列之间联系是否密切的一个量。

2) 原始数据无量纲化处理

由于各序列的原始数据量纲(单位、性质)不一致，在分析时得出的结论不准确，通常会采取均值化对原始数据进行无量纲化处理，均值化公式如下：

$$x_i = \sum_0^n \frac{x_i}{n} (i=1, 2, \dots, m) \quad (1)$$

3) 计算绝对差值

计算参考序列与比较序列在同一时期的绝对差：

$$|x_0(k) - x_i(k)| \quad (2)$$

4) 找出最大、最小值

最小值为：

$$\min_{i=1}^n \min_{k=1}^m |x_0(k) - x_i(k)| \quad (3)$$

最大值为：

$$\max_{i=1}^n \max_{k=1}^m |x_0(k) - x_i(k)| \quad (4)$$

5) 计算参考序列与比较序列的灰色关联度系数

$$\xi_{oi} = \frac{\min_k |x_0(k) - x_i(k)| + \rho \max_k |x_0(k) - x_i(k)|}{|x_0(k) - x_i(k)| + \rho \max_k |x_0(k) - x_i(k)|} (k=1, 2, \dots, m) \quad (5)$$

其中， $\rho$  为分辨系数，取值范围在 0~1 之间，常用选值为 0.5。

6) 计算灰色关联度

$$\gamma_i = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m \xi_{oi} \quad (6)$$

$\gamma_i$  反映了比较序列  $x_i$  和参考序列  $x_0$  相关程度， $\gamma_i$  越大，表明比较序列和参考序列的关系越紧密，比较序列对参考序列的影响程度越大[19]。

### 2.1.2. GM(1, 1)模型

1) 确定原始序列

$$X^{(0)} = \{x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), x^{(0)}(3), \dots, x^{(0)}(n)\} \quad (7)$$

其中， $x^{(0)}(k) \geq 0$ ， $i=1, 2, 3, \dots, n$

2) 数据检验——级比检验

为保证建模方法的可行性，需要对原始序列做必要的检验处理：

定义覆盖区间：

$$\theta = \left( e^{-\frac{2}{k+1}}, e^{-\frac{2}{k+1}} \right) \tag{8}$$

定义数列的级比:

$$\lambda(n) = \frac{x(n-1)}{x(n)} \tag{9}$$

其中  $n = 2, 3, \dots, k$ , 若满足对任意  $n$ , 有  $\lambda(n) \in \theta$ ,  $k = 2, 3, \dots, n$ , 则称原数据可以作为 GM (1, 1) 的数据被灰色预测。若级别检验不通过, 则需要添加常数项, 使其落入区间内, 即有:

$$y^{(0)}(k) = x^{(0)}(k) + c \tag{10}$$

其中,  $k = 1, 2, \dots, n$

3) 为减少原始数据产生的随机性和波动性, 对原始序列  $X^{(0)}$  作一次累加生成(1-AGO)得到一次累加生成序列  $X^{(1)}$ , 即

$$X^{(1)} = \{x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), x^{(1)}(3), \dots, x^{(1)}(n)\} \tag{11}$$

$$x^{(1)}(k) = \sum_{j=1}^k x^{(0)}(j) (k = 1, 2, \dots, n) \tag{12}$$

得到 GM (1, 1) 模型的原始形式为:

$$x^{(0)}(k) + ax^{(1)}(k) = b \tag{13}$$

4) 作  $X^{(1)}$  的紧邻均值生成序列  $Z$  为:

$$Z^{(1)} = \{z^{(1)}(2), z^{(1)}(3), \dots, z^{(1)}(n)\} \tag{14}$$

$$z^{(1)}(k) = \frac{x^{(1)}(k) + x^{(1)}(k-1)}{2} (k = 2, 3, \dots, n) \tag{15}$$

得到 GM (1, 1) 模型的均值形式为:

$$x^{(0)}(k) + az^{(1)}(k) = b \tag{16}$$

5) GM (1, 1) 模型均值形式的白化微分方程为:

$$\frac{dx^{(1)}}{dt} + ax^{(1)} = b \tag{17}$$

6)  $\hat{a}$  为待估参数向量, 令  $\hat{\alpha} = (a, b)^T$ , 运用最小二乘法进行参数估计, 得

$$\hat{a} = [a, b]^T = (B^T B)^{-1} B^T = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} \tag{18}$$

