

เกมและสถานการณ์จำลองเพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้เกี่ยวกับมูลค่าบริการของระบบนิเวศ และความหลากหลายทางชีวภาพในพื้นที่ถ้าเขาช้างหาย จังหวัดตรัง

ณกุลกานต์ สิงห์เหาะ¹, พิณอัญญา เตชะธนะชัย¹, ชินพัฒน์ สะตะ¹, ภูมิพัฒน์ ศรีเสวก¹,
พิชญดา เตียวเจริญ¹, และ พงษ์ชัย ดำรงโรจน์วัฒนา^{1,2*}

¹ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330 ประเทศไทย

²ศูนย์เครือข่ายการเรียนรู้เพื่อภูมิภาค จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330 ประเทศไทย

* Corresponding author: pongchai.d@chula.ac.th

บทคัดย่อ

ถ้าเขาช้างหาย จังหวัดตรัง มีความสำคัญในด้านบริการของระบบนิเวศ โดยเฉพาะเศรษฐกิจท้องถิ่น อย่างไรก็ตาม ประชาชนในพื้นที่ยังคงขาดความตระหนักรู้เกี่ยวกับคุณค่าของระบบนิเวศดังกล่าว ดังนั้น การสร้างเครื่องมือเพื่อส่งเสริมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้เกี่ยวกับคุณค่าของบริการระบบนิเวศนี้จึงมีความจำเป็น โดยเกมและสถานการณ์จำลองถือเป็นหนึ่งในเครื่องมือที่สามารถนำมาใช้เพื่อช่วยให้เกิดความเข้าใจถึงความซับซ้อนของระบบนิเวศมากยิ่งขึ้น การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเกมและสถานการณ์จำลองที่เป็นตัวแทนของระบบนิเวศถ้าเขาช้างหายข้างต้น เพื่อนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการแลกเปลี่ยนเรียนรู้เกี่ยวกับบริการของระบบนิเวศ มูลค่าบริการของระบบนิเวศ และความหลากหลายทางชีวภาพ กระบวนการสร้างแบบจำลองประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 3 ขั้นตอน ได้แก่ การกำหนดวัตถุประสงค์และสร้างแผนภาพตัวแทนระบบ การสร้างแบบจำลองและแบบทดสอบความรู้ก่อนและหลังการใช้แบบจำลอง และการทดสอบเบื้องต้นร่วมกับนิสิตระดับปริญญาตรีและปริญญาโท ผู้วิจัยได้สร้างเกมและสถานการณ์จำลองในรูปแบบบอร์ดเกมโดยประยุกต์ใช้แนวคิดจากเกมเศรษฐี อุปกรณ์ประกอบด้วยบอร์ดเกมที่มีช่องทำกิจกรรมต่าง ๆ การ์ดความหลากหลาย การ์ดกิจกรรม ใบความรู้ และแบบทดสอบวัดความรู้ เกมนี้เหมาะสำหรับผู้เล่น 4-6 คนต่อกลุ่ม ใช้เวลาเล่นประมาณ 50 นาที ผลการทดสอบกับนิสิตจำนวนทั้งสิ้น 3 ครั้ง พบว่าเกมนี้สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ได้ และมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเพื่อปรับปรุงเกม หลังจากนั้นผู้วิจัยจะนำแบบจำลองนี้ไปใช้กับกลุ่มผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในพื้นที่ ได้แก่ ชาวบ้าน องค์การบริหารส่วนตำบล นักเรียน ครู และนักท่องเที่ยว เพื่อส่งเสริมความเข้าใจเกี่ยวกับคุณค่าบริการของระบบนิเวศ และหาแนวทางการอนุรักษ์ระบบนิเวศถ้าเขาช้างหายอย่างมีส่วนร่วมต่อไป

คำสำคัญ: การอนุรักษ์ / ความหลากหลายทางชีวภาพ / แบบจำลอง / มูลค่าบริการของระบบนิเวศ / ระบบนิเวศถ้า

Gaming and Simulations for Collective Learning on the Value of Ecosystem Services and Biodiversity at Khao Chang Hai Cave, Trang Province

Nakulkan Singhoah¹ Pinanyar Teachatanachai¹ Chinnapat Sata¹ Poomipat Sreesawake¹

Phichayada Teawchalearn¹, and Pongchai Dumrongrojwatthana^{1,2*}

¹ Department of Biology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand.

² Center of Learning Network for the region, Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand.

*Corresponding author: pongchai.d@chula.ac.th

Abstract

Khao Chang Hai Cave, Trang Province, is importance area for ecosystem services, particularly local economy. However, the local people still unaware of the value of this ecosystem. Consequently, it is necessary to create a tool for collective learning on the value of ecosystem services provided by this cave ecosystem. Gaming and simulations have been proved to be used to enhance understanding of a complex ecosystems. Therefore, this study aims to create a gaming and simulation that represents the cave ecosystem mentioned earlier. It will be used as a tool for knowledge sharing about ecosystem services, value of ecosystem services, and biodiversity found around the cave ecosystem. The modelling process consists of three main steps: defining objectives and creating a conceptual diagram, constructing the model along with pre- and post- tests, and conducting an initial trial with undergraduate and graduate students. A gaming and simulation was created in form of a board game inspired by the Monopoly game concept. The equipment includes a game board with activity spaces, diversity cards, activity cards, informational documents, and pre- and post- tests. This game is suitable for 4-6 players per group and requires approximately 50 minutes to complete. Preliminary testing results with three student groups showed that the game can serve as a tool for shared learning. Suggestions to improve the game were provided. For future studies, participatory gaming and simulation field workshops will be conducted with local stakeholders, including villagers, staffs from subdistrict administrative organization, students, teachers, and tourists, to facilitate mutual understanding about the value of ecosystem services and biodiversity in this cave ecosystem, as well as co-identify sustainable conservation strategies.

