การสร้างแบบจำลองทางฟิสิกส์บนคอมพิวเตอร์ เรื่องการเคลื่อนที่แบบโปรเจคไตล์

Projectile motion modeling on computer

ปริญญา เกิดปัญญา[1*]

Prinya Gerdpanya[1*]

บทคัดย่อ

แบบจำลองทางฟิสิกส์บนคอมพิวเตอร์ เรื่องการเคลื่อนที่แบบโปรเจคไตล์ ซึ่งตัวแบบจำลองประกอบไปด้วย ส่วนแสดงเนื้อหาภาคทฤษฎีที่ว่าด้วยเรื่องของการเคลื่อนที่แบบโปรเจคไตล์ 2 มิติ ,ส่วนของแบบจำลองที่สามารถแสดงเป็นภาพเคลื่อนไหวตั้งแต่เริ่มกระบวนการจนจบกระบวนการ สามารถค้นหา และเลือกดูที่เวลาต่างๆตามความต้องการของผู้ใช้ โดยแบบจำลองนี้สามารถเพิ่มโมเดลได้มากที่สุด 3 โมเดลและแสดงเหตุการณ์ได้พร้อมกัน และส่วนสุดท้าย คือส่วนของการแนะนำการใช้งานแบบจำลอง โดยผู้วิจัยได้วัดประสิทธิภาพการใช้งานจากความพึงพอใจของผู้ใช้ อันประกอบไปด้วยความพึงพอใจด้านกระบวนการติดตั้งและความต้องการด้านทรัพยากร , การใช้งาน , รูปแบบและภาพลักษณ์ และ ภาพรวมของแบบจำลอง ซึ่งผลของการประเมินความพึงพอใจออกมาเป็น พึงพอใจมากที่สุดทั้ง 4 ด้าน

คำสำคัญ: การเคลื่อนที่แบบโปรเจคไตล์ แบบจำลองทางฟิสิกส์ การจำลองเหตุการณ์บนคอมพิวเตอร์

Abstract

Projectile motion modeling on computer which consists of three main parts. include The theory part of 2d projectile's motion, the simulator part, which can be animated from start to finish the process , can seek and choose event time as user demand. This simulator can create the events by a maximum of three events and they are can run together. And a final part, Is a part of the user guide. The researchers measured the efficiency from the satisfaction of users, It consists of the installation process and system requirements satisfaction, program usage satisfaction, style and image satisfaction, and the overall image of the simulator satisfaction. Which the results of the satisfaction evaluation is the most satisfying all four aspect.

Keywords : Projectile motion ,Physics simulators , Simulation based on computer

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ สุพรรณบุรี 72130

[1] Faculty of Science and Technology ,Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi , Suphanburi 72130, Thailand

* Corresponding author . Email : prinya.g@rmutsb.ac.th

บทนำ

การเคลื่อนที่แบบโปรเจคไตล์แบบ 2 มิติเป็นความรู้บทหนึ่งของวิชาฟิสิกส์ 1 ที่ใช้สอนนักศึกษาระดับปริญญาตรีของ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรี ซึ่งวิชานี้เป็นวิชาพื้นฐานสำคัญของนักศึกษาในหลายๆสาขาวิชา โดยเรื่องของการเคลื่อนที่แบบโปรเจคไตล์นั้นจะว่าด้วยเรื่องของการเคลื่อนที่ 2 มิติ ซึ่งประกอบไปด้วยการเคลื่อนที่ในแนวนอน และการเคลื่อนที่ในแนวตั้งซึ่งการเคลื่อนที่ในแนวตั้งจะมีเรื่องของแรงโน้มถ่วงของโลกมาเกี่ยวข้องด้วย

สำหรับการเรียนในบทเรียนการเคลื่อนที่แบบโปรเจคไตล์นั้นในภาคปฏิบัติ ยังไม่มีชุดทดลองที่มีคุณภาพและประสิทธิภาพ เหตุเพราะชุดปฏิบัติการการเคลื่อนที่แบบโปรเจคไตล์นั้นมีราคาที่แพง อาจารย์ผู้สอนจึงให้นักศึกษาประดิษฐ์ชุดทองลองขึ้นมาอย่างง่ายๆเพื่อประกอบการศึกษาเรื่องนี้ ซึ่งประสิทธิภาพก็ด้อยลงไปตามโครงสร้างและวัสดุในการสร้าง

