บทที่ 2
ปริทัศน์วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1. โครงสร้างของเกม และการออกแบบ

2.1.1.1. ส่วนประกอบของเกม [3]

เกมคอมพิวเตอร์เป็นระบบปิดที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ซึ่งมีส่วนประกอบต่างๆที่ทำงานร่วมกันเพื่อผลิตสิ่งที่ซับซ้อน ส่วนประกอบของเกมที่สำคัญคือ

- ผู้เล่น ซึ่งได้รับประสบการณ์ในการใช้จินตนาการ ไหวพริบและความคิดสร้างสรรค์
- เนื้อเรื่องและตัวละคร ซึ่งควรเห็นภาพได้ชัดเจน
- วัตถุประสงค์
- วิธีดำเนินการเพื่อบรรลุวัตถุประสงค์
- กฎซึ่งอธิบายถึงความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆ และขอบเขตของความความสัมพันธ์เหล่านั้น
- ทรัพยากร ซึ่งช่วยให้ผู้เล่นเข้าใกล้วัตถุประสงค์ได้มากยิ่งขึ้น
- อุปสรรค ซึ่งกีดกันผู้เล่นให้ไม่สามารถบรรลุเป้าหมายได้โดยตรง
- ผลลัพธ์ ซึ่งได้จากการกระทำ
- ความท้าทาย ซึ่งสร้างความตึงเครียดในการแก้ไขอุปสรรค

สำหรับการออกแบบเกมประเภทแพลตฟอร์มส่วนใหญ่นั้นมีวัตถุประสงค์ไม่ซับซ้อน มีทรัพยากรที่ไม่หลากหลาย และผู้เล่นสามารถเล่นให้บรรลุเป้าหมายได้จากการเล่นเพียงคนเดียว แต่เกมประเภทแพลตฟอร์มจะให้ความสำคัญกับสิ่งต่างๆดังต่อไปนี้

1) วิธีดำเนินการ (Procedure) จะบอกขั้นตอนวิธีในการกระทำให้บรรลุแก่วัตถุประสงค์ (เช่น ตัวละครตัวนี้เดิน วิ่งกระโดด ว่ายน้ำ ยิงศัตรู และเก็บสิ่งของได้) ซึ่งกล่าวได้ว่าเป็นวิธีการเล่นที่อยู่ภายใต้กฎเกณฑ์ของเกม

วิธีการในการเล่นเกม การใช้ปุ่มควบคุม และการกระทำที่ผู้เล่นสามารถทำได้เพื่อบรรลุเป้าหมายของเกมนั้นอาจแบ่งออกได้เป็นส่วนย่อยๆได้ดังนี้

- การกระทำเริ่มต้น (Start action)
- การกระทำที่ทำให้เล่นเกมต่อไปได้เรื่อยๆ (Progression action)
- การกระทำพิเศษ (Special action)
- การกระทำในการแก้ปัญหา (Resolving action)

2) กฎ (Rule) คือสิ่งที่ผู้เล่นทำได้หรือทำไม่ได้ในเกม ซึ่งกฎบางกฎนั้นอาจจะเป็นการกำหนดวัตถุที่มีในเกมหรือกติกาหลักในการเล่นเกมนั้น ทั้งวิธีการดำเนินการและกฎนั้นจะบอกถึงสิทธิที่ผู้เล่นจะทำได้ เป็นการจำกัดพฤติกรรม ซึ่งถ้าไม่ทำตามก็จะไม่ได้อยู่ในเกมอีกต่อไป ในการสร้างกฎหนึ่งๆขึ้นมานั้นมีสิ่งที่ควรพิจารณาเพิ่มเติมดังนี้

- ผู้เล่นจะทำตามกฎ และเรียนรู้กฎต่างๆได้อย่างไร
- ทำอย่างไรผู้เล่นจะเรียนรู้ธรรมชาติของวัตถุได้ (และความซับซ้อนของวัตถุควรเป็นเช่นไร สามารถเปลี่ยนรูปหรือมีพัฒนาการได้หรือไม่)
- ผู้เล่นสามารถเรียนรู้รูปแบบของการกำหนดกฎเกณฑ์ของเกมได้หรือไม่ อย่างไร
- กฎมีความชัดเจนและความแน่นอนเพียงใด ทั้งนี้กฎที่แน่นอนจะทำให้ผู้เล่นรู้สึกว่าไม่ได้ถูกโกง
- กฎกับผู้เล่นมีความสัมพันธ์กันแค่ไหนอย่างไร หมายความว่าถ้ามีจำนวนของกฎมากเกินไปก็อาจจะทำให้ผู้เล่นเล่นต่อไม่ได้ หรือเล่นต่อได้ยากมากเกินไป แต่ถ้ามีกฎน้อยเกินไปก็จะทำให้เกมดูธรรมดา และไม่ท้าทายไปเลยก็เป็นได้

3) อุปสรรค (Conflict) คือผลจากการจำกัดพฤติกรรมของการเล่นจากวิธีการเล่นและกฎการเล่นเกม อุปสรรคเป็นสิ่งที่กีดกันผู้เล่นให้ไม่สามารถบรรลุเป้าหมายได้โดยง่าย ผู้เล่นต้องแก้ไขอุปสรรคในหนทางที่ตนเองชอบและถนัด ตัวอย่างของอุปสรรคที่มีในเกมมีดังนี้

- สิ่งกีดขวาง (Obstacle) อาจจะอยู่ในรูปแบบของรูปทรงทางกายภาพ ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งต่อความท้าทายสำหรับเกมประเภทแพลตฟอร์ม หรืออยู่ในรูปแบบของทักษะทางความคิด เช่น ปัญหากล (Puzzle) ในเกมผจญภัย
- ศัตรู หรือคู่ต่อสู้ (Opponent)
- สถานการณ์ที่ทำให้ลำบากใจ (Dilemma) เกมมักจัดให้ผู้เล่นได้ตัดสินใจเลือกระหว่างสองสิ่งที่ไม่ดีทั้งคู่ ผู้เล่นต้องตัดสินใจเองว่าจะเลือกสิ่งไหนจึงจะทำให้การเล่นเกมของเขารุดหน้าได้มากที่สุด

4) ความท้าทาย (Challenge) ประสบการณ์ของผู้เล่นได้จากการฟันฝ่าอุปสรรคของผู้เล่นในแบบฉบับของตนเอง ดังนั้นสำหรับเกมประเภทแพลตฟอร์ม อุปสรรคก็คือสิ่งที่ท้าทายผู้เล่นนั่นเอง ถ้ามีความท้าทายที่ยากเกินไป ผู้เล่นจะเกิดความเบื่อหน่ายไม่อยากเล่น แต่ในทางกลับกันถ้าความท้าทายเกิดคงที่ หรือลดลงขึ้นมา จะทำให้ผู้เล่นรู้สึกว่าตัวเองเล่นเก่งมากแล้ว จึงเลิกเล่นไปในที่สุดเช่นเดียวกัน ดังนั้นการทำให้เกมมีความสมดุลระหว่างอารมณ์ตอบสนองของผู้เล่นกับความท้าทายของเกมนั้นจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ควรพิจารณาถึงเพื่อให้ผู้เล่นเล่นเกมของผู้ผลิตอย่างต่อเนื่องต่อไป

