

การพัฒนาส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้ในการตรวจสอบการทำงาน
วงจรลอจิกของชุดกิจกรรมเอจีเอสเต็ม
Development of Graphical User Interface for Checking Logic
Circuit of AgSTEM Activity

วีระ ยุคุณธร*

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี

*e-mail: w.yukunthorn@kru.ac.th

Weera Yukunthorn

Faculty of Science and Technology, Kanchanaburi Rajabhat University

บทคัดย่อ

ในบทความวิจัยนี้เป็นการพัฒนาโปรแกรม SCILAB 6.0 เพื่อช่วยการตรวจสอบสถานะการทำงานของวงจรลอจิกผ่านนิพจน์บูลีนในชุดกิจกรรมเอจีเอสเต็ม (AgSTEM) โดยการสร้างและพัฒนาส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้ (GUI) มีขั้นตอนการวิจัยดังนี้ 1) สร้างวัตถุเชิงคณิตศาสตร์และอัลกอริทึมในการรับส่ง และคำนวณค่าระหว่างระบบพีชคณิตบูลีน กับระบบจำนวนจริง 2) ออกแบบและพัฒนาวัตถุสำหรับการจัดการและควบคุมการทำงานของ GUI ให้แสดงการทำงานของวงจรลอจิกจากนิพจน์บูลีนเป็นตารางสถานะการทำงานของวงจรลอจิก และ 3) ศึกษาเปรียบเทียบเวลาที่ใช้คำนวณและความแม่นยำระหว่างการใช้คอมพิวเตอร์คำนวณกับมนุษย์คำนวณ ผลการวิจัย พบว่า GUI ที่ถูกสร้างและพัฒนาขึ้นมานั้นสามารถคำนวณ รับส่งค่าระหว่างระบบพีชคณิตบูลีนกับระบบจำนวนจริง โดยที่สถานะทำงานของวงจรลอจิกถูกแสดงในรูปของตารางค่าความจริง ทำให้ได้มาซึ่งซอฟต์แวร์ที่สามารถคำนวณได้รวดเร็วและแม่นยำกว่ามนุษย์

คำสำคัญ: การออกแบบวงจรลอจิก ส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้ พีชคณิตบูลีน เอจีเอสเต็ม

Abstract

In this paper, we developed SCILAB 6.0 to check working states of logic circuits via Boolean expression in AgSTEM activity. The graphical user interface (GUI) was investigated and developed as follows: 1) we defined and constructed mathematical objects and algorithms for computing and mapping between the systems of Boolean algebra and real numbers, 2) we designed and developed organizing objects and control objects to interpret states of working from Boolean expressions to the state table of the logic circuit and 3) we compared user time and accuracy of computing between computer and human. Consequently, the GUI which was investigated and developed can be computed between the system of Boolean algebra and real numbers. The states of working of logic circuits are presented as the truth table. So we obtained the GUI which computes both faster and more accurate than human.

Keywords: Logic Circuit Design, Graphical User Interface, Boolean Algebra, AgSTEM

บทนำ

รายวิชาคณิตศาสตร์สำหรับคอมพิวเตอร์เป็นวิชาบังคับสำหรับนักศึกษาครุศาสตร์ สาขาเทคโนโลยีการศึกษา และคอมพิวเตอร์ศึกษา ในส่วนของเนื้อหาหลักกลางภาคเป็นการเรียนการสอนด้านการเรียนรู้ของคอมพิวเตอร์ผ่านคณิตศาสตร์ผู้เรียนจะต้องศึกษาระบบตัวเลขสำหรับคอมพิวเตอร์ ระบบเลขฐานสอง พีชคณิตบูลีน และการออกแบบวงจรลอจิก ในยุค Education 4.0 การศึกษาควรผลิตบัณฑิตเพื่อตอบโจทย์ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีและอุตสาหกรรม (Wallner & Wanger, 2016) เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม และกาญจนบุรีเป็นจังหวัดที่มีการปลูกพืชเศรษฐกิจจำนวนมาก จากการศึกษาแนวคิด AgSTEM ของมหาวิทยาลัยฟลอริดา ประเทศสหรัฐอเมริกาซึ่งเป็นการบูรณาการการเรียนการสอนระหว่างวิทยาศาสตร์การเกษตร (Agricultural Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรม (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) (Stubbs & Myers, 2015) ผู้วิจัยจึงได้จัดทำกิจกรรมบูรณาการเรียนรู้อัตโนมัติที่สอดคล้องกับบริบทของจังหวัดกาญจนบุรี

กิจกรรมการเรียนรู้ AgSTEM เป็นกิจกรรมที่ตั้งใจให้เปิดโอกาสให้นักศึกษาจับกลุ่มและร่วมกันออกแบบระบบรดน้ำต้นไม้อัตโนมัติโดยกำหนดสถานการณ์ดังนี้ (1) การปลูกผักในในที่ที่เปิด (2) การปลูกผักผลในที่ที่เปิด และ (3) การปลูกผักในโรงเรือน ผู้เรียนจะต้องมีความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์เกษตรเรื่องการให้น้ำผัก ผักกระบวนความคิดวิเคราะห์ การเลือกใช้เทคโนโลยีเซนเซอร์ การออกแบบระบบรดน้ำต้นไม้ตามแนวทางวิศวกรรม และการใช้เทคนิคทางคณิตศาสตร์เพื่อลดรูปวงจรให้อยู่ในรูปฟังก์ชันบูลีนอย่างง่าย (Yukunthorn, Sivilaiz & Srikasetsarakul, 2017)

ระบบที่ออกแบบเป็นระบบที่มี 5 อินพุตทำให้มีรูปแบบการทำงานที่แตกต่างกันจำนวน 32 รูปแบบซึ่งผู้ออกแบบจะต้องตัดสินใจและกำหนดค่าเอาต์พุต แต่ละสถานะการทำงานของเอาต์พุตเหล่านี้สามารถเขียนได้ในรูปของผลบวกของผลคูณ (Sum of Product) ในพีชคณิตบูลีนนิพจน์นี้สามารถลดรูปได้ด้วยแผนผังคาร์โนห์ ทำให้ได้นิพจน์ที่อยู่ในรูปอย่างง่ายแต่อย่างไรก็ตามมีความจำเป็นที่จะต้องตรวจสอบว่า นิพจน์ที่ได้จากการลดรูปนั้นสอดคล้องกับสถานะการทำงานที่ออกแบบไว้หรือไม่

