

定制仿真 App 促进产业创新

定制仿真 App 应用程序使布法罗大学的一个研究小组得以在多个行业内分享他们的仿真专长。通过这些 App, 最终用户无需理解底层计算模型, 也不需要掌握与模型开发相关的专业知识, 就可以执行他们所需的分析。

作者 **BRIDGET CUNNINGHAM**

不管是汽车设计, 还是消费类电子产品, 纵观当今各行各业, 你会发现有一条主线将它们联系在一起, 那就是对更具创新性技术的需求。各种最新、最伟大的技术, 不断被拥有先进特性与功能的更复杂更精密的设备所超越。

数值仿真工具是快速开发出更精密设备的可靠解决方案, 工程师无需再对每次设计修改进行原型机测试, 就可以交付具有真实世界精确度的产品。然而有些组织中没有专职仿真专业人员来协助你开发及修改模型, 这也正是仿真 App 能够填补的空白。这些定制用户界面针对基于物理场系统的数值仿真而开发, 最终用户可借此运行由仿真专业人员构建的多物理场分析。

Edward Furlani 目前是纽约州立大学布法罗分校 (UB) 工程与应用科学学院的教授, 同时任职于化学与生物工程系和电子工程系, 拥有超过 30 年的工业建模经验。Furlani 发现了一个将数值仿真向更多组织推广的机会。他的方法是: 组织一个大学团队来共同开发数学模型, 用于分析及设计各种工业用途的材料及设备。现在, 借助由 COMSOL Multiphysics® 软件开发的定

制仿真 App, 该团队将有可能把他们的专业知识推向更多的行业。

⇒ 为多个行业带来专业建模知识

对 Furlani 而言, 多物理场建模已经是他日常工作中的重要一环。作为伊士曼柯达 (Eastman Kodak) 公司的研究科学家, 他会通过各种模拟工作来支持工业产品所用材料及设备的开发, 比如喷墨系统及各种数字成像技术。从光子学和微流体、到应用磁学和微系统技术, Furlani 还针对各类工业需求开发了一系列模型。此外, 作为 UB 的一名教授, 他还将多物理场软件引入到课程教学中, 借助计算工具实现交互式教学。他希望能进一步帮助学生学习和锻炼他们的工程技能。

Furlani 在 UB 的团队重点研究高度交叉的学科, 这也反映了工业与学术研究的方向。他的研究生们负责为从纳米到宏观尺度的各类产品的开发制作多物理场计算模型。团队开发了多个 COMSOL® 软件模型, 希望能推动各行业的持续创新与增长。

在能量存储领域, 电化学设备正变得越来越普遍, 例如, 双电层电容

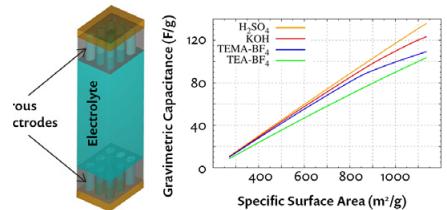


图 1. EDLC 的几何结构, 绘图说明了经预测得到的电容。图注: Porous Electrodes - 多孔电极; Electrolyte - 电解质

(EDLC)。相比传统电容, 这些电化学设备因为具备更高的容量而更受人们青睐, 并能满足需要多个快速充/放电循环操作的全新环境。当向电容施加电压后, 离子分离并聚集到与充电电极相反方向的极板表面。通过与 UB 的 Gang Wu 教授合作开发模型, Furlani 团队能够预测器件内的离子运输、平衡电荷的累积和器件的电容, 同时, 他们希望能通过模型更好地理解器件行为并优化设计 (见图 1)。

膜技术是当今工业界另一个流行的课题, 可以用于从海水淡化到去除天然气中的 CO₂ 等应用。设计出一款高选择性的薄复合膜 (thin-film composite, TFC) 是进一步扩展膜系统应用的关键, 有助于实现成本及总面积的最小化。UB 团队通过 3D 模型的开发来查看层厚、选择性及孔隙率对膜性能的影响。模型不仅能帮助使用者更深入地理解这种节能

