

2023-2024 年度
山西省统计科学研究课题
优秀成果

项目编号 2023LD001

项目类别 重大课题

项目名称 基于数学模型的山西省智能型人才需求预测
研究

项目负责人 柴益琴

承担单位 山西省财政税务专科学校

课题组成员 姜璐莎 赵金兰

项目编号	2023LD001
------	-----------

山西省统计科学研究项目结项评审活页

(活页文字表述中不得直接或间接透露个人相关背景材料)

课题名称：基于数学模型的山西省智能型人才需求预测研究

内容简介 (本课题解决的主要问题, 重点和难点, 学术价值, 创新之处):

一、本课题解决的主要问题

1) 综述

随着我国社会主义经济、社会的发展以及科学技术的进步, 国家更加需要智能型人才。对山西省智能型人才的数量、结构等进行预测, 将对我省的社会、经济、科技发展起到重要的作用。要使人才预测具有科学性、可靠性, 就要根据人才预测学的基本原理分析、研究人才与经济、社会、科技间诸多因子的逻辑关系和数量关系, 寻找它们之间的内在规律。

本课题在已有的定性研究的基础上, 从山西省社会、经济、文化科技、智能型人才数量等之间作相关分析研究, 主要选择国民生产总值、人口总量、从业人员数量及高校毕业生就业数量等指标, 研究山西省智能型人才需求量与山西经济发展速度和规模的相关程度, 主要采集《山西统计年鉴 (2016—2023)》数据, 根据统计分析理论、经济数学, 借助 MATLAB、EXCEL 等数学软件建立了山西省智能型人才需求预测的多种数学模型: 时变增长率预测模型; 一元回归预测模型; 二元回归预测模型; GM(1, 1)灰色预测模型。并运用这些模型具体预测了山西省 2025 至 2030 年所需智能型人才的需求量和补充量, 对我省智能型人才的可持续发展做出科学的定量预测分析, 增强预测的可信度和说服力, 对智能型人才应用及效益做了预期分析, 从社会经济发展目标的角度分析了教育培养能力的可行性。对山西省智能型人才资源问题进行了初步分析, 并提出一些政策建议。

对我省智能型人才的可持续发展做出科学的预测, 为决策部门制定有关政策提供理论依据, 为山西省制定人才规划提供科学方法, 对人才研究工作起基础性作用, 对山西省人才引进和培养方向起引导作用, 对人才发展计划的实施情况起检查作用, 为智能型人才个体发展提供坐标。智能型人才预测对于我省人才资源的开发、社会的进

步、经济的发展具有积极重要的意义。

什么是智能型人才？智能型人才指具有极强自学能力、独立研究能力和创新能力，以及较宽专业面，在社会的发展和变革中具有较强的适应性和创造性的新型人才。

智能型人才预测是一个复杂的系统工程，与之相关的因素很多，并且各种因素存在高度的不确定性，数据统计多而杂，涉及面广，涉及到社会经济发展等多个因素的多个指标。人才统计样本少、数据不全，现有的统计数据缺省严重。影响人才需求量的指标种类繁多，有些指标可以定量表示，而有些指标很难量化。为便于操作，我们假定：预测期内，山西省智能型人才流入量与流出量相当；预测时无法预知不可抗力因素变化的影响；由于缺乏系统的全社会的历年智能型人才数量资料，本研究智能型人才仅指全日制专科以上学历人才。

2) 预测模型的选择

1. 时变增长率预测模型

在山西经济转型时期，智能型人才的需求受到多种因素的影响和制约，其过程是一个非常繁杂的动态过程。通过对 2015--2022 年的数据资料分析计算（见表 1）：

表 1 2015 年~2022 年的数据资料

年份	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
国内生产总值 (亿元)	12766.5	12966.2	15528.4	16818.1	17026.7	17651.9	22590.2	25642.6
人口总数 (万人)	3664.12	3681.64	3702.4	3718.3	3729.2	3490.5	3480.5	3481.4
智能型人才数 (人)	200068	208377	209412	226189	221750	230656	231726	262301

把人才需求看成动态的连续的过程，对山西省智能型人才的年增长率进行线性模拟，建立了时变增长率预测模型，经比较、分析最后得出如下模型：

$$y = 223809.9 + 3640.89t \quad (1)$$

其中：

y---智能型人才数；

t----年份序号 (2023 (9), 2024 (11),) .

