

基于MWORKS的科学计算与可视化课程教学 案例设计

——以数独图像识别与求解为例

张永飞, 曲英勃, 张莉, 刘芳

(北京航空航天大学 计算机学院, 北京 100191)

摘要: 科学计算与可视化是科学研究的支撑技术, 而案例化教学是重要的教学手段。在对基于MWORKS的科学计算与可视化课程教学案例设计理念简介的基础上, 重点介绍数独图像识别与求解这一典型案例。综合应用数字图像处理课程中的图像矫正、分割等图像预处理知识, 机器学习导论课程中的分类器、深度学习等知识, 算法设计与分析课程中的回溯和剪枝优化等算法, 以及MWORKS的科学计算与可视化工具, 实现图像预处理、(手写或标准)数字识别、数独求解和可视化展示等整个系统流程, 强化了学生综合运用所学知识思考和解决实际问题的系统化实践能力, 取得了较好的教学效果, 同时具有良好的示范应用价值。

关键词: 科学计算与可视化; MWORKS平台; 系统化实践; 数独图像识别与求解

DOI: 10.11907/rjtk.241809

开放科学(资源服务)标识码(OSID):

中图分类号: TP391.4

文献标识码: A

文章编号: 1672-7800(2025)001-0176-07



Design of Teaching Cases for Scientific Computing and Visualization Courses Based on MWORKS

——Taking Sudoku Image Recognition and Solving as an Example

ZHANG Yongfei, QU Yingbo, ZHANG Li, LIU Fang

(School of Computer Science and Engineering, Beihang University, Beijing 100191, China)

Abstract: Scientific computation and visualization serve as cornerstone technologies underpinning scientific research, while case-based teaching emerges as a pivotal teaching method. This paper delves into the design concept of teaching cases for scientific computation and visualization courses, leveraging MWORKS as the platform. Specifically, we introduce a quintessential case study on sudoku image recognition and solving. This case study integrates a wide array of knowledge, including image preprocessing techniques such as correction and segmentation from "Digital Image Processing," classifier or deep learning concepts derived from "Introduction to Machine Learning," backtracking and pruning optimization algorithms sourced from "Algorithm Design and Analysis," and the powerful scientific computation and visualization tools offered by MWORKS. The case study encompasses the entire system workflow, starting from image preprocessing, digit recognition, sudoku solving, and result visualization. This holistic approach enhances students' systematic practical abilities, enabling them to apply acquired knowledge in comprehensive thinking and problem-solving endeavors. The teaching methodology has proven to be highly effective, showcasing substantial application value.

Key Words: scientific computation and visualization; MWORKS platform; systematic practice; sudoku image recognition and solving

收稿日期: 2024-09-18

扫描二维码阅读全文:



基金项目: 北京航空航天大学校级教改项目(2023)

作者简介: 张永飞(1982-), 男, CCF会员, 北京航空航天大学计算机学院教授、博士生导师, 研究方向为人工智能、计算机视觉; 曲英勃(2002-), 男, 北京航空航天大学计算机学院硕士研究生, 研究方向为计算机视觉; 张莉(1968-), 女, CCF会员, 北京航空航天大学计算机学院教授、博士生导师, 研究方向为软件工程; 刘芳(1994-), 女, CCF会员, 北京航空航天大学计算机学院助理教授、博士生导师, 研究方向为软件工程。本文通讯作者: 张永飞。

0 引言

科学计算与可视化是科学研究的支撑技术。科学计算语言是用于算法开发、数据可视化、数据分析以及数值计算的高级编程语言,具有最接近人类书写习惯、编写简单、编程效率高、易学易懂、扩展性能强等优势,并具有功能强大的面向各领域的工具箱。借此高效、便捷的计算工具,使用者可以更加专注于所面临的具体专业问题本身,从而大大节省时间、提高效率。因此,科学计算与可视化已广泛应用于信号与图像处理、通信、控制系统设计、建模与分析等诸多领域。

作为目前最常用的科学计算与系统建模仿真工具, MATLAB(含 Simulink)已广泛应用于数值计算、机械化工、建模仿真、电力能源、航空航天、军工等学术研究和工业制造领域。然而,美国对华发动科技战和贸易战,特别是2020年5月哈尔滨工业大学、哈尔滨工程大学被要求禁止使用 MATLAB(含 Simulink),对国内相关领域的教学和科研造成了巨大冲击^[1]。MWORKS作为可以对标 MATLAB(含 Simulink)的国产自主工业软件,可有效缓解这一卡脖子问题^[2]。因此,基于 MWORKS 开展科学计算与可视化课程教学势在必行^[3-4]。

