รายการอ้างอิง

[1] Pagulayan, R. J., Keeker, K., Wixon, D., Romero, R., and Fuller, T. User-centered Design In Games. In J. Jacko and A. Sears (Eds.), Handbook for Human-Computer Interaction in Interactive Systems, pp.1-28. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 2003

[2] Björk, S., and Holopainen, J. Patterns in Game Design. Charles River Media, 2005.

[3] Fullerton, T., Swain, C., and Hoffman, S. Game Design Workshop: Designing, Prototyping, and Playtesting Games. CMP Books, 2004.

[4] Sykes, J., and Federoff, M. Player - Center Game Design. ACM. CHI. (2006): 1731-1734.

[5] Sweetser, P., and Wyeth, P. GameFlow: A Model for Evaluating Player Enjoyment in Games. ACM Computers in Entertainment 3(3) (July 2005): Article 3A.

[6] Sweetser, P., and Wiles, J. Scripting versus Emergence: Issues for Game Developers and Players in Game Environment Design. International Journal of Intelligent Games and Simulations 4 (1) (2005): 1-9.

[7] Sweetser, P., and Wiles, J. Combining Influence Maps and Cellular Automata for Reactive Game Agents. 6th International Conference on Intelligent Data Engineering and Automated Learning IDEAL (2005): 524-531.

[8] Bailey, C., and Katchabaw, M. An Experimental Testbed to Enable Auto-Dynamic Difficulty in Modern Video Games. GameOn'NA, (2005)

[9] Hunicke, R. The Case for Dynamic Difficulty Adjustment in Games. ACE (2005): 429-433.

[10] Graepel, T., Herbrich, R., and Gold, J. Learning to Fight. Proceedings of the International Conference on Computer Games: Artificial Intelligence, Design and Education (2004)

[11] Spronck, P., Sprinkhuizen-Kuyper, I. G., Postma, E. O. On-line Adaptation of Game Opponent AI with Dynamic Scripting. Int. J. Intell. Games & Simulation 3(1) (2004): 45-53.

[12] Ponsen, M. J. V., Muñoz-Avila, H., Spronck, P., Aha, D. W. Automatically Acquiring Domain Knowledge For Adaptive Game AI Using Evolutionary Learning. AAAI (2005): 1535-1540.

[13] Spronck, P., Ponsen, M., Sprinkhuizen-Kuyper, I., and Postma, E., Adaptive Game AI with Dynamic Scripting. Kluwer Academic (2005): 1-42.

[14] Andrade, G., Ramalho, G., Santana, H., and Corruble, V. Challenge-Sensitive Action Selection: an Application to Game Balancing. IEEE/WIC/ACM International Conference on Intelligent Agent Technology (IAT'05) (2005) 0-7695-2416-8/05.

[15] Hartley, T., Mehdi , Q., and Gough, N. Apply Markov Decision Processes to 2D Real Time Games. Game-On International Conference on Computer Games: Artificial Intelligence, Design and Education (CGAIDE) 5 (2004)

[16] Mitchell, T. M. Machine Learning. International Edition. McGraw – Hill, 1997.

[17] Sutton, R. S., and Barto, A. G. Reinforcement Learning (An Introduction). Cambridge: The MIT Press, 1998.

[18] Charles, D., Livingstone, D. AI: the Missing Link in Digital Game Interface Design? ICEC (2004): 351-354.

[19] Harbour, J. S. Beginning Game Programming. Thomson Course Technology, Premier Press, 2005.

[20] Ciabai, C. 2007. Mario Galaxy Sold Half a Million Copies in the First Week - The evergreen red-capped arcade hero is still loved by many. Softpedia [Online]. Available from: http://news.softpedia.com/news/Mario-Galaxy-Sold-Half-a-Million-Copies-in-the-First-Week-71668.shtml [2008, Feb 2]

[21] Csikszentmihaly, M. Flow: The Psychology of Optimal Experience. Harper Collins, 1991.

[22] SMBHQ. 1997 - 2008. Sprites Section. SMBHQ [Online]. Available from: http://www.smbhq.com/users/sprite/ [2008, Feb 29]

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
การสร้างระบบต้นแบบสำหรับสร้างฉากตามความสามารถของผู้เล่น

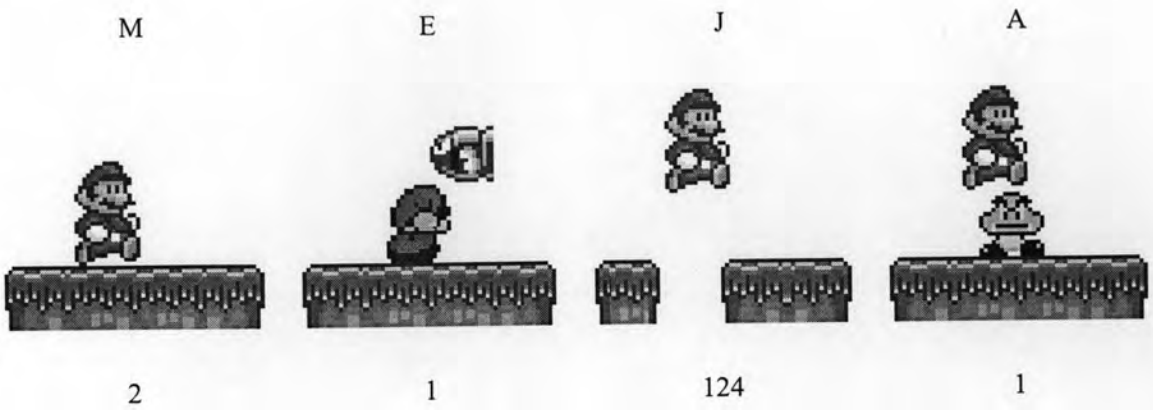
ส่วนการรวบรวมทักษะของผู้เล่น และสร้างความท้าทายเบื้องต้น

ข้อมูลตัวละครผู้เล่น ศัตรู และแผนที่ ที่ถูกนำไปสร้างเป็นความท้าทายทั้งหมดที่เป็นไปได้นั้นมีรูปแบบการจัดเก็บข้อมูลดังนี้

ทักษะผู้เล่น มีดังนี้

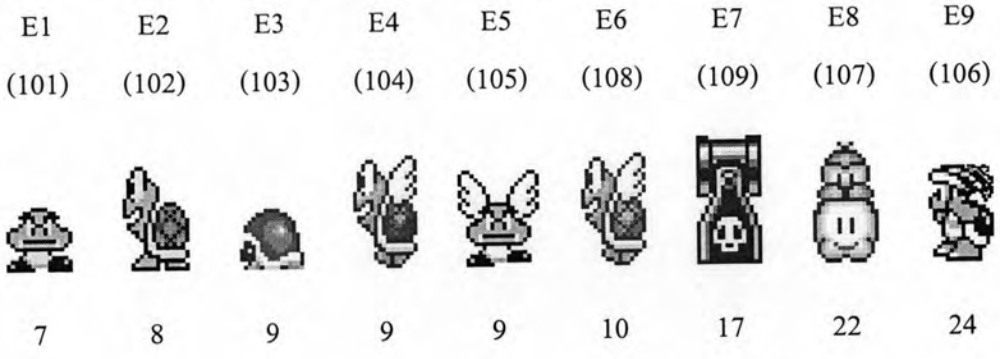
- M (Move) เคลื่อนที่ในแนวระดับ
  มีคุณสมบัติ 1 ชนิดคือความเร็วซึ่งมีลักษณะประจำ 2 ลักษณะคือ เร็ว หรือช้า
  ดังนั้นจะมีกรณีที่เป็นไปได้อยู่ 1 * 2 = 2 กรณี
- E (Escape) หลบหลีกการโจมตีจากศัตรู
  มีคุณสมบัติ 2 ชนิดคือความคล่องแคล่วและทิศทางของศัตรู ซึ่งขึ้นตรงต่อศัตรู
  ดังนั้นจะมีกรณีที่เป็นไปได้อยู่ 1 กรณี คือไม่มีค่าความยากใดๆกำกับ
- J (Jump) กระโดด
  มีคุณสมบัติ 4 ชนิดคือความแม่นยำ (4) ความสูง (5) ความกว้าง (5) และทิศทางการกระโดด (3) แต่เนื่องจากมีการจำกัดของกฎการกระโดด 3 ข้อคือ
  - ตัวละครผู้เล่นสามารถกระโดดได้ไกลถึง 4 ช่องและสูงถึง 3 ช่อง
  - ถ้ากระโดดได้สูงถึง 5 ช่องแต่ไปได้ไกลแค่ 2 ช่อง
  - ถ้ากระโดดตามแนวดิ่ง หรือขึ้นไปด้านบนจะไม่พิจารณาคุณสมบัติความกว้าง

  ดังนั้นจะมีกรณีที่เป็นไปได้อยู่ 124 กรณีดังนี้
  - 4 * 5 * 1 * 2 = 40
  - 4 * 5 * 3 * 1 = 60
  - 4 * 4 * 1 * 1 = 16
  - 4 * 2 * 1 * 1 = 8
- A (Attack) โจมตีศัตรูจากด้านบน
  มีคุณสมบัติ 1 ชนิดคือการเหยียบ
  ดังนั้นจะมีกรณีที่เป็นไปได้อยู่ 1 กรณี



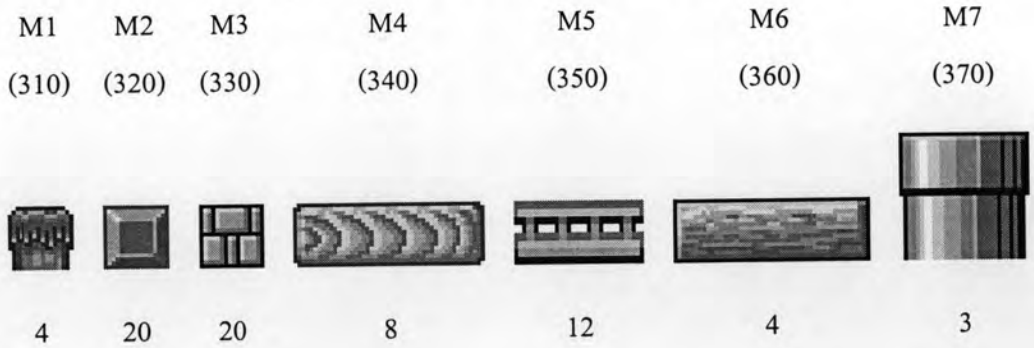
รูปที่ 37 จำนวนคุณสมบัติแบบพลวัตของทักษะของผู้เล่น

ศัตรู มีทั้งหมด 9 ชนิดซึ่งมีคุณสมบัติแบบสถิต (Static property) ทั้งหมด



รูปที่ 38 ค่าความยากของศัตรูชนิดต่างๆ เรียงลำดับตามค่าความยาก

แผนที่ มีทั้งหมด 7 ชนิดซึ่งมีทั้งคุณสมบัติแบบสถิต และคุณสมบัติแบบพลวัต ดังรูปที่ 39



รูปที่ 39 จำนวนคุณสมบัติแบบพลวัตของแผนที่

ทักษะแต่ละแบบนั้นจะมีเป้าหมายที่เป็นไปได้สำหรับการกระทำนั้นๆด้วย ดังนั้นจะมีกรณีที่เป็นไปได้ในการผสมรวมทักษะแต่ละชนิดดังนี้

- เคลื่อนที่ในแนวระดับ + แผนที่

  2 * 71 = 142 กรณี

- หลบหลีกการโจมตีจากศัตรู + ศัตรู

  1 * 9 = 9 กรณี

- กระโดด + แผนที่

  124 * 71 = 8804 กรณี

- โจมตีศัตรูจากด้านบน + ศัตรู

  1 * 9 = 9 กรณี

เนื่องจากกรณีที่เป็นไปได้ในการสร้างความท้าทายจากทักษะแต่ละชนิดนั้นมีอยู่มากจึงทำให้ความท้าทายที่สามารถเกิดขึ้นได้จากการผสมรวมทักษะการกระทำต่อเนื่องที่ไม่เกิน 5 แอคชันนั้นจะยิ่งมีมากกรณี และจากการคำนวณพบว่าจะมีกรณีที่เป็นไปได้ถึง 5.42466E+19 กรณี ดังนั้นจึงกำหนดให้เซตของความท้าทายประกอบไปด้วย ความท้าทายแต่ละชิ้นที่สุ่มสร้างจากค่าความยากของฉากแต่ละระดับ โดยเรียงตามลำดับค่าความยากที่เพิ่มขึ้นทีละ 1 หน่วยหรือมากกว่า จากตารางที่ 6 ทางขวามือแสดงความท้าทายที่ถูกสร้างขึ้นในฉากระดับที่ 2 ซึ่งจะมีค่าความยากตั้งแต่ 29 ถึง 32 หน่วยและความท้าทายลำดับที่ 19 จะมีค่าความยากเท่ากับ 32 หน่วยส่วนลำดับที่ 20 ที่มีค่าความยากเท่ากับ 33 หน่วยนั้นจะถูกสร้างขึ้นในฉากระดับถัดไป

ตารางที่ 6 ตัวอย่างของผลการสุ่มสร้างเซตของความท้าทายบางส่วนสำหรับฉากระดับที่ 1 และ 2 ของกลุ่มทักษะที่ 1 (EE) หลบหลีกการโจมตีจากศัตรู

Level 1: h_{dif} = [7, 28]				Level 2: h_{dif} = [29, 32]			
No.	Action	Target	h_{dif}	No.	Action	Target	h_{dif}
1	E	E_2	8	17	E	E_1	7
2	E	E_5	9		E	E_1	7
3	E	E_6	10		E	E_7	17
4	E	E_1	7	18	E	E_4	9
	E	E_2	8		E	E_8	22
5	E	E_7	17	19	E	E_2	8
6	E	E_6	10		E	E_5	9
	E	E_1	7		J	M_1	15

ขั้นตอนวิธีการสุ่มสร้างความท้าทายจากค่าความยากมีดังนี้

1) สร้างตารางแฮชหลัก (ซึ่งจัดเก็บโดยคลาส ExChallengeSkill) เพื่อเก็บช่วงคะแนนความยากของการกระทำและเป้าหมาย (โดยคลาส ExSkillRange)

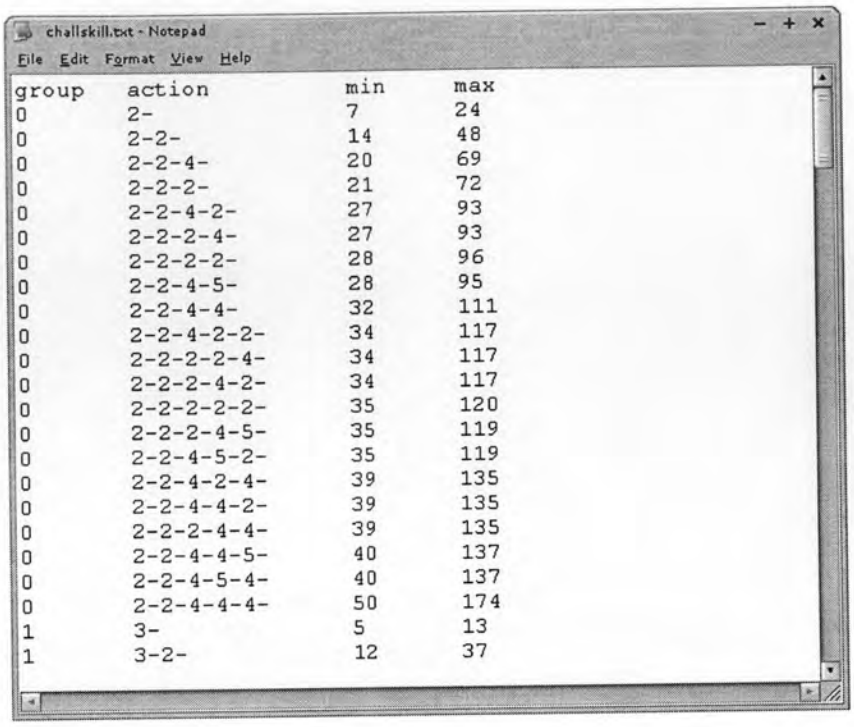
ตารางที่ 7 แสดงช่วงคะแนนความยากของการกระทำและเป้าหมาย

การกระทำ / เป้าหมาย	ค่าต่ำสุด (หน่วย)	ค่าสูงสุด (หน่วย)
หลบหลีก	0	0
เคลื่อนที่	1	2
กระโดด	2	10
โจมตีศัตรู	1	1
ศัตรู	7	24
แผนที่	4	11

2) สร้างตารางแฮชสำหรับกรณีที่เป็นไปได้ทั้งหมดจากการจัดหมู่ของการกระทำต่างๆ รวมทั้งคำนวณค่าความยากสูงสุดและต่ำสุด (โดยนำไปเก็บไว้ในคลาส ExChallengeSkill ของคลาส ExChallengeGroup) ซึ่งผลการเก็บข้อมูลบางส่วนแสดงดังตารางที่ 8 โดยที่สัญลักษณ์ 2- คือหลบหลีกการโจมตีจากศัตรู สัญลักษณ์ 4- คือกระโดด และสัญลักษณ์ 5- คือโจมตีศัตรูจากด้านบน

ตารางที่ 8 แสดงช่วงคะแนนความยากของการกระทำและเป้าหมาย

ExChallengeSkill	ExSkillRange		
[1]	2-	[7, 24]	
	[1]	2	[7, 24]
[2]	2-2-	[14, 48]	
	[1]	2	[7, 24]
	[2]	2	[7, 24]
[3]	2-2-4-	[20, 69]	
	[1]	2	[7, 24]
	[2]	2	[7, 24]
	[3]	4	[6, 21]



รูปที่ 40 ข้อมูลแสดงการจัดหมู่ของการกระทำต่างๆ และค่าความยากสูงสุดและต่ำสุด

3) ทำการสุ่มเลือกกรณีของการจัดหมู่ของการกระทำที่มีค่าความยากเท่ากับค่าความยากที่กำหนด

จากรูปที่ 40 สำหรับกลุ่มของทักษะหลบหลีกการโจมตีจากศัตรู

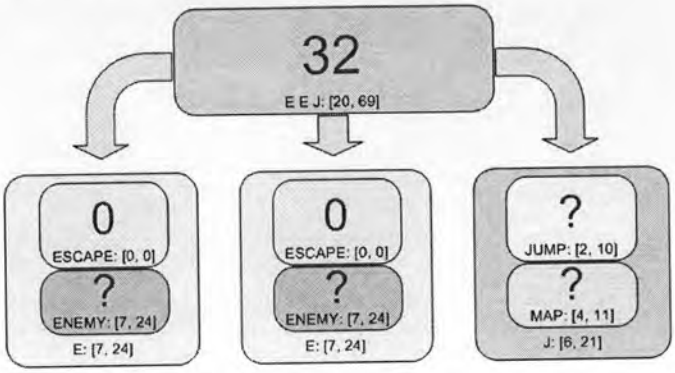
สมมุติให้ค่าความยากที่ต้องการคือค่า 32 หน่วยดังนั้นจะมีตัวเลือกอยู่ 8 กรณีคือ

- 2-2- [14, 48]
- 2-2-4- [20, 69]
- 2-2-2- [21, 72]
- 2-2-4-2- [27, 93]
- 2-2-2-4- [27, 93]
- 2-2-2-2- [28, 96]
- 2-2-4-5- [28, 95]
- 2-2-4-4- [32, 111]

ซึ่งถ้าสุ่มเลือกได้กรณีที่ 2 หมายความว่าต้องการสร้างความท้าทายที่ประกอบด้วยการกระทำหลบหลีก + หลบหลีก + กระโดด

4) ทำการสุ่มเลือกกรณีแยกย่อยของการกระทำและเป้าหมายต่างๆ ซึ่งพิจารณาจากค่าความยากสูงสุดและต่ำสุด โดยอ้างอิงหลักการของกำหนดการพลวัต (Dynamic Programming) ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- พิจารณาค่าความยากสูงสุดและต่ำสุดของแต่ละทักษะ



รูปที่ 41 ค่าความยากสูงสุดและต่ำสุดของแต่ละทักษะ

- คำนวณค่าความยากสูงสุดและต่ำสุดที่เป็นไปได้ของทักษะแรก แล้วจึงทำการสุ่มเลือกค่าความยากขึ้นมา 1 ค่าจากช่วงของค่าความยากที่เป็นไปได้นั้น

รูปที่ 42 ช่วงของค่าความยากที่เป็นไปได้ของแต่ละทักษะเมื่อทักษะแรกมีค่าความยากเท่ากับ 8 หน่วย

เนื่องจากค่าความยากรวมที่ต้องการนั้นเท่ากับ 32 หน่วย ดังนั้นค่าความยากสูงสุดและต่ำสุดที่เป็นไปได้ของทักษะแรกสามารถคำนวณได้ดังนี้

[32, 32] - [20 - 7, 69 - 24] = [-7, 19]

แต่ค่าความยากสูงสุดและต่ำสุดของทักษะแรกคือ [7, 24] ดังนั้นค่าความยากสูงสุดและต่ำสุดที่เป็นไปได้ของทักษะแรกจะมีค่าเท่ากับ [7, 19] และทำการสุ่มเลือกค่าความยากจากช่วงค่าความยากนี้ ซึ่งได้เป็นค่า 8 หน่วย แสดงดังรูปที่ 42 ทางซ้ายมือ ซึ่งจะเป็นค่าความยากของศัตรูที่จะเกิดขึ้นนั่นเอง (เพราะว่าการกระทำหลบหลีกมีค่าความยากเป็นศูนย์)

- คำนวณค่าความยากสูงสุดและต่ำสุดที่เป็นไปได้ของทักษะที่สอง และทำการสุ่มเลือกค่าความยากขึ้นมา 1 ค่าเช่นเดียวกัน