预算结果如下(见表 2)：

表 2 智能型人才时变增长率模型预测结果

年份	2025	2026	2027	2028	2029	2030
智能型人才数 (人)	271142	278424	285705	292987	300269	307551

2. 智能型人才一元回归预测模型

(1)通过对 2016-2022 年的数据资料分析计算，我们发现智能型人员数量与地区国民生产总值具有高度关联度： $R \approx 0.94$ ，通常认为：当 $0 < |R| < 1$ 时，表示两个变量存在不同程度的线性关系，关联度标准见表 3：

因此，我们建立了以智能型人员数为因变量，山西省国民生产总值为自变量的一

元回归预测模型。经分析比较选用模型为：

$$y = 152526.66 + 4.04x \quad (2)$$

拟合度 $\mu \approx 0.028$

其中：

y —智能型人才数；

x —地区国民生产总值。

表 3 两个变量关联度评价标准

R	评价标准
$0 < R < 0.3$	微弱相关
$0.3 < R < 0.5$	低度相关
$0.5 < R < 0.8$	显著相关
$0.8 < R < 1$	高度相关

(2)山西省地区国民生产总值预测

根据山西省“十四五”规划地区国民生产总值预期年均增长大于 7.8%，我们暂按 8%的年增长率计算山西省地区国民生产总值（如表 4）。

表 4 山西省地区国民生产总值

年份	2025	2026	2027	2028	2029	2030
地区生产总值（亿元）	30733.7	33192.4	35847.8	38715.6	41812.9	45157.9

(3)智能型人才一元回归模型预测结果

将山西省地区生产总值预计值代入智能型人才一元回归预测模型（2），得出山西省智能型人才数量预测值，见表 5，

表 5 山西省智能型人才一元回归模型预测值

年份	2025	2026	2027	2028	2029	2030
智能型人才数（人）	276691	286624	297352	308938	321451	334965

(4)预测结果分析

预测结果可以看出，智能型人才在 2025--2030 年 5 年间增长 58274 人，年均增长约 11654 人，平均增长率 3.9%，智能型人才的数量呈增长态势。

3. 智能型人才二元回归预测模型

(1) 智能型人才需求收多方面因数的影响，通过分析 2015 年~2022 年的数据资料，发现智能型人才人数与地方人均国民生产总值及从业人员数有显著关联性。因此，考虑以智能型人才数为因变量，以地方人均国民生产总值和从业人员数为自变量，建立智能型人才二元回归预测模型。经过对几种可供选择的模型试算、比较、分析，最后得到如下模型：

$$y = 116905.4 + 1.43x_1 + 19.98x_2 \quad (3)$$

其中：

y —智能型人才数；

x_1 —地方人均国民生产总值；

x_2 —地方从业人员数。

智能型人才预测模型方差分析、回归参数、残差分析等见表 6、表 7、表 8，

表 6 方差分析

	df	SS	MS	F	Significance F
回归分析	2	2.27E+09	1.13E+09	16.64731	0.00616
残差	5	3.41E+08	68159791		
总计	7	2.61E+09			

表 7 回归参数

	Lower 95%	Upper 95%	下限 95.0%	上限 95.0%
Intercept	-238482	472292.7	-238482	472292.7
X Variable 1	0.210674	2.660535	0.210674	2.660535
X Variable 2	-144.76	184.729	-144.76	184.729

	Coefficients	标准误差	t Stat	P-value
Intercept	116905.4	138251.7	0.845598	0.436362
X Variable 1	1.435605	0.476519	3.012693	0.029664
X Variable 2	19.98468	64.08834	0.31183	0.767753

表 8 残差分析

观测值	预测 Y	残差	标准残差
1	204352	-4284.04	-0.61398
2	205600.7	2776.282	0.39789
3	215368.8	-5956.76	-0.85371
4	220028	6161.049	0.882987
5	220473.1	1276.917	0.183005
6	224238.7	6417.27	0.919709
7	244357	-12631	-1.81025
8	256060.7	6240.323	0.894349

