บทที่ 4

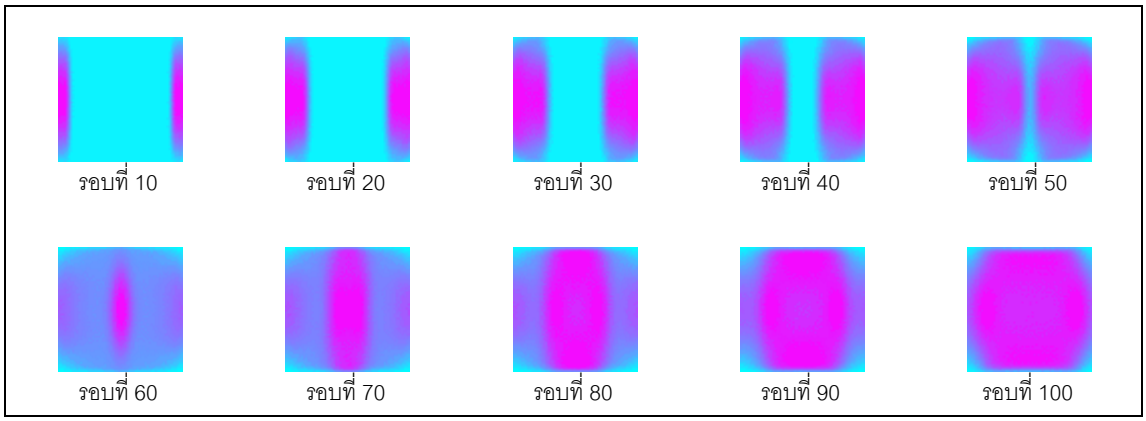
ผลการทดสอบของการวิจัย

ในการทดสอบการจำลองการเคลื่อนที่ก้อนเมฆพลศาสตร์ ได้แบ่งวิธีการทดสอบออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนแรก เป็นการทดสอบแบบจำลองแลตทิซ-โบทสแมนน์ ซึ่งได้ทำการทดสอบหาค่าปัจจัยทางกายภาพในระดับมหภาค ส่วนที่สอง เป็นส่วนของการปูลายผิว ซึ่งแยกออกเป็นเวลาที่ใช้ในการสังเคราะห์ลายผิวต้นแบบ และเวลาที่ใช้ในการปูลายผิวลงในพื้นที่

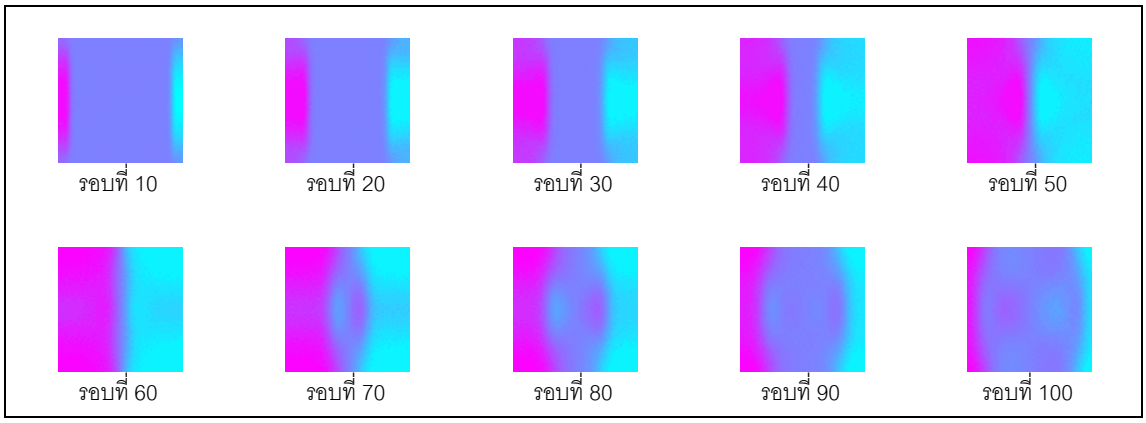
ผลการทดสอบแบบจำลองแลตทิซ-โบทสแมนน์

การทดสอบแบบจำลองแลตทิซ-โบทสแมนน์ โดยใช้เครื่องมือของ Palabos มาทำการทดสอบ ด้วยแบบจำลองชนิด D2Q9 โดยเก็บบันทึกผลการคำนวณทุกๆ 10 รอบ เพื่อใช้ในการแสดงลักษณะพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของสสาร ซึ่งค่าของตัวเลขได้ถูกแปลงให้อยู่ในรูปของสี เพื่อความสะดวกในการพิจารณาลักษณะของข้อมูล โดยปัจจัยค่าความเร็ว ดังแสดงไว้ในภาพที่ 4.1 ส่วนปัจจัยค่าความหนาแน่น ดังแสดงไว้ในภาพที่ 4.2 และปัจจัยของค่าพลังงานจลพลศาสตร์ดังแสดงไว้ในภาพที่ 4.3 ตามลำดับ โปรแกรม

