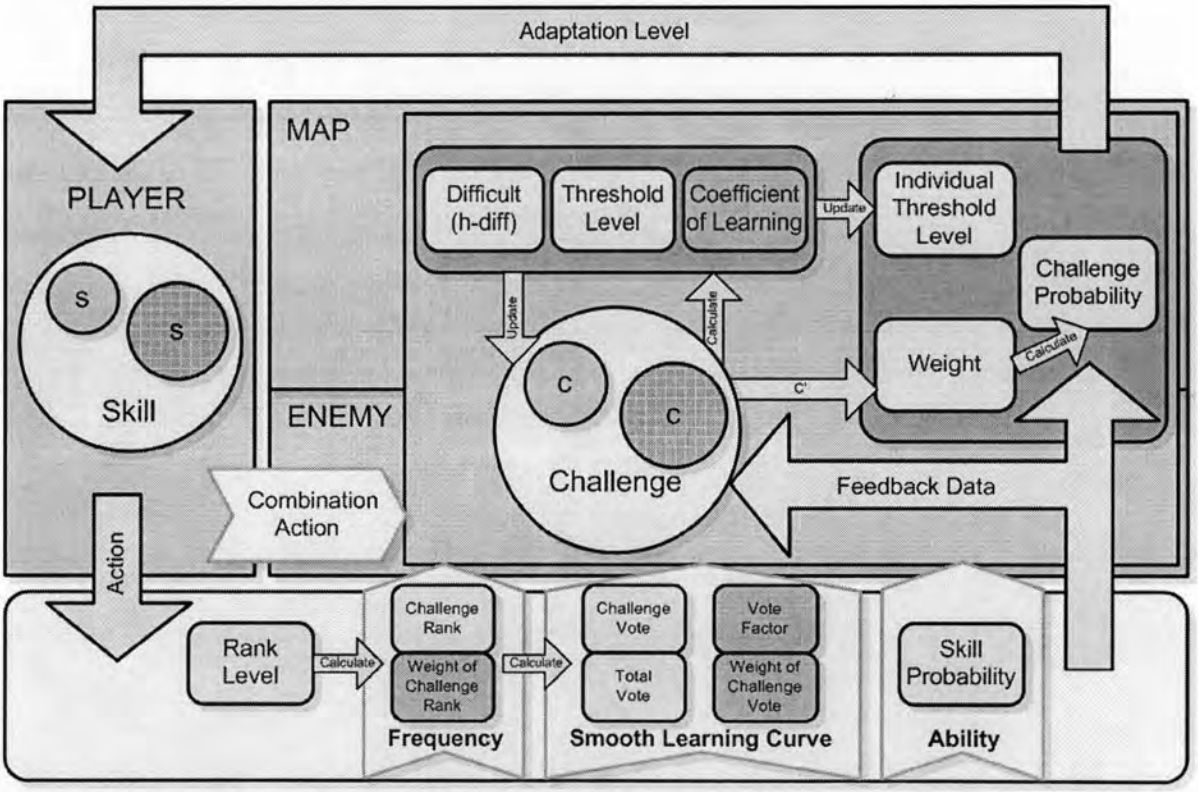
บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

แนวคิดแบบจำลองในการสร้างฉาก

หลักการของแบบจำลองคือ ให้ผู้เล่นได้สะสมประสบการณ์ และทักษะต่างๆ ไปตามลำดับขั้นของความท้าทาย ดังนั้นจึงเริ่มต้นพิจารณาจากทักษะ (Skill) ของผู้เล่นที่สามารถใช้บังคับตัวละครได้ ซึ่งเมื่อนำทักษะต่างๆมาประกอบกันแล้วจะได้เป็นความท้าทาย (Challenge) ที่จุดหนึ่งๆของฉากและเมื่อนำความท้าทายที่จุดต่างๆมาประกอบกันแล้วจะได้เป็นฉาก (Level) ให้ผู้เล่นทำการเล่น และผลที่ได้จากการเล่นของผู้เล่นจะถูกนำกลับมาเป็นผลป้อนกลับ (Feedback) เพื่อใช้ในการปรับค่าความน่าจะเป็นในการเกิดความท้าทายต่างๆในฉากถัดไป เป็นการปรับสภาพฉากให้มีความเหมาะสมกับความสามารถของผู้เล่นได้นั่นเอง แสดงดังรูปที่ 4 ซึ่งแบบจำลองประกอบไปด้วยส่วนสำคัญต่างๆดังต่อไปนี้



รูปที่ 4 ส่วนประกอบของเกมที่ปรับสภาวะแวดล้อมของฉากให้เหมาะสมกับทักษะของผู้เล่น

3.1. ส่วนการรวบรวมทักษะของผู้เล่น และสร้างความท้าทายเบื้องต้น (Skill Collection and Challenge Generation)

เซตของทักษะของผู้เล่น และเซตของความท้าทายคือส่วนที่เป็นรูปวงกลมในรูปที่ 4 ซึ่งเซตทั้งสองถูกเชื่อมด้วยความสัมพันธ์ของการจัดกลุ่มแอคชัน การพิจารณาทักษะของผู้เล่นนั้นจะได้จากลักษณะการเล่นของตัวเกม กล่าวคือตัวละครของผู้เล่นสามารถกระทำสิ่งใดได้บ้าง และเช่นเดียวกันกับลักษณะของสภาวะแวดล้อมของฉากว่าเหตุที่มีสภาพฉากแบบนี้นั้น หมายความว่าต้องการท้าทายหรือทดสอบทักษะของผู้เล่นแบบใด ดังนั้นจึงต้องพิจารณาข้อมูลที่ใช้ร่วมกันระหว่างผู้เล่นเกมและสิ่งแวดล้อมของฉาก ซึ่งได้จากการเกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์และคอมพิวเตอร์ ข้อมูลเหล่านั้นจะถูกนำไปปรับค่าให้มีความสมดุลและเหมาะสมกับทั้งผู้เล่นและตัวเกม และที่สำคัญจะต้องไม่ขัดกับระดับความยากง่ายของฉากจนเกินไป

3.1.1. การรวบรวมข้อมูลที่ใช้ร่วมกันเพื่อปรับความสมดุล

3.1.1.1. รวบรวมคุณสมบัติของตัวละครผู้เล่น (ทักษะของผู้เล่น)

เพื่อหารูปแบบการเคลื่อนไหว การโจมตีและการถูกโจมตี การปล่อยอาวุธ และการใช้สิ่งของพิเศษ (Item) ซึ่งตัวอย่างของรูปแบบการเคลื่อนไหว การโจมตี และการปล่อยอาวุธสำหรับเกมแบบซุปเปอร์มาริโอมีดังนี้

- เดิน
- กระโดด
- ยิงดอกไม้ไฟ
- วิ่ง + กระโดด
- เดิน + กระโดด + ยิงดอกไม้ไฟ
- วิ่ง + กระโดด + เหยียบศัตรู

จากตัวอย่างข้างต้นพบว่าสามารถผสมรูปแบบการเคลื่อนไหว การโจมตี และการปล่อยอาวุธในลักษณะต่างๆกันไปเป็นรูปแบบใหม่ได้ ซึ่งหมายความว่าจะมีรูปแบบใหม่ที่เกิดจากการรวมกันของรูปแบบพื้นฐานได้ ดังนั้นสิ่งสำคัญคือการสร้างโครงสร้างของรูปแบบที่เป็นไปได้ทั้งหมดนั่นเอง ภาพทางซ้ายของรูปที่ 5 คือรูปมาริโอยืนนิ่ง ภาพตรงกลางคือรูปมาริโอก้มตัวเพื่อหลบหลีกการโจมตีจากศัตรู และภาพทางขวาคือรูปมาริโอกระโดด

รูปที่ 5 ตัวละครผู้เล่นในลักษณะต่างๆ (ที่มา Sprites Section, SMBHQ.com [22])

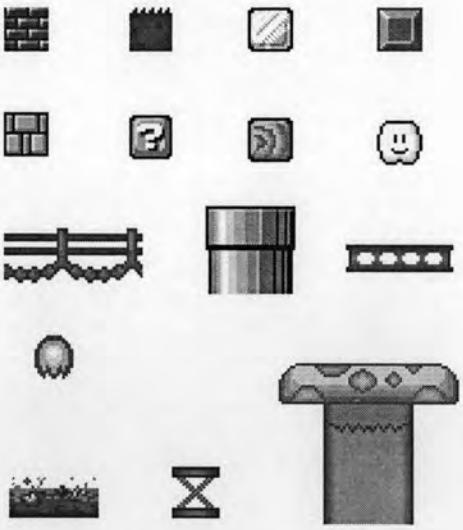
3.1.1.2. รวบรวมรายละเอียดของศัตรูทั้งหมด

เพื่อหารูปแบบการเคลื่อนไหว การโจมตีและการถูกโจมตี การปล่อยอาวุธ ของศัตรูทั้งหมด รวมถึงตัวหัวหน้าฉากด้วย และผลจากการหารูปแบบการเคลื่อนไหวของศัตรูนี้จะทำให้ได้รูปแบบการเคลื่อนไหว หลบหลีก และโจมตีของผู้เล่น ซึ่งฉากจะต้องถูกสร้างขึ้นเพื่อท้าทายผู้เล่นในการใช้ทักษะดังกล่าว รูปที่ 6 แสดงศัตรูชนิดต่างๆที่ปรากฏในเกมซุปเปอร์มาริโอ เช่น เต่า (Koopa Troopa) ซึ่งเคลื่อนที่ได้บนพื้นราบ ตัวขว้างค้อน (Hammer Bros.) ซึ่งขว้างค้อนออกไปเป็นแนวเส้นโค้งได้ และตัวขว้างไข่เม่น (Lakitu) มีพาหนะเป็นก้อนเมฆซึ่งทำให้ขว้างไข่เม่นได้ในที่สูง

รูปที่ 6 ศัตรูชนิดต่างๆ (ที่มา Sprites Section, SMBHQ.com [22])

3.1.1.3. รวบรวมและวิเคราะห์ฉากทั้งหมด

พิจารณาคุณสมบัติของวัตถุที่รวมกันได้เป็นแผนที่ เช่น พื้นบล็อก พื้นหญ้า พื้นหิมะ กำแพง ก้อนอิฐ บล็อกสิ่งของ พื้นไม้ ท่อ สะพาน หรือลิฟท์ และอื่นๆดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 แสดงวัตถุที่รวมกันได้เป็นแผนที่ (ที่มา Sprites Section, SMBHQ.com [22])

