สารบัญ

สารบัญรูป (9)

สารบัญตาราง (21)

คำนำ (22)

กิตติกรรมประกาศ (24)

บทนำ (Introduction) (25)

บทที่ 1 ความเป็นจริงเสมือน (Virtual Reality) 1

ความเป็นจริงเสมือนคืออะไร (What is Virtual Reality) 1

สภาพแวดล้อมเสมือนร่วมกัน (Collaborative Virtual Environment, CVE) 6

การประยุกต์การใช้งานความเป็นจริงเสมือน (Application for Virtual Reality) 7

บทบาทของความเป็นจริงเสมือนต่อการออกแบบสถาปัตยกรรม
(Role of Virtual Reality in Architectural Process) 20

ประเด็นคำถามฝึกหัด บทที่ 1 29

บทที่ 2 ประวัติศาสตร์ย่อของความเป็นจริงเสมือน (Brief History of Virtual Reality) 30

ช่วงปี 1800s (ศตวรรษที่ 19) 32

ช่วงปี 1900s (ศตวรรษที่ 20) 33

ช่วงปี 2000s (ศตวรรษที่ 21) 46

ประเด็นคำถามฝึกหัด บทที่ 2 53

**บทที่ 3 ระบบการมองเห็นและกระบวนการแสดงผลสามมิติ
(Visual Perception and 3D Display Process) 54**

การรับรู้รูปแบบ 3 มิติ (3D Perception) 55

พื้นที่การมองเห็น (Field of View, FOV) 63

มุมของการมองเห็น (Visual angle) 66

พื้นที่การมองเห็นกับความเป็นจริงเสมือน (Field of View and VR) 68

กระบวนการแสดงผลสามมิติ (Stereoscopy Display) 70

ภาวะป่วยจากการจำลองความเป็นจริงเสมือน (Simulator Sickness) 77

การปฏิสัมพันธ์ในสภาพแวดล้อมเสมือนจริง (Interactive Virtual Environment) 79
ประเด็นคำถามฝึกหัด บทที่ 3 86

บทที่ 4 เอ็นจิ้น 3 มิติ (3D Engines) 87
เอ็นจิ้น 3 มิติ กับงานเสมือนจริง 87
เกี่ยวกับเอ็นจิ้น 3 มิติ (About 3D Engine) 90
แนวทางการเลือกใช้เอ็นจิ้น 3 มิติ (3D Engine Guidelines) 91
การติดตั้งเอ็นจิ้น 3 มิติ (Setup and Install) 97
ประเด็นคำถามฝึกหัด บทที่ 4 104

บทที่ 5 เริ่มต้นโครงงาน (Create Project) 105
การออกแบบโครงงานและกรอบงาน (Project and Layout Design) 105
เริ่มต้นโครงงานบนยูนิตี้ (Create Project on Unity) 106
ดิจิทัลแอสเซทและขั้นตอนการทำงาน (Asset and Workflow) 110
ข้อมูลแบบจำลองจากซอฟต์แวร์การสร้างแบบจำลอง 3 มิติ (3D Modeling Software) 114
ข้อมูลแบบจำลองจากซอฟต์แวร์แบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM Software) 118
ประเด็นคำถามฝึกหัด บทที่ 5 126

บทที่ 6 องค์ประกอบเครื่องมือ (Tools) 127
มุมมองและส่วนต่อประสาน (View and User Interface) 127
การตั้งค่าพื้นฐาน (Basic Setup) 134
การกำหนดฉาก (Scene & Level) 144
ประเด็นคำถามฝึกหัด บทที่ 6 146

บทที่ 7 แบบจำลองและสภาพแวดล้อมเสมือน (Model and Virtual Environment) 147
การจัดการภูมิประเทศเบื้องต้น (Basic of Creating the Terrain) 147
การกำหนดองค์ประกอบให้กับสภาพแวดล้อมเบื้องต้น
(Basic of Adding Elements of Environment) 154
ประเด็นคำถามฝึกหัด บทที่ 7 158

บทที่ 8 การจัดการกับแอสเซทแบบจำลอง (Model Asset) 159
การนำเข้าแบบจำลอง 3 มิติในสภาพแวดล้อมเสมือน
(3D Models in Virtual Environment) 161
การกำหนดระดับความละเอียด (LOD: Levels of Detail) 164
การกำหนดพื้นผิววัสดุพื้นฐาน (Basic Materials & Textures) 168
การกำหนดพื้นผิววัสดุเพิ่ม (Adding Materials & Textures) 172
ประเด็นคำถามฝึกหัด บทที่ 8 180

บทที่ 9 การให้แสงเงา (Shade and Shadow) 181
การกำหนดแหล่งกำเนิดแสงขั้นพื้นฐาน (Basic light sources) 182
การกำหนดการเคลื่อนที่ของแสงธรรมชาติ (Time of day) 187
ประเด็นคำถามฝึกหัด บทที่ 9 194

บทที่ 10 การสร้างมุมมองการเคลื่อนที่ (Walkthrough & Flythrough) 195
การกำหนดมุมมองการเดินแบบบุคคลที่หนึ่ง (First Person Walkthrough) 197
การกำหนดมุมมองการเดินแบบบุคคลที่สาม (Third Person Walkthrough) 198
การกำหนดการควบคุมผู้เล่น 200
การกำหนดและควบคุมมุมมองแบบด้านบน (Flythrough) 202

บทที่ 11 การเขียนสคริปต์ (Script) 211
หลักการใช้งานสคริปต์พื้นฐาน (Basic Scripting) 213
สคริปต์ควบคุมเกมออบเจคของแบบจำลอง 3 มิติ 232
สคริปต์การปฏิสัมพันธ์กับแบบจำลอง 3 มิติ 235

บทที่ 12 พื้นฐานการเคลื่อนที่ด้วยแอนิเมชัน (Animation) 261
ประเด็นคำถามฝึกหัด บทที่ 12 269

บทที่ 13 การจัดการกับเสียง (Working with Audio) 270

บทที่ 14 การสร้างกราฟิกส่วนต่อประสาน (Adding Graphic User Interface) 274
ส่วนต่อประสานพื้นฐาน (Basic User Interface) 275