案例化教学是重要的教学和实践手段。在讲授典型科学计算的基础概念、基本内容、算法思想,包括数值计算、符号运算、可视化等功能或工具的基础上,同时以系统化综合性的实践教学案例,引导学生学习和应用 MWORKS 的科学计算与可视化工具,思考与解决实际问题,可提高学生学习兴趣和巩固已有知识,培养学生严谨、规范、理论联系实际科学态度,以及提升学生逻辑思维、工程思维和创新思维能力,为其今后从事课程设计、毕业设计、科研实践以及继续深造夯实基础。

1 案例设计理念

计算机、人工智能等信息类工科专业的技术实践性、交叉性与综合性强,逐个知识点教授的授课模式可以在一定程度上保证知识层面上的教学效果,但也面临着能力层面上系统性实践能力与创新思维能力训练不足的问题,影响对学生综合能力的培养^[5-6]。

综合考量新工科对信息类专业,特别是计算机/人工智能专业实践性、交叉性与综合性复合型人才培养的需要,以及图像处理与计算机视觉已成为目前计算机、人工智能专业最前沿和热门研究与应用方向的现状,重点介绍科学计算与可视化工具及其培养学生系统化创新实践和综合素养的课程属性,探索和实践了“综合素养导向的研究型教学”理念下基于 MWORKS 的科学计算与可视化课程教学案例设计工作。

具体的,通过融合一门课程内多个知识点甚至是多门课程相关内容,设计综合性的课程教学实践案例,可以引导学生融会贯通并综合运用所学知识思考和解决实际问题,激发学生的主动性、探索欲和求知欲,提升学生思考问题、解决问题的系统实践能力,并强化创新意识和科研精神培养。在此过程中,需要突出现有科学计算与可视化平台与工具最接近人类书写习惯、编写简单、编程效率高、易学易懂、扩展性能强等优势,特别是强大的矩阵计算能力、丰富的专业工具箱和数据可视化功能,将师生从严格、繁重的底层程序编写中解放出来,使学生更关注于对问题的深入思考、思路的凝练以及求解算法而非程序设计本身,从而大大提高了学习效率。

例如,本文设计的数独图像识别与求解教学实践案例就融合了数字图像处理^[7]、机器学习^[8-9]、算法设计与分析^[10-11]等课程的相关知识点。引导学生综合应用数字图像处理课程中的图像矫正、分割等图像预处理知识,机器学习课程中基于分类器或深度学习的数字识别等知识,算法设计与分析课程中的回溯和剪枝优化等算法,以及科学计算与可视化课程中的神经网络、优化工具箱与 GUI 设计工具等,实现图像预处理、(手写或标准)数字识别、数独求解和可视化展示等整个系统流程,可提升学生综合运用所学知识思考和解决实际问题的系统化实践能力。

2 数独图像识别与求解案例设计

该案例覆盖了基于 MWORKS 的科学计算与可视化课程中数据类型、程序设计、数值运算、数据可视化、图像处理应用等方面的知识点。因此,学生需要运用数学、自然科学、工程基础和专业知识,如数字图像处理、机器学习和算法设计等来解决复杂的计算机工程问题,从而培养了其工程实践能力。学生需要设计并实现针对数独识别与求解问题的解决方案。在该过程中,学生需要阅读文献与技术文档、基于科学原理并采用科学方法对数独问题进行研究和分析,最终设计并实现满足特定需求的计算机系统,从而培养学生问题分析、研究、设计并实现解决问题的能力。在本案例中,学生需要在案例工程实践中开发、选择与使用合理有效的技术、资源、现代工程工具和信息技术工具,如 Julia 语言、深度学习模型等,培养了学生使用现代工具的能力。本案例在课程中以团队作业的形式出现,学生需要在多学科/专业团队中发挥作用,以提高团队合作能力。同时要求学生撰写文档并进行汇报与展示,学生就问题的分析与求解思路与教师和其他学生进行交流,以培养学生的表达与沟通能力。最后通过该案例,学生可以培养自主学习和终身学习的意识,有不断学习和适应发展的能力。

该案例融合了数字图像处理、机器学习、算法设计与分析等多个计算机课程的知识,通过实际案例展示了如何

利用计算机领域跨学科的知识 and 技能解决复杂问题,培养了学生的综合应用能力,具有很强的实用性和教育性。同时要求学生设计 GUI 并以可视化的方式呈现计算结果,提高了案例的交互性和展示效果,使学生能够直观地理解和应用所学知识,培养了学生的软件使用和编程实践技能。宏观上讲案例结合了理论知识和实际问题,学生需要通过代码实现各个模块,从图像处理到机器学习模型训练再到算法设计与分析,全面提升了其实践能力和问题解决能力。