此时,

$$B = \begin{bmatrix} -z^{(1)}(2) & \dots & 1 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ -z^{(1)}(n) & \dots & 1 \end{bmatrix}, \quad Y = \begin{bmatrix} x^{(0)}(2) \\ \vdots \\ x^{(0)}(n) \end{bmatrix}$$

其中, 发展系数  $a$  应满足  $-2 < a < 2$ , 采用 GM (1, 1) 模型才有意义。在此范围内,  $a$  数值不同, 模型预测精度也不同: 当  $|a| < 0.3$  时, 预测精度可达 98% 以上; 当  $|a| < 0.5$  时, 预测精度可达 95% 以上; 当  $|a| > 1$  时,

预测精度低于 70%；当  $|a| > 1.5$  时，预测精度低于 50%

#### 7) 预测未来值

将求出的发展系数  $a$  以及灰色作用量  $b$  带入白化微分方程，求解即可得到时间响应函数：

$$\hat{X}^{(1)}(t) = \left( x^{(1)}(1) - \frac{b}{a} \right) e^{-at} + \frac{b}{a}, t=1, 2, \dots, n \quad (19)$$

已知  $x^{(1)}(0) = x^{(0)}(1)$ ，从而构建出 GM(1, 1) 灰色预测模型为：

$$\hat{x}^{(1)}(t+1) = \left( x^{(0)}(1) - \frac{b}{a} \right) e^{-at} + \frac{b}{a}, t=0, 1, 2, \dots, n-1 \quad (20)$$

其中  $\hat{x}^{(1)}(t+1)$  为所得的累加预测值，若要对原数据进行预测，就需要通过累计递减将其还原为原始序列的预测值，表达式为

$$\hat{x}^{(0)}(t+1) = \hat{x}^{(1)}(t+1) - \hat{x}^{(1)}(t) \quad (21)$$

#### 8) 模型检验

##### a) 残差检验

由上述得到的预测值与真实值可计算残差

$$\varepsilon^{(0)}(t) = X^{(0)}(t) - \hat{X}^{(0)}(t), t=2, 3, \dots, n \quad (22)$$

计算对应的相对精度得：

$$1 - \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|\varepsilon^{(0)}(t)|}{x^{(0)}(t)}, t=2, 3, \dots, n \quad (23)$$

通常认为，若相对精度大于 90%，即平均相对误差不超过 10%，同时原点数值的误差小于 2%，可以初步确定所得的结果符合残差检验的标准。

##### b) 关联度检验

当分辨率达到 0.5 时，关联度超过 0.6，则意味研究结果满足精度要求。

##### c) 后验差比值检验

计算原始序列的标准差

$$S_1 = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n [x^{(0)}(t) - \bar{x}^{(0)}]^2}{n-1}} \quad (24)$$

计算绝对误差序列的标准差

$$S_2 = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n [\Delta^{(0)}(t) - \bar{\Delta}^{(0)}]^2}{n-1}} \quad (25)$$

计算方差比

$$C = \frac{S_2}{S_1} \quad (26)$$

小误差概率

$$P = P \left\{ \left| \Delta^{(0)}(t) - \bar{\Delta}^{(0)} \right| < 0.6745 S_1 \right\} \quad (27)$$

其中,  $P > 0.95, C < 0.35$ , 则模型预测精度为优秀;  $P > 0.8, C < 0.5$ , 则模型预测精度为合格;  $P > 0.7, C < 0.65$ , 则模型预测精度为基本合格;  $P \leq 0.7, C \geq 0.65$ , 则模型预测精度为不合格[20]。