จากการจัดการเรียนการสอนด้วยชุดกิจกรรม AgSTEM ในรายวิชา 409607 คณิตศาสตร์สำหรับคอมพิวเตอร์ ประจำปีการศึกษา 1/2559 พบอุปสรรคในการตรวจสอบการทำงานของวงจรลอจิกผ่านนิพจน์บูลีน เนื่องจากจะต้องนำนิพจน์ที่ได้จากการลดรูปไปสร้างตารางการทำงานทั้ง 32 สถานะซึ่งการตรวจสอบแบบมนุษย์คำนวณใช้เวลานาน และเกิดข้อผิดพลาดบ่อยครั้ง การนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการตรวจสอบที่มีหน้าตาแสดงผลแบบ GUI จะทำให้การตรวจสอบมีความสะดวก และรวดเร็วในการสร้างตารางแสดงสถานะการทำงาน

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและพัฒนา GUI ด้วยโปรแกรม SCILAB โดยสร้างวัตถุเชิงคณิตศาสตร์ในการรับค่าอินพุตจากนิพจน์บูลีน รวมถึงอัลกอริทึมที่ใช้ในการคำนวณพร้อมแปลค่าเอาต์พุตของฟังก์ชันบูลีนและออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้โปรแกรมให้รายงานผลการการทำงานของวงจรลอจิกในรูปตารางแสดงสถานะการทำงาน นำมาซึ่งเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการตรวจสอบการทำงานของวงจรลอจิกในชุดกิจกรรม AgSTEM แทนการตรวจสอบความถูกต้องด้วยมนุษย์คำนวณ

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อสร้างวัตถุเชิงคณิตศาสตร์รับส่ง และคำนวณค่าระหว่างระบบพีชคณิตบูลีน กับระบบจำนวนจริง และออกแบบอัลกอริทึมรับค่าอินพุต และแปลค่าเอาต์พุตของนิพจน์บูลีนออกมาในรูปของตารางค่าความจริงซึ่งแสดงสถานะการทำงานของวงจรลอจิก

2. เพื่อออกแบบและพัฒนาSCILAB GUI ในการควบคุมและจัดการ การรับค่าอินพุตการประมวลผล และแสดงผล

3. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบความเร็วและความแม่นยำของการคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์และมนุษย์คำนวณ

วิธีการวิจัย

วัตถุเชิงคณิตศาสตร์และอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัยนี้สร้างจากหลักพีชคณิตบูลีน (Skvarcius & Robinson, 1986) ซึ่งเป็นหลักการที่ใช้ในการออกแบบวงจรลอจิก นอกจากนี้ยังมีการใช้ฟังก์ชันขั้น (Floor Function) สำหรับสร้างและพิสูจน์อัลกอริทึมที่ใช้สร้างตารางแสดงสถานะการทำงานของวงจรลอจิก ผ่านทฤษฎีคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องประกอบด้วย

สัจพจน์ที่ 1 ระบบพีชคณิตบูลีน $(P, +, \cdot; 0, 1)$ เทียบเท่ากับระบบพีชคณิตตรรกศาสตร์ $(P, \vee, \wedge; F, T)$ ประกอบด้วยเซต P ซึ่งเป็นเซตของประพจน์ภายใต้การดำเนินการทวิภาค $+$ และ $\cdot$ และมีสมาชิกซึ่งเป็นเอกลักษณ์การบวกและการคูณแทนด้วย 0 และ 1 ตามลำดับโดยสอดคล้องกับคุณสมบัติต่อไปนี้ สำหรับ $p, q, r \in P$

1. $(p + q) + r = p + (q + r)$ และ $(pq)r = p(qr)$

2. $p + 0 = p = 0 + p$ และ $p \cdot 1 = p = 1 \cdot p$

3. $p + (qr) = (p + q)(p + r)$ และ $p(q + r) = pq + pr$

4. $p + q = q + p$ และ $pq = qp$

5. $p + \bar{p} = 1$ และ $p\bar{p} = 0$

หมายเหตุ $pq = p \cdot q$

ทฤษฎีบทที่ 2 สำหรับ $(P, +, \cdot; 0, 1)$ กำหนดให้ $x \in P$ แล้ว

2.1 $x + 1 = 1$ ยิ่งไปกว่านั้นสังเกตได้ว่า $1 + 1 = 1$

2.2 $x \cdot 0 = 0$

2.3 $\bar{0} = 1$ และ $\bar{1} = 0$

นิยามที่ 3 กำหนดให้ $m: \{0, 1\}^n \rightarrow \{0, 1\}$ สำหรับ $p \in \{0, 1\}^n$ แล้ว Minterm ของเวกเตอร์ p นิยามโดย

$$m(p) = \prod_{i=1}^n p_i \quad (1)$$

ทฤษฎีบทที่ 4 กำหนดให้ $p \in \mathbb{Z}_2^n$ และ $n, k \in \mathbb{N}$

$m(p) = 0$ ก็ต่อเมื่อ $p_i = 0$ สำหรับบางค่า

$i = 1, 2, \dots, n$ ยิ่งไปกว่านั้น

$$\sum_{j=1}^k m_j(p) = 0 \text{ ก็ต่อเมื่อ } m_j(p) = 0$$

สำหรับทุกค่า $j = 1, 2, \dots, k$ ซึ่งสามารถพิสูจน์ได้โดยง่ายจากทฤษฎีบทที่ 2.1 และ 2.2

นิยามที่ 5 (ฟังก์ชันขั้น) กำหนดให้ $\lfloor x \rfloor: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{Z}$ โดยที่

$$\lfloor x \rfloor = n$$

เมื่อ n เป็นจำนวนเต็มที่มากที่สุดที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ x อาจกล่าวได้ว่า

$$\lfloor x \rfloor = n \text{ เมื่อ } n \leq x < n + 1$$

(Epp, 2011).