3.1.2. การกำหนดรูปแบบแบบข้อมูลที่ใช้ร่วมกันเพื่อปรับความสมดุลมีดังนี้

- ข้อมูลตัวละครผู้เล่น (Player) จะถูกแปลงให้เป็นทักษะที่ต้องการท้าทายผู้เล่น

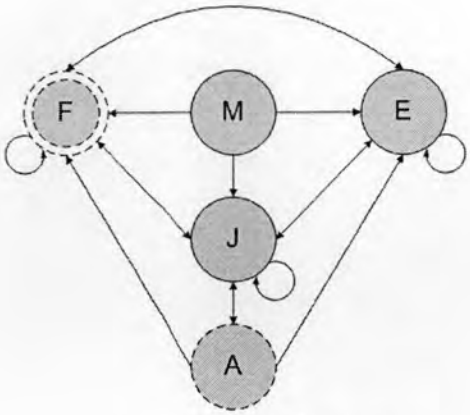
เริ่มจากการกำหนดการกระทำพื้นฐานที่ตัวละครผู้เล่นสามารถทำได้ (Basic Action) และมีลักษณะประจำ (Attribute) ของคุณสมบัติ (Property) เป็นตัวกำหนดระดับความเชี่ยวชาญของการกระทำเหล่านั้น ต่อจากนั้นทำการพิจารณารูปแบบการกระทำใหม่ที่ได้จากการผสมรวมการกระทำพื้นฐานต่างๆ (Combination Action) ไว้ด้วยกันเป็นทักษะที่ต้องการท้าทายผู้เล่นแต่ละคน สิ่งที่จะนับเป็นการกระทำที่เกิดจากการผสมผสานการกระทำพื้นฐานนั้น จะต้องเป็นรูปแบบการกระทำใหม่ที่เป็นไปได้และลื่นไหลต่อเนื่อง ซึ่งความหมายของการกระทำที่ลื่นไหลต่อเนื่องคือการกระทำที่ผู้เล่นไม่สามารถเลือกหยุดกลางคันได้

ตัวอย่างรูปแบบลำดับการกระทำใหม่ที่ถือว่าถูกต้อง และไม่ถูกต้อง สำหรับเกมซุปเปอร์มาริโอนั้นเป็นดังนี้

- ✓ วิ่ง (เคลื่อนที่แนวระดับอย่างเร็ว) + กระโดด (ลงใกล้เป้าหมาย) + เหยียบศัตรู
- ✓ กระโดด (ลงใกล้เป้าหมาย) + เหยียบศัตรู + กระโดด (ลงไกลเป้าหมาย) + เหยียบศัตรู
- × เดิน (เคลื่อนที่แนวระดับอย่างช้า) + ยิงดอกไม้ไฟ + **เหยียบศัตรู**
  ไม่ถูกต้องเนื่องจากการเหยียบศัตรูนั้นจะทำได้หลังจากการกระโดดเท่านั้น
- × เดิน (เคลื่อนที่แนวระดับอย่างช้า) + หลบหลีก (อย่างคล่องแคล่ว) + **วิ่ง (เคลื่อนที่แนวระดับอย่างเร็ว)**
  ไม่ถูกต้องเนื่องจากการวิ่งนั้นจะทำให้กระทำไม่ลื่นไหลต่อเนื่องเนื่องจากผู้เล่นอาจจะหยุดการเคลื่อนที่ หรือผู้เล่นอาจจะเดินก็ได้

เนื่องจากรูปแบบการกระทำที่ได้เป็นส่วนหนึ่งของข้อมูลที่ใช้ในการปรับความสมดุลของสภาพฉาก นั่นหมายถึงรูปแบบการกระทำที่ได้นั้นจะนำไปสร้างเป็นสภาพฉากที่คาดหวังให้ผู้เล่นได้ใช้ทักษะเหล่านั้น ซึ่งในกรณีของการเคลื่อนที่ในแนวระดับผู้เล่นอาจจะใช้ทักษะเดินหรือวิ่งก็ได้ โดยที่ระบบไม่คำนวณเพื่อเปรียบเทียบความเร็วในการเคลื่อนไหวที่แท้จริง (เทียบเส้นทางเพียงอย่างเดียว) ดังนั้นการเคลื่อนที่ในแนวระดับนั้นจึงถือว่าเป็นการกระทำที่ไม่ลื่นไหลต่อเนื่อง

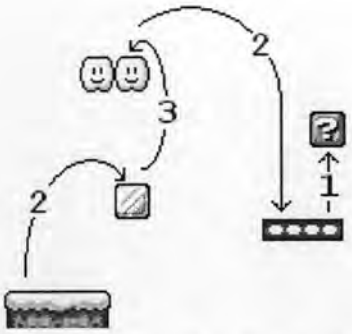
ดังนั้นจึงได้การกระทำพื้นฐานและรูปแบบการกระทำที่ต่อเนื่องต่างๆ ที่แสดงได้ดังกราฟรูปที่ 8 โดยบัพที่มีลักษณะของเส้นรอบรูปเป็นเส้นไข่ปลาหมายถึงการกระทำที่ไม่สามารถเป็นการกระทำเริ่มต้นได้ และบัพที่มีเส้นรอบรูปเป็นเส้นไข่ปลา 2 เส้นนั้นหมายถึงการกระทำที่อาจจะใช้ร่วมกับเครื่องมือหรือสิ่งของพิเศษต่างๆ ซึ่งถ้าการกระทำนั้นจำเป็นต้องใช้ร่วมกับเครื่องมือหรือสิ่งของพิเศษก็จะถือว่าเป็นการกระทำอีกทางเลือกหนึ่ง



รูปที่ 8 แสดงกราฟของการกระทำที่เป็นไปได้อย่างต่อเนื่อง

โดยที่บัพ (Node) ต่างๆมีคุณสมบัติดังนี้

- F (Throw Fire Ball) ขว้างลูกไฟ
  - จะกระทำได้ก็ต่อเมื่อเป็นมาริโอไฟ (หลังจากเก็บดอกไม้ไฟ)
- M (Horizontal Move) เคลื่อนที่ในแนวระดับ
  - ความเร็ว ซึ่งมีลักษณะประจำ 2 ลักษณะคือ เร็ว (วิ่ง) หรือช้า (เดิน)
- E (Escape from the Enemy's Attacking) หลบหลีกการโจมตีจากศัตรู หรือแผนที่
  - ความคล่องแคล่ว มีลักษณะประจำ 3 ลักษณะคือ มาก ปานกลาง หรือน้อย
  - ทิศทางของศัตรู มีลักษณะประจำ 5 ลักษณะคือ ตามแนวดิ่ง แนวระดับแนวทะแยง แนวเส้นโค้ง และแนววงกลม
- J (Jump up or Jump down) กระโดด
  - ความแม่นยำ มีลักษณะประจำ 2 ลักษณะคือ มาก (ต้องแม่นยำ) หรือ น้อย (ไม่ต้องแม่นยำก็ได้)
  - ความสูง มีลักษณะประจำ 4 ลักษณะคือ มากที่สุด (ใช้ร่วมกับสปริงบอร์ด) มาก ปานกลาง หรือน้อย
  - ความกว้าง มีลักษณะประจำ 3 ลักษณะคือ มาก ปานกลาง หรือน้อย
  - ทิศทางการกระโดด มีลักษณะประจำ 3 ลักษณะคือ ตามแนวดิ่ง แนวเส้นโค้ง หรือขึ้นไปด้านบน แสดงดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 แสดงทิศทางของการกระโดด (1) กระโดดตามแนวดิ่ง
(2) กระโดดตามแนวเส้นโค้ง และ (3) กระโดดขึ้นไปด้านบน

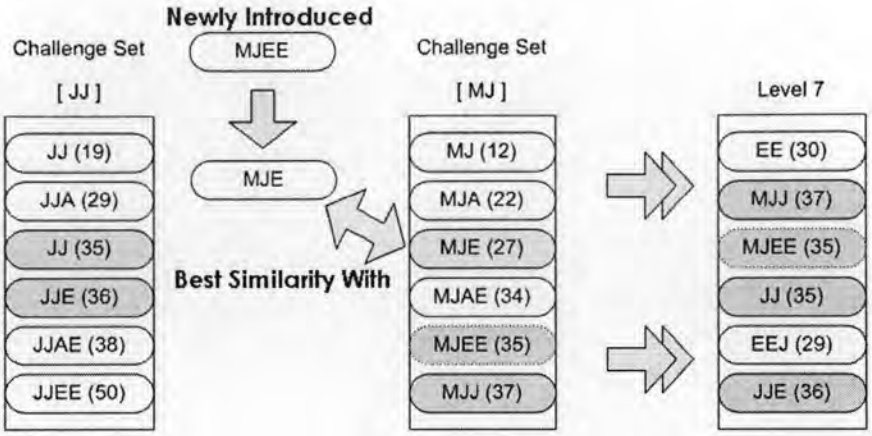
- A (Attack from top) โจมตีศัตรูจากด้านบน
  - การเหยียบจะกระทำได้หลังจากการกระโดด
  - การเตะจะกระทำได้หลังจากการเหยียบ

การกระทำที่เป็นไปได้ในแต่ละแบบนั้นจะมีเป้าหมายที่เป็นไปได้สำหรับการกระทำนั้นๆด้วย ตัวอย่างเช่นแอคชัน F E และ A จะมีตัวศัตรูเป็นเป้าหมาย และสำหรับแอคชัน M และ J จะมีแผนที่เป็นเป้าหมาย ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ของการกระทำ ที่มีผลต่อเป้าหมาย

การกระทำ	**เป้าหมาย**
ขว้างลูกไฟ หลบหลีกการโจมตีจากศัตรู หรือโจมตีศัตรูจากด้านบน	ศัตรู
เคลื่อนที่ในแนวระดับ หลบหลีกการโจมตีจากแผนที่ หรือกระโดด	แผนที่

ทักษะการกระทำต่อเนื่องจากกราฟแบบในรูปที่ 8 นั้นเป็นเซตอนันต์ ดังนั้นเพื่อให้สามารถนำไปใช้งานได้จริง เราได้กำหนดให้ความต่อเนื่องของแอคชันมีค่าไม่เกินห้าแอคชัน (ทั้งนี้เพื่อจำกัดทรัพยากรในการคำนวณโดยความท้าทายที่จะสร้างขึ้นในฉากระดับต้นๆโดยแบบจำลองจะไม่มีทางประกอบไปด้วยแอคชันถึง 5 แอคชัน และจำนวนความต่อเนื่องนั้นสามารถสร้างขึ้นจากการคำนวณได้ภายหลัง) จากนี้ความท้าทายทั้งหมดที่เป็นไปได้จะถูกสร้างขึ้น ความท้าทายแต่ละชิ้นจะมีค่าความยากเป็นของตัวเอง (เรียกว่า h_{dif}) ซึ่งได้จากค่าความยากของแต่ละแอคชันรวมกัน (ไม่จำเป็นต้องเป็นการบวกกัน ทั้งนี้ขึ้นกับผู้ออกแบบฉาก สำหรับความยากของแต่ละแอคชันของเกมซุปเปอร์มาริโอนั้นได้ถูกกำหนดจากค่าความยากของแอคชันนั้น รวมกับค่าความยากของศัตรูและแผนที่ ดังจะกล่าวต่อไป) และท้ายที่สุดความท้าทายต่างๆที่ได้จะถูกจัดเรียงตามลำดับของค่าความยากจากน้อยไปมากดังแสดงในรูปที่ 10