หลังจากได้ค่าความยากของทักษะแรกแล้ว ค่าความยากสูงสุดและต่ำสุดที่เป็นไปได้ของแต่ละทักษะที่สองจะเปลี่ยนไป เนื่องจากค่าความยากที่ต้องการต่อไปคือ 32 - 8 = 24 หน่วย และมีช่วงของค่าความยากที่เหลือคือ [20 - 7, 69 - 24] = [13, 45] ดังนั้นค่าความยากสูงสุดและต่ำสุดที่เป็นไปได้ของแต่ละทักษะที่สองจะมีค่าเท่ากับ

[24, 24] - [13 - 7, 45 - 24] = [3, 18]

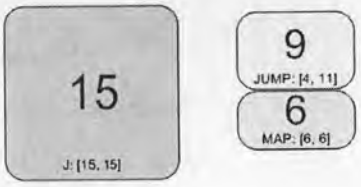
แต่ค่าความยากสูงสุดและต่ำสุดของทักษะที่สองคือ [7, 24] ดังนั้นค่าความยากสูงสุดและต่ำสุดที่เป็นไปได้ของทักษะที่สองจะมีค่าเท่ากับ [7, 18] และทำการสุ่มเลือกค่าความยากจากช่วงค่าความยากนี้ ซึ่งได้เป็นค่า 9 หน่วย แสดงดังรูปที่ 43 ตรงกลาง

รูปที่ 43 ช่วงของค่าความยากที่เป็นไปได้ของแต่ละทักษะเมื่อทักษะแรกและทักษะที่สองมีค่าความยากเท่ากับ 8 หน่วยและ 9 หน่วยตามลำดับ

- คำนวณค่าความยากสูงสุดและต่ำสุดที่เป็นไปได้ของทักษะที่สุดท้าย และทำการสุ่มเลือกค่าความยากขึ้นมา 1 ค่าเช่นเดียวกัน

หลังจากได้ค่าความยากของทักษะแรกและทักษะที่สองแล้ว ค่าความยากสูงสุดและต่ำสุดที่เป็นไปได้ของทักษะสุดท้ายจะเหลืออยู่ที่ค่า 32 - 8 - 9 = 15 หน่วย

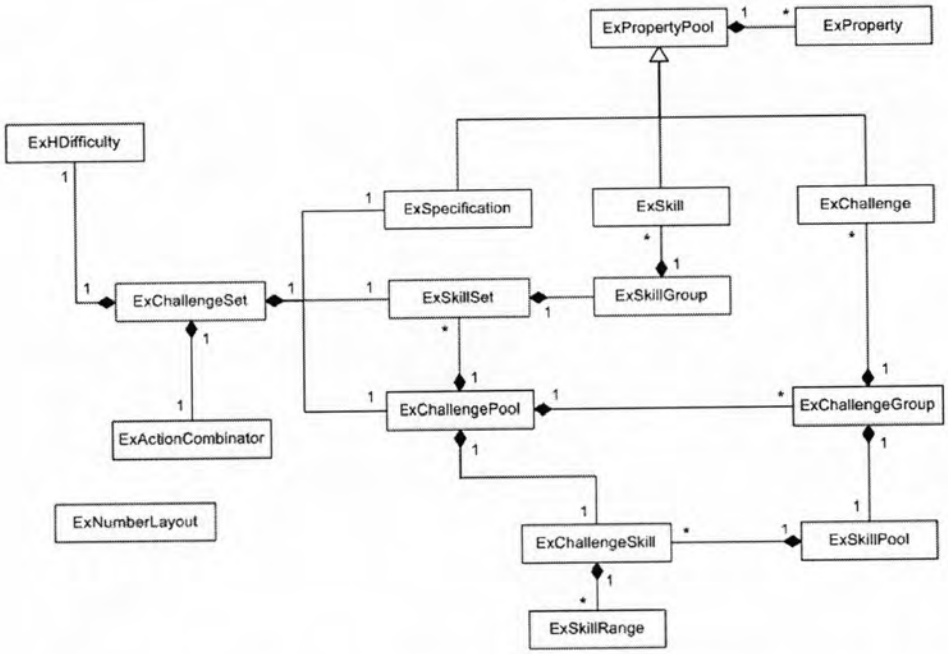
เนื่องจากทักษะที่สุดท้ายนี้เป็นทักษะกระโดด ที่มีช่วงของค่าความยากสำหรับการกระทำกระโดดด้วย และตัวเป้าหมาย (แผนที่) ด้วย ดังนั้นจึงเริ่มคำนวณเหมือนเดิม ซึ่งจะได้ผลการคำนวณช่วงค่าความยากและผลการสุ่มเลือกค่าความยากดังรูปที่ 44



รูปที่ 44 ช่วงของค่าความยากและผลการสุ่มเลือกค่าความยากทักษะกระโดด

```
19      3       {32}
        E 0     3       0       0
        K 102   8       100     1
        D 102   3       1020    3
        V 102   7       40310   4
        E 0     3       0       0
        D 105   3       1010    2
        K 105   12      120     3
        V 105   7       50010   4
        J 0     15      49000   9
        D 310   3       1010    2
        I 310   3       120     4
```

รูปที่ 45 ข้อมูลแสดงค่าความยากของการกระทำและเป้าหมายต่างๆ สำหรับความท้าทายลำดับที่ 19



รูปที่ 46 แผนภาพคลาสแสดงคลาสต่างๆที่ใช้สำหรับสร้างเซตของความท้าทาย

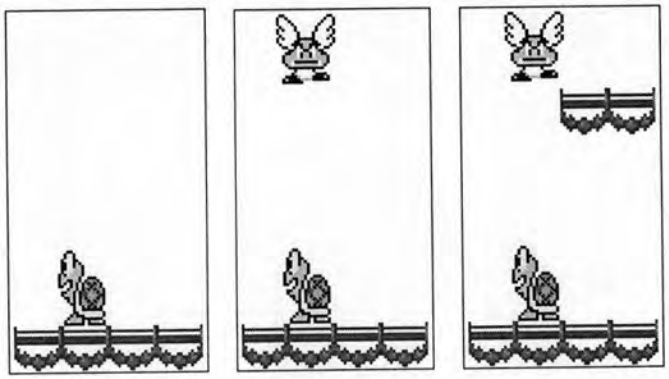
การสร้างสภาพฉากจากความท้าทาย

ลักษณะเฉพาะของฉากมีทั้งหมด 6 แบบคือ ฉากพื้นดิน ฉากต้นไม้ ฉากใต้ดิน ฉากหิมะ ฉากท้องฟ้า และฉากปราสาท ซึ่งในแต่ละฉากนี้จะประกอบไปด้วยแผนที่ และศัตรูที่เหมือนกันบ้างแตกต่างกันบ้าง ยกตัวอย่างเช่น ศัตรูหมายเลข E_5 และ E_8 จากรูปที่ 38 จะปรากฏเฉพาะในฉากท้องฟ้าเท่านั้น แต่ในฉากท้องฟ้านี้จะไม่มีศัตรูหมายเลข E_9 เป็นต้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการออกแบบลักษณะเฉพาะของฉากต่างๆจากผู้ออกแบบเกม (ตัวอย่างหน้าจอของฉากต่างๆทั้งหมดแสดงในภาคผนวก ข)

1 2 3 4 5 6

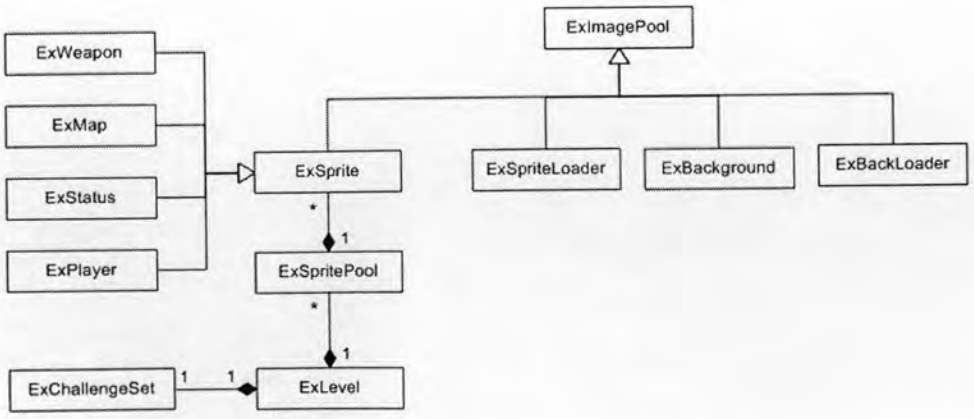
รูปที่ 47 ลักษณะเฉพาะของฉากสำหรับแผนที่หมายเลข M_1

สำหรับความท้าทายที่ได้มาจากตัวอย่างในหัวข้อข้างต้นนั้นสามารถนำมาสร้างเป็นสภาพฉากได้ โดยทำการพิจารณาทักษะแรกคือทักษะหลบหลีกศัตรูหมายเลข E2 และทักษะที่สองคือทักษะหลบหลีกศัตรูหมายเลข E5 จากรูปที่ 45 ในบรรทัดที่ 2 ถึง 9 ซึ่งสามารถนำมาสร้างเป็นฉากได้ดังรูปที่ 48 ตรงกลาง



รูปที่ 48 ลำดับของสภาพฉากที่ถูกสร้างขึ้นจากความท้าทาย

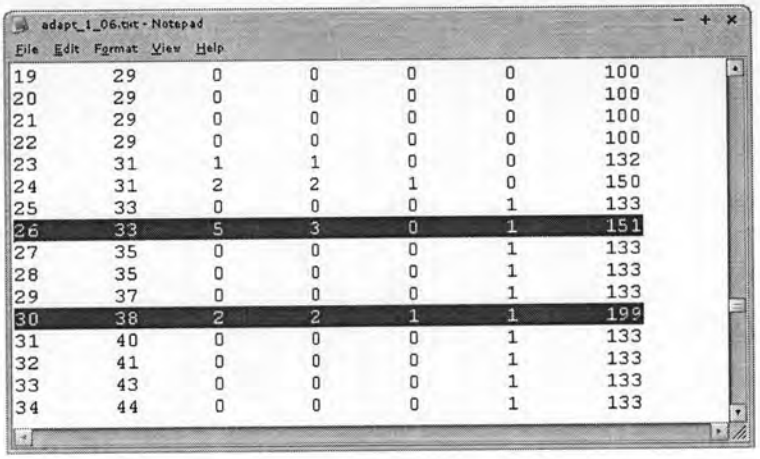
และทักษะที่สุดท้ายคือทักษะกระโดดด้วยความสูงขนาด 5 หน่วย (มีค่าความยากเท่ากับ 5 หน่วย) ไปยังด้านบน (มีค่าความยากเท่ากับ 3 หน่วย) ของพื้นดินหมายเลข M1 ที่มีขนาดความกว้าง 2 หน่วย (มีค่าความยากเท่ากับ 4 หน่วย) จากรูปที่ 45 ในบรรทัดที่ 10 ถึง 12 สามารถสร้างเป็นฉากได้ดังรูปที่ 48 ทางขวามือ



รูปที่ 49 แผนภาพคลาสแสดงคลาสต่างๆที่ใช้สำหรับสร้างสภาพฉาก

การคำนวณผลป้อนกลับ และการปรับตัวของสภาพฉากให้เหมาะสมต่อความสามารถของผู้เล่น

การสังเกตแนวโน้มของจำนวนครั้งในการเล่น และจำนวนครั้งในการพยายามเพื่อเล่นให้ผ่านได้นั้นสามารถตรวจสอบได้จากผลป้อนกลับต่างๆที่ได้ และค่าที่ได้จากการคำนวณเพื่อปรับสภาพฉาก ซึ่งจะถูกจัดเก็บในรูปแบบแสดงดังรูปที่ 50 โดยที่มีชนิดข้อมูลดังนี้ (1) ลำดับของความท้าทาย (2) ค่าความยาก (3) จำนวนครั้งในการเล่นทั้งหมด (4) จำนวนครั้งในการเล่นผ่านฉาก (5) ระดับความท้าทายที่น่าจะสามารถเล่นได้ (6) คะแนนของความท้าทาย และ (7) ค่าบ่งชี้ความน่าจะเป็นในการเกิดความท้าทาย

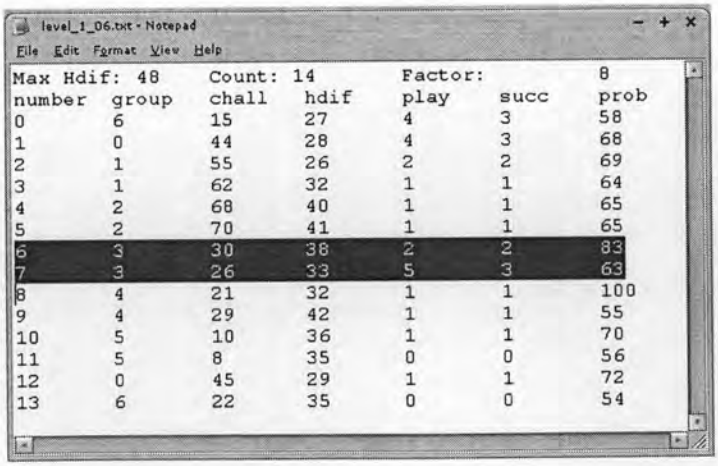

adapt_1_06.txt - Notepad

File Edit Format View Help

19	29	0	0	0	0	100
20	29	0	0	0	0	100
21	29	0	0	0	0	100
22	29	0	0	0	0	100
23	31	1	1	0	0	132
24	31	2	2	1	0	150
25	33	0	0	0	1	133
26	33	5	3	0	1	151
27	35	0	0	0	1	133
28	35	0	0	0	1	133
29	37	0	0	0	1	133
30	38	2	2	1	1	199
31	40	0	0	0	1	133
32	41	0	0	0	1	133
33	43	0	0	0	1	133
34	44	0	0	0	1	133

รูปที่ 50 ข้อมูลแสดงผลป้อนกลับต่างๆที่ได้จากฉากระดับที่ 5
และค่าที่ได้จากการคำนวณเพื่อปรับสภาพฉากในระดับที่ 6

ต่อไปนี้เป็นตัวอย่างการพิจารณาแนวโน้มของจำนวนครั้งในการเล่นของกลุ่มทักษะที่ 3 (EJ) รูปที่ 51 แสดงความท้าทายที่เกิดขึ้นในฉากระดับที่ 6 และในส่วนของแถบสีดำนั้นคือสองความท้าทายของทักษะกลุ่มที่ 3


level_1_06.txt - Notepad

File Edit Format View Help

Max Hdif: 48 Count: 14 Factor: 8

number	group	chall	hdif	play	succ	prob
0	6	15	27	4	3	58
1	0	44	28	4	3	68
2	1	55	26	2	2	69
3	1	62	32	1	1	64
4	2	68	40	1	1	65
5	2	70	41	1	1	65
6	3	30	38	2	2	83
7	3	26	33	5	3	63
8	4	21	32	1	1	100
9	4	29	42	1	1	55
10	5	10	36	1	1	70
11	5	8	35	0	0	56
12	0	45	29	1	1	72
13	6	22	35	0	0	54

รูปที่ 51 ข้อมูลแสดงความท้าทายที่เกิดขึ้นในฉากระดับที่ 6

ความท้าทายลำดับที่ 26 และ 30 ของกลุ่มทักษะที่ 3 ที่เกิดขึ้นในฉากระดับที่ 6 นั้นมีรายละเอียดดังนี้

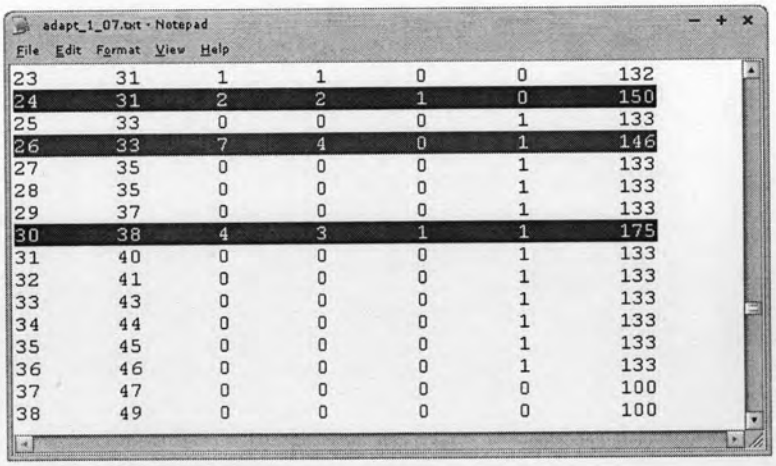
- ความท้าทายลำดับที่ 26 (ค่าความยาก = 33)
  จำนวนครั้งในการเล่นทั้งหมด = 5
  จำนวนครั้งในการเล่นผ่านฉาก = 3

- ความท้าทายลำดับที่ 30 (ค่าความยาก = 38)
  จำนวนครั้งในการเล่นทั้งหมด = 2
  จำนวนครั้งในการเล่นผ่านฉาก = 2

หลังจากผู้เล่นทำการเล่นผ่านฉากในระดับที่ 6 แล้วจะได้ผลของการเล่นของทักษะทั้งสองแสดงดังรูปที่ 52 มีรายละเอียดดังนี้

- ความท้าทายลำดับที่ 26
  จำนวนครั้งในการเล่นทั้งหมด = 7
  จำนวนครั้งในการเล่นผ่านฉาก = 4
  ค่าบ่งชี้ความน่าจะเป็น = 146

- ความท้าทายลำดับที่ 30
  จำนวนครั้งในการเล่นทั้งหมด = 4
  จำนวนครั้งในการเล่นผ่านฉาก = 3
  ค่าบ่งชี้ความน่าจะเป็น = 175


adapt_1_07.txt - Notepad

File Edit Format View Help

23	31	1	1	0	0	132
24	31	2	2	1	0	150
25	33	0	0	0	1	133
26	33	7	4	0	1	146
27	35	0	0	0	1	133
28	35	0	0	0	1	133
29	37	0	0	0	1	133
30	38	4	3	1	1	175
31	40	0	0	0	1	133
32	41	0	0	0	1	133
33	43	0	0	0	1	133
34	44	0	0	0	1	133
35	45	0	0	0	1	133
36	46	0	0	0	1	133
37	47	0	0	0	0	100
38	49	0	0	0	0	100

รูปที่ 52 ข้อมูลแสดงผลป้อนกลับต่างๆที่ได้จากฉากระดับที่ 6
และค่าที่ได้จากการคำนวณเพื่อปรับสภาพฉากในระดับที่ 7

จากรูปที่ 52 ในส่วนของแถบสีอ่อนคือสองความท้าทายของทักษะกลุ่มที่ 3 ที่มีค่าบ่งชี้ความน่าจะเป็นการเกิดความท้าทายสูงสุดสำหรับฉากในระดับที่ 7 ซึ่งก็คือความท้าทายลำดับที่ 24 และ 30 มีรายละเอียดดังนี้

- ความท้าทายลำดับที่ 24 (ค่าความยาก = 31)
  จำนวนครั้งในการเล่นทั้งหมด = 2
  จำนวนครั้งในการเล่นผ่านฉาก = 2
  ค่าบ่งชี้ความน่าจะเป็น = 150

- ความท้าทายลำดับที่ 30 (ค่าความยาก = 38)
  จำนวนครั้งในการเล่นทั้งหมด = 4
  จำนวนครั้งในการเล่นผ่านฉาก = 3
  ค่าบ่งชี้ความน่าจะเป็น = 175

ดังนั้นฉากในระดับที่ 7 จะไม่เกิดความท้าทายลำดับที่ 26 เนื่องจากมีค่าบ่งชี้ความน่าจะเป็นการเกิดความท้าทายเท่ากับ 146 นั่นหมายความว่าผู้เล่นจะต้องใช้ความพยายามเพื่อเล่นให้ผ่านความท้าทายลำดับที่ 26 เป็นจำนวน 7 ครั้งจึงจะไม่เกิดความท้าทายนี้ซ้ำขึ้นอีก

level_1_07.txt - Notepad

File Edit Format View Help

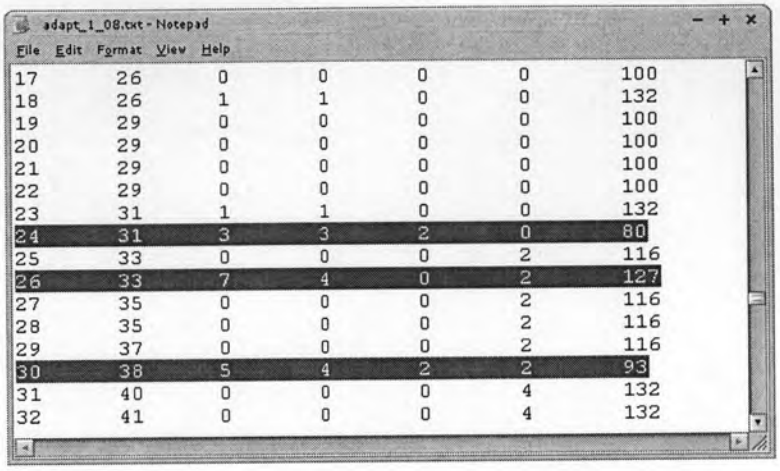
Max Hdif: 52 Count: 14 Factor: 8

number	group	chall	hdif	play	succ	prob
0	6	30	42	0	0	59
1	0	46	30	0	0	60
2	1	62	32	2	2	81
3	1	67	36	1	1	72
4	2	70	41	2	2	84
5	2	68	40	2	2	81
6	3	30	38	4	3	82
7	3	24	31	2	2	70
8	4	25	37	1	1	99
9	4	24	35	1	1	99
10	6	22	35	1	1	77
11	5	8	35	1	1	80
12	0	45	29	2	2	87
13	5	10	36	2	2	87