การสร้าง GUI สำหรับตรวจสอบการทำงานของวงจรลอจิกมีขั้นตอนดำเนินการดังนี้ 1) สร้างวัตถุเชิงคณิตศาสตร์รวมถึงอัลกอริทึมสำหรับรับส่ง และคำนวณค่าระหว่างระบบพีชคณิตบูลีน กับระบบจำนวนจริง 2) ออกแบบและพัฒนาวัตถุสำหรับจัดการและควบคุมการทำงานของ GUI ให้แสดงผลการทำงานของวงจรลอจิกจากนิพจน์บูลีนเป็นตารางสถานะการทำงานของวงจรลอจิก และ 3) ศึกษาเปรียบเทียบเวลาที่ใช้นับจำนวนและความแม่นยำระหว่างการใช้คอมพิวเตอร์คำนวณกับการใช้มนุษย์คำนวณ

ขั้นตอนที่ 1 การสร้างวัตถุเชิงคณิตศาสตร์รวมถึงอัลกอริทึมสำหรับรับส่ง และคำนวณค่าระหว่างระบบพีชคณิตบูลีนกับระบบจำนวนจริงประกอบด้วย 1.1) การสร้างฟังก์ชันและอัลกอริทึมสำหรับสร้างตารางค่าความจริง 1.2) การสร้างฟังก์ชันและอัลกอริทึมสำหรับคำนวณค่า Minterm 1.3) การสร้างฟังก์ชันและอัลกอริทึมสำหรับประมวลผลฟังก์ชันบูลีน

1.1 การสร้างฟังก์ชันและอัลกอริทึมสำหรับสร้างตารางค่าความจริงสร้างได้จากการแปลงเลขฐานสิบ ได้แก่ 0, 1, 2, ... ไปเป็นเลขฐานสองโดยขึ้นกับจำนวนบิต เช่น 12

หากเราต้องการเปลี่ยนเป็นเลขฐานสองมีวิธีการดังนี้ จากระเบียบวิธีการหาร

$$\text{ตัวตั้ง} = (\text{ผลหาร} \times \text{ตัวหาร}) + \text{เศษ}$$

โดยที่เศษจะต้องน้อยกว่าตัวหารแต่มากกว่าหรือเท่ากับศูนย์ พิจารณาการนำซ้ำด้วยการนำผลหารมาหารด้วย 2

$$12 = 6 \times 2 + 0$$

$$6 = 3 \times 2 + 0$$

$$3 = 1 \times 2 + 1$$

$$1 = 0 \times 2 + 1$$

ดังนั้น $12 = 1100_2$ จะเห็นได้ว่าการเขียน 12 ในระบบเลขฐานสองจะต้องใช้อย่างน้อยจำนวน 4 บิตและบิตที่ 1 ได้จากทำซ้ำในครั้งที่ 4 ถ้ากำหนดให้ r เป็นลำดับของแถวโดยที่ค่าฐานสิบของแต่ละแถวมีค่าเท่ากับ $r-1$ ผลหารจากการหารด้วยสองสามารถเขียนแทนด้วย

$$\lfloor (r-1)/2 \rfloor$$

เราสามารถพิสูจน์ด้วยอุปนัยแบบย้อนกลับ (Backward Induction) (Su & Xiong, 2016) ได้ว่า สำหรับตารางค่าความจริงขนาด $2^n \times n$ ค่าสมาชิกแถวที่ r หลักที่ c เขียนได้ในรูป

$$s_{r,c} = \left\lfloor \frac{r-1}{2^{n-c}} \right\rfloor - 2 \left\lfloor \frac{r-1}{2^{n-c+1}} \right\rfloor \quad (2)$$

สำหรับ $r=1,2,\dots,2^c$ และ $c \in \mathbf{N}$

ขั้นฐาน (Basic Step) สมมติให้ $P(1)$ แทนการทำซ้ำครั้งที่หนึ่งและกำหนดค่าในตารางค่าความจริงแถวที่ r หลักที่ $c=n$ จากการหาร $r-1$ ด้วย 2 จากระเบียบวิธีการหารจะได้

$$r-1 = 2 \left\lfloor \frac{r-1}{2} \right\rfloor + s_{r,n} \quad (3)$$

จะเห็นได้ว่า

$$s_{r,n} = \left\lfloor \frac{r-1}{2^{n-n}} \right\rfloor - 2 \left\lfloor \frac{r-1}{2^{n-n+1}} \right\rfloor \quad (4)$$

ดังนั้น $P(1)$ เป็นจริง

ขั้นอุปนัย (Inductive Step) สมมติให้ $P(k)$ เป็นจริงจะได้ว่า ค่าในตารางค่าความจริงแถวที่ r หลักที่ $c=n-k+1$ เท่ากับ

$$s_{r,n-k+1} = \left\lfloor \frac{r-1}{2^{k-1}} \right\rfloor - 2 \left\lfloor \frac{r-1}{2^k} \right\rfloor \quad (5)$$

จะแสดงว่า $P(2), P(4), P(6), \dots$ เป็นจริง พิจารณา

$$s_{r,n-2k+1} = \left\lfloor \frac{r-1}{2^{2k-1}} \right\rfloor - 2 \left\lfloor \frac{r-1}{2^{2k}} \right\rfloor \quad (6)$$

นำ 2 คูณสมการที่ (6) แล้วจัดรูปจะได้

$$2 \left\lfloor \frac{r-1}{2^{2k-1}} \right\rfloor = 4 \left\lfloor \frac{r-1}{4^k} \right\rfloor + 2s_{r,n-2k+1} \quad (7)$$

จากสมการที่ (7) จะเห็นว่า $2s_{r,n-2k+1}$ คือเศษจากการหาร $r-1$ ด้วย 4 ในครั้งที่ k กล่าวคือ $2s_{r,n-2k+1}$ เป็นบิตที่ k ของ $r-1$ ในระบบเลขฐาน 4 จะเห็นได้โดยง่ายว่า $s_{r,n-2k+1}$ เป็นบิตที่ $2k$ ของ $r-1$ ในระบบเลขฐาน 2 เพราะฉะนั้น $P(2k)$ เป็นจริงสำหรับ $k=1,2,3,\dots$

ขั้นตอนถัดไปจะต้องแสดงว่า $P(k-1)$ เป็นจริง พิจารณาการหาร $\lfloor (r-1)/2^{k-2} \rfloor$ ด้วย 2

$$\left\lfloor \frac{r-1}{2^{k-2}} \right\rfloor = 2 \left\lfloor \frac{1}{2} \left\lfloor \frac{r-1}{2^{k-2}} \right\rfloor \right\rfloor + s_{r,n-k+2} \quad (8)$$

เนื่องจากตัวตั้งในสมการที่ (5) เป็นผลหารของสมการที่ (8) ทำให้ได้ว่า

$$s_{r,n-k+2} = \left\lfloor \frac{r-1}{2^{k-2}} \right\rfloor - 2 \left\lfloor \frac{r-1}{2^{k-1}} \right\rfloor \quad (9)$$

ดังนั้น $P(k-1)$ เป็นจริง และการพิสูจน์เสร็จสมบูรณ์ จากการพิสูจน์ข้างต้นค่าในตารางค่าความจริงนั้นสามารถอธิบายได้ด้วยสมการที่ (2) ซึ่งเขียนเป็นอัลกอริทึมสำหรับสร้างตารางค่าความจริงได้ดังนี้