(2) 时变增长模型对人口进行预测

二元回归预测模型要运用地方人均 GDP 值，需要用到山西省常住人口总数，由此，我们建立了山西省人口数时变增长模型：

$$w = 3618.51 - 17.32t_h \quad (4)$$

$$\text{拟合度 } \mu \approx 0.02$$

其中：

w ——人口总数；

t_h —年份 ($t=9$ (2023 年), $t=11$ (2024 年),)

运用此模型预测山西省 2025—2030 年人口数, 结果见表 9:

表 9 山西省 2025—2030 年人口数量预测值

年份	2025	2026	2027	2028	2029	2030
人口数 (万人)	3393.35	3358.71	3324.07	3289.43	3254.79	3220.15

结合山西省地方国民生产总值的预测值 (见表 4), 计算出 2025-2030 年人均地方国民生产总值 GDP, 见表 10:

表 10 2025-2030 年人均地方国民生产总值 GDP

年份	2025	2026	2027	2028	2029	2030
地方生产总值 (亿元)	30733.7	33192.4	35847.8	38715.6	41812.9	45157.9
常住人口数(万人)	3393.35	3358.71	3324.07	3289.43	3254.79	3220.15
人均 GDP (元/人)	90570	98825	107843	117697	128466	140235

(3) 从业人员数量的预测

二元回归预测模型要运用山西省从业人员数量, 由此, 我们建立了以从业人员数为因变量, 时间为自变量的一元回归预测模型:

$$v = 1901.7 + 6.21t \quad (5)$$

$$\text{拟合度: } \mu = 0.0063$$

其中:

v —从业人员数;

t —时间

于是便得到 2025—2030 年从业人员数量预测值, 见表 11

表 11 2025—2030 年从业人员数量预测值

年份	2025	2026	2027	2028	2029	2030
从业人员数 (万人)	1951.4	1957.6	1963.8	1970.0	1976.2	1982.4

(4) 将 2025-2030 年人均地方国民生产总值 GDP (表 10)、从业人员数量预测值 (表 11) 中数据代入二元回归模型方程 (3), 便得出二元回归模型下的 2025--2030 年智能型人才预测值, 见表 12。

表 12 2025—2030 年山西省智能型人才二元回归模型预测值

年份	2025	2026	2027	2028	2029	2030
人均 GDP (元/人)	90570	98825	107843	117697	128466	140235
从业人员数 (万人)	1951.38	1957.59	1963.8	1970.01	1976.22	1982.43
智能型人才数 (人)	287834	300535	314465	329751	346555	364952

4. 灰色模型预测

(1) 生成时间序列

根据系统中信息情况, 全部信息已知称为白色系统, 全部信息未知称为黑色系统, 部分信息已知的为灰色系统。灰色系统预测就是对一定范围与时间有关的灰色过

程的预测。

灰色系统预测广泛应用于工业、农业、商业、经济、社会及军事等领域。本研究选用微分方程 GM (1, 1) 模型进行预测。依据系统内的已知信息, 利用灰色生成理论, 将没有规律的原始数据经过累加, 生成为有规律的生成数据, 进而揭示系统内信息内在的、本质的规律特征。利用 GM (1, 1) 模型预测山西省智能型人才数量可行性很强, 首先, 因为山西省智能型人才数在 2016—2022 年基本是单调递增数据。其次, 智能型人才数量在既定政策下短时间内不会发生巨大变化。以统计的原始数据序列为基础, 建立连续微分方程并得出灰色模型。

$$\begin{aligned} f^{(0)} &= \{f_1^{(0)}, f_2^{(0)}, \dots, f_n^{(0)}\}, \\ f^{(1)} &= \{f_1^{(1)}, f_2^{(1)}, \dots, f_n^{(1)}\} \end{aligned} \quad (6)$$

其中

$$f_{t-1}^{(1)} = f_{t-1}^{(1)} + f_t^{(0)} (t = 1, 2, \dots, n)$$

由于生成时间序列接近指数曲线, 故可认为是光滑的离散系数, 可用微分方程进行描述。

(2) 灰色预测模型 GM (1, 1) 的建立

对生成时间序列, GM (1, 1) 模型相应的微分方程:

$$\frac{df^{(1)}}{dt} + af^{(1)} = b \quad (7)$$

其中, a、b 为未知参数, a 为发展系数, b 为灰色作用量。求解微分方程, 即可得到预测模型:

$$\hat{f}_{t+1}^{(1)} = (f_1^{(0)} - \frac{b}{a})e^{-at} + \frac{b}{a}, (f_1^{(1)} = f_1^{(0)}) \quad (8)$$