บทที่ 15 การนำโครงงานไปใช้จริง (Project Launch) **285**

ตัวอย่างขั้นตอนวิธีสร้างโครงงานความจริงเสมือนร่วมกับฮาร์ดแวร์ (HTC Vive) 286

บทที่ 16 อนาคตงานจำลองแบบสามมิติ (Future of 3D Models) **302**

ความเป็นจริงผสม (Mixed Reality) 304

ความเป็นจริงเสริม (Augmented Reality) 306

ความแตกต่างระหว่างความเป็นจริงเสริมกับความเป็นจริงเสมือน 308

ประเด็นคำถามฝึกหัด บทที่ 16 311

บรรณานุกรม (Bibliography) **312**

ดัชนี (Index) **318**

สารบัญรูป

รูปที่ 1.1	ไดอะแกรมแสดงปัจจัยที่เป็นองค์ประกอบหลักของความเป็นจริงเสมือน	4
รูปที่ 1.2	เครื่องเล่น Kraken VR Roller Coaster	8
รูปที่ 1.3	เครื่องเล่น VR Slider	8
รูปที่ 1.4	บรรยากาศภายในโรงแรมแอตแลนติสดูไบในมุมมอง 360 องศา	9
รูปที่ 1.5	ภาพบรรยากาศใต้ท้องทะเลบริเวณเกาะฮามิลตันในมุมมอง 360 องศา	10
รูปที่ 1.6	การใช้ ‘HTC VIVE Pro’ ผ่านซอฟต์แวร์ ‘3D Organon VR’	11
รูปที่ 1.7	มุมมองผ่านแพลตฟอร์ม ‘Class VR’ แสดงสภาพชุมชนหลังได้ประสบเหตุการณ์พายุเฮอริเคนแซนดี้	11
รูปที่ 1.8	มุมมองความเป็นจริงเสมือน ในห้องหลุมศพฟาโรห์ตุตันคาเมน	12
รูปที่ 1.9	ซีอีโอ เดอะไฮโดรส (Dr. Erika Woolsey) นำเสนอการใช้วีอาร์ในการเรียนรู้โลกใต้ทะเล ในงาน National Geographic Explorers Festival ที่วอชิงตันดีซี ปี ค.ศ.2018	13
รูปที่ 1.10	การถ่ายทำใต้ทะเลด้วยกล้อง ‘VRTUL2’	13
รูปที่ 1.11	การใช้ ‘google earth VR’ ดูภาพผังเมืองในมุมสูงผ่านอุปกรณ์ ‘HTC VIVE’	14
รูปที่ 1.12	นักเรียนกำลังทัศนศึกษาเสมือนที่กำแพงเมืองจีนผ่าน ‘Cardboard’	15
รูปที่ 1.13	การจำลองการฝึกการควบคุมรถโฟล์คลิฟท์	17
รูปที่ 1.14	การฝึกการช่วยเหลือทางการแพทย์ของโรงพยาบาลเด็กลอสแองเจอริส (CHLA)	17
รูปที่ 1.15	สภาพแวดล้อมเสมือนจริงของฟาร์มแดมแมนน์	18
รูปที่ 1.16	ตัวอย่างการใช้งาน ‘TiltBrush’ สร้างงานศิลปะในแบบสามมิติ	19
รูปที่ 1.17	ตัวอย่างการการใช้งาน ‘TiltBrush’ สำหรับงานออกแบบแฟชั่น	19
รูปที่ 1.18	บทความและงานที่เกี่ยวข้องกับวีอาร์ บนเว็บไซต์ archdaily.com	21
รูปที่ 1.19	การ walkthrough เพื่อสื่อสารงานสถาปัตยกรรมได้ชัดเจนมากขึ้น	23
รูปที่ 1.20	การศึกษาที่ว่างอาคารผ่านอุปกรณ์ HMD	23
รูปที่ 1.21	แบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) บน VR ผ่านแอปพลิเคชัน Autodesk Live	25
รูปที่ 1.22	การ ‘walkthrough’ แบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM)	25
รูปที่ 1.23	การทดลองแบบจำลองโบราณสถาน วัดศรีชุม จ.สุโขทัย แสดงผลผ่านอุปกรณ์ HMD	28

รูปที่ 2.1	แสดงพัฒนาการอุปกรณ์แสดงผลแบบสวมศีรษะ (Head-Mounted Displays)	31
รูปที่ 2.2	วีตสโตน มิรเรอร์ สเตอริโอสโคปี (Wheatstone mirror stereoscope)	32
รูปที่ 2.3	บริวสเตอร์ สเตอริโอสโคปี (Brewster Stereoscopes)	32
รูปที่ 2.4	นวัตกรรมปืนติดศีรษะของ Albert Bacon Pratt	33
รูปที่ 2.5	เครื่องจำลองการบิน ‘blue box’ จัดแสดงอยู่ที่หอเกียรติยศการบินแห่งชาติ รัฐโอไฮโอ สหรัฐอเมริกา	34
รูปที่ 2.6	เรื่องสั้นวิทยาศาสตร์ Pygmalion’s Spectacles	35
รูปที่ 2.7	ภาพอธิบายสิ่งประดิษฐ์ของแมคคอลลัม	36
รูปที่ 2.8	ไดอะแกรม Heilig stereoscopic television	37
รูปที่ 2.9	เครื่องจำลองความเป็นจริงเสมือน เซนเซอร์รามา (Sensorama)	38
รูปที่ 2.10	แสดงภาพการใช้งานเฮดไซต์ (Headsight)	38
รูปที่ 2.11	ภาพอธิบายอุปกรณ์ถุงมืออินพุตข้อมูล ของบริษัทไอบีเอ็ม	39
รูปที่ 2.12	ไอแวน ซูเธอร์แลนด์กับอุปกรณ์ ‘Sword of Damocles’	41
รูปที่ 2.13	ภาพกราฟิกที่แสดงผลบนอุปกรณ์ ‘Sword of Damocles’	41
รูปที่ 2.14	แสดงการใช้งาน ‘Virtual Interface Environment Workstation (VIEW)’	42
รูปที่ 2.15	อายโฟน (EyePhone) จัดแสดงในงานเทคโปเทเลคอมมูนิเคชัน (Texpo Telecommunications) ที่ซานฟรานซิสโก ปี 1989	43
รูปที่ 2.16	แสดงการใช้งานระบบการตอบสนองของ ‘Grope-III’	44
รูปที่ 2.17	เครื่องเล่นเกมของบริษัทเวอร์ชวลลิตี้ กรุ๊ป	44
รูปที่ 2.18	รูปแบบของเครื่องเกม เซก้า เจเนซิส	45
รูปที่ 2.19	รูปแบบของเครื่องเกม นินเทนโด เวอร์ชวล บอย	46
รูปที่ 2.20	ออคูลัส ริฟท์ (Oculus Rift) รุ่นพัฒนาชุดที่ 1	47
รูปที่ 2.21	ออคูลัส ริฟท์ (Oculus Rift) เปิดระดมทุนและจองล่วงหน้า	48
รูปที่ 2.22	อุปกรณ์ เอชทีซีไวว์ (HTC VIVE) ที่มา: (BARNARD, 2018)	49
รูปที่ 2.23	อุปกรณ์ ออคูลัสเควสรุ่นที่ 2 (Oculus Quest 2)	50
รูปที่ 2.24	Timeline - แผนผังแสดงการพัฒนาเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน	52
รูปที่ 3.1	การปรับสายตาดูระยะใกล้ - ไกล	56
รูปที่ 3.2	ตัวอย่างลักษณะการบดบัง (Occlusion)	57
รูปที่ 3.3	ตัวอย่างลักษณะขนาดสัมพัทธ์ (Relative Size)	57
รูปที่ 3.4	ตัวอย่างลักษณะทัศนมิติ (Linear Perspective หรือ Perspective Convergence)	58
รูปที่ 3.5	ตัวอย่างลักษณะทัศนมิติเชิงบรรยากาศ (Atmospheric Perspective)	58