同时,针对该案例中 MWORKS 采用的 Julia 语言与 MATLAB 进行比较,该语言设计简洁、灵活,语法类似于传统的科学计算语言,可使学生更轻松的学习和应用。Julia 语言在性能和速度方面通常比 MATLAB 更优异。Julia 具有即时编译(Just-In-Time Compilation)的特性,可以实现接近 C 语言的性能水平,在该案例中对于递归问题的求解有更好的效果。Julia 生态系统中有许多优秀的包和库,特别在高性能计算和数据科学领域有着广泛应用,学生可以利用这些包和库快速实现复杂的算法与模型,提高工作效率。Julia 是一种开源语言,拥有活跃的社区支持和开源项目,学生可以自由获取 Julia 的源代码并参与贡献,从而加深对语言本身的理解,同时学习和借鉴社区中其他开发者的经验和成果。通过使用 MWORKS/Julia 完成案例,学生可以接触和学习这种新兴的编程语言,了解当前科学计算与可视化领域的发展趋势,培养对新技术的敏感性和适应能力。

该教学案例通过整合数字图像处理、机器学习和算法设计与分析等多学科知识,旨在全面提升学生的系统性思维和综合应用能力。学生在实践过程中,需要设计和实现完整的数独图像识别与求解方案,这不仅锻炼了其解决复杂工程问题的能力,而且激发了创新思维和科研精神。通过使用现代编程工具,如 Julia 语言,学生能够提高技术适应性和编程效率,从而为其未来在科学计算和可视化领域的发展奠定了坚实基础。此外,通过团队合作和成果展示,培养了学生的沟通能力和团队协作能力,增强了其在多学科环境中的合作意识。这一案例既支持了课程在培养学生跨学科综合应用能力和创新实践能力方面的教学目标,又培养了学生的终身学习意识,以及在快速变化的技术环境中持续学习和适应的能力。通过这种综合性、实践性和创新性的训练,学生不仅掌握了技术,而且培养了批判性思维和解决实际问题的能力,为成为复合型人才做好了准备。

2.1 案例设计整体思路

案例整体设计思路如图 1 所示,围绕数独问题求解,涵盖并融合了数字图像处理、机器学习、算法设计与分析等课程的关键知识点,展示了如何利用计算机领域内跨学科的知识 and 技能来解决复杂问题^[12]。该案例还要求学生设计 GUI 并以可视化的方式呈现计算结果,进一步培养了

学生在软件使用和编程实践方面的技能。在案例设计中,3 个核心课程知识点“数字图像处理”、“机器学习”和“算法设计与分析”在实现流程中各自承担了关键角色:首先,通过数字图像处理技术对输入的数独图像进行预处理,包括灰度转换和轮廓检测,以提取关键信息并准确定位数字位置;其次,利用机器学习模型进行数字识别,将识别出的数字转化为可供计算的数独矩阵,这需要掌握模型选择、训练和验证的相关知识;最后,运用算法设计与分析的知识对数独矩阵进行求解,设计高效的算法并评估其可行性和效率。通过该流程设计,学生能够综合应用各课程的知识,协同解决实际问题。

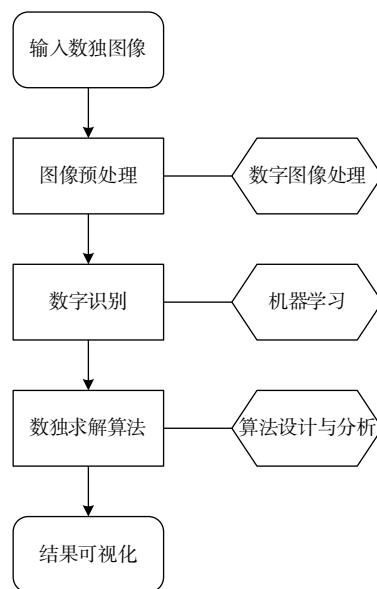


Fig. 1 Overall concept of case design

图 1 案例设计整体思路

2.2 案例具体设计与实现

案例的总体实现流程如图 2 所示(具体代码扫描 OSID 码可见)。输入的数独图像经过预处理、数字识别等操作后转化为数独矩阵,从而可借助 MWORKS 强大的矩阵运算能力进行求解。数字识别模型的设计、实现与训练需要掌握机器学习课程相关知识,数独图像预处理、数字位置检测等代码的编写需要掌握数字图像处理课程相关知识,而数独求解算法代码的编写需要掌握算法设计与分析课程相关知识。