ผู้วิจัยมองเห็นทางเลือกอีกทางหนึ่ง คือการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแบบจำลองสถานการณ์ที่ทำงานอยู่บนระบบคอมพิวเตอร์ เนื่องด้วยแบบจำลองสถานการณ์บนคอมพิวเตอร์นั้นมีความยืดหยุ่นในเรื่องของการใช้งาน ไม่ว่าจะเป็นเรื่องเวลา ที่ไม่จำกัดเวลาในการศึกษาหรือใช้งาน ต้องการพื้นที่ในการใช้งานน้อย ลดความยุ่งยากในขั้นตอนการติดตั้ง และนักศึกษามีความเท่าเทียมในการใช้งาน นอกจากนั้นแล้วยังใช้งบประมาณที่น้อยอีกด้วยNoah Finkelstein(2006) ได้กล่าวไว้ว่า “สถานการณ์จำลองบนคอมพิวเตอร์ของ PhETส่งผลเป็นอย่างดีต่อการเรียนรู้เพื่อสร้างความเข้าใจมโนมติ (Conceptual Understanding) ของผู้เรียน” แต่อย่างไรก็ตามAlexander K. Hartmann and HeikoRieger(2001) ได้กล่าวไว้ว่า “การใช้สถานการณ์จำลองฯ ก็ยังไม่สามารถตอบสนองต่อเป้าหมายในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ผ่านปฏิบัติการทดลองได้อย่างสมบูรณ์ ตัวอย่างเช่น ทักษะเฉพาะในการจัดกระทำกับอุปกรณ์การทดลองทางวิทยาศาสตร์ เป็นต้น” แต่ถึงกระนั้นก็ขึ้นอยู่กับเป้าหมายการเรียนรู้ที่ถูกกำหนดในงานปฏิบัติการทดลองของผู้สอนเอง ซึ่งอาจจะส่งผลอย่างมีประสิทธิภาพต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนได้มากกว่าถ้าใช้สถานการณ์จำลองฯ ร่วมกันกับงานปฏิบัติการทดลองแบบลงมือกระทำจริงในชั้นเรียนตามที่ Noah S. Podolefsky(2010) ได้กล่าวไว้ในงานวิจัยเรื่อง “Factors promoting engaged exploration with computer simulations” ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่ง ว่างานวิจัยในครั้งนี้จะมีประโยชน์ต่อการเรียนรู้ทางฟิสิกส์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรี เพื่อส่งเสริมคุณภาพในการเรียนการสอนให้ดียิ่งขึ้นสืบต่อไป

วัตถุประสงค์

1.เพื่อสร้างแบบจำลองทางฟิสิกส์ที่ใช้งานบนคอมพิวเตอร์เรื่องการเคลื่อนที่แบบโปรเจคไตล์

