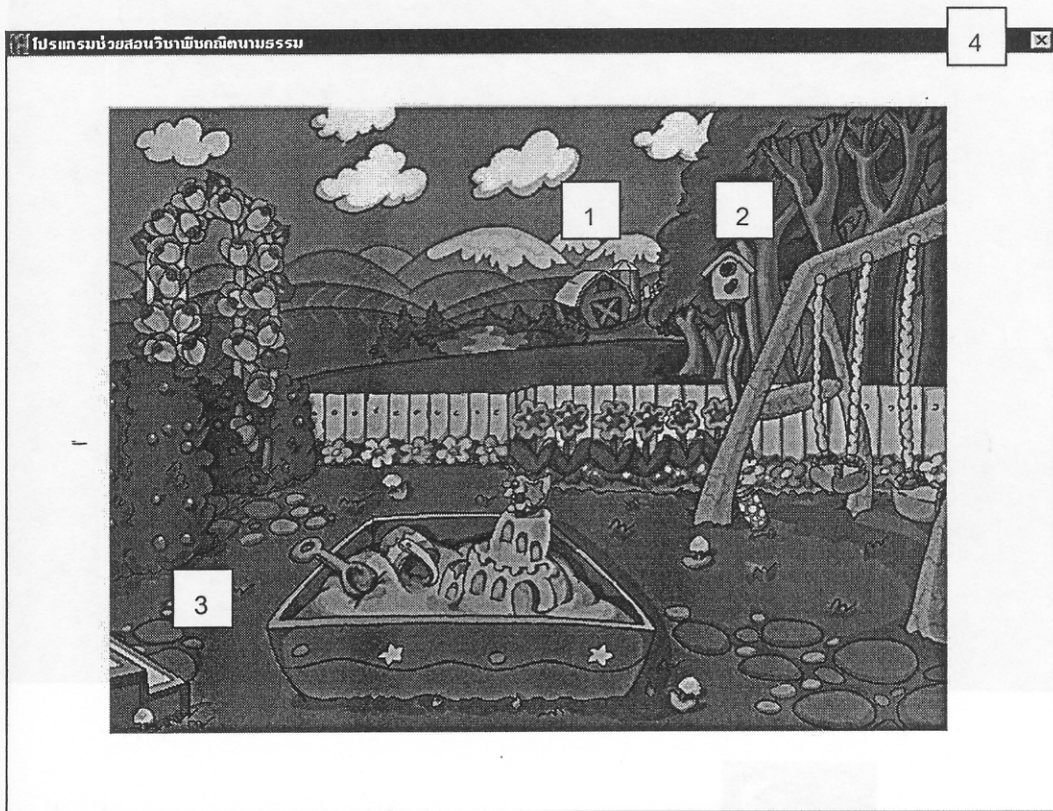
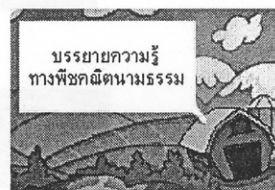


3. โปรแกรมช่วยสอนพีชคณิตนามธรรม

3.1 โปรแกรมช่วยสอนวิชาพีชคณิตนามธรรม



1. เมื่อเลื่อนเมาส์ไปยังตำแหน่งที่ [1] จะปรากฏรูปบ้านเปิด
เมื่อคลิกจะเข้าไปที่ ข้อต้อนรับ (ดู 3.2 ข้อต้อนรับ)



2. เมื่อเลื่อนเมาส์ไปยังตำแหน่งที่ [2] จะปรากฏรูปกรงนกเปิด
เมื่อคลิกจะเข้าไปที่ โปรแกรมช่วยคำนวณทางพีชคณิต
นามธรรม (ดู 3.4 โปรแกรมช่วยคำนวณทางพีชคณิตนามธรรม)

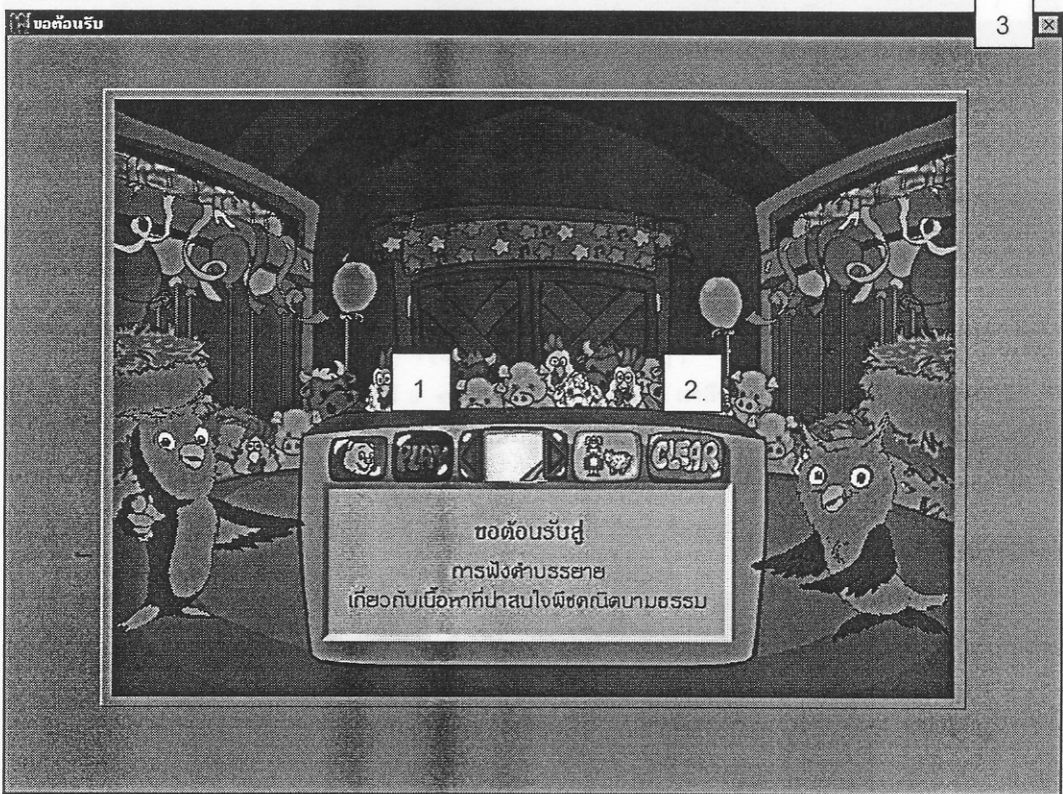


3. เมื่อเลื่อนเมาส์ไปยังตำแหน่งที่ [3] จะปรากฏข้อความ
"ออกจากหน้านี้"



4. เมื่อคลิกที่ตำแหน่งบริเวณ [3] หรือ [4] จะกลับไปเริ่มต้น (ดู 1.2 เริ่มต้น)

3.2 ต้อนรับ



1. เมื่อเลื่อนเมาส์ไปยังตำแหน่งที่ [1] จะปรากฏรูป PLAY เมื่อคลิกจะเข้าไปที่บรรยาย (ดู 3.3 บรรยาย)



2. เมื่อเลื่อนเมาส์ไปยังตำแหน่งที่ [2] จะปรากฏรูป CLEAR



3. เมื่อคลิกที่ตำแหน่งบริเวณ [2] หรือ [3] จะกลับไปโปรแกรมช่วยสอนวิชาพีชคณิตนามธรรม (ดู 3.1 โปรแกรมช่วยสอนวิชาพีชคณิตนามธรรม)

3.3 บรรยาย

7

5

โดยอาศัยทฤษฎีบท เราอาจคำนวณหา $\langle S \rangle$ ได้ดังนี้

$$\langle S \rangle = \{ a_1^{r_1} a_2^{r_2} \dots a_n^{r_n} \mid a_i \in S \text{ และ } r_i \text{ เป็นจำนวนเต็มใด ๆ } \}$$

ถ้า S ประกอบด้วยสมาชิกเพียงตัวเดียวคือ a นั่นคือ $S = \{a\}$ เราจะเขียนแทน $\langle S \rangle$ ด้วย $\langle a \rangle$ และเรียก $\langle a \rangle$ ว่า “กลุ่มย่อยวัฏจักร” (cyclic subgroup) ของ S เราอาจคำนวณหา $\langle a \rangle$ ได้ในทำนองเดียวกันคือ

$$\langle a \rangle = \{ a^n \mid n \text{ เป็นจำนวนเต็มใด ๆ } \}$$

ถ้า G เป็นกลุ่ม และถ้ามี $a \in G$ ซึ่ง $\langle a \rangle = G$ แล้ว เราเรียก G ว่า “กลุ่มวัฏจักร” (cyclic group) และเรียก a ว่า “ตัวก่อกำเนิด” (generator) สำหรับ G

ถ้า $a \circ b = b \circ a$ ทุก ๆ $a, b \in G$ เราเรียกกลุ่ม G ว่า “กลุ่มอาบีเลียน” (abelian group)