รูปที่ 53 ข้อมูลแสดงความท้าทายที่เกิดขึ้นในฉากระดับที่ 7

หลังจากผู้เล่นทำการเล่นผ่านฉากในระดับที่ 7 แล้วจะได้ผลของการเล่นของทักษะทั้งสองแสดงดังรูปที่ 54 พบว่าความท้าทายลำดับที่ 24 มีค่าบ่งชี้ความน่าจะเป็นการเกิดความท้าทายเท่ากับ 80 ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำมากเมื่อเทียบกับค่าของความท้าทายลำดับอื่นๆ เนื่องจากจำนวนครั้งในการเล่นทั้งหมดเท่ากับ 3 และเล่นได้ผ่านทั้งหมดทุกครั้งด้วย ส่วนความท้าทายลำดับที่ 26 นั้นจะมีค่าบ่งชี้ความน่าจะเป็นการเกิดความท้าทาย

ลดลงเหลือ 127 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าของความท้าทายที่ยังไม่เคยเล่นอีกด้วย และอีกหนึ่งข้อสังเกตที่พบได้คือ ความท้าทายลำดับที่ 30 นั้นจะมีค่าบ่งชี้ความน่าจะเป็นการเกิดความท้าทายเท่ากับ 93 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าความท้าทายลำดับที่ 26 เนื่องจากผู้เล่นมีความเชี่ยวชาญในการเล่นผ่านความท้าทายลำดับที่ 30 มากกว่า (เล่น 5 ผ่าน 4) ความท้าทายลำดับที่ 26 (เล่น 7 ผ่าน 4)


adapt_1_08.txt - Notepad

File Edit Format View Help

17	26	0	0	0	0	100
18	26	1	1	0	0	132
19	29	0	0	0	0	100
20	29	0	0	0	0	100
21	29	0	0	0	0	100
22	29	0	0	0	0	100
23	31	1	1	0	0	132
24	31	3	3	2	0	80
25	33	0	0	0	2	116
26	33	7	4	0	2	127
27	35	0	0	0	2	116
28	35	0	0	0	2	116
29	37	0	0	0	2	116
30	38	5	4	2	2	93
31	40	0	0	0	4	132
32	41	0	0	0	4	132

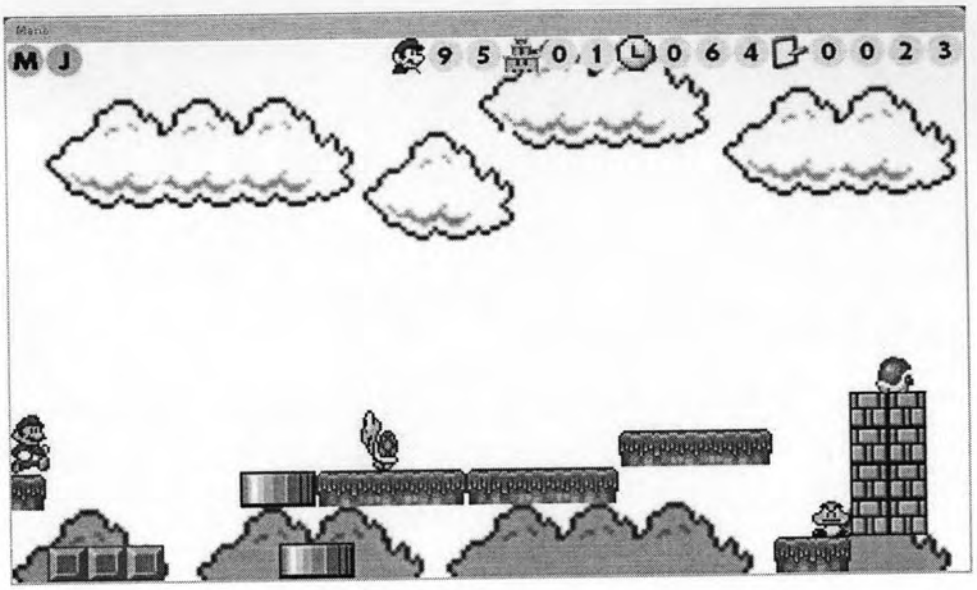
รูปที่ 54 ข้อมูลแสดงผลป้อนกลับต่างๆที่ได้จากฉากระดับที่ 7
และค่าที่ได้จากการคำนวณเพื่อปรับสภาพฉากในระดับที่ 8

ทั้งหมดนี้แสดงให้เห็นว่าผลการทดลองที่ได้นั้นสอดคล้องกับแบบจำลองของการปรับความยากง่ายของฉากอย่างอัตโนมัติ

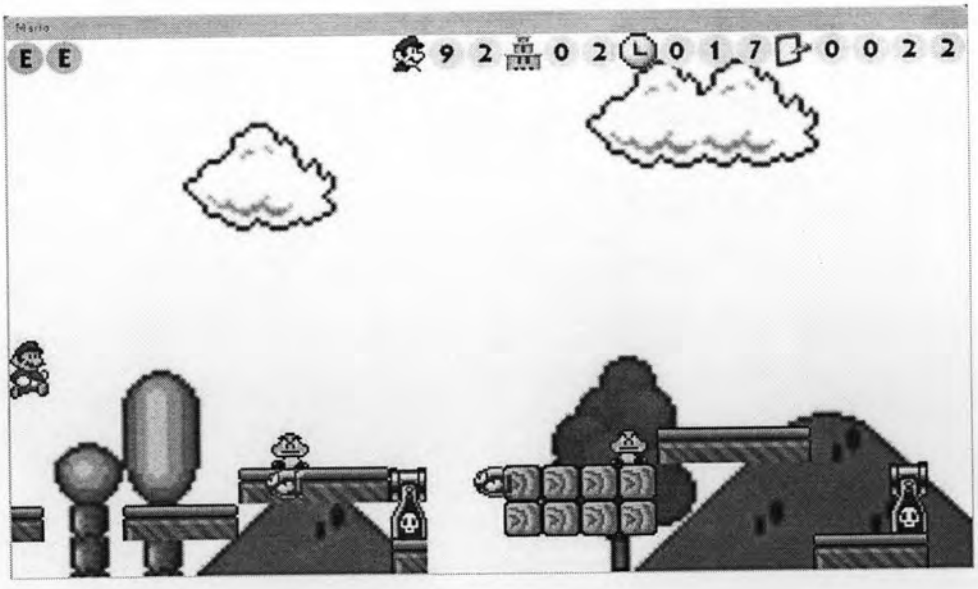
ภาคผนวก ข

ผลการทดลอง

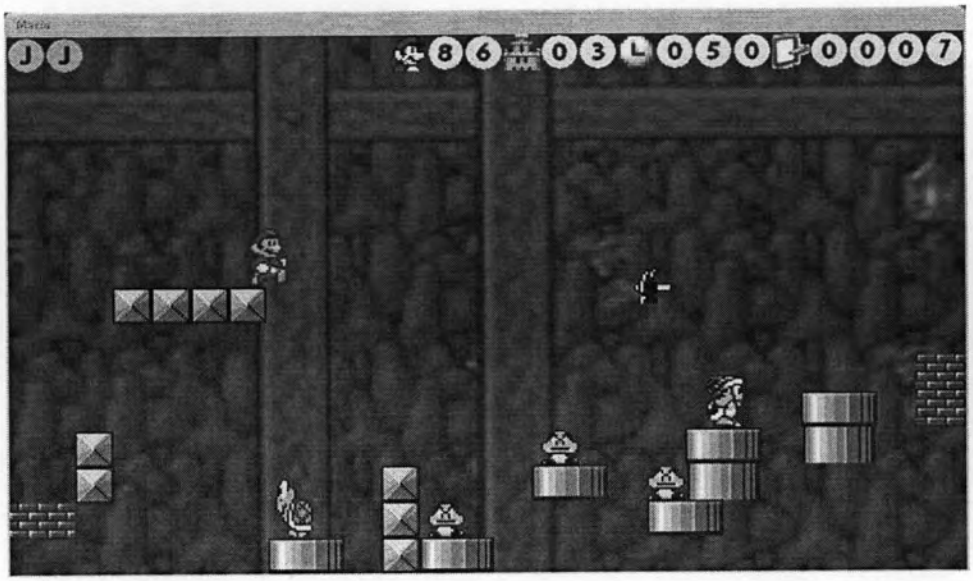
หน้าจอของเกมที่ใช้ทดสอบ



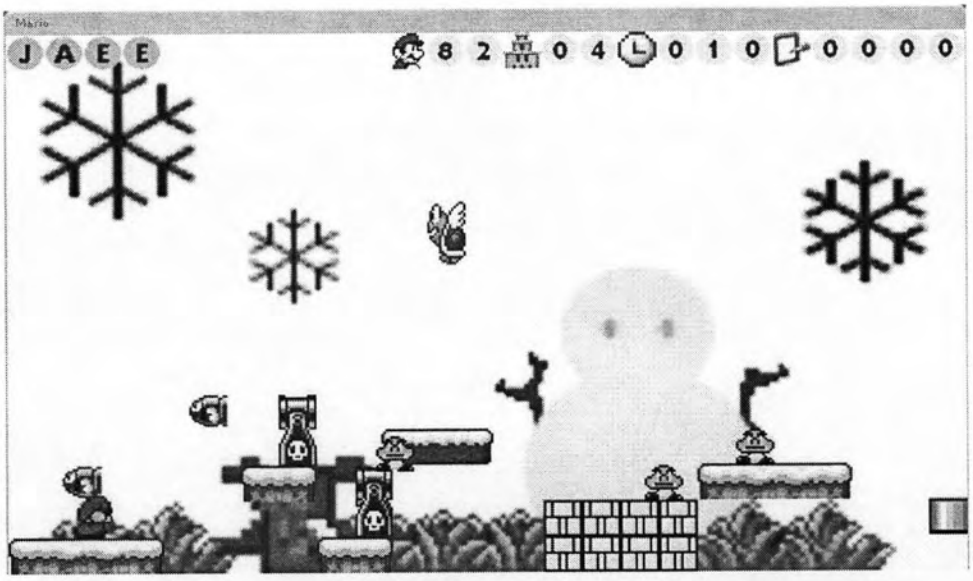
รูปที่ 55 ฉากที่หนึ่งมีลักษณะเฉพาะของฉากเป็นฉากพื้นดิน



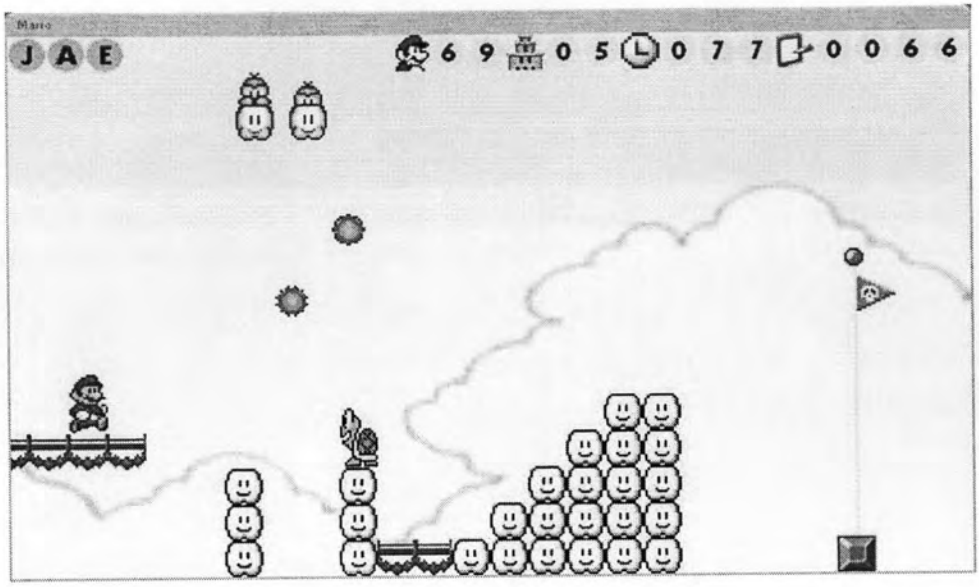
รูปที่ 56 ฉากที่สองมีลักษณะเฉพาะของฉากเป็นฉากต้นไม้



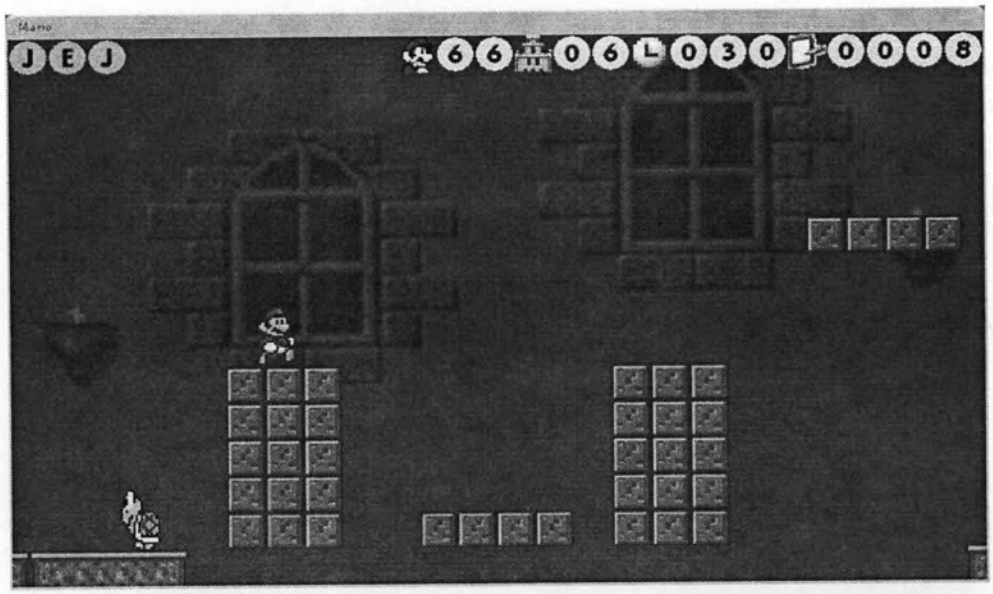
รูปที่ 57 ฉากที่สามมีลักษณะเฉพาะของฉากเป็นฉากใต้ดิน



รูปที่ 58 ฉากที่สี่มีลักษณะเฉพาะของฉากเป็นฉากหิมะ



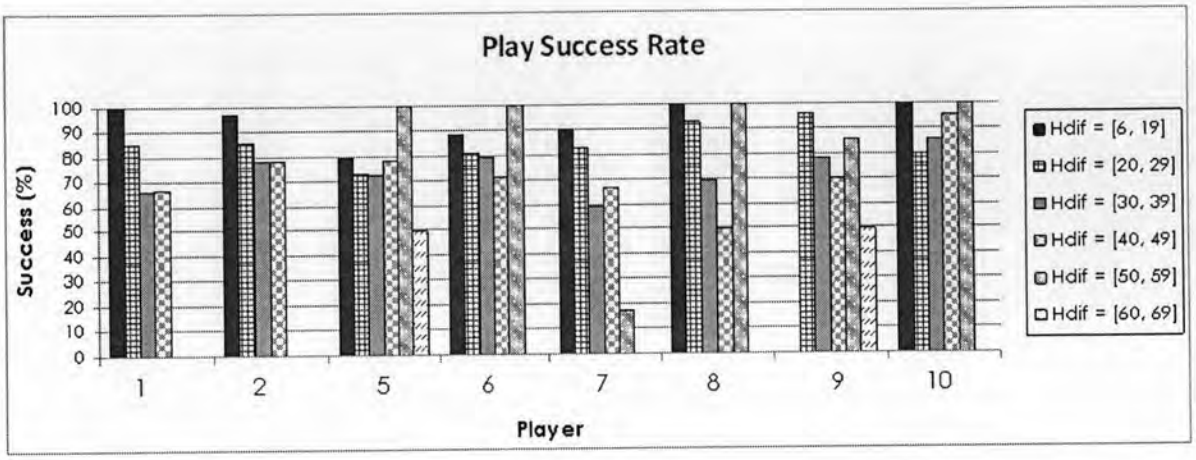
รูปที่ 59 ฉากที่ห้ามีลักษณะเฉพาะของฉากเป็นฉากท้องฟ้า

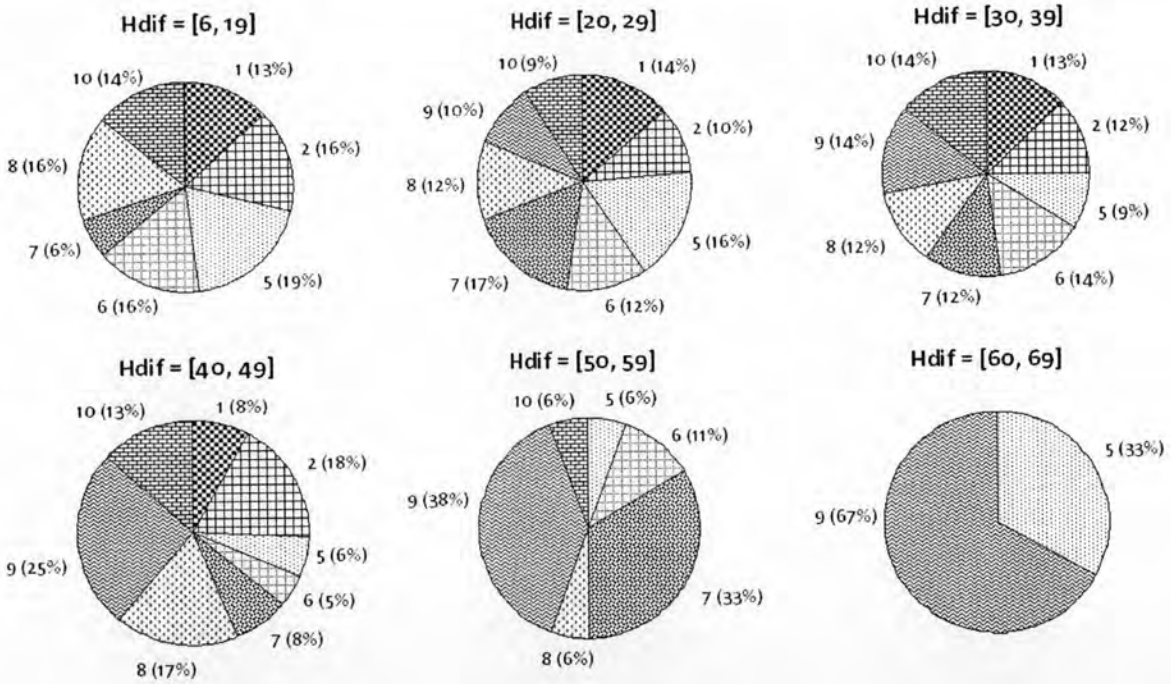


รูปที่ 60 ฉากที่หกมีลักษณะเฉพาะของฉากเป็นฉากปราสาท

ภาคผนวก ค

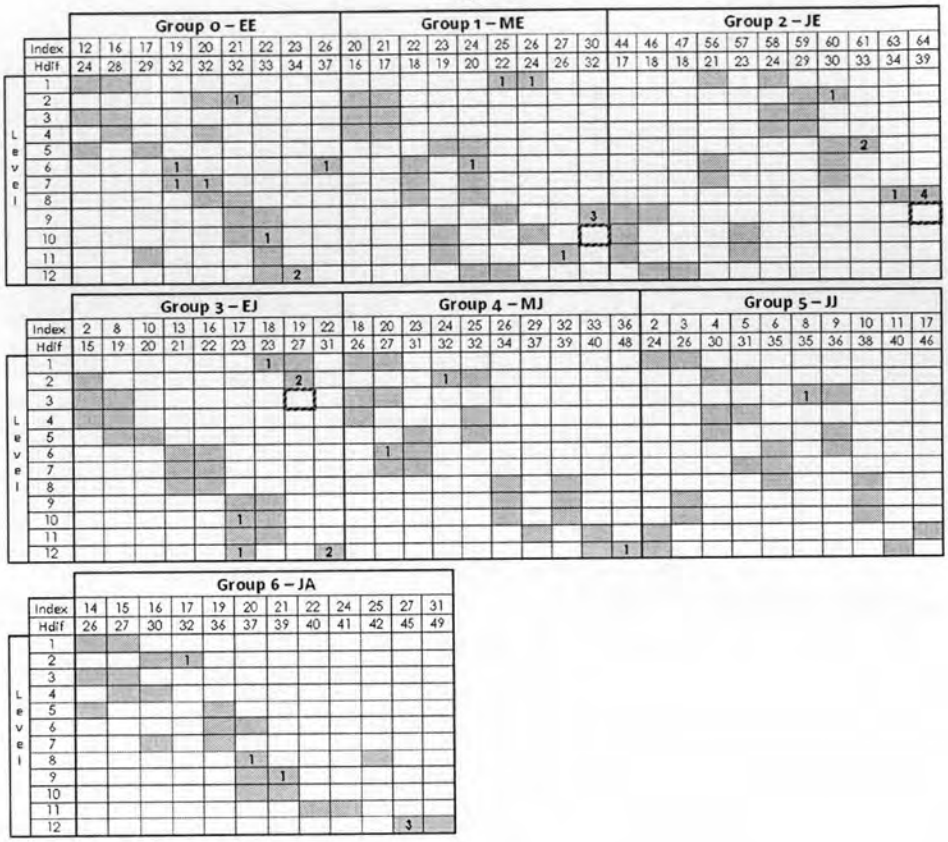
ผลการทดลอง



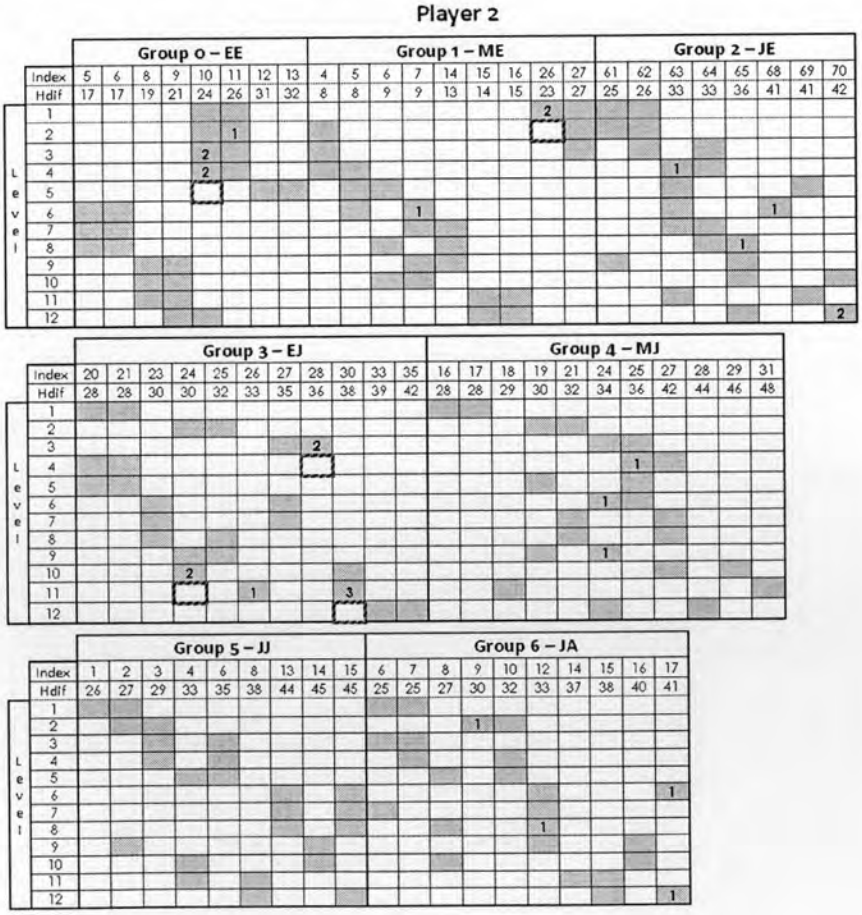


รูปที่ 61 กราฟของการอัตราการเล่นผ่านความท้าทายที่เกิดขึ้นแยกตามช่วงของค่าความยาก และอัตราส่วนการเกิดความท้าทายแต่ละช่วงของค่าความยากสำหรับผู้เล่นแต่ละคน