รูปที่ 10 ตัวอย่างเซตของความท้าทายและลักษณะการเก็บข้อมูลแผนที่ของฉาก

จากรูปที่ 10 นั้นแสดงตัวอย่างเซตของความท้าทายที่อาจถูกเลือกให้เกิดขึ้นในฉากฉากหนึ่ง โดยที่แถวทางซ้ายมือคือแถว JJ เป็นเซตของความท้าทายสำหรับกลุ่มทักษะของการกระโดด 2 ครั้งติดต่อกันขึ้นไป และแถว MJ คือเซตของความท้าทายสำหรับกลุ่มทักษะของการเคลื่อนที่และกระโดดติดต่อกัน ซึ่งในแต่ละเซตประกอบไปด้วยความท้าทายที่แตกต่างกัน โดยใช้หลักการพิจารณาความคล้ายคลึงกันของความท้าทายมากำหนด ทำให้ได้ความท้าทายที่คล้ายคลึงกันอยู่ในกลุ่มเซตเดียวกัน ในวิทยานิพนธ์นี้นิยามความคล้ายกันของความท้าทาย 2 ชิ้นว่ามีความคล้ายกันก็ต่อเมื่อลำดับของแอคชัน 2 ตัวหน้าเหมือนกัน ทั้งนี้เพราะผู้เล่นมักแยกแยะความท้าทายจากลำดับแอคชันแรกๆที่ได้กระทำ จากรูปที่ 10 ความท้าทาย MJEE ที่ถูกสุ่มสร้างขึ้นมามีความคล้ายคลึงกับความท้าทาย MJE มากที่สุด ซึ่งเป็นสมาชิกของเซตของความท้าทายสำหรับกลุ่มทักษะของ MJ ดังนั้นความท้าทาย MJEE นี้จะถูกจัดกลุ่มเข้าไปเป็นสมาชิกของเซตของความท้าทายสำหรับกลุ่มทักษะของ MJ สำหรับแถวทางขวามือคือความท้าทายบางส่วนที่ถูกเลือกมาประกอบกันเป็นฉากในระดับที่ 7 ซึ่งมีความยากของฉากเท่ากับผลรวมของคะแนนความท้าทายต่างๆที่ถูกนำไปใส่ฉากนั้น

- ข้อมูลศัตรู (Enemy) และข้อมูลแผนที่ (Map) จะถูกสร้างให้ได้เป็นความท้าทายที่เหมาะสมกับทักษะของผู้เล่นแต่ละคน โดยจะต้องมีการแยกแยะคุณลักษณะเฉพาะเอาไว้สำหรับศัตรูและแผนที่แต่ละประเภท ตัวอย่างคุณลักษณะของศัตรูในเกมซุปเปอร์มาริโอมีดังนี้
  - รูปแบบการเคลื่อนไหว
    - ความเร็ว ซึ่งมีลักษณะประจำ 3 ลักษณะคือ เร็ว ช้า หรือไม่เคลื่อนที่
    - ทิศทาง มีลักษณะประจำ 4 ลักษณะคือ ตามแนวดิ่ง แนวระดับ หรือแนวเส้นโค้ง
  - ลักษณะการปล่อยอาวุธโจมตี
    - ปล่อยอาวุธ มีลักษณะประจำ 4 ลักษณะคือ ปล่อยตามแนวดิ่ง แนวระดับ หรือแนวเส้นโค้ง

- ความรุนแรงของอาวุธ มีลักษณะประจำ 2 ลักษณะคือ มาก (ไม่สามารถถูกทำลายได้) หรือน้อย (สามารถถูกทำลายได้ เช่นลูกกระสุนปืนใหญ่)

- ลักษณะการถูกโจมตี
  - ความแข็งแรง มีลักษณะประจำ 3 ลักษณะคือ มากที่สุด (ไม่สามารถถูกทำลายได้ด้วยการกระโดดเหยียบ) มาก (ต้องถูกเหยียบ 3 ครั้ง) ปานกลาง (ถูกเหยียบ 2 ครั้ง หรือถูกเหยียบแล้วตามด้วยถูกเตะ) หรือน้อย (ถูกเหยียบเพียง 1 ครั้ง)
  - ความทนทานต่อลูกไฟ มีลักษณะประจำ 2 ลักษณะคือ ทน หรือไม่ทน

ส่วนคุณสมบัติของวัตถุที่รวมกันได้เป็นแผนที่มีดังนี้

- รูปแบบการเคลื่อนไหว
  - ความเร็ว มีลักษณะประจำ 3 ลักษณะคือ เร็ว ช้า หรือไม่เคลื่อนไหว
  - ทิศทาง มีลักษณะประจำ 6 ลักษณะคือ ตามแนวระดับ (เคลื่อนที่ไปทางขวา) ขึ้นไปตามแนวดิ่ง ลงไปตามแนวดิ่ง ส่ายตามแนวระดับ (ซ้าย – ขวา) ส่ายตามแนวดิ่ง (ขึ้น – ลง) หรือกวาดเป็นแนววงกลม
  - สถานะเริ่มต้น มีลักษณะประจำ 2 ลักษณะคือ หยุดนิ่ง หรือเคลื่อนไหว
- ลักษณะการโจมตี
  - ความอันตราย มีลักษณะประจำ 2 ลักษณะคือ อันตราย (สัมผัสไม่ได้) หรือไม่อันตราย (สัมผัสได้)
- ลักษณะการถูกโจมตี
  - ความแข็งแรง มีลักษณะประจำ 3 ลักษณะคือ มาก (รับน้ำหนักตัวละครผู้เล่นได้) น้อย (รับน้ำหนักได้เพียงชั่วครู่) หรือไม่แข็งแรง (รับน้ำหนักไม่ได้เลย)
  - ความทนทานต่อการถูกทำลาย มี 2 ลักษณะประจำคือ ทน หรือไม่ทน
- รูปพรรณ
  - ความลื่น มีลักษณะประจำ 2 ลักษณะคือ ลื่น หรือไม่ลื่น
  - ความกว้าง มีลักษณะประจำ 4 ลักษณะคือ มาก (6 – 8 หน่วย) ปานกลาง (3 – 5 หน่วย) น้อย (2 หน่วย) หรือน้อยที่สุด (1 หน่วย)
  - ความสูงต่างระดับ มีลักษณะประจำ 3 ลักษณะคือ มาก (6 – 8 หน่วย) ปานกลาง (3 – 5 หน่วย) หรือน้อย (1 – 2 หน่วย)

ซึ่งคุณลักษณะของศัตรูและแผนที่นี้ จะถูกนำมาคิดคะแนนความยากของแอคชันที่ผู้เล่นจะกระทำ (ศัตรูและแผนที่เป็นส่วนประกอบของแอคชันนั้น) ทั้งนี้ค่าความยากของแต่ละคุณสมบัติจะถูกกำหนดให้มีความเหมาะสมโดยผู้ออกแบบเกม สำหรับค่าความยากที่ทางผู้วิจัยได้กำหนดขึ้นนั้นแสดงได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงค่าความยากของลักษณะประจำจากคุณสมบัติต่างๆของผู้เล่น ศัตรู และแผนที่ ที่ทางผู้วิจัยได้กำหนดขึ้นสำหรับเกมซุปเปอร์มาริโอ

ความยาก			1	2	3	4
ผู้เล่น	การเคลื่อนที่ (Move)	ความเร็ว	เดิน	วิ่ง		
	การหลบหลีก (Escape)	ความคล่อง	น้อย	ปานกลาง	มาก	
		ทิศทาง	ตามแนวดิ่ง แนวระดับ แนวทะแยง	แนวเส้นโค้ง	แนววงกลม	
	การกระโดด (Jump)	ความแม่นยำ	น้อย	มาก		
		ความสูง	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด
		ความกว้าง	น้อย	ปานกลาง	มาก	
		ทิศทาง	ตามแนวดิ่ง	แนวเส้นโค้ง	ขึ้นไปด้านบน	
	การโจมตี (Attack)	การโจมตี	เตะ / ขว้าง	เหยียบ		
ศัตรู	การเคลื่อนที่ (Move)	ความเร็ว	ช้า	เร็ว		
		ทิศทาง	แนวดิ่ง แนวระดับ	แนวเส้นโค้ง		
	การโจมตี (Attack)	ปล่อยอาวุธ	แนวดิ่ง แนวระดับ แนวทะแยง	แนวเส้นโค้ง		
		ความรุนแรงของอาวุธ	น้อย	มาก		
	การถูกโจมตี (Damage)	ความแข็งแรง	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด
		ความทนทานต่อลูกไฟ	ทน			

ความยาก			1	2	3	4
ศัตรู	การเคลื่อนที่ (Move)	ความเร็ว	ช้า	เร็ว		
		ทิศทาง	แนวระดับ (ซ้าย – ขวา) แนวดิ่ง (ขึ้น – ลง)	แนวระดับ (ขวา) แนวดิ่ง (ขึ้น) แนวดิ่ง (ลง)	แนววงกลม	
		สถานะเริ่มต้น	เคลื่อนไหว			
	การโจมตี (Attack)	ความอันตราย	อันตราย			
	การถูกโจมตี (Damage)	ความแข็งแรง	น้อย	ไม่แข็งแรง		
		ความทนทานต่อการถูกทำลาย	ทน			
	รูปพรรณ (Identity)	ความลื่น	ลื่น			
		ความกว้าง	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
		ความสูงต่างระดับ	น้อย	ปานกลาง	มาก	

3.1.3. การคำนวณค่าความเชี่ยวชาญระดับมูลฐาน (Initial Expertise Level)