Keywords: Biodiversity / Cave ecosystem / Conservation / Model / Value of ecosystem services

1. บทนำ

ระบบนิเวศเขาดินพูนมีลักษณะภูมิประเทศเป็นเนินเขาสูงชัน เกิดจากการกัดเซาะของน้ำบนดินพูน ทำให้เกิดถ้ำและพื้นที่ต่าง ๆ ที่มีคุณลักษณะเฉพาะ ระบบนิเวศนี้มีความสำคัญทั้งในด้านสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรน้ำ โดยเฉพาะแหล่งน้ำใต้ดินในพื้นที่เขาดินพูนที่มีคุณภาพดีและเป็นแหล่งน้ำสำคัญสำหรับประชากรหลายประเทศ [1] นอกจากนี้ ระบบนิเวศเขาดินพูนยังประกอบด้วยป่าไม้ที่สำคัญ โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีฝนตกชุก ป่าไม้ในพื้นที่เหล่านี้มักประกอบด้วยพืชที่มีการปรับตัวพิเศษ เช่น การพัฒนารากลึกเพื่อดูดซับแร่ธาตุจากดินที่มีแคลเซียมสูง การกักเก็บน้ำในลำต้น และการปรับโครงสร้างทางสัณฐานวิทยาเพื่อให้สามารถทนทานต่อความแห้งแล้งและดินที่ขาดธาตุอาหาร [2]

นอกจากนี้ ลักษณะเด่นของระบบนิเวศเขาดินพูนคือการมีระบบนิเวศถ้ำ ซึ่งเกิดจากการกัดเซาะของน้ำบนดินพูน พื้นที่ภายในถ้ำมีลักษณะทางกายภาพและชีวภาพที่แตกต่างจากภายนอก เช่น ขาดแสงสว่าง อุณหภูมิคงที่ตลอดทั้งปี และความชื้นสูง สิ่งมีชีวิตในถ้ำต้องปรับตัวให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่มืดและแหล่งอาหารที่จำกัด เช่น ค้างคาวที่ใช้การสะท้อนเสียงหรือสัตว์น้ำจืดที่สามารถดำรงชีวิตในที่มืด ระบบนิเวศถ้ำจึงมีห่วงโซ่อาหารที่จำกัดและซับซ้อน [3] ความเปราะบางของระบบนิเวศถ้ำทำให้เสี่ยงต่อการถูกทำลายจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การท่องเที่ยวที่ขาดการควบคุม หรือการขาดมาตรการในการดูแลพื้นที่ ซึ่งอาจทำลายโครงสร้างทางกายภาพของถ้ำและที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตภายใน

พื้นที่ถ้ำเขาดินพูน ตำบลนาหมื่นศรี อำเภอเมืองตรัง จังหวัดตรัง เป็นหนึ่งในระบบนิเวศที่มีลักษณะดังกล่าว โดยมีพื้นที่ประมาณ 95 ไร่ และเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่ได้รับความนิยมสูงในจังหวัดตรัง มีนักท่องเที่ยวจำนวนมากมาเยือนในแต่ละปี ซึ่งสร้างรายได้ให้กับชุมชนท้องถิ่น ถ้ำเขาดินพูนยังเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตที่หายากและเฉพาะถิ่นหลายชนิด จึงเป็นแหล่งอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพที่สำคัญ โดยมีสัตว์ต่าง ๆ เช่น มด แมงมุม ไร กิ้งกือ ค้างคาว แมลงหางดีด ค้างคาว หอย และแมงกระดานถ้ำ ดังนั้น การอนุรักษ์พื้นที่นี้จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อรักษาความหลากหลายทางชีวภาพและลักษณะเฉพาะของระบบนิเวศนี้ให้ยั่งยืน โดยต้องเริ่มต้นจากการให้ความรู้แก่ประชาชนในพื้นที่เกี่ยวกับคุณค่าและมูลค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์ของระบบนิเวศ เพื่อเสริมสร้างความรักและความหวงแหนในทรัพยากรธรรมชาติ พร้อมทั้งส่งเสริมการร่วมมือในการอนุรักษ์ให้เกิดผลยั่งยืนในระยะยาว ทั้งนี้ จากการศึกษาเบื้องต้น พบว่าประชาชนในพื้นที่รอบถ้ำเขาดินพูนยังขาดความรู้และความตระหนักถึงความสำคัญและคุณค่าของระบบนิเวศถ้ำและพื้นที่โดยรอบ จึงควรมีการให้ความรู้แก่ประชาชนและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกลุ่มต่าง ๆ

แบบจำลองเชิงบูรณาการในรูปแบบเกมและสถานการณ์จำลอง (gaming and simulation) เป็นเครื่องมือหนึ่งที่มีความเหมาะสมสำหรับการแลกเปลี่ยนเรียนรู้เกี่ยวกับคุณค่าบริการของระบบนิเวศ โดยมีงานวิจัยที่แสดงให้เห็นว่าเกมและสถานการณ์จำลองช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ผ่านการสร้างภาพความเข้าใจระบบร่วมกัน (common representation) โดยการบูรณาการองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และศาสตร์อื่น ๆ และช่วยให้ผู้มีส่วนร่วมสามารถตัดสินใจในการแก้ปัญหาของระบบนิเวศที่ซับซ้อนได้ [4] ในประเทศไทยมีตัวอย่างการใช้เกมและสถานการณ์จำลองในการเรียนรู้และจัดการทรัพยากรธรรมชาติอย่างมีส่วนร่วม เช่น การใช้แบบจำลองเชิงบูรณาการเพื่อเรียนรู้บริการของระบบนิเวศป่าปลูกในจังหวัดน่าน ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การใช้แบบจำลองเชิงบูรณาการในรูปแบบเกมและสถานการณ์จำลองช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้ และวางแผนการจัดการทรัพยากรร่วมกันได้อย่างชัดเจน โดยการจำลองสถานการณ์ทำให้ผู้เข้าร่วมได้รับความรู้เกี่ยวกับบริการของระบบนิเวศในป่าปลูก และเข้าใจบทบาทของป่าปลูกเมื่อมีการจัดการที่เหมาะสม ส่งผลให้เกิดแผนการดูแลและการใช้ประโยชน์ป่าปลูกที่มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นในอนาคต [5]

จากความจำเป็นในการแลกเปลี่ยนเรียนรู้และศักยภาพในการใช้เกมและสถานการณ์จำลองดังกล่าวข้างต้น การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเกมและสถานการณ์จำลองที่เป็นตัวแทนของระบบนิเวศถ้ำเขาดินพูน เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการ

แลกเปลี่ยนเรียนรู้เกี่ยวกับความสำคัญของการให้บริการของระบบนิเวศ และนำเสนอมูลค่าที่เกิดจากระบบนิเวศดังกล่าว รวมถึงความหลากหลายทางชีวภาพในพื้นที่ โดยเกมที่พัฒนาขึ้นจะถูกนำไปใช้ร่วมกับประชาชนและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ที่เขาช้างหาย ตลอดจนนำไปประยุกต์ใช้กับหน่วยงานที่สนใจต่อไปในอนาคต