## 2.2. 研究区域

上海市地处东经  $121^{\circ}52' \sim 122^{\circ}12'$ , 北纬  $31^{\circ}40' \sim 31^{\circ}53'$ , 位于长江和黄浦江入海汇合处。上海市总面积 6340.5 平方公里, 下辖 16 个区, 是我国主要经济枢纽和商港, 同时也是我国重要的经济、贸易、科技和信息中心。截止 2021 年, 上海市常住人口达 2489.43 万人, GDP 达 43214.85 亿元, 这为上海市房地产行业发展提供强劲动力。自 2010 年开始, 上海市的房地产行业加速发展。2010 年, 房地产投资额总计 1229.83 亿元, 增长率为 34%, 到 2021 年, 上海市投资额已高达 2673.95 亿元。这种稳步增长趋势导致上海市房地产供给的增加, 自 2010 年起, 上海市住宅施工面积一直高于 7000 平方米, 甚至在 2018 年创下历史新高, 达到 18757.71 平方米; 竣工面积从 2010 年到 2018 年一直保持稳定增长趋势, 直至 2019 年, 开始出现下降趋势, 但仍高于 1000 平方米。从需求情况来看, 销售面积一直高于 1000 平方米, 除了 2011 年、2014 年和 2017 年, 销售面积一直处于增长趋势, 销售均价几乎持续上涨, 到 2021 年, 销售均价已达 40974.19 元/平方米。如图 1 所示, 尽管上海市房地产价格增长速度有所放缓, 然而上涨趋势依旧明显。

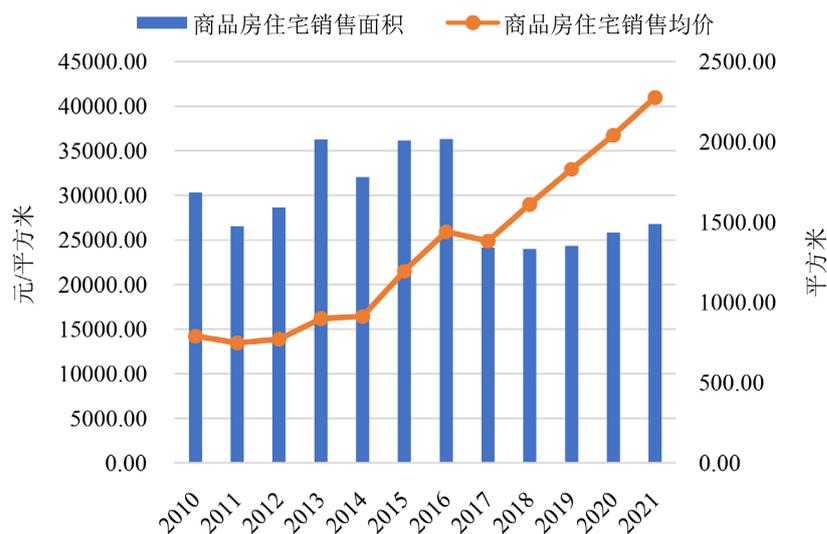


Figure 1. Market situation of commercial housing in Shanghai from 2010 to 2021

图 1. 2010 年~2021 年上海市商品房住宅市场情况

## 2.3. 数据来源

本研究以上海市为研究区域, 研究数据主要来源于国家统计局、上海统计局、中国人民银行和中国地价信息服务平台。

## 3. 基于灰色关联度的上海市房地产价格影响因素分析

房地产系统是一个规模庞大的复杂系统, 房地产价格会受到众多因素的影响。傅行行等学者的研究表明: 房地产价格影响因素可分为供需、经济、政治、区域等多个层面[21]。因此本文基于关联性、可行性、全面性及科学性四个准则, 结合上海市区域特点和房地产发展状况, 参考傅行行等以往学者的研究, 选取供给、需求、经济、政策以及其他五个层面来探讨对房地产价格的影响。

### 3.1. 确定比较序列和参考序列

表 1 是本研究选取的影响因素,其中参考序列是商品房住宅销售均价,比较序列主要包括以下因子:住宅开发投资额、住宅竣工面积、住宅施工面积、住房用地供应计划面积、竣工房屋平均造价、年末常住人口、人口增长率、失业率、总抚养系数、人均 GDP、人均可支配收入恩格尔系数、房价收入比、城市化率、生产总值、工业占比、第三产业占比、财政收入、税收收入、居民消费价格指数、人民币贷款利率(五年以上)、金融存款余额量、中长期贷款余额、万人医疗机构床位数和人均公园绿地面积。