其中: $f^{(0)}, f^{(1)}$ 为原始数据与原始数据的第一次累加, $f_t^{(0)}$ 为第 t 年智能型人才总数。a、b 为待定系数, 由如下计算过程简式得出。

$$D = [ab]^T = |F^T H|^{-1} \cdot FH \quad (9)$$

其中,

$$F = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2} [f^{(1)}(1) + f^{(1)}(2)] & 1 \\ -\frac{1}{2} [f^{(1)}(2) + f^{(1)}(3)] & 1 \\ \dots & \dots \\ -\frac{1}{2} [f^{(1)}(n-1) + f^{(1)}(n)] & 1 \end{bmatrix}$$

$$H = \begin{bmatrix} f^{(0)}(2) \\ f^{(0)}(3) \\ \dots \\ f^{(0)}(n) \end{bmatrix}$$

应用灰色系统理论，建立了山西省智能型数量需求预测灰色 GM (1, 1) 模型：

$$\hat{f}_{(t+1)1}^{(1)} = 5990465.598e^{0.03363185t} - 5790397.598 \quad (10)$$

$$H(t) = F^{(1)}(t) - F^{(1)}(t-1), f^{(1)}(0) = h(0)$$

利用上述 GM (1, 1) 模型对山西省智能型人才数量进行预测，预测结果见表 13。

表 13 2025—2030 年山西省智能型人才灰色模型预测值

年份	2025	2026	2027	2028	2029	2030
智能型人才数 (人)	277326	286811	296621	306767	317259	328111

发展系数|a|为 0.03,可以进行中长期预测。GM (1, 1) 模型适用范围见表 14。

表 14 GM (1, 1) 模型适用范围

-a	模型适用情况
-a≤0.3	可用于中长期预测
0.3<-a≤0.5	可用于短期预测 中长期预测慎用
0.5<-a≤0.8	作短期预测应谨慎
0.8<-a≤1.0	应用于残差修正模型
-a>1.0	不宜采用

(3) 灰色预测模型检验

残差检验：计算相对残差

$$\varepsilon(k) = \frac{f^{(0)}(k) - \bar{f}^{(0)}(k)}{f^{(0)}(k)} \quad (k=1,2,\dots,n) \quad (11)$$

求级比：

$$\lambda(k) = \frac{f^{(0)}(k-1)}{f^{(0)}(k)} \quad (12)$$

级比偏差值检验：

$$\rho(k) = 1 - \frac{1-0.5c}{1+0.5c} \lambda(k) \quad (k=1,2,\dots,n) \quad (13)$$

根据上述预测模型计算拟合值，智能型人员数检验见表 15，GM (1, 1) 模型精度检验等级参数见表 16。

表 15 智能型人员数的检验

年份	原始值	模型值	残差	级比偏差
2015	200068	200068	0	
2016	208377	404965	-0.943	-0.0772
2017	209412	211905	-0.012	-0.0393
2018	226189	219153	0.031	-0.1171
2019	221750	226649	-0.022	-0.0139

2020	230656	234401	-0.016	-0.0757
2021	231726	242418	-0.046	-0.0390
2022	262301	250710	0.044	-0.1707

表 16 GM (1, 1) 模型精度检验等级参数表

指标 精度级别	相对误差	关联度	均方差比值	小误差概率
一级	<0.01	>0.90	<0.35	>0.95
二级	<0.05	<0.80	<0.50	>0.80
三级	<0.10	>0.70	<0.65	>0.70
四级	<0.20	>0.60	<0.80	>0.60
不合格	>0.20	≤0.60	≥0.80	≤0.60

相对误差

$$\Delta_{(t_1)} = (|\varepsilon^{(0)}(t)/f^{(0)}(t)|) = (0.0012, 0.0031, 0.0022, 0.0016, 0.046, 0.044)$$

$$\bar{\Delta} = \frac{1}{6} \sum_{t=1}^6 \Delta_{t_1} = 0.004 < 0.01, \text{ 模型精度为一级。}$$