6 < ย้อนกลับ

1 <| หน้าแรก

2 |> หน้าถัดไป

3

4 <← บรรยาย

5 >| หยุดบรรยาย

หน้าที 5

เมื่อเข้าสู่บรรยาย โปรแกรมจะแสดงเนื้อหาวิชาพีชคณิตนามธรรมพร้อมทั้งเสียงบรรยาย หลังจากการบรรยายจบลงแต่ละหน้า โปรแกรมจะแสดงหน้าถัดไปพร้อมทั้งเสียงบรรยายโดยอัตโนมัติจนถึงหน้าสุดท้าย (หน้าที่ 38)

- เมื่อคลิกที่ตำแหน่ง [1] จะแสดงเนื้อหาพีชคณิตนามธรรม หน้าก่อนหน้าปัจจุบัน
หมายเหตุ 1. ในระหว่างบรรยายจะไม่อนุญาตให้คลิก
2. ถ้าอยู่ที่หน้าที่ 1 จะไม่อนุญาตให้คลิก
- เมื่อคลิกที่ตำแหน่ง [2] จะแสดงเนื้อหาพีชคณิตนามธรรม หน้าถัดจากหน้าปัจจุบัน
หมายเหตุ 1. ในระหว่างบรรยายจะไม่อนุญาตให้คลิก
2. ถ้าอยู่ที่หน้าที่ 38 จะไม่อนุญาตให้คลิก
- สามารถใส่เลขหน้าที่ตำแหน่งที่ [3] โดยค่าที่ใส่ต้องเป็นตัวเลขตั้งแต่ 1 ถึง 38 หลังจากใส่ค่าให้กดปุ่ม Enter เพื่อที่จะไปยังหน้าที่ต้องการ
หมายเหตุ 1. หลังจากใส่ค่าถ้าไม่กดปุ่ม Enter ตัวโปรแกรมจะยังไม่ไปยังหน้านั้นๆ
2. ถ้าค่าที่ใส่ผิดพลาดจะมีข้อความเตือน
3. ในระหว่างบรรยายจะไม่อนุญาตให้ใส่เลขหน้า

4. เมื่อคลิกที่ตำแหน่ง [4] จะมีเสียงบรรยายเนื้อหาพีชคณิตนามธรรมหน้าที่กำลังแสดงอยู่ หลังจากการบรรยายจบลง โปรแกรมจะแสดงหน้าต่างถัดไปพร้อมทั้งเสียงบรรยายโดยอัตโนมัติจนถึงหน้าสุดท้าย (หน้าที่ 38)

5. เมื่อคลิกที่ตำแหน่ง [5] จะหยุดบรรยายเนื้อหาพีชคณิตนามธรรม

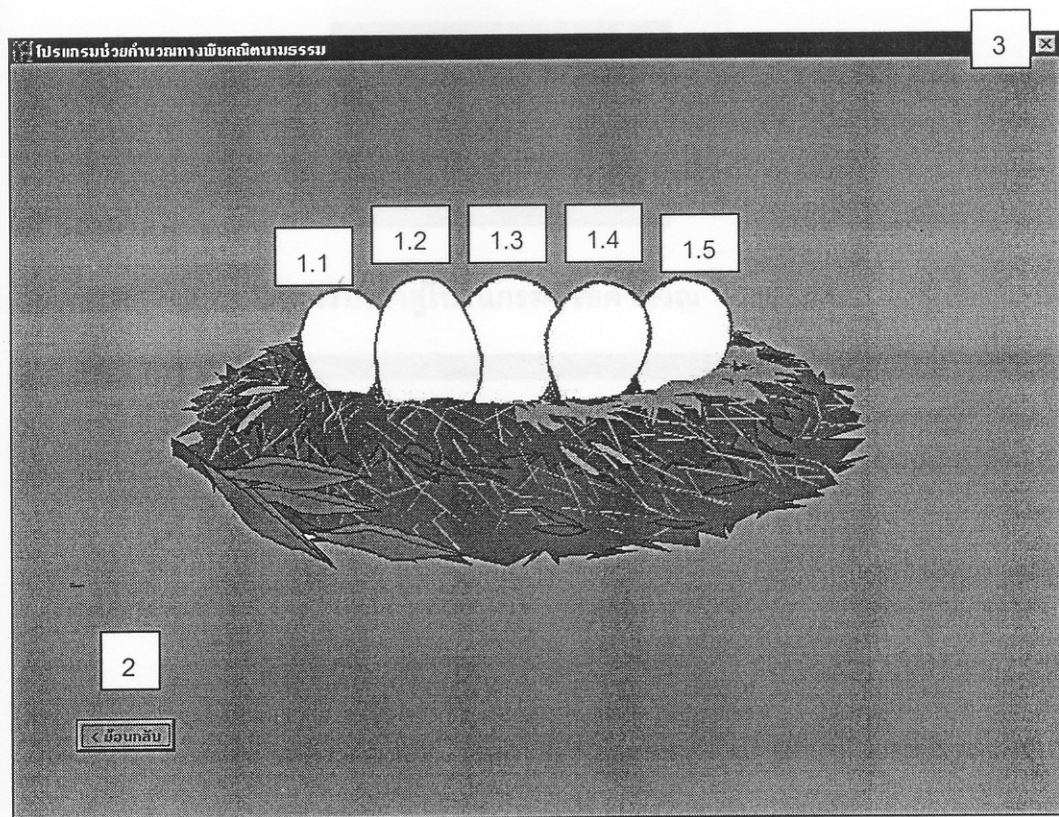
6. เมื่อคลิกที่ตำแหน่ง [6] หรือ [7] จะกลับไปยังต้อนรับ (ดู 3.2 ต้อนรับ)

หมายเหตุ ถ้าจะออกจากบรรยายจะมีการถามยืนยันว่าต้องการออกจริงๆ หรือไม่ อีกครั้ง

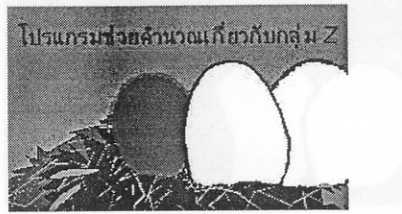
เลือก [Yes] ถ้าต้องการออก

เลือก [No] ถ้าต้องการทำงานต่อ

3.4 โปรแกรมช่วยคำนวณทางพีชคณิตนามธรรม



1. เมื่อเลื่อนเมาส์ไปยังตำแหน่ง [1.1] จะปรากฏรูป

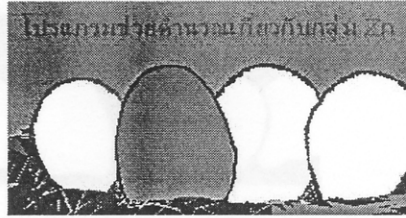


เมื่อคลิกจะเข้าไปที่ขอต้อนรับเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณ



เมื่อเสียงต้อนรับจบลงหรือผู้ใช้คลิกที่ตำแหน่งใดๆ ของขอต้อนรับเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณ โปรแกรมจะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณเกี่ยวกับกลุ่ม Z (ดู 3.4.1 โปรแกรมช่วยคำนวณเกี่ยวกับกลุ่ม Z)

2. เมื่อเลื่อนเมาส์ไปยังตำแหน่ง [1.2] จะปรากฏรูป



เมื่อคลิกจะเข้าไปที่ขอต้อนรับเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณ

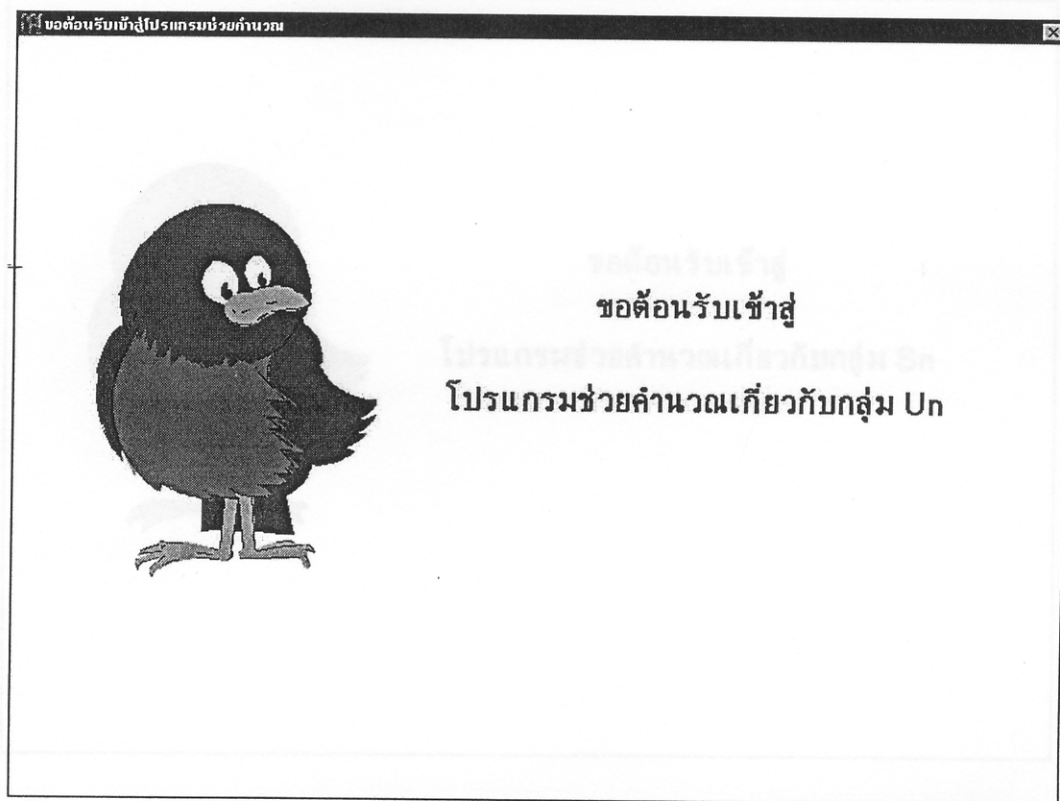


เมื่อเสียบยงต้อนรับจบลงหรือผู้ใช้คลิกที่ตำแหน่งใดๆ ของขอต้อนรับเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณ โปรแกรมจะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณเกี่ยวกับกลุ่ม Z_n (ดู 3.4.2 โปรแกรมช่วยคำนวณเกี่ยวกับกลุ่ม Z_n)

3. เมื่อเลื่อนเมาส์ไปยังตำแหน่ง [1.3] จะปรากฏรูป



เมื่อคลิกจะเข้าไปที่ขอต้อนรับเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณ



เมื่อเสียงต้อนรับจบลงหรือผู้ใช้คลิกที่ตำแหน่งใดๆ ของขอต้อนรับเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณ โปรแกรมจะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณเกี่ยวกับกลุ่ม U_n (ดู 3.4.3 โปรแกรมช่วยคำนวณเกี่ยวกับกลุ่ม U_n)

4. เมื่อเลื่อนเมาส์ไปยังตำแหน่ง [1.4] จะปรากฏรูป



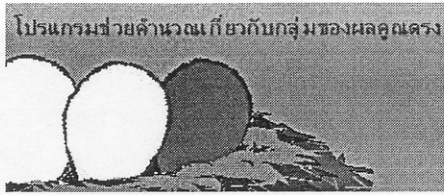
เมื่อคลิกจะเข้าไปที่ขอต้อนรับเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณ



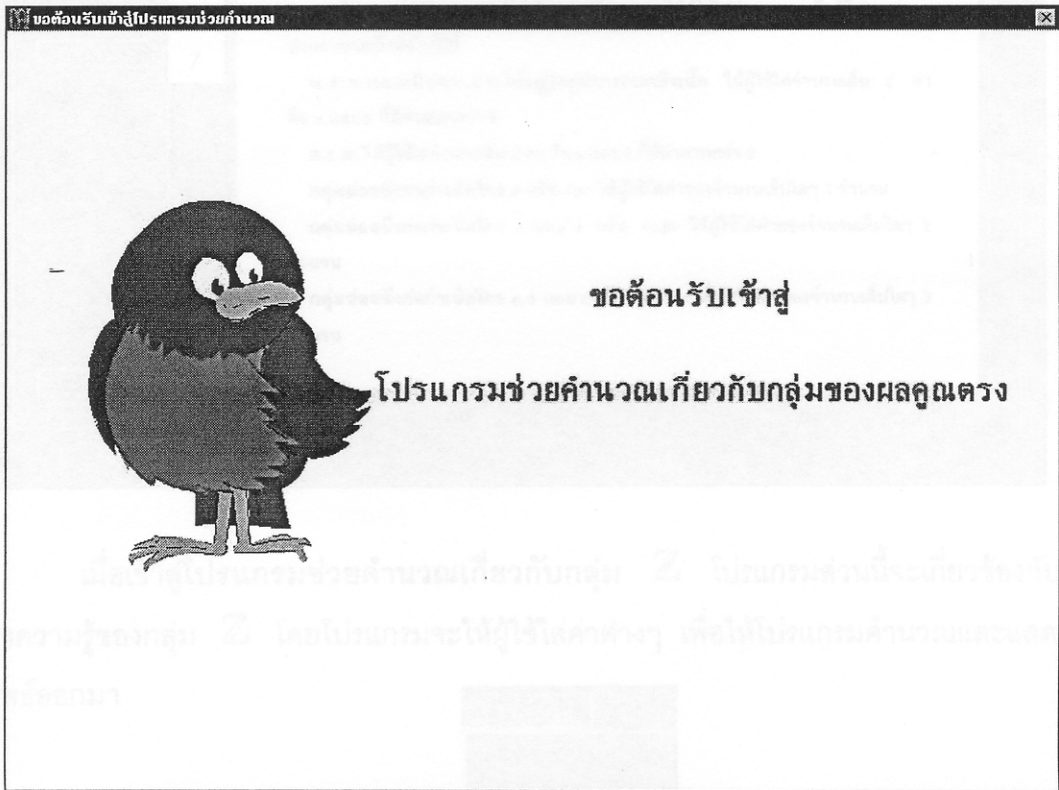
เมื่อเสียงต้อนรับจบลงหรือผู้ใช้คลิกที่ตำแหน่งใดๆ ของขอต้อนรับเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณ โปรแกรมจะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณเกี่ยวกับกลุ่ม S_n (ดู 3.4.4 โปรแกรมช่วยคำนวณเกี่ยวกับกลุ่ม S_n)

6. เมื่อคลิกที่ปุ่มเมนูบริเวณ [2] หรือ [3] จะกลับไปโปรแกรมช่วยสอนวิชาพีชคณิต

5. เมื่อเลื่อนเมาส์ไปยังตำแหน่ง [1.5] จะปรากฏรูป



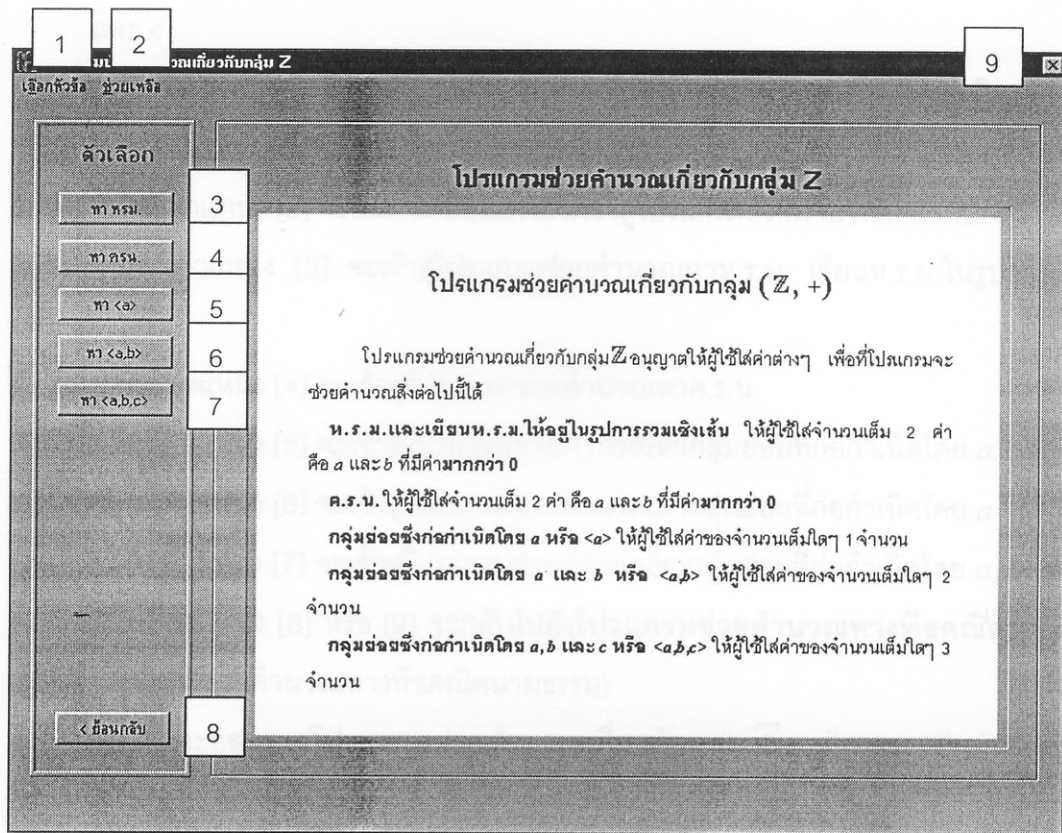
เมื่อคลิกจะเข้าไปที่ขอต้อนรับเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณ



เมื่อเสียงต้อนรับจบลงหรือผู้ใช้คลิกที่ตำแหน่งใดๆ ของขอต้อนรับเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณ โปรแกรมจะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณเกี่ยวกับกลุ่มผลคูณตรง (ดู 3.4.5 โปรแกรมช่วยคำนวณเกี่ยวกับกลุ่มผลคูณตรง)

6. เมื่อคลิกที่ตำแหน่งบริเวณ [2] หรือ [3] จะกลับไปโปรแกรมช่วยสอนวิชาพีชคณิตนามธรรม (ดู 3.1 โปรแกรมช่วยสอนวิชาพีชคณิตนามธรรม)

3.4.1 โปรแกรมช่วยคำนวณเกี่ยวกับกลุ่ม Z



เมื่อเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณเกี่ยวกับกลุ่ม Z โปรแกรมส่วนนี้จะเกี่ยวข้องกับเนื้อหาความรู้ของกลุ่ม Z โดยโปรแกรมจะให้ผู้ผู้ใช้ใส่ค่าต่างๆ เพื่อให้โปรแกรมคำนวณและแสดงผลลัพธ์ออกมา



1. เมื่อคลิกที่ตำแหน่ง [1] จะมีเมนู

เมื่อคลิกที่ตำแหน่งหา ห.ร.ม. จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาห.ร.ม. เขียนห.ร.ม. ในรูปการรวมเชิงเส้น

เมื่อคลิกที่ตำแหน่งหา ค.ร.น. จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาค.ร.น.

เมื่อคลิกที่ตำแหน่งหา $\langle a \rangle$ จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหากลุ่มย่อยที่ก่อกำเนิดโดย a

เมื่อคลิกที่ตำแหน่งหา $\langle a, b \rangle$ จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหากลุ่มย่อยที่ก่อกำเนิดโดย a และ b

เมื่อคลิกที่ตำแหน่ง $\langle a, b, c \rangle$ จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหากลุ่มย่อยที่ก่อกำเนิดโดย a, b และ c

เมื่อคลิกที่ตำแหน่งย้อนกลับ จะกลับไปยังโปรแกรมช่วยคำนวณทางพีชคณิตนามธรรม
(ดู 3.4 โปรแกรมช่วยคำนวณทางพีชคณิตนามธรรม)

2. เมื่อคลิกที่ตำแหน่ง [2] จะแสดงเหมือนเพิ่งเริ่มเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณเกี่ยวกับกลุ่ม \mathbb{Z}
3. เมื่อคลิกที่ตำแหน่ง [3] จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาห.ร.ม. เขียนห.ร.ม. ในรูปการรวมเชิงเส้น
4. เมื่อคลิกที่ตำแหน่ง [4] จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาค.ร.น.
5. เมื่อคลิกที่ตำแหน่ง [5] จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหากลุ่มย่อยที่ก่อกำเนิดโดย a
6. เมื่อคลิกที่ตำแหน่ง [6] จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหากลุ่มย่อยที่ก่อกำเนิดโดย a และ b
7. เมื่อคลิกที่ตำแหน่ง [7] จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหากลุ่มย่อยที่ก่อกำเนิดโดย a, b และ c
8. เมื่อคลิกที่ตำแหน่ง [8] หรือ [9] จะกลับไปยังโปรแกรมช่วยคำนวณทางพีชคณิตนามธรรม
(ดู 3.4 โปรแกรมช่วยคำนวณทางพีชคณิตนามธรรม)

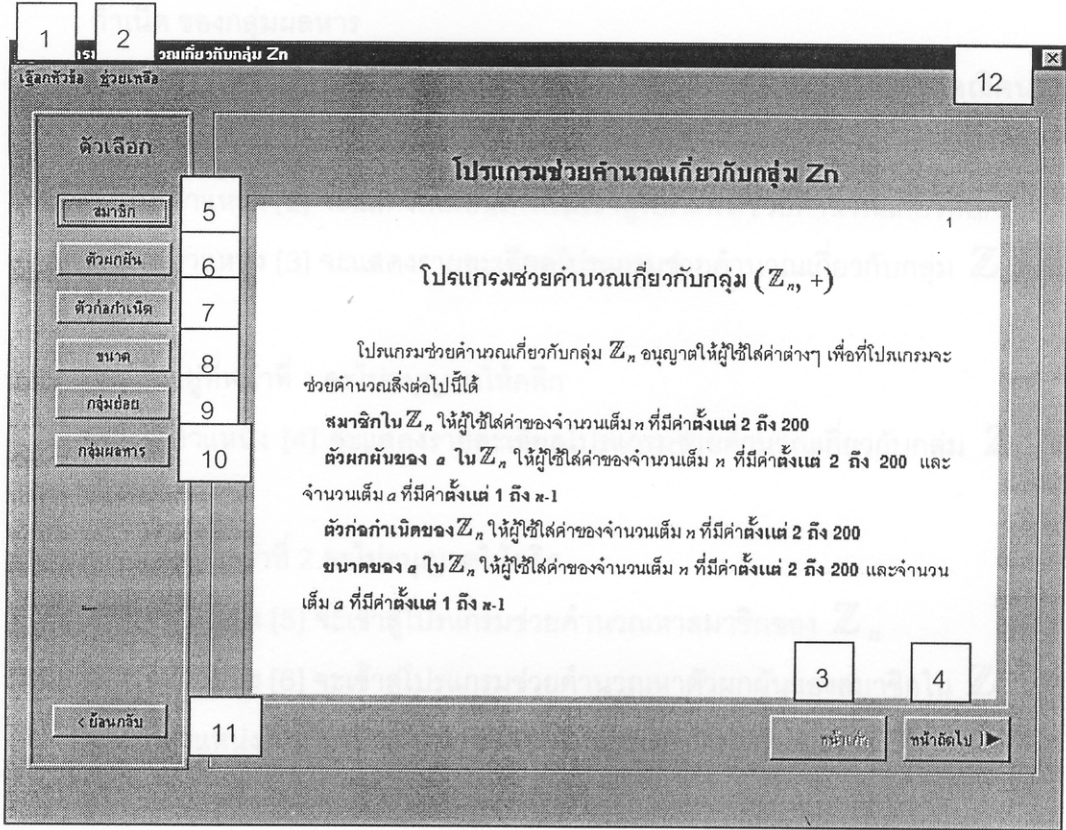
หมายเหตุ ถ้าจะออกจากโปรแกรมช่วยคำนวณเกี่ยวกับกลุ่ม \mathbb{Z} จะมีการถามยืนยันว่าต้องการออกจริงๆ หรือไม่ อีกครั้ง

เลือก [Yes] ถ้าต้องการออก

เลือก [No] ถ้าต้องการทำงานต่อ

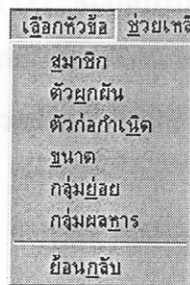
9. ตูรายละเอียดการใส่ข้อมูลเพื่อช่วยคำนวณที่ 3.4.6 การใส่ข้อมูล

3.4.2 โปรแกรมช่วยคำนวณเกี่ยวกับกลุ่ม Z_n



เมื่อเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณเกี่ยวกับกลุ่ม Z_n โปรแกรมส่วนนี้จะเกี่ยวข้องกับเนื้อหาความรู้ของกลุ่ม Z_n โดยโปรแกรมจะให้ผู้ผู้ใช้ใส่ค่าต่างๆ เพื่อให้โปรแกรมคำนวณและแสดงผลลัพธ์ออกมา

1. เมื่อคลิกที่ตำแหน่ง [1] จะมีเมนู



เมื่อคลิกที่ตำแหน่งสมาชิก จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาสมาชิกของ Z_n

เมื่อคลิกที่ตำแหน่งตัวผกผัน จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาตัวผกผันของสมาชิกใน Z_n

เมื่อคลิกที่ตำแหน่งตัวก่อกำเนิด จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาตัวก่อกำเนิดของ Z_n

เมื่อคลิกที่ตำแหน่งขนาด จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาขนาดของสมาชิกใน Z_n

เมื่อคลิกที่ตำแหน่งกลุ่มย่อย จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหากกลุ่มย่อยของ Z_n ซึ่งก่อกำเนิด

โดย a

เมื่อคลิกที่ตำแหน่งกลุ่มผลหาร จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาโคเซต ตรีชนี และตัวก่อกำเนิด ของกลุ่มผลหาร

เมื่อคลิกที่ตำแหน่งย้อนกลับ จะกลับไปยังโปรแกรมช่วยคำนวณทางพีชคณิตนามธรรม

(ดู 3.4 โปรแกรมช่วยคำนวณทางพีชคณิตนามธรรม)