รูปที่ 3.6	ตัวอย่างลักษณะแสง-เงา (Light & Shadow)	59
รูปที่ 3.7	ตัวอย่างลักษณะพารัลแลกซ์จากการเคลื่อนไหว (Motion parallax)	60
รูปที่ 3.8	ตัวอย่างลักษณะการบดบังและการโผล่ออก (Deletion and Accretion)	60
รูปที่ 3.9	ตัวอย่างลักษณะพารัลแลกซ์ ไบนาคูลา (binocular parallax)	61
รูปที่ 3.10	ตัวอย่างรูปพารัลแลกซ์ ไบนาคูลา (binocular parallax)	62
รูปที่ 3.11	ตัวอย่างลักษณะการเบนตาเข้าหากัน (Convergence)	62
รูปที่ 3.12	ตัวอย่างลักษณะพื้นที่การมองเห็นแบบตาเดียว (Monocular FOV)	63
รูปที่ 3.13	ตัวอย่างลักษณะพื้นที่การมองเห็นแบบตาคู่ (Binocular FOV)	64
รูปที่ 3.14	แสดงพื้นที่การมองเห็นในแนวดิ่ง	64
รูปที่ 3.15	ไดอะแกรมแสดงการใช้เลนส์แบบบาง (A) และแบบหนา (B)	65
รูปที่ 3.16	สัดส่วนมุมในการมองเห็น (รูปบน) และสมการของมุมในการมองเห็น (รูปล่าง)	66
รูปที่ 3.17	ความสัมพันธ์ของมุมในการมองเห็นกับระยะการมองและระยะพิกเซล	67
รูปที่ 3.18	ตัวอย่างภาพที่ได้จากระบบติดตามมุมมองสายตาของผู้ใช้งาน	69
รูปที่ 3.19	ตัวอย่างภาพที่ได้จากระบบติดตามมุมมองสายตาของผู้ใช้งาน	69
รูปที่ 3.20	ตัวอย่างแว่นตาสำหรับมองภาพสามมิติแอนะกลิ๊ป	70
รูปที่ 3.21	ตัวอย่างภาพสามมิติแอนะกลิ๊ป	71
รูปที่ 3.22	ไดอะแกรมการโฟกัสสายตาเพื่อให้เห็นภาพออโตสเตอริโอแกรมเป็นสามมิติ	71
รูปที่ 3.23	ตัวอย่างภาพออโตสเตอริโอแกรม (รูปซ้าย) และภาพสามมิติที่เห็น (รูปขวา)	72
รูปที่ 3.24	ภาพตัวอย่างอุปกรณ์แว่นตาระบบชัตเตอร์	72
รูปที่ 3.25	ตัวอย่างแสดงการทำงานของเลนส์แว่นตาและจอแสดงผล สำหรับการมองเห็นในตาแต่ละข้าง	72
รูปที่ 3.26	ไดอะแกรมหลักการทำงานของระบบโพลาไรเซชั่น	73
รูปที่ 3.27	ไดอะแกรมหลักการทำงานของระบบโพลาไรเซชั่น	74
รูปที่ 3.28	ไดอะแกรมแสดงหลักการที่งานของออโต้สเตอริโอสโคปิแบบใช้แผงหน้ากากกั้น	75
รูปที่ 3.29	ไดอะแกรมแสดงหลักการที่งานของออโต้สเตอริโอสโคปิแบบใช้เลนส์ทรงกึ่งกระบอกกั้น	75
รูปที่ 3.30	เครื่องเล่นเกม นินเทนโด 3 ดีเอส	76
รูปที่ 3.31	ตัวอย่างภาพสเตอริโอสโคปิที่แสดงบนอุปกรณ์จอแสดงผลสามมิติแบบสวมศีรษะ	77
รูปที่ 3.32	ไดอะแกรมแสดงองค์ประกอบของระบบความเป็นจริงเสมือน	79
รูปที่ 3.33	การเชื่อมต่อระบบความเป็นจริงเสมือนในแต่ละประเภท	81
รูปที่ 3.34	ตัวอย่างส่วนประกอบของอุปกรณ์ HMD	83
รูปที่ 3.35	ไดอะแกรมรูปแบบการทำงาน 3 DoF และ 6 DoF	84