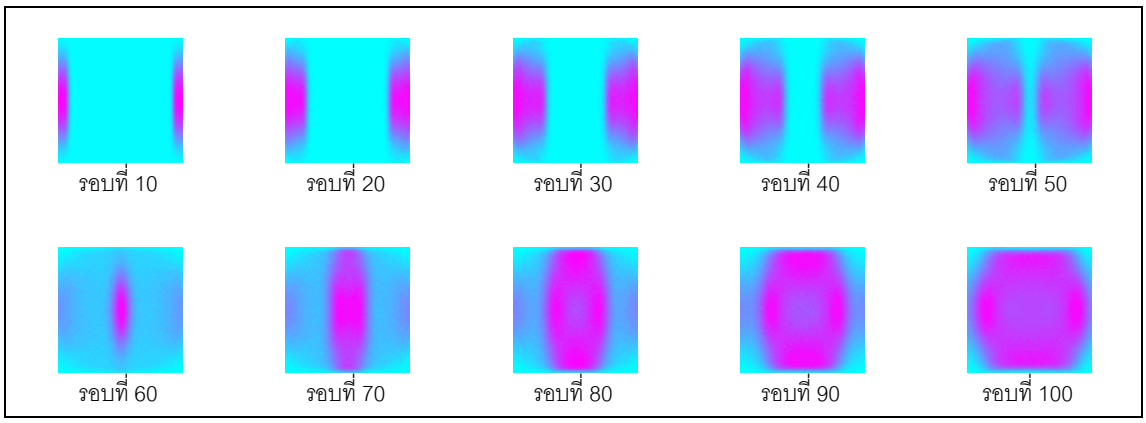
ภาพที่ 4.1
ลักษณะรูปแบบการเคลื่อนที่ สำหรับปัจจัยค่าความเร็ว



ภาพที่ 4.2
ลักษณะรูปแบบการเคลื่อนที่ สำหรับปัจจัยค่าความหนาแน่น



ภาพที่ 4.3
ลักษณะรูปแบบการเคลื่อนที่ สำหรับปัจจัยค่าพลังงานจลพลศาสตร์



จากผลการทดสอบ แสดงให้เห็นว่าปัจจัยของค่าความหนาแน่น ดังที่แสดงไว้ในภาพที่ 4.2 เป็นปัจจัยที่แสดงถึงลักษณะการเปลี่ยนแปลงของความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในพื้นที่ แต่ลักษณะดังกล่าว ยังไม่สามารถสะท้อนถึงลักษณะสสารของไหลได้ทั้งหมด ส่วนปัจจัยของค่าความเร็ว ดังที่แสดงในภาพที่ 4.1 เป็นปัจจัยที่แสดงถึงลักษณะการเปลี่ยนแปลงของความเร็วที่เกิดขึ้นในพื้นที่ ซึ่งลักษณะดังกล่าว สามารถสะท้อนได้ใกล้เคียงกับสสารของไหลมากยิ่งขึ้น ส่วนปัจจัยของค่าพลังงานจลพลศาสตร์ ดังแสดงในภาพที่ 4.3 ดังจะเห็นได้ว่า มีลักษณะของการ

เปลี่ยนแปลงใกล้เคียงกับ ลักษณะของปัจจัยค่าความเร็ว ทั้งนี้เนื่องจากค่าพลังงานจลพลศาสตร์เป็นการคำนวณ ด้วยการผสานค่าของความหนาแน่น ร่วมกับค่าของความเร็ว ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้ออกมานั้น สะท้อนถึงลักษณะของสสารของไหลได้ดีที่สุด ดังนั้นในการจำลองลักษณะการเคลื่อนที่ของก้อนเมฆ ร่วมกับการปูลายผิว งานวิจัยนี้ จึงใช้ปัจจัยของค่าพลังงานจลพลศาสตร์เป็นค่าหลักสำหรับการจำลองของระบบ

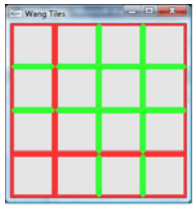
ผลทดสอบการสังเคราะห์ลายผิวและการปูลายผิว