2. เมื่อคลิกที่ตำแหน่ง [2] จะแสดงเหมือนเพิ่งเริ่มเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณเกี่ยวกับกลุ่ม \mathbb{Z}_n
3. เมื่อคลิกที่ตำแหน่ง [3] จะแสดงรายละเอียดโปรแกรมช่วยคำนวณเกี่ยวกับกลุ่ม \mathbb{Z}_n หน้าก่อนหน้าปัจจุบัน

หมายเหตุ ถ้าอยู่ที่หน้าที่ 1 จะไม่อนุญาตให้คลิก

4. เมื่อคลิกที่ตำแหน่ง [4] จะแสดงรายละเอียดโปรแกรมช่วยคำนวณเกี่ยวกับกลุ่ม \mathbb{Z}_n หน้าถัดหน้าปัจจุบัน

หมายเหตุ ถ้าอยู่ที่หน้าที่ 2 จะไม่อนุญาตให้คลิก

5. เมื่อคลิกที่ตำแหน่ง [5] จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาสมาชิกของ \mathbb{Z}_n
6. เมื่อคลิกที่ตำแหน่ง [6] จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาตัวผกผันของสมาชิกใน \mathbb{Z}_n
7. เมื่อคลิกที่ตำแหน่ง [7] จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาตัวก่อกำเนิดของ \mathbb{Z}_n
8. เมื่อคลิกที่ตำแหน่ง [8] จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาขนาดของสมาชิกใน \mathbb{Z}_n
9. เมื่อคลิกที่ตำแหน่ง [9] จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหากรุปย่อยของ \mathbb{Z}_n ซึ่งก่อกำเนิดโดย a
10. เมื่อคลิกที่ตำแหน่ง [10] จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาโคเซต ตรีชนี และตัวก่อกำเนิด ของกลุ่มผลหาร

11. เมื่อคลิกที่ตำแหน่ง [11] หรือ [12] จะกลับไปยังโปรแกรมช่วยคำนวณทางพีชคณิตนามธรรม (ดู 3.4 โปรแกรมช่วยคำนวณทางพีชคณิตนามธรรม)

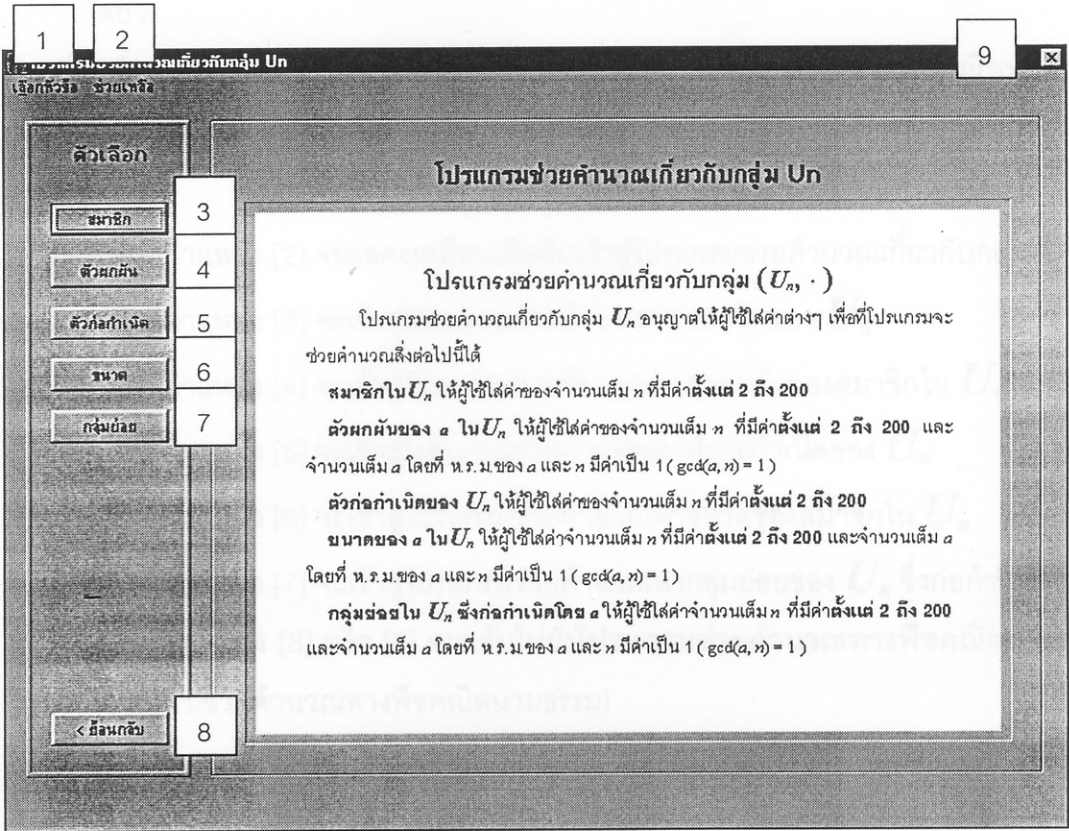
หมายเหตุ ถ้าจะออกจากโปรแกรมช่วยคำนวณเกี่ยวกับกลุ่ม \mathbb{Z}_n จะมีการถามยืนยันว่าต้องการออกจริงๆ หรือไม่ อีกครั้ง

เลือก [Yes] ถ้าต้องการออก

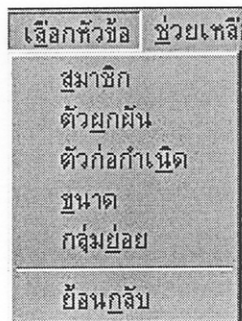
เลือก [No] ถ้าต้องการทำงานต่อ

12. ดูรายละเอียดการใส่ข้อมูลเพื่อช่วยคำนวณที่ 3.4.6 การใส่ข้อมูล

3.4.3 โปรแกรมช่วยคำนวณเกี่ยวกับกลุ่ม U_n



เมื่อเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณเกี่ยวกับกลุ่ม U_n โปรแกรมส่วนนี้จะเกี่ยวข้องกับเนื้อหาความรู้ของกลุ่ม U_n โดยโปรแกรมจะให้ผู้ผู้ใช้ใส่ค่าต่างๆ เพื่อให้โปรแกรมคำนวณและแสดงผลลัพธ์ออกมา



1. เมื่อคลิกที่ตำแหน่ง [1] จะมีเมนู

เมื่อคลิกที่ตำแหน่งสมาชิก จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาสมาชิกของ U_n

เมื่อคลิกที่ตำแหน่งตัวผกผัน จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาตัวผกผันของสมาชิกใน U_n

เมื่อคลิกที่ตำแหน่งตัวก่อกำเนิด จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาตัวก่อกำเนิดของ U_n

เมื่อคลิกที่ตำแหน่งขนาด จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาขนาดของสมาชิกใน U_n

เมื่อคลิกที่ตำแหน่งกลุ่มย่อย จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหากกลุ่มย่อยของ U_n ซึ่งก่อกำเนิดโดย a

เมื่อคลิกที่ตำแหน่งย้อนกลับ จะกลับไปยังโปรแกรมช่วยคำนวณทางพีชคณิตนามธรรม (ดู 3.4 โปรแกรมช่วยคำนวณทางพีชคณิตนามธรรม)

2. เมื่อคลิกที่ตำแหน่ง [2] จะแสดงเหมือนเพิ่งเริ่มเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณเกี่ยวกับกลุ่ม U_n
3. เมื่อคลิกที่ตำแหน่ง [3] จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาสมาชิกของ U_n
4. เมื่อคลิกที่ตำแหน่ง [4] จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาตัวผกผันของสมาชิกใน U_n
5. เมื่อคลิกที่ตำแหน่ง [5] จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาตัวก่อกำเนิดของ U_n
6. เมื่อคลิกที่ตำแหน่ง [6] จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาขนาดของสมาชิกใน U_n
7. เมื่อคลิกที่ตำแหน่ง [7] จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหากกลุ่มย่อยของ U_n ซึ่งก่อกำเนิดโดย a
8. เมื่อคลิกที่ตำแหน่ง [8] หรือ [9] จะกลับไปยังโปรแกรมช่วยคำนวณทางพีชคณิตนามธรรม (ดู 3.4 โปรแกรมช่วยคำนวณทางพีชคณิตนามธรรม)