รูปที่ 3.36	ตัวอย่างอุปกรณ์ HMD แบ่งตามประเภทเซนเซอร์แบบ 3 DoF และ 6 DoF	85
รูปที่ 4.1	แสดงมิติในการสื่อสารของเครื่องมือในกระบวนการออกแบบสถาปัตยกรรม	88
รูปที่ 4.2	แสดงความสัมพันธ์ของมิติการสื่อสารทางสถาปัตยกรรมในรูปแบบพิกัด 3 มิติ	89
รูปที่ 4.3	คุณลักษณะที่เกิดขึ้นกับมิติในการสื่อสารเชิงจินตทัศน์	89
รูปที่ 4.4	แพ็คเกจการลงโปรแกรม 3 รูปแบบหลักในหน้าเว็บเพจ	98
รูปที่ 4.5	หน้าเว็บเพจการดาวน์โหลดยูนิตี้รุ่น ‘Personal’	98
รูปที่ 4.6	หน้าต่างรายละเอียดข้อตกลงและเงื่อนไขการใช้งาน	99
รูปที่ 4.7	หน้าต่างการเลือกโฟลเดอร์ติดตั้ง	99
รูปที่ 4.8	หน้าต่างการลงโปรแกรมยูนิตี้ฮับแล้วเสร็จ	100
รูปที่ 4.9	หน้าต่างหลักของยูนิตี้ฮับ	100
รูปที่ 4.10	หน้าต่างการเลือกรุ่นโปรแกรมหลักยูนิตี้	101
รูปที่ 4.11	หน้าต่างโมดูลเพิ่มเติม	101
รูปที่ 4.12	หน้าต่างยูนิตี้ฮับที่ลงโปรแกรมหลักแล้วพร้อมใช้งาน	102
รูปที่ 4.13	หน้าต่างการจัดการยูนิตี้ไอดี	103
รูปที่ 5.1	เมนู ‘Sign in’ บนหน้าต่างโปรแกรมยูนิตี้ฮับ	106
รูปที่ 5.2	หน้าต่างการล็อคอินยูนิตี้ไอดี	107
รูปที่ 5.3	เมนูบัญชีรายชื่อที่ล็อคอิน	107
รูปที่ 5.4	หน้าต่างการเลือกโครงงาน	108
รูปที่ 5.5	หน้าต่างการสร้างโครงงานใหม่	109
รูปที่ 5.6	ตัวอย่างโครงสร้างโฟลเดอร์ของโครงงานที่สร้างขึ้นใหม่	109
รูปที่ 5.7	หน้าต่างยูนิตี้แอสเซทสโตร์ผ่านโปรแกรมยูนิตี้	110
รูปที่ 5.8	หน้าต่างยูนิตี้แอสเซทสโตร์ผ่านเว็บเบราว์เซอร์	111
รูปที่ 5.9	รายละเอียดข้อมูลของเอสเซทในยูนิตี้แอสเซทสโตร์	112
รูปที่ 5.10	ตัวอย่างหน้าต่างการนำเข้าแอสเซทในโครงงาน	113
รูปที่ 5.11	ตัวอย่างหน้าต่าง Package Manager	113
รูปที่ 5.12	หน้าต่างแสดงแอสเซทพื้นฐานของยูนิตี้ ‘Standard Assets’	114
รูปที่ 5.13	แผนผังแสดงกระบวนการใช้ความเป็นจริงเสมือนในกระบวนการทางสถาปัตยกรรม	116
รูปที่ 5.14	ฟอร์แมทแบบจำลองสามมิติที่โปรแกรมยูนิตี้รองรับ	117
รูปที่ 5.15	ตัวอย่างการใช้งานยูนิตี้รีเฟล็ค (Unity Reflect)	118
รูปที่ 5.16	รายการการติดตั้งเครื่องมือยูนิตี้รีเฟล็คกับซอฟต์แวร์ที่รองรับ	119
รูปที่ 5.17	ไดอะแกรมแนวคิดการใช้งานของ ‘Unity Reflect’	120

รูปที่ 5.18	หน้าต่างแอปพลิเคชัน ‘Unity Reflect Dashboard’	120
รูปที่ 5.19	ตัวอย่างการใช้งานแบบจำลองข้อมูลสารสนเทศอาคารผ่าน ‘Unity Reflect Viewer’	121
รูปที่ 5.20	เมนูคำสั่งของส่วนต่อประสานบน ‘Unity Reflect View’	122
รูปที่ 5.21	หน้าเว็บไซต์ ‘Tridify’	123
รูปที่ 5.22	การทำงานของโปรแกรมเสริม ‘Tridify’	124
รูปที่ 5.23	หน้าเว็บไซต์ ‘Tridify’ ในส่วนของการฝากข้อมูลของแบบจำลองข้อมูลสารสนเทศอาคาร	124
รูปที่ 5.24	หน้าต่างย่อยของโปรแกรมเสริม ‘Tridify’ บนโปรแกรมยูนิตี้	125
รูปที่ 6.1	หน้างต่างการทำงานโปรแกรมยูนิตี้	128
รูปที่ 6.2	แสดงแถบเครื่องมือหลักของโปรแกรมยูนิตี้	128
รูปที่ 6.3	แสดงหน้าต่างโครงงาน	129
รูปที่ 6.4	แสดงหน้าต่างการนำเข้า (ฝั่งซ้าย) และการส่งออก (ฝั่งขวา) แอสเซท	130
รูปที่ 6.5	แสดงหน้าต่างคอนโซล	130
รูปที่ 6.6	แสดงหน้าต่างซีน	131
รูปที่ 6.7	หน้าต่างเกม	132
รูปที่ 6.8	แสดงหน้าต่างลำดับชั้น	132
รูปที่ 6.9	แสดงหน้าต่าง Inspector	133
รูปที่ 6.10	ไดอะแกรมโครงสร้างของโครงงาน	134
รูปที่ 6.11	ตัวอย่าง GameObject วัตถุสามมิติ แสง ต้นไม้ เสียง	135
รูปที่ 6.12	ทรานส์ฟอร์มคอมโพเนนต์ของเกมออบเจค	136
รูปที่ 6.13	ชุดรายการคอมโพเนนต์ในหน้าต่างการเพิ่มคอมโพเนนต์	136
รูปที่ 6.14	ตัวอย่างคอมโพเนนต์ของเกมออบเจคที่สร้างขึ้นใหม่จากการเขียนสคริปต์	137
รูปที่ 6.15	ไดอะแกรมแสดงแนวคิดความสัมพันธ์ของเกมออบเจ็คแบบพาเรนติ้ง	139
รูปที่ 6.16	เกมออบเจคที่มีความสัมพันธ์กันแบบพาเรนติ้ง	139
รูปที่ 6.17	การย้ายตำแหน่งเกมออบเจคที่เป็นพาเรนท์	140
รูปที่ 6.18	การย้ายตำแหน่งเกมออบเจคที่เป็นไชล์ด	140
รูปที่ 6.19	การทำพาเรนท์และไชล์ดให้กับเกมออบเจค	141
รูปที่ 6.20	พารามิเตอร์เริ่มต้นของเกมออบเจค ในหน้าต่าง Inspector	143
รูปที่ 6.21	รายการแท็กของเกมออบเจค ในหน้าต่าง Inspector	143
รูปที่ 6.22	หน้าต่างโครงงานแสดงรายการไฟล์ฉากที่ถูกเก็บไว้ในโฟลเดอร์แอสเซท	144
รูปที่ 6.23	องค์ประกอบเริ่มต้นของฉากที่สร้างขึ้นใหม่	144
รูปที่ 6.24	การทำงานแบบ Multi-Scene	145