2. เพื่อทดสอบความพึงพอใจในการใช้งานแบบจำลองที่สร้างขึ้น โดยผู้เรียนวิชาฟิสิกส์ 1

3.เพื่อศึกษาการสร้างแบบจำลองทางฟิสิกส์เพื่อการพัฒนาแบบจำลองในเรื่องต่อๆไป

วิธีการศึกษา

การสร้างแบบจำลอง

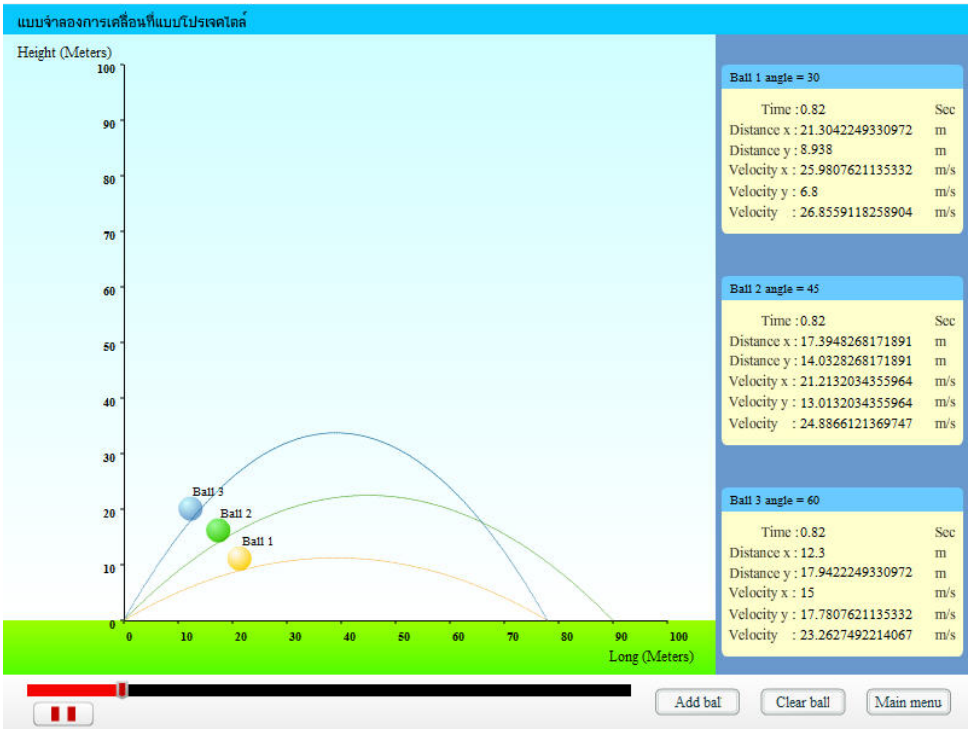
แบบจำลองทางฟิสิกส์เรื่องโปรเจคไตล์ถูกพัฒนาภายใต้เทคโนโลยี ActionScriptเวอร์ชัน 2.0 และทำงานบนระบบ flash player machine เนื่องจากเทคโนโลยีนี้เห็นผลลัพธ์ในการพัฒนาที่รวดเร็ว นอกจากนั้นแล้วชิ้นงานที่พัฒนาภายใต้เทคโนโลยีดังกล่าวยังสามารถแสดงผล หรือทำงานบนโปรแกรมท่องเว็บไซต์ได้อีกด้วย หรือจะกล่าวได้อีกอย่างว่ามันสามารถนำไปใส่ในเว็บไซต์ได้นั่นเอง โดยแบบจำลองฯนี้จะมีองค์ประกอบสำคัญที่ต้องคำนึง 3 องค์ประกอบคือ 1. อินพุต ซึ่งประกอบไปด้วย ความเร็วต้น และมุมตั้งต้นในการเคลื่อนที่ 2. ผลลัพธ์ อันประกอบไปด้วย ความเร็วปัจจุบันของวัตถุ, ตำแหน่งปัจจุบันของวัตถุ และเวลา 3. ผลลัพธ์ภาพรวมที่อยู่ในรูปแบบของภาพเคลื่อนไหว ซึ่งจะนำผลลัพธ์ของแต่ละช่วงเวลามาแสดงเป็นภาพต่อกันจนเกิดเป็นภาพเคลื่อนไหว ซึ่งกระบวนการนี้จะสิ้นสุดลงเมื่อวัตถุตกลงถึงพื้น ดังนั้นในการออกแบบ แบบจำลอง ผู้วิจัยจึงออกแบบให้แบบจำลองมีส่วนประกอบ 3 ส่วน คือ

1. ส่วนของการสร้างวัตถุ และรับอินพุต ซึ่งในส่วนนี้สามารถสร้างวัตถุพร้อมกันได้มากที่สุด 3 วัตถุ เนื่องจากข้อจำกัดในพื้นที่การแสดงผล