การทดสอบการสังเคราะห์ลายผิว และการปูลายผิวนั้น ได้แบ่งแยกลำดับการทดสอบออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนของการกำหนดขอบสีของแผ่นต้นแบบ และส่วนของการปูลายผิวตามจำนวนขอบสี ซึ่งเป็นการนำแผ่นต้นแบบมาวางปูลาย เพื่อให้เกิดลักษณะของลายแบบเฟ้นสุ่ม

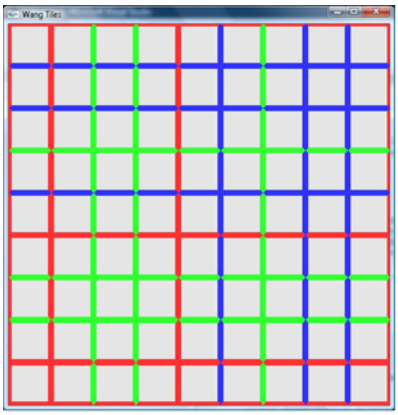
1. ทดสอบการกำหนดขอบสี

ในการทดสอบการกำหนดขอบสีของแผ่นแวงไทล์ เป็นการทดสอบการทำงานของการกระจายขอบสีของแผ่นแวงไทล์ทั้งสี่ด้าน ซึ่งได้แบ่งรูปแบบการทดสอบออกเป็น 2 สีและ 3 สีซึ่งผลลัพธ์ของการทดสอบแบบ 2 สี ดังแสดงไว้ในภาพที่ 4.4(ก) และผลลัพธ์ของการทดสอบชนิดแบบ 3 สี ดังแสดงไว้ในภาพที่ 4.4(ข)

ภาพที่ 4.4
ทดสอบการกำหนดขอบสี



(ก) ขอบสีแบบ 2 สี

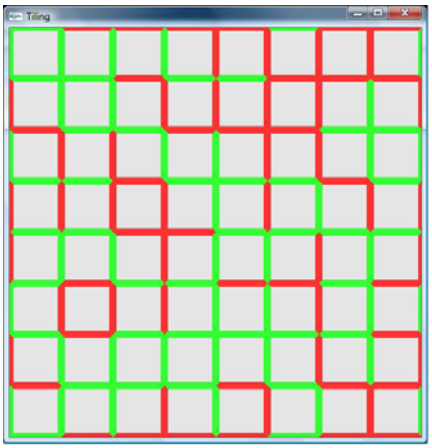


(ข) ขอบสีแบบ 3 สี

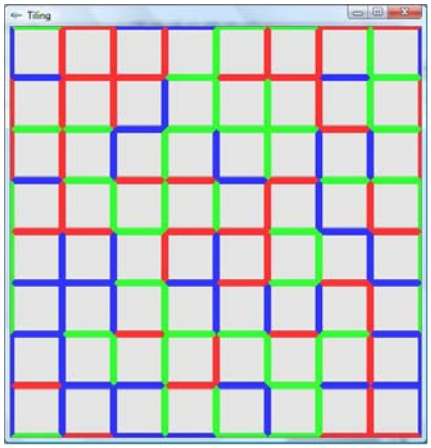
2. ทดสอบการปูลายผิวตามจำนวนสี

ในการทดสอบการปูลายผิวตามกรรมวิธีของแวงไทล์ ซึ่งได้นำแผ่นต้นแบบแวงไทล์ที่ได้กำหนดขอบสีไว้แล้วจากภาพที่ 4.4 มาดำเนินการปูลายผิวลงในพื้นที่ขนาด 8 x 8 ช่อง เพื่อใช้ทดสอบความถูกต้องของการเชื่อมต่อขอบสีเข้าด้วยกัน ซึ่งลักษณะรูปแบบตัวอย่างของการปูลายดังแสดงในภาพที่ 4.5(ก) เป็นตัวอย่างของการปูลายแบบ 2 ขอบสี ส่วนตัวอย่างของการปูลาย ดังแสดงในภาพที่ 4.5(ข) เป็นตัวอย่างของการปูลายแบบ 3 ขอบสี