รูปที่ 7.1	คำสั่งการสร้าง Terrain	148
รูปที่ 7.2	เครื่องมือในการปรับแต่ง Terrain	148
รูปที่ 7.3	พารามิเตอร์การตั้งค่าขนาดความละเอียดของ Terrain	148
รูปที่ 7.4	การสร้าง Terrain ในลักษณะโมดูลเชื่อมต่อกัน	149
รูปที่ 7.5	เปรียบเทียบการต่อ Terrain ในแบบ Mirror และแบบ Clamp	149
รูปที่ 7.6	การปรับแต่งระดับสูง-ต่ำในชุดเครื่องมือ Raise or Lower Terrain	150
รูปที่ 7.7	การกำหนดลวดลายพื้นผิวในชุดเครื่องมือ Paint Texture	151
รูปที่ 7.8	การกำหนดระดับพื้นผิวในชุดเครื่องมือ Set Height	151
รูปที่ 7.9	ชุดเครื่องมือในการเพิ่มต้นไม้ในหมวด Paint tree	152
รูปที่ 7.10	คำสั่ง Mass Place Trees ในหมวด Paint tree	152
รูปที่ 7.11	ชุดเครื่องมือ Paint Details	153
รูปที่ 7.12	ตัวอย่างการใช้ภาพ Heightmaps สร้าง Terrain	154
รูปที่ 7.13	คำสั่งการนำเข้าและส่งออกข้อมูลไฟล์ Heightmaps	154
รูปที่ 7.14	หน้าต่าง Lighting	155
รูปที่ 7.15	ภาพการตั้งค่าลักษณะของดวงอาทิตย์	156
รูปที่ 7.16	การกำหนดตำแหน่งของดวงอาทิตย์	156
รูปที่ 7.17	วิธีการสร้าง Skybox 6 sided	157
รูปที่ 7.18	ภาพการตั้งค่า skybox	157
รูปที่ 7.19	การสร้าง Wind Zone	158
รูปที่ 8.1	องค์ประกอบของ ‘mesh model’	160
รูปที่ 8.2	หน้าต่างโครงงานแสดงตัวอย่างไฟล์สกุล .fbx ที่นำเข้ามาในยูนิตี้	162
รูปที่ 8.3	หน้าต่างโครงงานแสดงตัวอย่างไฟล์ SketchUp ที่นำเข้ามาในยูนิตี้	162
รูปที่ 8.4	ตัวอย่างหน้าต่าง Inspector ของไฟล์ .fbx (ซ้าย) และไฟล์ SketchUp (ขวา)	163
รูปที่ 8.5	แสดงแท็บการตั้งค่าในหน้าต่าง Inspector	164
รูปที่ 8.6	ตัวอย่างแบบจำลองสามมิติที่มีความละเอียดต่างกัน	164
รูปที่ 8.7	ตัวอย่างการแสดงผลรูปแบบ LOD ของแบบจำลองในระยะต่างๆ (จำนวนโพลีกอนและวัสดุพื้นผิวแตกต่างกัน)	165
รูปที่ 8.8	หน้าต่าง Hierarchy	165
รูปที่ 8.9	หน้าต่าง Inspector	166
รูปที่ 8.10	คอมโพเนนต์ LOD Group	166
รูปที่ 8.11	ปุ่ม Add LOD	167

รูปที่ 8.12 การปรับจำนวนระดับ LOD 167
รูปที่ 8.13 ตัวอย่างการแสดงผลรูปแบบ LOD ของแบบจำลองในระยะต่างๆ (จำนวนโพลีกอนแตกต่างกัน) 168
รูปที่ 8.14 ไดอะแกรมการกำหนดลวดลายและวัสดุพื้นผิว (Materials & Textures) ให้กับแบบจำลองสามมิติ 168
รูปที่ 8.15 ไดอะแกรมความสัมพันธ์ขององค์ประกอบการใช้แบบจำลองสามมิติในยูนิตี้ 169
รูปที่ 8.16 การสร้างวัสดุพื้นผิว (material) 169
รูปที่ 8.17 ข้อมูลวัสดุพื้นผิว (material) ในหน้าต่างโครงงาน 170
รูปที่ 8.18 การเลือกสี วัสดุพื้นผิว (material) 170
รูปที่ 8.19 ค่า Metallic และ Smoothness 171
รูปที่ 8.20 ตัวอย่างรูปแบบไฟล์ภาพ Normal Map 171
รูปที่ 8.21 การใส่ลวดลาย (Texture) 172
รูปที่ 8.22 ตัวอย่างแบบจำลองสามมิติที่นำเข้ามาในหน้าต่างโครงงาน แบบหนึ่งเมชและวัสดุมากกว่าหนึ่งแบบ 173
รูปที่ 8.23 ตัวอย่างรายการวัสดุพื้นผิวของแบบจำลองสามมิติในหน้าต่างโครงงาน 173
รูปที่ 8.24 ตัวอย่างรายการวัสดุพื้นผิวของเกมออบเจคในฉาก 173
รูปที่ 8.25 ตัวอย่างแบบจำลองสามมิติที่นำเข้ามาในหน้าต่างโครงงาน แบบหลายเมชและวัสดุมากกว่าหนึ่งแบบ 174
รูปที่ 8.26 ตัวอย่างรายการวัสดุพื้นผิวของแบบจำลองสามมิติในหน้าต่างโครงงาน 174
รูปที่ 8.27 ตัวอย่างรายการวัสดุพื้นผิวของเกมออบเจคในฉาก 175
รูปที่ 8.28 ตัวอย่างการกำหนดวัสดุพื้นผิวใหม่จากเกมออบเจค 176
รูปที่ 8.29 แสดงการกำหนดวัสดุที่มีลวดลายโปร่งใสบนพื้นผิวเกมออบเจค 176
รูปที่ 8.30 หน้าต่าง Inspector แสดงการตั้งค่า Rendering Mode เป็น Transparent 177
รูปที่ 8.31 ตัวผู้เล่นซ้อนทับกันกับเกมออบเจค 178
รูปที่ 8.32 ตัวอย่างการกำหนดการชนกันแบบ Mesh Collider ให้กับเกมออบเจค 179
รูปที่ 8.33 โครงสร้างความสัมพันธ์ของแบบจำลองสามมิติในโปรแกรมยูนิตี้ 180