**Table 1.** Influencing factors and specific measurement indicators

**表 1.** 影响因素及其具体度量指标

类别	影响因素	度量指标	符号设定	单位
供给层面	房地产投资	住宅开发投资额	$X_1$	万元
	房屋供给	住宅竣工面积	$X_2$	万平方米
		住宅施工面积	$X_3$	万平方米
	土地供给	住房用地供应计划面积	$X_4$	公顷
	建筑成本	竣工房屋平均造价	$X_5$	元/平方米
需求层面	人口因素	年末常住人口	$X_6$	万人
		人口增长率	$X_7$	%
		失业率	$X_8$	%
		总抚养系数	$X_9$	
		人均 GDP	$X_{10}$	元
	居民生活水平	人均可支配收入	$X_{11}$	元
		恩格尔系数	$X_{12}$	
		房价收入比	$X_{13}$	%
		城市化率	$X_{14}$	%
		城市化进程	城市化率	$X_{14}$
经济层面	经济发展水平	生产总值	$X_{15}$	亿元
	产业结构	工业占比	$X_{16}$	%
		第三产业占比	$X_{17}$	%
	地方财政	财政收入	$X_{18}$	亿元
		税收收入	$X_{19}$	亿元
	通货膨胀	居民消费价格指数	$X_{20}$	
	政策层面	金融利率	人民币贷款利率(五年以上)	$X_{21}$
货币供应量		金融存款余额量	$X_{22}$	亿元
		中长期贷款余额	$X_{23}$	亿元
其他	基础设施建设	万人医疗机构床位数	$X_{24}$	张
	生态环境	人均公园绿地面积	$X_{25}$	平方米

### 3.2. 灰色关联度测定

本研究在进行灰色关联度分析时，取分辨率  $\rho = 0.5$ ，利用 Python 软件计算出上海市商品房住宅价格与每个影响因素指标之间的关联度并排序，关联度排名如表 2 所示。

**Table 2.** Ranking of grey correlation degree of influencing factors  
**表 2.** 影响因素灰色关联度排名

	关联度	排名	关联度	排名	关联度	排名	关联度	排名	关联度	排名				
$\gamma_1$	0.902	5	$\gamma_6$	0.807	13	$\gamma_{11}$	0.931	1	$\gamma_{16}$	0.751	23	$\gamma_{21}$	0.765	21
$\gamma_2$	0.775	19	$\gamma_7$	0.663	25	$\gamma_{12}$	0.764	22	$\gamma_{17}$	0.831	12	$\gamma_{22}$	0.908	4
$\gamma_3$	0.769	20	$\gamma_8$	0.783	17	$\gamma_{13}$	0.783	16	$\gamma_{18}$	0.883	8	$\gamma_{23}$	0.782	18
$\gamma_4$	0.742	24	$\gamma_9$	0.888	7	$\gamma_{14}$	0.794	14	$\gamma_{19}$	0.898	6	$\gamma_{24}$	0.847	10
$\gamma_5$	0.873	9	$\gamma_{10}$	0.912	3	$\gamma_{15}$	0.927	2	$\gamma_{20}$	0.793	15	$\gamma_{25}$	0.833	11

### 3.3. 灰色关联度结果分析

结果显示，灰色关联度均大于 0.6，变量都通过了关联度检验，选择这些指标作为影响上海市房地产价格的影响因素是合理的。灰色关联度大于 0.9 有 5 个因子，分别为人均可支配收入、生产总值、人均 GDP、金融存款余额量和住宅开发投资额，这些因素分别来自供需、经济和政策层面，不仅说明对于上海市房地产价格而言，它受到多方面因素的影响，也间接说明本研究所采用的各类指标具有适配性。

根据上表显示，对上海市房地产价格影响程度排名第一的是需求因素下的人均可支配收入，综合关联度为 0.931。上海市是我国的金融中心，产业结构完善，就业机会多，人均可支配收入高。人均可支配收入高会显著提升居民的购买力，一旦基本生活需求得到满足，对住房的刚性需求和改善性需求将进一步增加，从而推动房地产价格上涨。此外，人均可支配收入水平的提高会促进家庭财富得以积累，越来越多相对富裕的家庭会选择投资来实现家庭财富的保值增值，而当前我国投资渠道有限，房地产价格又持续上涨，人们会将房地产作为最佳投资渠道。