การออกแบบความท้าทายพื้นฐานอย่างง่ายมีหลักการจากทฤษฎีของโฟลว์ (Flow Theory) ที่ว่า ถ้าผู้ใดไม่มีทักษะที่จำเป็นต้องใช้ในการทำงานหนึ่งๆให้สำเร็จแล้ว ผู้นั้นก็จะไม่รู้สึกถึงความท้าทายในงานนั้นๆเลย เมื่อเป็นเช่นนั้นแล้วการทำงานอย่างลื่นไหลและเพลิดเพลินก็จะไม่บังเกิด และในทางตรงกันข้าม ถ้าผู้ใดมีทักษะที่ตรงกับสถานการณ์ที่ต้องการผู้ที่มีทักษะนั้นมาจัดการแก้ไข ผู้นั้นก็จะซึมซาบความสนใจในกิจกรรมที่ทำนั้นโดยสมบูรณ์

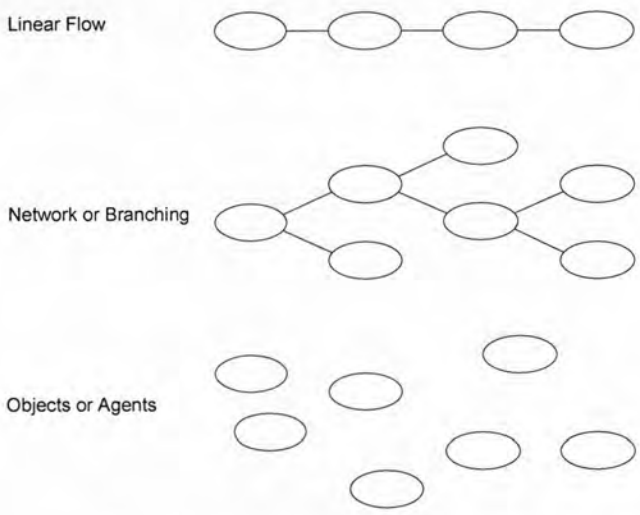
จากทฤษฎีนี้ ผู้วิจัยได้นำวิธีดำเนินการ กฎ อุปสรรค และความท้าทาย จากเกมประเภทแพลตฟอร์มซึ่งในที่นี้ใช้เกมรูปแบบซุปเปอร์มาริโอเป็นกรณีศึกษา ไปหารูปแบบข้อมูลที่สัมพันธ์กัน และสร้างเป็นโครงสร้างของความสัมพันธ์ของรูปแบบข้อมูลต่างๆเหล่านั้น ซึ่งมีผลต่อความยากง่ายของสภาพฉากในเกมดังที่จะกล่าวถึงในรายละเอียดต่อไป

2.1.1.2. การปรับส่วนประกอบต่างๆในขณะเล่นเกม [3]

เพื่อให้เกมมีความสมดุลรวมถึงเพื่อให้การมีปฏิสัมพันธ์ต่างๆที่เกิดขึ้นภายในระบบเกมมีคุณภาพ สิ่งที่ควรได้รับการปรับสภาพภายในเกมจึงมีดังต่อไปนี้

1) วัตถุ (Object) เป็นได้ทั้งสิ่งที่เป็นกายภาพ (Physical) หรือเป็นนามธรรม (Abstract) หรือทั้งสอง
2) คุณสมบัติ (Property) เป็นคุณภาพ หรือคุณลักษณะที่กำหนดทางกายภาพ มักจะมีค่าในรูปแบบทางคณิตศาสตร์
3) พฤติกรรม (Behavior) เป็นการกระทำต่อวัตถุ ที่อาจจะทำให้วัตถุเปลี่ยนแปลงสถานะไปได้
4) ความสัมพันธ์ (Relationship) เป็นความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุต่างๆ เช่นการสืบทอดเป็นลำดับชั้น (Hierarchical) หรือความสัมพันธ์ระหว่างตัวละครกับวัตถุ หรือค่าใดๆที่แปรผันหรือแปรผกผันตามกัน ตัวอย่างคุณสมบัติที่มีความสัมพันธ์กันเป็นดังนี้
    - ค่าการโจมตี (Hit point) เป็นจำนวนหน่วยที่ทำให้คู่ต่อสู้เสียหาย
    - เกราะป้องกัน (Armor)
    - ค่าความเสียหายพื้นฐาน (Basic Damage)
    - ค่าความเสียหายทะลุทะลวง (Piercing Damage)
5) สถานการณ์ (Situation) สำหรับเกมที่มีความซับซ้อนนั้น จะมีหนทางการปรับสภาพเกมที่เป็นไปได้ให้เลือกอย่างมากมาย และเมื่อการเล่นครั้งหนึ่งมีผลต่อการเลือกเล่นในครั้งต่อๆไปแล้ว การคำนวณให้ได้สถานการณ์ทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดสำหรับผู้เล่นนั้นก็จะทำได้ยากมากขึ้นด้วย ดังนั้นจึงได้มีการคิดค้นหนทางการแก้ปัญหาให้ได้การคำนวณที่รวดเร็ว

แทนที่การหาทางเลือกที่ดีที่สุดหรือเหมาะสมที่สุด ซึ่งวิธีการที่เป็นที่นิยมใช้ก็คือเทคนิคการรู้จำรูปแบบ โดยการสร้างสถานการณ์ที่เป็นไปได้ต่างๆไว้ล่วงหน้า ให้อยู่ในรูปแบบของโครงสร้างต้นไม้ที่มีความซับซ้อนมากพอที่จะนำไปใช้ประโยชน์ได้ รูปที่ 1 แสดงโครงสร้างของเกมในแบบต่างๆ โดยส่วนบนของรูปแสดงเกมที่ไม่มีสถานการณ์ให้ผู้เล่นเลือก ส่วนกลางของรูปแสดงเกมที่ผู้สร้างได้ออกแบบสถานการณ์ต่างๆไว้เพื่อให้ผู้เล่นได้เลือก ส่วนล่างของรูปแสดงเกมที่ผู้สร้างไม่ได้นิยามสถานการณ์ให้ผู้เล่นเลือกไว้ล่วงหน้า แต่ได้เตรียมคุณลักษณะของอ็อบเจกต์ (Object) และเอเยนต์ (Agent) ในเกมให้สามารถตอบสนองกับผู้เล่นได้