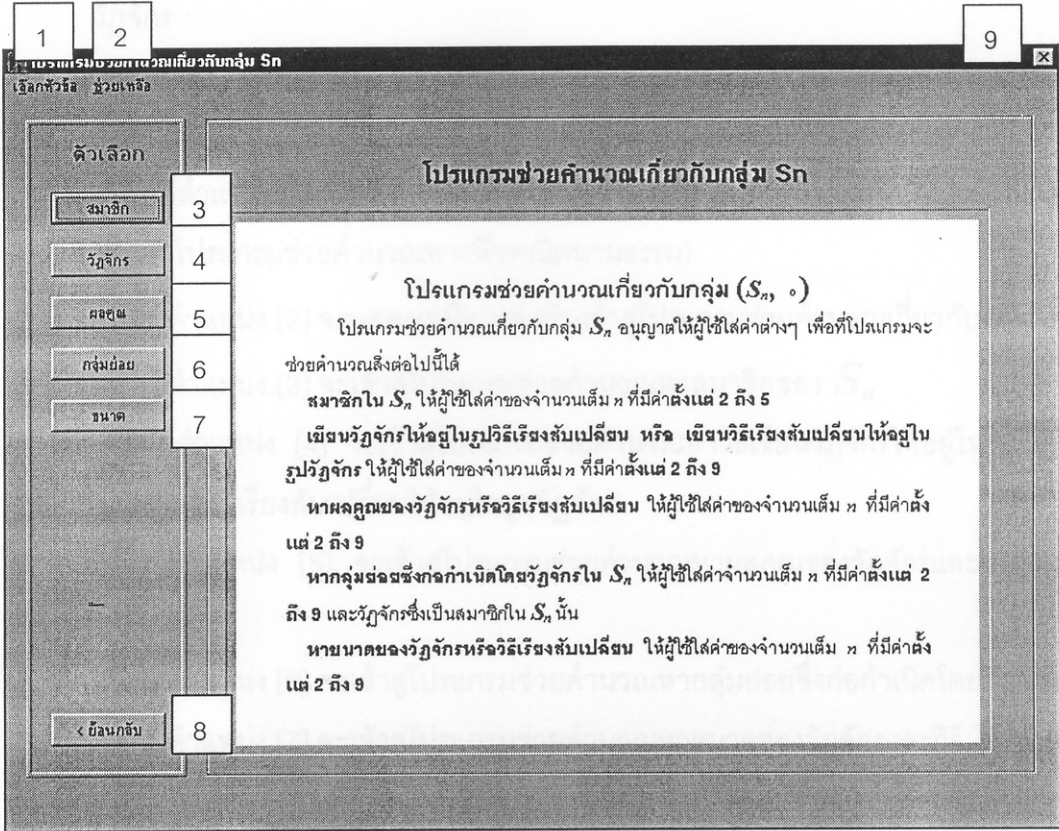
หมายเหตุ ถ้าจะออกจากโปรแกรมช่วยคำนวณเกี่ยวกับกลุ่ม U_n จะมีการถามยืนยันว่าต้องการออกจริงๆ หรือไม่ อีกครั้ง

เลือก [Yes] ถ้าต้องการออก

เลือก [No] ถ้าต้องการทำงานต่อ

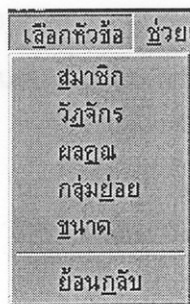
9. ดูรายละเอียดการใส่ข้อมูลเพื่อช่วยคำนวณที่ 3.4.6 การใส่ข้อมูล

3.4.4 โปรแกรมช่วยคำนวณเกี่ยวกับกลุ่ม S_n



เมื่อเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณเกี่ยวกับกลุ่ม S_n โปรแกรมส่วนนี้จะเกี่ยวข้องกับเนื้อหาความรู้ของกลุ่ม S_n โดยโปรแกรมจะให้ผู้ใส่ค่าต่างๆ เพื่อให้โปรแกรมคำนวณและแสดงผลลัพธ์ออกมา

1. เมื่อคลิกที่ตำแหน่ง [1] จะมีเมนู



เมื่อคลิกที่ตำแหน่งสมาชิก จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาสมาชิกของ S_n

เมื่อคลิกที่ตำแหน่งวัฏจักร จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาวิธีเขียนวัฏจักรให้อยู่ในรูปวิธีเรียงสับเปลี่ยนและเขียนวิธีเรียงสับเปลี่ยนให้อยู่ในรูปวัฏจักร

เมื่อคลิกที่ตำแหน่งผลคูณ จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาผลคูณของวัฏจักรและผลคูณของวิธีเรียงสับเปลี่ยน

เมื่อคลิกที่ตำแหน่งกลุ่มย่อย จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหากกลุ่มย่อยซึ่งก่อกำเนิดโดย
 วัฏจักร

เมื่อคลิกที่ตำแหน่งขนาด จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาขนาดของวัฏจักรและวิธีเรียงสับ
 เปลี่ยน

เมื่อคลิกที่ตำแหน่งย้อนกลับ จะกลับไปยังโปรแกรมช่วยคำนวณทางพีชคณิตนามธรรม
 (ดู 3.4 โปรแกรมช่วยคำนวณทางพีชคณิตนามธรรม)

2. เมื่อคลิกที่ตำแหน่ง [2] จะแสดงเหมือนเพิ่งเริ่มเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณเกี่ยวกับกลุ่ม S_n
3. เมื่อคลิกที่ตำแหน่ง [3] จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาสมาชิกของ S_n
4. เมื่อคลิกที่ตำแหน่ง [4] จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาวิธีเขียนวัฏจักรให้อยู่ในรูปวิธีเรียงสับ
 เปลี่ยนและเขียนวิธีเรียงสับเปลี่ยนให้อยู่ในรูปวัฏจักร
5. เมื่อคลิกที่ตำแหน่ง [5] จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาผลคูณของวัฏจักรและผลคูณของวิธี
 เรียงสับเปลี่ยน
6. เมื่อคลิกที่ตำแหน่ง [6] จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหากกลุ่มย่อยซึ่งก่อกำเนิดโดยวัฏจักร
7. เมื่อคลิกที่ตำแหน่ง [7] จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาขนาดของวัฏจักรและวิธีเรียงสับเปลี่ยน
8. เมื่อคลิกที่ตำแหน่ง [8] หรือ [9] จะกลับไปยังโปรแกรมช่วยคำนวณทางพีชคณิตนามธรรม
 (ดู 3.4 โปรแกรมช่วยคำนวณทางพีชคณิตนามธรรม)

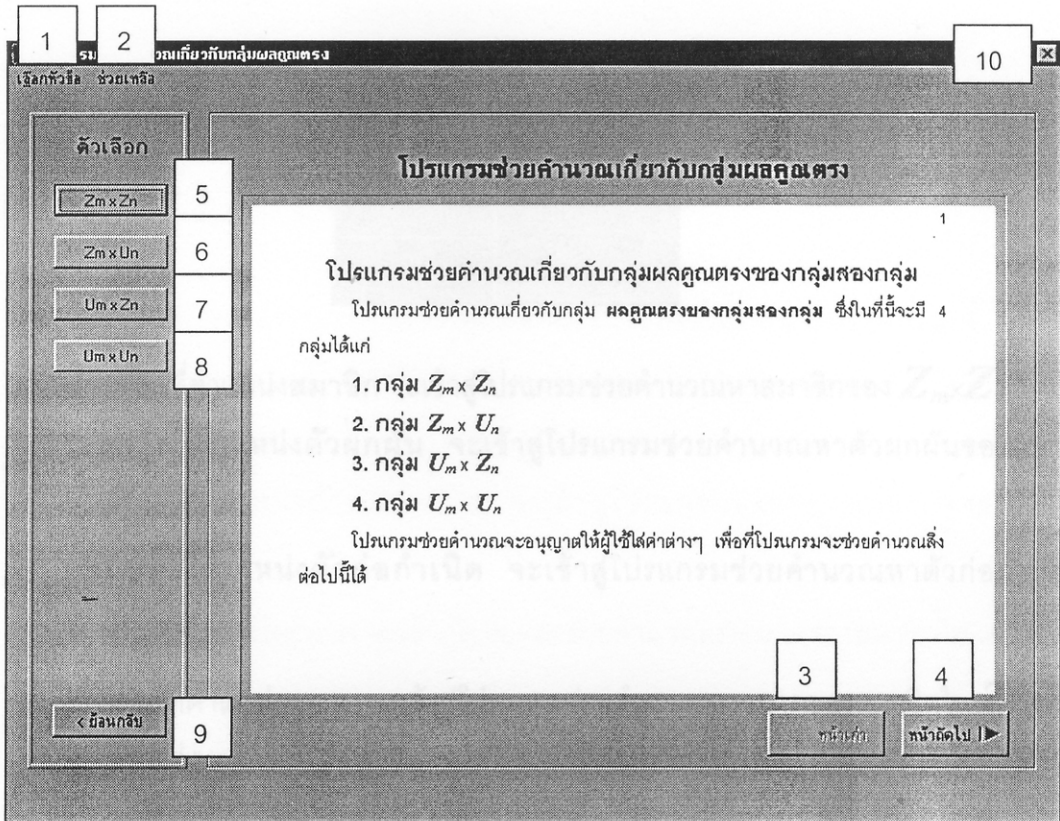
หมายเหตุ ถ้าจะออกจากโปรแกรมช่วยคำนวณเกี่ยวกับกลุ่ม S_n จะมีการถามยืนยันว่า
 ต้องการออกจริงๆ หรือไม่ อีกครั้ง