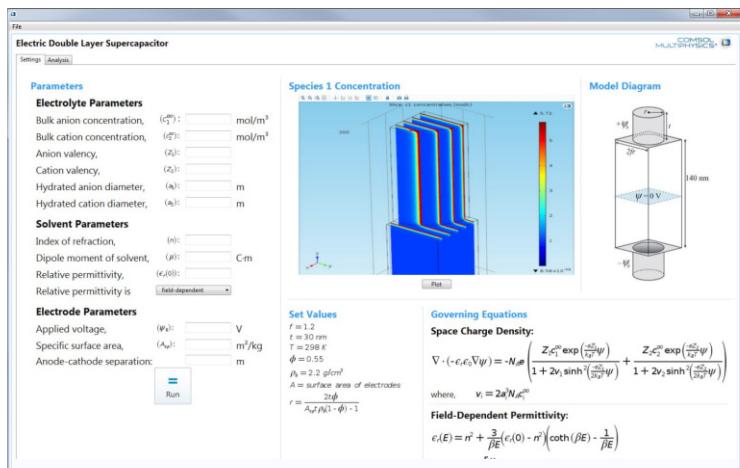


图 2. EDLC 分析 App 界面的局部截图。

系统的优化，还将为它开发出更多的新用途。模型结果得到了另一位 UB 教授 Haiqing Lin 的实验验证。

Furlani 正着手将上述模型和其他复杂模型转化为方便易用的仿真 App，如图 2 所示。借助 COMSOL Multiphysics 的 App 开发器，Furlani 和他的学生们为每个模型都开发了一个简化界面，并且针对不同公司的具体需求进行了定制，使更大规模的用户能够自行运行仿真测试。“借助定制 App，即使您尚未掌握开发底层模型所需的专业技能，也能调用 COMSOL Multiphysics 的全部功能。”Furlani 说，“用户可以研究一些很难测量的细节部分，省去了昂贵且耗时的工程试错，从而极大地缩短了产品开发周期。”

为了进一步借助数学建模来推动经济的发展，团队还在大学计算研究中心 (Center for Computational Research, CCR) 的计算集群中运行了 COMSOL Server™ 产品。该计算集群是一个支持科学计算、软件工程及并行计算的超级计算

设施。此集群的配置为 App 的运行打造了一个高性能、高吞吐量的计算环境。最终用户可以通过客户端或网络浏览器连接至 COMSOL Server 来运行仿真 App。幕后的仿真专业人员也能通过

COMSOL Server 方便地管理及部署他们的 App，并进行即时更新。

⇒ 定制仿真 App 带来的商机

团队还在帮助初创企业运行仿真。Vader Systems 是 Zachary 和 Scott Vader 在纽约布法罗成立的一家初创公司，主要从事创新型液态金属射流打印 (liquid metal jet printing, LMJP) 工艺的开发。该项设计模拟了喷墨打印技术，主要基于磁流体动力学 (magnetohydrodynamics, MHD)，将固态金属液化作为原料，并通过脉冲电磁场喷射出熔融的金属液滴。这项技术使打印非常复杂的三维金属对象成为可能。为了实现 LMJP 打印机的商业化，Furlani 的团队开发了 COMSOL App，有助于更好地理解打印过程并提

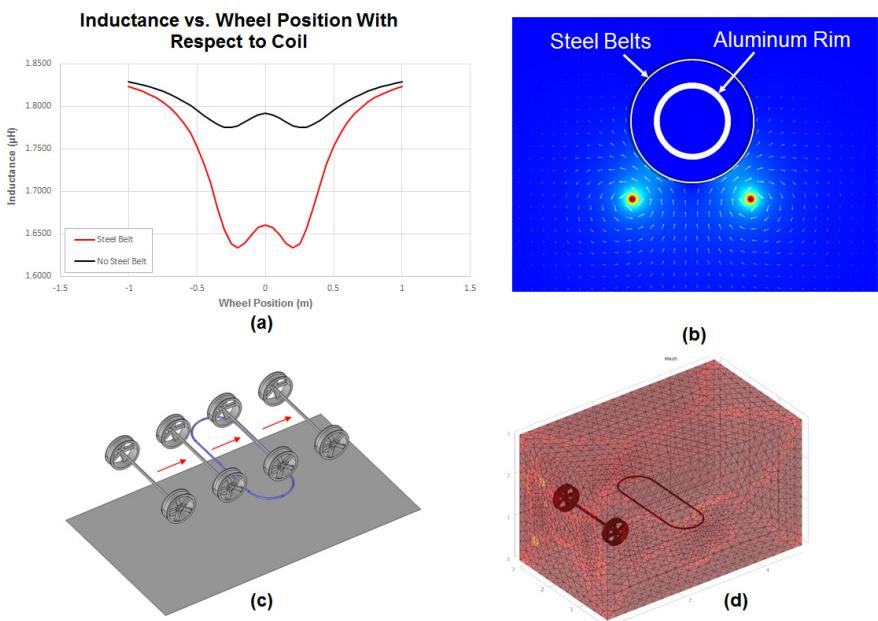


图 3. 对移动车辆中感应线圈耦合的仿真。该分析研究了移动轮胎内钢带对线圈电感的影响 (a)；经过感应线圈上方的轮胎中的磁场分布 (b)；车辆轮毂的运动 (c)；用于模拟轮毂检测的三维计算域 (d)。图注：Inductance vs. Wheel Position With Respect to Coil - 车轮对线圈的位置引起的电感变化；Steel belts - 钢带；Aluminum Rim - 铝圈