2.2.1 图像读取与预处理

首先,通过 *Images.load* 函数将需要处理的数独图像加载到工作区中,如图 3(a)所示。为了加强学生对数字图像处理内容的理解与应用,案例选择彩色且带有噪声的数独图片作为输入。其次,使用 *Gray* 函数将数独图像转换为灰度图像,并将阈值设置为 0.45。再次,使用 *erode* 函数对图像进行侵蚀处理以消除噪音。图 3(b)展示了经过灰度图像转化和 *erode* 侵蚀处理后的结果图像,可以看出噪声已被去除,数字被转化为易于检测轮廓的二值图像。

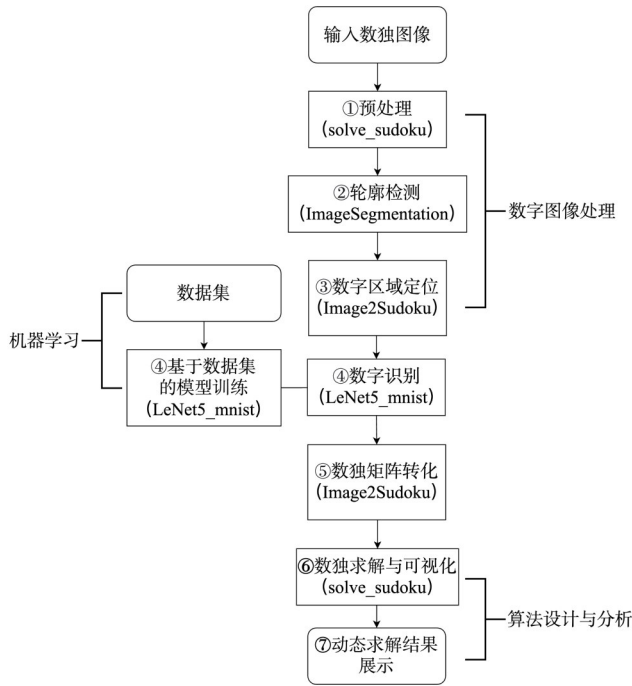
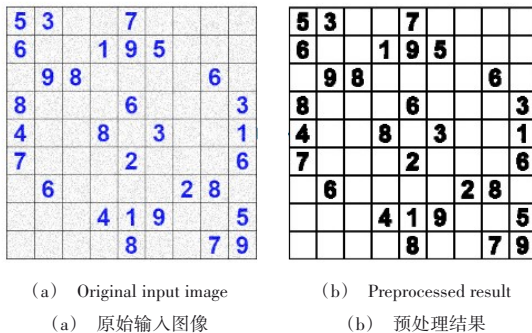


Fig. 2 Overall implementation process

图 2 总体实现流程



(a) Original input image (a) 原始输入图像 (b) Preprocessed result (b) 预处理结果

Fig. 3 Image preprocessing

图 3 图像预处理

2.2.2 图像轮廓检测

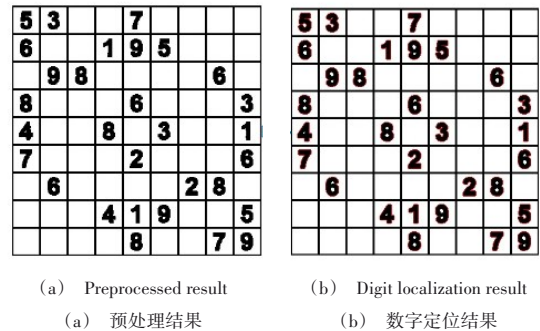
案例采用数字图像处理中用于检测二值图像轮廓的 Suzuki85 算法,在轮廓检测过程中,该算法遍历预处理后图像的每个像素,识别轮廓起点,并根据边界像素的移动路径构建轮廓^[13]。具体来说,算法根据像素值和邻域关系判断起点,然后沿着边界像素移动,更新像素值和轮廓列表,直至完成对整个轮廓的检测。最终,算法生成轮廓列表,可用于绘制轮廓或作进一步的图像处理。案例中的图像轮廓检测实现方案如下:首先实现算法的子函数,其中 *clockwise (dir)* 和 *counterclockwise (dir)* 两个函数用于计算当前方向在顺时针或逆时针旋转后的方向;*move (pixel, image, dir, dir_delta)* 函数用于在给定方向上移动到下一个像素,检查边界条件并返回新的像素位置;*from_to (from, to, dir_delta)* 函数用于找到两个像素之间的方向;*detect_move (image, p0, p2, nbd, border, done, dir_delta)* 函