รูปที่ 1 แสดงโครงสร้างของเกมในแบบต่างๆ

(ที่มา Game Design Workshop: Designing, Prototyping, and Playtesting Games [3])

6) เศรษฐศาสตร์ (Economics) ในเกมเราสามารถปรับสิ่งต่างๆโดยใช้ความรู้หรือทักษะพื้นฐานจากทางด้านเศรษฐกิจ เช่น
   - มีสิ่งของ (Item) ให้แลกเปลี่ยนกันได้ (Bartering)
   - เกิดตลาดการซื้อขายเสมือนจริง (Virtual Market)
   - มีระบบธนาคาร
   - กำหนดการจัดสรรทรัพยากรเพื่อควบคุมการผลิต จากผู้เล่นหรือจากระบบเกม
   - กำหนดกลไกตลาดเพื่อตั้งราคาผลิตภัณฑ์ จากผู้เล่นหรือจากระบบเกม
7) ระบบแบบไม่ตายตัว (Emergent System) คือการทำให้ระบบเกม แสดงพฤติกรรมที่ซับซ้อนหรือปรับตัวเองได้จากการกำหนดกฎง่ายๆ เหมือนอย่างเช่นกฎเกมแห่งชีวิตของคอนเวย์ (Conway) 3 ข้อดังต่อไปนี้

- กฎการเกิด: ถ้ามีอย่างน้อย 3 เซลล์รอบๆ เซลล์นั้นจะเกิดขึ้นในประชากรรุ่นต่อไป
- กฎการเหงาตาย: ถ้ามีเซลล์รอบๆ น้อยกว่า 2 เซลล์ๆนั้นจะตายไปในประชากรรุ่นต่อไป
- กฎการอดอาหารตาย: ถ้ามีเซลล์รอบๆ อย่างน้อย 4 เซลล์ๆนั้นจะตายไปในประชากรรุ่นต่อไป

ซึ่งกฎตามตัวอย่างนี้เป็นแนวคิดที่มีจุดเริ่มต้นจากพื้นฐานของการมีชีวิต ทำให้คาดการณ์ล่วงหน้าไม่ได้ นิยมนำมาประยุกต์ใช้กับระบบการตัดสินใจของตัวละครที่ไม่ใช่ตัวละครของผู้เล่น (NPC: Non Player Character) ในเกม โดยอาศัยการปรับกฎจากสภาพของเอ็นพีซี ดังต่อไปนี้

- มโนทรรศน์ (Perception) ที่มีกับสิ่งรอบๆตัว
- สถานะ (State) ความจำที่มีเกี่ยวกับศัตรู อาวุธ และสถานที่ต่างๆ
- อารมณ์ (Emotion) เช่นรู้สึกหวาดกลัวเมื่อถูกโจมตี

ซึ่งกฎ 3 ข้อนี้มีความสัมพันธ์กันทั้งหมด

8) โครงสร้างสารสนเทศ (Information Structure) เพื่อช่วยให้ผู้เล่นตัดสินใจทำการใดๆได้รวดเร็วมากขึ้น เนื่องจากข้อมูลในเกมมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอในระหว่างการเล่น
9) การควบคุม (Control) ถ้าสามารถควบคุมโดยมีความสมจริงมากที่สุดเท่าที่เป็นไปได้จะเป็นการดี ซึ่งการควบคุมเป็นประสบการณ์ระดับแรกที่ผู้เล่นได้จากระบบ และการควบคุมนั้นเป็นไปได้ทั้งแบบโดยตรงและโดยอ้อม
10) ผลตอบสนอง (Feedback) คือข้อมูลข่าวสารที่ได้รับกลับมาหลังจากที่ได้มีการเล่นเกม ซึ่งให้ผลสืบเนื่องต่อการเปลี่ยนแปลงของส่วนประกอบอื่นๆในระบบโดยตรง มีอยู่ 2 ลักษณะคือ
    - ผลบวก (Positive) เป็นการเพิ่มผล (Reinforcing) มีผลทำให้ส่วนประกอบ (Element) เปลี่ยนโดยตรงในทิศทางเดียวกัน (แปรตามกัน)
    - ผลลบ (Negative) เป็นการทำให้สมดุล (Balancing) มีผลทำให้ส่วนประกอบ (Element) เปลี่ยนโดยตรงในทิศทางตรงกันข้ามกัน (แปรผกผัน)

สำหรับเกมประเภทแพลตฟอร์ม ซึ่งในที่นี้ใช้เกมรูปแบบซุปเปอร์มาริโอเป็นกรณีศึกษานั้นจะให้ความสำคัญกับวัตถุ คุณสมบัติ พฤติกรรม ความสัมพันธ์ และผลตอบสนองเป็นพิเศษ โดยพิจารณาพื้นฐานของวัตถุ ตลอดจนคุณสมบัติและพฤติกรรม เราสามารถนำส่วนประกอบเหล่านี้มาสร้างเป็นความสัมพันธ์ของค่าความยากในลักษณะประจำต่างๆ ดังที่จะกล่าวถึงในรายละเอียดต่อไป

2.1.1.3. รูปแบบของการปรับความสามารถ และความท้าทาย [2]

ชนิดของความสามารถที่สำคัญได้แก่ ความสามารถใหม่ (New Ability) ที่ได้รับระหว่างเล่นเกม เกิดขึ้นเนื่องจากได้รับรางวัลหรือสิ่งตอบแทนจากการลงทุน ซึ่งการเชื่อมต่อความสามารถใหม่เข้ากับตัวละครต่างๆไม่ยากไปกว่าการเชื่อมต่อความสามารถกับตัวละครของผู้เล่น นอกเสียจากความสามารถที่ได้มาจะหายไปเมื่อตัวละครผู้เล่นตาย เช่นเดียวกับความสามารถที่ปรับปรุงให้ดีขึ้น (Improved Ability) ก็เป็นการให้โอกาสผู้เล่นในการใช้การกระทำ หรือเพิ่มกำลังให้กับผลที่ได้จากการกระทำนั้น หรือทำให้การกระทำมีประสิทธิภาพมากขึ้น นั่นก็หมายถึงการเพิ่มทักษะของตัวละคร ซึ่งเป็นผลตอบแทนให้ผู้เล่นรู้สึกว่ามีพลังมากขึ้น และได้เลื่อนชั้นไปสู่ระดับที่สูงขึ้น อาจจะอยู่ในขั้นตอนของการพัฒนาตัวละคร หรือเป็นตัวเลือกให้ผู้เล่นในระหว่างเล่นเกมก็ได้ แต่สำหรับความสามารถที่หายไป (Lost Ability) นั้นจะส่งผลต่อความสมดุลของผู้เล่น ถือเป็นการลงโทษอย่างหนึ่ง