ระดับความยากสูงสุดของฉากเริ่มต้นเรียกว่าค่าความเชี่ยวชาญระดับมูลฐานสำหรับผู้เล่นทุกคน (Initial Expertise Level) แต่ระดับความยากสูงสุดของฉากถัดไปจะเป็นค่าสำหรับผู้เล่นเฉพาะแต่ละคน ดังนั้นจึงเรียกว่าค่าความเชี่ยวชาญระดับมูลฐานรายบุคคล (Individual Expertise Level) โดยจะมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆในฉากแต่ละระดับไม่น้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์การเรียนรู้ (Coefficient of Learning) ดังนั้นถ้าต้องการให้ฉากแต่ละระดับมีแนวโน้มของค่าความยากเพิ่มขึ้นมากๆแล้ว ให้กำหนดค่าสัมประสิทธิ์การเรียนรู้เป็นค่ามากตามกัน ซึ่งค่าความเชี่ยวชาญระดับมูลฐานรายบุคคลนั้นจะได้จากการรับข้อมูลในการเรียนรู้แบบรีนฟอร์สเม้นท์ ดังจะกล่าวในส่วนของการปรับตัวของสภาพฉากให้เหมาะสมต่อความสามารถของผู้เล่นต่อไป

3.1.3.1. กำหนดฟังก์ชันฮิวริสติกเพื่อคำนวณค่าความยากของความท้าทาย h_{dif} และค้นหาค่าความยากสูงสุดของความท้าทายโดยปริยาย ซึ่งแอคชันกระโดดเป็นการกระทำที่แสดงให้เห็นว่ามีความยากที่เพิ่มขึ้นเป็นทวีคูณเมื่อถูกนำมาเป็นการกระทำที่ต่อเนื่องกัน ดังนั้นจึงให้ความสำคัญกับแอคชันกระโดดมากเป็นพิเศษ แสดงดังสมการที่ 1

$$h_{dif} = \sum_{a_i \in \mathbf{A}} \{ [d_p(a_i) + \sum_{j \in \mathbf{E}} d_e(a_{ij}) + \sum_{k \in \mathbf{M}} d_m(a_{ik})] * [n_p(a_i)] \} \quad (1)$$

$$; n_p(a_i) = 1 \leftrightarrow a_i \neq a_{Jump}$$

$$\mathbf{A} = \{a_{Fire}, a_{Move}, a_{Escape}, a_{Jump}, a_{Attack}\}$$

$$\mathbf{E} = \{Move, Attack, Damage\}$$

$$\mathbf{M} = \{Move, Attack, Damage, Identity\}$$

โดยที่ h_{dif} คือค่าความยากของความท้าทาย

a_i คือการกระทำของผู้เล่น

d_p คือค่าความยากของลักษณะประจำต่างๆของการกระทำ p ของผู้เล่น

d_e คือค่าความยากของลักษณะประจำต่างๆของศัตรู e ที่สัมพันธ์กับ a_i

d_m คือค่าความยากของลักษณะประจำต่างๆของแผนที่ m ที่สัมพันธ์กับ a_i

n_p คือจำนวนครั้งที่ทักษะถูกนำมาใช้เป็นการกระทำที่ต่อเนื่อง

a_{ij} คือคุณสมบัติของเป้าหมาย (ศัตรู) ที่สัมพันธ์กับกระทำของผู้เล่น a_i

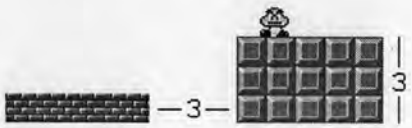
a_{ik} คือคุณสมบัติของเป้าหมาย (แผนที่) ที่สัมพันธ์กับกระทำของผู้เล่น a_i

A คือเซตของการกระทำพื้นฐาน

E คือเซตของคุณสมบัติของศัตรู

M คือเซตของคุณสมบัติของแผนที่

ตัวอย่างการคำนวณค่าความยากจากทักษะการเคลื่อนที่ในแนวระดับ (ความเร็ว = วิ่ง) + กระโดด (ความแม่นยำ = มาก, ความสูง, ความกว้าง = ปานกลาง, ทิศทาง = แนวเส้นโค้ง) [**แผนที่** (ความกว้าง = มาก)] + เหยียบศัตรู [**ศัตรู** (ความเร็ว = ช้า, ทิศทาง = แนวระดับ, ความแข็งแรง = น้อย)] ซึ่งมีลักษณะของฉากที่เป็นไปได้แสดงดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 ลักษณะของฉากที่เป็นไปได้จากทักษะที่กำหนด

ผู้เล่น

- ความเร็ว = วิ่ง

$$d_p(a_{Move}) = 2$$

- ความแม่นยำ = มาก, ความสูง, ความกว้าง = ปานกลาง, ทิศทาง = แนวเส้นโค้ง

$$d_p(a_{Jump}) = 2+2+2+2 = 8$$

- การโจมตี = เหยียบ

$$d_p(a_{Attack}) = 2$$

ศัตรู

- ความเร็ว = ช้า, ทิศทาง = แนวระดับ

$$d_e((a_{Attack})_{Move}) = 1+1 = 2$$

- ความแข็งแรง = น้อย

$$d_e((a_{Attack})_{Damage}) = 1$$

แผนที่

- ความกว้าง = มาก

$$d_m((a_{Jump})_{Identity}) = 1$$

$$\begin{aligned} \therefore h_{dif} &= [d_p(a_{Move})]*[1] + \\ &\quad [d_p(a_{Jump}) + d_m((a_{Jump})_{Identity})]*[1] + \\ &\quad [d_p(a_{Attack}) + d_e((a_{Attack})_{Move}) + d_e((a_{Attack})_{Damage})]*[1] \\ &= (2)(1) + (8+1)(1) + (2+2+1)(1) \\ &= 16 \end{aligned}$$

3.1.3.2. จากค่าความยากสูงสุดของความท้าทายโดยปริยาย นำไปจัดแบ่งเป็นค่าความเชี่ยวชาญระดับมูลฐานเบื้องต้นของฉากแต่ละระดับได้ดังนี้

$$\Delta h_{dif} = \frac{\max\{h_{dif}\}}{\text{Total Number of Levels}} \qquad (2)$$

โดยที่ Δh_{dif} คือค่าความเชี่ยวชาญระดับมูลฐานเบื้องต้น (Individual Expertise Level)

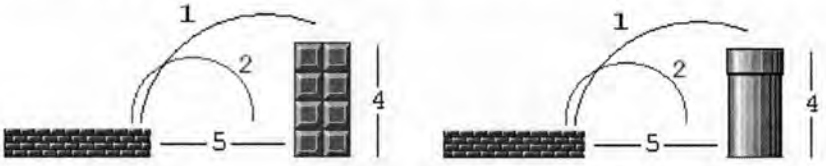
3.2. การสร้างสภาพฉากจากความท้าทาย (Level Generation from Challenge)

3.2.1. คุณสมบัติพื้นฐานของรูปแบบโครงร่างของฉาก

- คะแนนความยากรวมของฉากแต่ละระดับนั้นจะมีค่าสัมพันธ์กับความสามารถของผู้เล่น
- มีลักษณะเฉพาะของฉาก (Theme) เพื่อสร้างสีสันของด่านให้น่าสนใจ
- การปรับสภาพฉากจะเกิดขึ้นในฉากถัดไป (ฉากระดับที่สูงขึ้น)
- ใช้ระดับความท้าทาย ร่วมกับรูปแบบการกระทำของตัวละครผู้เล่นที่มีทั้งหมด มาพิจารณาเป็นวิถีของฉากที่เป็นไปได้

3.2.2. การสร้างฉาก

ลักษณะความท้าทายของฉากที่สัมพันธ์กับทักษะของผู้เล่น เช่นทักษะการเคลื่อนที่ในแนวระดับ (ความเร็ว = วิ่ง) + กระโดด (ความแม่นยำ = มาก, ความสูง, ความกว้าง = ปานกลาง, ทิศทาง = แนวเส้นโค้ง) [**แผนที่** (ความกว้าง = น้อย)] มีค่าความยากของความท้าทาย = (2)(1) + (8 + 3)(1) = 11 สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 12 ซึ่งไม่จำเป็นที่การแปลงความท้าทายให้เป็นฉากนั้นจะอยู่ในรูปหนึ่งต่อหนึ่ง (1 – 1) เสมอไป กล่าวคืออาจจะมีลักษณะของฉากที่เป็นไปได้มากกว่าหนึ่งแบบดังรูปที่ 12 ขึ้นอยู่กับวัตถุที่มีคุณสมบัติแทนที่กันได้ เช่นกำแพงสูง 4 หน่วยกว้าง 2 หน่วย สามารถนำมาแทนที่ท่อธรรมดาซึ่งสูง 4 หน่วยได้



รูปที่ 12 แสดงเส้นทางของการวิ่งกระโดดอย่างแม่นยำ

จากรูปแสดงเส้นทางในการใช้ทักษะการวิ่งกระโดดอย่างแม่นยำข้างต้นได้ 2 แบบคือ แบบที่หนึ่งแสดงเส้นทางการวิ่งกระโดดอย่างแม่นยำที่ถูกต้อง และแบบที่สองแสดงเส้นทางการวิ่งกระโดดอย่างแม่นยำที่ไม่ถูกต้อง ซึ่งการที่ผู้เล่นควบคุมการเคลื่อนไหวของตัวละครผู้เล่นได้ไม่ถูกต้องนั้นเป็นไปได้หลากหลายแบบ อาจจะวิ่งกระโดดไปได้ไกลแต่ขาดความสูงจึงทำให้ชนกำแพงแล้วตกเหว หรือวิ่งกระโดดสูงและไกลเกินไปจนเลยกำแพงแล้วทำให้ตกเหวก็เป็นได้ แต่ในการพิจารณาเบื้องต้นนี้จะมุ่งประเด็นไปที่การแสดงทักษะที่เกมท้าทายได้หรือไม่เท่านั้น

3.2.3. แผนที่ของฉาก

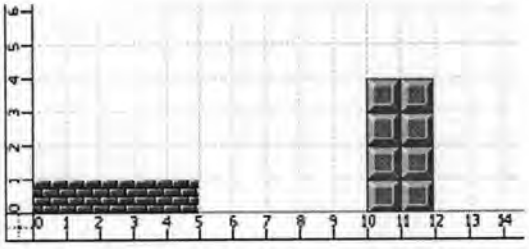
เนื่องจากการสร้างฉากเป็นการกำหนดลักษณะความท้าทายของฉากที่สัมพันธ์กับทักษะของผู้เล่น ดังนั้นสิ่งจำเป็นในการเก็บแผนที่ของฉากคือ เซตของความท้าทายทั้งหมด และเซตของความท้าทายที่จะเกิดขึ้นในแต่ละฉาก ซึ่งตัวอย่างเซตของความท้าทายที่อาจถูกเลือกในฉากฉากหนึ่งแสดงดังรูปที่ 10

สิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งคือการตรวจจับการเคลื่อนไหวที่ทำให้ตัวละครผู้เล่นตาย เช่นการกระโดดเหวไม่ผ่านเนื่องจากกะระยะความกว้างของเหวน้อยเกินไป หรือกระโดดไปได้ไกลแต่ขาดความสูงจึงทำให้ชนกำแพงแล้วตกเหว หรือวิ่งหลบค้อนที่ศัตรูขว้างมาไม่พ้น ดังนั้นจึงทำการตรวจสอบการชนกันของวัตถุ และเก็บเป็นข้อมูลกองซ้อน (Stack) เพื่อความสะดวกในการตรวจสอบผลที่ได้จากการเล่นว่าผู้เล่นเกิดการเล่นที่ล้มเหลวจากความท้าทายใด

3.3. การคำนวณผลป้อนกลับ (Feedback Data Calculation)

3.3.1. การเทียบเคียงกับรูปแบบของจุดตรวจสอบสำหรับวิถีของฉากและทักษะของผู้เล่น

เนื่องจากต้องการนำผลที่ได้จากการกระทำของผู้เล่นมาใช้ในการปรับตัว ซึ่งต้องพิจารณาจากสาเหตุการตาย หรือการผ่านการทดสอบความท้าทายของฉากก่อน จากการเปรียบเทียบการควบคุมการเคลื่อนไหวของตัวละครกับวิถีของฉาก ซึ่งเปรียบได้ว่าเป็นการตรวจสอบทักษะของผู้เล่นที่ใช้กับความท้าทายของฉากที่ระบบเกมสร้างขึ้นมาให้ และการเทียบเคียงนั้นจะกระทำได้โดยง่ายในโดเมนของการชนกันของวัตถุ ดังนั้นจึงต้องนำความท้าทายของฉากมาแปลงให้อยู่ในรูปของรายการวัตถุที่ตัวละครผู้เล่นชนจากด้านบนแล้วตัวละครผู้เล่นไม่ตาย ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการเทียบเคียงนั้นมีอยู่ 2 ค่าคือถูกต้อง (ผ่าน) หรือไม่ถูกต้อง (ไม่ผ่าน) และผลลัพธ์นี้จะถูกนำไปใช้ในการคำนวณค่าต่างๆต่อไป



รูปที่ 13 แสดงแผนที่ของความท้าทายของฉากที่ผู้เล่นต้องใช้ทักษะวิ่งกระโดดอย่างแม่นยำ

ดังนั้นจากทักษะการวิ่งกระโดดอย่างแม่นยำข้างต้น จะถูกแปลงให้อยู่ในรูปของรายการวัตถุที่ตัวละครผู้เล่นชนได้เป็น พื้น ([0, 5], [0, 1]) และกำแพง ([10, 12], [0, 4]) โดยปรากฏในแผนที่ของฉากแสดงได้ดังรูปที่ 13 โดยเมื่อผู้เล่นตาย สิ่งที่ผู้เล่นชนและทิศทางที่ชนจะถูกนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลดังกล่าวเพื่อเป็นการหาว่าผู้เล่นตายจากความท้าทายใด

3.3.2. การคำนวณค่าต่างๆที่ได้จากผลการกระทำของผู้เล่น (Feedback Data)

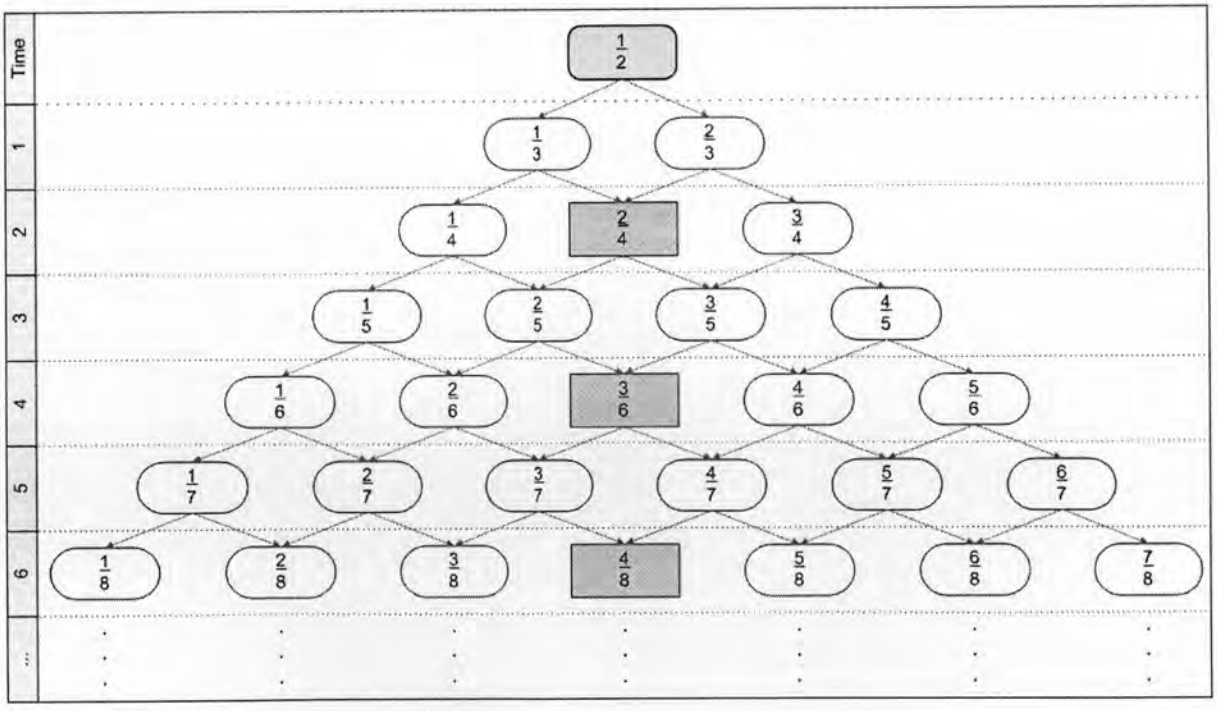
สำหรับความท้าทายหนึ่งๆแล้ว ในตอนเริ่มแรกความน่าจะเป็นที่ผู้เล่นจะควบคุมตัวละครผู้เล่นผ่านความท้าทายนั้นๆคือ 1/2 และไม่ผ่านเท่ากับ 1/2 ซึ่งถ้าต่อมาแล้วผู้เล่นสามารถควบคุมการเคลื่อนไหวของตัวละครได้ถูกต้องแล้วผ่านฉากไปได้ ค่าความน่าจะเป็นที่ผู้เล่นจะควบคุมการเคลื่อนไหวของตัวละคร

ผู้เล่นผ่านความท้าทายนั้นได้จะเพิ่มขึ้นเป็น 2/3 ส่วนความน่าจะเป็นที่ผู้เล่นจะควบคุมการเคลื่อนไหวของตัวละครผู้เล่นได้ไม่ผ่านความท้าทายนั้นจะลดลงเหลือ 1/3 ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าความน่าจะเป็นที่ผู้เล่นจะควบคุมการเคลื่อนไหวของตัวละครผู้เล่นได้ถูกต้อง

เส้นทาง	ค่าเริ่มต้น	เล่นครั้งที่ 1	เล่นครั้งที่ 2
1 (เล่นผ่าน)	1 / 2 = 0.5	2 / 3 = **0.66**	3 / 4 = 0.75
2 (เล่นไม่ผ่าน)	1 / 2 = 0.5	1 / 3 = **0.34**	1 / 4 = 0.25

ซึ่งในความเป็นจริงแล้ว ค่าความน่าจะเป็นที่ผู้เล่นจะควบคุมการเคลื่อนไหวของตัวละครผู้เล่นได้ถูกต้อง จะอยู่ในรูปของอนุกรมของการนับสัดส่วนจำนวนครั้งในการเล่นสำเร็จต่อการเล่นทั้งหมด ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงได้นำแนวคิดพื้นฐานทางด้านคณิตศาสตร์และสถิติมาสร้างเป็นแผนภาพการปรับปรุงป่าไม้ (Mori Diagram) ประกอบไปด้วยมุมมอง 3 มุมมอง คือมุมมองของค่าความน่าจะเป็นของความพยายามสะสม (Probability View) มุมมองของลำดับของความพยายาม ณ ระดับของหน่วยเวลาแต่ละหน่วย (Effort Level Ranking View) และมุมมองของลำดับของพยายามสัมพัทธ์ (Relative Effort Ranking View) ที่นำไปใช้ประกอบการพิจารณาการปรับค่าน้ำหนักของทักษะที่เกมท้าทายผู้เล่น ดังจะอธิบายรายละเอียดของการนำไปใช้ในหัวข้อของการปรับตัวของสภาพฉากให้เหมาะสมต่อความสามารถของผู้เล่นต่อไป สำหรับมุมมองที่ได้ทั้งสามนั้นแสดงได้ดังรูปที่ 14 15 และ 16



รูปที่ 14 แสดงแผนภาพผู้ปรับปรุงป่าไม้ (Mori Diagram; Probability View)

แนวคิดของสามมุมมองนี้มาจากการปรับปรุงจำนวนป่าไม้ในสถานที่หนึ่งๆ ให้มีจำนวนสะสมที่เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งในหนึ่งหน่วยเวลาที่เพิ่มขึ้นนั้นเราสามารถเลือกปลูกต้นไม้เพิ่มขึ้นหนึ่งต้นหรือเลือกไม่ปลูกต้นไม้เพิ่มก็ได้ ดังนั้นจึงต้องสร้างเป้าหมายว่าผู้ดูแลควรจะทำการปลูกต้นไม้เพิ่มขึ้นหนึ่งต้นในหนึ่งหน่วยเวลาที่ผ่านไป เพื่อควบคุมให้ผู้ดูแลผืนป่าแห่งนี้มีความขยันและมีความรับผิดชอบ (เรียกอีกนัยว่าความพยายาม) จึงเรียกแผนภาพข้างต้นว่าแผนภาพผู้ปรับปรุงป่าไม้ (Mori Diagram) โดยเริ่มจากการกำหนดว่าเริ่มต้นมีต้นไม้อยู่หนึ่งต้น แต่เป้าหมายของจำนวนต้นไม้ในเริ่มแรกเป็นสองต้น นั่นหมายความถึงการกำหนดความน่าจะเป็นเริ่มต้นที่ผู้ดูแลผืนป่ามีความพยายามเป็น 1/2 (พิจารณาจากบัพราก ณ หน่วยเวลาที่ 0 หรือ Time = 0) และเมื่อเวลาผ่านไปแต่ละหนึ่งหน่วยเวลา เป้าหมายของจำนวนต้นไม้จะเพิ่มขึ้นตามจำนวนหน่วยเวลานั้น จากรูปถ้าพิจารณาเวลาที่ผ่านไปจำนวนหนึ่งหน่วย (ณ หน่วยเวลาที่ 1 หรือ Time = 1) จะมีบัพที่ได้จากการเลือกตัดสินใจจากบัพรากเกิดขึ้นอยู่ 2 บัพ (บัพแต่ละบัพจะหมายถึงสถานะแต่ละสถานะของผู้ดูแลผืนป่า) ซึ่งบัพทางซ้ายนั้นมีค่าเท่ากับ 1/3 หมายความว่ามีจำนวนต้นไม้สะสมอยู่ 1 ต้นจากที่ควรจะมี 3 ต้น ส่วนบัพทางขวามีค่าเท่ากับ 2/3 หมายความว่ามีจำนวนต้นไม้สะสมอยู่ 2 ต้นจากที่ควรจะมี 3 ต้น