数用于检测移动路径,根据给定的像素点和方向信息找到轮廓的移动路径。之后实现轮廓检测函数 *find_contours (image)*,通过遍历并检查图像中的每个像素是否为轮廓起点(外边界或洞),并根据起点的情况,调用 *detect_move* 函数检测轮廓的移动路径,最终将检测到的轮廓添加到轮廓列表中(具体代码扫描 OSID 码可见)。

2.2.3 数字区域定位

为定位数独图像中的数字区域,通过分析轮廓并筛选出有效的数字区域和轮廓,为后续的数字识别和定位提供准确的数据支持。具体流程如下:①遍历所有轮廓,计算每个轮廓的质心、矩形区域的高度和宽度,并找到处于矩形区域边上的点;②剔除过大或过小的矩形区域,若轮廓中 90% 以上的点位于边界上,则认为该矩形框不包含数字,将其跳过;③对通过筛选的有效矩形区域,存储其质心坐标和矩形区域的 4 个顶点坐标用于定位数字,然后将该轮廓存储到一个列表 *areas* 中,以备后续处理。

经过预处理、轮廓检测、数字定位后,输入图像处理结果,具体如图 4 所示。图 4(b)表示对预处理结果图 3(b)进行数字定位的结果,红色轮廓表示算法确定的每个数字的轮廓及位置。在后续处理中,将对轮廓提取得到的图像中的数字进行识别,并根据位置判断数字在数独矩阵中的位置。若某位置没有数字,则在数独矩阵中填入 0。



(a) Preprocessed result (a) 预处理结果 (b) Digit localization result (b) 数字定位结果

Fig. 4 Digit localization

图 4 数字定位

2.2.4 数字识别模型训练

案例中的数字识别模型采用了机器学习领域经典的深度卷积神经网络 LeNet-5, LeNet-5 网络旨在解决手写数字识别问题,其结构相对简单,适合学生学习和理解^[14]。该网络的基本结构如图 5 所示,包括 7 层网络结构^[14]。

具体网络结构包括:

- (1)两个卷积层。用于提取输入图像的特征。
- (2)两个池化层。用于下采样,并降低模型对位置的敏感性。
- (3)两个全连接层。用于将卷积层提取的特征映射到输出层。
- (4)输出层。用于输出最终的分类结果。

LeNet-5 的结构简单明了,有助于初学者理解卷积神经网络的基本原理和工作方式。通过 LeNet-5 网络,可以

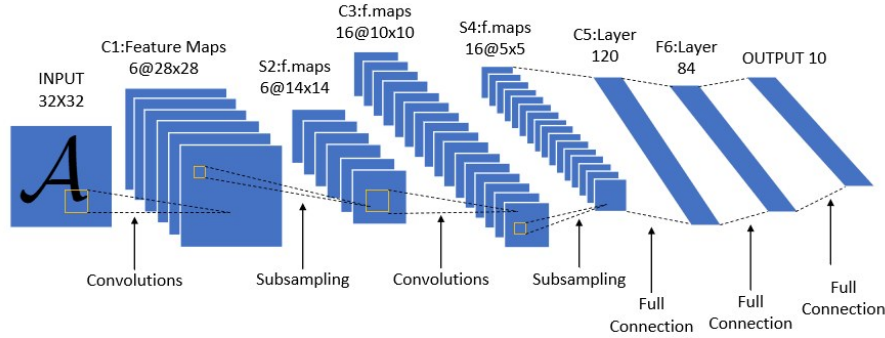


Fig. 5 LeNet-5 network structure
图5 LeNet-5网络结构

有效地对手写数字进行识别,为准确识别案例中数独图像中的数字提供支持。

案例中主要使用Flux深度学习库来实现LeNet-5,通过Chain设置神经网络层序列的数据结构,将各个层按顺序连接起来。使用Conv设置卷积层,MaxPool设置最大池化层,Dense设置全连接层。训练数据通过reshape函数进行重塑,并使用DataLoader组装训练数据,选用ADAM作为训练优化器^[15]。最后,利用BSON库保存训练好的模型(具体代码详见OSID码中的LeNet5_mnist.jl)。