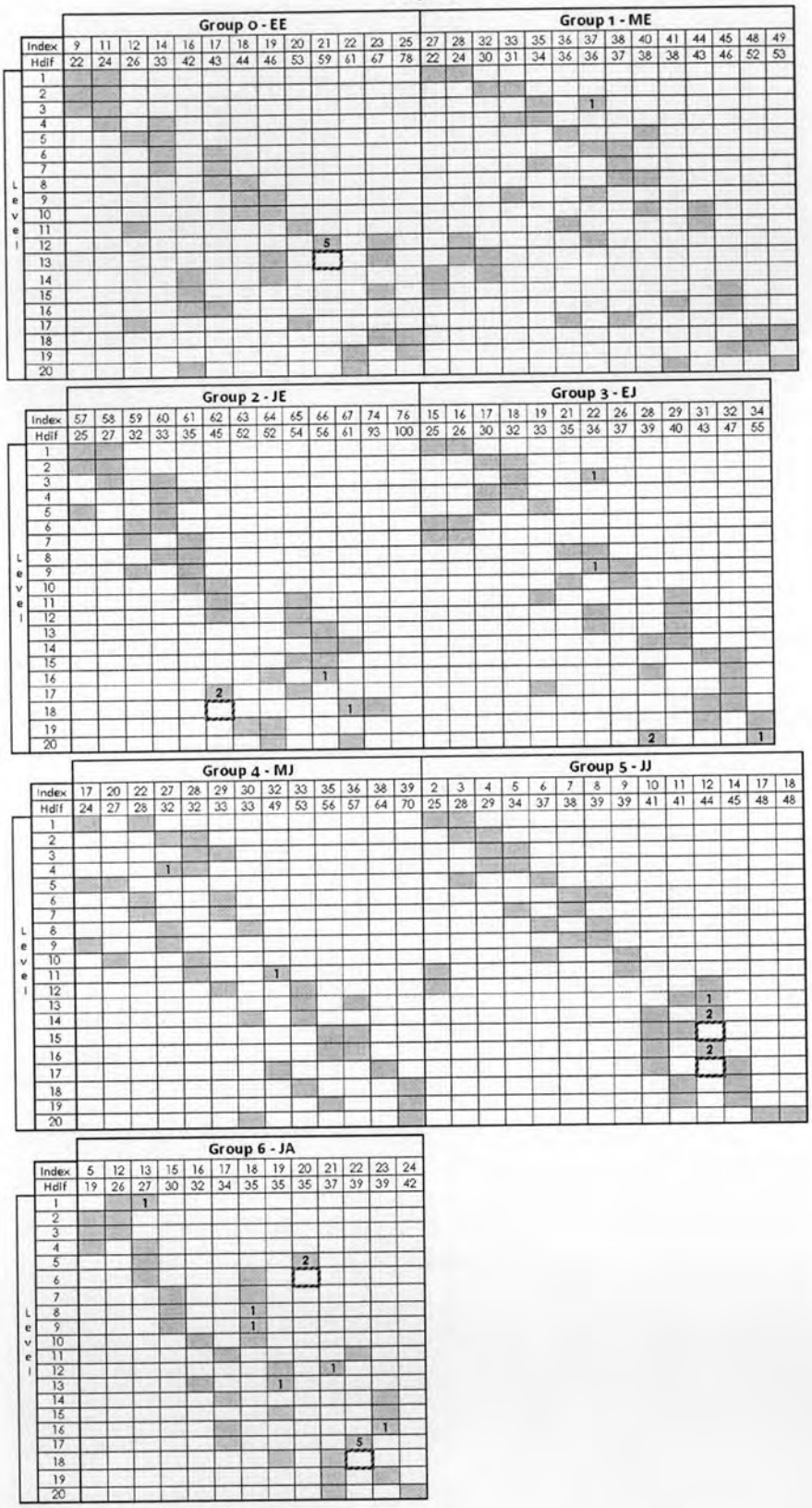
Player 1



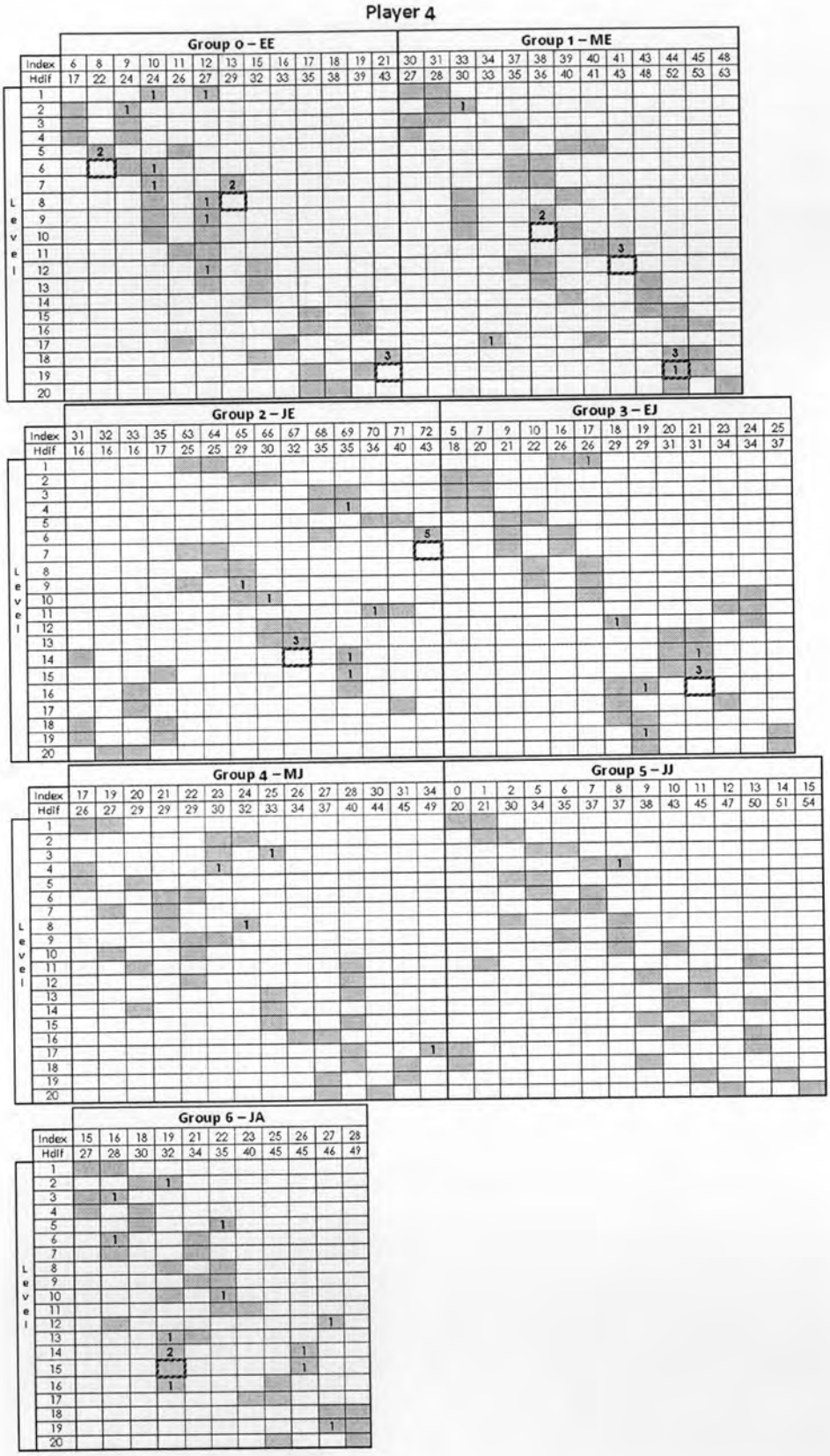
Player 2



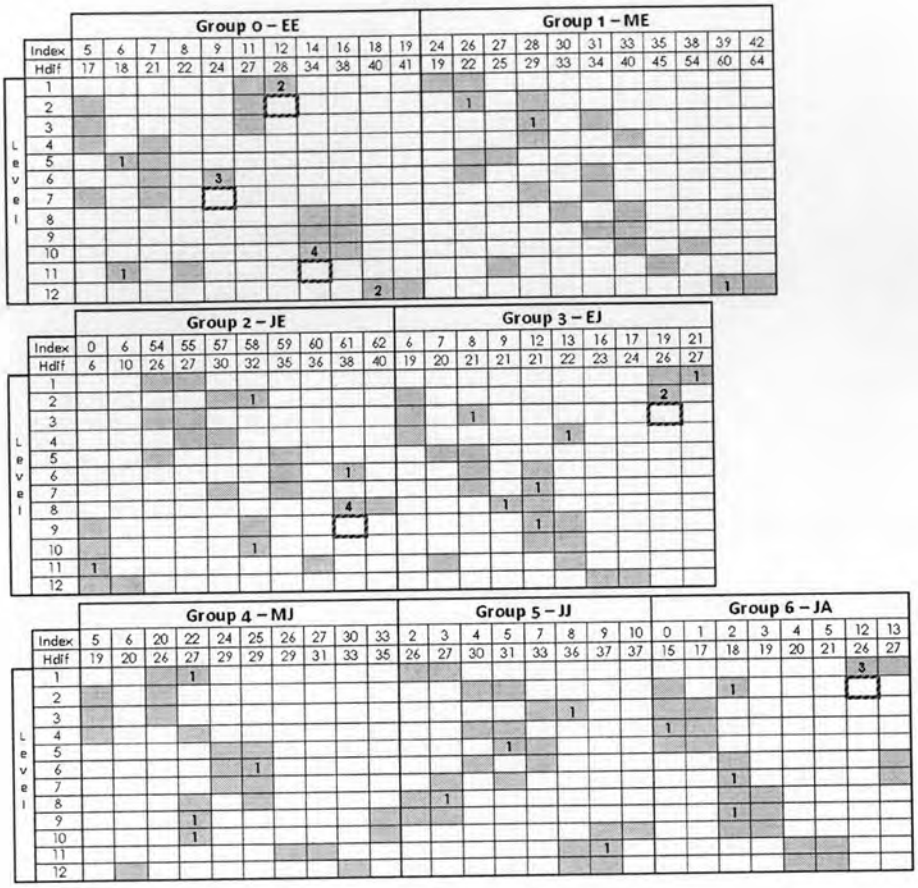
Player 3


Group 0 - EE
Index 9 11 12 14 16 17 18 19 20 21 22 23 25
Hdlf 22 24 26 33 42 43 44 46 53 59 61 67 78
Group 1 - ME
Index 27 28 32 33 35 36 37 38 40 41 44 45 48 49
Hdlf 22 24 30 31 34 36 36 37 38 38 43 46 52 53
Group 2 - JE
Index 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 74 76
Hdlf 25 27 32 33 35 45 52 52 54 56 61 93 100
Group 3 - EJ
Index 15 16 17 18 19 21 22 26 28 29 31 32 34
Hdlf 25 26 30 32 33 35 36 37 39 40 43 47 55
Group 4 - MJ
Index 17 20 22 27 28 29 30 32 33 35 36 38 39
Hdlf 24 27 28 32 32 33 33 49 53 56 57 64 70
Group 5 - JJ
Index 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 14 17 18
Hdlf 25 28 29 34 37 38 39 39 41 41 44 45 48 48
Group 6 - JA
Index 5 12 13 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
Hdlf 19 26 27 30 32 34 35 35 35 37 39 39 42
Level

Player 4


Group 0 – EE
Index 6 8 9 10 11 12 13 15 16 17 18 19 21
Hdlf 17 22 24 24 26 27 29 32 33 35 38 39 43
Group 1 – ME
Index 30 31 33 34 37 38 39 40 41 43 44 45 48
Hdlf 27 28 30 33 35 36 40 41 43 48 52 53 63
Group 2 – JE
Index 31 32 33 35 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72
Hdlf 16 16 16 17 25 25 29 30 32 35 35 36 40 43
Group 3 – EJ
Index 5 7 9 10 16 17 18 19 20 21 23 24 25
Hdlf 18 20 21 22 26 26 29 29 31 31 34 34 37
Group 4 – MJ
Index 17 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 30 31 34
Hdlf 26 27 29 29 29 30 32 33 34 37 40 44 45 49
Group 5 – JJ
Index 0 1 2 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15
Hdlf 20 21 30 34 35 37 37 38 43 45 47 50 51 54
Group 6 – JA
Index 15 16 18 19 21 22 23 25 26 27 28
Hdlf 27 28 30 32 34 35 40 45 45 46 49
Level
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20

Player 5



Group 0 – EE												
Index	5	6	7	8	9	11	12	14	16	18	19
Hdif	17	18	21	22	24	27	28	34	38	40	41
1							2				
2											
3											
4											
5		1									
6					3						
7											
8											
9											
10								4			
11		1									
12										2	

Group 1 – ME												
Index	24	26	27	28	30	31	33	35	38	39	42
Hdif	19	22	25	29	33	34	40	45	54	60	64
1											
2		1									
3				1							
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12										1	

Group 2 – JE										
Index	0	6	54	55	57	58	59	60	61	62
Hdif	6	10	26	27	30	32	35	36	38	40
1										
2						1				
3										
4										
5										
6									1	
7										
8									4	
9										
10						1				
11	1									
12										

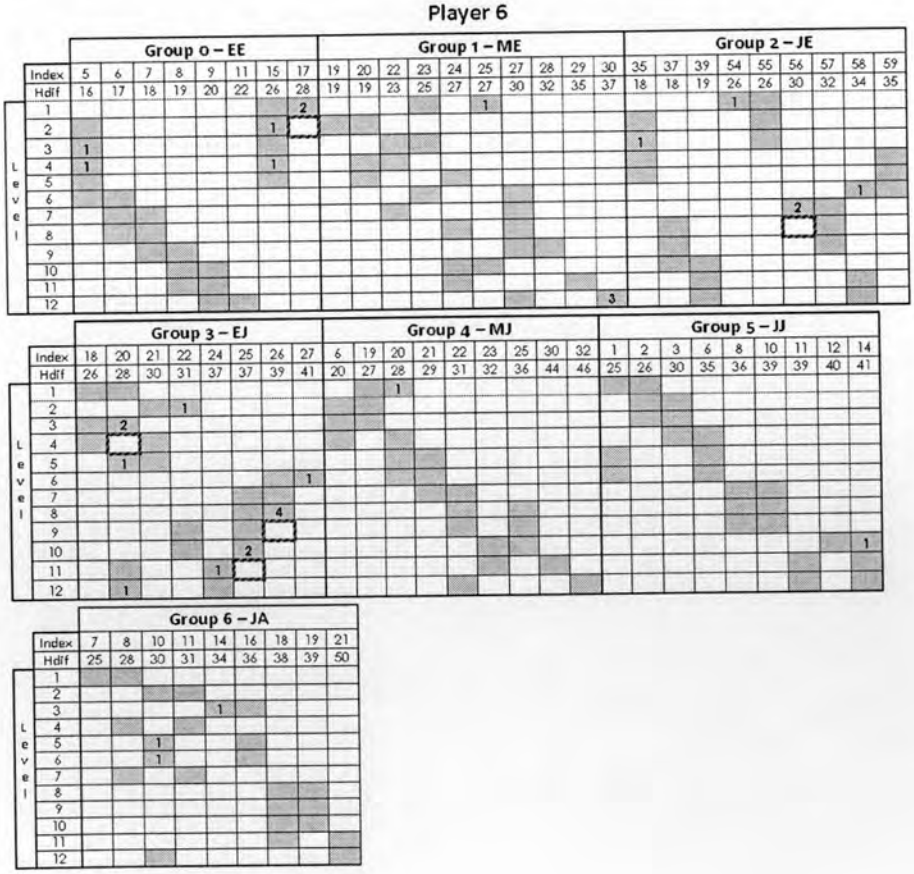
Group 3 – EJ										
Index	6	7	8	9	12	13	16	17	19	21
Hdif	19	20	21	21	21	22	23	24	26	27
1										1
2									2	
3			1							
4						1				
5										
6					1					
7										
8			1							
9					1					
10										
11										
12										

Group 4 – MJ										
Index	5	6	20	22	24	25	26	27	30	33
Hdif	19	20	26	27	29	29	29	31	33	35
1				1						
2										
3										
4										
5										
6						1				
7										
8										
9				1						
10				1						
11										
12										

Group 5 – JJ										
Index	2	3	4	5	7	8	9	10		
Hdif	26	27	30	31	33	36	37	37		
1										
2										
3						1				
4										
5				1						
6										
7										
8		1								
9										
10							1			
11										
12										

Group 6 – JA										
Index	0	1	2	3	4	5	12	13		
Hdif	15	17	18	19	20	21	26	27		
1							3			
2			1							
3										
4	1									
5										
6			1							
7										
8			1							
9										
10										
11										
12										

Player 6



Group 0 – EE								
Index	5	6	7	8	9	11	15	17
Hdif	16	17	18	19	20	22	26	28
1								2
2							1	
3	1							
4	1						1	
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								

Group 1 – ME										
Index	19	20	22	23	24	25	27	28	29	30
Hdif	19	19	23	25	27	27	30	32	35	37
1						1				
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										3

Group 2 – JE									
Index	35	37	39	54	55	56	57	58	59
Hdif	18	18	19	26	26	30	32	34	35
1				1					
2									
3	1								
4									
5								1	
6						2			
7									
8									
9									
10									
11									
12									

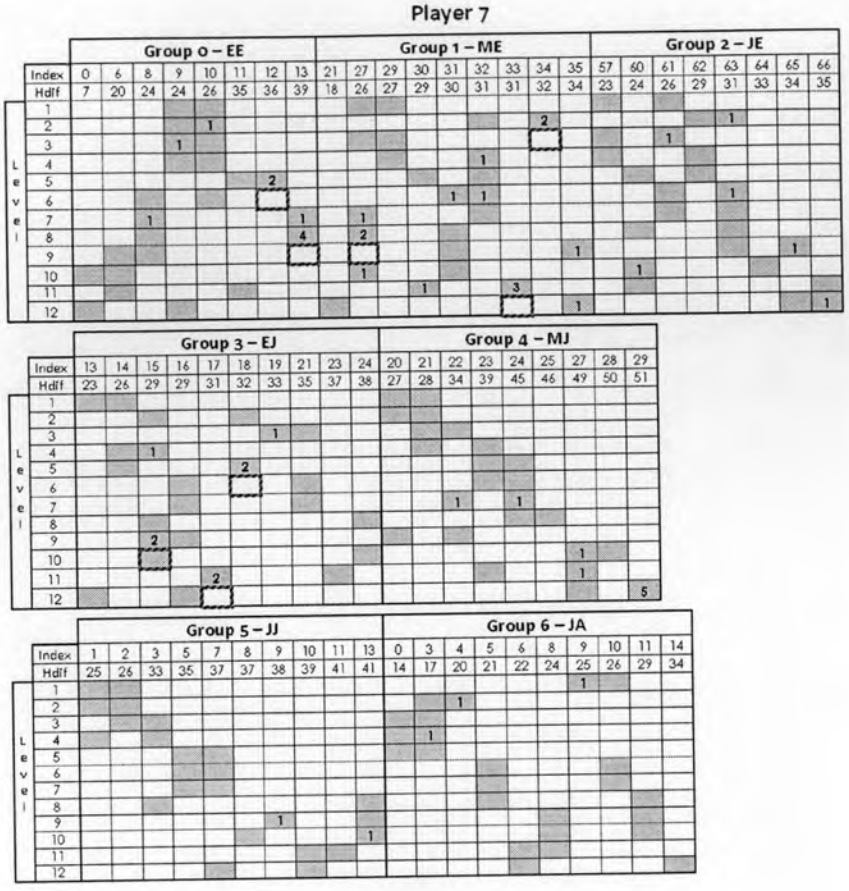
Group 3 – EJ								
Index	18	20	21	22	24	25	26	27
Hdif	26	28	30	31	37	37	39	41
1								
2				1				
3		2						
4								
5		1						
6								1
7								
8							4	
9								
10						2		
11					1			
12		1						