2. ส่วนการคำนวณผลลัพธ์ล่วงหน้า ซึ่งผลลัพธ์ดังกล่าวได้แก่ ความเร็วในแนวระนาบ , ความเร็วในแนวดิ่ง , ตำแหน่งในแนวระนาบ และตำแหน่งในแนวดิ่ง ซึ่งค่าผลลัพธ์ที่ได้กล่าวมานั้น จะแปรเปลี่ยนไปตามช่วงเวลา ดังนั้นใน 1 วัตถุ หรือ 1 เหตุการณ์ จะต้องมีผลลัพธ์ในช่วงเวลาต่างๆที่ดำเนินไปตั้งแต่เริ่มเหตุการณ์จนจบเหตุการณ์ ซึ่งผู้วิจัยได้แบ่งช่วงเวลาออกเป็นส่วนๆ เรียกว่า time slot ซึ่งแต่ละช่วงเวลาจะห่างกัน 10 mS (มิลลิวินาที) ซึ่งแต่ละวัตถุเหตุการณ์อาจจะมีจำนวนของ time slot ไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับอินพุต ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่จะกำหนดความเป็นไปของแต่ละเหตุการณ์ เนื่องจากเหตุการณ์ 1 มีผลลัพธ์หลายชุดตามจำนวน time slot ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้หลักการพัฒนาโปรแกรมด้วย หลักการโปรแกรมเชิงพลวัต (dynamic program) ตามที่ Alexander K. Hartmann and HeikoRieger (2002) ได้กล่าวไว้ในงานวิจัย “Optimization Algorithms in Physics” ว่า “การโปรแกรมเชิงพลวัต เหมาะแก่การประมวลผลเหตุการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่มีการแสดงเหตุการณ์ซ้ำไปซ้ำมา โดยเฉพาะการกระโดดไปตามจุดเวลาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการทางฟิสิกส์” ซึ่งหลักการดังกล่าวกระทำได้โดยการเก็บชุดผลลัพธ์ไว้ในอาร์เรย์ และจำนวนของอาร์เรย์ก็จะมีจำนวนเท่ากับจำนวนวัตถุ หรือเหตุการณ์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์สำหรับส่วนประกอบต่อไปของแบบจำลองฯ

3. ส่วนของการแสดงผลลัพธ์ในรูปแบบภาพเคลื่อนไหว ในส่วนนี้จะนำผลลัพธ์ในแต่ละtime slot ของเหตุการณ์ตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุด มาแสดงต่อกันในรูปแบบของภาพ 2 มิติ จนเกิดเป็นภาพเคลื่อนไหวแบบ 2 มิติในที่สุด ในส่วนนี้สามารถแสดงการเคลื่อนไหวทั้งหมดได้ หยุดการเคลื่อนไหวที่แสดงชั่วคราวได้ ค้นหาตำแหน่งของวัตถุในแต่ละเหตุการณ์ ณ เวลาที่ต้องการได้ และกลับไปดูการเคลื่อนไหวที่จุดเริ่มต้นได้ นอกจากนั้นแล้วยังสามารถล้างเหตุการณ์ และสร้างเหตุการณ์ขึ้นมาใหม่ได้ตามต้องการ อีกทั้งยังแสดงความเป็นไปของเหตุการณ์พร้อมกัน 3

เหตุการณ์ได้อีกด้วย สำหรับการทำงานของส่วนนี้นั้นจะมีการคำนวณในเรื่องของการหาอัตราส่วนของภาพเมื่อแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ การค้นหาเวลา ตามที่ผู้ใช้เลือกจากการเลื่อนสไลด์บาร์ที่เส้นเวลา โดยไม่จำเป็นต้องส่งอินพุตต่างๆไปคำนวณใหม่ เนื่องจากระบบจะดึงเอาผลลัพธ์จาก time slot ที่ได้จากผลการคำนวณเวลามาแสดงได้ทันที จึงทำให้ลดภาระในการคำนวณของหน่วยประมวลผลกลางลง



ภาพที่ 1 หน้าตาของแบบจำลองที่เสร็จสมบูรณ์ จะเห็นได้ว่าแบบจำลองสามารถแสดงเหตุการณ์ได้พร้อมกัน 3 เหตุการณ์

การทดสอบการใช้งาน

เมื่อผู้วิจัยพัฒนาแบบจำลองฯเสร็จสิ้นแล้ว ได้ทำการทดสอบการทำงาน โดยมีขอบเขตในการทดสอบดังนี้

1. ทดสอบการคำนวณผลลัพธ์ตามอินพุตที่ป้อนให้ด้วยค่าต่างๆที่แตกต่างกัน โดยเทียบกับการคำนวณด้วยมือตามปกติ โดยผลการทดสอบได้ออกมาตรงตามการคำนวณทางทฤษฎีทุกตัวอย่างที่ทดสอบ