เมื่อระดับความยากที่เหมาะสมเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับผู้เล่นในการฝึกฝนทักษะต่างๆให้เป็นผู้เชี่ยวชาญ ดังนั้นถ้าเกมยากจนเกินไปที่จะเริ่มต้นเล่น ผู้เล่นก็จะไม่ได้รับทักษะระดับพื้นฐาน และถ้าเกมไม่เตรียมความท้าทายที่ยากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทักษะที่ควรเพิ่มขึ้นก็อาจจะหยุดอยู่แค่นั้น (Stagnate) ดังนั้นการที่เกมมีการปรับเรียบเส้นโค้งการเรียนรู้ (Smooth Learning Curve) ก็จะส่งผลให้เกิดผู้เชี่ยวชาญในเกมนั้นได้จากการเรียนรู้ที่ลื่นไหล ซึ่งส่วนใหญ่จะควบคุมได้โดยการใช้ระดับของฉาก (Levels) ถึงแม้ว่าความยากของเกมจะขึ้นอยู่กับผู้เล่นแต่ละคน แต่ก็ควรจะออกแบบเกมให้ผู้เล่นทุกคนสามารถพัฒนาการเรียนรู้ของตนเองได้ นั่นคือการควบคุมความท้าทายให้เหมาะสมกับผู้เล่นแต่ละคน โดยเริ่มจากการสร้างระดับความท้าทายที่เหมาะสม กำหนดค่าขีดแบ่งของความยากที่แตกต่างกันสำหรับฟังก์ชันการประเมินผลความสามารถของผู้เล่น (Evaluation Functions) เช่นคะแนน หรือการมอบทักษะที่เป็นประโยชน์ต่อไป

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ความสามารถของผู้เล่นแต่ละคนและความท้าทายควรมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งจำเป็นต้องให้ความสำคัญกับการกำหนดค่าขีดแบ่งของความยากที่เหมาะสมกับแต่ละคน เพื่อให้เกมมีการปรับเรียบเส้นโค้งการเรียนรู้ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ดีในการออกแบบเกม ผู้วิจัยจึงนำแนวคิดของทฤษฎีการปรับเรียบเส้นโค้งการเรียนรู้นี้ไปประยุกต์ใช้ร่วมกับทฤษฎีการเรียนรู้ของปัญญาประดิษฐ์สำหรับส่วนที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบค่าขีดแบ่ง

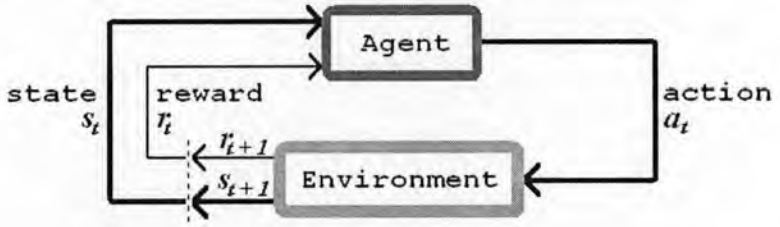
2.1.2. การเรียนรู้ของปัญญาประดิษฐ์ในเกม

เกมโดยทั่วไปจะให้ความสำคัญกับการเรียนรู้ของตัวละครเอ็นพีซี เพื่อให้เกิดความท้าทายกับตัวละครของผู้เล่น ซึ่งถ้าออกแบบความท้าทายที่ไม่เหมาะสมก็จะทำให้เกมยากหรือง่ายจนเกินไปได้ และการใช้งานเทคนิคการเรียนรู้ในแบบต่างๆกันก็มีผลต่อลักษณะเกมที่ต่างๆกันได้ ตัวอย่างเช่นเกมในลักษณะอาเคด (Arcade) อย่างแพคแมน (Pacman) นั้นจะเลือกใช้เทคนิคขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (GA: Genetic

Algorithm) ในการเรียนรู้ของศัตรูในเกม ซึ่งเป็นความตั้งใจของผู้ออกแบบเกมที่ต้องการให้ความสามารถของศัตรูเพิ่มขึ้นทีละน้อย เนื่องจากมีฉากให้ผู้เล่นได้เล่นมากถึงร้อยฉาก [15] และเกมประเภทบทบาทผู้เล่นในระบบเครือข่าย (On-line Role Playing Game) ส่วนใหญ่จะใช้เทคนิคการเรียนรู้แบบผสมผสาน (Hybrid) เช่นนำเทคนิคขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมมาปรับฐานความรู้โดเมน (Domain Knowledge) ของตัวละครก่อนแล้วจึงใช้เทคนิคการเรียนรู้แบบรีนฟอร์สเม้นท์มาเลือกใช้การกระทำของตัวละครต่อไป ดังนั้นจะเห็นว่าการเลือกใช้เทคนิคการเรียนรู้ที่เหมาะสมต่อลักษณะการเล่นของตัวเกมจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างหนึ่งที่ต้องนำมาพิจารณาในการออกแบบเกม และถ้านำข้อมูลที่ได้จากการโต้ตอบของตัวละครของผู้เล่นมาพิจารณาร่วมด้วย ก็จะทำให้ได้เกมที่สามารถสร้างความท้าทายที่เหมาะสมกับผู้เล่นได้ดียิ่งขึ้นด้วย

2.1.3. การเรียนรู้แบบรีนฟอร์สเม้นท์ (Reinforcement Learning) [16, 17]

เป็นเทคนิคการเรียนรู้ที่นำความสัมพันธ์ของเวลา สถานะ การกระทำและผลตอบแทนของการกระทำมาสร้างเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ เพื่อเลือกการกระทำที่ทำให้ได้ผลตอบแทนที่มากที่สุด โดยที่ให้ความสำคัญต่อการกระทำที่ให้ผลเข้าใกล้ค่าที่ต้องการได้ง่าย เนื่องจากเป็นกระบวนการวนรอบของผลตอบสนอง (Feedback Loop) เพื่อเข้าสู่สถานะเป้าหมายได้ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงปฏิกิริยาโต้ตอบระหว่างเอเยนต์กับสภาพแวดล้อม
(ที่มา Reinforcement Learning (An Introduction) [17])

ส่วนประกอบของระบบการเรียนรู้แบบรีนฟอร์สเม้นท์มีอยู่ 4 ส่วนหลักๆดังนี้

- นโยบาย (Policy) เป็นสิ่งที่กำหนดพฤติกรรมการเรียนรู้ของเอเยนต์ในเวลาที่กำหนดให้ มีความหมายอย่างกว้างๆว่า นโยบายคือการแปลงจากสถานะที่กำหนดรู้ (Perception) ของสภาพแวดล้อม ไปเป็นการกระทำที่ได้รับจากการที่อยู่ในสถานะนั้นๆ ซึ่งโดยทั่วไปอาจจะได้จากการเฟ้นสุ่ม (Stochastic)
- ฟังก์ชันผลตอบแทน (Reward Function) เป็นสิ่งกำหนดเป้าหมายของปัญหา คือฟังก์ชันสำหรับการแปลงจากสถานะที่กำหนดรู้ของสภาพแวดล้อม (หรือคู่ลำดับของสถานะกับการกระทำ) ไปเป็นค่าๆหนึ่งที่เรียกว่าผลตอบแทน ผลจากฟังก์ชันจะบ่งบอกถึงความใกล้เคียงกับสถานะที่เอเยนต์ต้องการ เป้าหมายเดียวของเอเยนต์คือการทำให้ได้รับผลตอบแทนมากที่สุดในอนาคต