4. 预测结果的综合处理

为避免由片面性产生的失误，我们遵循整体的观念、动态的思路，运用算术平均方法，对上述四种类型模型预测结果进行综合处理，最后得出山西省智能型人才需求预测数值综合处理结果，如表 17 所示。

表 17 山西省智能型人才需求预测数值综合处理结果 单位：人

年份 模型	2025	2026	2027	2028	2029	2030
一元回归模型	276691	286624	297352	308938	321451	334965
时变预测模型	271142	278424	285705	292987	300269	307551
二元回归模型	287834	300535	314465	329751	346555	364952
灰色模型预测	277326	286811	296621	306767	317259	328111
算术平均值	278248	288099	298536	309611	321384	333895

二、课题的重点和难点

1) 重点

本项目主要采集了 2016 至 2023 年的统计资料的数据。根据人才预测学基本原理分析，利用统计分析理论、经济数学，借助 MATLAB、EXCEL 数学软件，研究智能型人才与经济、社会、人口数量、从业人员人口数量间诸多因子的内在规律性，建立了山西省智能型人才预测的多种数学模型：时变增长率预测模型、二元回归预测模型、GM(1, 1)灰色预测模型，并运用这些模型具体预测了山西省的智能型人才的需

求量与补充量。最后，对预测结果进行了可行性分析，并提出策略建议。

2) 难点

由于各种数据采集有一定的难度，人才资源需求数量受到社会、经济、科技等诸多因素的影响，而社会和经济的各种因素之间存在多重共线性，同时某些数据资料无法收集，因而相关数据的分析、研究的基本思路、相关预测的数学模型的确立、预测结果的分析等等都是本课题的难点所在。

三、课题的学术价值

1) 人才预测的起源及研究动态

20 世纪 60 年代以来，世界科学技术的迅速发展，给社会经济、生活带来了重大影响，出现了许多未曾料到的问题，人们感到有必要对世界上可能出现的各种问题、其中包括人才问题进行科学预测。同时，人们也愈来愈感到人才在未来社会中的重要作用，如果不重视对人才的培养和预测，势必给未来社会和经济的发 展带来重大损失。于是人才预测学也就在预测学的基础上诞生了。人才预测的思想可以追溯到 20 世纪初期。早在 1918 年，英国的格林伍德就对劳动力市场的供求问题进行了预测研究。40 年代中期，英国的希尔等人运用数学模型预测和分析了机构中人员分布的演变。50 年代 末期，预测的重点逐渐从人力预测转向了人才预测。60 年代初期，日本政府为了发展经济，制定了《国民收入倍增计划》，其中对人才的预测作了开创性的探索，并取得了理想的效果。与此同时，欧洲经济合作与发展组织也制定了《地中海计划》，该计划将人才的供求与教育规划联系起来进行研究，并在预测方面作了一定的尝试。到 70 年代后期，人才预测在理论和方法上趋于成熟，特别是在人才的定义、应用范围、预测方法等方面有较大的进展，比较有代表性的是荷兰的维豪温和美国的弗雷泽里贝。维豪温对人才规划的定义提出了较为科学的观点，指出了大型企业中长期人才规划的三个步骤：1. 预测人才需求；2. 预测人才拥有量；3. 人才需求量和拥有量之间的匹配。他还论述了人才规划和人才预测的关系：人才规划是人才预测的最终目的。弗雷泽里贝是美国“现代人事系统”主席，他探讨了人才需求量和人才拥有量之间的关系，提出了人才预测的方法，如趋势分析，相关关系分析，比率分析，还提出了人才预测的评价标准。现在，世界各国越来越重视人才预测工作。除第一、二世界国家以外，第三世界的很多国家也开展了人才预测工作。1977 年以来，我国各地多次开展科技人员的普查，在这个基础上开展了专门人才预测和规划工作。航天工业部、原兵器工业部、原机械工业部、船舶总公司以及上海、北京等省、市都相继进行了人才预测。为了制定专门人才规划，从 1983 年开始，我国有组织、有计划地开展了全国性的专门人才预测工作，为我国经济社会发展规划提供了科学依据。