2. ทดสอบการแสดงผลในแบบของภาพ 2 มิติ ทั้งแบบภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหว เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการแสดงผลที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ เนื่องจากการแสดงภาพไม่ได้ใช้ขนาดเท่าเหตุการณ์จริง แต่เป็นการย่อลงมาให้แสดงบนจอคอมพิวเตอร์อย่างเหมาะสม โดยผลการทดสอบ แบบจำลองฯ สามารถแสดงตำแหน่ง และความเร็วในการเคลื่อนไหวตั้งแต่ต้นจนจบได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์ ซึ่งแบบจำลองนี้ไม่คิดเรื่องของแรงต้านอากาศ หรือหลักการแอร์โรไดนามิค(aerodynamic) ทุกๆเหตุการณ์จะจำกัดรูปทรงของวัตถุให้เป็นทรงกลมเหมือนกันทั้งหมด

3. ทดสอบการใช้งานจริงกับนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชา ฟิสิกส์ 1 ในภาคปฏิบัติ ในการทดสอบเนื่องจากธรรมชาติของห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ไม่มีคอมพิวเตอร์ จึงได้ย้ายนักศึกษากลุ่มเป้าหมายให้ทดลองใน

ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ส่วนกลางของสำนักวิทยบริการ โดยคุณสมบัติของเครื่องคอมพิวเตอร์ตรงตามคุณสมบัติที่ระบบแบบจำลองฯต้องการคือ เป็นเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อการประมวลผลแบบที่ 1 , ใช้ระบบปฏิบัติการ Windows รุ่น XP ขึ้นไป , มีโปรแกรม Flash player ซึ่งเป็น machine สำคัญในการรันระบบแบบจำลองฯ

การสร้างเครื่องมือในการวัดความพึงพอใจของการใช้งานแบบจำลองฯ

การออกแบบแบบสอบถามความพึงพอใจ

ผู้วิจัยได้กำหนดหัวข้อในการวัดความพึงพอใจจากการใช้แบบจำลองฯของนักศึกษากลุ่มเป้าหมาย ออกเป็น 4 ด้าน เพื่อนำไปสร้างเป็นแบบสอบถามอันเป็นเครื่องมือสำคัญในการวัดความพึงพอใจได้แก่

1. ด้านกระบวนการติดตั้งและความต้องการด้านทรัพยากร
2. ด้านการใช้งาน
3. ด้านรูปแบบและภาพลักษณ์
4. ด้านภาพรวมของแบบจำลอง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร เป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 3 ที่ลงเรียนรายวิชา Physics Laboratory1 ระดับปริญญาตรี ประจำปีการศึกษา 2555 จำนวน 100 คน

กลุ่มตัวอย่าง นักศึกษาชั้นปีที่ 3 ที่ลงเรียนรายวิชา Physics Laboratory 1 ระดับปริญญาตรี ประจำปีการศึกษา 2555 จำนวน 2 ห้อง จำนวน 40 คน ผู้วิจัยได้มาโดยวิธีเลือกแบบเจาะจง

ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ตัวแปรอิสระ ได้แก่ แบบจำลองการเคลื่อนที่แบบโปรเจคไตล์

ตัวแปรตาม ได้แก่ ความพึงพอใจของผู้ใช้แบบจำลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้เครื่องมือในการสร้างแบบจำลองและเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

1. โปรแกรมประยุกต์เพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลองการเคลื่อนที่แบบโปรเจคไตล์

2. แบบสอบถามประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานแบบจำลอง โดยใช้แบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale)

3. โปรแกรมประยุกต์เพื่อใช้วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถาม และสถิติ ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

ผลการศึกษาและอภิปรายผล

จากการศึกษาหาความพึงพอใจจากการใช้งานของผู้ใช้แบบจำลอง ซึ่งผู้วิจัยแบ่งไว้ 4 ด้าน ตามที่ได้กล่าวไว้ในตอนต้น ได้ผลการวิเคราะห์ทางสถิติดังนี้

