

从可计算到可感知：工科方法融入能源经济课程的教学设计与实践

——以基于 MATLAB 的“能源时间序列分析与预测”为例

肖 坤^{1,2*}

¹湖北工业大学经济与管理学院 湖北武汉

²湖北工业大学湖北循环经济发展研究中心 湖北武汉

【摘要】工科方法进入经济学课堂容易简化为软件应用、算法相加，却忽略了经济问题的根本还在于人的体验、立场、选择。面对能源时间序列课程中的公式抽象、模型“黑箱”、预测结果遥不可及等问题，以能源经济专业必修课“能源时间序列分析与预测”为例，进行 MATLAB 支持的“可视—可调—可互动—可换位”设计。把“趋势、滞后、误差、反馈”的关系转化为图像是可视的；把样本窗口、模型参数、预测时间、评价权重转化为变量是可调的；学生可分别从能源安全、企业成本、用户可否承受、环境公平等立场“换位”调整权重，观察“最优模型”、“政策判断”随“目标”而变。由此，工科的“问题分解、系统建模、仿真检验、迭代改进”，也不只是提高计算效率，而成为降低认知门槛、展现利益差异、促进立场理解的媒介。我们对连续 3 学年的匿名成绩的描述性分析中：可获样本的整评平均分从 82.83、82.94 提到 84.55；实验分项分均值从 82.80 提到 90.40；最近一学年期末分均值提高到 84.73，离散度也明显减小了。这些结果是从教学设计中预期到的“先改进做实验，再更上层楼”的机理，但受到班级的影响、考核比重的影响、对见的样本不完全一致的限制，只能是证实性的成果。课程改革的作用不在于要把“经济学”工科化，而是把抽象的能源关系看得见、调得动、可谈、可对话，而且让学生能在选择中模型体会技术背后人的位置。

【关键词】新文科；工科方法；能源经济；人本教学；MATLAB

【收稿日期】2026 年 7 月 5 日

【出刊日期】2026 年 8 月 3 日

【DOI】10.12208/j.ssr.20260255

From computable to perceivable: Integrating engineering methods into energy economics education with MATLAB

Kun Xiao^{1,2*}

¹School of Economics and Management, Hubei University of Technology, Wuhan, Hubei

²The Research Center of Circular Economy Development in Hubei, Wuhan, Hubei

【Abstract】Introducing engineering methods into economics education is more likely to focus on teaching students how to use softwares and accumulate algorithm, ignoring the fact that an economic question in the end needs to reflect on human experience, position and choice. To tackle the abstract formula, black-box model and socially detached forecast often in energy time-series education, we develop a MATLAB-aided teaching design for economics class with visualization, adjustability, interactivity and perspective-taking features. Trends, lags, errors and feedback relationships are transformed to be directly displayed; sample windows, model weights, forecast span and judgement weight are to be directly adjustable. Students then adjust these weights from the perspectives of energy security, corporate cost, consumer affordability, and environmental justice, and see how the preferred model and policy judgement change with objective. Engineering practices, such as decomposition of problems, modelling of systems, simulation-based validation, debugging, and improvement, thus do not only yield computational techniques but also provide ways of lowering cognitive barriers, revealing conflicting interests, and facilitating perspective-taking. Descriptive evidence from anonymized grades for 3 academic years exhibits moderate improvement of overall performance, a stronger improvement of experimental performance and

*通讯作者：肖坤（1988-）男，博士，助理研究员，研究方向为电力市场、复杂系统建模、微分几何等。

later improvement of final examination performance accompanied by lower dispersion, consistent with a mechanism in which interactive experiments improve participation first and then facilitate knowledge transfer, although it cannot be interpreted causally because the composition of cohorts, the relative weights of assessments and completeness of data vary across years. Our purpose is not to engineer economics, but to make abstract energy relations visible, adjustable, discussable and make students grasp the human conditions of model choice.