2.2.5 数独矩阵转化

本部分的目的是将数独图像转化为程序可处理的数独矩阵,为后续数独问题的求解提供数据支持。总体思路是根据前面获得的数字轮廓裁剪出数字图像并进行数字识别,根据轮廓在图像中的位置确定数字在数独矩阵中的位置。首先,创建一个空的9x9的整数矩阵sudoku用于存储数独中的数字,sudoku中填入的非0值表示数独的初始数字,例如sudoku第2行第4列的数字应被填入1,以对应数独图像第2排第4格的数字;sudoku中填入0表示该位置初始时没有数字,例如sudoku第1行第3列的数字应被填入0,以对应数独图像第1排第3格是空白格。然后,遍历传入的数字区域列表areas中的每个区域,根据区域的质心位置将数字定位到数独矩阵的相应位置。接下来函数从原始图像中裁剪出数字区域,并根据一定比例将数字缩放至适当大小。缩放后的数字图像被转换为适合模型输入的格式,通过训练好的模型进行识别,得出预测的数字。识别出的数字被填入数独矩阵的相应位置,其中没有检测到数字的数独矩阵的对应位置会被填入0。最终,函数返回数独矩阵。数独矩阵的可视化效果如图6(b)所示,数独矩阵中值为0的位置,即初始时没有填入数字的位置展示为空白格;数独矩阵中值不为0的位置,即初始时已填入数字的位置,将值用紫色字体填入格子。

2.2.6 数独求解

根据算法设计与分析课程中的递归思想,设计递归算法对数独矩阵进行求解,最终返回数独的求解结果及步骤。算法首先初始化候选数字集合,然后按照候选数字最少的格子开始递归尝试填入数字,并在每次填入数字后更

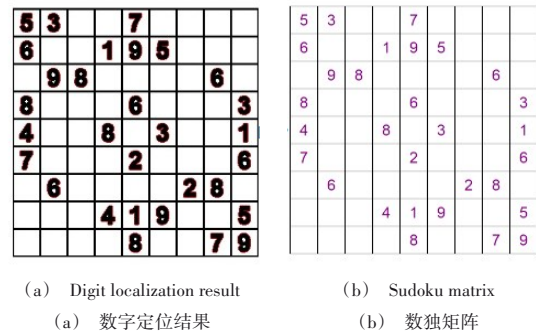


Fig. 6 Converting sudoku image to sudoku matrix
图6 数独图像转化为数独矩阵

新候选数字集合。如果当前填入数字合法且能够解出完整的数独,则返回成功;否则,回溯至上一步,尝试其他候选数字,直到找到合适的数字填入或确定无解。整个算法通过不断填入数字、更新候选数字集合和回溯的方式,逐步解出数独谜题,最终得到完整的数独解答。案例具体实现的算法流程如图7所示。

数独求解算法描述如下:

(1)算法入口函数:solve_sudoku(steps, board)。

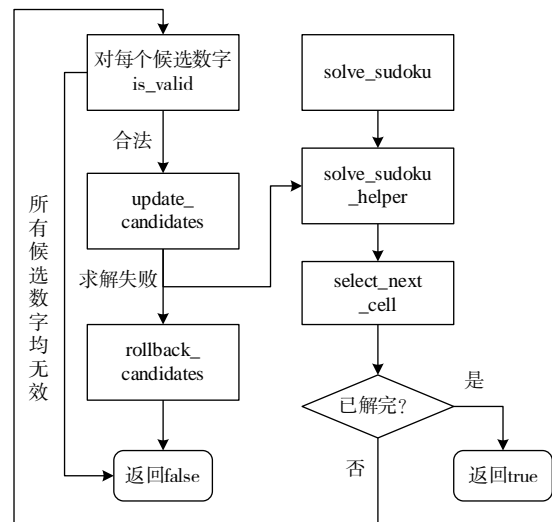


Fig. 7 Sudoku solving algorithm
图7 数独求解算法

功能:初始化候选数字集合并调用递归求解函数。

流程:初始化候选数字集合 *candidates*。调用 *solve_sudoku_helper(steps, board, candidates)* 进行递归求解。

(2) 递归求解函数: *solve_sudoku_helper(steps, board, candidates)*

功能:尝试填入候选数字,递归求解数独。

流程:调用 *select_next_cell(board, candidates)* 选择下一个最佳填入位置。对于选定位置的每个候选数字,检查数字是否合法,即调用 *is_valid(board, row, col, num)*。若合法,填入数字并更新候选数字集合,即调用 *update_candidates(candidates, updated_cell, row, col, num)*。之后,递归调用自身以继续求解。若求解成功,返回成功;若求解失败,回溯并尝试下一个候选数字;若所有候选数字均尝试失败,返回无解。