- ฟังก์ชันการประเมินคุณค่า (Value Function หรือ Evaluation Function) ใช้เป็นตัววัดว่าสิ่งใดที่จะให้ผลดีในภายภาคหน้า ซึ่งคุณค่าของสถานะเริ่มต้นใดๆนั้นจะเท่ากับผลรวมของผลตอบแทนที่เอเยนต์คาดหวังที่จะสะสมได้ในอนาคต
- แบบจำลองของสภาพแวดล้อม (Model of the Environment) เป็นบางสิ่งที่เลียนแบบพฤติกรรมของสิ่งแวดล้อม เช่นเมื่อกำหนดสถานะและการกระทำลงไป แบบจำลองจะทำนายสถานะถัดไปและผลตอบแทนถัดไปได้ ซึ่งแบบจำลองนี้มีไว้เพื่อใช้ในการวางแผน

หลักการของเทคนิคการเรียนรู้แบบรีนฟอร์สเม้นท์

1) กำหนดให้เซตของสถานะเป็นเซตจำกัด S และเซตของการกระทำเป็นเซตจำกัด A ขณะเวลาที่ไม่ต่อเนื่องใดๆ เอเยนต์สังเกตสถานะ $s_t \in S$ และเลือกการกระทำ $a_t \in A$ ต่อจากนั้นเอเยนต์จะได้รับผลตอบแทนในทันทีเท่ากับ r_t และสถานะเปลี่ยนไปเป็น s_{t+1}
2) จากสมมติฐานของมาร์คอฟจะได้ว่า $s_{t+1} = \delta(s_t, a_t)$ และ $r_t = r(s_t, a_t)$ โดยที่ δ และ r เป็นฟังก์ชันที่ผู้เรียนไม่รู้และผลลัพธ์ที่ได้จากฟังก์ชันทั้งสองนี้ไม่ได้มีเพียงค่าเดียว (ใส่ s_t และ a_t ตัวเดิมแต่จะให้ผลลัพธ์ออกมาได้หลายแบบ) ซึ่ง s_{t+1} และ r_t นั้นมีค่าที่ขึ้นอยู่กับสถานะและการกระทำปัจจุบัน
3) ทำการเรียนเพื่อหานโยบายของการกระทำที่ให้ค่าเฉลี่ยของผลตอบแทนสะสมสูงสุด นั่นหมายความว่าทำการเรียนรู้ให้ได้ว่า ณ สถานะใดๆใน S นั้นควรกระทำสิ่งใดๆบ้าง เขียนเป็นสัญลักษณ์ได้ดังนี้

$$\text{Policy } \pi : S \rightarrow A; \quad \text{Maximizes E } [r_t + \gamma\, r_{t+1} + \gamma^2 r_{t+2} + ...]; \quad 0 \le \gamma < 1$$

เรียก γ ว่าเป็นปัจจัยหักลดสำหรับผลตอบแทนในอนาคต (Discount Factor for Future Rewards) และตัวอย่างสอนนั้นไม่ได้อยู่ในรูปแบบของ $< s, a >$ แต่จะอยู่ในรูปแบบของ $<< s, a >, r >$ ซึ่ง r คือผลตอบแทนที่ได้ที่สถานะ s และโดยการกระทำ a

4) กำหนดฟังก์ชันการประเมินคุณค่า ณ สถานะเริ่มต้น s ใดๆ จากแต่ละนโยบายที่เป็นไปได้ π (โดยที่นโยบายจะเป็นตัวทำให้ได้ผลตอบแทนทั้งหมดที่ได้จากสถานะ s และโดยการกระทำ a ตามแต่ละนโยบายนั้นๆ) ซึ่งเป็นการเรียนรู้เพื่อหานโยบายที่ดีที่สุดเหมาะสมที่สุด π^* เขียนเป็นสัญลักษณ์ได้ดังสมการ e_2 โดยที่สมการ e_1 คือผลตอบแทนที่เอเยนต์คาดหวังว่าจะได้รับทั้งหมดจากสถานะเริ่มต้นไปสู่สถานะเป้าหมาย

$$V^{\pi}(s) \equiv r_t + \gamma\, r_{t+1} + \gamma^2 r_{t+2} + ... \equiv \sum_{i=0}^{\infty} \gamma^i r_{t+i} \qquad \cdots(e_1)$$

$$\pi^* \equiv \arg\max_{\pi} \{V^{\pi}(s), (\forall s)\} \qquad \cdots(e_2)$$

5) ดังนั้นจึงต้องให้เอเยนต์เรียนรู้ฟังก์ชันการประเมินคุณค่า V^{π^*} (เขียนได้สั้นๆว่า V^*) ซึ่งก็คือค่า V ของแต่ละสถานะเมื่อใช้นโยบายที่ดีที่สุด โดยการค้นหาการกระทำที่ดีที่สุดจากสถานะใดๆ s ที่ครอบคลุมทั้งหมด จึงได้ทำการเปรียบเทียบในสถานะถัดไป s_{t+1} (มองถึงการเดินไปล่วงหน้า 1 ขั้นแล้ว) ได้เป็น π^* ซึ่งเป็นฟังก์ชันใหม่เมื่อเทียบกับค่าเดิมข้างต้น ดังแสดงในสมการ e_3

$$\pi^*(s) \equiv \arg\max_a [r(s,a) + \gamma\, V^*(\delta(s,a))] \qquad \cdots(e_3)$$

ซึ่งฟังก์ชันนี้จะใช้งานได้ดีเมื่อเอเยนต์ทราบฟังก์ชัน δ และ ฟังก์ชัน r โดยที่ $\delta : S \times A \to S$ และ $r : S \times A \to R$ แต่มีปัญหาตรงที่เอเยนต์ไม่รู้ตั้งแต่เริ่มต้นว่าการกระทำที่ใส่ไปแล้วนั้นจะได้สถานะใหม่เป็นอะไร