อัลกอริทึมสำหรับสร้างตารางค่าความจริง

อินพุต : จำนวนเซนเซอร์ n

เอาต์พุต : เมทริกซ์ตารางค่าความจริงขนาด $2^n \times n$

1: $n=5$;

2: for $r=1:2^n$;

3: for $c=1:n$;

4: $s(r,c)=\text{floor}((r-1)/(2^{n-c}))-2*\text{floor}((r-1)/(2^{n-c+1}))$;

 end;

 end;

1.2 การสร้างฟังก์ชันและอัลกอริทึมสำหรับ

คำนวณค่า Minterm ในการรับค่า Minterm ที่ได้จากการลดรูปด้วย K-map ตัวแปรแต่ละตัวถูกกำหนดในสามรูปแบบ คือ มีค่าความจริงเหมือนกับค่าในตารางค่าความจริง หรือมีค่าความจริงตรงกันข้ามกับค่าในตารางค่าความจริง หรือพจน์นั้นถูกกำจัดอย่างใดอย่างหนึ่ง จึงกำหนดให้ $O_{i,l}$ แทนค่าตัวคูณที่ i ในแถว r ของพจน์ Minterm

ที่ l โดยที่ถ้า $o_{i,l} = 1$ จะใช้ค่า $s_{r,l}$ จากตารางค่าความจริง ในกรณีที่ $o_{i,l} = 0$ จะหมายถึง นิเสธมีความความจริงตรงกันข้ามกับ $s_{r,l}$ นอกเหนือจากกรณีดังกล่าวมาให้กำหนดเป็น 1 ซึ่งหมายความว่านิพจน์ดังกล่าวถูกตัดทิ้งนั้น เพราะไม่ส่งผลต่อการทำงานของวงจร จากเกณฑ์การทำงานดังกล่าวสามารถนิยามเป็นฟังก์ชันได้ดังนี้

$$O_{r,l} = \begin{cases} s_{r,l} & ; o_{i,l} = 1 \\ (s_{r,l} + 1) \bmod 2 & ; o_{i,l} = 0 \\ 1 & ; \text{otherwise} \end{cases} \quad (10)$$

อัลกอริทึมสำหรับคำนวณค่า Minterm ด้วยฟังก์ชันในสมการที่ (10)

อินพุต : จำนวนพจน์ของ Minterm m

เอาต์พุต : ค่าความจริงของพจน์ Minterm

```

1: for i=1:m;
2:   for r=1:2^n;
3:     for l=1:n;
4:       if o1(i,l)=='1' then
5:         O1(r,l)=s(r,l);
6:       else
7:         if o1(i,l)=='0' then
8:           O1(r,l) = modulo(s(r,l)+1,2);
9:         else O1(r,l)=1;
10:        end;
11:      end;
12:    end;
13:    O1(r,n+i)=O1(r,1);l=1;
14:    while l<n;
15:      O1(r,n+i)=O1(r,n+i)*O1(r,l+1);
16:      l=l+1;
17:    end;
18:    m1(r,i)=O1(r,n+i);
19:  end;
20: end;
```

1.3 การสร้างฟังก์ชันและอัลกอริทึมสำหรับประมวลผลฟังก์ชันบูลีน เมื่อวงจรที่ออกแบบผ่านการลดรูปด้วย K-map แล้วการทำงานของวงจรจะถูกเขียนอยู่ในรูปฟังก์ชันที่เป็นผลบวกของ Minterm เนื่องจากโปรแกรม SCILAB ไม่มีคำสั่งคำนวณพีชคณิตบูลีน ในงานวิจัยนี้จึงได้ดำเนินการบวกบนสนามจำนวนจริงก่อน จากนั้นจึงสร้าง

ฟังก์ชันเพื่อประมวลผลบวกไปยัง $\{0,1\}$ โดยการกำหนดฟังก์ชัน

$$F: \mathbf{N} \cup \{0\} \rightarrow \{0,1\}$$

จากทฤษฎีบทที่ 4 จะเห็นได้โดยง่ายว่า

$$\sum_{j=1}^k m_j(p) \neq 0 \text{ ก็ต่อเมื่อ } m_j(p) \neq 0$$

สำหรับบางค่า $j=1,2,\dots,k$ ดังนั้นเราสามารถกำหนดฟังก์ชัน F เป็นฟังก์ชันบูลีนที่มีโดเมนเป็นผลบวกของผลคูณ (Sum of Products) บน $\mathbf{N} \cup \{0\}$ ได้ดังนี้

$$F = \begin{cases} 0 & ; \sum_{j=1}^k m_j(p) = 0 \\ 1 & ; \sum_{j=1}^k m_j(p) > 0 \end{cases} \quad (11)$$

อัลกอริทึมสำหรับประมวลผลฟังก์ชันบูลีน F

อินพุต : จำนวนพจน์ของ minterm m

เอาต์พุต : ค่าความจริงของฟังก์ชันบูลีน

```

1: for r=1:2^n;
2:   m1(r,m+1)=m1(r,1);i=1;
3:   while i<m;
4:     m1(r,m+1)=m1(r,m+1) + m1(r,i+1);
5:     i=i+1;
6:   end;
7:   if m1(r,m+1)==0 then
8:     s(r,n+1)=0;
9:   else s(r,n+1)=1;
10:  end;
11: end;
```

ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบและพัฒนาวัตถุสำหรับการจัดการและควบคุมการทำงานของ GUI หน้าต่าง GUI ถูกออกแบบ และพัฒนาจากเอกสารคู่มือการสร้าง GUI ประกอบด้วยองค์ประกอบกรอบแสดงผลและปุ่มกดควบคุม (รูปที่ 1) มีรายละเอียดดังนี้

- 1 กรอบเอาต์พุตเพื่อแสดงการรับข้อมูลและกดประมวลผล
- 2 กรอบแสดงตารางสถานะทำงาน
- 3 ปุ่มกด O1-O6 เพื่อรับอินพุต
- 4 ปุ่มกด Print เพื่อประมวลผลแต่ละเอาต์พุต

ขั้นตอนที่ 3 การศึกษาเปรียบเทียบความเร็วและความแม่นยำการทดสอบเปรียบเทียบความเร็วและความแม่นยำในการสร้างตารางการทำงานของวงจรลอจิกจาก