对上海市房地产价格影响程度排名第二的是经济因素下的生产总值，综合关联度为 0.927。上海市拥有优越的地理位置、强大的基础设施、丰富的人力资源和创新能力，吸引了大量国内外企业和资本的投资；同时上海市作为中国最大的港口城市之一，是国际贸易的重要枢纽，这都促进了生产总值的增长。伴随生产总值的增长，就业机会相对较多，吸引大量人口涌入，人口规模持续增长，直接导致住房需求的增加。同时，生产总值也提高居民的收入水平，使居民更有能力购买高端住房，从而推动房地产市场的需求上升。

对上海市房地产价格影响程度排名第三的是需求因素下的人均 GDP，综合关联度为 0.912。上海市拥有多元化的经济基础，包括金融、科技、制造业、国际贸易等多个领域，使上海市能够提供高附加值的就业机会，吸引高素质劳动力，进而促进了人均 GDP 的增长。此外，上海市一直致力于推动技术创新和知识产业的发展，这也有助于提高人均 GDP 水平。人均 GDP 高通常伴随着城市的高吸引力，吸引了国内外投资者和企业前来投资和发展，从而提高城市的购买力水平。同时人均 GDP 高也提高了金融市场的活跃度，促进了资本流动，资金通过各种金融工具投资到房地产市场，进一步提高了房地产价格。

对上海市房地产价格影响程度排名第四的是政策因素下的金融存款余额量，综合关联度为 0.908。上海市作为我国的金融中心，吸引大量金融机构和企业入驻，这些机构需要进行资金储备，以满足客户存

款需求, 同时也需要资金来支持各种金融业务, 如贷款和投资, 这就导致了高水平的金融存款余额。高金融存款余额反映了金融机构的稳定性和信誉, 为房地产市场的投资者提供了信心。其次, 高金融存款余额意味着金融机构可以提供更多的贷款和融资支持, 包括房地产贷款。然而, 高金融存款余额也可能对房地产价格产生压力。当金融存款余额过高时, 金融机构可能会面临较低的资金利用率, 因为他们需要找到足够的投资渠道, 以获取更高的回报。房地产市场通常被视为较低风险的投资选择, 因此金融机构可能更愿意向房地产市场提供贷款, 这可能导致过度供应和价格上涨。另外, 高金融存款余额还可能引发货币供应过多的问题, 从而加剧通货膨胀的风险。通货膨胀可能导致购买力下降, 从而抬高了房地产价格, 因为人们寻求用房产来保值。

对上海市房地产价格影响程度排名第五的是供给因素下的住宅开发投资额, 综合关联度为 0.902。上海市作为国际金融和贸易中心之一与全国城市化的先行者之一, 其经济繁荣与人口密集为住宅开发投资提供了强劲支撑, 而且政府政策支持和土地供应增加可以有效刺激住宅开发投资。住宅开发投资额高反映了开发商对房地产项目的信心, 他们预期能够获得可观的收益, 会加大对住宅开发项目的投资力度, 这种行为更易推动房地产价格上涨。同时, 住宅开发投资额增加, 住宅开发投资活动增加, 会导致土地成本、建筑材料和劳动力成本的上升, 这些成本最后将转嫁给购房者, 出现高额房产价格。

#### 4. 基于 GM (1, 1)模型的上海市房地产价格预测

利用上海市 2010 年至 2021 年的商品房住宅销售均价作为训练集, 通过 Python 建立 GM (1, 1)灰色预测模型, 并对上海市 2022 年至 2027 年的商品房住宅销售均价进行预测。

##### 4.1. 级比检验

在建立 GM (1, 1)模型之前, 为了降低模型检验不通过的概率, 需进行级比检验。

覆盖区间  $\theta = \left( e^{-\frac{2}{13}}, e^{\frac{2}{13}} \right) = (0.92256239059, 1.14283448594)$ , 而  $\lambda(t) = [0.763470371, 1.056841656]$ , 说