6) ดังนั้นจึงกำหนดฟังก์ชันใหม่ที่คล้ายกับ V^* ที่เรียกว่าฟังก์ชันการเรียนรู้ Q (แสดงดังสมการ e_4) เพื่อลดรูปตัวแปรให้เหลือในระบบเพียง 2 ตัวคือ s และ a (ดังนั้นเมื่อทำการแทนที่ค่าจากสมการ e_4 ลงในสมการ e_3 แล้วจะได้เป็นสมการ e_5) เนื่องจากจะทำให้เอเยนต์เรียนรู้ในการเลือกการกระทำที่เหมาะสมที่สุดได้แม้ว่าไม่ทราบฟังก์ชัน δ ก็ตาม ซึ่งฟังก์ชัน Q นี้เป็นฟังก์ชันที่เอเยนต์จะทำการเรียนรู้ต่อไป

$$Q(s,a) \equiv r(s,a) + \gamma\, V^*(\delta(s,a)) \qquad \cdots(e_4)$$
$$\therefore \pi^*(s) \equiv \arg\max_a [Q(s,a)] \qquad \cdots(e_5)$$

7) กำหนดกฎการสอนเพื่อเรียนรู้ฟังก์ชัน Q เนื่องจาก Q และ V^* มีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดดังนั้นจึงเขียนฟังก์ชัน Q อย่างเวียนเกิดได้โดยพิจารณาสถานะใหม่ที่เกิดขึ้นของการกระทำทุกแบบที่เป็นไปได้ ซึ่งผลที่ได้นั้นดีเยี่ยมเนื่องจากเราจะได้ค่าประมาณของ Q ของเอเยนต์เป็นค่า $\hat{Q}$ ที่หมายความถึงกฎการสอนนั่นเอง ดังแสดงในสมการ e_7 เพื่อเป็นการปรับให้ค่าที่ได้มีความแม่นยำมากขึ้น เนื่องจากสมการ e_6 เป็นการพิจารณาทุกๆการกระทำในสถานะหนึ่งๆเพื่อให้ได้ค่า V^* สูงที่สุด

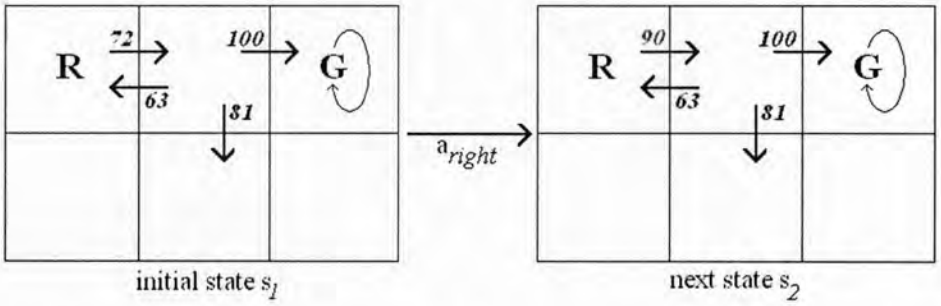
$$V^*(s) \equiv \max_{a'} [Q(s,a')] \qquad \cdots(e_6)$$
$$Q(s_t,a_t) \equiv r(s_t,a_t) + \gamma\, V^*(\delta(s_t,a_t))$$
$$\equiv r(s_t,a_t) + \gamma \max_{a'} [Q(s_{t+1},a')]$$
$$\hat{Q}(s,a) \leftarrow r + \gamma \max_{a'} [\hat{Q}(s',a')] \qquad \cdots(e_7)$$

8) ฟังก์ชันการเรียนรู้ Q สำหรับโลกเชิงกำหนด (Q Learning for Deterministic Worlds) สำหรับแต่ละ s และ a จะมีค่ากำหนดเริ่มต้นในตารางของ $\hat{Q}(s,a)$ เท่ากับศูนย์ ต่อจากนั้นให้ทำการสังเกตสถานะปัจจุบันและดำเนินการเป็นลำดับดังนี้

- สุ่มเลือกการกระทำ a และทำการกระทำนั้น
- ได้รับผลตอบแทน r โดยทันที
- สังเกตสถานะใหม่ที่เกิดขึ้น s'
- ปรับค่า $\hat{Q}(s,a)$ ในตารางให้เป็นปัจจุบัน เพื่อปรับความแม่นยำสำหรับทุกๆการกระทำในสถานะหนึ่งๆ (แปรผันการกระทำเพื่อหาค่าสูงสุด)
- ปรับสถานะใหม่ให้เป็นปัจจุบัน

ตัวอย่างในการปรับค่า $\hat{Q}(s,a)$ ในตารางให้เป็นปัจจุบันจากสถานะเริ่มต้นใดๆ s_1 ไปเป็นสถานะถัดไป s_2 โดยเลือกการกระทำ a_{right} ซึ่งทำให้ค่าเปลี่ยนจาก 72 ไปเป็น 90 แสดงได้ดังรูปที่ 3 โดยที่ R คือ หุ่นยนต์ (Robot) และ G คือ จุดหมาย (Goal) ถ้ากำหนดให้ γ เป็น 0.9 จะได้ว่า

$$\begin{aligned}\hat{Q}(s_1, a_{right}) &\leftarrow r + \gamma \max_{a'}\{\hat{Q}(s_2, a')\} \\ &\leftarrow 0 + 0.9\max\{63,\ 81,\ \mathbf{100}\} \\ &\leftarrow 90\end{aligned}$$



รูปที่ 3 แสดงการปรับค่า $\hat{Q}$ จากสถานะ s_1 ไปเป็นสถานะถัดไป s_2 จากการกระทำ a_{right}

สำหรับงานวิจัยนี้ ได้แปลงผลตอบแทนให้อยู่ในรูปของคะแนนความท้าทาย แปลงสถานะให้อยู่ในรูปของทักษะของผู้เล่น และเนื่องจากอยู่ในกระบวนการวนรอบของผลตอบสนองที่ได้จากการเล่นเช่นเดียวกัน ดังนั้นจึงให้ความสำคัญต่อการเล่นที่ให้ผลเข้าใกล้ทักษะที่ต้องการได้ง่ายด้วย และในที่นี้ทักษะที่ต้องการคือทักษะที่ต้องใช้ความสามารถสูงสุด ซึ่งความท้าทายที่ผู้เล่นสามารถเล่นผ่านได้ดีแต่จำนวนครั้งในการเล่นผ่านยังไม่มาก จะมีความสำคัญมากกว่าความท้าทายที่ผู้เล่นสามารถเล่นผ่านได้ดีเหมือนกันแต่ว่าเล่นผ่านมาบ่อยครั้งแล้ว เนื่องจากเมื่อเล่นผ่านได้บ่อยแล้วผู้เล่นอาจรู้สึกเบื่อได้ เนื่องจากผู้เล่นจะได้รับแต่ความท้าทายซ้ำเดิมนั่นเอง

2.2. ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1. เทคนิคการออกแบบเกมให้เหมาะสมกับผู้เล่นแต่ละคน [1, 4, 5]