2. วัตถุประสงค์

เพื่อสร้างเกมและสถานการณ์จำลองสำหรับการแลกเปลี่ยนเรียนรู้เกี่ยวกับบริการของระบบนิเวศ มูลค่าบริการของระบบนิเวศ และความหลากหลายทางชีวภาพในพื้นที่ที่เขาช้างหาย จังหวัดตรัง

3. ขอบเขตการศึกษา

งานวิจัยนี้เป็นการสร้างแบบจำลองในรูปแบบเกมและสถานการณ์จำลองที่สามารถใช้แลกเปลี่ยนเรียนรู้เกี่ยวกับคุณค่าและมูลค่าบริการของระบบนิเวศ และความหลากหลายชนิดของสิ่งมีชีวิตที่พบได้ในพื้นที่ที่เขาช้างหาย และการทดสอบเบื้องต้นเพื่อปรับปรุงเกม โดยมีขอบเขตของการศึกษาดังนี้

1. ขอบเขตพื้นที่: สร้างเกมและสถานการณ์จำลองที่เป็นตัวแทนของระบบนิเวศที่เขาช้างหาย
2. ขอบเขตตัวอย่างในการทดสอบแบบจำลอง: ทดสอบกับตัวแทนนิสิตจากภาควิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. วิธีการศึกษา

4.1 กำหนดวัตถุประสงค์และสร้างแผนภาพตัวแทน

ผู้วิจัยได้กำหนดวัตถุประสงค์ของเกมนี้ โดยใช้เพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้เกี่ยวกับคุณค่าและมูลค่าบริการของระบบนิเวศ และความหลากหลายทางชีวภาพของระบบนิเวศที่เขาช้างหาย หลังจากนั้นจึงสร้างแผนภาพตัวแทนของระบบในรูปแบบ Unified Modeling Language (UML) diagram ซึ่งเป็นขั้นตอนเริ่มต้นในการแสดงปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับทรัพยากรภายในระบบ (actors and resources) ก่อนนำไปสู่การพัฒนาแบบจำลองตามแนวทางแบบจำลองเพื่อนคู่คิด (Companion Modelling) [6, 7] ซึ่งเป็นแนวคิดการสร้างแบบจำลองเชิงบูรณาการแบบมีส่วนร่วมที่เปิดโอกาสให้ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องแลกเปลี่ยนความรู้ผ่านกิจกรรมต่าง ๆ มองเห็นภาพรวมของพลวัตของระบบ และสนับสนุนการตัดสินใจใช้ทรัพยากรอย่างยั่งยืน จากนั้น จึงทำการรวบรวมข้อมูลจากภาคสนาม การสัมภาษณ์ และข้อมูลทุติยภูมิ เพื่อประกอบการสร้างแบบจำลอง

4.2 การสร้างแบบจำลองและแบบทดสอบความรู้

สร้างเกมและสถานการณ์จำลองในรูปแบบกระดานเกม โดยประยุกต์หลักการแนวคิดจากเกมเศรษฐกิจซึ่งเป็นเกมที่นิยมและเข้าใจง่าย และออกแบบเกมเพื่อส่งเสริมให้เกิดการพูดคุยกัน โดยอ้างอิงผลการดำเนินกิจกรรมในเกมตามข้อมูลจากภาคสนาม การสัมภาษณ์ และข้อมูลจากงานวิจัยอื่น ๆ กำหนดวิธีการใช้แบบจำลอง รวมทั้งกฎและกติกาต่าง ๆ รวมทั้งสร้างแบบทดสอบความรู้ก่อนและหลังการใช้แบบจำลองเพื่อวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ที่ได้จากการใช้แบบจำลอง

4.3 การทดสอบเกมและสถานการณ์จำลองเบื้องต้น

การทดสอบเกมและสถานการณ์จำลองที่พัฒนาขึ้นได้ดำเนินการร่วมกับนิสิตภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 3 ครั้ง โดยมีผู้ร่วมทดสอบ 7 คน 6 คน และ 8 คน ตามลำดับ การเลือกกลุ่มตัวอย่างนี้ เนื่องจากนิสิตภาควิชาชีววิทยามีพื้นฐานความรู้ด้านระบบนิเวศและความหลากหลายทางชีวภาพ จึงเป็นกลุ่มตัวอย่างที่มีความเหมาะสมในการทดสอบเกมที่เกี่ยวข้องกับประเด็นดังกล่าว อีกทั้งยังมีทักษะในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์และการประเมินผล ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลและผลลัพธ์ที่ปรากฏภายในเกม

หลังการทดสอบ ได้มีการสอบถามและอภิปรายในประเด็นต่าง ๆ เพื่อนำไปปรับปรุงแบบจำลอง เช่น การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล การวิเคราะห์ผลในคอมพิวเตอร์เพื่อให้สามารถแสดงผลได้อย่างถูกต้อง ระยะเวลาในการใช้แบบจำลองมีความสอดคล้องกับเวลาที่กำหนด การปรับความยากและความซับซ้อนของเกมเพื่อให้ผู้เล่นสามารถเข้าใจได้ง่ายขึ้น รวมทั้งการระบุปัญหาที่เกิดขึ้นและการปรับแก้ตัวเลขต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น รายได้ รายจ่าย และผลตอบแทน เพื่อไม่ให้คลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงมากเกินไป เป็นต้น หลังจากนั้น ผู้วิจัยได้มีการปรับแก้แบบจำลองเพื่อเตรียมนำไปใช้จริงร่วมกับตัวแทนชาวบ้าน นักเรียน อบต. และนักท่องเที่ยวในพื้นที่ต่อไป

5. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

5.1 เกมและสถานการณ์จำลอง

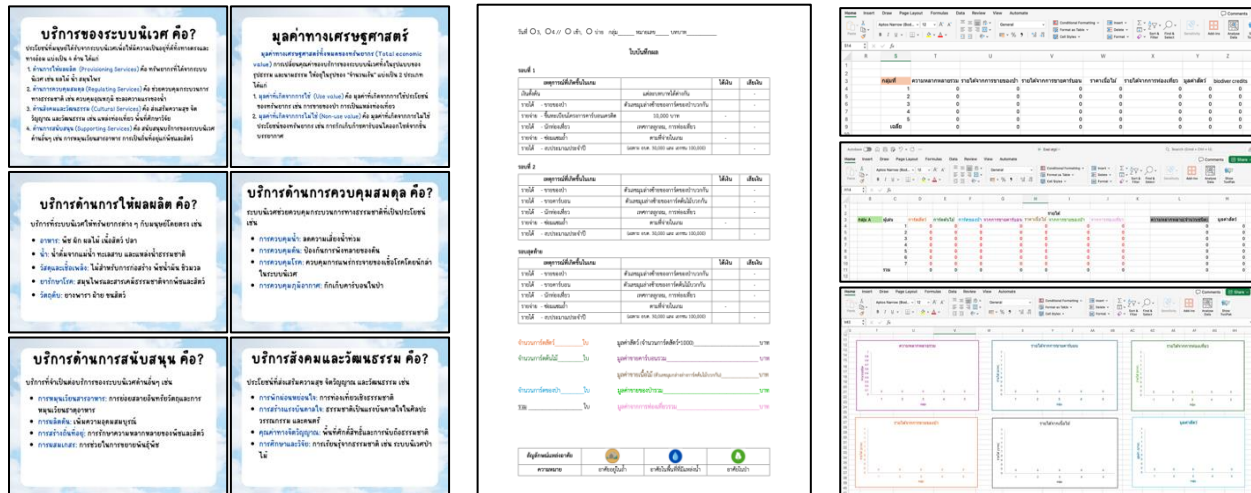
แนวคิดการออกแบบ: เกมนี้ได้มีการใช้แนวคิดต่าง ๆ มาประกอบการออกแบบ ได้แก่ การอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ บริการของระบบนิเวศ การประเมินมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ การบวกรบบนิเวศและผลกระทบย้อนกลับ การมีส่วนร่วม การแลกเปลี่ยนเรียนรู้แบบคอนสตรัคติวิสต์ (constructivism) และการจัดการทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืน

แผนภาพตัวแทนระบบ (conceptual model): แผนภาพตัวแทนระบบแสดงปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้มีส่วนเกี่ยวข้องและทรัพยากรในพื้นที่ถ้ำสะท้อนถึงการเชื่อมโยงระหว่างมนุษย์และระบบนิเวศแสดงดังรูปที่ 1 โดยนักท่องเที่ยวมีบทบาทในการกระตุ้นเศรษฐกิจท้องถิ่นผ่านการใช้จ่าย พ่อค้าแม่ค้าผลิตและจำหน่ายสินค้า ครูให้ความรู้แก่นักเรียน ซึ่งสามารถส่งต่อความรู้ไปยังผู้ปกครอง และชาวบ้านใช้ทรัพยากรธรรมชาติในการดำรงชีวิตและแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ระหว่างกัน ส่วนองค์การบริหารส่วนตำบล (SAO: Subdistrict Administrative Organization) มีบทบาทในการกำหนดนโยบายและบริหารจัดการถ้ำ ซึ่งระบบนิเวศถ้ำเขาช้างหายมีความหลากหลายทางชีวภาพและบริการระบบนิเวศหลายด้าน เช่น การกักเก็บคาร์บอนจากป่าไม้และการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ อย่างไรก็ตาม กิจกรรมมนุษย์ เช่น การท่องเที่ยวและการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ อาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสัตว์ คาร์บอนไดออกไซด์จากกิจกรรมต่าง ๆ ยังมีผลกระทบต่อภาวะโลกร้อน การประเมินมูลค่าบริการระบบนิเวศทั้งทางตรงและทางอ้อมสะท้อนถึงความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติทั้งในด้านเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม ซึ่งจำเป็นต้องมีการบริหารจัดการอย่างยั่งยืนเพื่อรักษามูลค่าในระยะยาว

องค์ประกอบเกม: องค์ประกอบของเกมหลังพัฒนาและปรับแก้ มีดังนี้ (รูปที่ 2)

กระดานเกมและพื้นที่ตัวแทนพื้นที่ถ้ำและพื้นที่รอบ ๆ ประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ แผนที่พื้นที่ถ้ำเขาช้างหาย จังหวัดตรัง และช่องกิจกรรมหลัก รวมทั้งสิ้น 26 ช่อง ซึ่งประกอบด้วยกลุ่มกิจกรรมที่เป็นผลกระทบจากมนุษย์ ผลกระทบจากการจัดการพื้นที่ ผลกระทบจากธรรมชาติ กลุ่มคำถาม และกลุ่มเบ็ดเตล็ด ซึ่งแต่ละช่องจะมีเหตุการณ์สมมติหรือกิจกรรมที่ให้ผู้เล่นเกมปฏิบัติต่างกันไป รวมทั้งมีพื้นที่สำหรับวางการ์ดความหลากหลาย ได้แก่ การ์ดสัตว์ การ์ดต้นไม้ และการ์ดของป่า ซึ่งจะเป็นตัวแทนของทรัพยากรที่พบ

รูปที่ 2 กระดานเกม ตัวอย่างการวัดความหลากหลายและการดักจิ้งจรม ใบความรู้ ใบบันทึกผลข้อมูล และไฟล์บันทึกข้อมูลและผลลัพธ์



รูปที่ 2 กระดานเกม ตัวอย่างการวัดความหลากหลายและการดกกิจกรรม ใบความรู้ ใบบันทึกผลข้อมูล และไฟล์บันทึกข้อมูลและผลลัพธ์ (ต่อ)

แบบทดสอบความรู้ก่อนและหลังใช้แบบจำลอง แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ 1) คำถามเพื่อประเมินการเรียนรู้เรื่องบริการระบบนิเวศและมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ของบริการระบบนิเวศ 2) คำถามเพื่อประเมินการเรียนรู้เรื่องความหลากหลายทางชีวภาพในพื้นที่ถ้าเขาช้างหาย จังหวัดตรัง 3) คำถามเพื่อวัดความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการทรัพยากรในพื้นที่

ใบบันทึกผลข้อมูล ในแต่ละรอบของการเล่น ผู้เล่นจะได้รับใบบันทึกผลข้อมูล 1 แผ่น ซึ่งประกอบไปด้วยการบันทึกรายรับรายจ่ายในแต่ละรอบปีของเกม รายได้จากการขายของป่า รายได้จากการขายคาร์บอนเครดิต มูลค่าเนื้อไม้ และมูลค่าสัตว์ และจำนวนการวัดความหลากหลายที่ได้รับทั้งหมด