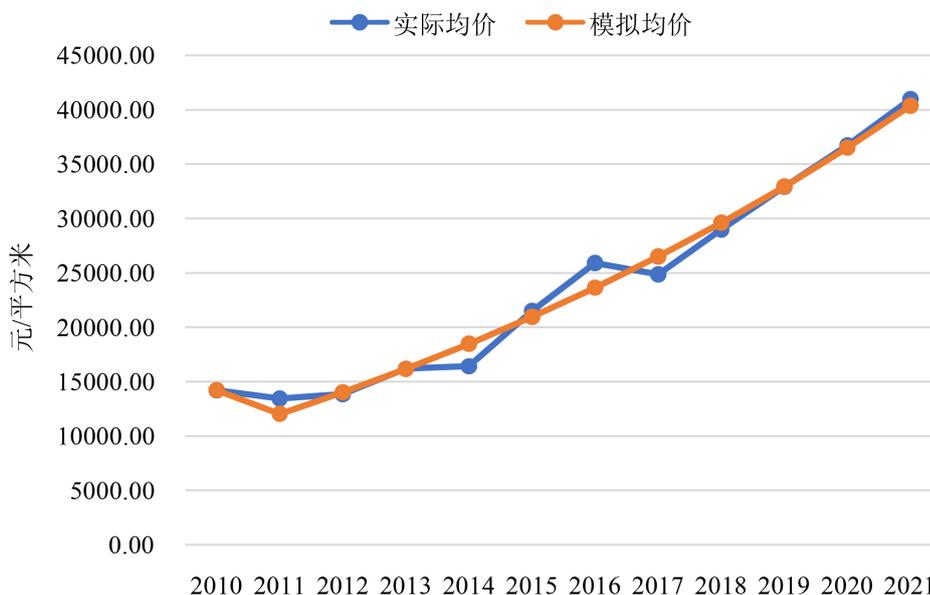
明原序列一部分位于要求的区间外, 因此需要对原序列进行变换, 使整个序列都落在覆盖区间内。本研究取适当常数  $C$ , 做平移变换。

根据 python 运行,  $C = 14164$ , 得到新的原始序列[28376.77, 27612.348397253198, 28033.8881723941, 30356.1510459815, 30579.4280676733, 35665.0676050309, 40073.9415783741, 39030.1319896841, 43145.1668879239, 47089.7590308045, 50904.5356781747, 55138.1937648914], 此时  $\lambda(t) = [0.857405583, 1.027684049] \in \theta$ , 经过变换的序列通过了级比检验。

##### 4.2. GM (1, 1)模拟

通过 Python 运行, 得到  $a = -0.07$ ,  $u = 23172.7117501580$ 。由于灰色系数  $|a| = 0.07 < 0.3$ , 模型精度超过 98%, 可用于中长期预测。根据 Python 运行得出 GM (1, 1)模型参数, 利用 2010 年~2021 年上海市房地产原本价格, 得出 2010 年~2021 年上海市房地产预测价格。上海市商品房住宅实际均价与模型预测均价的走势对比如图 2 所示。

模型结果表明, 2010 年至 2021 年期间, 上海市商品房住宅无论实际均价还是预测均价都是上升态势。而且 2010 年至 2021 年间, 实际均价与预测均价相比, 不稳定性更高, 且缺乏规律性。但通过 GM (1, 1)得到的预测数据, 在模型序列算子的作用下削弱了实际数据中存在的随机干预因素, 最终得到具有规律性的数据序列, 更能反映出房价的变动趋势。因此 GM (1, 1)模型的预测值具有较高的精准度, 可以应用 GM (1, 1)对上海市房地产价格进行预测分析。



**Figure 2.** Comparison of actual and predicted average sales prices of commercial housing in Shanghai from 2010 to 2021  
**图 2.** 2010 年~2021 年上海市商品房住宅实际销售均价和预测销售均价走势对比

### 4.3. 模型检验

通过 Python 进行模型检验，结果如表 3 所示：关联度  $0.68 < 0.7$ ，关联度等级为二级；平均相对误差为  $0.0007\%$ ，后验差比值  $0.02 < 0.35$ ，小误差概率  $1 > 0.95$ ，均达到一级精度标准。因此使用 GM (1, 1) 模型预测上海市商品房住宅销售均价准确度较高。