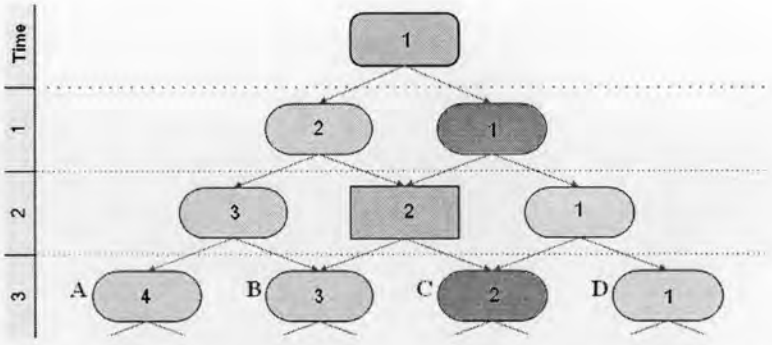
จากนั้นจึงทำการจัดลำดับของความพยายามของผู้ดูแลผืนป่าในแต่ละสถานะ โดยที่ลำดับของความพยายามที่มีค่าเท่ากับ 1 จะแสดงถึงการมีความพยายามมากเป็นอันดับหนึ่ง ซึ่งลำดับของความพยายามสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 3 และแสดงดังรูปที่ 15

$$Effort = (Time + 2) - (Productivity + 1) \quad (3)$$

โดยที่ *Effort* คือค่าความพยายาม

Time คือจำนวนจำนวนหน่วยเวลาที่ผ่านไป

Productivity คือจำนวนผลผลิตที่ได้

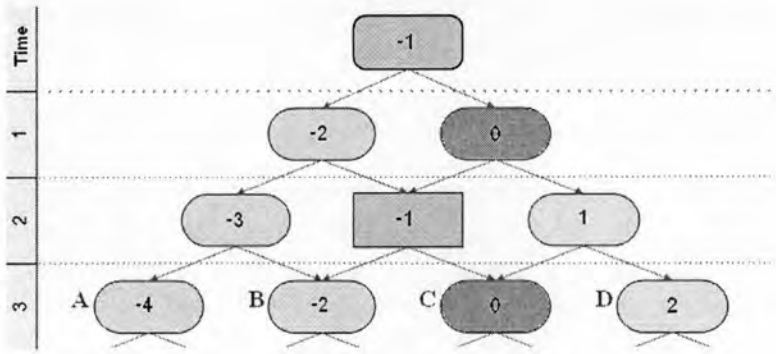


รูปที่ 15 แสดงค่าความพยายาม (Mori Diagram; Effort Level Ranking View)

แต่การจัดลำดับที่ได้นั้นไม่คำนึงถึงความสัมพันธ์กับเวลาที่ผ่านไป เนื่องจากเป็นการพิจารณาแยกในแต่ละหน่วยเวลาที่ผ่านไปเท่านั้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องจัดลำดับใหม่ให้โดยให้ความสำคัญกับเวลาที่ใช้ไปด้วย ได้เป็นการจัดลำดับของความพยายามสัมพัทธ์ (Relative Ranking by the Time) สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 4 และแสดงดังรูปที่ 16

$$Relative\ \ Effort = Time - ((2 * Effort) - 1) \quad (4)$$

โดยที่ *Relative Effort* คือค่าความพยายามสัมพัทธ์



รูปที่ 16 แสดงค่าความพยายามสัมพัทธ์ (Mori Diagram; Relative Effort Ranking View)

ซึ่งค่าความพยายามสัมพัทธ์นั้นจะมีผลต่อความสามารถในการควบคุมงานครั้งต่อไป นั่นหมายถึงการให้ผู้ดูแลมีอำนาจในการควบคุมน้อยลงหรือมากขึ้น โดยถ้าค่าความพยายามสัมพัทธ์มีค่าเป็นจำนวนเต็มลบก็จะให้ผู้ดูแลมีอำนาจในการควบคุมน้อยลงตามค่าสัมบูรณ์ (Absolute) ของค่าความพยายามสัมพัทธ์นั้น แต่ถ้าค่าความพยายามสัมพัทธ์มีค่าเป็นจำนวนเต็มบวก ก็จะให้ผู้ดูแลมีอำนาจในการควบคุมมากขึ้นตามค่าความพยายามสัมพัทธ์นั้น

สำหรับการนำแผนภาพนี้ไปใช้ในโดเมนของการปรับตัวในเกมนั้น ความน่าจะเป็นของความพยายามหมายถึงความน่าจะเป็นในการใช้ทักษะ (Skill Probability) และค่าความพยายามสัมพัทธ์จะหมายถึงระดับความท้าทายที่น่าจะสามารถจัดการได้ (Challenge Rank) โดยมีรายละเอียดแสดงความสัมพันธ์ของค่าต่างๆซึ่งประยุกต์มาจากสมการที่ (3) ถึง (4) ได้ดังนี้

$$RL = (PT + 2) - (ST + 1) \quad (5)$$

$$PR = (2 * RL) - 1 \quad (6)$$

$$CR = PT - PR \quad (7)$$

$$Sp = \frac{ST + 1}{PT + 2} \quad (8)$$

โดยที่ PT คือจำนวนครั้งในการเล่น (Play Time)

ST คือจำนวนครั้งในการเล่นผ่าน (Success Time)

RL คือระดับความสามารถ (Rank Level)

PR คือลำดับความสามารถในการเล่นสูงสุด (Play Rank)

CR คือระดับความท้าทายที่น่าจะสามารถเล่นได้ (Challenge Rank)

Sp คือความน่าจะเป็นในการใช้ทักษะเล่นผ่าน (Skill Probability)

ตัวอย่างการคำนวณค่าต่างๆที่ได้จากผลการเล่น เมื่อใช้ทักษะการวิ่งกระโดดอย่างแม่นยำจากที่ฉากท้าทาย แสดงดังภาพที่ 13 กำหนดให้จำนวนครั้งในการเล่นผ่านเป็น 5 ครั้งจากจำนวนครั้งในการเล่นทั้งหมด 6 ครั้ง สำหรับการเล่นในฉากระดับที่ 1

ดังนั้น $PT = 6$

$ST = 5$

$\therefore RL = (6+2)-(5+1) = 2$

$\therefore PR = (2*2)-1 = 3$

$\therefore CR = 6-3 = 3$

$\therefore Sp = (5+1)/(6+2) = 6/8$

สรุปได้ว่าระดับความสามารถในการใช้ทักษะนี้ของผู้เล่นอยู่ในระดับที่ 2 สำหรับการเล่นในระดับของการเล่นครั้งที่ 6 (ณ ระดับของหน่วยเวลาที่ 6) และมีลำดับความสามารถในการเล่นสูงสุดอยู่ที่การเล่นในระดับครั้งที่ 3 (หมายความว่าการเล่นในครั้งที่ 3 นั้นจะมีระดับความสามารถในการเล่นอยู่ในลำดับที่ 1) ซึ่งผู้เล่นน่าจะสามารถเล่นผ่านความท้าทายในระดับที่สูงขึ้นไปได้อีก 3 ระดับ (จากค่า $CR = 3$)

3.4. การปรับตัวของสภาพฉากให้เหมาะสมต่อความสามารถของผู้เล่น (Level Difficulty Adjustment Based on Player's Performances)

3.4.1. ปัจจัยที่มีผลต่อการปรับเพิ่มหรือลดน้ำหนักของทักษะที่เกมท้าทายผู้เล่น

- ส่วนประกอบแต่ละส่วนในเกม ซึ่งส่วนประกอบเหล่านี้จะให้คะแนนที่มีผลเป็น + หรือ – กับตัวผู้เล่นจัดได้ดังตารางความยากของลักษณะประจำ แสดงดังตารางที่ 2
- จากผลการเล่นซึ่งถ้าค่าความน่าจะเป็นในการใช้ทักษะเล่นผ่านมีค่าน้อยกว่าค่าขีดแบ่ง (1/2) ก็ให้ปรับลดน้ำหนักในการเกิดความท้าทายที่กำลังพิจารณาอยู่นี้ และจะทำการปรับเพิ่มน้ำหนักในการเกิดความท้าทายอื่นๆที่มีค่าความยากน้อยลงแทน ซึ่งจะทำให้ความท้าทายที่ถูกเลือกมาใหม่มีความง่ายขึ้น เช่นทักษะของการกะระยะที่ต้องการอาจจะน้อยลง ทำให้กำแพงขนาดความกว้าง 2 หน่วยขยายเป็น 3 หน่วย หรือทักษะของการวิ่งกระโดดที่สร้างขึ้นใหม่อาจจะลดลง เป็นผลให้ความกว้างของเหวลดลงจาก 5 หน่วยเป็น 4 หน่วยเป็นต้น

- ระดับความท้าทายที่น่าจะสามารถใช้ทักษะที่มีเล่นผ่านได้ เนื่องจากค่านี้เป็นค่าที่สัมพันธ์กับจำนวนครั้งในการเล่น ดังนั้นจึงมีความสัมพันธ์กับการปรับตัวของสภาพแวดล้อมของฉาก
- ค่าความท้าทายที่จะให้ผู้เล่นเป็นระดับๆ เพื่อเป็นการฝึกทักษะจากง่ายไปยาก โดยใช้ค่าความเชี่ยวชาญระดับมูลฐานเบื้องต้นในฉากระดับแรก และใช้ค่าความเชี่ยวชาญระดับมูลฐานรายบุคคลสำหรับฉากแต่ละฉากถัดไป เพื่อทำให้เกมมีการปรับเรียบเส้นโค้งการเรียนรู้

3.4.2. วิธีการปรับเพิ่ม และลดน้ำหนักของค่าความน่าจะเป็นในการเกิดความท้าทาย

เมื่อค่าความน่าจะเป็นที่ผู้เล่นจะควบคุมการเคลื่อนไหวของตัวละครผู้เล่นได้ไม่ถูกต้องมีมากขึ้น กลยุทธ์ของเกมก็จะทำการปรับลดระดับความยากให้โดยปริยายเนื่องจากความน่าจะเป็นในการเกิดความท้าทายนี้จะลดต่ำลงตามค่าความน่าจะเป็นของการที่ผู้เล่นเล่นผ่าน แต่ทั้งนี้ต้องอยู่บนเงื่อนไขของค่าความเชี่ยวชาญระดับมูลฐานรายบุคคลด้วย ซึ่งมีขั้นตอนของการคำนวณค่าต่างๆดังต่อไปนี้