2) 本课题相对已有研究的独到学术价值

随着我国社会主义经济、社会的发展以及科学技术的进步，国家更加需要智能型人才。对智能型人才的数量、结构等进行预测，将对山西省的社会、经济、科技发展起到重要的作用。要使人才预测具有科学性、可靠性，就要根据人才预测学的基本原理分析、研究人才与经济、社会、科技间诸多因子的逻辑关系和数量关系，寻找它们之间的内在规律。关于人才预测的研究国内外已有许多成果。并且这些结果大部分都注重定性研究，多数为统计资料的简单描述，而没注重定量研究，因而没有充分的说服力。本项目在已有的定性研究的基础上，利用已有统计资料，对其进行必要的加工、提炼，建立山西省智能型人才预测的数学模型，并运用这些模型具体预测了山西省 2025 至 2030 年智能型人才的需求量和补充量，对我省智能型人才的可持续发展做出科学的预测，增强预测的可信度和说服力，并提出合理的建议，为决策部门制定有关政策提供理论依据。为山西省制定人才规划提供科学方法，对人才研究工作起基础性作用，对山西省人才引进和培养方向起引导作用，对人才发展计划的实施情况起检查作用，为智能型人才个体发展提供坐标。因而本课题不论是在理论上 还是实践上都有较高的学术价值和实践意义。

四、课题的创新之处

1) 确立研究的基本思路

本预测属于中长期预测。由于是对转轨时期山西省智能型人才需求量的预测，在计划经济体制下的人才资源利用规律已体现不出市场经济体制下人才需求的趋势，市场的变化将直接带来各行业人才需求的不同变化，因此，在预测中，主要采集了 2016 至 2023 年的统计资料的数据。根据人才预测学基本原理分析，利用统计分析理论、经济数学，借助数学软件研究智能型人才与经济、社会、人口数量、从业人员人口数量间诸多因子的内在规律性，建立了山西省智能型人才预测的多种数学模型：时变增长率预测模型、二元回归预测模型、GM(1, 1)灰色预测模型，并运用这些模型具体预测了山西省的智能型人才的需求量与补充量。

2) 确定实际、有效的预测前提

由于智能型人才资源需求数量受到社会、经济、科技等多种因素的影响。而社会和经济的各种因素之间往往存在多重共线性，导致模型的不稳定，同时某些数据资料无法收集，我们遵循所选模型力求科学、简便、实用、可靠的原则，确定实际、有效的预测前提。

通过对智能型人才资源历史与现状的调查分析，研究智能型人才资源变化内在的规律及智能型人才与社会经济发展的关系，综合地进行定性和定量的科学分析，依据山西省社会经济发展的速度与目标，结合我省“十四五”规划，预测人才未来发展趋势和需求量，确定我省智能型人才规划。分析过程中在利用传统理论的同时，我们充分注意到地区管理体制、组织结构、人的观念及行为对于我省智能型人才系统的影

响。强调按整体的观点、动态的观点从多方面采用多种方法来研究我省智能型人才问题，避免了由片面性和静止观点造成的失误。对于智能型人才的流动、自然减员及突发因素等等，我们在整个宏观和分类预测中，均暂时忽略不计。随着时间的推移、经济发展结构的调整等影响预测因素的变化，具体数据及时相应调整，确保预测的准确性。

3) 建立多种智能型人才需求预测数学模型，并进行综合处理

1.建立时变增长率预测模型

智能型人才的需求过程是一个非常复杂的动态过程，受很多因素的影响和制约，我们从智能型人才需求动态的连续性出发，根据历史数据 2016 至 2022 年的数据资料，对智能型人才的年增长率进行线性模拟，建立时变增长率预测模型。

2.建立一元回归预测模型

通过对 2016-2022 年的数据资料分析计算，我们发现智能型人员数量与地区国民生产总值具有高度关联度，因此，我们建立了以智能型人员数为因变量，山西省国民生产总值为自变量的一元回归预测模型。

3. 建立二元回归预测模型

以地方人均国民生产总值和从业人员数为自变量，建立以智能型人才人数量为因变量二元回归预测模型

D. 建立 GM(1, 1)灰色预测模型。以给定的原始时间数据序列为基础，建立连续微分方程并得出灰色模型。

E. 综合处理。每种模型的偏重点不同，导致预测结果有偏差。我们对四种预测模型预测结果进行算术平均处理，得出更科学的综合预测结果。

最后，对预测结果进行了可行性分析，并提出策略建议。

说明：页数不够可另加页。