【Keywords】New liberal arts; Engineering methods; Energy economics; Human-centered teaching; MATLAB

引言

能源经济问题既有生硬的数量性，又有连人的具体性。电力需求预测既影响发电容量、电网投资，也影响居民用能负担、企业运行成本、极端情况下的保供风险、能源转型中的代际公平。同一预测对电网公司可能意味着容量的安全余量，对企业用户可能意味着电价上涨，对环境保护者可能意味着碳排放约束。如果课堂上只有公式的推导、预测误差的计算，这些相互矛盾的需求就被压缩为一条曲线、一个均方误差，能源经济学就容易在技术化过程中淡出对人的问题的关注。

新文科建设强调现代信息技术和文科专业融合发展^[1]，但“融合”不等于在原有的课程后面加上软件实训课。经济学的教学希望学生处理真实数据、现实问题^[2]；计算思维里强调的分解、抽象、算法化也不应该是只限于计算机^[3]。同时，课程目标、学习活动、评价任务也要一致^[4]，问题式教学和归纳式教学才能真正把方法运用转变成高阶理解^[5]。已有成果尝试在经济预测或 MATLAB 课程中设计案例、科研问题、专业任务^[6-8]，但不少教学设计也还是围绕“会否调用模型”“预测能否准确”展开，重视结果而忽视图形、交互、主角立场和结果责任等。

多重表征说明适当利用语言、数据、图形和动态表示，能把抽象和能观察到的联系在学习者心中调和起来^[9]。人本设计还提醒我们，技术要自人之能、人之需、人之境出发，而不是要人去适应技术。能源课程的理解还有一层深意：“能源决策没有一个挣脱主体的‘最优’，安全、成本、负担、环境公平之间的益权衡的不同，将会导致模型评价和政策选择的不同”。能源正义也会把分配、程序、承认等问题纳入能源分析和决策中^[10]。因此，“关乎人文”不是在做一些模型课之后，去空洞地添加一套伦理示范的陈述，而是让学生内在地感知到不同主体、去尝试不同权重、去探究不同结果。

因此，本文以能源经济的一门必修课“能源时间序列分析与预测”为例，在已有教学大纲、实验指导书基础上，把 MATLAB 从“计算工具”还原为沟通“抽象

的关系”和人的体验的“认知界面”，形成“可视—可调—可互动—可换位”的实验教学系统。本文相关问题有：工科的方法是如何消减能源预测抽象性的？交互式实验如何展现“多主体以及多主体地位与权重”？前、中、后三个学年的成绩结构是否给予了和教学行为一致的所谓支持性证据？

1 教学问题：抽象能源预测何以重新“关乎人”

“能源时间序列分析和预测”是一门 2.5 学时、40 课时的选修专业必修课，先修课是统计学、计量经济学和能源技术导论。“能源时间序列分析和预测”既要讲 ARIMA、协整、误差修正、VAR、神经网络、灰色预测、系统动力学这些模型，也要让学生能够解释“能源时间序列”这些数据去服务现实决策。“能源时间序列分析和预测”这门课的困难不在于“模型太多”，而在于“模型和人的经验之间有三重距离”。第一重距离是抽象符号和直观经验的距离。平稳、差分、滞后、残差相关、脉冲响应对于学生而言并不是天生的感性的。学生看来能记复述定义，看不明白一条曲线为什么要做差分、滞后阶数改变了模型有什么变化。如果实验还原就是不作任何逻辑上的思考复制原代码的脚本，软件会帮学生把计算做成，却不一定给学生建立时间结构感性理解。

第二重是预测结果离现实主体的距离。传统的作业是把预测对象看作无差别的变量，但高估或低估能源需求的后果显然不一样：高估会带来投资过高的问题，出现搁浅资产；低估有保供困难的问题；价格高落低升对能源企业与低收入用户的意义也不一样。学生只比较 RMSE 也不能知道其实误差函数的选择、模型的选择都有本身的偏颇。

第三重是技术操作与经济判断的距离。解释和预测就是相关不同却相距很近的建模任务^[11]，预测竞赛也说明，模型优劣取决于数据的性质、任务的环境，复杂模型并不天然优于简单模型^[12]。学生如果只学会自动定阶、工具箱上的旋钮、神经网络上的“培训”，可能是算法的输出成了经济性的结论。工科的方法真的能够贡献的还有一点，就是把问题搞清楚、把假定假设