เลือก [Yes] ถ้าต้องการออก

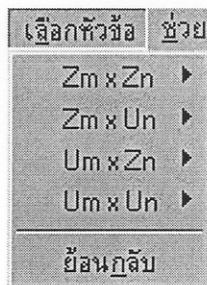
เลือก [No] ถ้าต้องการทำงานต่อ

9. ดูรายละเอียดการใส่ข้อมูลเพื่อช่วยคำนวณที่ 3.4.6 การใส่ข้อมูล

3.4.5 โปรแกรมช่วยคำนวณเกี่ยวกับกลุ่มผลคูณตรง



เมื่อเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณเกี่ยวกับกลุ่มผลคูณตรง โปรแกรมส่วนนี้จะเกี่ยวข้องกับเนื้อหาความรู้ของกลุ่มผลคูณตรง $Z_m \times Z_n$, $Z_m \times U_n$, $U_m \times Z_n$ และ $U_m \times U_n$ โดยโปรแกรมจะให้ผู้ใช้ใส่ค่าต่างๆ เพื่อให้โปรแกรมคำนวณและแสดงผลลัพธ์ออกมา



1. เมื่อคลิกที่ตำแหน่ง [1] จะมีเมนู

เมื่อเลื่อนเมาส์ที่ตำแหน่ง $Z_m \times Z_n$ จะมีเมนูย่อย



เมื่อคลิกที่ตำแหน่งสมาชิก จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาสมาชิกของ $Z_m \times Z_n$

เมื่อคลิกที่ตำแหน่งตัวผกผัน จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาตัวผกผันของสมาชิกใน $Z_m \times Z_n$

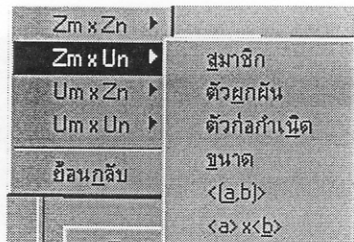
เมื่อคลิกที่ตำแหน่งตัวก่อกำเนิด จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาตัวก่อกำเนิดของ $Z_m \times Z_n$

เมื่อคลิกที่ตำแหน่งขนาด จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาขนาดของสมาชิกใน $Z_m \times Z_n$

เมื่อคลิกที่ตำแหน่ง <a,b> จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหากรุปย่อยของ $Z_m \times Z_n$ ซึ่งก่อกำเนิดโดย (a,b)

เมื่อคลิกที่ตำแหน่ง <a>x จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาผลคูณตรงของกรุปย่อยของ Z_m ซึ่งก่อกำเนิดโดย a กับ กรุปย่อยของ Z_n ซึ่งก่อกำเนิดโดย b

เมื่อเลือกเม้าส์ที่ตำแหน่ง $Z_m \times U_n$ จะมีเมนูย่อย



เมื่อคลิกที่ตำแหน่งสมาชิก จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาสมาชิกของ $Z_m \times U_n$

เมื่อคลิกที่ตำแหน่งตัวผกผัน จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาตัวผกผันของสมาชิกใน $Z_m \times U_n$

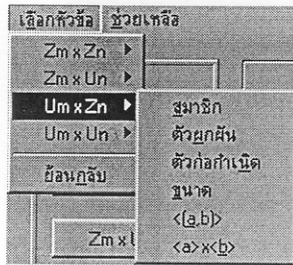
เมื่อคลิกที่ตำแหน่งตัวก่อกำเนิด จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาตัวก่อกำเนิดของ $Z_m \times U_n$

เมื่อคลิกที่ตำแหน่งขนาด จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาขนาดของสมาชิกใน $Z_m \times U_n$

เมื่อคลิกที่ตำแหน่ง <a,b> จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหากรุปย่อยของ $Z_m \times U_n$ ซึ่งก่อกำเนิดโดย (a,b)

เมื่อคลิกที่ตำแหน่ง <a>x จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาผลคูณตรงของกรุปย่อยของ Z_m ซึ่งก่อกำเนิดโดย a กับ กรุปย่อยของ U_n ซึ่งก่อกำเนิดโดย b

เมื่อเลือกเมอส์ที่ตำแหน่ง $U_m \times Z_n$ จะมีเมนูย่อย



เมื่อคลิกที่ตำแหน่งสมาชิก จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาสมาชิกของ $U_m \times Z_n$

เมื่อคลิกที่ตำแหน่งตัวผกผัน จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาตัวผกผันของสมาชิกใน $U_m \times Z_n$

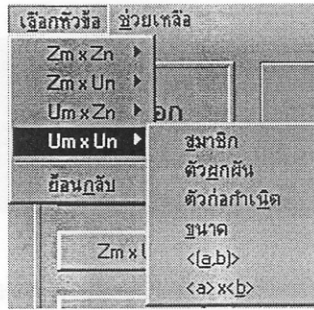
เมื่อคลิกที่ตำแหน่งตัวก่อกำเนิด จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาตัวก่อกำเนิดของ $U_m \times Z_n$

เมื่อคลิกที่ตำแหน่งขนาด จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาขนาดของสมาชิกใน $U_m \times Z_n$

เมื่อคลิกที่ตำแหน่ง $\langle a,b \rangle$ จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหากรุปย่อยของ $U_m \times Z_n$ ซึ่งก่อกำเนิดโดย (a,b)

เมื่อคลิกที่ตำแหน่ง $\langle a \rangle \times \langle b \rangle$ จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาผลคูณตรงของกรุปย่อยของ U_m ซึ่งก่อกำเนิดโดย a กับ กรุปย่อยของ Z_n ซึ่งก่อกำเนิดโดย b

เมื่อเลื่อนเมาส์ที่ตำแหน่ง $U_m \times U_n$ จะมีเมนูย่อย



เมื่อคลิกที่ตำแหน่งสมมาตร จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาสมมาตรของ $U_m \times U_n$

เมื่อคลิกที่ตำแหน่งตัวผกผัน จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาตัวผกผันของสมมาตรใน

$$U_m \times U_n$$

เมื่อคลิกที่ตำแหน่งตัวก่อกำเนิด จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาตัวก่อกำเนิดของ

$$U_m \times U_n$$

เมื่อคลิกที่ตำแหน่งขนาด จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาขนาดของสมมาตรใน $U_m \times U_n$

เมื่อคลิกที่ตำแหน่ง $\langle a, b \rangle$ จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหากลุ่มย่อยของ $U_m \times U_n$ ซึ่งก่อกำเนิดโดย (a, b)

เมื่อคลิกที่ตำแหน่ง $\langle a \rangle \times \langle b \rangle$ จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาผลคูณตรงของกลุ่มย่อยของ

$$U_m \text{ ซึ่งก่อกำเนิดโดย } a \text{ กับ กลุ่มย่อยของ } U_n \text{ ซึ่งก่อกำเนิดโดย } b$$

เมื่อคลิกที่ตำแหน่งย้อนกลับ จะกลับไปยังโปรแกรมช่วยคำนวณทางพีชคณิตนามธรรม
(ดู 3.4 โปรแกรมช่วยคำนวณทางพีชคณิตนามธรรม)

2. เมื่อคลิกที่ตำแหน่ง [2] จะแสดงเหมือนเพิ่งเริ่มเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณเกี่ยวกับกลุ่มผลคูณตรง

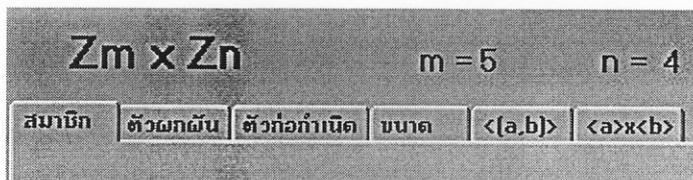
3. เมื่อคลิกที่ตำแหน่ง [3] จะแสดงรายละเอียดโปรแกรมช่วยคำนวณเกี่ยวกับกลุ่มผลคูณตรงหน้าก่อนหน้าปัจจุบัน

หมายเหตุ ถ้าอยู่ที่หน้าที่ 1 จะไม่อนุญาตให้คลิก

4. เมื่อคลิกที่ตำแหน่ง [4] จะแสดงรายละเอียดโปรแกรมช่วยคำนวณเกี่ยวกับกลุ่มผลคูณตรงหน้าถัดจากหน้าปัจจุบัน