Group 4 – MJ									
Index	6	19	20	21	22	23	25	30	32
Hdif	20	27	28	29	31	32	36	44	46
1			1						
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									

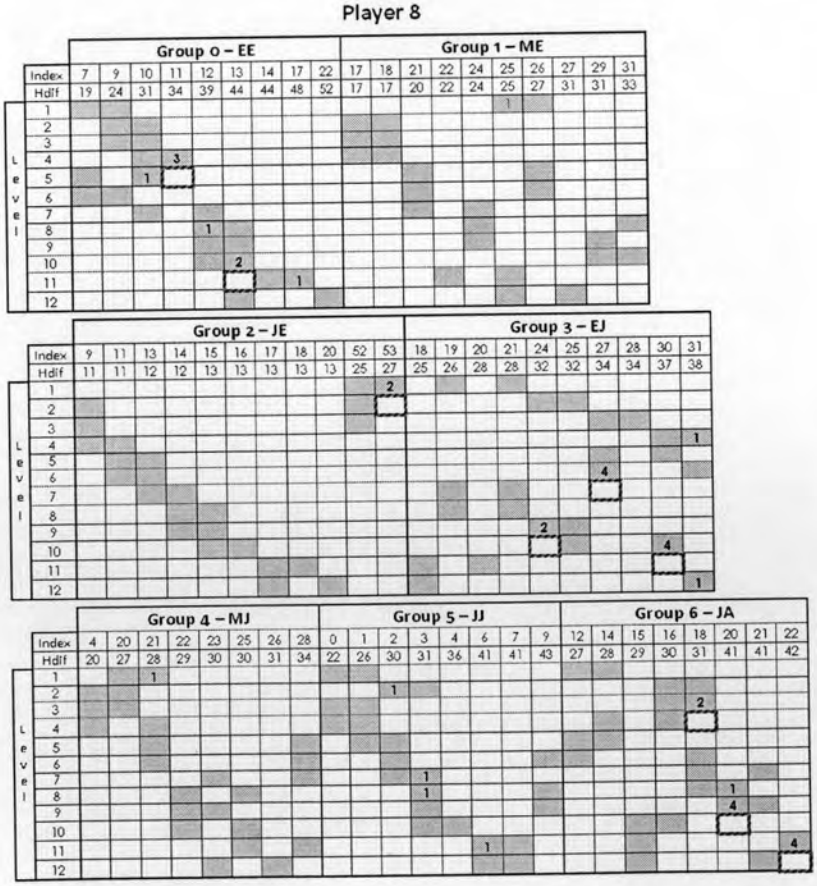
Group 5 – JJ									
Index	1	2	3	6	8	10	11	12	14
Hdif	25	26	30	35	36	39	39	40	41
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									1
11									
12									

Group 6 – JA									
Index	7	8	10	11	14	16	18	19	21
Hdif	25	28	30	31	34	36	38	39	50
1									
2									
3					1				
4									
5			1						
6			1						
7									
8									
9									
10									
11									
12									

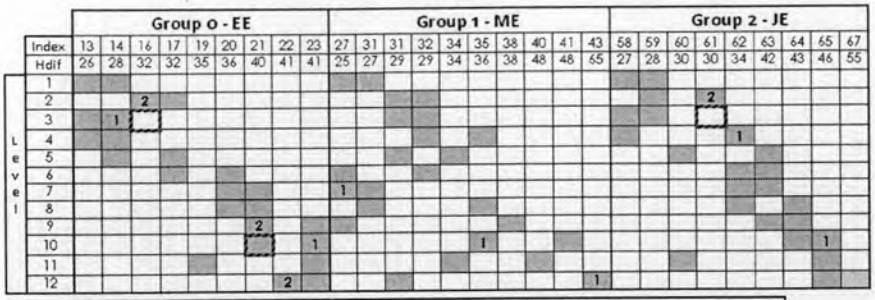
Player 7



Player 8



Player 9

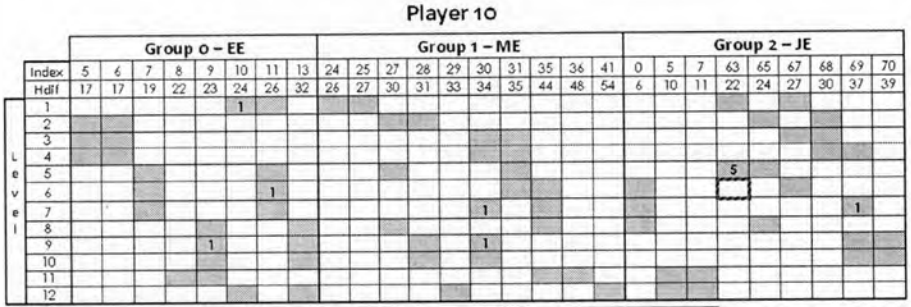


Group 0 - EE										Group 1 - ME										Group 2 - JE									
Index	13	14	16	17	19	20	21	22	23	27	31	31	32	34	35	38	40	41	43	58	59	60	61	62	63	64	65	67
Hdlf	26	28	32	32	35	36	40	41	41	25	27	29	29	34	36	38	48	48	55	27	28	30	30	34	42	43	46	55
1																												
2			2																				2					
3		1																										
4																								1				
5																												
6																												
7										1																		
8																												
9							2																					
10									1						1												1	
11																												
12								2											1									

Group 3 - EJ										Group 4 - MJ															
Index	13	14	19	20	21	22	24	26	27	27	28	30	31	32	33	34	35	36	37	38	42	44	46	47	48
Hdlf	24	26	31	31	33	33	36	37	40	27	28	30	31	33	34	35	37	42	44	44	48	50	59	61	61
1																									
2																									
3																									
4							1																		
5																									
6							1																		
7							1																		
8																						1			
9								2																	
10							1																		
11						1																		1	
12																									

Group 5 - JJ										Group 6 - JA								
Index	3	4	5	6	7	9	12	15	21	22	13	14	15	16	17	18	19	20	22
Hdlf	27	28	29	32	33	34	37	40	43	44	27	28	30	33	33	35	36	39	40
1																			
2																			
3																			
4																4			
5									2										
6																			
7																			
8																			
9																			
10																			2
11																			
12																			

Player 10

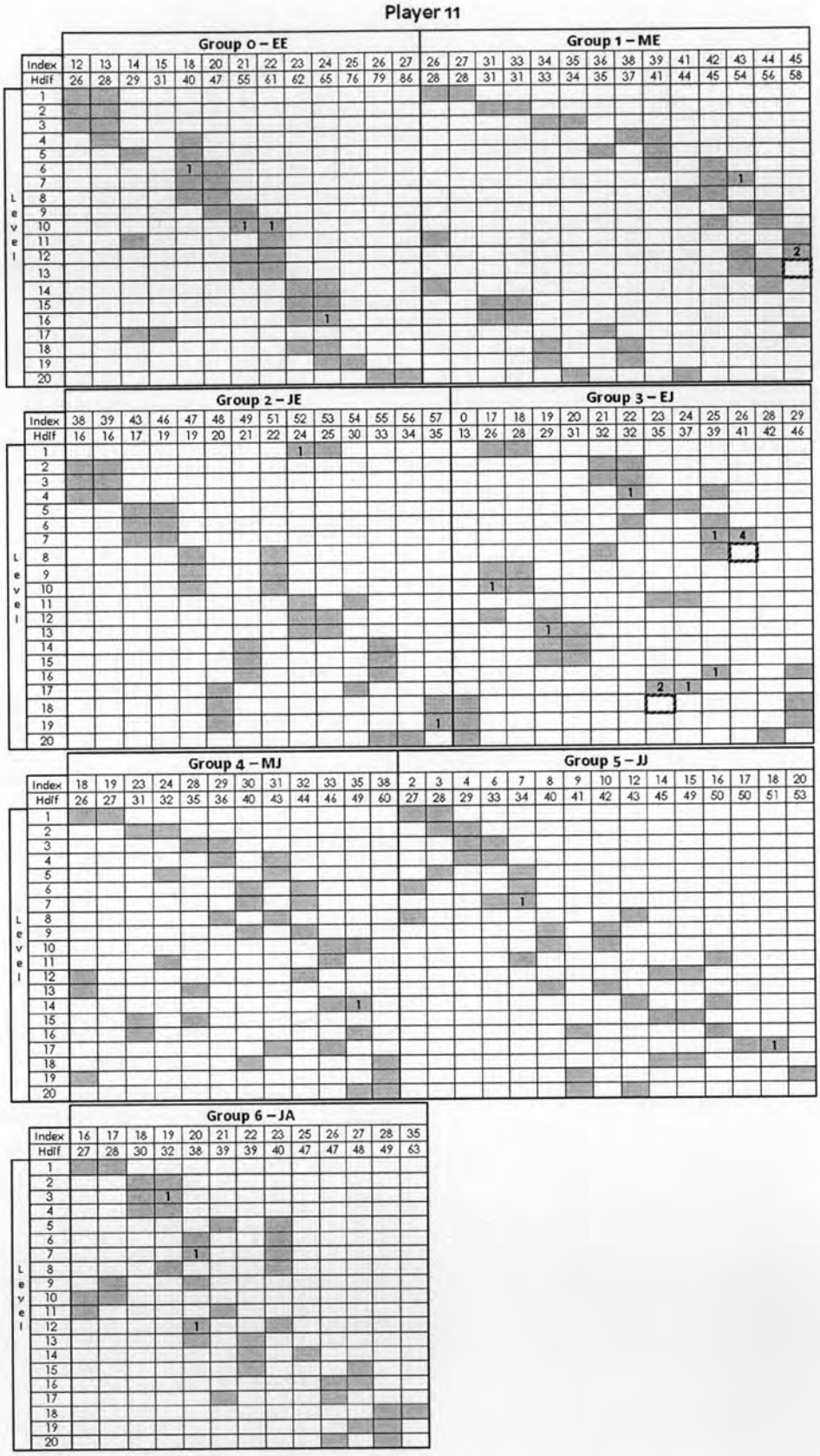


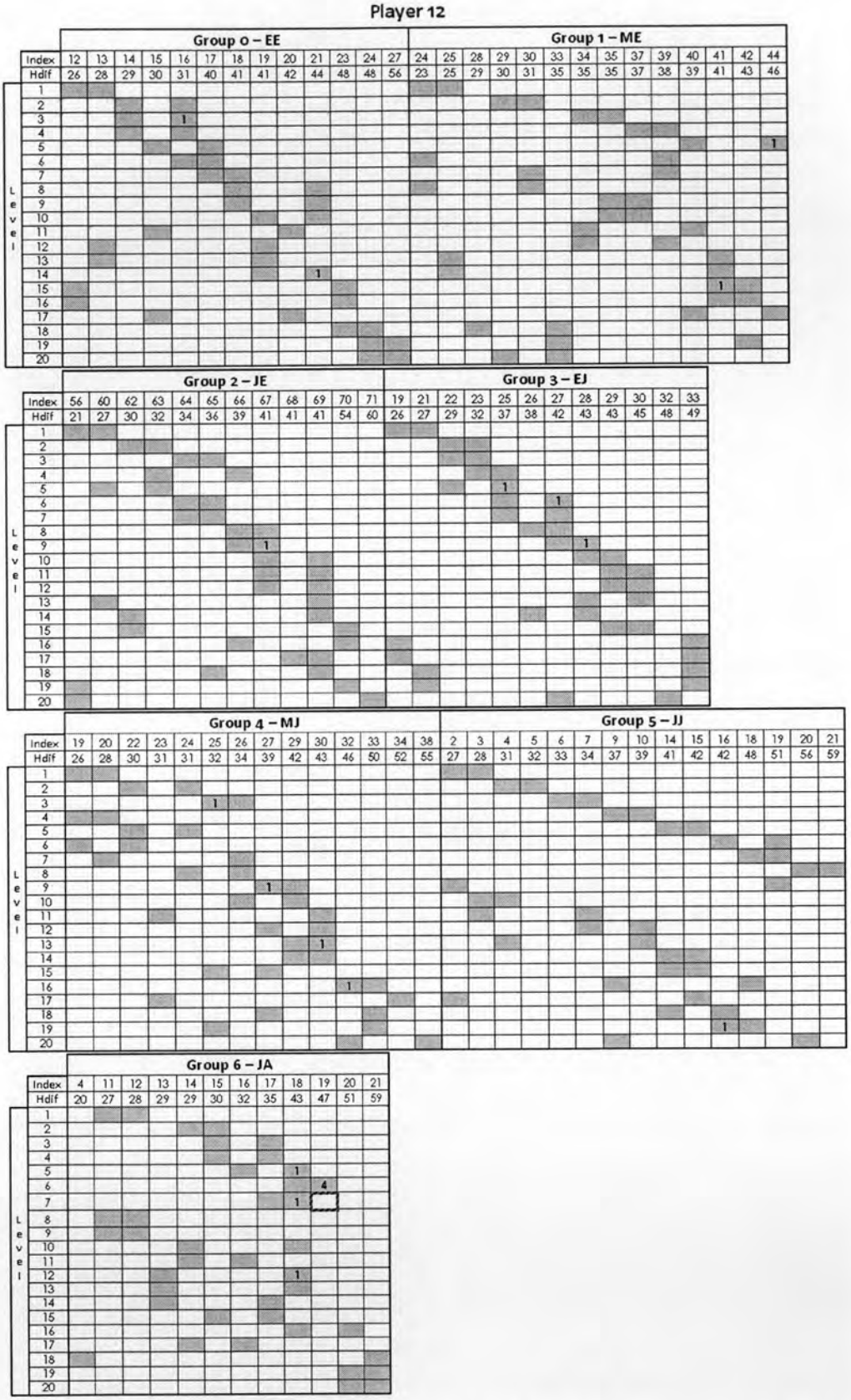
Group 0 – EE									Group 1 – ME										Group 2 – JE									
Index	5	6	7	8	9	10	11	13	24	25	27	28	29	30	31	35	36	41	0	5	7	63	65	67	68	69	70
Hdlf	17	17	19	22	23	24	26	32	26	27	30	31	33	34	35	44	48	54	6	10	11	22	24	27	30	37	39
1						1																					
2																											
3																											
4																											
5																						5					
6							1																				
7														1												1	
8																											
9					1									1													
10																											
11																											
12																											

Group 3 – EJ										Group 4 – MJ															
Index	19	21	22	23	25	26	27	32	33	34	21	22	25	26	27	29	30	31	33	34	35				
Hdlf	26	28	32	32	35	35	35	41	41	41	26	28	30	32	34	38	38	40	44	44	46				
1																									
2																									
3					1		2																		
4				1													1								
5			1																						
6																									
7																									
8			1																						
9																									
10																									
11																									
12																									

Group 5 – JJ											Group 6 – JA									
Index	0	1	2	4	5	6	8	9	10	13	3	4	6	10	11	12	13	14	15	
Hdlf	19	22	24	32	33	35	36	37	39	44	18	19	21	26	27	29	31	33	34	
1		1												1						
2																				
3																				
4																				
5																				
6																				
7						1														
8																				
9																				
10																				
11																				
12																				

Player 11


Group 0 – EE
Index 12 13 14 15 18 20 21 22 23 24 25 26 27
Hdlf 26 28 29 31 40 47 55 61 62 65 76 79 86
Group 1 – ME
Index 26 27 31 33 34 35 36 38 39 41 42 43 44 45
Hdlf 28 28 31 31 33 34 35 37 41 44 45 54 56 58
Group 2 – JE
Index 38 39 43 46 47 48 49 51 52 53 54 55 56 57
Hdlf 16 16 17 19 19 20 21 22 24 25 30 33 34 35
Group 3 – EJ
Index 0 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 28 29
Hdlf 13 26 28 29 31 32 32 35 37 39 41 42 46
Group 4 – MJ
Index 18 19 23 24 28 29 30 31 32 33 35 38
Hdlf 26 27 31 32 35 36 40 43 44 46 49 60
Group 5 – JJ
Index 2 3 4 6 7 8 9 10 12 14 15 16 17 18 20
Hdlf 27 28 29 33 34 40 41 42 43 45 49 50 50 51 53
Group 6 – JA
Index 16 17 18 19 20 21 22 23 25 26 27 28 35
Hdlf 27 28 30 32 38 39 39 40 47 47 48 49 63
Level



รูปที่ 62 ตารางแสดงความท้าทายที่เกิดขึ้น และจำนวนตัวผู้เล่นที่ใช้เพื่อเล่นผ่านความท้าทายที่เกิดขึ้น ในแต่ละฉากแยกตามประเภทในเกมที่มีการปรับสภาพฉากของผู้เล่น

ตารางที่ 9 ผลการตอบคำถามจากแบบสอบถามของผู้เล่นแต่ละคน

ชื่อ	Player 1		Player 2		Player 3		Player 4	
1. อายุ	31 - 40		31 - 40		23 - 30		23 - 30	
2. เคยเล่นเกมมาริโอ และ/หรือ เกมประเภทแพลตฟอร์ม	X		X		X		X	
4. เคยเล่นเกมมาริโอหรือประเภทแพลตฟอร์มภายใน 5 ปี			X		X		X	
5. เล่นเกมมาริโอผ่านด่านได้สูงสุดถึงด่าน	ด่านกลางๆ		ด่านแรกๆ		ด่านกลางๆ		ด่านกลางๆ	
เกมที่มีการปรับสภาพฉากและไม่มีการปรับสภาพฉาก	ปรับ	ไม่ปรับ	ปรับ	ไม่ปรับ	ปรับ	ไม่ปรับ	ปรับ	ไม่ปรับ
6. ระดับความยากง่ายเฉลี่ย (ง่ายมาก – ง่าย – ปานกลาง – ยาก – ยากมาก)	3	4	2	4	3	4	2	3
7. ลักษณะโดยรวมของความยากจากด่านสู่ด่าน								
• ลดลง								
• เพิ่มขึ้น	X	X	X	X				
• ไม่คงที่ เพิ่มขึ้นบ้าง ลดลงบ้าง					X	X		X
• คงที่							X	
ผลการเปรียบเทียบอัตราการเปลี่ยนแปลงของความยากโดยรวมจากด่านสู่ด่านในเกมแบบปรับและไม่ปรับ								
• อัตราความยากเพิ่มขึ้นน้อยกว่า	X		X		X			
• อัตราความยากลดลงน้อยกว่า					X			
8. การเล่นผ่านด่านแต่ละด่านในเกมมีลักษณะการปรากฏของจุดที่ง่ายและยาก (ตายเยอะ)								
• เมื่อเล่นผ่านจุดที่ยากไปแล้วจะมาเจอจุดที่ยากกว่าหรือเหมือนเดิมอีกในด่านถัดไป		X		X	X	X		X
• เมื่อเล่นผ่านจุดที่ยากไปแล้วจะมาเจอจุดที่ง่ายลงในด่านถัดไป	X		X				X	
• เมื่อเล่นผ่านจุดที่ง่ายไปแล้วจะมาเจอจุดที่ง่ายกว่าหรือเหมือนเดิมอีกในด่านถัดไป	X						X	X
• เมื่อเล่นผ่านจุดที่ง่ายไปแล้วจะมาเจอจุดที่ยากขึ้นในด่านถัดไป		X	X	X	X	X		
9. ผลการเล่นผ่านด่านทั้งหมด								
▪ ใช้จำนวนตัวผู้เล่น	40	97	29	44	37	48	66	80
▪ ใช้เวลาในการเล่น	665	861	516	823	679	703	648	1064
▪ ค่าความยากของความท้าทายโดยเฉลี่ย	395	516	410	583	548	722	461	651

ชื่อ	Player 5		Player 6		Player 7		Player 8	
1. อายุ	23 - 30		31 - 40		23 - 30		18 - 22	
2. เคยเล่นเกมมาริโอ และ/หรือ เกมประเภทแพลตฟอร์ม	X		X		X		X	
4. เคยเล่นเกมมาริโอหรือประเภทแพลตฟอร์มภายใน 5 ปี					X			
5. เล่นเกมมาริโอผ่านด่านได้สูงสุดถึงด่าน	ด่านกลางๆ		แล่นจบเกม		ด่านกลางๆ		ด่านแรกๆ	
เกมที่มีการปรับสภาพฉากและไม่มีการปรับสภาพฉาก	ปรับ	ไม่ปรับ	ปรับ	ไม่ปรับ	ปรับ	ไม่ปรับ	ปรับ	ไม่ปรับ
6. ระดับความยากง่ายเฉลี่ย (ง่ายมาก – ง่าย – ปานกลาง – ยาก – ยากมาก)	3	4	2	4	3	4	2	3
7. ลักษณะโดยรวมของความยากจากด่านสู่ด่าน								
• ลดลง								
• เพิ่มขึ้น	X	X	X	X		X		
• ไม่คงที่ เพิ่มขึ้นบ้าง ลดลงบ้าง					X			X
• คงที่							X	
ผลการเปรียบเทียบอัตราการเปลี่ยนแปลงของความยากโดยรวมจากด่านสู่ด่านในเกมแบบปรับและไม่ปรับ								
• อัตราความยากเพิ่มขึ้นน้อยกว่า	X		X					
• อัตราความยากลดลงน้อยกว่า								
8. การเล่นผ่านด่านแต่ละด่านในเกมมีลักษณะการปรากฏของจุดที่ง่ายและยาก (ตายเยอะ)								
• เมื่อเล่นผ่านจุดที่ยากไปแล้วจะมาเจอจุดที่ยากกว่าหรือเหมือนเดิมอีกในด่านถัดไป		X	X	X		X		X
• เมื่อเล่นผ่านจุดที่ยากไปแล้วจะมาเจอจุดที่ง่ายลงในด่านถัดไป	X				X		X	
• เมื่อเล่นผ่านจุดที่ง่ายไปแล้วจะมาเจอจุดที่ง่ายกว่าหรือเหมือนเดิมอีกในด่านถัดไป	X						X	X
• เมื่อเล่นผ่านจุดที่ง่ายไปแล้วจะมาเจอจุดที่ยากขึ้นในด่านถัดไป		X	X	X	X	X		
9. ผลการเล่นผ่านด่านทั้งหมด								
▪ ใช้จำนวนตัวผู้เล่น	47	54	33	36	53	71	39	78
▪ ใช้เวลาในการเล่น	592	727	438	547	382	465	666	1156
▪ ค่าความยากของความท้าทายโดยเฉลี่ย	375	578	408	561	416	593	394	618