明确、把参数变动加以化作实验、把“误会”再次化作诊断；至于经济学，则是要再次追问这些计算服务谁、不要谁、什么制度下才是成立的。

由此，本课程的教学目标从“会建模、会预测”提高到三个相关的能力：把能源关系转换为可以计算的模型模型；基于可视和交互形成可视的动态直觉；基于不同角度看待与解释模型的选择及其后果。人文性不在计算之外，而在看计算怎么观看、操控、质疑计算、理解他人看待如何理解计算之观。

2 可视、可调、可互动的教学设计

2.1 从“代码—结果”转向“体验—判断”的总体框架

课程以 MATLAB Live Script、绘图函数和 App

Designer 交互控件作为具体工具，把传统的“教师给出模型、学生运行代码、提交结果”线性过程改写成六个互相影响的环节：问题、可视表征、参数操纵、即时反馈、立场权重、决策反思（图 1），“问题情境”首先告诉学生预测的对象和服务何方，“可视表征”将原数据、差分、残差、预测区间、动态响应汇集在界面中；“参数操纵”可令学生改变数据的样本窗口、差分的阶数、滞后项的阶数、训练比例、预测期限；“即时反馈”图形和评估信息会依参数改变；“立场权重”让学生对安全、成本、有经济上承受力、低碳、公平等等决策立场的权重进行相互比较和选择；“决策反思”则要求学生说明自己结论的适用范围以及可能受影响的大小与群体。

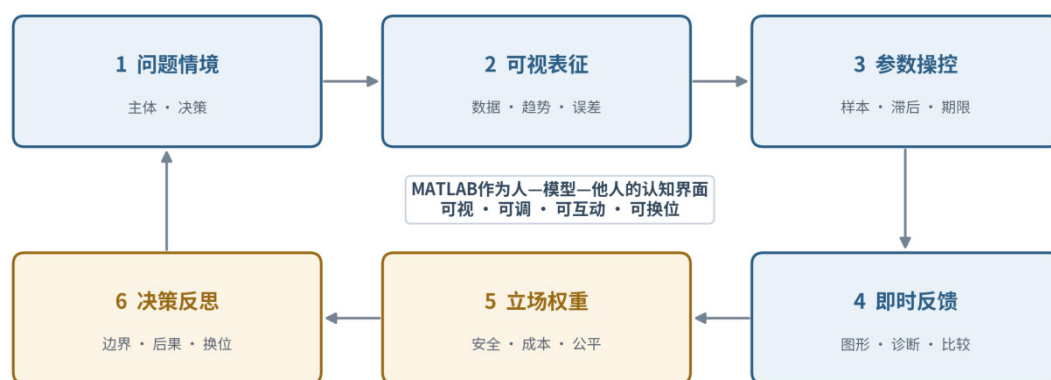


图 1 从抽象能源预测到多主体判断的交互式教学框架

设计中这一“可视”并不是漂亮的结果，而是把现实中不可直接看的统计结果展现出来了；“可调”不是“胡乱试参”，而是要把假设化成可检验的选择；“可互动”不是多几只按钮，而是让学生具有操作-反馈-修正的一贯的经验；“可换位”是对学生可改变主体和权重，认识到同一模型可能有不同的评价。MATLAB 成了人与抽象模型之间的窗口，并不是将人阻隔在算法之后的黑箱。

2.2 四个递进实验中的人本体验

配套实验指导书用 8 学时集中进行实验。本文保留 4 个实验的知识结构，再重新规定每个实验的体验任务（表 1）。实验一不对语法“记忆”做结尾，而要求学生把表格上的数据抄动到界面上来，观察散点、趋势、离散点和残差的“联手”变幻的过程。实验二以中国 GDP 和煤炭、石油、天然气和电的消费为案例，要求同步显示它们的原序列、差序列、协整残差、脉冲响应等图形，促使学生从“看上去是同时增长”到“长期