**Table 3.** Model verification results  
**表 3.** 模型检验结果

年份	残差(元/平方米)	相对误差(%)	关联度系数	均方差比值	小误差概率
2010	0.00	0.00	1.00		
2011	1410.85	0.05	0.45		
2012	-160.48	-0.01	0.88		
2013	17.35	0.00	0.98		
2014	-2066.91	-0.07	0.35		
2015	535.68	0.02	0.68		
2016	2272.65	0.06	0.33	0.02	1.00
2017	-1646.29	-0.04	0.41		
2018	-625.07	-0.01	0.65		
2019	-9.60	0.00	0.99		
2020	222.85	0.00	0.84		
2021	601.71	0.01	0.65		

#### 4.4. 未来五年商品房住宅销售均价预测

根据表 4 的模型预测结果所示,未来 5 年上海市商品房的价格呈持续上涨趋势,从 2022 年的预测均价 44520.48 元/平方米上涨到 2026 年的预测均价 64516.59 元/平方米,平均涨幅高达 9%/年。房价适当是地区房地产行业发展良好的表现,不仅对地区经济还是人口增长都有益处。但如果速度增长过快,房价过高,则会反过来制约地区经济发展。因此上海市迫切需要采取实际行动去应对未来房地产价格持续过快增长。

Table 4. Prediction of average sales price of commercial housing in Shanghai

表 4. 上海市商品房住宅销售均价预测

年份	销售均价(元/平方米)
2022	44520.48
2023	48983.96
2024	53786.93
2025	58955.22
2026	64516.59

### 5. 结论与建议

#### 5.1. 结论

1) 上海市房地产价格受到诸多因素的影响。运用灰色关联度模型筛选出对上海市房地产价格产生重要影响的要素,影响程度排名前五的分别为人均可支配收入、生产总值、人均 GDP、金融存款余额量和住宅开发投资额。因此调控上海市房地产价格时可以综合考虑以上因素,以稳定上海市房地产市场的健康发展。

2) 当统计数据相对较少,而且不稳定性较强时,寻求其中的规律相对较为困难。但 GM (1, 1)模型只需要少量信息就可以建立模型且精度较高。本文采用 GM (1, 1)模型对具有较强波动性的房地产价格进行预测,模型的误差值均达到一级精度标准,模型拟合程度较高,能够客观准确地预测未来市房地产价格的走势。

3) 上海市未来五年的房地产价格依然会持续上涨。上海市 2022 年到 2026 年的房地产价格预测值分别为 44520.48 元/平方米、48983.96 元/平方米、53786.93 元/平方米、58955.22 元/平方米、64516.59 元/平方米,房地产价格保持持续上升趋势,以每年约 9%的增长率增长。

#### 5.2. 建议

上海市房价上涨可促进税收收入增加,不仅会促进上海市房地产行业蓬勃发展,增加就业岗位,提升工人工资水平,而且能显著带动我国经济增长。然而,房价持续上涨且超出居民的购买能力时,会导致大部分居民无法承担购房成本,造成社会贫富差距持续拉大的尴尬局面,因此需要合理调控上海市房地产市场。第一,控制住宅开发投资额。上海市政府应规划和限制土地使用区域,减少住宅用地的拍卖数量或频率,更严格地审核和控制土地使用许可,而且需坚持实施限购政策,限制住房投资性需求,稳定房地产市场。第二,坚持实现限贷政策。上海市政府可通过央行等金融监管机构发布相关政策,规定购房者的贷款额度和期限,并对金融机构的房地产贷款进行严格审查和监管。同时,加强对购房者收入的审查,确保其具备足够的还款能力,以避免购房者过度借贷和负债。第三,推动租赁市场发展。上海