ชื่อ	Player 9		Player 10		Player 11		Player 12	
1. อายุ	18 - 22		18 - 22		23 - 30		23 - 30	
2. เคยเล่นเกมมาริโอ และ/หรือ เกมประเภทแพลตฟอร์ม	X		X		X		X	
4. เคยเล่นเกมมาริโอหรือประเภทแพลตฟอร์มภายใน 5 ปี	X		X		X		X	
5. เล่นเกมมาริโอผ่านด่านได้สูงสุดถึงด่าน	ด่านกลางๆ		แล่นจบเกม		แล่นจบเกม		แล่นจบเกม	
เกมที่มีการปรับสภาพฉากและไม่มีการปรับสภาพฉาก	ปรับ	ไม่ปรับ	ปรับ	ไม่ปรับ	ปรับ	ไม่ปรับ	ปรับ	ไม่ปรับ
6. ระดับความยากง่ายเฉลี่ย (ง่ายมาก – ง่าย – ปานกลาง – ยาก – ยากมาก)	3	3	2	3	3	2	2	3
7. ลักษณะโดยรวมของความยากจากด่านสู่ด่าน								
• ลดลง								
• เพิ่มขึ้น			X	X	X		X	X
• ไม่คงที่ เพิ่มขึ้นบ้าง ลดลงบ้าง	X					X		
• คงที่		X						
ผลการเปรียบเทียบอัตราการเปลี่ยนแปลงของความยากโดยรวมจากด่านสู่ด่านในเกมแบบปรับและไม่ปรับ								
• อัตราความยากเพิ่มขึ้นน้อยกว่า			X				X	
• อัตราความยากลดลงน้อยกว่า								
8. การเล่นผ่านด่านแต่ละด่านในเกมมีลักษณะการปรากฏของจุดที่ง่ายและยาก (ตายเยอะ)								
• เมื่อเล่นผ่านจุดที่ยากไปแล้วจะมาเจอจุดที่ยากกว่าหรือเหมือนเดิมอีกในด่านถัดไป	X	X						
• เมื่อเล่นผ่านจุดที่ยากไปแล้วจะมาเจอจุดที่ง่ายลงในด่านถัดไป			X	X	X	X	X	X
• เมื่อเล่นผ่านจุดที่ง่ายไปแล้วจะมาเจอจุดที่ง่ายกว่าหรือเหมือนเดิมอีกในด่านถัดไป	X	X						
• เมื่อเล่นผ่านจุดที่ง่ายไปแล้วจะมาเจอจุดที่ยากขึ้นในด่านถัดไป			X	X	X	X	X	X
9. ผลการเล่นผ่านด่านทั้งหมด								
▪ ใช้จำนวนตัวผู้เล่น	35	30	21	30	27	34	23	26
▪ ใช้เวลาในการเล่น	557	547	351	458	547	842	651	832
▪ ค่าความยากของความท้าทายโดยเฉลี่ย	496	590	420	615	528	767	524	685

ชื่อผู้เล่นเกม _____ **เกมมาริโอ (V.10)**

กรุณากาเครื่องหมาย ⊗ ในช่องเพียง 1 คำตอบของแต่ละข้อย่อย และกรุณาตอบคำถามทุกข้อ

1. อายุ ○ 5 – 10 ○ 11 – 17 ○ 18 – 22 ○ 23 – 30 ○ 31 – 40 ○ 41 – 50 ○ 51 ขึ้นไป
2. เคยเล่นเกมมาริโอหรือไม่ ○ เคย ○ ไม่เคย
3. เคยเล่นเกมประเภทแพลตฟอร์มหรือไม่ ○ เคย ○ ไม่เคย
4. ถ้าเคยเล่นเกมมาริโอหรือเกมประเภทแพลตฟอร์มครั้งล่าสุดที่ได้เล่นนานเท่าใด ○ ภายในระยะเวลา 5 ปี ○ มากกว่า 5 ปี
5. ถ้าเคยเล่นเกมมาริโอแล้วเล่นผ่านได้สูงสุดถึงด่านไหน ○ เล่นจบเกมแล้ว ○ ถึงด่านสุดท้าย ○ ถึงด่านกลางๆ ○ เพียงด่านแรกๆ
6. เกมที่ท่านได้เล่นมีความยากง่ายระดับใด (ผลสรุปโดยรวมของการผ่านด่านแต่ละด่าน)

a. ระดับความยากง่ายโดยรวมของเกมในรอบแรก	b. ระดับความยากง่ายโดยรวมของเกมในรอบที่สอง
○ ง่ายมาก	○ ง่ายมาก
○ ง่าย	○ ง่าย
○ ปานกลาง	○ ปานกลาง
○ ยาก	○ ยาก
○ ยากมาก	○ ยากมาก

7. ลักษณะโดยรวมของความยากจาก<u>ด่านสู่ด่าน</u>ในรอบแรกและรอบที่สองเป็นอย่างไร (คิดจากการเล่นทุกด่านในรอบนั้นๆแล้ว)
(*คำว่าด่านสู่ด่านหมายถึง จากด่านที่ 1 ไปสู่ด่านที่ 2 และจากด่านที่ 2 ไปสู่ด่านที่ 3 และเรื่อยไปจนถึงด่านสุดท้าย)

a. รอบแรกมีความยากโดยรวมจากด่านสู่ด่าน	b. รอบที่สองมีความยากโดยรวมจากด่านสู่ด่าน
○ ลดลง	○ ลดลง
○ เพิ่มขึ้น	○ เพิ่มขึ้น
○ ไม่คงที่ เพิ่มขึ้นบ้าง ลดลงบ้าง	○ ไม่คงที่ เพิ่มขึ้นบ้าง ลดลงบ้าง
○ คงที่	○ คงที่

c. ถ้าข้อ (a) และข้อ (b) ตอบตรงกันว่า ลดลง เพิ่มขึ้น หรือไม่คงที่
แล้วความแตกต่างของอัตราการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการเล่นผ่านด่านของรอบแรกและรอบที่สองเป็นเช่นไร

- ○ รอบแรกเปลี่ยนแปลงน้อยกว่ารอบที่สอง (เช่น ลดลงน้อยกว่า หรือ เพิ่มขึ้นน้อยกว่า)
- ○ รอบแรกเปลี่ยนแปลงมากกว่ารอบที่สอง (เช่น ลดลงมากกว่า หรือ เพิ่มขึ้นมากกว่า)
- ○ ไม่เห็นความแตกต่าง (เช่น ลดลงใกล้เคียงกัน หรือ เพิ่มขึ้นใกล้เคียงกัน)

กรุณาตอบคำถามทุกข้อโดยกาเครื่องหมาย X ในช่องเพียง 1 คำตอบของแต่ละข้อย่อย

8. การเล่นผ่านด่านแต่ละด่านในรอบแรกและรอบที่สองมีลักษณะการปรากฏของจุดที่ง่ายและจุดที่ยากอย่างไร

i) สำหรับจุด<u>ที่เล่นผ่าน</u>ได้ยากมากในเกม (เช่นจุดที่ตายเยอะ)	a. รอบแรก	b. รอบที่สอง
○ เมื่อผ่านจุดยากนั้นไปแล้วก็จะมาเจอจุดที่ยากกว่าหรือเหมือนเดิมอีกในด่านถัดไป		
○ เมื่อผ่านจุดยากนั้นไปแล้วก็จะมาเจอจุดที่ง่ายลง ในด่านถัดไป		

ii) สำหรับจุดที่เล่นผ่านได้ง่ายในเกม	a. รอบแรก	b. รอบที่สอง
○ เมื่อผ่านจุดง่ายนั้นไปแล้วก็จะมาเจอจุดที่ง่ายกว่าหรือเหมือนเดิมอีกในด่านถัดไป		
○ เมื่อผ่านจุดง่ายนั้นไปแล้วก็จะมาเจอจุดที่ยากขึ้นในด่านถัดไป		

9. ข้อเสนอแนะ

รูปที่ 63 แบบสอบถามสำหรับให้ผู้เล่นตอบคำถามเพื่อเปรียบเทียบผลการเล่น

ลักษณะข้อมูลที่จัดเก็บเพื่อนำไปวิเคราะห์ผลการเล่นเกม

challenges_1.txt - Notepad

```
        D 104   3       1020    3
        V 104   15      c4010   6
45      3       (29)
        E 0     3       0       0
        K 101   8       100     1
        D 101   3       1010    2
        V 101   7       40310   4
        E 0     3       0       0
        K 101   8       100     1
        D 101   3       1010    2
        V 101   7       40310   4
        J 0     15      14200   4
        D 310   3       1010    2
        I 310   3       180     2
46      2       (30)
        E 0     3       0       0
        K 104   8       100     1
        D 104   3       1020    3
        V 104   15      c4010   6
        E 0     3       0       0
        K 104   8       100     1
        D 104   3       1020    3
```

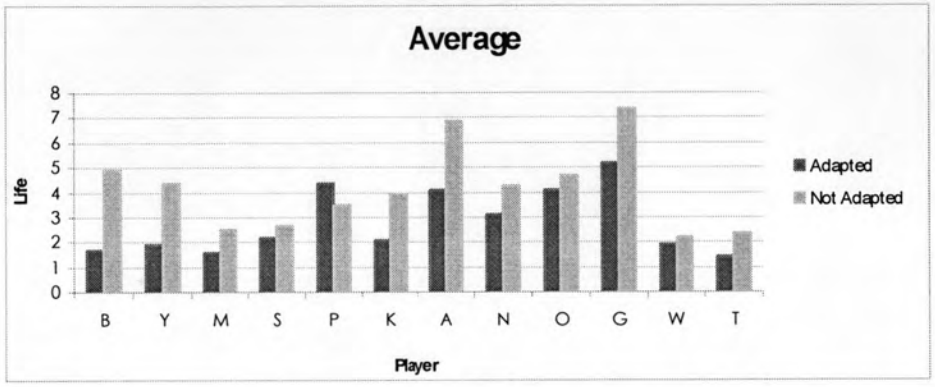
level_1_07.txt - Notepad

```
Max Hdif: 52    Count: 14       Factor:         8
number  group   chall   hdif    play    succ    prob
0       6       30      42      0       0       59
1       0       46      30      0       0       60
2       1       62      32      2       2       81
3       1       67      36      1       1       72
4       2       70      41      2       2       84
5       2       68      40      2       2       81
6       3       30      38      4       3       82
7       3       24      31      2       2       70
8       4       25      37      1       1       99
9       4       24      35      1       1       99
10      6       22      35      1       1       77
11      5       8       35      1       1       80
12      0       45      29      2       2       87
13      5       10      36      2       2       87
```

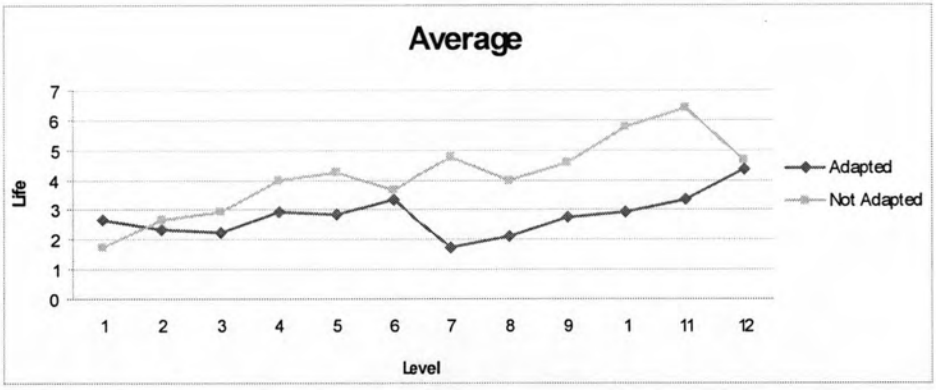
รูปที่ 64 ข้อมูลแสดงเซตของความท้าทายทั้งหมด และข้อมูลความท้าทายที่เกิดขึ้นในฉากระดับที่เจ็ด

ภาคผนวก ง
ผลการทดลองเล่นเกมเบื้องต้น

การใช้จำนวนตัวผู้เล่นเล่นผ่านฉากแต่ละฉากของผู้เล่นแต่ละคน



รูปที่ 65 แผนภูมิแท่งของค่าเฉลี่ยของการใช้จำนวนตัวผู้เล่นเล่นผ่านฉากของผู้เล่นแต่ละคน



รูปที่ 66 กราฟของการใช้จำนวนตัวผู้เล่นเล่นผ่านฉากแต่ละฉากโดยเฉลี่ย

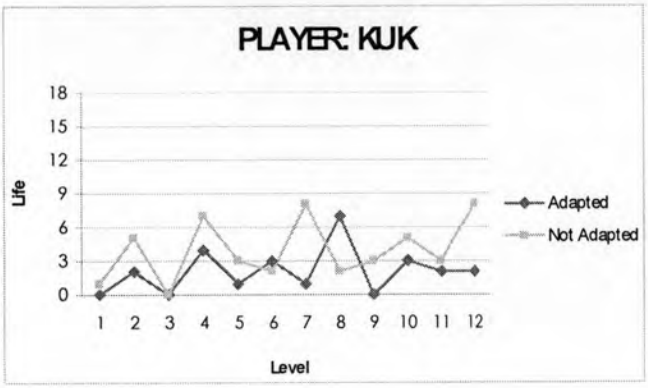
Level	Adapt		Not Adapt	
	Hdif	Life	Hdif	Life
1	371	9	265	1
2	339	2	419	1
3	351	2	516	0
4	343	2	606	7
5	373	2	602	3
6	354	1	773	6
7	368	0	809	8
8	389	1	885	4
9	408	0	681	4
10	395	0	809	7
11	424	1	712	16
12	428	0	771	2
Average	379	1.7	654	4.9

Level	Adapt		Not Adapt	
	Hdif	Life	Hdif	Life
1	375	1	260	1
2	416	3	435	2
3	434	2	551	6
4	447	3	621	8
5	461	4	646	2
6	474	2	734	5
7	497	1	699	5
8	481	0	705	2
9	471	1	731	4
10	506	1	1043	2
11	540	3	1111	11
12	533	2	554	4
Average	470	1.9	674	4.3

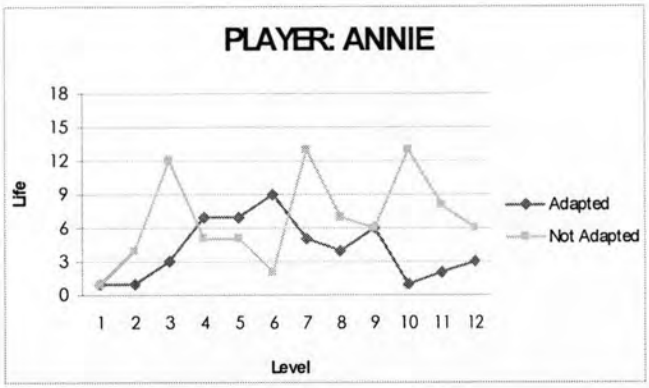
Level	Adapt		Not Adapt	
	Hdif	Life	Hdif	Life
1	380	1	269	0
2	414	2	414	1
3	428	0	441	1
4	493	2	568	1
5	461	0	585	1
6	541	3	636	8
7	550	2	715	1
8	581	2	862	2
9	570	2	935	4
10	574	0	757	2
11	550	3	790	3
12	616	2	784	6
Average	513	1.6	646	2.5

Level	Adapt		Not Adapt	
	Hdif	Life	Hdif	Life
1	383	1	277	0
2	419	3	434	0
3	408	2	520	1
4	446	3	532	4
5	422	4	580	2
6	428	4	552	2
7	445	1	800	1
8	482	1	886	6
9	496	0	797	4
10	503	0	695	1
11	511	3	759	7
12	489	4	934	4
Average	453	2.2	647	2.7

Level	Adapt		Not Adapt	
	Hdif	Life	Hdif	Life
1	384	3	243	1
2	388	3	422	4
3	411	2	480	2
4	422	1	549	2
5	448	7	556	3
6	469	3	592	3
7	487	2	769	4
8	496	3	758	1
9	482	4	861	3
10	480	1	921	10
11	469	7	742	4
12	474	16	607	5
Average	451	4.3	625	3.5



Level	Adapt		Not Adapt	
	Hdif	Life	Hdif	Life
1	370	0	283	1
2	425	2	431	5
3	446	0	479	0
4	463	4	530	7
5	490	1	556	3
6	492	3	577	2
7	494	1	721	8
8	490	7	782	2
9	520	0	904	3
10	552	3	866	5
11	565	2	574	3
12	587	2	688	8
Average	491	2.1	616	3.9

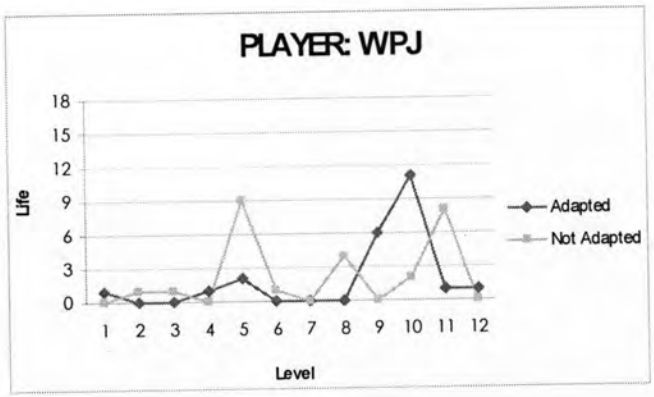


Level	Adapt		Not Adapt	
	Hdif	Life	Hdif	Life
1	364	1	240	1
2	414	1	427	4
3	435	3	479	12
4	441	7	561	5
5	446	7	658	5
6	436	9	708	2
7	461	5	822	13
8	440	4	567	7
9	409	6	531	6
10	454	1	803	13
11	498	2	786	8
12	495	3	755	6
Average	441	4.1	611	6.8

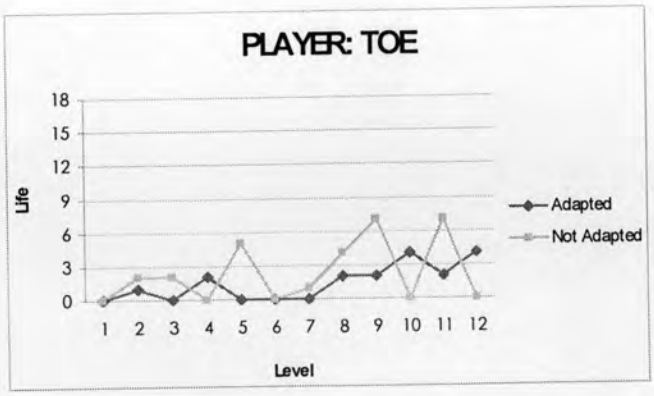
Level	Adapt		Not Adapt	
	Hdif	Life	Hdif	Life
1	382	2	227	1
2	389	1	427	0
3	405	6	473	3
4	396	3	453	2
5	416	3	580	2
6	416	2	628	4
7	438	3	802	4
8	451	2	886	4
9	455	2	863	10
10	478	4	793	10
11	518	3	585	2
12	489	6	863	9
Average	436	3.1	632	4.3

Level	Adapt		Not Adapt	
	Hdif	Life	Hdif	Life
1	374	6	255	4
2	334	5	429	9
3	315	6	482	3
4	305	1	553	2
5	320	1	579	4
6	334	6	678	6
7	337	4	774	2
8	349	0	785	3
9	361	7	993	6
10	367	6	935	11
11	367	4	758	1
12	366	3	849	5
Average	344	4.1	673	4.7

Level	Adapt		Not Adapt	
	Hdif	Life	Hdif	Life
1	383	7	291	11
2	358	5	434	3
3	365	4	414	4
4	377	6	509	10
5	392	3	456	12
6	395	7	471	5
7	342	2	706	10
8	382	3	756	9
9	402	3	668	4
10	439	4	724	6
11	422	9	660	7
12	420	9	776	7
Average	390	5.2	572	7.3

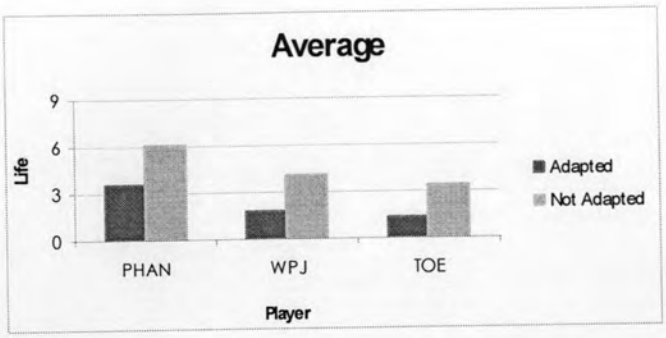


Level	Adapt		Not Adapt	
	Hdif	Life	Hdif	Life
1	372	1	229	0
2	400	0	409	1
3	423	0	507	1
4	493	1	527	0
5	441	2	629	9
6	467	0	605	1
7	486	0	646	0
8	494	0	900	4
9	505	6	531	0
10	485	11	1108	2
11	504	1	462	8
12	575	1	866	0
Average	470	1.9	618	2.2