内有没有关系”。实验 3 让学生切换 ARIMA、BP 神经网络、GM(1, 1)，观察预测曲线、误差的上下曲线如何运动，不要把模型对比做成“排行榜”。实验 4 则把系统动力学的存量、流量和反馈回路与主体的权重挂接起来，讨论经济增长、能源安全、价格负担、减排目标的平衡与张力问题。

2.3 课堂组织与评价方式

课前的材料有“问题卡、数据卡、角色卡”组成。问题卡说明“支持”一个现实的决策；数据卡说明口径、缺失值、制度连断点；角色卡分别是能源的监管者、发电或电网企业、工业或居民用户、环境或公共利益的代表。进课前先让学生为自己的这个角色写下最关心的预测误差、评价指标等；然后才能开始建模。这首先就是“为什么预测”先于“如何调用函数”。课中采用三人一小组，轮换制度：一人在界面上做图；一人讲图、诊断图；一人代表某一主体有质疑。序列不稳定、残差相关、神经网络过拟合出问题，教师

就不直接给标准参数，而是要求小组来判别是数据、是模型、是目标的问题。界面上可即时变化参数、重跑等，所以，“错误—反馈—更正”本身就是“可上课”的学习过程。

在模型比较环节，学生不再只按预测误差排序，而用加权得分 $S_m = w_1 P_m + w_2 I_m + w_3 R_m + w_4 H_m$ 评价模型。其中， P_m 表示预测表现， I_m 表示可解释性， R_m 表示稳健性， H_m 表示与特定主体需求及后果的匹配度。不同角色通过滑块设置权重，并观察模型排序变化。

该活动并不否定客观检验，而是使学生看到：数据检验约束可接受模型，价值权重则影响可接受模型中的最终选择。

课后的实验报告可包含问题和角色、数据和模型、交互试验、诊断比较、立场反思五部分。课后报告的总成绩也应包括平时成绩、实验成绩或课程论文等，不过实验报告内部不把“代码运行正确”作为唯一考核的标准，而是同时考核可视表达、参数试验、模型诊断、主体解释（表 2）。

表 1 四个实验的工科训练与人本体验

实验	主要方法	可视、可调设计	工科方法训练	关乎人的体验与立场
编程与时间序列基础	回归、平滑、ARIMA	数据点、拟合线、残差同步显示；可调整异常点和差分阶数	数据输入、算法实现、误差诊断	感受数据处理如何改变结论，理解“异常”背后的真实情境
GDP 与能源消费关系	单位根、协整、ECM、VAR	可切换样本窗口、变量和滞后阶数；即时更新长期关系与脉冲响应	模型选择、稳定性检验、动态分析	区分经济增长、保供与能源结构转型的不同问题
多模型预测比较	BP 神经网络、GM(1, 1)、ARIMA	模型下拉选择、训练区间与预测期滑块、误差与区间联动	非线性拟合、参数调试、样本外比较	认识“最准确”不等于“最适合”，关注解释性和误差后果
系统动力学综合实验	存量—流量、反馈、情景模拟	调整增长率、能效和主体权重，观察系统路径变化	系统分解、模块耦合、敏感性分析	在安全、成本、可负担性、低碳和公平之间换位思考

表 2 交互式实验报告评价框架

评价维度	权重	核心观测点
问题情境与主体识别	15%	决策场景明确；能够识别主要主体及其差异化需求
程序、模型与数据处理	20%	代码可运行；模型与问题匹配；数据口径处理合理
可视表达与交互试验	20%	图形能够呈现关键关系；完成参数、样本或权重的对照试验
诊断、比较与迭代	25%	检验步骤完整；能够依据失败结果修正模型并比较替代方案
经济解释与立场反思	20%	区分相关、预测与因果；说明不确定性、适用边界和影响主体

3 教学实施：“经济发展，电力先行”如何从公式变成体验

3.1 把长期关系、短期波动和模型失败“显示出来”

实验利用 1990—2022 年中国 GDP 和电力消费的基本数据。学生开始看到归一化处理后的这两条曲线在同一坐标界面。图的共同上升可能带来“两者的相关程度很大”的直觉，随即教师让学生切换成原序列、一阶差分、二阶差分，并图示单位根检验和自相关函数。原来抽象的平稳性，此时变成了可观察的形态变化：差分不是为了完成某个不变的步骤，而是为了去除趋势、展示新的动态形式。