รูปที่ 9.1 การสร้างแหล่งกำเนิดแสงประเภทต่างๆ จากเกมออบเจค 181
รูปที่ 9.2 เปรียบเทียบแหล่งกำเนิดแสงพื้นฐาน 4 ประเภท 182
รูปที่ 9.3 ลักษณะการกระจายแสงประเภท Directional Light 183
รูปที่ 9.4 ตัวอย่างการใช้แสงประเภท Directional Light 183
รูปที่ 9.5 ลักษณะการกระจายแสงประเภท Point Light 184

รูปที่ 9.6	ตัวอย่างการใช้แสงประเภท Point Light	184
รูปที่ 9.7	ลักษณะการกระจายแสงประเภท Spotlight	185
รูปที่ 9.8	ตัวอย่างการใช้แสงประเภท Spotlight	185
รูปที่ 9.9	ลักษณะการกระจายแสงประเภท Area Light	186
รูปที่ 9.10	ตัวอย่างการใช้แสงประเภท Area Light	186
รูปที่ 9.11	ตัวอย่างการกำหนดประเภทเงา	186
รูปที่ 9.12	ตัวอย่างการเปิดการใช้งาน Draw Halo	187
รูปที่ 9.13	หน้าต่างรายการ Culling Mask	187
รูปที่ 9.14	การกำหนดแหล่งกำเนิดแสงประเภท Directional Light	188
รูปที่ 9.15	การเพิ่มคอมโพเนนต์ Scripts C#	188
รูปที่ 9.16	สคริปต์ควบคุมทิศทางแสงตามช่วงเวลา	189
รูปที่ 9.17	ตัวอย่างแสงเงาที่มีการปรับเปลี่ยนตามช่วงเวลาแบบทันที	189
รูปที่ 9.18	การใส่คอมโพเนนต์ Animation กับเกมออบเจคแสง	190
รูปที่ 9.19	สร้างไฟล์แอนิเมชันจากหน้าต่าง Animation	191
รูปที่ 9.20	สร้างไฟล์แอนิเมชันจากหน้าต่างโครงงาน	191
รูปที่ 9.21	ชื่อไฟล์แอนิเมชันถูกกำหนดในพารามิเตอร์ Element ของคอมโพเนนต์ Animation	191
รูปที่ 9.22	การเลือกรูปแบบการเคลื่อนที่ในหน้าต่าง Animation	192
รูปที่ 9.23	ตำแหน่งไอคอน Add Keyframe	192
รูปที่ 9.24	คีย์เฟรมในช่องตารางไทม์ไลน์ของหน้าต่าง Animation	193
รูปที่ 9.25	กำหนดชื่อไฟล์แอนิเมชันในพารามิเตอร์ Animation	193
รูปที่ 9.26	การเลือกพารามิเตอร์ Legacy ของไฟล์แอนิเมชัน จากหน้าต่าง Debug	193
รูปที่ 9.27	ตัวอย่างการแสดงแสงเงาที่ได้จากการสร้างแอนิเมชัน	194
รูปที่ 10.1	ตัวอย่างส่วนประกอบภายใน Standard Asset	196
รูปที่ 10.2	ข้อผิดพลาดของไฟล์สคริปต์จากการเรียกใช้คลาส ‘GUIText’	197
รูปที่ 10.3	การเรียกใช้ตัวผู้เล่นมุมมองบุคคลที่หนึ่งจาก Standard Assets	197
รูปที่ 10.4	หน้าต่าง Inspector ของตัวผู้เล่นมุมมองบุคคลที่หนึ่ง	198
รูปที่ 10.5	การเรียกใช้ตัวผู้เล่นมุมมองบุคคลที่สามจาก Standard Assets	199
รูปที่ 10.6	หน้าต่าง Inspector ของตัวผู้เล่นมุมมองบุคคลที่สาม	200
รูปที่ 10.7	รายการ Input ในหน้าต่าง Project Settings	201
รูปที่ 10.8	การกำหนดแท็กให้กับตัวผู้เล่น	201