(3) 选择下一个填入位置: *select_next_cell(board, candidates)*。

功能:选择候选数字最少的格子。

流程:遍历所有未填数字的格子,选择候选数字数量最少的格子作为下一个填入位置。

(4) 更新候选数字集合: *update_candidates(candidates, updated_cell, row, col, num)*。

功能:剔除行、列和小九宫格中与已填数字冲突的候选数字。

流程:从 *candidates* 中剔除同行、同列和同小九宫格中与 *num* 冲突的数字,记录更新的格子以便回滚。

(5) 回滚候选数字集合: *rollback_candidates(candidates, updated_cell, num)*。

功能:恢复候选数字集合至更新前的状态。

流程:将 *update_candidates* 中剔除的数字重新加入 *candidates*。

(6) 检查数字合法性: *is_valid(board, row, col, num)*。

功能:检查在指定位置插入数字的合法性。

流程:检查指定行、列和小九宫格中是否存在重复数字。若无重复,返回合法;否则,返回不合法。

2.2.7 GUI设计与结果可视化

利用 MWORKS 平台强大的可视化工具来实现结果的可视化并进行 GUI 设计。通过使用 *Movie* 函数创建动画来展示数独解决步骤(具体代码详见 OSID 码中的 *solve_sudoku.jl*)。首先根据数独求解的每一步生成相应的帧,然后将这些帧合并生成完整的动态图解过程。利用 *frame* 函数设定成帧方法,通过 *background*、*setline*、*sethue* 等函数具体调整每一帧细节。最后使用 *animate* 函数按顺序合成所有帧以生成动态图。

在 GUI 中,用户可上传图 3(a) 所示的数独图片,通过点击“选择数独图片”按钮选择待求解数独图片,之后点击“开始求解”运行数独识别与求解程序,最后点击“查看结果”可自动跳转至数独求解结果所在文件夹。案例 GUI

如图 8 所示。

智能数独识别与求解系统



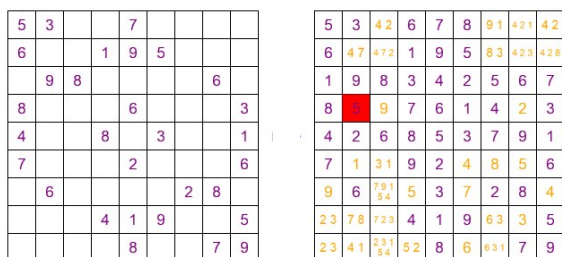
Fig.8 GUI for the case

图 8 案例 GUI

2.3 案例结果展示

案例的程序会首先判断数独是否可解。如果数独是可解的,程序将输出求解的动态图;若数独不可解,程序将返回“无解”并退出。针对图 3(a) 输入的数独图像进行求解,并将求解步骤进行可视化展示,结果如图 9 所示。图 9(a) 展示了经过预处理、轮廓检测、数字识别等操作后,图 3(a) 作为输入的数独图片被转化为计算机可操作的数独矩阵的可视化效果。图 9(b) 和图 9(c) 展示了数独求解的中间过程,紫色数字表示已填入的数字,红色覆盖的格子表示当前步骤填入的数字,黄色数字表示其他格子还可以填入的数字。最后,图 9(d) 展示了数独求解的最终结果,通过简单观察便可确认该数独已被正确求解。

由案例结果可以看出, MWORKS 对于 MATLAB 在科

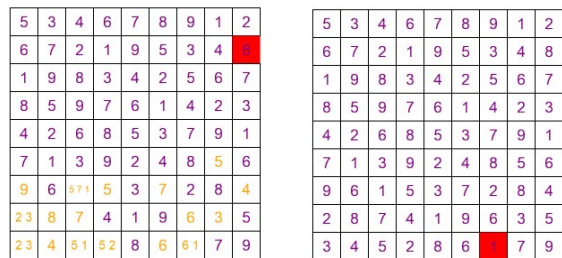


(a) Original sudoku matrix

(b) 求解过程 1

(a) 原始数独矩阵

(b) 求解过程 1



(c) Solution process 2

(d) Solution result

(c) 求解过程 2

(d) 求解结果

Fig.9 Result display

图 9 结果展示

学计算与可视化领域的替代是成功的。MWORKS采用的Julia语言在性能和速度方面通常比MATLAB更优异,语言设计简洁、灵活,特别擅长处理数值计算和科学计算任务。在该案例中,学生使用Julia更容易实现复杂算法,并且会加快算法执行速度,提高数独求解效率。Julia是一种开源语言,拥有活跃的社区支持。学生可以借助社区资源解决问题,提高案例实现的效率和质量。使用Julia完成本案例,学生可以学习新兴的编程语言和技术,了解科学计算与可视化领域的最新发展趋势,提升编程及解决问题的能力,为未来的学习和职业发展打下良好基础。