เริ่มต้นจากการใช้ค่าความเชี่ยวชาญระดับมูลฐานเบื้องต้นมาเป็นค่าขีดแบ่งของระดับความยากสูงสุดที่จะปรากฏขึ้นสำหรับฉากในระดับแรก ดังนั้นเซตของความท้าทายจะประกอบไปด้วยทักษะที่มีระดับความยากไม่เกินกว่าค่าความเชี่ยวชาญระดับมูลฐานเบื้องต้นนั้น

$$\mathbf{C}^1 = \{c \in \mathbf{C} \mid h_{dif}(c) \le \Delta h_{dif}\}$$

โดยที่ $\mathbf{C}^1$ คือเซตของความท้าทายสำหรับฉากในระดับแรก (Level = 1)

กำหนดค่าความน่าจะเป็นเริ่มต้นในการใช้ทักษะเล่นผ่านสำหรับฉากในระดับแรกให้มีค่าเป็น 1/2 ซึ่งจะเป็นค่าเริ่มต้นสำหรับฉากในระดับอื่นๆด้วย และกำหนดค่าความน่าจะเป็นเริ่มต้นในการเกิดความท้าทายสำหรับฉากในระดับแรกให้มีค่าเท่ากับค่าความน่าจะเป็นเริ่มต้นในการใช้ทักษะเล่นผ่าน (เนื่องจากให้ค่าน้ำหนักเริ่มต้นที่นำมาคูณเป็น 1)

$$Sp^i(c) = \{\, c \in \mathbf{C}^i \mid Sp^i(c) = \frac{1}{2} \,\} \quad ;i \in \mathbf{Level}$$
$$Cp^1 = Sp^1$$

โดยที่ $Sp^i(c)$ คือความน่าจะเป็นเริ่มต้นในการใช้ทักษะเล่นผ่านความท้าทาย c ในฉากระดับที่ i

$Cp^1(c)$ คือความน่าจะเป็นในการเกิดความท้าทาย c ในฉากระดับแรก

เมื่อผู้เล่นได้ทำการเล่นผ่านฉากแต่ละระดับ หรือแม้กระทั่งเล่นไม่ผ่านก็ตาม จะเกิดค่าต่างๆที่เป็นผลลัพธ์ที่ได้จากการเล่น ดังที่ได้กล่าวถึงแล้วในหัวข้อของการคำนวณค่าต่างๆที่ได้จากผลการกระทำของผู้เล่น ซึ่งสามารถนำมาใช้ในกระบวนการการปรับเพิ่มและลดน้ำหนักของการเกิดความท้าทายในฉากถัดไปได้ดังนี้

- ค่าความน่าจะเป็นในการใช้ทักษะเล่นผ่าน
  → มีผลโดยตรง และแปรผันตามกันกับการเกิดความท้าทายในฉากถัดไป
- ระดับความท้าทายที่น่าจะสามารถเล่นได้ ซึ่งเป็นค่าสะสมจนถึงเวลาปัจจุบัน
  → มีผลโดยอ้อม และแปรผกผันกับค่าเบี่ยงเบนเมื่อเทียบกับค่าศูนย์
  → มีผลโดยอ้อม และแปรผันตามกันกับผลลัพธ์ที่ได้จากความท้าทายอื่นๆ

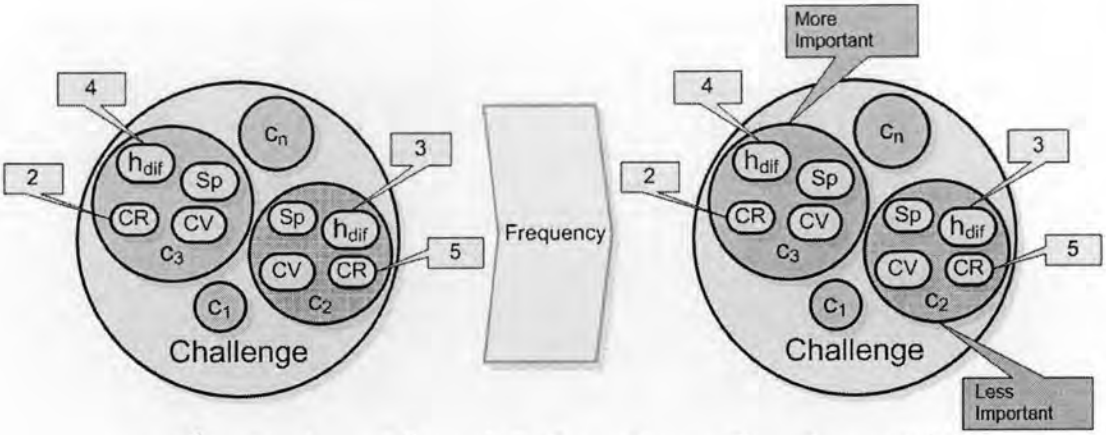
$$
\begin{aligned}
& Cp'(c) && \propto && Sp && \langle 1 \rangle \\
\wedge\ & Cp'(c) && \propto && \frac{1}{|CR(c)|} && \langle 2 \rangle \\
\wedge\ & Cp'(c) && \propto && |CR(\tilde{c})| && \langle 3 \rangle
\end{aligned}
$$

โดยที่ $Cp'(c)$ คือความน่าจะเป็นในการเกิดความท้าทาย c ในฉากถัดไป
(Challenge Probability)

$CR(\tilde{c})$ คือระดับความท้าทายที่น่าจะสามารถเล่นได้สำหรับความท้าทาย $\tilde{c}$ (ความท้าทายหนึ่งที่ไม่ใช่ความท้าทาย c)

ความสัมพันธ์ที่ <1> เรียกว่าความสามารถของผู้เล่น (Ability) เมื่อค่าความน่าจะเป็นที่ผู้เล่นจะควบคุมการเคลื่อนไหวของตัวละครผู้เล่นได้ไม่ถูกต้องมีมากขึ้น กลยุทธ์ของเกมก็จะทำการปรับลดระดับความยากให้โดยปริยายเนื่องจากความน่าจะเป็นในการเกิดความท้าทายนี้จะลดต่ำลงตามค่าความน่าจะเป็นของการที่ผู้เล่นเล่นผ่านเพื่อให้เกมง่ายขึ้นต่อผู้เล่น ในขณะเดียวกันถ้าผู้เล่นเล่นผ่านได้ดี ค่าความน่าจะเป็นในการผ่านก็จะมากขึ้น มีผลให้โอกาสการเกิดความท้าทาย c ในฉากถัดไปมากขึ้นด้วย แต่ทั้งนี้จะต้องมีการถ่วงดุลโดยอาศัยความสัมพันธ์ที่ <2>

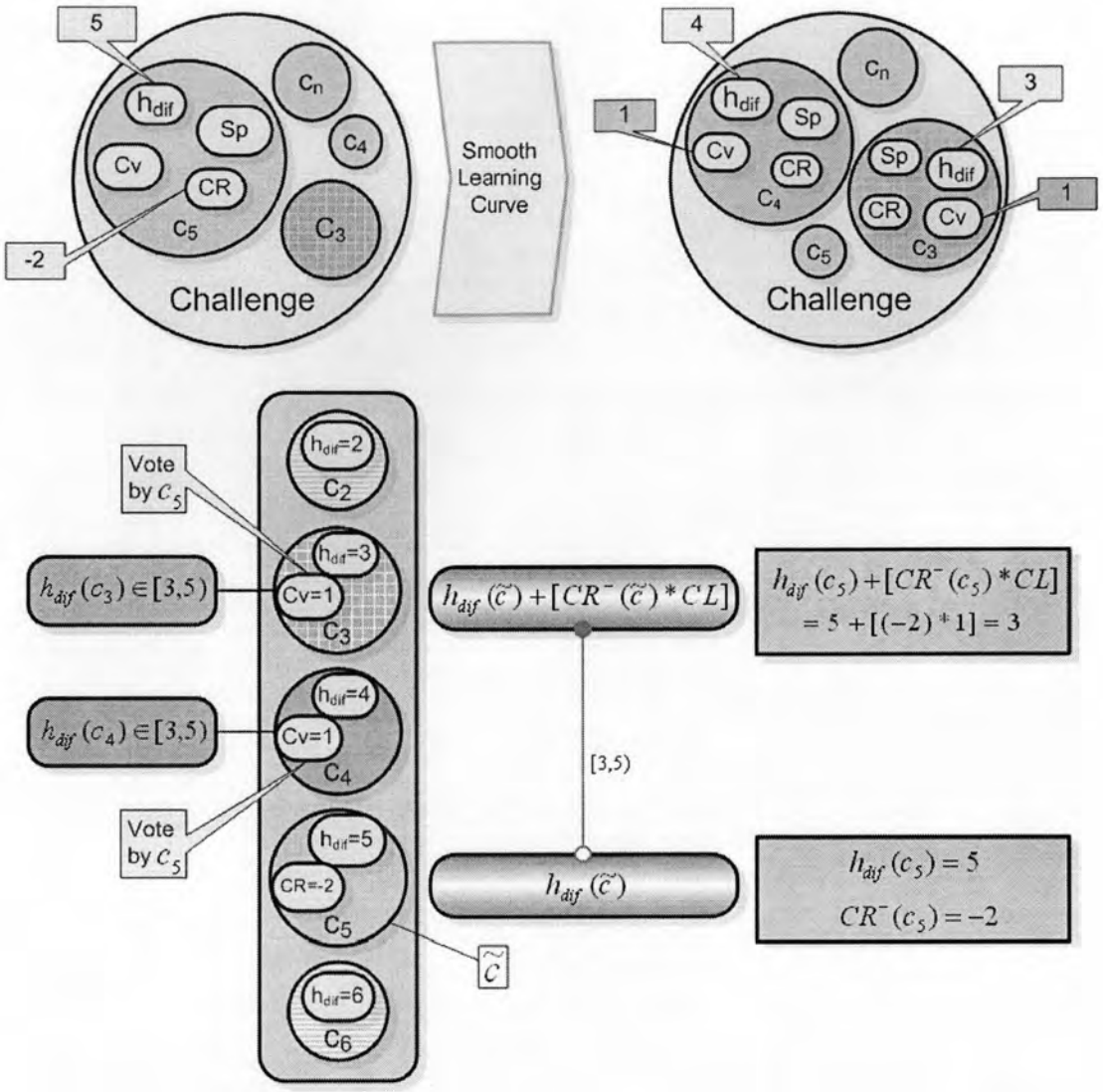
ความสัมพันธ์ที่ <2> เรียกว่าความถี่ (Frequency) จากแนวคิดในการออกแบบเกมที่ดีผนวกกับการเรียนรู้แบบรีนฟอร์สเม้นท์ เราจะสามารถแปลงผลตอบแทนไปเป็นความท้าทาย สถานะแปลงมาเป็นทักษะของผู้เล่น และให้ความสำคัญต่อการเล่นที่ให้ผลเข้าใกล้ทักษะที่ต้องใช้ความสามารถสูงสุดได้ง่ายด้วย แสดงดังรูปที่ 17