ไฟล์บันทึกข้อมูลและแสดงผลลัพธ์ ไฟล์บันทึกข้อมูลผลการดำเนินเกมและแสดงผลลัพธ์ สร้างขึ้นด้วยโปรแกรม Microsoft Excel ประกอบด้วยส่วนที่ให้ผู้นำเกมในการกรอกข้อมูลผลการเล่นของผู้เล่นแต่ละคนโดยผู้นำเกมจะกรอกข้อมูลจากใบบันทึกผลข้อมูลของผู้เล่นแต่ละคน กรอกลงในเซลล์ที่มีตัวอักษรสีแดง จากนั้นโปรแกรมจะคำนวณผลรวมของแต่ละกลุ่มออกมาโดยอัตโนมัติและแสดงผลในส่วนของผลลัพธ์ต่อไป

อุปกรณ์อื่น ๆ เช่น ใบบันทึกคำตอบและกิจกรรมในแต่ละปีของผู้เล่น เงินปลอม ใบขึ้นโครงการคาร์บอนเครดิต ลูกเต๋า ตัวเดิน กล่องอุปกรณ์ เข็มหมุด เป็นต้น

ขั้นตอนการใช้งาน:

ก่อนเริ่มเกม ผู้ช่วยคุมเกมให้ผู้เล่นทำแบบประเมินความรู้ก่อนเล่นเกม เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นทำการวางการ์ดกิจกรรมและการวัดความหลากหลายลงในช่องบนกระดานเกม รวมทั้งแจกอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้ผู้เล่นตามบทบาทที่กำหนด จากนั้นผู้วิจัยชี้แจงเป้าหมายของเกม โดยแบ่งเป็นเป้าหมายของผู้เล่นแต่ละคน คือ การเก็บรวบรวมการวัดความหลากหลายให้ได้มากที่สุด และเป้าหมายร่วมของผู้เล่นในกลุ่ม คือ การตามหาช้าง ซึ่งจะทำให้ได้โดยการวางลูกบดที่เป็นตัวแทนของสัตว์ลงบนกระดานเกมในพื้นที่ที่เป็นถิ่นอาศัยของสัตว์ชนิดนั้น ๆ บนกระดานมีทั้งหมด 9 บริเวณ ได้แก่ พื้นที่ป่า 2 บริเวณ (ต้องวางให้ครบ 10 ชนิดต่อบริเวณหนึ่ง) และห้องในถ้ำ 7 ห้อง (ต้องวางให้ครบ 3 ชนิดต่อบริเวณหนึ่ง) เมื่อวางสัตว์ครบตามจำนวนในบริเวณใดบริเวณหนึ่ง เช่น ลงสัตว์ครบ 10 ชนิดในพื้นที่ป่า จะได้รับจิกจอร์ข้าง 1 ชิ้น และหากได้รับจิกจอร์ข้างครบ 9 ชิ้น ผู้เล่นจะสามารถตามหาช้างได้สำเร็จ ผู้ชนะในเกมนี้คือ ผู้ที่มีจำนวนการวัดความหลากหลายมากที่สุด เกมนี้ใช้เวลาเล่นประมาณ 1 ชั่วโมง

การเล่นเกมนำเริ่มต้นโดยให้ผู้เล่นวางตัวเดินที่จุดเริ่มต้นและทยอยลูกเต๋าดำเดินไปตามช่องตามคะแนนที่ได้และปฏิบัติตามคำแนะนำหรือคำสั่งของแต่ละช่อง เช่น หากต้องหยิบการ์ดสัตว์ให้วางลูกปัดที่แหล่งอาศัยของสัตว์นั้นและเก็บการ์ดไว้กับตัว หากหยิบการ์ดต้นไม้หรือของป่าให้เก็บการ์ดไว้กับตัว หากตกช่องที่ต้องหาหรือหรือตอบคำถามให้ผู้เล่นคนแรกตอบก่อนแล้วให้ผู้อื่นตอบไม่เกิน 3 คน หากตกช่องโรงเรียนให้ความรู้เกี่ยวกับบริการของระบบนิเวศ ให้บทบาทครู/นักเรียนอ่านใบความรู้ หากต้องทิ้งการ์ดสัตว์หรือของป่าให้นำการ์ดเข้าสู่สุสานและนำลูกปัดออกจากกระดาน หากมีสถานการณ์ที่ อบต. ต้องจ่ายเงินในการซ่อมแซมแล้วไม่มีเงินเพียงพอ ผู้คุมเกมจะสร้างสถานการณ์ให้บทบาทอื่นช่วยระดมทุนเพื่อช่วยเหลือ อบต. หาก อบต. ไม่มีเงินพอที่จะซ่อมแซม จะทำการไล่ลูกปัดทิ้ง 1 บริเวณ และนำการ์ดสัตว์นั้น ๆ ทิ้งลงกองสุสาน เป็นต้น นอกจากนี้ ในแต่ละรอบปีจะมีกิจกรรม ได้แก่ การเปิดตลาดให้ผู้เล่นขายของป่า เช่น การขายการ์ดหน่อไม้ ซึ่งจะได้รับเงินตามมูลค่าของหน่อไม้ การขึ้นทะเบียนโครงการคาร์บอนเครดิต โดยต้องเสียเงิน 10,000 บาท เพื่อรับใบรับรองการขึ้นโครงการสำหรับซื้อขายคาร์บอนเครดิต และการให้ อบต. และหน่วยงานเอกชน ได้รับงบประมาณประจำปี หลังจากจบปีแรก ผู้เล่นจะบันทึกรายได้และรายจ่าย จากนั้นเริ่มปีที่สอง ซึ่งมีการซื้อขายคาร์บอนเครดิต ผู้เล่นที่มีใบรับรองการขึ้นโครงการคาร์บอนเครดิตและการ์ดต้นไม้ สามารถนำการ์ดต้นไม้ขายและรับเงินตามมูลค่าคาร์บอนของต้นไม้ชนิดนั้น เมื่อจบรอบปีที่ 2 ผู้เล่นจะบันทึกผลรวมจำนวนการ์ดสัตว์ ต้นไม้ ของป่า มูลค่าสัตว์ มูลค่าเนื้อไม้ รายได้จากการขายของป่าและคาร์บอนเครดิต ก่อนนำข้อมูลไปวิเคราะห์ผลต่อไป และเมื่อจบเกมให้ผู้เล่นทำแบบทดสอบหลังเล่นเกม และสรุปผลการจัดกิจกรรม ทั้งนี้ แต่ละกิจกรรมได้มีการออกแบบให้มีการสอดแทรกองค์ความรู้ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 องค์ความรู้ที่สอดแทรกในเกม