ภาพที่ 4.5
ทดสอบการปูลายตามจำนวนขอบสี



(ก) การปูลายแบบ 2 ขอบสี



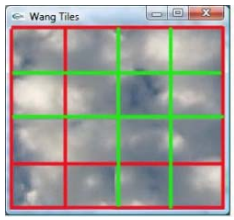
(ข) การปูลายแบบ 3 ขอบสี

การทดสอบการปูลายผิวของแผ่นต้นแบบ ที่ได้ลายผิวมาจากภาพถ่ายของก้อนเมฆ ซึ่งลายผิวจริงดังกล่าว จะถูกกำหนดลงไปตามตำแหน่งของแผ่นต้นแบบ โดยลายผิวเหล่านี้ จะเก็บไว้ในเฟรมบัฟเฟอร์ลายผิวหน่วยที่หนึ่ง ดังแสดงในภาพที่ 4.6(ก) เป็นตัวอย่างของลายผิวที่ได้จากภาพถ่ายจริงของก้อนเมฆ และการเก็บลายผิวตามตำแหน่งสีแบบ 2 ขอบสี ส่วนการปูลายผิวขนาดใหญ่ที่ได้มาจากแผ่นต้นแบบแวงไทล์ ดังแสดงในภาพที่ 4.6(ข) เป็นการนำข้อมูลของลายผิวที่อยู่ในเฟรมบัฟเฟอร์ลายผิวหน่วยที่หนึ่ง มาวางลงตามตำแหน่งสีที่ได้มาจากการปูลาย ลงในบัฟเฟอร์การแสดงผลลัพธ์ โดยใช้หน่วยประมวลผลกราฟิกจีพียู ทำให้สามารถทำงานได้อย่างรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพสูงในการแสดงผล

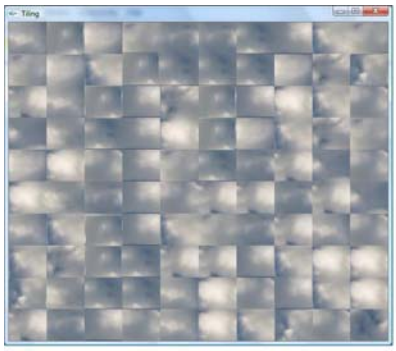
จากคุณสมบัติดังกล่าว ทำให้การปูลายผิวร่วมกับข้อมูลพลศาสตร์ของไหลสามารถทำได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งตัวอย่างการทดสอบข้อมูลพลศาสตร์ของไหล ดังแสดงในภาพที่ 4.6(ค) เป็นข้อมูลตัวอย่างการทดสอบ ที่แสดงลักษณะการจำลองการเคลื่อนที่พลศาสตร์ของไหล ในรอบเวลาหนึ่ง ซึ่งได้มาจากแบบจำลองแลตทิซ-โบทสแมนน์โดยเครื่องมือของ Palabos และข้อมูลนี้จะนำไปแปลงให้มีค่าอยู่ในช่วง [0,1] เพื่อใช้ในการกำหนดอัตราการผสมค่าสีของลายผิว สำหรับใช้ในขั้นตอนของการปูลาย ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการปูลายร่วมกับข้อมูลพลศาสตร์ของไหล ดังแสดงในภาพที่ 4.6(ง) แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลพลศาตร์ของไหล และความชัดเจนของลายผิวในตำแหน่งต่างๆ ซึ่งมีลักษณะลายผิวที่สอดคล้องกัน

ภาพที่ 4.6

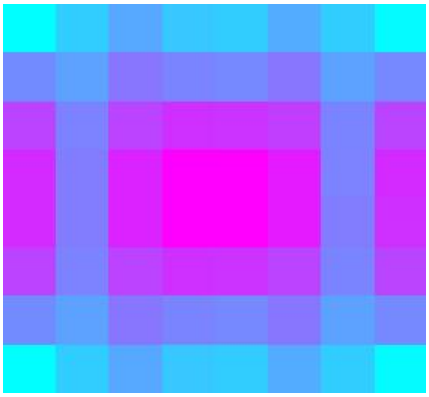
ทดสอบการปูลายผิวก้อนเมฆร่วมกับข้อมูลพลศาสตร์ของไหล