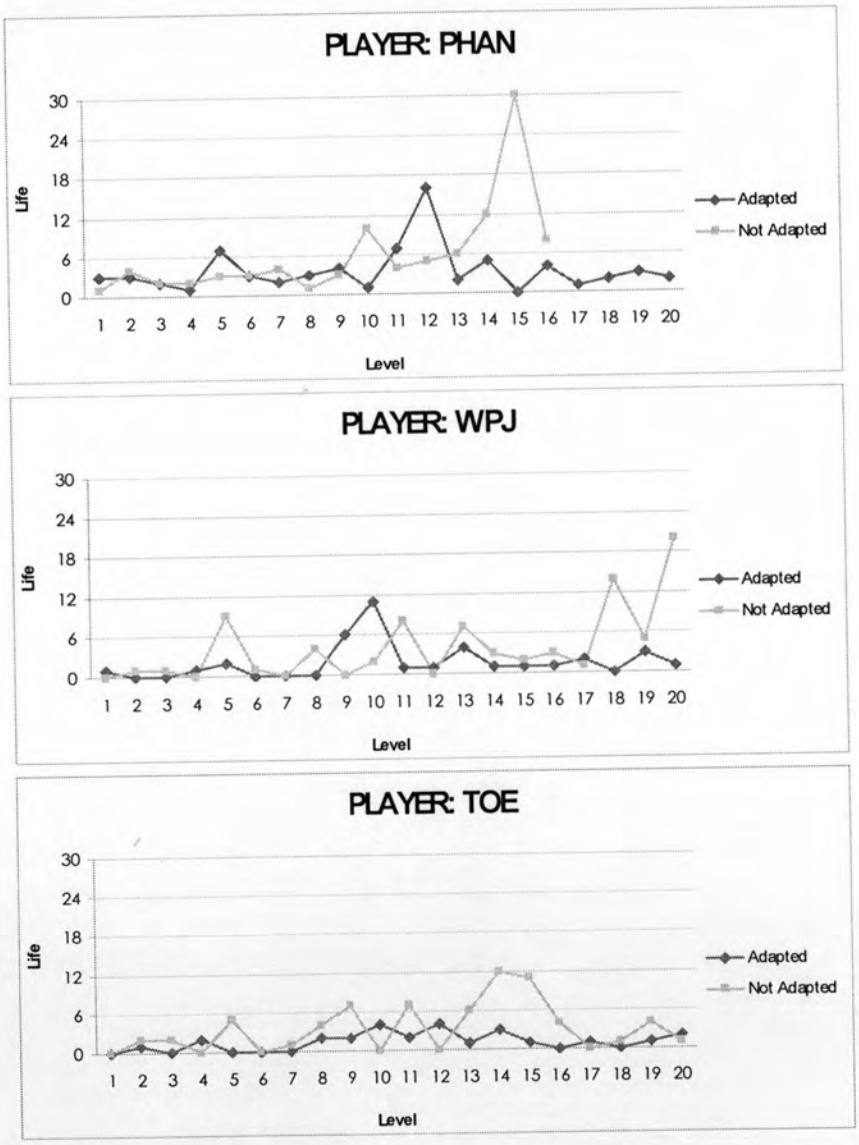


Level	Adapt		Not Adapt	
	Hdif	Life	Hdif	Life
1	375	0	253	0
2	451	1	445	2
3	467	0	487	2
4	496	2	570	0
5	506	0	733	5
6	554	0	638	0
7	553	0	920	1
8	565	2	958	4
9	617	2	1037	7
10	614	4	753	0
11	570	2	907	7
12	595	4	533	0
Average	530	1.4	686	2.3

รูปที่ 67 กราฟของการใช้ตัวผู้เล่นในแต่ละฉาก และตารางแสดงค่าความยากรวมในแต่ละฉาก



รูปที่ 68 แผนภูมิแท่งของค่าเฉลี่ยของการใช้จำนวนตัวผู้เล่นเล่นผ่านฉากจำนวน 20 ฉาก



รูปที่ 69 กราฟของการใช้ตัวผู้เล่นในแต่ละฉากเพื่อผ่านฉากจำนวน 20 ฉาก

ภาคผนวก จ
ผลงานตีพิมพ์

จริยา กำเหนิดนนท์ และ วิษณุ โคตรจรัส, การปรับระดับความยากของฉากในเกมอย่างอัตโนมัติตามความสามารถของผู้เล่น, การประชุมทางวิชาการวิทยาการคอมพิวเตอร์ และวิศวกรรมคอมพิวเตอร์แห่งชาติ ครั้งที่ 11 (NCSEC 2007), 19 - 21 พฤศจิกายน 2550, ประเทศไทย

การปรับระดับความยากของฉากในเกมอย่างอัตโนมัติตามความสามารถของผู้เล่น

Automatic Level Difficulty Adjustment in Games Base on Player's Performances

จริยา กำเหนิดนนท์ และ วิษณุ โคตรจรัส

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

chariya.k@student.chula.ac.th, vishnu@cp.eng.chula.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยทางด้านเกมคอมพิวเตอร์ส่วนใหญ่นั้นเป็นการปรับพฤติกรรมของตัวละครที่ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ตัวละครมีความท้าทายสมจริง หรือให้มีความยากง่ายเหมาะสมกับความสามารถของผู้เล่น บทความนี้นำเสนอวิธีใหม่ในการใช้ปัญญาประดิษฐ์เพื่อปรับความยากง่ายของเกมให้เหมาะสมกับผู้เล่นด้วยการสร้างฉากในเกมอย่างอัตโนมัติแทนการปรับพฤติกรรมของศัตรู วิธีการนี้ใช้ได้ผลกับเกมประเภทที่ปรับพฤติกรรมศัตรูได้ลำบาก เช่นเกมประเภทแพลตฟอร์ม นอกจากนี้ยังเป็นการลดภาระของผู้ออกแบบฉากได้อย่างดีอีกด้วย

คำสำคัญ การปรับระดับความยาก ความสามารถของผู้เล่น การเรียนรู้แบบรีนฟอร์สเม้นท์

Abstract

Most research in computer game focus on finding ways to adjust computer controlled characters such that they are realistically challenging or they give a suitable challenge to players. This paper proposes a new method for using artificial intelligence to adjust games difficulty to suit players by automatically generating levels in games instead of modifying enemy behaviors. Our methodology is effective on games where enemy behaviors are hard to change, such as platform games. The methodology also saves time for level designers.

Key Words: Level Difficulty Adjustment, Player's Performances, Reinforcement Learning

1. บทนำ

เราสามารถแบ่งเทคนิคการใช้ปัญญาประดิษฐ์กับเกมคอมพิวเตอร์ออกได้เป็นสองกลุ่ม กลุ่มแรกคือเทคนิคการเรียนรู้ที่ให้ผลการเรียนรู้ของเอเยนต์ที่ดีที่สุด (Global optimization) เช่นเทคนิคขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมและเทคนิคการเรียนรู้แบบรีนฟอร์สเม้นท์ [1, 2] กลุ่มที่สองคือเทคนิคการเรียนรู้ที่ให้ผลการเรียนรู้ของเอเยนต์ที่เหมาะสมกับผู้เล่นแต่ละคน (Individual adjustment) เช่นเทคนิคของ Corruble [3] ที่นำแนวคิดของการเรียนรู้แบบรีนฟอร์สเม้นท์ มาช่วยในการเปรียบเทียบความเก่งของเอเยนต์ กับความสามารถของผู้เล่น หรือเทคนิคไดนามิกสคริปต์ โดย Spronck [4] ซึ่งเป็นการประยุกต์การจัดน้ำหนักของความสำคัญของพฤติกรรมต่างๆของตัวละครภายในเกม

สำหรับเกมประเภทแพลตฟอร์มแล้ว การปรับพฤติกรรมของตัวละครนั้นเป็นสิ่งที่ไม่เหมาะสมเนื่องจากเกมประเภทนี้พึ่งพาความยากท้าทายจากฉาก (สภาพแวดล้อม) ในเกม ไม่ใช่ตัวละคร ดังนั้นสิ่งที่ควรปรับจึงเป็นฉาก ซึ่งในการปรับลักษณะของฉากให้เหมาะสมกับผู้เล่นแต่ละคนนั้น เราไม่อาจใช้ชุดสคริปต์ที่ใช้สร้างฉากได้โดยตรงดังเช่นงานวิจัยต่างๆที่กล่าวมา เนื่องจากไม่มีความรู้เฉพาะทางเพียงพอที่จะสามารถ

นำมาใช้ให้ครอบคลุมกับระดับความยากของฉากทั้งหมดได้

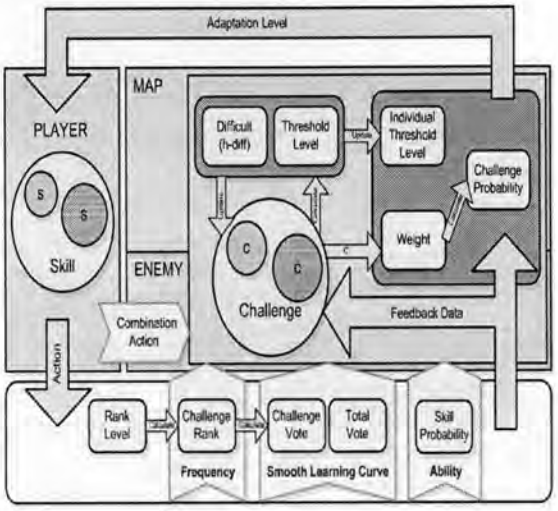
ในงานด้านการออกแบบเกมนั้น Pagulayan [5] ได้เสนอเทคนิคการออกแบบเกมให้เหมาะสมกับผู้เล่นแต่ละคน โดยแนวคิดหลักอยู่ที่การสร้างฉากที่มีความท้าทายเป็นระดับๆ เพื่อสอนทักษะเป็นชุดๆให้กับผู้เล่น ซึ่งผู้เล่นจะต้องสะสมทักษะต่างๆเหล่านี้เพื่อให้เก่งพอที่จะสู้กับหัวหน้าฉาก พอที่จะเล่นจบเกมได้ ซึ่งถ้าเกมยากจนเกินไปที่จะเริ่มต้นเล่น ผู้เล่นก็จะไม่ได้รับทักษะระดับพื้นฐาน และถ้าเกมไม่เตรียมความท้าทายที่ยากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทักษะที่ควรเพิ่มขึ้นก็อาจจะหยุดอยู่แค่นั้น เพราะฉะนั้นเกมจึงต้องมีการออกแบบโดยอาศัยการปรับเรียบเส้นโค้งการเรียนรู้ (Smooth Learning Curve) [6]

ดังนั้นในบทความนี้จึงนำเสนอแบบจำลองและระบบต้นแบบที่ใช้สำหรับปรับระดับความยากง่ายและความถี่ในการเกิดฉากที่ท้าทายในเกมตามความสามารถของผู้เล่น เพื่อให้เกมมีการปรับเรียบเส้นโค้งการเรียนรู้ โดยแบบจำลองได้ผนวกการเรียนรู้แบบรีนฟอร์สเม้นท์เข้ากับแนวคิดการออกแบบใน [5, 6]

สำหรับเกมที่ใช้เป็นระบบต้นแบบนั้น ทางผู้วิจัยได้สร้างเกมเลียนแบบเกมซุปเปอร์มาริโอ้ขึ้นมา ทั้งนี้เกมซุปเปอร์มาริโอ้เป็นเกมแพลตฟอร์มที่ได้รับความนิยมสูงสุดเกมหนึ่งในโลก ดังนั้นเกมที่ใช้ทดสอบจึงเป็นเกมที่เหมาะสมกับแบบจำลอง

2. แบบจำลองการปรับความยากง่ายของฉากอย่างอัตโนมัติ

หลักการของแบบจำลองคือ ให้ผู้เล่นได้สะสมประสบการณ์ และทักษะต่างๆ ไปตามลำดับขั้นของความท้าทาย ดังนั้นจึงเริ่มต้นพิจารณาจากทักษะของผู้เล่นที่สามารถใช้บังคับตัวละครได้ ซึ่งเมื่อนำทักษะต่างๆมาประกอบกันแล้วจะได้เป็นความท้าทายที่จุดหนึ่งๆของฉาก และเมื่อนำความท้าทายที่จุดต่างๆมาประกอบกันแล้วจะได้เป็นฉาก (Level) ให้ผู้เล่นทำการเล่นโดยใช้ทักษะที่ผู้เล่นมีนั้นให้ผ่านความท้าทายที่สร้างขึ้นไปให้ได้ ผลที่ได้จากการเล่นของผู้เล่นจะถูกนำกลับมาเป็นผลป้อนกลับ (Feedback) ซึ่งจะถูกนำมาคำนวณเพื่อปรับค่าความน่าจะเป็นในการเกิดความท้าทายต่างๆในฉากถัดไปนั่นเอง แสดงดังรูปที่ 1 ซึ่งแบบจำลองประกอบไปด้วยส่วนสำคัญต่างๆดังต่อไปนี้



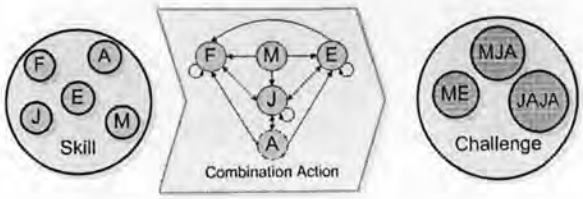
รูปที่ 1. ภาพรวมของแบบจำลอง

2.1. ส่วนการรวบรวมทักษะของผู้เล่น และสร้างความท้าทายเบื้องต้น (Skill Collection and Challenge Generation)

ทักษะของผู้เล่น และความท้าทายคือส่วนที่เป็นรูปวงกลมในรูปที่ 1 ซึ่งทักษะของผู้เล่นนั้นจะได้จากลักษณะการเล่น กล่าวคือคิดจากการกระทำต่างๆทั้งหมดที่เป็นไปได้ของตัวละคร สภาวะแวดล้อมของฉากซึ่งเราจะสร้างนั้นใช้บอกถึงความต้องการทดสอบทักษะของผู้เล่นแบบต่างๆ

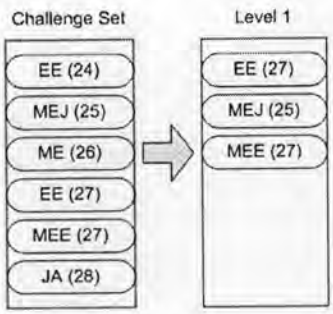
รูปที่ 2 ตรงกลางรูปแสดงลักษณะการกระทำต่อเนื่องที่เป็นไปได้ทั้งหมดของเกมซุปเปอร์มาริโอ้ (มีแอ็คชั่นต่างๆดังนี้ F คือยิงลูกไฟ M คือวิ่ง E คือหลบหลีก J คือกระโดด และ A คือการโจมตีศัตรู โดยสถานะเริ่มต้นนั้นจะเป็น A ไม่ได้ เนื่องจากต้องกระโดดก่อนโจมตีศัตรูเสมอ) เพราะว่าการโจมตีคือการโดดเหยียบ ซึ่งลำดับของการกระทำที่เป็นไปได้เหล่านี้แต่ละแบบก็คือ " ความท้าทาย " ที่เราสามารถนำไปท้าทายฝีมือผู้เล่นได้ และการ

กระทำที่เป็นไปได้ในแต่ละความท้าทายนั้นจะมีเป้าหมายที่เป็นไปได้สำหรับการกระทำนั้นๆด้วย ตัวอย่างเช่น แอ็คชั่น F E และ A จะมีตัวศัตรูเป็นเป้าหมาย และสำหรับแอ็คชั่น M และ J จะมีแผนที่เป็นเป้าหมาย



รูปที่ 2. ทางซ้ายมือคือเซตของทักษะของผู้เล่น ตรงกลางคือกราฟของการกระทำต่อเนื่องที่เป็นไปได้ และทางขวามือคือเซตของความท้าทาย

ความท้าทายที่เป็นไปได้จากกราฟนี้เป็นเซตอนันต์ ดังนั้นเพื่อให้สามารถเอาไปใช้งานได้จริง เราได้กำหนดให้ความต่อเนื่องของแอ็คชั่นมีค่าไม่เกินห้า จากนี้ความท้าทายทั้งหมดที่เป็นไปได้จะถูกสร้างขึ้น ความท้าทายแต่ละชิ้นจะมีค่าความยากเป็นของตัวเอง (เรียกว่า h_{dif}) ซึ่งได้จากค่าความยากของแต่ละแอ็คชั่นรวมกัน (ไม่จำเป็นต้องเป็นการบวกกัน ทั้งนี้ขึ้นกับผู้ออกแบบฉาก) และท้ายที่สุดความท้าทายต่างๆที่ได้จะถูกจัดเรียงตามลำดับของค่าความยากจากน้อยไปมาก ดังแสดงในรูปที่ 3 ทางซ้ายมือแสดงตัวอย่างเซตของความท้าทายที่อาจถูกเลือกให้เกิดขึ้นในฉากที่หนึ่ง ส่วนทางขวามือคือความท้าทายบางส่วนที่ถูกเลือกมาประกอบกันเป็นฉากซึ่งมีความยากของฉากเท่ากับผลรวมของคะแนนความท้าทายต่างๆที่ถูกนำไปใส่ฉากนั้น



รูปที่ 3. ตัวอย่างเซตของความท้าทาย

ระดับความยากสูงสุดของฉากเริ่มต้นเรียกว่าค่าความเชี่ยวชาญระดับมูลฐานสำหรับผู้เล่นทุกคน (Initial Threshold Level) แต่ระดับความยากสูงสุดของฉากถัดไปจะเป็นค่าสำหรับผู้เล่นเฉพาะแต่ละคน ดังนั้นจึงเรียกว่าค่าความเชี่ยวชาญระดับมูลฐานรายบุคคล (Individual Threshold Level) โดยมีค่าเท่ากับค่าสูงสุดระหว่างค่าของระดับความยากสูงสุดที่มีในฉากเดิมบวกค่าสัมประสิทธิ์การเรียนรู้ (Coefficient of Learning) กับค่าของระดับความยากสูงสุดที่ได้จากการคำนวณคะแนนความยากที่น่าจะเกิดขึ้นสำหรับฉากในระดับถัดไป

$$\Delta h_{dif} = \max \{ h_{dif} \} / \text{number of (Level)} \quad (1)$$

$$\underline{\Delta} h_{dif} = \max_{c'} \{ (\max_{c} \{h_{dif}(c)\} + CL) , h_{dif}(c') \} \quad (2)$$

$$C' = \{ c \in C \mid h_{dif}(c) \le \underline{\Delta} h_{dif} \} \quad (3)$$

h_{dif} ค่าความยากของความท้าทาย

Δh_{dif} คือค่าความเชี่ยวชาญระดับมูลฐานเบื้องต้น (Initial Threshold Level)

$\underline{\Delta} h_{dif}$ คือค่าความเชี่ยวชาญระดับมูลฐานรายบุคคล (Individual Threshold Level)

C' คือเซตของความท้าทายที่จะเกิดในฉากถัดไป

CL คือค่าสัมประสิทธิ์การเรียนรู้ (Coefficient of Learning)

รูปที่ 4. ค่าความเชี่ยวชาญระดับมูลฐาน

2.2. ส่วนการคำนวณผลป้อนกลับ (Feedback Data Calculation)

ผลการเล่นของผู้เล่นที่นำมาใช้คือผลที่ได้จากการบันทึกสาเหตุการตายและการผ่านการทดสอบความท้าทายของฉาก มีผลลัพธ์คือจำนวนการผ่านและไม่ผ่าน

สำหรับความท้าทายหนึ่งๆแล้ว ในตอนเริ่มแรกความน่าจะเป็นที่ผู้เล่นจะควบคุมตัวละครผู้เล่นผ่านความท้าทายนั้นๆคือ 1/2 และไม่ผ่านเท่ากับ 1/2 ซึ่งถ้าต่อมาแล้วผู้เล่นสามารถควบคุมการเคลื่อนไหวของตัวละครได้ถูกต้องแล้วผ่านฉากไปได้ ค่าความน่าจะเป็นที่ผู้เล่นจะควบคุม

การเคลื่อนไหวของตัวละครผู้เล่นผ่านความท้าทายนั้นได้จะเพิ่มขึ้นเป็น 2/3 ส่วนความน่าจะเป็นที่ผู้เล่นจะควบคุมการเคลื่อนไหวของตัวละครผู้เล่นได้ไม่ผ่านความท้าทายนั้นจะลดลงเหลือ 1/3

จากนั้นจึงทำการจัดลำดับความสามารถของผู้เล่นในการควบคุมการเคลื่อนไหวของตัวละครผ่านความท้าทายให้สัมพันธ์กับจำนวนครั้งในการเล่นทั้งหมด ซึ่งเราเรียกระดับความสามารถนี้ว่า ระดับความท้าทายที่น่าจะสามารถจัดการได้ (CR: Challenge Rank) โดยคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$RL = (PT + 2) - (ST + 1) \quad (4)$$
$$PR = (2 * RL) - 1 \quad (5)$$
$$CR = PT - PR \quad (6)$$
$$Sp = (ST + 1) / (PT + 2) \quad (7)$$

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)

2.3. ส่วนการปรับตัวของสภาพฉาก (Level Adjustment)

หลังจากผู้เล่นได้ทำการเล่นผ่านฉากแต่ละระดับ หรือแม้กระทั่งเล่นไม่ผ่านก็ตาม จะเกิดผลป้อนกลับต่างๆที่เป็นผลลัพธ์ที่ได้จากการเล่นดังที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 2.2 ซึ่งสามารถนำมาใช้ในกระบวนการการปรับเพิ่มและลดน้ำหนักของการเกิดความท้าทายในฉากถัดไปได้โดยใช้ความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้