รูปที่ 17 ตัวอย่างการให้ความสำคัญในการเกิดความท้าทายในฉากถัดไป

รูปที่ 17 แสดงการให้ความสำคัญกับความท้าทายสองอย่างหลังจากมีการเล่นผ่านด่านมาแล้ว อย่างแรกมี *CR* เป็น 2 อย่างที่สองมี *CR* เป็น 5 ซึ่งแสดงว่าอย่างที่สองนั้นผู้เล่นเล่นผ่านอย่างเชี่ยวชาญแล้ว ดังนั้นระบบจึงต้องลดความสำคัญและโอกาสการเกิดของความท้าทายอย่างที่สองลง

ความสัมพันธ์ที่ <3> เรียกว่าการปรับเรียบเส้นโค้งการเรียนรู้ (Smooth Learning Curve) เนื่องจากระดับความท้าทายที่น่าจะสามารถเล่นได้ มีผลโดยอ้อมกับการเกิดความท้าทายในฉากถัดไป และแปรผันตามกันกับผลลัพธ์ที่ได้จากความท้าทายอื่นๆ ดังนั้นแบบจำลองจึงได้รวมการสร้างความสัมพันธ์ของการแปรผันระหว่างความท้าทายที่กำลังพิจารณาอยู่กับความท้าทายอื่นๆ โดยสร้างตัวแปรเพิ่มเข้ามาในระบบอีกหนึ่งตัวคือจำนวนครั้งที่ได้รับการโหวตให้เกิดความท้าทายในระดับที่สูงขึ้นหรือต่ำลงเมื่อเทียบกับความท้าทายที่กำลังพิจารณาอยู่ (ความท้าทายในระดับที่สูงขึ้นจะมีค่าความยากที่เพิ่มขึ้น และความท้าทายในระดับที่ต่ำลงจะมีค่าความยากที่ลดลง) ซึ่งเราเรียกค่านี้ว่าคะแนนของความท้าทายที่จะเกิดขึ้นในเวลาถัดไป (Challenge Vote) โดยที่การโหวตนั้นทำได้จากการพิจารณาระดับความท้าทายที่น่าจะสามารถเล่นได้ซึ่งมีค่าเป็นบวก ลบ หรือศูนย์ ตัวอย่างเช่นถ้าค่า *CR* เป็นค่า -2 นั่นหมายความว่าจะสามารถโหวตคะแนนให้กับความท้าทายที่มีค่าความยากลดลงได้ไม่เกิน $|CR|*CL$ หน่วย เรียกการโหวตในลักษณะนี้ว่าการโหวตไปข้างหลัง แสดงดังรูปที่ 18 ซึ่ง *CL* คือค่าสัมประสิทธิ์การเรียนรู้ (Coefficient of Learning) ที่เปรียบได้กับค่าความชันของเส้นโค้งการเรียนรู้ หมายความว่าถ้าค่าสัมประสิทธิ์การเรียนรู้นี้มีค่าน้อยแล้วเกณฑ์ของระดับความยากของความท้าทายจะค่อยๆเพิ่มขึ้นทีละน้อยๆ และสำหรับการโหวตหนึ่งครั้งจะมีคะแนนเป็นค่าใดๆที่ผู้ออกแบบเกมสามารถกำหนดได้ เรียกว่าค่าโหวตแฟกเตอร์ (Vote Factor) และการคำนวณค่าคะแนนโหวตสำหรับความท้าทาย *c* แสดงดังสมการที่ 9



รูปที่ 18 ตัวอย่างการโหวตคะแนนให้กับความท้าทายที่มีค่าความยากน้อยกว่า ($CL = 1$ และ $VF = 1$)

$$Cv'(c) = \sum_{\tilde{c}} |VF| \quad ;\left\{ h_{dif}(\tilde{c}) < h_{dif}(c) \le h_{dif}(\tilde{c}) + [CR^{+}(\tilde{c}) * CL] \right\} \cup \left\{ h_{dif}(\tilde{c}) + [CR^{-}(\tilde{c}) * CL] \le h_{dif}(c) < h_{dif}(\tilde{c}) \right\} \quad ; CR^{+}(c) > 0 \ \wedge \ CR^{-}(c) < 0 \tag{9}$$

$$Tv' = \sum_{c} Cv' \tag{10}$$

โดยที่ $Cv'(c)$ คือคะแนนของโหวตของความท้าทาย c ที่จะเกิดขึ้นในฉากถัดไป (Challenge Vote)

$h_{dif}(c)$ คือค่าความยากของความท้าทาย c

$h_{dif}(\tilde{c})$ คือค่าความยากของความท้าทาย $\tilde{c}$ (ความท้าทายหนึ่งที่ไม่ใช่ c)

$CR^{+}(\tilde{c})$ คือระดับความท้าทายที่น่าจะสามารถเล่นได้ของ $\tilde{c}$ ซึ่งมีค่าเป็นจำนวนเต็มบวก

$CR^{-}(\tilde{c})$ คือระดับความท้าทายที่น่าจะสามารถเล่นได้ของ $\tilde{c}$ ซึ่งมีค่าเป็นจำนวนเต็มลบ

Tv' คือคะแนนรวมของความท้าทาย ที่จะเกิดขึ้นในฉากถัดไป (Total Vote)

CL คือค่าสัมประสิทธิ์การเรียนรู้ (Coefficient of Learning)

VF คือค่าโหวตแฟกเตอร์ (Vote Factor)

แต่คะแนนของความท้าทายที่จะเกิดขึ้นในฉากถัดไปนั้น เป็นอัตราส่วนผกผันกับระดับความท้าทายที่น่าจะสามารถเล่นได้ ซึ่งมีผลโดยอ้อมกับการเกิดความท้าทายในฉากถัดไป ดังนั้นจึงทำการคำนวณค่าน้ำหนักที่ได้จากการให้คะแนนก่อน แล้วนำไปเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักกับอัตราส่วนผกผันของระดับความท้าทายที่น่าจะสามารถเล่นได้ ได้เป็นน้ำหนักเฉลี่ยสำหรับการเกิดความท้าทายที่น่าจะสามารถเล่นได้ในฉากถัดไป

$$W = \begin{cases} \dfrac{\left(W_{Cv} * \dfrac{Cv'}{Tv'}\right) + \left(W_{CR} * \dfrac{1}{|CR|}\right)}{W_{CR} + W_{Cv}} & ;CR \neq 0 \\ \dfrac{\left(W_{Cv} * \dfrac{Cv'}{Tv'}\right) + W_{CR}}{W_{CR} + W_{Cv}} & ;CR = 0 \end{cases} \qquad (11)$$

โดยที่ W คือค่าน้ำหนักในการเกิดความท้าทายที่น่าจะเล่นได้ในฉากถัดไป (Weight)

W_{CR} คือค่าน้ำหนักของระดับความท้าทายที่น่าจะสามารถเล่นได้ (Weight of Challenge Rank)

W_{Cv} คือค่าน้ำหนักของอัตราการโหวตคะแนน (Weight of Challenge Vote)

สำหรับค่าความน่าจะเป็นในการใช้ทักษะเล่นผ่านซึ่งมีผลโดยตรงกับการเกิดความท้าทายในฉากถัดไป และแปรผันตามกันนั้น สามารถนำมาใช้คำนวณค่าได้เลยดังสมการที่ 12

$$\therefore \quad Cp' = Sp * W \qquad (12)$$

โดยที่ Cp' คือความน่าจะเป็นในการเกิดความท้าทายใดๆในฉากถัดไป (Challenge Probability)

3.4.3. การคำนวณค่าความเชี่ยวชาญระดับมูลฐานรายบุคคล (Individual Expertise Level)

หลังจากการคำนวณคะแนนของความท้าทายที่จะเกิดขึ้นในฉากถัดไป เซตของความท้าทายที่จะเกิดขึ้นในฉากระดับถัดไปจะประกอบไปด้วยทักษะที่มีระดับความยากไม่เกินกว่าค่าความยากสูงสุดของทักษะที่ได้รับการโหวตในกระบวนการวนรอบของผลตอบสนองนั้นๆ เพื่อให้เกมมีการปรับเรียบเส้นโค้งการเรียนรู้ และเนื่องจากต้องการให้เกมสร้างท้าทายที่จะให้ผู้เล่นเป็นระดับๆด้วย ดังนั้นจึงได้ค่าขีดแบ่งของระดับความยากสูงสุดที่จะปรากฏขึ้นสำหรับฉากในระดับถัดไป เป็นค่าความเชี่ยวชาญระดับมูลฐานรายบุคคล โดยมีค่าเท่ากับค่าสูงสุดระหว่างค่าของระดับความยากสูงสุดที่มีในฉากเดิมบวกค่าสัมประสิทธิ์การเรียนรู้ กับค่าของระดับความยากสูงสุดที่ได้จากการโหวตสำหรับฉากในระดับถัดไป แสดงได้ดังสมการที่ 13 และ 14

$\underline{\Delta h}_{dif}$	=	$\max_{c'}\{\ (\max_{c}\{h_{dif}(c)\}+CL),\ h_{dif}(c')\ \}$	(13)
$\mathbf{C}'$	=	$\{\ c \in \mathbf{C} \mid h_{dif}(c) \le \underline{\Delta h}_{dif}\ \}$	(14)

โดยที่ $\underline{\Delta h}_{dif}$ คือค่าความเชี่ยวชาญระดับมูลฐานรายบุคคล (Individual Expertise Level)

$\mathbf{C}'$ คือเซตของความท้าทายที่จะเกิดขึ้นในฉากระดับถัดไป

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- Microsoft Visual Studio.NET 2005
  - ใช้ในการสร้างโปรแกรมต้นแบบขึ้นมา โดยใช้ภาษา C++
- Direct X 9.0 SDK
  - ใช้ฟังก์ชันจากไลบรารีช่วยสร้างส่วนแสดงภาพกราฟิกส์
- Microsoft Office 2003 (Word, Excel and Visio)
  - ใช้โปรแกมประยุกต์ช่วยในการวาดกราฟ และแผนภาพต่างๆ