学生通过完成该案例掌握了基于MWORKS的科学计算与可视化课程中数据类型、程序设计、数值运算、数据可视化、图像处理应用等方面的知识点,同时丰富了自身的工程知识,培养了问题分析、科学研究、设计与实现解决方案的能力,能更加熟练地使用现代工具,并锻炼了团队协作与沟通能力。在完成案例的过程中,还培养了自主学习能力与终身学习的意识,最终达成终身学习的教育目标。

本文案例通过使用MWORKS和Julia语言,有效提升了学生在科学计算与可视化领域的学习效果。具体而言,学生案例实现的效率和算法性能均有显著提升。在实现效率方面,由于Julia拥有活跃的社区支持和开源项目的特性,学生完成案例项目所需的时间平均减少了20%左右。在算法性能方面,由于Julia具有接近C语言的性能水平,学生利用Julia实现的数独识别与求解算法相比往年基于MATLAB的实现方法平均速度提升了30%左右。

3 结语

本文针对基于MWORKS的科学计算与可视化课程教学,设计了数独图像识别与求解这一典型的系统化实践教学案例。该案例以数独图像识别与求解这一趣味性的游戏为例,通过融合数字图像处理、机器学习、算法设计与分析等课程的相关知识点,并借助MWORKS平台提供的先进的科学计算与可视化手段,引导学生融会贯通所学知识,思考和解决具体问题,实现从图像预处理、数字识别、数独求解及结果可视化展示等全过程。该案例不仅可有效激发学生的学习热情、探索精神和求知欲望,而且可显著提升其综合运用知识解决实际问题的系统化实践能力,具有良好的示范应用价值。该案例已通过了第三方测试,并提交MWORKS研制单位,拟在其他兄弟院校推广应用。

参考文献:

[1] The Paper. Harbin institute of technology cut off from MATLAB software

by the U. S. , finding alternatives is difficult [EB/OL]. https://m.thepaper.cn/baijihao_8034725.

澎湃新闻. 哈工大被美国断供MATLAB软件,找到替代品很难吗?[EB/OL]. https://m.thepaper.cn/baijihao_8034725.

[2] Suzhou Tongyuan Software&Control Technology Co. , Ltd. Product introduction[EB/OL]. <https://www.tongyuan.cc>.

苏州同元软控信息技术有限公司. 产品介绍 [EB/OL]. <https://www.tongyuan.cc>.

[3] XU C D. Scientific computing language Julia and MWORKS practice [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2023.

许承东. 科学计算语言Julia及MWORKS实践[M]. 北京:电子工业出版社,2023.

[4] ZHANG L, ZHANG Y F, LIU F, et al. MWORKS development platform architecture and secondary development [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2024.

张莉,张永飞,刘芳,等. MWORKS开发平台架构及二次开发[M]. 北京:社电子工业出版社,2024.

[5] YAN S. Construction of emerging engineering education and cultivation of system capability [J]. Computer Education, 2018(7): 1-4.

言十. 新工科建设与系统能力培养[J]. 计算机教育,2018(7): 1-4.

[6] ZHANG Y F, OUYANG Y X, ZHENG J, et al. Research-oriented teaching reform in artificial intelligence with a focus on comprehensive literacy [J]. Research in Higher Engineering Education, 2021(5):29-33.

张永飞,欧阳元新,郑锦,等. 综合素养导向的人工智能方向研究型教学改革[J]. 高等工程教育研究,2021(5):29-33.

[7] GONZALEZ R C. Digital image processing[M]. New York: Pearson Education India, 2009.

[8] ZHOU Z H. Machine learning [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2016.

周志华. 机器学习[M]. 北京:清华大学出版社,2016.

[9] LI H. Statistical learning methods [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2012.

李航. 统计学习方法[M]. 北京:清华大学出版社,2012.

[10] WANG X D. Algorithm design and analysis [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2018.

王晓东. 算法设计与分析[M]. 北京:清华大学出版社,2018.

[11] CORMEN T H, LEISERSON C E, RIVEST R L, et al. Introduction to algorithms[M]. Cambridge: MIT Press, 2022.

[12] DELAHAYE J P. The science behind Sudoku[J]. Scientific American, 2006, 6: 80-87.

[13] SUZUKI S. Topological structural analysis of digitized binary images by border following [J]. Computer Vision, Graphics, and Image Processing, 1985, 30(1): 32-46.

[14] LECUN Y, BOTTOU L, BENGIO Y, et al. Gradient-based learning applied to document recognition [J]. Proceedings of the IEEE, 1998, 86 (11): 2278-2324.

[15] DIEDERIK P K. Adam: a method for stochastic optimization [DB/OL]. <https://arxiv.org/abs/1412.6980>.

(责任编辑:黄健)