高打印机性能。

另一个重要项目是与 Xerox 公司科学家的合作。该项目由 Xerox 公司的 Peter Paul 博士负责，旨在促进车辆运输项目中所用新型感应线圈式检测系统的开发。遥感技术除了能用于监测及交通控制管理之外，还将促进新型交通数

“借助仿真 App, 你可以轻松定制用户界面并加入不同公司需要的各种参数, 这是一个非常有用的功能。”

—EDWARD FURLANI, 纽约州立大学布法罗分校工程学院教授

据收集技术的出现。

要实现最优的系统性能，需要理解路面中所嵌的感应线圈与车辆中黑色金属零件（例如轮及轮毂）之间的电磁耦合。Furlani 的团队在项目中使用了 COMSOL Multiphysics 进行仿真研究，希望查看线圈电感随铝轮毂和含钢带的轮胎位置及运动的变化。

从这些项目和其他一些项目的工作中，他们很快发现应该让更多人参与到项目的设计中来。团队在建好底层物理场模型后，希望能构建一个交互式工具来服务更多人，满足他们的不同需求。答案已经出来了，同样的解决方案就是开发定制的仿真 App。

“借助仿真 App, 你可以轻松定制用户界面并加入不同公司需要的各种参数, 这是一个非常有用的功能。” Furlani 说道。

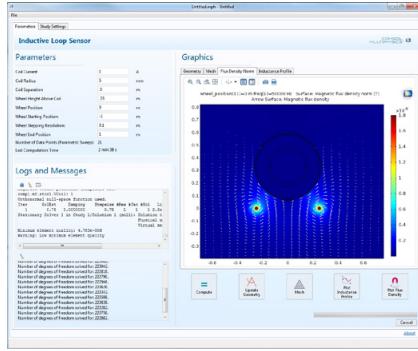


图 4. Xerox 基于感应线圈式检测器的底层模型开发的 App 界面。

定制 App 能轻松地在组织间及组织内进行交流，进一步突显了 COMSOL 软件在定制化及灵活性方面的优势。安装 COMSOL Server 后，用户可以连接 COMSOL Server 来访问 App，因此无需使用 COMSOL Multiphysics。通过向组织内的更多人推广仿真的力量，用户可以更高效地修改设计，同时确保结果的准确性。Vader Systems 和 Xerox (App 见图 4) 已经感受到使用 App 所能带来的多项优势，例如建立一个更具合作性且更高效的产品研发流程。

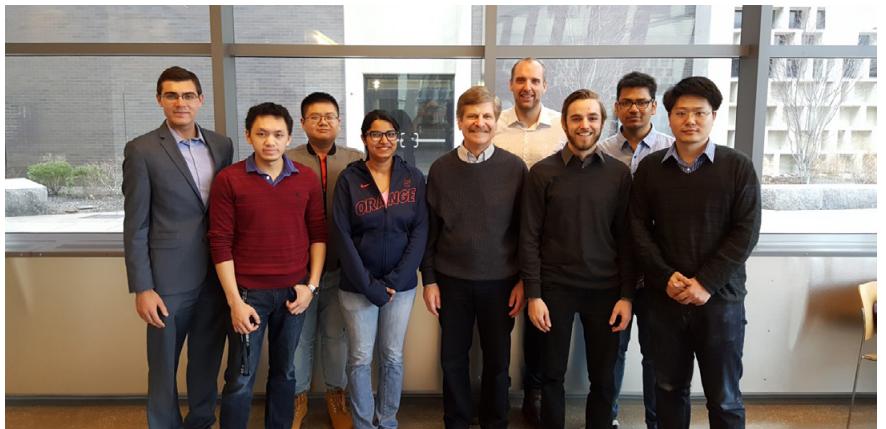


图 5. Frulani 的团队成员（从左到右）：Dante Iozzo、Mike Tong、Xiaozheng Xue、Aditi Verma、Edward P. Furlani、Ioannis Karampelas、Viktor Sukhotskiy、Gouray Garg 和 Kai Liu。

⇒从学生到企业家

仿真工具还能以一种共同参与的方式帮助学生提升他们的工程技能。由于仿真 App 可以用来隐藏复杂的底层模型，所以它能有效引导新接触仿真或 COMSOL 软件的学生。当他们熟悉各种特征与功能后，就可以进行深入研究，学习各种新工具的使用。

除了用于软件的介绍外，学生们还能尝试使用仿真 App 开发商业应用。Furlani 注意到，App 的设计并非能毕其功于一役。“还需要进行维护，”他说，“重要的是你要随时准备在客户需要时为他们提供支持和帮助。”

从这个角度来看，仿真 App 开发的能力与技巧也能帮助学生们锻炼商业技能，让他们学到如何及时回应客户的问题与要求。除了开发自己仿真 App 外，学生们还在积极适应以仿真为主导的新型设计浪潮，这将为创业者们打开一扇新的大门，为他们带来更大的自由及灵活性。❖