1. ด้านกระบวนการติดตั้งและความต้องการด้านทรัพยากรซึ่งมีหัวข้อย่อยดังนี้

1.1 การติดตั้งแบบจำลองฯง่าย สะดวกและรวดเร็ว

1.2 ความเหมาะสมของความจุข้อมูลในการติดตั้งแบบจำลอง

1.3 แบบจำลองใช้ทรัพยากรทางระบบคอมพิวเตอร์ได้อย่างเหมาะสม

ตารางที่ 1.1 ผลการวิเคราะห์ด้านการติดตั้งและความต้องการของระบบ

รายการ	หัวข้อที่ 1	หัวข้อที่ 2	หัวข้อที่ 3
จำนวนคน	40	40	40
คะแนนรวม	200	191	183
คะแนนต่ำสุด	5	3	3
คะแนนสูงสุด	5	5	5
ค่าเฉลี่ย	5.00	4.78	4.58
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.00	0.48	0.71
C.V. (%)	0.00	10.05	15.56
แปลผล	มากที่สุด	มากที่สุด	มากที่สุด

ตารางที่ 1.2 ภาพรวมผลการวิเคราะห์ด้านการติดตั้งและความต้องการของระบบ

รายการ	ภาพรวม
คะแนนรวม	574
ค่าเฉลี่ย	4.78
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.25
C.V. (%)	5.13
แปลผล	มากที่สุด

จากตารางที่ 1.1 ค่าเฉลี่ยด้านการติดตั้งแบบจำลองฯง่าย สะดวกและรวดเร็ว มีค่ามากที่สุด คือ 5.00 , ด้านความเหมาะสมของความจุข้อมูลในการติดตั้งแบบจำลองมีค่าเฉลี่ย 4.78 และด้านแบบจำลองใช้ทรัพยากรทางระบบคอมพิวเตอร์ได้อย่างเหมาะสม มีค่าเฉลี่ย 4.58 แปลความหมายได้ มากที่สุด ทั้ง 3 ด้าน และผลจากตารางที่ 1.2 เป็นผลรวมของด้านกระบวนการติดตั้งและความต้องการด้านทรัพยากร ซึ่งได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.78 และแปลความหมายได้เป็น มากที่สุด

2.ด้านการใช้งานซึ่งมีหัวข้อย่อยดังนี้

2.1 แบบจำลองฯใช้งานได้ง่าย มีความสะดวกในการใช้งาน

2.2 ความถูกต้องแม่นยำในการแสดงผลลัพธ์ทั้งทางตัวเลข และภาพเคลื่อนไหว

2.3 ความรวดเร็วในการแสดงผลลัพธ์

2.4 แบบจำลองฯมีความสมบูรณ์ใน การทำงาน (ไม่มี bug)

ตารางที่ 2.1 ผลการวิเคราะห์ด้านการใช้งาน

รายการ	หัวข้อที่ 1	หัวข้อที่ 2	หัวข้อที่ 3	หัวข้อที่ 4
จำนวนคน	40	40	40	40
คะแนนรวม	200	192	196	200
คะแนนต่ำสุด	5	4	3	5
คะแนนสูงสุด	5	5	5	5
ค่าเฉลี่ย	5.00	4.80	4.90	5.00
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.00	0.41	0.38	0.00
C.V. (%)	0.00	8.44	7.73	0.00
แปลผล	มากที่สุด	มากที่สุด	มากที่สุด	มากที่สุด

ตารางที่ 2.2 ภาพรวมผลการวิเคราะห์ด้านการใช้งาน

รายการ	ภาพรวม
คะแนนรวม	788
ค่าเฉลี่ย	4.93
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.13
C.V. (%)	2.62
แปลผล	มากที่สุด

จากตารางที่ 2.1 ค่าเฉลี่ยด้านแบบจำลองฯใช้งานได้ง่าย มีความสะดวกในการใช้งานและด้านแบบจำลองฯมีความสมบูรณ์ในการทำงาน (ไม่มี bug)มีค่ามากที่สุด คือ 5.00 , ด้านความรวดเร็วในการแสดงผลลัพธ์ มีค่าเฉลี่ย 4.90และด้านความถูกต้องแม่นยำในการแสดงผลลัพธ์ทั้งทางตัวเลข และภาพเคลื่อนไหว มีค่าเฉลี่ย 4.80แปลความหมายได้ มากที่สุด ทั้ง 4ด้าน และผลจากตารางที่ 2.2 เป็นผลรวมของด้านการใช้งาน ซึ่งได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.93 และแปลความหมายได้เป็น มากที่สุด