随后，学生拖动样本窗口和滞后阶数，比较两个不同协整的残差、误差修正项和 VAR 的稳定性。有时候不同的设定下残差不平稳、调整项不显著，界面返回错误结果而不是只显示优胜的结果。学生要说明可能失败之处可能是样本期较短、变量口径不同、结构突变，

也可能仅仅是模型设定，然后试着加以改进。工科的调试过程在这里转化为体会到经济关系的边界过程。多模型的比较中，ARIMA、神经网络、灰色模型的拟合曲线、预测区间和误差均并列列出。学生改变训练时段和预测期后看到神经网络样本内曲线优越性未必连续，GM(1, 1) 对平稳趋势敏感、ARIMA 相对历史结构依赖更多。因而每个模型都不是一组为之记忆的名字，而是具有不同脾气、不同前提和风险的“可体验对象”。

3.2 把预测误差和主体立场“带入模型”

“经济发展，电力先行”当然不仅仅有统计含义。监管者担心低估了需求，会给保供不当带来风险，能源企业注重投资回收和系统成本，用户关心电价和服务的相对稳定性，环境有关于新增供给的排放和代际效果。课堂上同样的一组预测结果让不同小组面对，却以不同的误差惩罚不同价格和不同评价权重。

当安全权重越高时，学生也会更倾向于倾向那些

对需求低估惩罚更多、预测区间更为保守的模型；当可负担、投资的效率权重提升时，过度预测与过度建设和偏紧预测的代价就要加入考虑；当低碳和公平的权重加大时，学生必须解释新增需求是由什么能源提供的、成本由谁来担负。随着幻灯的变换，网页中综合得分、模型排序会立刻更新。学生便直观地看到，“最优的模型”不是恣意的主观之选，但也不是脱离情境的总答案。

课堂最后要求各个小组转换“角色”，也用 300 字左右的“决策者说明”说明预测区间、关键假设、主要风险和受影响的当事者。换位并不要求学生撤销自己的判断，是让学生能转述另一种立场为何是合理的、在哪些权重下结论会变化的。这就把“交互的过程延伸

为‘人’与‘软件’的交互，延伸为‘人借助模型’与‘他人立场’对话”，这也是课程契合“人文关系”关键所在。

4 教学效果：成绩提升与人文目标的落实

为了考察课程改革是否能够改善教学的效果，本文对 2023—2024、2024—2025 和 2025—2026 学年的课程成绩做匿名处理，仅保留了成绩分项，不提取和上报学生姓名、学号等个人信息。3 个学年分别有 29、35、33 条可用记录。这 3 届学生的总评构成不同，本文除了比较总评成绩之外，也结合实验、期末成绩考察变化的情况，避免了只考察 1 种考核权重对结果产生影响。

表 3 连续三学年匿名成绩的描述性统计

学年	可得样本 n	总评均值±标准差	总评中位数	80 分及以上	90 分及以上	期末均值±标准差
2023—2024	29	82.83±6.74	81	69.0%	17.2%	77.03±11.33
2024—2025	35	82.94±9.40	87	68.6%	34.3%	76.97±13.44
2025—2026	33	84.55±6.35	85	75.8%	21.2%	84.73±7.84