รูปที่ 10.9 การเพิ่มคอมโพเนนต์สคริปต์ที่หน้าต่าง Inspector 202
รูปที่ 10.10 คอมโพเนนต์สคริปต์ที่สร้างขึ้นใหม่ 202
รูปที่ 10.11 ตัวอย่างคริปต์ควบคุมการทำงานของเกมออบเจคกล้อง 203
รูปที่ 10.12 ‘3rd Person Controller + Fly Mode’ ในแอสเซทสโตร์ 205
รูปที่ 10.13 ตำแหน่งเม้าส์และคีย์บอร์ดในการควบคุม 205
รูปที่ 10.14 ตัวผู้เล่นมุมมองบุคคลที่สามที่เป็นแบบจำลองสามมิติแบบเมช 206
รูปที่ 10.15 ปรับตั้งค่าคอมโพเนนต์ Rigidboty 207
รูปที่ 10.16 คอมโพเนนต์ Capsule Collider 207
รูปที่ 10.17 ปรับตั้งค่าคอมโพเนนต์ FlyBehaviour 207
รูปที่ 10.18 ปรับตั้งค่าคอมโพเนนต์ AimBehaviourBasic 208
รูปที่ 10.19 ปรับตั้งค่าคอมโพเนนต์ MoveBehaviour 208
รูปที่ 10.20 ปรับตั้งค่าคอมโพเนนต์ BasicBehaviour 208
รูปที่ 10.21 ปรับตั้งค่าคอมโพเนนต์ BasicBehaviour 209
รูปที่ 10.22 ตัวอย่างการควบคุมการเคลื่อนที่ของตัวผู้เล่นกับมุมมองต่างๆ 209

รูปที่ 11.1 หน้าต่าง Preferences สำหรับเลือกเครื่องมือในการเขียนสคริปต์ 212
รูปที่ 11.2 ตัวอย่างโปรแกรม Visual Studio 2017 212
รูปที่ 11.3 ตัวอย่างตัวช่วยในหน้าต่างโปรแกรม VisualStudio C# 213
รูปที่ 11.4 สคริปต์ที่สร้างขึ้นใหม่ 214
รูปที่ 11.5 ตัวอย่างการใส่ข้อความอธิบายลงในสคริปต์ 215
รูปที่ 11.6 ทดสอบสร้างใส่สคริปต์ไว้ในเกมออบเจค 215
รูปที่ 11.7 ตัวอย่างสคริปต์การใช้คำสั่ง Debug 216
รูปที่ 11.8 การแสดงผลในหน้าต่าง Console 216
รูปที่ 11.9 ตัวอย่างสคริปต์การประกาศและใช้ตัวแปร 218
รูปที่ 11.10 ตัวอย่างผลลัพธ์การแสดงค่าตัวแปรในหน้าต่าง Console 218
รูปที่ 11.11 ตัวอย่างสคริปต์การประกาศแบบ public 219
รูปที่ 11.12 คอมโพเนนต์สคริปต์แสดงพารามิเตอร์จากตัวแปรประเภท public 219
รูปที่ 11.13 ผลลัพธ์การแสดงค่าตัวแปรแบบ public ในหน้าต่าง Console 219
รูปที่ 11.14 สัญลักษณ์การใช้งานเขียนโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ 220
รูปที่ 11.15 ลำดับความสำคัญสัญลักษณ์ต่างๆ 220
รูปที่ 11.16 สัญลักษณ์การใช้งานต่างๆ 221
รูปที่ 11.17 ตัวอย่างสคริปต์การใช้การดำเนินการทางคณิตศาสตร์ 221

รูปที่ 11.18 ผลลัพธ์การแสดงค่าที่ได้จากการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ 222
รูปที่ 11.19 เงื่อนไขทางตรรกศาสตร์และความสัมพันธ์ 222
รูปที่ 11.20 ไดอะแกรมเงื่อนไข if 223
รูปที่ 11.21 ไดอะแกรมเงื่อนไข if...else... 223
รูปที่ 11.22 ไดอะแกรมเงื่อนไข if...else if... 223
รูปที่ 11.23 ตัวอย่างสคริปต์การสร้างเงื่อนไขและการวนซ้ำ 224
รูปที่ 11.24 ผลลัพธ์การแสดงค่าที่ได้จากการสร้างเงื่อนไขและการวนซ้ำ 224
รูปที่ 11.25 ตัวอย่างสคริปต์การสร้างเงื่อนไขด้วยคำสั่ง switch 225
รูปที่ 11.26 ผลลัพธ์การแสดงค่าที่ได้จากการสร้างเงื่อนไขด้วยคำสั่ง switch 225
รูปที่ 11.27 ตัวอย่างเปรียบเทียบข้อมูลอาเรย์ของบ้าน 226
รูปที่ 11.28 ตัวอย่างสคริปต์การสร้างอาเรย์ 226
รูปที่ 11.29 ผลลัพธ์การแสดงค่าตัวแปรอาเรย์ 227
รูปที่ 11.30 ไดอะแกรมการวนลูป for 228
รูปที่ 11.31 ลักษณะเงื่อนไขการวนลูป 228
รูปที่ 11.32 ไดอะแกรมตัวอย่างการวนลูป 228
รูปที่ 11.33 ตัวอย่างสคริปต์การใช้คำสั่ง for วนซ้ำ 229
รูปที่ 11.34 ผลลัพธ์การใช้คำสั่ง for วนซ้ำ 229
รูปที่ 11.35 พิจารณาจากฟังก์ชันตัวอย่าง 230
รูปที่ 11.36 ตัวอย่างสคริปต์การสร้างฟังก์ชัน 230
รูปที่ 11.37 ผลลัพธ์การเรียกใช้ฟังก์ชัน 231
รูปที่ 11.38 ฟังก์ชันเพื่อคำนวณหาพื้นที่วงกลม 231
รูปที่ 11.39 ตัวอย่างการประกาศฟังก์ชัน 231
รูปที่ 11.40 ตัวอย่างสคริปต์การสร้างฟังก์ชันที่มีการคืนค่า 232
รูปที่ 11.41 ผลลัพธ์การเรียกใช้ฟังก์ชันที่มีการคืนค่า 232
รูปที่ 11.42 ตัวอย่างสคริปต์ เปิด-ปิด การทำงานของแสง 233
รูปที่ 11.43 กำหนดค่าพารามิเตอร์ Object Light เป็นเกมออบเจค 234
รูปที่ 11.44 ตัวอย่างผลลัพธ์การทำงานจากการกดคีย์ ‘F’ 234
รูปที่ 11.45 คอมโพเนนต์ Transform 235
รูปที่ 11.46 การกำหนดทริกเกอร์ให้กับเกมออบเจค 237

รูปที่ 12.1 ตัวอย่างหน้าต่าง Animation 262
รูปที่ 12.2 ตัวอย่างหน้าต่าง Animator 263