สำหรับการออกแบบเกมที่ให้ความสำคัญกับผู้เล่นเป็นหลัก ที่นำเสนอโดยกลุ่มวิจัยจาก Microsoft นั้นเป็นผลสืบเนื่องมาจากการพิจารณาถึงการมีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างมนุษย์กับเครื่องคอมพิวเตอร์ (HCI: Human Computer Interaction) เป็นหลัก ซึ่งหมายถึงการเพ่งเล็งไปที่ประสบการณ์ และอารมณ์ร่วมในเกมของผู้เล่นแต่ละคน และข้อมูลเหล่านี้จะเป็นสิ่งสำคัญในการสร้างแบบการตัดสินใจที่ดี ที่ทำให้เกมประสบผลสำเร็จ [4] ตลอดจนการสร้างความท้าทาย และการฝึกฝนเพื่อสะสมทักษะต่างๆให้เหมาะสม เช่นการสร้างฉากที่มีความท้าทายเป็นระดับๆเพื่อสอนทักษะเป็นชุดๆให้กับผู้เล่น ซึ่งผู้เล่นจะต้องสะสมทักษะต่างๆเหล่านี้เพื่อให้เก่งพอที่จะสู้กับหัวหน้าฉากและพอที่จะเล่นจบเกมได้ [1] และที่สำคัญคือการทำให้เกมน่าสนใจ และทำให้ผู้เล่นรู้สึกว่าได้รับผลตอบแทนที่ดีนั้นก็จะทำให้ผู้เล่นรู้สึกสนุกไปกับเกมได้เช่นกัน

Sweetser และ Wyeth [5] ได้พัฒนาแบบจำลองของความเพลิดเพลินของผู้เล่นเกมอย่างสมบูรณ์ที่เรียกว่า เกมโฟลว์ (GameFlow) โดยปรับใช้ทฤษฎีของโฟลว์ (ของ Csikszentmihalyi [21]) ในการออกแบบเกมและประเมินเกม ซึ่งในส่วนของความท้าทายและทักษะของผู้เล่นนั้นจะเปรียบได้เป็นความสามารถในการฝึกฝนประสาทสัมผัสเพื่อควบคุมการกระทำจากทฤษฎีของโฟลว์ โดยที่ความท้าทายควรจะเหมาะสมกับทักษะที่มีอยู่ และจะต้องดีกว่าค่าขีดแบ่งของทั้งทักษะและความท้าทายที่แน่นอน ดังเกณฑ์ของการวัดความเพลิดเพลินที่กำหนดว่าเกมควรจะจัดเตรียมระดับความยากของความท้าทายสำหรับผู้เล่นที่ต่างกันได้ ซึ่งระดับของความท้าทายนั้นก็ควรจะเพิ่มขึ้นตามพัฒนาการของผู้เล่นตลอดทั่วทั้งเกม และควรจะเพิ่มระดับของทักษะผู้เล่นไปด้วย และนอกจากนั้นเกมควรจะจัดเตรียมความท้าทายใหม่ๆให้กับผู้เล่นในสถานที่หรือสถานการณ์ที่เหมาะสมได้

จากการให้ความสำคัญต่อการมีปฏิสัมพันธ์กัน ระหว่างมนุษย์กับเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อมุ่งหวังให้เกิดประสบการณ์และอารมณ์ร่วมในเกมของผู้เล่นแต่ละคน ดังจะส่งผลต่อความเพลิดเพลินของผู้เล่นเกมได้นั้น ทำให้ได้เทคนิคการออกแบบความท้าทายในเกมที่ดี แต่ทฤษฎีของโฟลว์นั้นขาดการคำนึงถึงความถี่ในการเกิดความท้าทายที่เหมาะสม ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่อาจจะส่งผลต่อความเพลิดเพลินของผู้เล่นเกมได้เช่นกัน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเพิ่มหลักการการพิจารณาความถี่ในการเกิดความท้าทายร่วมด้วย ประกอบกับการมุ่งเน้นไปที่ระดับความยากง่ายของความท้าทายที่เหมาะสมกับความสามารถของผู้เล่นเกมเป็นหลัก

2.2.2. เทคนิคการปรับตัวแบบไดนามิกสคริปต์ (Dynamic Scripting) [11, 13]

คือเทคนิคการเรียนรู้ของเอเยนต์เอไอ ที่ไม่ได้ถูกควบคุมโดยผู้คุมที่เป็นมนุษย์ในขณะที่ผู้เล่นเล่นเกมอยู่ ซึ่งประยุกต์มาจากการเรียนรู้แบบรีนฟอร์สเมนท์อีกต่อหนึ่ง มีข้อดีคือ การคำนวณทำได้อย่างรวดเร็ว มีประสิทธิภาพ มีความฉลาดระดับที่ผู้ออกแบบปัญญาประดิษฐ์ยอมรับได้ และเห็นผลได้ทันที ซึ่งมีผลการทดลองแล้วว่าสามารถเรียนรู้ได้ในระบบทันกาล (Real Time) โดยมีหลักการดังนี้

เมื่อศัตรูเกิดขึ้นมาจะมีสคริปต์ที่ใช้ควบคุมศัตรูตัวนั้นๆด้วย โดยจะมีการเลือกหรือขยายต่อจากกฎพื้นฐาน (Rulebase) ที่เป็นของศัตรูชนิดนั้นๆ จากคลังของสคริปต์ที่ควบคุมการตัดสินใจของศัตรูซึ่งสร้างขึ้นมาจากความรู้เฉพาะทาง (Domain Knowledge) สำหรับการที่กฎจะถูกเลือกให้ใช้กับสคริปต์นั้นก็ขึ้นอยู่กับค่าน้ำหนักและความสำคัญ (Weight and Priority) ของกฎนั้นๆ ซึ่งจะถูกปรับเปลี่ยนไปเรื่อยๆตามการกระทำของผู้เล่นในระหว่างเล่นเกมด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ โดยถ้าเอเยนต์ของปัญญาประดิษฐ์ต่อสู้แล้วชนะ (ประสบความสำเร็จ) ก็จะได้รับรางวัลด้วยการเพิ่มค่าของน้ำหนักให้กับกฎที่ทำให้ชนะได้ และในทางตรงกันข้าม ถ้าเอเยนต์เอไอแพ้ (ล้มเหลว) ก็จะได้รับการลงโทษด้วยการลดค่าของน้ำหนักลง

ค่าของน้ำหนักจะอยู่ในช่วง $[W_{\min}, W_{\max}]$ และฟังก์ชันค่าเหมาะสม (Fitness Function) ให้ค่าในช่วง [0, 1] โดยเป็นตัวที่บ่งชี้ของการเล่น 4 ชนิดคือ (1) แพ้ หรือ ชนะ (2) ตาย หรือ รอด (3) พลังชีวิตที่เหลือ (4) ค่าการถูกทำลาย