3. ด้านรูปแบบและภาพลักษณ์ซึ่งมีหัวข้อย่อยดังนี้

3.1 ความเหมาะสมของการใช้ตัวอักษร ข้อความ และตัวเลข

3.2 ความเหมาะสมในการใช้กราฟิกของแบบจำลอง

3.3 ความเหมาะสมทางด้าน User interface ของแบบจำลอง

ตารางที่ 3.1 ผลการวิเคราะห์ด้านรูปแบบและภาพลักษณ์

รายการ	หัวข้อที่ 1	หัวข้อที่ 2	หัวข้อที่ 3
จำนวนคน	40	40	40
คะแนนรวม	197	194	189
คะแนนต่ำสุด	4	3	3
คะแนนสูงสุด	5	5	5
ค่าเฉลี่ย	4.93	4.85	4.73
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.27	0.43	0.60
C.V. (%)	5.42	8.80	12.67
แปลผล	มากที่สุด	มากที่สุด	มากที่สุด

ตารางที่ 3.2 ภาพรวมผลการวิเคราะห์ด้านรูปแบบและภาพลักษณ์

รายการ	ภาพรวม
คะแนนรวม	580
ค่าเฉลี่ย	4.83
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.25
C.V. (%)	5.18
แปลผล	มากที่สุด

จากตารางที่ 3.1 ค่าเฉลี่ยด้านความเหมาะสมของการใช้ตัวอักษร ข้อความ และตัวเลขมีค่ามากที่สุด คือ 4.93 , ด้านความเหมาะสมในการใช้กราฟิกของแบบจำลองมีค่าเฉลี่ย 4.85 และด้านความเหมาะสมทางด้าน User interface ของแบบจำลอง มีค่าเฉลี่ย 4.73 แปลความหมายได้มากที่สุดทั้ง 3 ด้าน และผลจากตารางที่ 3.2 เป็นผลรวมของด้านการใช้งาน ซึ่งได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.83 และแปลความหมายได้เป็นมากที่สุด

4. **ด้านภาพรวมของแบบจำลอง**ซึ่งมีหัวข้อย่อยดังนี้

4.1 ความยืดหยุ่น และความสะดวกของการนำไปใช้งาน

4.2 ความเหมาะสมของคู่มือ และคำแนะนำการใช้งาน

4.3 รูปแบบของแบบจำลองมีความทันสมัยน่าใช้งาน

4.4 ประโยชน์ที่ได้จากการใช้แบบจำลองฯประกอบการเรียน

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ลักษณะโดยรวมของแบบจำลอง

รายการ	หัวข้อที่ 1	หัวข้อที่ 2	หัวข้อที่ 3	หัวข้อที่ 4
จำนวนคน	40	40	40	40
คะแนนรวม	200	200	189	200
คะแนนต่ำสุด	5	5	3	5
คะแนนสูงสุด	5	5	5	5
ค่าเฉลี่ย	5.00	5.00	4.73	5.00
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.00	0.00	0.60	0.00
C.V. (%)	0.00	0.00	12.67	0.00
แปลผล	มากที่สุด	มากที่สุด	มากที่สุด	มากที่สุด

ตารางที่ 4.2 ภาพรวมผลการวิเคราะห์ลักษณะโดยรวมของแบบจำลอง

รายการ	ภาพรวม
คะแนนรวม	789
ค่าเฉลี่ย	4.93
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.15
C.V. (%)	3.03
แปลผล	มากที่สุด

จากตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยด้านความยืดหยุ่น และความสะดวกของการนำไปใช้งาน ,ด้านความเหมาะสมของคู่มือ และคำแนะนำการใช้งาน และด้านประโยชน์ที่ได้จากการใช้แบบจำลองฯประกอบการเรียน มีค่ามากที่สุด คือ 5.00 , ด้านรูปแบบของแบบจำลองมีความทันสมัยน่าใช้งาน มีค่าเฉลี่ย 4.73 แปลความหมายได้ มากที่สุด ทั้ง 4 ด้าน และผลจากตารางที่ 4.2 เป็นผลรวมของด้านภาพรวมของแบบจำลอง ซึ่งได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.93 และแปลความหมายได้เป็น มากที่สุด