รายละเอียดเกม	ความรู้ที่แลกเปลี่ยนในเกม
1. ส่วนกระดานเกม	
โรงเรียนให้ความรู้เรื่องบริการระบบนิเวศ	แนวคิดเรื่องบริการของระบบนิเวศแต่ละข้อ และมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ของบริการของระบบนิเวศ และครู/นักเรียน มีบทบาทสำคัญในการเผยแพร่ความรู้เรื่องคุณค่าบริการของระบบนิเวศในพื้นที่
ครูพานักเรียนมาทัศนศึกษา ทำให้ได้รู้ความสำคัญของระบบนิเวศ	ความรู้เรื่องคุณค่าบริการของระบบนิเวศในพื้นที่
ช่วยกันบอกวิธีอนุรักษ์พื้นที่ถ้าเขาข้างหยาบ	แนวทางการอนุรักษ์ที่ยั่งยืน
นักท่องเที่ยวหยิบหินออกจากถ้ำทำให้รบกวนระบบนิเวศถ้ำ	การนำหินออกจากถ้ำส่งผลกระทบต่อสมดุลทางกายภาพและเคมีของถ้ำ
มีนักท่องเที่ยวมือบอนจับ/หักกิ่งงอกหินย้อยและประติมากรรมในถ้ำ ต้องเสียค่าซ่อมแซม	การทำลายหินงอกหินย้อยเป็นการทำลายโครงสร้างธรรมชาติที่ใช้เวลาสร้างนานนับพันปี อีกทั้งยังทำลายโอกาสการชมความงามของถ้ำของคนอื่นด้วย
มีคนมาลักลอบจับสัตว์ในพื้นที ทำให้ความหลากหลายลดลง	การลักลอบจับสัตว์ส่งผลให้ความหลากหลายทางชีวภาพลดลง ทำให้ห่วงโซ่อาหารในถ้ำเสียสมดุล
นักท่องเที่ยวทิ้งขยะ ทำให้ราขึ้น	ขยะจากนักท่องเที่ยวอาจนำไปสู่การเติบโตของเชื้อราและแบคทีเรียที่ส่งผลต่อระบบนิเวศถ้ำ
พระจัดกิจกรรมบวชป่าทำให้คนหวงแหนพื้นที่ป่ามากขึ้น	พระสงฆ์สามารถเป็นผู้นำในการสร้างจิตสำนึกด้านสิ่งแวดล้อม อีกทั้งการบวชป่าเป็นกลไกทางวัฒนธรรมที่ช่วยสร้างจิตสำนึกในการอนุรักษ์ป่า
ภาคเอกชนเข้ามาจัดกิจกรรมเพื่อสังคม	ภาคเอกชนสามารถสนับสนุนการอนุรักษ์ผ่านกิจกรรม CSR เช่น ปลูกป่า หรือพัฒนาสิ่งอำนวยความสะดวกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม อีกทั้งความร่วมมือระหว่างภาคเอกชนและชุมชนช่วยในการพัฒนาเป็นไปอย่างยั่งยืน
เทศกาลลูกกลมหทำให้นักท่องเที่ยวมาเพิ่ม	เทศกาลเป็นเครื่องมือดึงดูดนักท่องเที่ยวที่สำคัญที่กระตุ้นเศรษฐกิจท้องถิ่น
ช่วยกันหาวิธีดึงดูดนักท่องเที่ยวมาเที่ยวถ้ำมากขึ้น	หาวิธีกลยุทธ์ในการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยว

ตารางที่ 1 องค์ความรู้ที่สอดแทรกในเกม (ต่อ)

รายละเอียดเกม	ความรู้ที่แลกเปลี่ยนในเกม
เสียภาษีให้ อบต.	ภาษีที่จ่ายให้ อบต. สามารถนำไปใช้พัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติในพื้นที่
เกิดภัยพิบัติน้ำท่วม	การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศไม่ใช่เรื่องไกลตัว แต่ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศและเศรษฐกิจโดยตรง
โลกร้อนขึ้นผลผลิตของป่าได้น้อยลง	
มีการแยกขยะ เพื่อนำไปสร้างรายได้ให้ชุมชน	การแยกขยะสามารถลดปริมาณขยะที่ส่งไปฝังกลบและช่วยสร้างรายได้จากการรีไซเคิล (recycle)
2. ส่วนการดกกิจกรรม	
มีการประชาสัมพันธ์สถานที่ท่องเที่ยว ทำให้นักท่องเที่ยวเพิ่มขึ้น	การประชาสัมพันธ์ช่วยดึงดูดนักท่องเที่ยว ทำให้เศรษฐกิจในชุมชนดีขึ้น
มีนักท่องเที่ยวจำนวนมากมาเที่ยว ทำให้ร้านค้าขายของดี	
ไกด์สอนนักท่องเที่ยวเรื่องกฎระเบียบ ในการเที่ยวกล้า ทำให้นักท่องเที่ยวมีพฤติกรรมที่ดี	นักท่องเที่ยวที่ได้รับความรู้เกี่ยวกับกฎระเบียบจะลดพฤติกรรมที่ส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม
มีการจัดกิจกรรมดูแลป่า ทำให้ป่ามีความความหลากหลายมากขึ้น	การปลูกป่าและฟื้นฟูพื้นที่ธรรมชาติช่วยเพิ่มถิ่นที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่า รวมทั้งป่าที่มีความอุดมสมบูรณ์ช่วยรักษาสสมดุลของระบบนิเวศ
มีการจัดอบรมให้ความรู้กับคนในพื้นที่ ทำให้คนในพื้นที่มีการเก็บของป่ามากขึ้น	การอบรมให้ความรู้กับคนในพื้นที่ช่วยให้เกิดการใช้ประโยชน์จากป่าอย่างยั่งยืน
นักวิจัยเข้ามาสำรวจป่า เพื่อศึกษาความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต	การสำรวจทางวิทยาศาสตร์ช่วยให้เข้าใจระบบนิเวศและเป็นข้อมูลสำหรับการอนุรักษ์
นักท่องเที่ยวไปไหว้เจ้าที่ แล้วทิ้งขนมไว้ มดเข้ามาทำลายระบบนิเวศ	การทิ้งอาหารเช่นไหว้เจ้าที่ให้มีมดและสัตว์รบกวนเพิ่มขึ้น ส่งผลกระทบต่อสมดุลของระบบนิเวศ
นักท่องเที่ยวหยิบหินต่าง ๆ ออกจากถ้ำ ทำให้รบกวนระบบนิเวศในถ้ำ	การนำหินออกจากถ้ำทำให้เกิดความเสียหายต่อระบบนิเวศถ้ำที่ต้องใช้เวลาหลายพันปีในการก่อตัว
มีเด็กแว้นเข้ามาในพื้นที่ ทำให้นักท่องเที่ยวน้อยลง	การขับขี่ยานยนต์รบกวนบรรยากาศการท่องเที่ยว ทำให้นักท่องเที่ยวลดลง
ลักลอบจับสัตว์ในถ้ำ ทำให้สัตว์ในถ้ำมีความหลากหลายน้อยลง	สัตว์ในถ้ำมีความสำคัญต่อสมดุลของระบบนิเวศ หากถูกจับไปอาจส่งผลกระทบต่อวงจรชีวิตในถ้ำ
ภาคเอกชนให้งบประมาณศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพ	ความร่วมมือระหว่างภาครัฐ ภาคเอกชน และนักวิชาการเป็นแนวทางสำคัญในการพัฒนาการอนุรักษ์แบบยั่งยืน
นักเรียนเข้ามาทำโครงการวิทยาศาสตร์ ทำให้ได้ข้อมูลในการดูแลพื้นที่	การเรียนรู้ผ่านโครงการวิทยาศาสตร์ช่วยพัฒนาการดูแลทรัพยากรธรรมชาติ
มีการทำป้ายความรู้ในสถานที่เพิ่มเติม ช่วยดึงดูดนักท่องเที่ยว	การให้ความรู้ในรูปแบบที่น่าสนใจ เช่น แผนที่เชิงนิเวศหรือเรื่องราวทางธรณีวิทยา ช่วยดึงดูดนักท่องเที่ยวให้สนใจมากขึ้น
จัดให้มีการอบรมสร้างมัคคุเทศน์น้อย ทำให้เด็กในชุมชนหวงแหนถ้ำ เขาช้างหายมากขึ้น	การให้เยาวชนมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ช่วยสร้างความต่อเนื่องในการดูแลสิ่งแวดล้อม
คำถาม นักท่องเที่ยวไม่ควรทำอะไรในการมาเที่ยวถ้ำเขาช้างหาย	นักท่องเที่ยวควรมีจิตสำนึกในการท่องเที่ยวอย่างรับผิดชอบและเคารพกฎระเบียบเพื่อร่วมอนุรักษ์ถ้ำเขาช้างหายอย่างยั่งยืน