市政府可提供土地和财政补贴,吸引开发商和投资者投资兴建租赁住房,并简化租赁住房的登记和管理手续,提高租赁市场的供给水平。租赁市场的发展可以提供更多的住房选择,满足不同群体的住房需求,并减少购房者对房地产市场的投资热情。第四,调整土地使用政策,优化土地利用结构。政府应加大保障性住房用地的供应,优先满足中低收入群体的住房需求,并且限制住宅土地的商业开发,减少房地产市场的投机行为。第五,引导资金流向实体经济。通过提供财政补贴和税收优惠,引导金融机构增加对实体经济的信贷支持,并且限制金融机构对房地产的信贷投放。第六,建立长效机制。完善房地产市场调控政策、建立健全房地产市场监管体系,以及加强对市场的监测和预警,及时发现和解决市场异常波动的问题。

## 致谢

真诚感谢匿名评审专家在论文评审中所付出的时间和精力,评审专家对本文逻辑框架、影响因素及其具体度量指标的完善以及讨论部分的聚焦等方面的修改意见,使本文获益匪浅。

## 基金项目

2023年浙江省大学生科技创新活动计划(2023R408077)。

## 参考文献

- [1] 时雨虹. 无锡市商品住宅价格预测[J]. 合作经济与科技, 2022(23): 67-69.
- [2] 刘彩云, 姚俭. 基于多因素影响的房地产价格预测模型[J]. 统计与决策, 2017(17): 33-38.
- [3] 张爱琳, 白丽娜. 基于 GM(1, 1)模型的包头市房地产价格预测[J]. 建筑经济, 2020, 41(S2): 266-269.
- [4] 张平, 龙玉婷. 基于灰色系统预测模型的房地产价格预测——以赣州市为例[J]. 房地产世界, 2021(17): 23-25, 38.
- [5] 罗琳, 杨喜平, 李继园. 西安市二手房价格的影响因素及空间异质性[J]. 地域研究与开发, 2023, 42(4): 57-63.
- [6] 张明, 刘瑶. 中国城市房地产价格走势与波动的驱动因素探析——来自全国 31 个省份与 70 个大中城市的经验证据[J]. 南京社会科学, 2021(6): 26-38.
- [7] 迟依涵. 基于网络搜索数据的房地产价格预测研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西安建筑科技大学, 2020.
- [8] 梁坤, 聂会星, 徐枫巍. 基于支持向量机的北京市房地产价格指数预测[J]. 合肥工业大学学报(自然科学版), 2011, 34(4): 588-592.
- [9] 丛苏莉. 基于灰色理论和神经网络的房地产前期价格预测研究[J]. 现代电子技术, 2017, 40(11): 107-110.
- [10] 褚桂健. 基于网络搜索数据与随机森林模型的房地产价格指数预测研究[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 重庆交通大学, 2018.
- [11] 张荣艳. 基于 GM(1, N)模型的郑州市房地产价格预测[J]. 数学的实践与认识, 2018, 48(5): 82-88.
- [12] 吴天晟. 南京市住房价格影响因素研究及预测[D]: [硕士学位论文]. 蚌埠: 安徽财经大学, 2021.
- [13] 雷燕宇. 郑州市房地产价格的分析与预测[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 西南大学, 2022.
- [14] 杨环. 基于 GM(1, 1)模型对杭州市商品房房价的预测分析[J]. 南阳理工学院学报, 2021, 13(4): 15-19.
- [15] 葛梦圆, 吴义东. 货币政策、供需调控与房地产价格[J]. 南阳理工学院学报, 2022, 14(6): 44-52.
- [16] 韦汝虹, 金李, 方达. 商品住宅价格空间溢出效应测度及其影响因素分析——来自长三角地区的证据[J]. 世界地理研究, 2023, 32(1): 117-129.
- [17] 张珊珊. 人口流动对房地产价格的影响[D]: [硕士学位论文]. 济南: 山东财经大学, 2022.
- [18] 吴辉. 信贷增长、房地产市场与楼市调控政策[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中央财经大学, 2022.
- [19] 张哲源, 王秀丽, 李恒凯. 中小城市住宅价格空间分布及影响因素分析——以赣州市为例[J]. 测绘科学, 2020, 45(6): 172-179.
- [20] 邓聚龙. 灰色预测与决策[M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1986.
- [21] 傅行行. 上海市二手房价格空间分布及其影响因素研究[J]. 上海房地, 2020(7): 11-15.