สรุป

จากผลการสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้งานแบบจำลองทางฟิสิกส์บนคอมพิวเตอร์ เรื่องการเคลื่อนที่แบบโปรเจคไตล์ โดยผู้วิจัยได้แยกเป็น 4 หัวข้อ ได้แก่ ความพึงพอใจด้านกระบวนการติดตั้งและความต้องการด้านทรัพยากร , การใช้งาน , รูปแบบและภาพลักษณ์ และ ภาพรวมของแบบจำลอง ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ดีมากทุกด้าน

จากการสังเกตและสอบถามนักศึกษากลุ่มตัวอย่างเพิ่มเติมพบว่า แบบจำลองฯมีประโยชน์ในการเปรียบเทียบเหตุการณ์ของการเคลื่อนที่ตั้งแต่ 2 เหตุการณ์ขึ้นไปในเวลาที่เริ่มต้นพร้อมกัน เพราะตั้งค่าง่าย เห็นผลเร็ว นอกจากนี้ นักศึกษากลุ่มตัวอย่างยังค้นพบความรู้เกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโปรเจคไตล์ใหม่ๆว่า หากลูกบอล 2 ลูก ถูกยิงออกไปพร้อมกัน ด้วยความเร็วต้นที่เท่ากัน แต่มุมในการยิงแตกต่างกัน หากมุมทั้ง 2 นั้นรวมกันแล้วได้ 90 องศา ลูกบอลจะไปตกอยู่ที่เดียวกัน แต่ตกถึงพื้นต่างเวลากัน โดยมุมที่น้อยกว่าจะตกถึงพื้นก่อน ซึ่งเป็นเรื่องที่นักศึกษาไม่เคยพบในบทเรียน

จากการทำวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้เรียนรู้ทักษะการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์บนคอมพิวเตอร์มากขึ้น และมีแรงบันดาลใจที่จะสร้างแบบจำลองเหตุการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น เพื่ออำนวยประโยชน์ในการศึกษาของนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ให้มีความเข้าใจในเรื่องของวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ทุนอุดหนุนงานวิจัย งบประมาณประจำปี 2556 ขอขอบคุณ คุณนฤนาท เพ็งหมื่นราช เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ ที่อำนวยความสะดวกในการทดลองและเก็บข้อมูล , นักศึกษากลุ่มตัวอย่างที่ให้ความร่วมมือในการทดลอง , สำนักวิทยบริการที่อำนวยความสะดวกในการใช้งานห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์พื้นฐาน และสุดท้ายนี้ขอขอบคุณ คุณมณีโชติรส เกิดปัญญา ภรรยาที่ให้การช่วยเหลือในเรื่องของการวิเคราะห์ผลทางสถิติ ขอบคุณครับ

เอกสารอ้างอิง

ผศ.สุชาติ สุภาพ . 2554 . การเคลื่อนที่แบบโปรเจคไตล์. น. 12 - 17 ใน: ผศ. สุชาติ สุภาพ. การเคลื่อนที่และแรงในธรรมชาติและฟิสิกส์พื้นฐาน . Science Publishing ,กรุงเทพฯ.

Alexander K. Hartmann and HeikoRieger.2001 . A practical guide to computer simulations .arxiv.org :1- 69.

Alexander K. Hartmann and HeikoRieger .2002 .Optimization Algorithms in Physics .research. Wiley-VCH Berlin

Noah Finkelstein, Wendy K. Adams, Christopher Keller, Katherine Perkins, Carl Wieman and the Physics Education Technology Project Team .2006 . High-Tech Tools for Teaching Physics: the Physics Education Technology Project .research. University of Colorado at Boulder , Colorado.

Noah S. Podolefsky, Katherine K. Perkins, and Wendy K. Adams .2010 . Factors promoting engaged exploration with computer simulations .research . University of Colorado at Boulder , Colorado.

Rubin H. Landau .2010 .Structured Program Design.page 12. in Sally Haerer. A Survey of Computational Physics . Princeton UnivPress , Bordeianu.