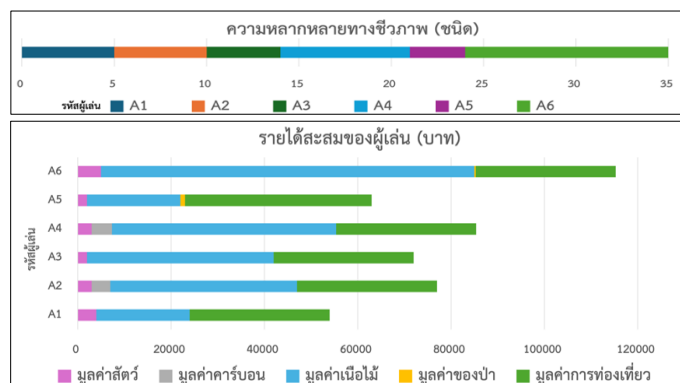
5.2 ผลการทดสอบการใช้งานเบื้องต้น

ผลการทดสอบเกมเบื้องต้นทั้ง 3 รอบ พบว่าบรรยากาศการใช้งานเกมเป็นไปอย่างสนุกสนาน มีการแลกเปลี่ยนประสบการณ์และความรู้ใหม่ ๆ ระหว่างผู้เล่น เนื่องจากหลายคนไม่เคยเดินทางไปชมหรือเที่ยวถ้ำมาก่อน หลังเล่นเกมมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและการเสนอแนะต่าง ๆ เพื่อปรับปรุงเกมให้เหมาะสมในการใช้งานมากยิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการใช้งานเกมและสถานการณ์จำลองในงานวิจัยต่าง ๆ ก่อนหน้า ที่สร้างบรรยากาศสนุกสนาน กระตุ้นการเรียนรู้ [8, 9, 10]

จากการทดสอบในครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 มีการปรับปรุงรูปแบบเกมเพื่อเพิ่มความสะดวกและความคล่องตัวในการดำเนินการ โดยได้มีการลดจำนวนอุปกรณ์ที่ใช้ในการเล่นให้เหมาะสมยิ่งขึ้น นอกจากนี้ ยังได้ปรับระดับความยากของแบบทดสอบก่อนและหลังการใช้แบบจำลองให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น รวมถึงมีการปรับรูปแบบการ์ดโดยเพิ่มขนาดตัวอักษรและลดจำนวนข้อความ เพื่อให้ผู้เล่นสามารถอ่านและทำความเข้าใจได้ง่ายและรวดเร็วยิ่งขึ้น นอกจากนี้ ยังได้ปรับข้อมูลเชิงตัวเลขภายในเกม เช่น ค่าเงิน และมูลค่าทรัพยากรต่าง ๆ ให้สอดคล้องกับบริบทจริงของพื้นที่ เพื่อเพิ่มความสมจริงและความเข้าใจในเชิงระบบนิเวศมากยิ่งขึ้น ทั้งนี้เพื่อให้การดำเนินกิจกรรมเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ราบรื่น และใช้เวลาในการเล่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากผลการทดสอบครั้งที่ 3 ซึ่งเป็นเวอร์ชันที่ได้รับการปรับปรุงแล้ว มีผู้เข้าร่วมทั้งหมด 6 คน ใช้เวลาเล่นประมาณ 1 ชั่วโมง พบว่าผู้เล่นสามารถเข้าใจกติกาและวิธีการเล่นได้อย่างชัดเจน และสามารถจดบันทึกข้อมูลลงในใบบันทึกได้อย่างถูกต้อง โดยไฟล์บันทึกผลลัพธ์สามารถแสดงข้อมูลได้อย่างครบถ้วนและมีประสิทธิภาพ ระหว่างการเล่น ผู้เล่นมีการวางแผนการลงลูกปัดสัตว์ในพื้นที่เพื่อเพิ่มโอกาสในการชนะ พร้อมทั้งมีการจัดการพื้นที่ร่วมกันอย่างเหมาะสม เช่น การช่วยกันบริจาคเงินสนับสนุน อบต. เพื่อรักษาความหลากหลายในพื้นที่ การขายของป่า และการเข้าร่วมโครงการซื้อขายคาร์บอนเครดิต นอกจากนี้ยังพบว่าผู้เล่นมีความร่วมมือในการตอบคำถามเชิงอนุรักษ์ได้อย่างราบรื่น นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ปรับปรุงขั้นตอนการสรุป (debriefing) ซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญที่ทำให้เกิดการเรียนรู้จากการเล่นเกม [11]

