

Research Article

Designing Three-Dimensional Augmented Reality Weather Visualizations to Enhance General Aviation Weather Education

—PHILIPPE MEISTER (0000-0003-3716-7456), JACK MILLER (0000-0002-8550-8406), KEXIN WANG (0000-0002-0338-2783), MICHAEL C. DORNEICH (0000-0001-6386-4787), ELIOT WINER (0000-0001-9672-7172), LORI J. BROWN (0000-0003-0640-2919), AND GEOFFREY WHITEHURST (0000-0002-8172-2229)

Abstract—Objective: *We designed, developed, and evaluated a three-dimensional (3D) augmented reality (AR) weather visualization to investigate whether it could enhance communication about weather in general aviation (GA) education.* **Background:** *Evaluations of GA weather training identified gaps in training where students lack the ability to correlate weather knowledge to inflight decision making.* **Literature Review:** *Three-dimensional AR learning objects have been used in the sciences to make representations of multidimensional natural phenomena more accessible in classroom settings, and they offer the promise of enhancing communication about weather.* **Research Question:** *Can smartphone- and tablet-based 3D AR weather visualizations be effective tools to enhance current GA weather education?* **Method:** *A 3D AR thunderstorm cell lifecycle visualization was designed and developed. A preliminary evaluation of the application for GA weather training was conducted with one certified flight instructor, one university aviation meteorology instructor, one university thunderstorm expert, and three students to assess whether the AR thunderstorm visualization can communicate weather theory and whether the interfaces are usable for learning and task completion.* **Results:** *Students' knowledge of thunderstorms increased after using the visualization to explore the dynamics of the thunderstorm lifecycle and various aspects of thunderstorms. Experts felt that the learning experience met their expectations of what they wanted to communicate about thunderstorm theory. The AR interfaces were rated as usable for learning interactions and produced low levels of workload.* **Conclusion:** *The communication of thunderstorm theory was supported by the animation and interactivity of the visualization, and has the potential to enhance current general aviation weather education.*

Index Terms: *Augmented reality, aviation decision making, thunderstorms, visualization, weather.*

产品研发

设计三维增强现实天气可视化产品，加强通用航空天气教育

—PHILIPPE MEISTER (0000-0003-3716-7456), JACK MILLER (0000-0002-8550-8406), KEXIN WANG (0000-0002-0338-2783), MICHAEL C. DORNEICH (0000-0001-6386-4787), ELIOT WINER (0000-0001-9672-7172), LORI J. BROWN (0000-0003-0640-2919), AND GEOFFREY WHITEHURST (0000-0002-8172-2229)

提要

目标：我们设计、开发、并评价了一款三维增强现实天气可视化产品，以探索用此产品是否可以加强通用航空教育中的天气知识教育。**问题背景：**对通用航空天气培训情况的评价揭示，学员缺乏能力把天气知识与机内决策联系起来。**文献综述：**三维增强现实学习产品已经用在科学之中，这让对于多维自然现象的表征在课堂环境中更加容易理解，也让我们看到了加强天气知识教育的新希望。**研究之问：**1.基于智能手机和平板电脑的三维增强现实天气可视化产品，能有效加强当下的通用航空天气教育效果吗？**方法：**我们设计并开发了一款三维增强现实雷暴细胞生命周期视觉化产品。对该产品在通用航空天气培训中的应用效果做了初步评价，评价工作由一位持证飞行教员，一位大学航空气象学教员，一位大学雷暴专家，以及三位学生完成的。评价内容为：增强现实雷暴可视化产品是否能够把天气理论向学生教会；产品的界面是否能够用来学习和完成任务。**结果：**我发现，学生的雷暴知识，在使用可视化产品对雷暴生命周期和雷暴各方面动态情况进行探索之后，得到了增长。专家觉得，该学习体验达到自己的期望，是他们想要教给学生的雷暴理论。对该增强现实界面的评价结果是：可用来进行学习互动；产生低度的学习负荷。**结论：**对雷暴理论的教学效果，受到该可视化产品动画和交互活动的支持，有潜力使当下的通用航空天气教育得到加强。

索引词：航空决策；可视化；雷暴；天气；增强现实

—Translated by Zhongen Xi

Artículo de Investigación

Diseño de visualizaciones meteorológicas tridimensionales en realidad aumentada para mejorar la educación meteorológica en la aviación general

—PHILIPPE MEISTER (0000-0003-3716-7456), JACK MILLER (0000-0002-8550-8406), KEXIN WANG (0000-0002-0338-2783), MICHAEL C. DORNEICH (0000-0001-6386-4787), ELIOT WINER (0000-0001-9672-7172), LORI J. BROWN (0000-0003-0640-2919), AND GEOFFREY WHITEHURST (0000-0002-8172-2229)

Resumen—Objetivo: *Diseñamos, desarrollamos y evaluamos una visualización meteorológica tridimensional (3D) en realidad aumentada (RA) para investigar si podría mejorar la comunicación meteorológica en la educación en aviación general (AG).* **Contexto:** *Algunas evaluaciones de entrenamiento meteorológico en AG identificaron brechas en el entrenamiento, en las cuales los estudiantes carecen de la capacidad para correlacionar la información meteorológica con la toma de decisiones durante un vuelo.* **Revisión de la literatura:** *En las ciencias se han utilizado objetos de aprendizaje tridimensionales en RA para que estas representaciones de fenómenos naturales multidimensionales sean más accesibles en las aulas, y prometen mejorar la comunicación meteorológica.* **Pregunta de investigación:** *Las visualizaciones meteorológica RA 3D disponibles en teléfonos inteligentes y tabletas, ¿pueden ser herramientas eficaces para mejorar la educación meteorológica actual en AG?* **Método:** *Se diseñó y desarrolló una visualización del ciclo de vida de las celdas de tormentas eléctricas en 3D y RA. Se llevó a cabo una evaluación preliminar de la aplicación en el entrenamiento meteorológico en AG con un instructor de vuelo certificado, un instructor universitario de meteorología de aviación, un experto universitario en tormentas eléctricas y tres alumnos con el fin de evaluar si la visualización de una tormenta eléctrica en RA podría comunicar la teoría meteorológica y si las interfaces se podrían utilizar en el aprendizaje y cumplimiento de objetivos.* **Resultados:** *El conocimiento de los alumnos de las tormentas eléctricas aumentó después de utilizar la visualización para explorar la dinámica del ciclo de vida de las tormentas eléctricas, además de varios aspectos de estas. Los expertos estimaban que la experiencia de aprendizaje cumplía con sus expectativas de lo que deseaban comunicar sobre la teoría de las tormentas eléctricas. Las interfaces RA se consideraban utilizables en las interacciones de aprendizaje y generaban bajos niveles de carga laboral.* **Conclusión:** *La animación e interactividad de las visualizaciones apoyaron la comunicación de la teoría de las tormentas eléctricas, y tienen el potencial de mejorar la educación meteorológica actual en la aviación general.*

Términos índices: *Realidad aumentada, la toma de decisiones en la aviación, tormentas eléctricas, visualización, meteorología.*

—Translated by Julie Henderson