นิพจน์บูลีนซึ่งเป็นฟังก์ชัน 5 ตัวแปร มีรูปแบบเอาต์พุตจำนวน 32 ค่า โดยวัดร้อยละการเปลี่ยนแปลงจากการใช้คอมพิวเตอร์คำนวณดังนี้

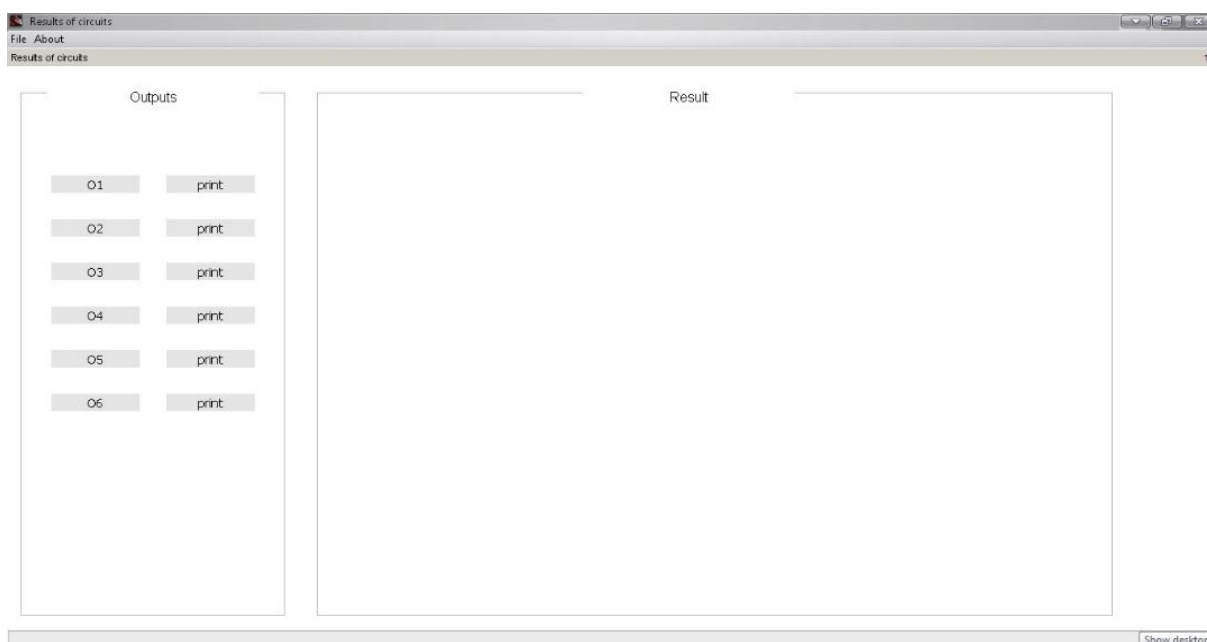
ร้อยละการเปลี่ยนแปลงเวลาเฉลี่ย

$$\frac{\bar{t}_{human} - \bar{t}_{com}}{\bar{t}_{human}} \times 100$$

และร้อยละการเปลี่ยนแปลงความผิดพลาดเฉลี่ย

$$\frac{\bar{e}_{human} - \bar{e}_{com}}{\bar{e}_{human}} \times 100$$

โดยที่เวลาเฉลี่ยของการคำนวณด้วยมนุษย์และคอมพิวเตอร์แทนด้วย $\bar{t}_{human}$ และ $\bar{t}_{com}$ ตามลำดับสำหรับค่าความผิดพลาดจากการคำนวณด้วยมนุษย์และคอมพิวเตอร์แทนด้วย $\bar{e}_{human}$ และ $\bar{e}_{com}$ ตามลำดับ



รูปที่ 1 องค์ประกอบของหน้าต่าง GUI

เพื่อให้ผลการวิเคราะห์มีความสมเหตุสมผลด้านเวลาและความแม่นยำที่เพิ่มขึ้นจากการใช้โปรแกรม ผู้ทดสอบใช้โปรแกรมควรมีทักษะคำนวณพีชคณิตบูลีนที่ดี งานวิจัยนี้จึงใช้วิธีสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยใช้เกณฑ์การคัดเลือกจากผลสอบทักษะคำนวณพีชคณิตบูลีนตั้งแต่ร้อยละ 60 ขึ้นไปมีจำนวน 10 คน และกำหนดให้ฟังก์ชันทดสอบ 5 ฟังก์ชันดังนี้

$$f_1(s_1, s_2, s_3, s_4, s_5) = s_1 \bar{s}_2 + \bar{s}_1 s_2$$

$$f_2(s_1, s_2, s_3, s_4, s_5) = s_2 + \bar{s}_3 s_4 s_5 + s_3 s_5 + \bar{s}_1 s_3 s_4$$

$$f_3(s_1, s_2, s_3, s_4, s_5) = \bar{s}_1 \bar{s}_2 + \bar{s}_1 \bar{s}_3 + \bar{s}_1 s_4 + \bar{s}_2 s_4 + \bar{s}_2 s_3 s_5$$

$$f_4(s_1, s_2, s_3, s_4, s_5) = s_1 s_2 + s_1 s_3 \bar{s}_4 + s_1 \bar{s}_3 s_5 + \bar{s}_1 s_3 s_5 + \bar{s}_2 \bar{s}_3 s_5 + s_1 s_3 s_4 \bar{s}_5 + \bar{s}_1 \bar{s}_2 s_3 s_4$$

$$f_5(s_1, s_2, s_3, s_4, s_5) = \bar{s}_1 \bar{s}_2 \bar{s}_3 \bar{s}_4 + \bar{s}_1 s_3 s_4 s_5 + \bar{s}_1 \bar{s}_2 s_3 s_5 + \bar{s}_2 s_3 s_4 s_5 + \bar{s}_1 \bar{s}_2 \bar{s}_3 s_4 \bar{s}_5 + \bar{s}_1 s_2 \bar{s}_3 s_4 s_5 + s_1 s_2 \bar{s}_3 s_4 \bar{s}_5 + s_1 \bar{s}_2 \bar{s}_3 s_4 s_5$$