ผลการทดสอบชี้ให้เห็นว่าแบบจำลองเชิงบูรณาการสามารถจำลองพื้นที่ถ้ำเขาช้างหาย จังหวัดตรัง ได้อย่างเหมาะสม ส่งผลให้ผู้เล่นสามารถเชื่อมโยงพื้นที่จำลองในเกมกับพื้นที่จริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผู้เล่นมีความกระตือรือร้นในการตอบคำถาม แสดงความคิดเห็น สื่อสาร เจรจา ต่อรอง และแสดงความร่วมมือภายในกลุ่มอย่างชัดเจน และที่สำคัญ ผู้เล่นได้เรียนรู้การสร้างมูลค่าจากบริการของระบบนิเวศ เช่น การจำหน่ายของป่า การซื้อขายคาร์บอนเครดิต มูลค่าของไม้และสัตว์ป่า (รูปที่ 3) รวมถึงเรียนรู้ชนิดของสัตว์และพืชที่พบในพื้นที่ ตลอดจนร่วมกันเสนอความคิดวางแผนการจัดการพื้นที่อย่างเหมาะสม ทั้งยังตระหนักถึงปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพและบริการของระบบนิเวศจากทั้งกิจกรรมของมนุษย์และปัจจัยทางธรรมชาติ



รูปที่ 3 ผลการดำเนินเกมของผู้เล่น และบรรยากาศการจัดกิจกรรมเบื้องต้น

6. สรุปผลการศึกษา

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเกมและสถานการณ์จำลองในการแลกเปลี่ยนเรียนรู้เกี่ยวกับบริการของระบบนิเวศ มูลค่าบริการของระบบนิเวศ และความหลากหลายทางชีวภาพในพื้นที่ถ้ำเขาช้างหาย จังหวัดตรัง ผลการศึกษานำไปสู่การสร้างเกมในรูปแบบบอร์ดเกม โดยประยุกต์ใช้แนวคิดจากเกมเศรษฐี ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบต่าง ๆ เช่น กระดานเกมที่เป็นตัวแทนของพื้นที่ถ้ำเขาช้างหายที่มีช่องกิจกรรมต่าง ๆ การวัดความหลากหลายที่เป็นตัวแทนของทรัพยากรในพื้นที่ ใบความรู้ และใบจดข้อมูล โดยผลการทดสอบเบื้องต้นพบว่าเกมที่สร้างขึ้นและได้รับการปรับปรุงแล้ว สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้คุณค่าของบริการระบบนิเวศในพื้นที่ถ้ำเขาช้างหาย จังหวัดตรัง ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สำหรับงานวิจัยในระยะต่อไป ผู้วิจัยมีแผนที่จะนำแบบจำลองนี้ไปใช้กับกลุ่มผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในพื้นที่ เช่น ชาวบ้าน องค์การบริหารส่วนตำบล นักเรียน ครู และนักท่องเที่ยว เพื่อส่งเสริมความเข้าใจในคุณค่าบริการของระบบนิเวศ และค้นหาแนวทางในการอนุรักษ์ระบบนิเวศถ้ำอย่างมีส่วนร่วมต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- [1] Taminskas, J., Paskauskas, R., Zvikas, A., & Satkunas, J. (2006). Karst and ecosystems. *Geology and Ecosystems: International Union of Geological Sciences (IUGS) Commission on Geological Sciences for Environmental Planning (COGEOENVIRONMENT) Commission on Geosciences for Environmental Management (GEM)*, 61–76.
- [2] Liu, C., Huang, Y., Wu, F., Liu, W., Ning, Y., Huang, Z., ... & Liang, Y. (2021). Plant adaptability in karst regions. *Journal of Plant Research*, 134, 889–906.
- [3] Howarth, F. G., & Moldovan, O. T. (2018). The ecological classification of cave animals and their adaptations. In: Moldovan, O., Kováč, L., Halse, S. (eds). *Cave Ecology*. Ecological Studies, vol 235. Cham: Springer
- [4] Voinov, A., Jenni, K., Gray, S., Kolagani, N., Glynn, P. D., Bommel, P., . . . Smajgl, A. (2018). Tools and methods in participatory modeling: Selecting the right tool for the job. *Environmental Modelling & Software*, 109, 232–255.
- [5] แรกขวัญ ผลชัยญา. (2566). *การประเมินบริการของระบบนิเวศและการทดสอบแบบจำลองเชิงบูรณาการอย่างมีส่วนร่วมสำหรับการจัดการป่าปลูกในจังหวัดน่าน*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [6] Etienne, M., Du Toit, D. R., & Pollard, S. (2011). ARDI: A co-construction method for participatory modeling in natural resources management. *Ecology and Society*, 16(1).
- [7] Etienne, M. (2014). *Companion modelling: A participatory approach to support sustainable development*. France: Quæ and Springer.
- [8] Tan, C. K. W., & Nurul-Asna, H. (2023). Serious games for environmental education. *Integrative Conservation*, 2(1), 19–42.
- [9] Hamada, R., Soranastaporn, S., Kanegae, H., Dumrongrojwatthana, P., Chaisanit, S., Rizzi, P., Dumblekar, V. (2019). *Neo-Simulation and Gaming Toward Active Learning* (1 ed.). Singapore: Springer Nature Singapore.
- [10] Dumrongrojwatthana, P., Wimolsakcharoen, W., Pinmaneeopparat, S., Chompooming, P., Weerapan, A., Kabkham, T., . . . Kamtem, S. (2019). A role-playing simulation game for shared learning on community forest in Lai Nan, Nan Province, Thailand. *Unisearch Journal*, 6(2), 3–10.
- [11] Crookall, D. (2010). Serious games, debriefing, and simulation/gaming as a discipline. *Simulation & Gaming*, 41(6), 898–920.