注：2024—2025 学年截图未显示全部 37 人；2025—2026 学年尚有 1 人成绩未录入。统计不含任何身份信息。

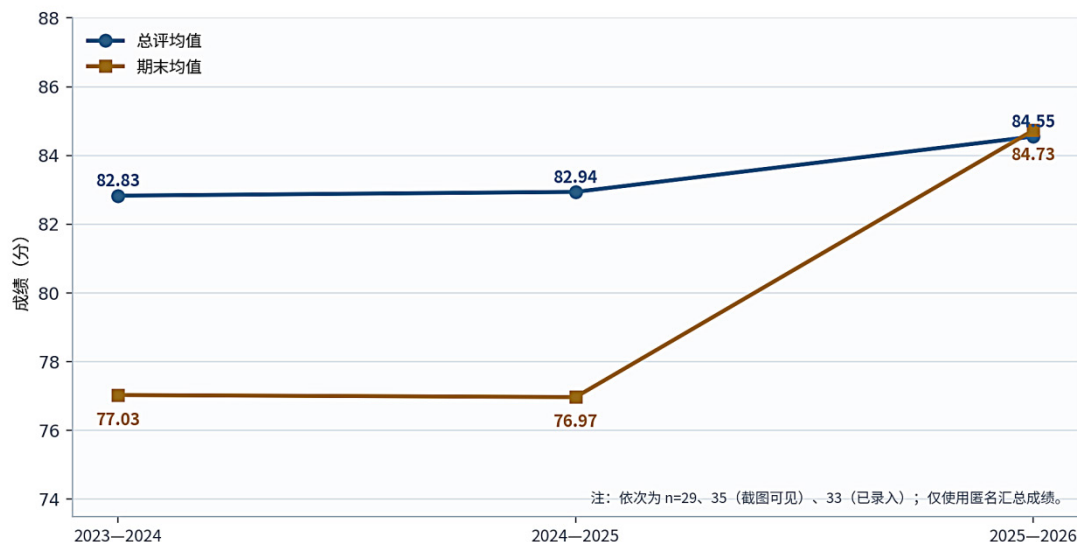


图 2 连续三学年总评与期末成绩均值变化

表 3 和图 2 表明，2023—2024 学年至 2025—2026 学年课程改革得分改善主要包括了三个主要方面：（1）“总评”的均值由 2023—2024 学年的 82.83 分、2024—2025 学年的 82.94 分增加至 2025—2026 学年的 84.55 分，“80 分以上”学生百分数从 2023—2024 学年的 72.17%增大到 2025—2026 学年的 75.8%，表明班级整体上学习效果逐渐提高。（2）在设置了实验分数的前

两年，实验均分由 82.80 分上升到 90.40 分，表明使用 MATLAB 方式的可视化、调节、比较对提高学生实验、方法中的实验参与作用较为明显。（3）2025—2026 学年期末均值 84.73 分高于上一年均值 77.76 分，2025—2026 学年期末均值的方差下降了 13.44 降至 7.84，说明教学改善不仅发生在实验操作环节上，也体现在理解、运用理论的变化上，基础较弱的学生的学习表现也

比以前更加稳定。

上述变化从理论上直接地支持了本文中关于教学效果的结论：把工科的问题分解、编程实现、仿真比较、迭代诊断等做法运用到能源经济课程中，可以把抽象的时间序列关系变换成容易观察和学习的对象，从而提高学生对模型理解、运用、迁移的能力，学习过程成绩提高并不是只表现为“软件操作得更好”了，而是同时体现在总评和期末的成绩上，说明工科的方法也不仅仅是“实验工具”，而且是促进经济学学习的教学方法。

这样的教学效果也支持课程的人文目标。传统能源预测课程要求学生找到误差最小的模型，本课程则在此基础上，学生更需要理解预测所服务的对象，调整能源安全、企业成本、用户可承受性、低碳、公平等方面的权重，并解释不同模型的选择对不同用户可能造成的影响。可视化降低学生对于抽象模型的理解难度，交互操作解决了学生面对方法时的学习体验，身份和权重的选择可以使得学生体会到，能源预测并不只是使用技术计算的方法，也是与现实需求、利益不同、人的状况等一系列因素和问题“对话”。这样的课程，在提高学生学习成绩的同时，也是让工科的方法更好地承载了经济学教学中的“人文关怀”。

需要说明的是，三届学生并非同一群体，考核权重和试题也存在差异，因此上述成绩变化主要用于反映课程连续改革中的总体趋势。后续还可通过统一题目、学习体验问卷和立场反思文本进一步检验其效果，但这不影响现有成绩所呈现的基本事实：随着工科方法与人本教学设计逐步结合，学生的实验表现、期末成绩和总体学习结果均得到改善。