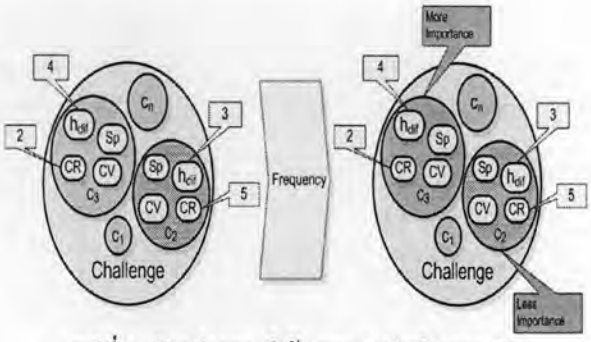
$$Cp'(c) \ \alpha \ Sp \quad <1>$$
$$Cp'(c) \ \alpha \ |1/CR(c)| \quad <2>$$
$$Cp'(c) \ \alpha \ |CR(\tilde{c})| \quad <3>$$

โดยที่ Cp′(c) คือความน่าจะเป็นในการเกิดความท้าทาย c ในฉากถัดไป (Challenge Probability)

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

ความสัมพันธ์ที่ <1> เรียกกว่าความสามารถของผู้เล่น (Ability) เมื่อค่าความน่าจะเป็นที่ผู้เล่นจะควบคุมการเคลื่อนไหวของตัวละครผู้เล่นได้ไม่ถูกต้องมีมากขึ้น กลยุทธ์ของเกมก็จะทำการปรับลดระดับความยากให้โดยปริยายเนื่องจากความน่าจะเป็นในการเกิดความท้าทายนี้จะลดต่ำลงตามค่าความน่าจะเป็นของการที่ผู้เล่นเล่นผ่านเพื่อให้เกมง่ายขึ้นต่อผู้เล่น

ความสัมพันธ์ที่ <2> เรียกกว่าความถี่ (Frequency) จากแนวคิดในการออกแบบเกมที่ดีผนวกกับการเรียนรู้แบบรีนฟอร์สเม้นท์ เราจะสามารถแปลงผลตอบแทนไปเป็นความท้าทาย สถานะแปลงมาเป็นทักษะของผู้เล่น และเนื่องจากอยู่ในกระบวนการวนรอบของผลตอบสนองที่ได้จากการเล่นเช่นเดียวกัน ดังนั้นจึงให้ความสำคัญต่อการเล่นที่ให้ผลเข้าใกล้ทักษะที่ต้องการได้ง่ายด้วย ในที่นี้ทักษะที่ต้องการคือทักษะที่ต้องใช้ความสามารถสูงสุด ซึ่งถ้าจำนวนครั้งในการเล่นเพื่อผ่านความท้าทายใดๆที่มีในฉากมีจำนวนน้อยๆ แต่ก็มีผลการเล่นที่ดีเยี่ยม (หมายความว่าเล่นผ่านทุกครั้ง หรือแทบทุกครั้ง) แบบจำลองจะให้ความสำคัญสำหรับความท้าทายนั้นสูงกว่าการที่จำนวนครั้งในการเล่นเพื่อผ่านความท้าทายใดๆที่มีในฉากมีจำนวนมากๆ แม้จะมีผลการเล่นที่ดีเยี่ยมเช่นเดียวกัน เนื่องจากผู้เล่นจะได้รับแต่ความท้าทายซ้ำเดิม ซึ่งมีผลทำให้เกิดความรู้สึกเบื่อได้ แสดงดังรูปที่ 5

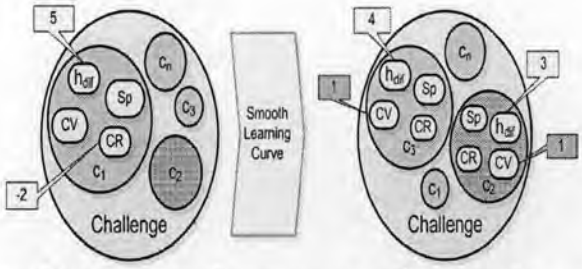


รูปที่ 5. ตัวอย่างการให้ความสำคัญในการเกิดความท้าทายในฉากถัดไป

ความสัมพันธ์ที่ <3> เรียกกว่าการปรับเรียบเส้นโค้งการเรียนรู้ (Smooth Learning Curve) เนื่องจากระดับความท้าทายที่น่าจะสามารถเล่นได้ มีผลโดยอ้อมกับการเกิดความท้าทายในฉากถัดไป และแปรผันตามกันกับผลลัพธ์ที่ได้จากความท้าทายอื่นๆ ดังนั้นแบบจำลองจึงได้รวมการสร้างความสัมพันธ์ของการแปรผันระหว่างความท้าทายที่กำลังพิจารณาอยู่กับความท้าทายอื่นๆ โดยสร้างตัวแปรเพิ่มเข้ามาในระบบอีกหนึ่งตัวคือจำนวนครั้งที่ได้รับการโหวดให้เกิดความท้าทายในระดับที่สูงขึ้นหรือต่ำลงเมื่อเทียบกับความท้าทายที่กำลังพิจารณาอยู่ (ความท้าทายในระดับที่สูงขึ้นจะมีค่าความยากที่เพิ่มขึ้น และความท้าทายในระดับที่ต่ำลงจะมีค่าความยากที่ลดลง) ซึ่งเราเรียกค่านี้ว่าคะแนนของความท้าทายที่จะเกิดขึ้นในเวลาถัดไป (Cv: Challenge Vote) โดยที่การโหวดนั้นทำได้จากการพิจารณาระดับความท้าทายที่น่าจะสามารถเล่นได้ซึ่งมีค่าเป็นบวก ลบ หรือศูนย์ ตัวอย่างเช่นถ้าค่า CR เป็นค่า -2 นั่นหมายความว่าจะสามารถโหวดคะแนนให้กับความท้าทายที่มีค่าความยากลดลงได้ไม่เกิน |CR| * CL หน่วย เรียกการโหวดในลักษณะนี้ว่าการโหวดไปข้างหลัง แสดงดังรูปที่ 6

การโหวดหนึ่งครั้งจะมีคะแนนเป็นค่าใดๆที่ผู้ออกแบบเกมสามารถกำหนดได้ เรียกว่าค่าโหวดแฟกเตอร์ (VF: Vote Factor) จากรูปที่ 6 มีค่า CL = 1 และค่า VF = 1

ขั้นตอนของการคำนวณค่าความน่าจะเป็นในการเกิดความท้าทายในฉากถัดไปมีดังต่อไปนี้



รูปที่ 6. ตัวอย่างการโหวดคะแนน จะเห็นว่าความท้าทายที่เกิดขึ้นในฉากใหม่มีค่าความยากลดลง

- กำหนดค่าความน่าจะเป็นเริ่มต้นในการใช้ทักษะเล่นผ่านให้มีค่าเป็น 1/2
- กำหนดค่าน้ำหนักของทักษะที่จะเกิดขึ้นในระดับแรกเท่ากับ 1
- นำผลลัพธ์ที่ได้จากการเล่นมาคำนวณน้ำหนักของการเกิดความท้าทายในฉากถัดไป โดยพิจารณาจากความสัมพันธ์ของความน่าจะเป็นในการเกิดความท้าทาย c ในฉากถัดไป (Challenge Probability) กับผลลัพธ์ต่างๆที่ได้จากการเล่นทั้ง 3 ข้อดังกล่าว
- เนื่องจากคะแนนของความท้าทายใดๆที่จะเกิดขึ้นในฉากถัดไปนั้น เป็นอัตราส่วนผกผันของระดับความท้าทายที่น่าจะสามารถเล่นได้ มีผลโดยอ้อมกับการเกิดความท้าทายในฉากถัดไป ดังนั้นจึงทำการคำนวณค่าน้ำหนักที่ได้จากการให้คะแนนก่อน แล้วนำไปเฉลี่ยกับอัตราส่วนผกผันของระดับความท้าทายที่น่าจะสามารถเล่นได้ ได้เป็นน้ำหนักเฉลี่ยสำหรับการเกิดความท้าทายที่น่าจะสามารถเล่นได้ในฉากถัดไป การคำนวณนั้นเป็นดังรูปที่ 7

$$W = ((Cv' / Tv') + |1/CR|) / 2 \; ; CR \neq 0$$

$$W = (Cv' / Tv' + 1) / 2 \qquad ; CR = 0 \quad (8)$$

โดยที่ W คือค่าน้ำหนักในการเกิดความท้าทายที่น่าจะเล่นได้ในฉากถัดไป (Weight)

Cv'(c) คือคะแนนของความท้าทาย c ที่จะเกิดขึ้นในฉากถัดไป (Challenge Vote)

Tv' คือคะแนนรวมของความท้าทาย ที่จะเกิดขึ้นในฉากถัดไป (Total Vote)

รูปที่ 7. ค่าน้ำหนักในการเกิดความท้าทาย

- สำหรับค่าความน่าจะเป็นในการใช้ทักษะเล่นผ่านซึ่งมีผลโดยตรงกับการเกิดความท้าทายในฉากถัดไป และแปรผันตามกันนั้น สามารถ

นำมาใช้คำนวณค่าได้เลยโดยนำค่าความน่าจะเป็นในการใช้ทักษะเล่นผ่านไปคูณกับค่าน้ำหนักเฉลี่ยที่ได้ แสดงดังรูปที่ 8

$$Cp' = Sp * W \quad (9)$$

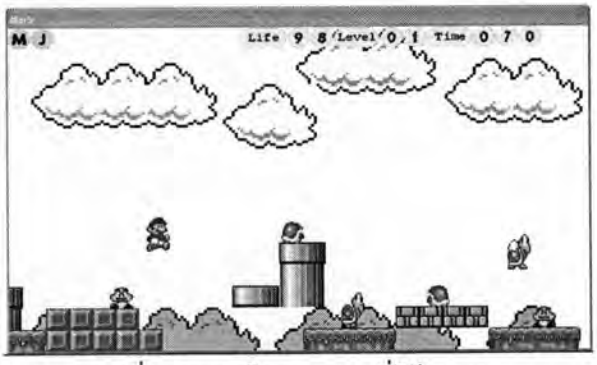
รูปที่ 8. ค่าความน่าจะเป็นในการเกิดความท้าทายใดๆในฉากถัดไป

3. การทดลอง

ให้ผู้ทดสอบจำนวน 20 คนทำการเล่นเกมที่มีฉากไม่ปรับเปลี่ยนและเกมที่มีฉากปรับเปลี่ยนโดยใช้แบบจำลองนี้สลับกันอย่างละ 10 ฉากโดยที่ผู้เล่นไม่ทราบ แล้วให้ผู้เล่นเปรียบเทียบผลการเล่นของตนเองผ่านแบบสอบถามดังแสดงในตารางที่ 1

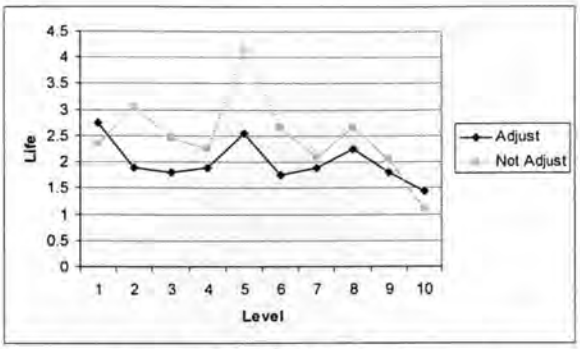
ตารางที่ 1 ข้อมูลการเปรียบเทียบผลการเล่นของผู้เล่น

เกมที่มีการปรับสภาพฉากและไม่มีการปรับสภาพฉาก	ปรับ	ไม่ปรับ
ค่าเฉลี่ยของระดับความยากง่าย		
ง่ายมาก (1) – ง่าย (2) – ปานกลาง (3) – ยาก (4) – ยากมาก (5)	2.5	
การผ่านด่านแต่ละด่านในเกม (มีหน่วยเป็นจำนวนคนที่ออกความเห็น)		
ใช้ความสามารถในการเล่นอย่างมาก	2	2
ใช้ความสามารถในการเล่นมากขึ้นๆ	2	5
ใช้ความสามารถในการเล่นคงที่	**10**	7
ใช้ความสามารถในการเล่นมากขึ้นหรือน้อยลงก็ได้	6	7
เมื่อเล่นผ่านจุดที่ยากมากๆไปแล้วก็จะมาเจอจุดที่ยากกว่าหรือเหมือนเดิมอีกในด่านถัดไป	6	**10**
เมื่อเล่นผ่านจุดที่ยากมากๆไปแล้วก็จะไม่เจอจุดที่ยากกว่าหรือเหมือนเดิมอีกในด่านถัดไป	**11**	3
จะมีจุดที่เล่นผ่านได้ยากมากๆในทุกๆด่าน	0	2
ไม่มีจุดที่เล่นผ่านได้ยากมากๆในทุกๆด่านเลย	10	7
ผลสรุปโดยรวมของการเล่นผ่านด่านแต่ละด่าน		
เล่นได้ยากกว่า (จำนวนคนที่ออกความเห็น)	8	**15**
ใช้จำนวนตัวผู้เล่น (จำนวนตัวผู้เล่นที่ใช้ไปจากการเล่น)	401	**496**



รูปที่ 9. ภาพหน้าจอของเกมที่ใช้ทดสอบ

จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าเกมที่มีฉากปรับเปลี่ยนโดยใช้แบบจำลองของระบบต้นแบบนั้นสามารถปรับเปลี่ยนและสร้างฉากให้เหมาะสมกับความสามารถของผู้เล่นได้จริง ซึ่งสังเกตได้จากการเล่นเกมที่มีจุดใดๆในฉากที่ผู้เล่นเล่นผ่านได้ยากมากนั้นจะไม่เกิดซ้ำขึ้นอีกในฉากถัดไป ดังนั้นผู้เล่นจึงรู้สึกว่าตนเองนั้นใช้ความสามารถในการเล่นคงที่ ประกอบกับผลการเล่นเกมจริงซึ่งได้มีการบันทึกสถิติการเล่นของผู้เล่นแต่ละคนไว้พบว่ามีความสอดคล้องกัน โดยที่จำนวนตัวละครผู้เล่นและเวลาที่ถูกใช้ไปสำหรับการเล่นผ่านฉากแต่ละฉากในเกมที่มีฉากปรับเปลี่ยนโดยใช้แบบจำลองนั้นจะมีค่าที่ต่างกันไม่มาก (Smooth Curve) เมื่อเปรียบเทียบกับการเล่นผ่านฉากแต่ละฉากในเกมที่มีฉากไม่ปรับเปลี่ยนแสดงดังรูปที่ 10 แต่ทั้งนี้เนื่องจากเป็นการทดสอบเล่นเกมจำนวน 10 ฉากเท่านั้นผู้เล่นจึงหืนว่าฉากที่ถูกสร้างขึ้นมาให้ผู้เล่นได้เล่นนั้นมีความยากที่ยังน้อยไป



รูปที่ 10. จำนวนตัวผู้เล่นที่ใช้สำหรับผ่านฉากแต่ละฉาก

4. บทสรุปและแนวทางการทำวิจัยต่อ

จากผลการทดลองพบว่าเกมที่มีฉากปรับเปลี่ยนโดยใช้แบบจำลองของระบบต้นแบบนี้สามารถปรับเปลี่ยนและสร้างฉากให้เหมาะสมกับความสามารถของผู้เล่นได้จริง และสามารถนำไปพัฒนาเพิ่มเติมได้ เช่นการปรับค่าตัวแปรอิสระต่างๆให้เหมาะสมหรือการกำหนดสมการที่ใช้ในการปรับค่าน้ำหนักในการเกิดความท้าทายที่น่าจะเล่นได้ในฉากถัดไป (Weight) เพื่อให้เห็นผลการปรับอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น นอกจากนี้การให้ความสำคัญในเรื่องความหลากหลายของเส้นทางและความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันของฉาก (Path & Theme) เช่นการสร้างฉากให้มีท่อที่สามารถมุดลงไปได้แล้วไปโผล่ในที่อื่นๆได้ ก็มีผลต่อความสมบูรณ์ของเกมที่จะใช้แบบจำลองนี้

สำหรับแนวทางที่ผู้วิจัยสนใจจะทำต่อจากปัจจุบันคือการปรับปรุงการสร้างฉากตามชนิดความท้าทายที่คล้ายคลึงกัน ปัจจุบันความท้าทายหนึ่งๆสามารถให้คะแนนความท้าทายอื่นๆที่อาจมีลักษณะการเล่นไม่เหมือนกันได้ เพราะให้คะแนนตามเกณฑ์คะแนนพื้นฐานที่กำหนดไว้เท่านั้น การจัดกลุ่มของความท้าทายที่คล้ายคลึงเข้าไว้ด้วยกันจะทำให้ความท้าทายชนิดเดียวกันสามารถให้คะแนนกันได้ ซึ่งจะส่งผลให้ปรับปรุงฉากได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยซึ่งได้รับทุนวิจัยจากโครงการสนับสนุนทุนนักวิจัยใหม่ (วท.) ศูนย์ประสานงานนักเรียนทุนรัฐบาลทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Tom M. Mitchell, Machine Learning, McGraw – Hill, International Edition 1997, ISBN: 0-07-042807-7
[2] Richard S. Sutton and Andrew G. Barto, Reinforcement Learning (An Introduction), The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London, England, 1998, ISBN: 0-262-19398-1
[3] Gustavo Andrade, Geber Ramalho, Hugo Santana, and Vincent Corruble, Challenge-Sensitive Action Selection: an Application to Game Balancing, Proceedings of the 2005 IEEE/WIC/ACM International Conference on Intelligent Agent Technology (IAT'05), 0-7695-2416-8/05
[4] Pieter Spronck, Marc Ponsen, Ida Sprinkhuizen-Kuyper and Eric Postma, Adaptive Game AI with Dynamic Scripting, Kluwer Academic Publishers 2005, Netherlands
[5] Randy J. Pagulayan, Kevin Keeker, Dennis Wixon, Ramon L. Romero, and Thomas Fuller, User-centered Design in Games, Microsoft Corporation, Handbook for Human-Computer Interaction in Interactive Systems, 2003, Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
[6] Staffan Björk and Jussi Holopainen, Patterns in Game Design, Charles River Media, Inc., 2005, ISBN: 1-58450-354-8
[7] Sweetser, P. & Wiles, J., Scripting versus Emergence: Issues for Game Developers and Players in Game Environment Design, International Journal of Intelligent Games and Simulations 4 (1) 2005, pp. 1-9
[8] Tracy Fullerton, Christopher Swain and Steven Hoffman, Game Design Workshop: Designing, Prototyping, and Playtesting Games, CMP Books, 2004, ISBN: 1-57820-222-1
[9] Jonathan Sykes and Melissa Federoff, Player-Center Game Design, ACM, CHI 2006: 1731-1734
[10] Randy J. Pagulayan, Kevin Keeker, Dennis Wixon, Ramon L. Romero, and Thomas Fuller, User-centered Design in Games, Microsoft Corporation, Handbook for Human-Computer Interaction in Interactive Systems, 2003, Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
[11] Staffan Björk and Jussi Holopainen, Patterns in Game Design, Charles River Media, Inc., 2005, ISBN: 1-58450-354-8

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวจริยา กำเหนิดนนท์ เกิดเมื่อวันที่ 23 สิงหาคม พ.ศ. 2518 เป็นบุตรคนแรกของนายจำนง กำเหนิดนนท์ และนางยาใจ กำเหนิดนนท์ ในจำนวนบุตรทั้งหมด 3 คน สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษาจากโรงเรียนปานะพันธุ์วิทยาในพระบรมราชูประถัมภ์ และระดับมัธยมศึกษาที่โรงเรียนสตรีวิทยา 2 ในพระราชูประถัมภ์ของสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนีมีความสนใจและชื่นชอบวิชาคณิตศาสตร์เป็นพิเศษ ประกอบกับได้รับการสั่งสอนวิชาคณิตศาสตร์จากอาจารย์เจตน์ รัตนสถิต จึงทำให้มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาที่ซับซ้อนได้อย่างดี และมีพื้นฐานทางด้านคณิตศาสตร์อยู่ในเกณฑ์ดี ต่อมาจึงได้เข้าศึกษาระดับอุดมศึกษาที่สถาบันเทคโนโลยีเจ้าคุณทหารลาดกระบังในสาขาวิชาคณิตศาสตร์ประยุกต์ ของภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ ที่มีหลักสูตรการเรียนวิชาทางคณิตศาสตร์ครึ่งหนึ่งและวิชาทางคอมพิวเตอร์ครึ่งหนึ่ง ระหว่างที่ศึกษาอยู่นั้นได้ซึมซับแนวทางทางความคิด และการใช้เหตุผลจากการเข้าใจธรรมชาติของคณิตศาสตร์จาก รศ.ดร. ไมตรี โพธิ์สุข

ต่อมาได้สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิตในปีพ.ศ. 2542 และได้รับเลือกให้เข้าทำงานในตำแหน่งผู้พัฒนาเว็บ รับผิดชอบงานในส่วนของการเขียนโปรแกรมเกมบนเว็บเบราว์เซอร์ จากนั้นได้ย้ายที่ทำงานและเปลี่ยนตำแหน่งงานเป็นวิศวกรซอฟต์แวร์ ได้รับมอบหมายให้ออกแบบและพัฒนาซอฟต์แวร์โดยใช้เทคโนโลยีเชิงวัตถุเป็นหลัก ซึ่งผลงานที่ทำได้สำเร็จเป็นที่พอใจต่อหัวหน้างาน จึงทำให้ได้รับเลื่อนตำแหน่งขึ้นเรื่อยๆ จนมาถึงตำแหน่งผู้จัดการทางด้านด้านเทคนิคเป็นตำแหน่งสุดท้ายก่อนตัดสินใจลาออกจากงานเพื่อเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญามหาบัณฑิตสาขาวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในปีพ.ศ. 2548