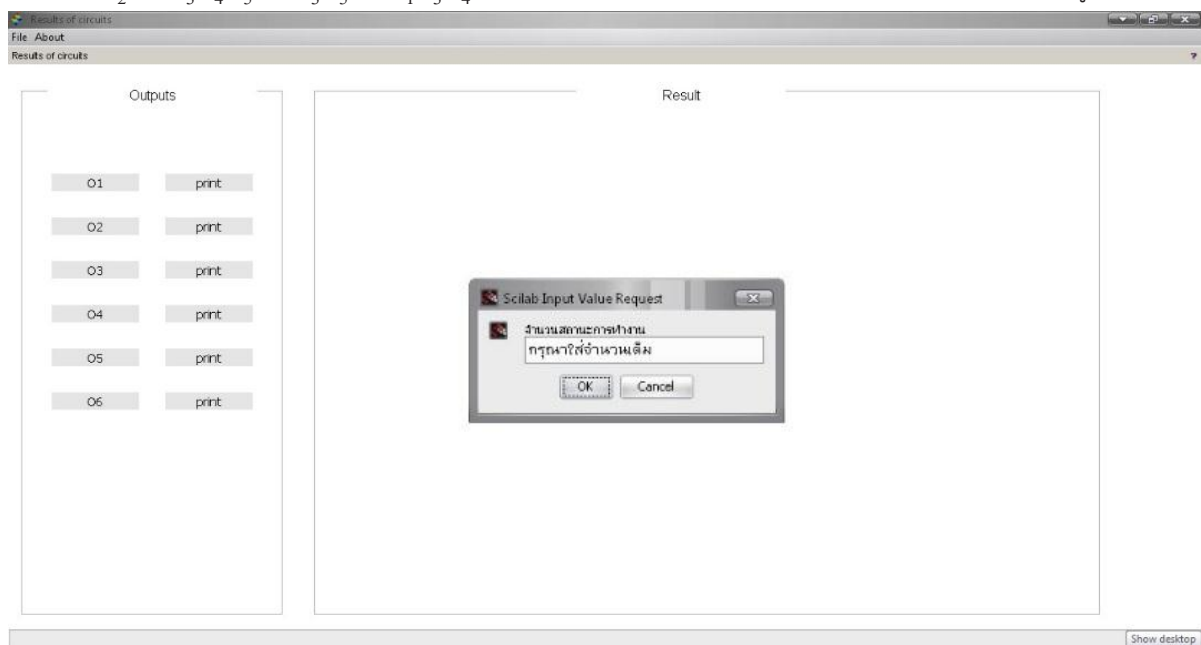
ผลการวิจัย

วัตถุเชิงคณิตศาสตร์และอัลกอริทึมที่ถูกสร้างขึ้นได้แก่ สมการที่ (2), (10) และ (11) สามารถรับส่งค่าระหว่างระบบพีชคณิตบูลีน และระบบจำนวนจริงได้โดยประมวลผลผ่านองค์ประกอบของ GUI ที่ออกแบบไว้ ผลการทำงานเมื่อเปิดหน้าต่าง GUI จะปรากฏหน้าต่าง (รูปที่

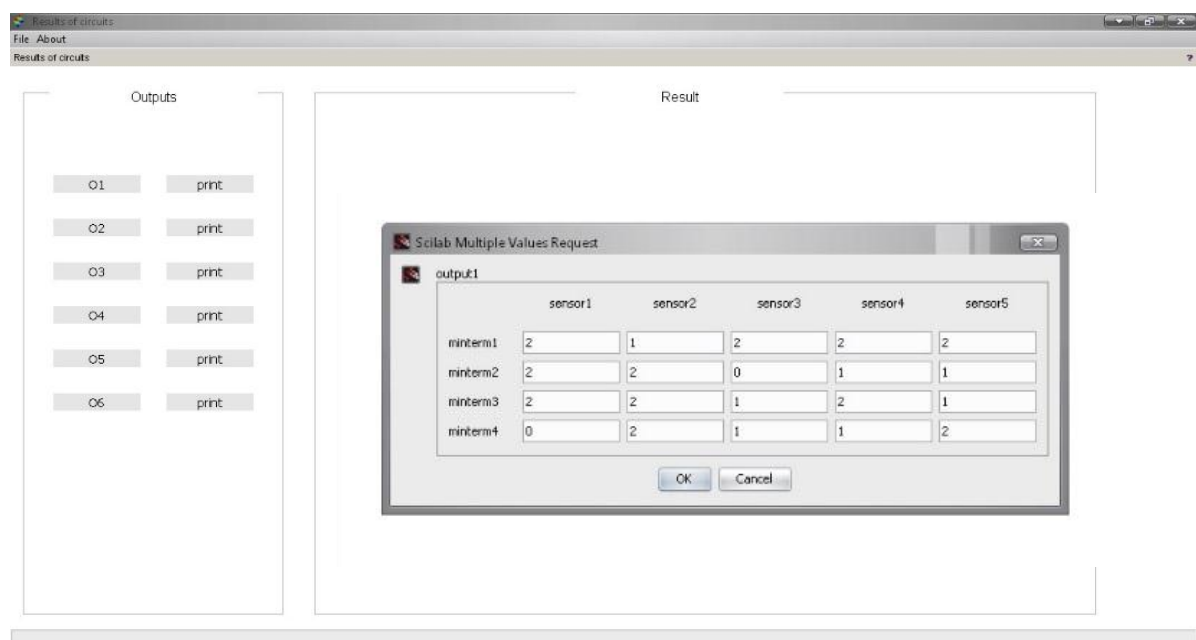
1) ให้คลิกปุ่ม O1 จะปรากฏกล่องข้อความ (รูปที่ 2) เพื่อรับค่าจำนวนพจน์ Minterm หลังจากป้อนจำนวนพจน์ Minterm แล้วจะปรากฏตารางเมทริกซ์มีจำนวนแถวตามจำนวนพจน์ Minterm โดยการรับค่าตัวแปรถูกกำหนดไว้ดังนี้ ตัวแปรนิเสธ ($\bar{S}$) ให้ใส่เลข 0 ตัวแปรปกติให้ใส่เลข 1 และตัวแปรที่ถูกกำหนดหรือไม่ปรากฏให้ใส่เลข 2 เช่น นิพจน์ประกอบด้วย Minterm 4 พจน์ คือ

$$S_2 + \bar{S}_3 S_4 S_5 + S_3 S_5 + \bar{S}_1 S_3 S_4$$

พจน์ที่ 1 ปรากฏเฉพาะ S_2 ดังนั้นในตำแหน่งที่ 2 แทนด้วย 1 และตำแหน่งที่ไม่ปรากฏตัวแปรแทนด้วย 2 ซึ่งจะต้องใส่ค่าเป็น 21222 สำหรับพจน์ที่ 2 จะเห็นว่าไม่มีตัวแปรนิเสธของ S_3 คือ $\bar{S}_3$ ในตำแหน่งที่ 3 จะแทนด้วย 0 ในขณะที่ S_4 และ S_5 เป็นตัวแปรปกติตำแหน่งที่ 4 และ 5 จึงแทนด้วย 1 สำหรับตำแหน่งที่เหลือแทนด้วย 2 ดังนั้นพจน์ที่ 2 จะต้องใส่ตัวเลข 22011 ในทำนองเดียวกันพจน์ที่ 3 และ 4 จะใส่ตัวเลข 22121 และ 02112 ตามลำดับ (รูปที่ 3)