หมายเหตุ ถ้าอยู่ที่หน้าที่ 8 จะไม่อนุญาตให้คลิก

5. เมื่อกดคลิกที่ตำแหน่ง [5] จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณเกี่ยวกับกลุ่มผลคูณตรง $Z_m \times Z_n$ โดยมีเมนูย่อย



เมื่อกดคลิกที่ตำแหน่งสมาชิก จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาสมาชิกของ $Z_m \times Z_n$

เมื่อกดคลิกที่ตำแหน่งตัวผกผัน จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาตัวผกผันของสมาชิกใน

$$Z_m \times Z_n$$

เมื่อกดคลิกที่ตำแหน่งตัวก่อกำเนิด จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาตัวก่อกำเนิดของ

$$Z_m \times Z_n$$

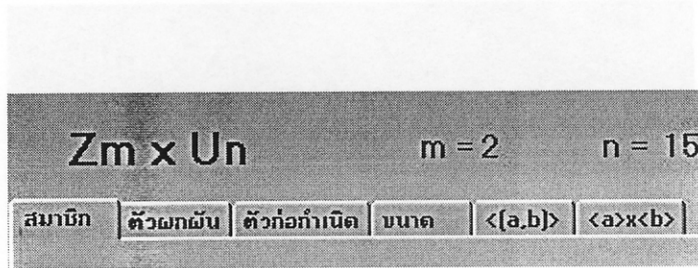
เมื่อกดคลิกที่ตำแหน่งขนาด จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาขนาดของสมาชิกใน $Z_m \times Z_n$

เมื่อกดคลิกที่ตำแหน่ง<a,b> จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหากลุ่มย่อยของ $Z_m \times Z_n$ ซึ่งก่อกำเนิดโดย (a,b)

เมื่อกดคลิกที่ตำแหน่ง<a>x จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาผลคูณตรงของกลุ่มย่อยของ

$$Z_m \text{ ซึ่งก่อกำเนิดโดย } a \text{ กับ กลุ่มย่อยของ } Z_n \text{ ซึ่งก่อกำเนิดโดย } b$$

6. เมื่อคลิกที่ตำแหน่ง [6] จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณเกี่ยวกับกลุ่มผลคูณตรง $Z_m \times U_n$ โดยมีเมนูย่อย



เมื่อคลิกที่ตำแหน่งสมาชิก จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาสมาชิกของ $Z_m \times U_n$

เมื่อคลิกที่ตำแหน่งตัวผกผัน จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาตัวผกผันของสมาชิกใน

$$Z_m \times U_n$$

เมื่อคลิกที่ตำแหน่งตัวก่อกำเนิด จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาตัวก่อกำเนิดของ

$$Z_m \times U_n$$

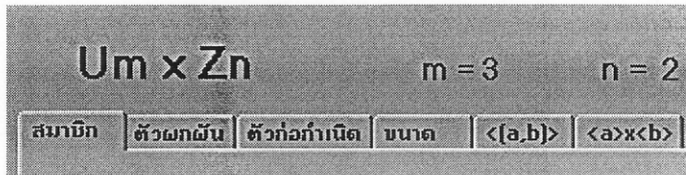
เมื่อคลิกที่ตำแหน่งขนาด จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาขนาดของสมาชิกใน $Z_m \times U_n$

เมื่อคลิกที่ตำแหน่ง $\langle (a,b) \rangle$ จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหากลุ่มย่อยของ $Z_m \times U_n$ ซึ่งก่อกำเนิดโดย (a,b)

เมื่อคลิกที่ตำแหน่ง $\langle a \rangle \times \langle b \rangle$ จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาผลคูณตรงของกลุ่มย่อยของ

$$Z_m \text{ ซึ่งก่อกำเนิดโดย } a \text{ กับ กลุ่มย่อยของ } U_n \text{ ซึ่งก่อกำเนิดโดย } b$$

7. เมื่อคลิกที่ตำแหน่ง [7] จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณเกี่ยวกับกลุ่มผลคูณตรง $U_m \times Z_n$ โดยมีเมนูย่อย



เมื่อคลิกที่ตำแหน่งสมาชิก จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาสมาชิกของ $U_m \times Z_n$

เมื่อคลิกที่ตำแหน่งตัวผกผัน จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาตัวผกผันของสมาชิกใน

$$U_m \times Z_n$$

เมื่อคลิกที่ตำแหน่งตัวก่อกำเนิด จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาตัวก่อกำเนิดของ

$$U_m \times Z_n$$

เมื่อคลิกที่ตำแหน่งขนาด จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาขนาดของสมาชิกใน $U_m \times Z_n$

เมื่อคลิกที่ตำแหน่ง $\langle a,b \rangle$ จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหากรุปย่อยของ $U_m \times Z_n$ ซึ่งก่อกำ

เนิดโดย (a,b)

เมื่อคลิกที่ตำแหน่ง $\langle a \rangle \times \langle b \rangle$ จะเข้าสู่โปรแกรมช่วยคำนวณหาผลคูณตรงของกรุปย่อยของ

U_m ซึ่งก่อกำเนิดโดย a กับ กรุปย่อยของ Z_n ซึ่งก่อกำเนิดโดย b

9. เมื่อคลิกที่ตำแหน่ง [9] หรือ [10] จะกลับไปที่โปรแกรมช่วยคำนวณหาฟังก์ชันนิเวศ

นามธรรม (ดู 3.4 โปรแกรมช่วยคำนวณหาฟังก์ชันนิเวศนามธรรม)

หมายเหตุ: จะออกจากโปรแกรมช่วยคำนวณเกี่ยวกับกลุ่มผลคูณตรง จะมีสถานะเป็นดังภาพ

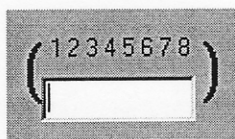
3.4.6 การใส่ข้อมูล

เนื่องจากโปรแกรมมีส่วนได้ตอบกับผู้ใช้ซึ่งเกี่ยวข้องกับสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์หลายอย่าง เช่น เซต สมาชิกในเซต คู่อันดับ วัฏจักร เป็นต้น ดังนั้นวิธีการใส่ข้อมูลต่างๆ สำหรับโปรแกรมจะมีดังต่อไปนี้

1. ข้อมูลตัวเลข เช่น ค่า n , สมาชิกในกลุ่ม Z , Z_n และ U_n เป็นต้น

ให้ผู้ใช้ป้อนตัวเลขต่างๆ ลงในช่องที่กำหนดตามเงื่อนไขที่โปรแกรมช่วยคำนวณแต่ละข้อระบุไว้ โดยตัวเลขที่ใส่ต้องเป็นเลข อารบิก เท่านั้น และสำหรับตัวเลขมากกว่า 1 หลัก ต้องเขียนติดกัน ยกตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการใส่ตัวเลขยี่สิบสาม ต้องใส่ "23" ถ้าผู้ใช้ใส่ "2 3" จะถือว่าเป็นข้อมูลที่ไม่ถูกต้อง

2. การใส่ตัวเลขในวิธีเรียงสับเปลี่ยน



ผู้ใช้จะต้องป้อนตัวเลขทีละตัว โดยคั่นระหว่างตัวเลขด้วย " " (ช่องว่าง)

หมายเหตุ จำนวนช่องว่าง 1 ช่อง " " หรือหลายช่อง " ____" ถือว่ามีความหมายเหมือนกัน

3. วัฏจักร

สำหรับแต่ละวัฏจักรเดี่ยวผู้ใช้จะต้องเริ่มต้นใส่ค่าของสมาชิกด้วยเครื่องหมายวงเล็บเปิด (" แล้วตามด้วยตัวเลขต่างๆ และต้องจบลงด้วยเครื่องหมายวงเล็บปิด ") ตัวอย่างเช่น (123) และ ต้องไม่มีช่องว่างคั่นระหว่างตัวเลข และเครื่องหมายวงเล็บทั้งสอง

หมายเหตุ วัฏจักรที่สมนัยกับวิธีเรียงสับเปลี่ยนตัวเดียวกันจะถือว่ามีความเท่ากัน เช่น (123) มีความเท่ากันกับ (231)

สำหรับผลคูณของวัฏจักรเดี่ยวให้เขียนวัฏจักรเดี่ยวติดกัน เช่น (476)(58)

หมายเหตุ ผลคูณของวัฏจักรเดี่ยวไม่มีลำดับความสำคัญก่อนหลังเช่น (476)(58) มีความเท่ากันกับ (58)(476)

4. คู่อันดับ

การใส่สมาชิกที่มีลักษณะเป็นคู่อันดับจะต้องเริ่มต้นใส่ค่าของสมาชิกด้วยเครื่องหมายวงเล็บเปิด (" แล้วตามด้วยตัวเลขต่างๆ ตามด้วยเครื่องหมายจุลภาค "," ตามด้วยตัวเลขต่างๆ และต้องจบลงด้วยเครื่องหมายวงเล็บปิด ") เช่น (35,7)