โดยที่	$W_{new} = W_{old} + \Delta W$
และ	$\Delta W \propto F$

สำหรับในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้นำแนวคิดในการปรับน้ำหนักและความสำคัญของชุดสคริปต์มาประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการปรับสภาพฉากที่รวดเร็ว แต่ลักษณะของสภาพแวดล้อมในเกมนั้นไม่เหมาะที่จะถูกควบคุมจากชุดสคริปต์ที่ใช้สร้างฉากโดยตรง เนื่องจากไม่มีความรู้เฉพาะทางเพียงพอที่จะสามารถนำมาใช้ให้ครอบคลุมกับระดับความยากทั้งหมดได้ ดังนั้นจึงต้องทำการสะสมความรู้เฉพาะทางไปเรื่อยๆในระหว่างเล่น และนำแนวคิดบางส่วนของเทคนิคของระบบแบบไม่ตายตัวของ Sweetser [6] มาช่วยในการกำหนดลักษณะประจำ (Attribute) และความสัมพันธ์ (Relationship) ของวัตถุหรือสิ่งต่างๆที่มีครอบคลุมขอบเขตของปฏิกิริยาจากผู้เล่น ซึ่งสร้างความสะดวกในการเพิ่มหรือลดชนิดของวัตถุ ทำให้เกิดความง่ายและมีประสิทธิภาพในการพัฒนา โดยมีรายละเอียดของเทคนิคของระบบแบบไม่ตายตัวดังหัวข้อต่อไป

2.2.3. เทคนิคของระบบแบบไม่ตายตัว (Emergent System) [6]

ระบบแบบไม่ตายตัวเป็นการใช้กฎครอบคลุมทั่วทั้งเกม เหตุการณ์ต่างๆภายในเกมจะเกิดจากกฎหรือการประสานของกฎต่างๆเป็นสำคัญ ไม่ได้เกิดจากการเขียนโค้ดควบคุมโดยตรง ซึ่งการออกแบบกฎต่างๆนั้นจะมีความสำคัญมาก เพื่อให้มีการปรับแต่งได้ง่ายในตอนพัฒนา ทดสอบและสร้างส่วนต่อขยายได้โดยง่าย ให้อิสระในการเกิดสิ่งสร้างสรรค์ในตัวเกม ตลอดจนการให้อิสระในการเล่นเกมของผู้เล่น ระบบที่สร้างจากเทคนิคนี้สามารถเพิ่มพูนประสบการณ์การเล่นเกมให้สมจริงขึ้นได้ เช่นการจำลองสภาพป่าและภูมิประเทศรวมถึงกฎการลามของไฟ

สิ่งที่ผู้พัฒนาควรพิจารณาสำหรับระบบแบบไม่ตายตัวมีดังนี้

1) ความพยายามในการออกแบบ พัฒนา และทดสอบ

เกี่ยวข้องกับการออกแบบชนิดของวัตถุและปฏิสัมพันธ์ กำหนดคุณสมบัติ (Property) และตัวแปรเสริม (Parameter) ตัวอย่างเช่นปืนที่ใช้ลูกกระสุนซึ่งเป็นสิ่ง (Entity) ที่มีคุณสมบัติที่แน่นอนเช่น ยิงด้วยพลังแรง ความร้อน หรือไฟฟ้า และแก้วซึ่งเป็นสิ่งที่เป็นตัวรับต่อสิ่งเร้า (Stimulus – Receiving Entity) ระบบจะมีเซตของกฎเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติพื้นฐานของสิ่งต่างๆ และมีระบบควบคุมคุณสมบัติของวัตถุ ซึ่งใช้พิจารณาผลกระทบของคุณสมบัติของลูกกระสุนที่ยิงโดนแก้ว เมื่อยิงลูกกระสุนโดนแก้ว ดังนั้นแม้จะมีกระสุนชนิดใหม่ กระสุนชนิดนั้นก็สามารถแสดงผลได้กับวัตถุอื่นๆทุกประเภทที่มีการนิยามเป็นตัวรับต่อกระสุนได้

2) ความพยายามในการแก้ไข และสร้างส่วนต่อขยาย

เมื่อสร้างระบบแบบไม่ตายตัวจากการออกแบบที่ดีได้สำเร็จแล้ว การแก้ไข เพิ่มเติมสิ่งต่างๆก็สามารถทำได้โดยง่าย และมีประสิทธิภาพ เช่นทำการเปลี่ยนแค่เพียงชนิดของวัตถุ (โดยที่ไม่ต้องตามเปลี่ยนตัวแทนของวัตถุชนิดนั้นๆเลย)

3) การควบคุมระดับของความสร้างสรรค์

เกี่ยวข้องกับการกำหนดชนิดของปฏิสัมพันธ์และพฤติกรรม ทำให้ยากต่อการสร้างเนื้อเรื่องที่ตายตัว และลำดับเหตุการณ์ที่เจาะจงได้

4) ความไม่แน่นอน และการควบคุมคุณภาพ

ซึ่งมีแนวโน้มที่จะเกิดเหตุการณ์ที่ไม่คาดคิด และผู้ออกแบบไม่สามารถควบคุมได้

5) ความสะดวกในการให้ผลตอบสนอง และทิศทางของมัน

ผลตอบสนองเป็นสิ่งที่ผู้เล่นต้องการอย่างมาก เนื่องจากเป็นตัววัดผลงานและความสำเร็จจากการกระทำของพวกเขา และสำหรับระบบแบบไม่ตายตัวนี้ก็เป็นเสมือนโลกของเกมที่เปิดกว้างและมีความเป็นไปได้ที่จะกระทำสิ่งต่างๆได้มากขึ้น ดังนั้นผู้เล่นจึงต้องการผลตอบสนองที่มากพอที่จะติดตามความสำเร็จจากการกระทำของพวกเขาได้

ระบบแบบไม่ตายตัวที่อยู่ในงานวิจัย [7] เป็นระบบที่ใช้เซลลูลาร์ออโตมาตาในการสร้างฉากสำหรับเกมให้มีการเปลี่ยนแปลงเลียนแบบการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติ เช่น การไหม้ของไฟ การระเบิด การไหลของน้ำ โดยที่การเปลี่ยนแปลงจะดำเนินการไปตามหน่วยเวลา และในหน่วยเวลาที่เปลี่ยนไปนั้นจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของวัตถุด้วย จากความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุนั้นๆกับเวลาและวัตถุอื่นๆที่อยู่ใกล้เคียงกัน

จากข้อดีและแนวคิดในการพัฒนาระบบแบบไม่ตายตัว พบว่าสามารถนำมาประยุกต์ใช้สำหรับงานวิจัยนี้ได้ โดยให้ความสำคัญในส่วนของการออกแบบชนิดของวัตถุและปฏิสัมพันธ์ ตลอดจนการกำหนดคุณสมบัติและลักษณะประจำซึ่งส่งผลต่อเนื่องไปสู่ความยากง่ายของเกมประเภทแพลตฟอร์มได้