รูปที่ 2 กล่องข้อความรับค่าจำนวนพจน์ Minterm



รูปที่ 3 หน้าต่างแปลค่านิพจน์บูลีนของแต่ละตัวแปร

เมื่อกดปุ่ม Print โปรแกรมจะประมวลผลแสดงผลในรอบ Result (รูปที่ 4) และ (รูปที่ 5) เป็นตัวอย่างผลลัพธ์จากการทดสอบการใช้ GUI ตรวจสอบสถานะวงจรลอจิกของนักศึกษา 6 กลุ่ม

ขั้นตอนการศึกษาเปรียบเทียบค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงจากการคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์กับมนุษย์ ใช้วิธีการหาค่าเฉลี่ยของผู้ทดสอบจำนวน 10 คน จากการคำนวณด้วยมือและใช้โปรแกรมคำนวณทั้งด้านเวลา และความแม่นยำของแต่ละฟังก์ชันได้ผลการทดสอบ (ตารางที่ 1)

พบว่า ฟังก์ชัน f_5 คำนวณด้วยมนุษย์ใช้เวลาเฉลี่ย 957.5 วินาที ในขณะที่คอมพิวเตอร์คำนวณใช้เวลา 94.6 วินาทีซึ่งมีร้อยละการเปลี่ยนแปลงเวลาเฉลี่ยมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 90.12 สำหรับฟังก์ชัน f_1 คำนวณด้วยมนุษย์ใช้เวลาเฉลี่ย 50.9 วินาที ในขณะที่คอมพิวเตอร์คำนวณใช้เวลา 33.8 วินาที มีร้อยละการเปลี่ยนแปลงเวลาน้อยที่สุด ร้อยละ 33.6 ในแง่ของความแม่นยำการใช้คอมพิวเตอร์คำนวณนั้นไม่พบข้อผิดพลาดในการคำนวณทำให้ร้อยละการเปลี่ยนความแม่นยำมีค่าเท่ากับ 100

The screenshot shows a software window titled "Results of circuits" with a menu bar (File, About) and a toolbar. On the left, there's a panel labeled "Outputs" with six rows, each containing a label (O1 to O6) and a "print" button. The main area is a table titled "Result" with 6 columns: Sensor 1, Sensor 2, Sensor 3, Sensor 4, Sensor 5, and output 1. The table contains 32 rows of binary data (0s and 1s).

	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	output 1
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	1	0
3	0	0	0	1	0	0
4	0	0	0	1	1	1
5	0	0	1	0	0	0
6	0	0	1	0	1	1
7	0	0	1	1	0	1
8	0	0	1	1	1	1
9	0	1	0	0	0	1
10	0	1	0	0	1	1
11	0	1	0	1	0	1
12	0	1	0	1	1	1
13	0	1	1	0	0	1
14	0	1	1	0	1	1
15	0	1	1	1	0	1
16	0	1	1	1	1	1
17	1	0	0	0	0	0
18	1	0	0	0	1	0
19	1	0	0	1	0	0
20	1	0	0	1	1	1
21	1	0	1	0	0	0
22	1	0	1	0	1	1
23	1	0	1	1	0	0
24	1	0	1	1	1	1
25	1	1	0	0	0	1
26	1	1	0	0	1	1
27	1	1	0	1	0	1
28	1	1	0	1	1	1
29	1	1	1	0	0	1
30	1	1	1	0	1	1
31	1	1	1	1	0	1
32	1	1	1	1	1	1

รูปที่ 4 ตารางสถานการณ์การทำงานของวงจรลอจิก

The screenshot shows the same software window as Figure 4, but the "Result" table has 11 columns: Sensor 1, Sensor 2, Sensor 3, Sensor 4, Sensor 5, output 1, output 2, output 3, output 4, output 5, and output 6. The table contains 32 rows of binary data.

	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	output 1	output 2	output 3	output 4	output 5	output 6
1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1
2	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1
3	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1
4	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0
5	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1
6	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0
7	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1
8	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0
9	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1
10	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0
11	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1
12	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0
13	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1
14	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0
15	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1
16	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0
17	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
18	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0
19	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1
20	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0
21	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1
22	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0
23	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1
24	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0
25	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1
26	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0
27	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1
28	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0
29	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1
30	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0
31	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0
32	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0

รูปที่ 5 ผลลัพธ์การทดสอบ GUI จากการตรวจสอบการทำงานของวงจรของนักศึกษาทั้ง 6 กลุ่ม

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการทดสอบการทำงานของ GUI พบว่าผลลัพธ์มีความถูกต้องเป็นที่น่าพอใจ และทำงานได้ครบถ้วนตามรูปแบบที่นำเสนอ การใช้ GUI ตรวจสอบวงจรลอจิกผ่านนิพจน์บูลีนมีความรวดเร็วกว่ามนุษย์คำนวณซึ่งผลลัพธ์จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่า ฟังก์ชันที่มีความซับซ้อนมากทำให้ร้อยละการเปลี่ยนแปลงเพิ่มมากขึ้น ที่สำคัญยังการใช้ GUI คำนวณนั้นมีความถูกต้องแม่นยำไม่พบข้อผิดพลาดเนื่องจาก SCILAB เป็นซอฟต์แวร์ที่มีวัตถุประสงค์พื้นฐาน ผู้ใช้สามารถสร้างวัตถุคณิตศาสตร์ใหม่ ๆ ที่สามารถทำงานได้ตามที่ต้องการ อีกทั้งยังเป็นฟรีแวร์ที่มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับ MATLAB ที่ซึ่งได้รับความนิยมมากในงานด้านการคำนวณด้านวิศวกรรม เช่น การใช้

MATLAB GUI วินิจฉัยฟอลต์มอเตอร์เหนี่ยวนำจากสเปกตรัมฟอลต์ ทำให้การอ่านผล และการวางแผนซ่อมบำรุงง่าย และสะดวกขึ้น (Kusoljittakorn, Tangsiriworakul, Kulchonchan & Manop, 2017) ดังนั้น SCILAB GUI จึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการเลือกใช้ซอฟต์แวร์ที่ต้องสร้างวัตถุเชิงคณิตศาสตร์ และส่วนต่อประสานกับผู้ใช้เพื่อตอบโจทย์ทางด้านการคำนวณและจำลองทางคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ (Campbell, Chanceiler & Nikoukhah, 2006)

อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้พบจุดอ่อนบางจุด อาทิ การใช้งานอาจเกิดข้อผิดพลาดจากการป้อนค่านิพจน์บูลีนซึ่งต้องตรวจสอบตารางเมทริกซ์ตัวแปรในหน้าต่าง คอนโซล (Console) ของโปรแกรมก่อนประมวลผล

ตารางที่ 1 การทดสอบเปรียบเทียบความเร็วเฉลี่ยและความแม่นยำเฉลี่ยจากการใช้คอมพิวเตอร์กับมนุษย์คำนวณ

ฟังก์ชัน	ความเร็วเฉลี่ย			ความแม่นยำเฉลี่ย		
	มนุษย์ คำนวณ	คอมพิวเตอร์ คำนวณ	ร้อยละการ เปลี่ยนแปลง	มนุษย์ คำนวณ	คอมพิวเตอร์ คำนวณ	ร้อยละการ เปลี่ยนแปลง
f_1	50.90	33.8	33.60	0.6	0	100
f_2	228.50	40.1	82.45	1.6	0	100
f_3	294.60	37.7	87.20	2.2	0	100
f_4	713.50	86.7	87.85	4.3	0	100
f_5	957.50	94.60	90.12	6.6	0	100

นอกจากนี้การแสดงผลสถานะการทำงานของโปรแกรมทั้ง 32 สถานะนั้นมีเพียงบางสถานะที่มีความจำเป็นต้องนำไปใช้ในการวิเคราะห์สถานการณ์การทำงานของระบบร่น้ำอัตโนมัติที่ถูกออกแบบ

สรุป

จากงานวิจัยนี้พบว่า GUI ที่สร้างด้วยโปรแกรม SCILAB สามารถช่วยให้การแปลงนิพจน์บูลีน รวมถึงผลของสถานการณ์ทำงานของระบบร่น้ำอัตโนมัติเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ นั่น คือ วัตถุเชิงคณิตศาสตร์และอัลกอริทึมที่ถูกสร้างสามารถรับส่งค่า และประมวลผลตามหลักพีชคณิตบูลีนผ่านหน้าต่าง GUI ที่ออกแบบไว้ ช่วยให้การตรวจสอบการทำงานของวงจรลอจิกมีความสะดวก ลดเวลาคำนวณและเพิ่มความแม่นยำมากขึ้น ส่งผลให้เกิดเครื่องมือตรวจสอบการทำงานของวงจรลอจิกในชุดกิจกรรม AgSTEM ที่มีประสิทธิภาพ คำนวณได้รวดเร็ว และแม่นยำกว่ามนุษย์คำนวณ

ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากมีความจำเป็นต้องตรวจสอบความถูกต้องในการป้อนค่านิพจน์บูลีน จึงควรมีการแสดงผลฟังก์ชันบูลีนจากการกรอกข้อมูลนิพจน์บูลีนจะทำให้สามารถตรวจสอบได้ง่ายกว่าการตรวจสอบด้วยตารางตัวแปรในหน้าต่าง Console

2. การคัดกรองและจัดลำดับสถานการณ์ผลลัพธ์ของโปรแกรมจะช่วยอำนวยความสะดวกในการวิเคราะห์ข้อมูลสามารถพัฒนาได้โดยการทำให้เหมือนข้อมูลตารางค่าความจริงเพื่อจัดลำดับความสำคัญของสถานการณ์ต่าง ๆ (Owens, Murali & Ramakrishnan, 2009).

3. งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยด้านเทคโนโลยีการศึกษา แต่สามารถพัฒนาไปสู่ต้นแบบจำลองการส่งผ่านข้อมูลของเซนเซอร์กับ GUI (Asato, Asato, Nagado & Tamaki, 2015) เป็นแนวทางการประยุกต์กับโครงงานของนักศึกษา และเป็นต้นแบบจำลองระบบการร่น้ำอัตโนมัติที่ควบคุมการทำงานด้วยฟังก์ชันบูลีนในอนาคตได้อีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณเงินรายได้ มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี ประจำปีงบประมาณ 2560

References

- Asato, K., Asato, K., Nagado, T., & Tamaki, S. (2015). Development of Low Cost Educational Material for Learning Fundamentals of Mechatronics, *2015 International Conference on Intelligent Informatics and Biomedical Sciences (ICIBMS)*, Okinawa, Japan, 2015, pp. 454-456.
- Campbell, S. L., Chanceiler, J. P., & Nikoukhah, R. (2006). *Modeling and Simulation in Scilab/Scicos*, 1st ed. New York: Springer.
- Epp, S.S. (2011). *Discrete Mathematics with Applications*, 4th ed. Canada: Brooks/Cole Cengage Learning.
- Kusoljittakorn, C., Tangsiriworakul, C., Kulchonchan, E., & Manop, C. (2017) Development of MATLAB GUI for induction motor fault diagnosis. *The Journal of KMUTNB*, 27(2), 253-264. [in Thai].
- Owens, C. C., Murali, T. M., & Ramakrishnan, N. (2009). Capturing truthiness: Mining truth tables in binary datasets. *SAC'09 Proceedings of the 2009 ACM symposium on Applied Computing March 8-12; Hawaii, U.S.A.*, 1467-1474.
- Skvarcius, R., & Robinson, W. B. (1986). *Discrete Mathematics with Computer Science Applications*, 1st ed. California: The Benjamin/Cummings Publishing Company.
- Stubbs, E. A., & Myers, B. E. (2015). Multiple case study of STEM in school based agricultural education. *Journal of Agricultural Education*, 56(2), 188-203.
- Su, Y., & Xiong, B. (2016). *Mathematical Olympiad Series: Volume 11: Methods and Techniques for Proving Inequalities in Mathematical Olympiad and Competitions*. East China Normal University Press and World Scientific Publishing.
- Wallner, T., & Wanger, G. (2016). Academic Education 4.0. *International Conference on Education and New Developments 2016*, 155-159.
- Yukunthorn, W., Sivilaiz, S., & Srikasetsarakul, U. (2017). Learning Applied Boolean Algebra by AgSTEM for Training of 21st Century learning Skills. *The TNI Academic Conference 2017 (TNIAC 2017) May 9; Bangkok Thailand 2017*, pp. 693-698.