รูปที่ 12.3 ไดอะแกรมองค์ประกอบของการสร้างแอนิเมชัน 263
รูปที่ 12.4 ปุ่ม Create ในหน้าต่าง Animation 264
รูปที่ 12.5 คอมโพเนนต์ Animator ของเกมออบเจค 265
รูปที่ 12.6 ปุ่ม Add Property กับรายการในการกำหนดแอนิเมชัน 265
รูปที่ 12.7 ตัวอย่างรายการทิศทางการหมุนสำหรับการทำ Animation ของเกมออบเจค 266
รูปที่ 12.8 ปุ่ม Add Keyframe ในหน้าต่าง Animation 266
รูปที่ 12.9 หน้าต่าง Animator 267
รูปที่ 12.10 การกำหนดสเตทใหม่ให้เป็นเลเยอร์เริ่มต้น 267
รูปที่ 12.11 สเตทใหม่ถูกกำหนดให้ใช้งานเมื่อเกมออบเจคปรากฏในฉาก 267
รูปที่ 12.12 ตัวอย่างสคริปต์ทำแอนิเมชัน 268
รูปที่ 12.13 พารามิเตอร์ Anim ในคอมโพเนนต์สคริปต์ของเกมออบเจค 269
รูปที่ 12.14 ตัวอย่างแอนิเมชันการเปิด-ปิดประตู 269

รูปที่ 13.1 สกุลไฟล์ที่ยูนิตี้รองรับ 270
รูปที่ 13.2 คอมโพเนนต์หลักที่จัดการกับเสียงในเกมออบเจค 271
รูปที่ 13.3 พารามิเตอร์ของคอมโพเนนต์ Audio Source 272
รูปที่ 13.4 ตัวอย่างสคริปต์การเปิด-ปิดคริปเสียงผ่านการทริกเกอร์ 273
รูปที่ 13.5 คอมโพเนนต์จากสคริปต์ควบคุมเสียงแบบทริกเกอร์ 273
รูปที่ 13.6 ตัวอย่างเกมออบเจคเสียงที่ใส่ลงในฉาก และพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง 273

รูปที่ 14.1 Button 275
รูปที่ 14.2 Toggle 275
รูปที่ 14.3 Toggle Group 275
รูปที่ 14.4 Slider 276
รูปที่ 14.5 Scrollbar 276
รูปที่ 14.6 Dropdown 276
รูปที่ 14.7 Input Field 276
รูปที่ 14.8 Scroll Rect 277
รูปที่ 14.9 ตัวอย่างการสร้างเกมออบเจค Panel 277
รูปที่ 14.10 โครงสร้างเกมออบเจคส่วนต่อประสานในหน้าต่างลำดับชั้น 278
รูปที่ 14.11 ตัวอย่างเกมออบเจค Button บนแคนวาส 278
รูปที่ 14.12 คอมโพเนนต์เกมออบเจค Button 279

รูปที่ 14.13 ตัวอย่างสคริปต์รับการทำงาน Button 279
รูปที่ 14.14 ตัวอย่างหน้าต่าง Console แสดงผลลัพธ์ 280
รูปที่ 14.15 ตัวอย่างสคริปต์ Button ความคุมการเปิด-ปิดแสง 280
รูปที่ 14.16 สร้าง UI Button 281
รูปที่ 14.17 ตัวอย่างสคริปต์ จัดการกับฉาก 281
รูปที่ 14.18 ตัวอย่างสคริปต์ จัดการกับฉาก 282
รูปที่ 14.19 หน้าต่าง Build Settings 283

รูปที่ 15.1 หน้าต่าง Build Settings 286
รูปที่ 15.2 ตำแหน่งการตั้งกล้องเซนเซอร์ 287
รูปที่ 15.3 สถานะ SteamVR. 287
รูปที่ 15.4 ขั้นตอนการนำเข้าโปรแกรมเสริม SteamVR 288
รูปที่ 15.5 ตำแหน่งของ prefab player ใน SteamVR 288
รูปที่ 15.6 ส่วนประกอบของ prefab player ใน steamVR 289
รูปที่ 15.7 Simple Interactable 289
รูปที่ 15.8 Parent to hand 290
รูปที่ 15.9 Throw with estimated velocity 290
รูปที่ 15.10 Move with Velocity 291
รูปที่ 15.11 Linear Drive 291
รูปที่ 15.12 Circular Drive 292
รูปที่ 15.13 Proximity Button 292
รูปที่ 15.14 Longbow 293
รูปที่ 15.15 Remotes 293
รูปที่ 15.16 Hints 294
รูปที่ 15.17 การเปิดหน้าต่าง SteamVR input 294
รูปที่ 15.18 หน้าต่างการตั้งค่า SteamVR input 295
รูปที่ 15.19 หน้าต่าง editing vive controller 295
รูปที่ 15.20 ตัวอย่างชุดคำสั่ง menu button 296
รูปที่ 15.21 การตั้งค่า menu button 296
รูปที่ 15.22 คอมโพเนนต์ Rigidbody 297
รูปที่ 15.23 คอมโพเนนต์ Box Collider 297
รูปที่ 15.24 แสดงตำแหน่ง collider ของคอนโทรลเลอร์ 297

รูปที่ 15.25 คอมโพเนนต์ทั้งหมดในเกมออบเจคชุดคอนโทรลเลอร์ 299
รูปที่ 15.26 HTC Vice Controller 300
รูปที่ 15.27 แสดงรายการไอดีและค่าข้อมูลของชุดอุปกรณ์ควบคุม HTC Vive Conroller 301

รูปที่ 16.1 แผนภาพ Mixed Reality ของ Milgram 305
รูปที่ 16.2 แสดงรูปแบบการต่อประสานระหว่างโลกจริงและโลกเสมือน 305
รูปที่ 16.3 แสดงตัวอย่างความแตกต่างของอุปกรณ์โฮโลกราฟิกและอุปกรณ์อิมเมอร์ซีฟ 306
รูปที่ 16.4 อุปกรณ์การใช้งานกับรูปแบบของความเป็นจริงเสริมและความเป็นจริงเสมือน 310

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1.1 แสดงรูปแบบการสื่อสารแบบมีส่วนร่วมในกระบวนการออกแบบสถาปัตยกรรม 6