5 讨论与结语

工科方法运用到经济学教学里最容易走两种反面：一种是把 MATLAB 当成更便捷地上课的计算器，另一种是以更复杂的算法取代经济解释。本文的设计试图把方向带回到“人”：可视化使得抽象结构对初学者更为友好，可调参数使得假设和错误能够被体验，交互反馈使得学生在试验中直觉的养成，并且用主体权重、角色交换把模型转变为表达利益分化的媒介。这并不等于所有立场都是对的，也不等于统计检验可替代价值判断。数据质量、模型诊断、样本外效用等都是技术底线；这些技术底线之上，才涉及到安全、成本、可负担、低碳和公平的权重选择。工科的方法有可计算、可检验、可迭代的结构，经济学、人文关怀的方法有告诉问题为何重要、有何后果、模型跑到了什么位置等要求。

二者做出制约，才是真正融合。

连续三学年的匿名成绩呈现出较为清晰的改善过程：实验上先提高，之后期末掌握度和总结成绩就更进一步提高，最近 1 届的成绩更是分布紧密些。这说明工科的方法融入能源经济课后，他们真正掌握用 MATLAB 分析和预测能源问题的能力提高了，有助于他们理解本课程涉及的很多经济学理论和模型逻辑。对“教研”来说，这也说明改革的效果，也有助于老师发现下一阶段教师还需提高的部分。可见，“关乎人文”不是让能源预测少些技术，而是让技术更可近、更能再质疑、也能真正具备人有不同身处的情境与“地方”。学生不单是能够算出预测值就可以，还看到了参数变化、会检视模型失误、可以换主体立场并且懂得说错的例子后果时，MATLAB 才能从计算机“软件”变成能源经济的教育人本媒介。

参考文献

- [1] 教育部高等教育司. 新文科建设工作会在山东大学召开 [EB/OL]. (2020-11-03)[2026-07-26]. https://www.moe.gov.cn/jyb_xwfb/gzdt_gzdt/s5987/202011/t20201103_498067.html.
- [2] BECKER W E. Teaching economics in the 21st century[J]. Journal of Economic Perspectives, 2000, 14(1): 109-119.
- [3] WING J M. Computational thinking[J]. Communications of the ACM, 2006, 49(3): 33-35.
- [4] BIGGS J. Enhancing teaching through constructive alignment[J]. Higher Education, 1996, 32(3): 347-364.
- [5] PRINCE M J, FELDER R M. Inductive teaching and learning methods: Definitions, comparisons, and research bases[J]. Journal of Engineering Education, 2006, 95(2): 123-138.
- [6] 安丽平. 新文科背景下研究型课程教学改革与实践[J]. 创新教育研究, 2024, 12(11): 618-626.
- [7] 李治艳, 王丹, 黄仙山. MATLAB 基础及应用课程教学改革探究[J]. 安徽工业大学学报(社会科学版), 2024, 41(2): 52-54.
- [8] 王萍, 朱敏. 基于 MATLAB 仿真的电力电子技术实验教学教学改革[J]. 石家庄学院学报, 2023, 25(6): 56-60, 85.
- [9] AINSWORTH S. DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations[J]. Learning and Instruction, 2006, 16(3): 183-198.
- [10] SOVACOL B K, DWORKIN M H. Energy justice:

- Conceptual insights and practical applications[J]. Applied Energy, 2015, 142: 435-444.
- [11] SHMUELI G. To explain or to predict?[J]. Statistical Science, 2010, 25(3): 289-310.
- [12] MAKRIDAKIS S, SPILIOTIS E, ASSIMAKOPOULOS V. The M4 Competition: Results, findings, conclusion and way forward[J]. International Journal of Forecasting, 2018, 34(4): 802-808.
- [13] HYNDMAN R J, ATHANASOPOULOS G. Forecasting: Principles and Practice[M/OL]. 3rd ed. Melbourne: OTexts, 2021[2026-07-26]. <https://otexts.com/fpp3/>.
- 版权声明：**©2026 作者与开放获取期刊研究中心（OAJRC）所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS