**Lời nói đầu**

*Virtual reality (VR) is a powerful technology that promises to change our lives unlike any other. By artificially stimulating our senses, our bodies become tricked into accepting another version of reality. VR is like a waking dream that could take place in a magical cartoon-like world, or could transport us to another part of the Earth or universe. It is the next step along a path that includes many familiar media, from paintings to movies to video games. We can even socialize with people inside of new worlds, either of which could be real or artificial.*

VR là một công nghệ mạnh mẽ hứa hẹn sẽ thay đổi đời sống của chúng ta. Bằng cách kích thích các giác quan nhân tạo, cơ thể của chúng ta trở nên bị lừa chấp nhận một phiên bản khác của thực tại. VR là giống như một giấc mơ thức dậy có thể diễn ra trong một thế giới phim hoạt hình giống như ma thuật, hoặc có thể vận chuyển chúng đến một phần khác của trái đất hay vũ trụ. Đây là bước tiếp theo cùng một con đường mà bao gồm nhiều phương tiện truyền thông quen thuộc, từ tranh đến phim ảnh với các trò chơi video. Chúng tôi thậm chí có thể giao tiếp với những người trong thế giới mới, một trong đó có thể là thật hay giả.

*At the same time, VR bears the stigma of unkept promises. The hype and excitement has often far exceeded the delivery of VR experiences to match it, especially for people without access to expensive laboratory equipment. This was particularly painful in the early 1990s when VR seemed poised to enter mainstream use but failed to catch on (outside of some niche markets). Decades later, we are witnessing an exciting rebirth. The latest technological components, mainly arising from the smartphone industry, have enabled high-resolution, low-cost, portable VR headsets to provide compelling VR experiences. This has mobilized leading technology companies to invest billions of US dollars into growing a VR ecosystem that includes art, entertainment, enhanced productivity, and social networks. At the same time, a new generation of technologists is entering the field with fresh ideas. Online communities of hackers and makers, along with college students around the world, are excitedly following the rapid advances in VR and are starting to shape it by starting new companies, working to improve the technology, and making new kinds of experiences.*

Đồng thời, VR chịu sự kỳ thị của những lời hứa bị bỏ rơi. Sự cường điệu và hứng thú thường đến nay đã vượt quá cung cấp các kinh nghiệm VR để phù hợp với nó, đặc biệt là cho những người không có quyền truy cập vào thiết bị thí nghiệm đắt tiền. Điều này đặc biệt đau đớn trong đầu những năm 1990 khi VR dường như sẵn sàng để nhập trào lưu sử dụng nhưng không thành công để bắt về (bên ngoài của một số thị trường ngách). Nhiều thập kỷ sau đó, chúng ta đang chứng kiến ​​một sự tái sinh thú vị. Các thành phần công nghệ mới nhất, chủ yếu phát sinh từ các ngành công nghiệp điện thoại thông minh, đã kích hoạt có độ phân giải cao, chi phí thấp, tai nghe VR di động để cung cấp kinh nghiệm VR hấp dẫn. Điều này đã huy động được các công ty công nghệ hàng đầu để đầu tư hàng tỷ USD vào việc phát triển một hệ sinh thái VR bao gồm nghệ thuật, giải trí, năng suất nâng cao, và các mạng xã hội. Đồng thời, một thế hệ mới của chuyên gia công nghệ đang bước vào lĩnh vực này với những ý tưởng mới. cộng đồng trực tuyến của tin tặc và các nhà sản xuất, cùng với các sinh viên đại học trên toàn thế giới, đang hào hứng sau những tiến bộ nhanh chóng trong VR và đang bắt đầu định hình nó bằng cách bắt đầu công ty mới, làm việc để cải tiến công nghệ, và làm mới các loại kinh nghiệm.

**The Intended Audience - Các đối tượng dự định**

*The book is growing out of material for an overwhelmingly popular undergraduate course on VR that I introduced at the University of Illinois in 2015 (with hardware support from Oculus/Facebook). I have never in my life seen students so excited to take a course. We cannot offer enough slots to come even close to meeting the demand. Therefore, the primary target of this book is undergraduate students around the world. This book would be an ideal source for starting similar VR courses at other universities. Although most of the interested students have been computer scientists, the course at Illinois has attracted students from many disciplines, such as psychology, music, kinesiology, engineering, medicine, and economics. Students in these other fields come with the most exciting project ideas because they can see how VR has the potential to radically alter their discipline. To make the course accessible to students with such diverse backgrounds, I have made the material as self-contained as possible. There is no assumed background in software development or advanced mathematics. If prospective readers have at least written some scripts before and can remember how to multiply matrices together, they should be ready to go.*

Cuốn sách được phát triển ra khỏi vật liệu cho một khóa học đại học áp đảo phổ biến trên VR mà tôi giới thiệu tại Đại học Illinois vào năm 2015 (với sự hỗ trợ phần cứng từ Oculus / Facebook). Tôi chưa bao giờ nhìn thấy trong cuộc sống của tôi sinh viên rất hào hứng khi tham gia khóa học. Chúng tôi không thể cung cấp đủ khe để gần đến để đáp ứng nhu cầu. Do đó, mục tiêu chính của cuốn sách này là sinh viên đại học trên toàn thế giới. Cuốn sách này sẽ là một nguồn lý tưởng để bắt đầu khóa học VR tương tự tại các trường đại học khác. Mặc dù hầu hết các sinh viên quan tâm đã được các nhà khoa học máy tính, các khóa học tại Illinois đã thu hút sinh viên đến từ nhiều lĩnh vực, chẳng hạn như tâm lý học, âm nhạc, Kinesiology, kỹ thuật, y học và kinh tế học. Học sinh trong các lĩnh vực khác đến với ý tưởng dự án thú vị nhất bởi vì họ có thể biết VR có khả năng làm thay đổi triệt để kỷ luật của họ. Để làm cho khóa học dễ tiếp cận cho sinh viên với các nền tảng khác nhau như vậy, tôi đã thực hiện các vật liệu như khép kín càng tốt. Không có nền giả định trong phát triển phần mềm hoặc toán học tiên tiến. Nếu độc giả tiềm năng có ít nhất bằng văn bản một số kịch bản trước và có thể nhớ làm thế nào để nhân ma trận với nhau, họ phải sẵn sàng để đi.

*In addition to use by students who are studying VR in university courses, it is also targeted at developers in industry, hobbyists on the forums, and researchers in academia. The book appears online so that it may serve as a convenient references for all of these groups. To provide further assistance, there are also accompanying materials online, including lecture slides (prepared by Anna Yershova) and recorded lectures (provided online for free by NPTEL of India).*

Ngoài việc sử dụng bởi các sinh viên đang theo học VR trong các khóa học đại học, nó cũng là mục tiêu của các nhà phát triển trong ngành công nghiệp, người có sở thích trên các diễn đàn, và các nhà nghiên cứu tại học viện. Cuốn sách này xuất hiện trực tuyến để nó có thể phục vụ như là một tài liệu tham khảo thuận tiện cho tất cả các nhóm. Để cung cấp hỗ trợ thêm, cũng có tài liệu kèm theo trực tuyến, bao gồm cả các slide bài giảng (do Anna Yershova) và các bài giảng ghi (được cung cấp trực tuyến miễn phí bằng cách NPTEL của Ấn Độ).

Why Am I Writing This Book?

*I enjoy teaching and research, especially when I can tie the two together. I have been a professor and have taught university courses for two decades. Robotics has been my main field of expertise; however, in 2012, I started working at Oculus VR a few days after its Kickstarter campaign. I left the university and became their head scientist, working on head tracking methods, perceptual psychology, health and safety, and numerous other problems. I was struck at how many new challenges arose during that time because engineers and computer scientists (myself included) did not recognize human perception problems that were disrupting our progress. I became convinced that for VR to succeed, perceptual psychology must permeate the design of VR systems. As we tackled some of these challenges, the company rapidly grew in visibility and influence, eventually being acquired by Facebook for $2 billion in 2014. Oculus VR is largely credited with stimulating the rebirth of VR in the consumer marketplace.*

Tôi thưởng thức giảng dạy và nghiên cứu, đặc biệt là khi tôi có thể buộc hai cùng nhau. Tôi đã là một giáo sư và đã dạy các khóa học đại học trong hai thập niên. Robotics đã được lĩnh vực chính của tôi về chuyên môn; Tuy nhiên, trong năm 2012, tôi bắt đầu làm việc tại Oculus VR một vài ngày sau khi chiến dịch Kickstarter của nó. Tôi rời trường đại học và trở thành nhà khoa học đứng đầu của họ, làm việc trên phương pháp đầu theo dõi, tâm lý học nhận thức, sức khỏe và an toàn, và nhiều vấn đề khác. Tôi bị ấn tượng như thế nào nhiều thách thức mới nảy sinh trong suốt thời gian đó bởi vì các kỹ sư và các nhà khoa học máy tính (trong đó có tôi) đã không nhận ra vấn đề nhận thức của con người mà đã làm gián đoạn tiến trình của chúng tôi. Tôi đã bị thuyết phục rằng cho VR để thành công, tâm lý học nhận thức phải thấm thiết kế hệ thống VR. Như chúng ta đã giải quyết một số những thách thức này, công ty tăng lên nhanh chóng trong tầm nhìn và ảnh hưởng, cuối cùng đã được mua lại bởi Facebook cho $ 2 tỷ USD trong năm 2014. Oculus VR phần lớn được ghi nhận với việc kích thích sự tái sinh của VR trong thị trường tiêu dùng.

*I quickly returned to the University of Illinois with a new educational mission: Teach a new generation of students, developers, and researchers the fundamentals of VR in a way that fuses perceptual psychology with engineering. Furthermore, this book focuses on principles do not depend heavily on the particular technology of today. The goal is to improve the reader’s understanding of how VR systems work, what limitations they have, and what can be done to improve them. One important component is that even though technology rapidly evolves, humans who use it do not. It is therefore crucial to understand how our sensors systems function, especially with matched with artificial stimulation. This intent is to provide a useful foundation as the technology evolves. In many cases, open challenges remain. The book does not provide the solutions to them, but instead provides the background to begin researching them.*

Tôi nhanh chóng quay trở lại trường đại học Illinois với một sứ mệnh giáo dục mới: Dạy một thế hệ mới của sinh viên, các nhà phát triển, và các nhà nghiên cứu các nguyên tắc cơ bản của VR trong một cách mà cầu chì tâm lý học nhận thức với kỹ thuật. Hơn nữa, cuốn sách này tập trung vào các nguyên tắc không phụ thuộc rất nhiều vào công nghệ đặc biệt của ngày hôm nay. Mục đích là để nâng cao hiểu biết của người đọc về cách hệ thống VR làm việc, những gì giới hạn mà họ có, và những gì có thể được thực hiện để cải thiện chúng. Một thành phần quan trọng là mặc dù công nghệ nhanh chóng phát triển, con người người sử dụng nó thì không. Do đó rất quan trọng để hiểu làm thế nào chức năng hệ thống cảm biến của chúng tôi, đặc biệt là với lần xuất hiện với kích thích nhân tạo. ý định này là để cung cấp một nền tảng hữu ích như công nghệ phát triển. Trong nhiều trường hợp, những thách thức mở lại. Cuốn sách này không cung cấp các giải pháp cho họ, nhưng thay vì cung cấp các nền tảng để bắt đầu nghiên cứu chúng.

**Suggested Use**

*This text may be used for a one-semester course by spending roughly one week per chapter, with the exception of Chapter 3, which may require two weeks. The book can also be used to augment other courses such as computer graphics, interfaces, and game development. Selected topics may also be drawn for a short course.*

Văn bản này có thể được sử dụng cho một khóa học một học kỳ bằng cách chi tiêu khoảng một tuần cho mỗi chương, với ngoại lệ của chương 3, trong đó có thể yêu cầu hai tuần. Cuốn sách cũng có thể được sử dụng để làm tăng thêm các khóa học khác như đồ họa máy tính, giao diện, và phát triển game. chủ đề chọn lọc cũng có thể được rút ra cho một khóa học ngắn hạn.

*Depending on the technical level of the students, the mathematical concepts in Chapter 3 might seem too oppressive. If that is the case, students may be advised to skim over it and jump to subsequent chapters. They can understand most of the later concepts without the full mathematical details of Chapter 3. Nevertheless, understanding these concepts will enhance their comprehension throughout the book and will also make them more comfortable with programming exercises.*

Tùy thuộc vào trình độ kỹ thuật của các sinh viên, các khái niệm toán học trong chương 3 có vẻ quá áp bức. Nếu đó là trường hợp, học sinh có thể được khuyên nên đọc lướt qua nó và nhảy đến chương tiếp theo. Họ có thể hiểu hầu hết các khái niệm sau mà không cần các chi tiết toán học đầy đủ của Chương 3. Tuy nhiên, sự hiểu biết các khái niệm này sẽ nâng cao hiểu biết của mình trong suốt cuốn sách và cũng sẽ làm cho họ cảm thấy thoải mái hơn với các bài tập lập trình.

**Lab Component**

*We currently use Oculus Rift DK2s on gaming PCs with expensive graphics cards (nVidia Titan Black with 6GB RAM). Development on many more platforms will soon become feasible for this course, including Samsung Gear VR, HTC Vive, and even Google Cardboard, but the quality is generally unacceptable. For software, almost all students develop VR projects using Unity 3D. Alternatives may be Unreal Engine and CryENGINE, depending on their level of technical coding skills. Unity 3D is the easiest because knowledge of C++ and associated low-level concepts is unnecessary.*

Chúng tôi hiện đang sử dụng Oculus Rift DK2s vào chơi game máy tính với card đồ họa đắt tiền (nVidia Titan Black với 6GB RAM). Phát triển trên nhiều nền tảng hơn sẽ sớm trở nên khả thi cho khóa học này, bao gồm Samsung Gear VR, HTC Vive, và thậm chí cả Google Tông, nhưng chất lượng nói chung là không thể chấp nhận. Đối với phần mềm, gần như tất cả các sinh viên phát triển các dự án VR sử dụng Unity 3D. Lựa chọn thay thế có thể Unreal Engine và CryENGINE, tùy thuộc vào mức độ kỹ năng mã hóa kỹ thuật. Unity 3D là dễ nhất vì kiến thức về C ++ và các khái niệm ở mức độ thấp liên quan là không cần thiết.

**Acknowledgments**

*I am very grateful to many students and colleagues who have given me extensive feedback and advice in developing this text. It evolved over many years through the development and teaching at the University of Illinois. The biggest thanks go to Anna Yershova, who has also taught the virtual reality course at the University of Illinois and collaborated on the course development. We also worked side-byside at Oculus VR since the earliest days.*

Tôi rất biết ơn đối với nhiều sinh viên và đồng nghiệp đã cho tôi thông tin phản hồi rộng và tư vấn trong việc phát triển văn bản này. Nó phát triển trong nhiều năm qua việc phát triển và giảng dạy tại Đại học Illinois. Nhờ lớn nhất đi đến Anna Yershova, người cũng đã dạy các khóa học thực tế ảo tại Đại học Illinois và hợp tác trong việc phát triển tất nhiên. Chúng tôi cũng đã làm việc phụ byside tại Oculus VR từ những ngày đầu.

*Among many helpful colleagues, I especially thank Ian Bailey, Don Greenberg, Paul MacNeilage, Betty Mohler, Aaron Nichols, Yury Petrov, Dan Simons, and Richard Yao for their helpful insights, explanations, suggestions, feedback, and pointers to materials.*

Trong số rất nhiều đồng nghiệp hữu ích, tôi đặc biệt cảm ơn Ian Bailey, Don Greenberg, Paul MacNeilage, Betty Mohler, Aaron Nichols, Yury Petrov, Dan Simons, và Richard Yao cho những hiểu biết hữu ích, giải trình, đề nghị, thông tin phản hồi, và con trỏ đến vật liệu.

*I sincerely thank the many more people who have given me corrections and comments on early drafts of this book. This includes Frank Dellaert, Blake J. Harris, Peter Newell, Matti Pouke, Yingying (Samara) Ren, Matthew Romano, Killivalavan Solai, Karthik Srikanth, Jiang Tin, David Tranah, Ilija Vukotic, and Kan Zi Yang.*

Tôi xin chân thành cảm ơn nhiều nhiều người đã cho tôi chỉnh sửa và nhận xét về dự thảo đầu tiên của cuốn sách này. Điều này bao gồm Frank Dellaert, Blake J. Harris, Peter Newell, Matti Pouke, Yingying (Samara) Ren, Matthew Romano, Killivalavan SOLAI, Karthik Srikanth, Giang Tín, David Tranah, Ilija Vukotic, và Kan Zi Yang.

**Chương 1: Giới thiệu**

**1.1 VR là gì ?**

Công nghệ VR đang phát triển một cách nhanh chóng, điều này khiến nó trở nên bấp bênh trong việc định nghĩa dẫn đến việc nó không còn là thiết bị được ưu thích trong vòng một hoặc hai năm.