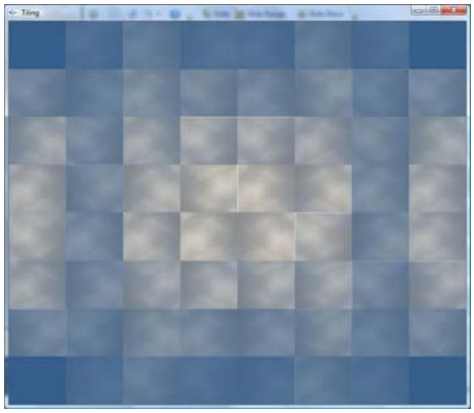
(ก) ลายผิวต้นแบบก้อนเมฆ
แบบ 2 ขอบสี



(ข) การปูลายผิวก้อนเมฆ



(ค) ข้อมูลพลศาสตร์ของไหล



(ง) การปูลายผิวร่วมกับข้อมูลพลศาสตร์

ผลทดสอบการสังเคราะห์และการปูลายผิว สำหรับขอบสีซึ่งมีจำนวน 2 สี, ขอบสีจำนวน 3 สี และขอบสีจำนวน 4 สีตามลำดับ โดยในแต่ละสีของการทดสอบ จะเป็นการปูลายผิวลงในพื้นที่ของตาราง ซึ่งมีขนาด 8x8 ช่อง, พื้นที่ขนาด 16x16 ช่อง และพื้นที่ขนาด 32x32 ช่อง โดยที่ในแต่ละขนาดของแต่ละขอบสี ได้ทำการทดสอบกับแผ่นต้นแบบ ซึ่งมีความละเอียดของลายผิวแบบ 64 พิกเซล, ความละเอียดของลายผิวแบบ 128 พิกเซล และความละเอียดของลายผิวแบบ 256 พิกเซล ตามลำดับ ซึ่งผลของการทดสอบทั้งหมด ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1

ผลการทดสอบการสังเคราะห์และการปูลายผิว

จำนวนช่องพื้นที่ (กว้าง x สูง)	จำนวนสี	ความละเอียดแผ่นแวงไทล์ (พิกเซล)	เวลาที่ใช้สร้างแผ่นแวงไทล์ (วินาที)	เวลาที่ใช้ในการปูลายผิว (วินาที)
8x8	2	64	0.171	0.172
		128	0.577	0.172
		256	2.231	0.172
	3	64	1.029	0.172
		128	3.744	0.172
		256	14.336	0.218
	4	64	2.746	0.187
		128	9.578	0.218
		256	35.288	0.484
16x16	2	64	0.171	0.172
		128	0.592	0.172
		256	2.262	0.172
	3	64	1.030	0.172
		128	3.838	0.172
		256	14.368	0.234
	4	64	2.808	0.203
		128	9.609	0.234
		256	35.864	0.733
32x32	2	64	0.171	0.172
		128	0.624	0.172
		256	2.293	0.172
	3	64	1.045	0.219
		128	4.088	0.234
		256	14.540	0.265
	4	64	2.886	0.328
		128	9.812	0.375
		256	36.145	0.858

ผลการทดสอบที่ได้ จากตารางที่ 4.1 สามารถอธิบายผลการทดสอบได้ดังนี้

1. เมื่อพิจารณาเวลาที่ใช้ในการสร้างแผ่นต้นแบบ เปรียบเทียบกับเวลาที่ใช้สำหรับการปูลายผิวลงในพื้นที่ โดยภาพรวมของการทดสอบ จะพบว่า เวลาที่ใช้ในการปูลายผิวนั้น จะใช้เวลาน้อยกว่า เวลาที่ใช้ในการสร้างแผ่นต้นแบบ

2. เมื่อพิจารณาเวลาที่ใช้ในการสร้างแผ่นต้นแบบ โดยแบ่งการพิจารณาแยกออกตามความละเอียดลายผิวของแผ่นต้นแบบ สำหรับแต่ละจำนวนสี และสำหรับแต่ละจำนวนช่องพื้นที่ จะพบว่าเมื่อความละเอียดของแผ่นเพิ่มมากขึ้น จะทำให้เวลาที่ใช้ในการสร้างแผ่นต้นแบบมากขึ้นตามไปด้วยอย่างเด่นชัด

3. เมื่อพิจารณาเวลาที่ใช้ในการสร้างแผ่นต้นแบบ โดยเปรียบเทียบเฉพาะค่าความแตกต่างของจำนวนสี แต่กำหนดให้จำนวนช่องพื้นที่ และความละเอียดลายผิวของแผ่นต้นแบบมีค่าอยู่ในชั้นเดียวกัน จะพบว่าเมื่อจำนวนของสีเพิ่มมากขึ้น จะทำให้เวลาที่ใช้ในการสร้างแผ่นต้นแบบมากขึ้นตามไปด้วยอย่างเด่นชัด

4. เมื่อพิจารณาเวลาที่ใช้ในการสร้างแผ่นต้นแบบ โดยเปรียบเทียบเฉพาะค่าความแตกต่างของจำนวนสี ร่วมกับค่าความแตกต่างของความละเอียดลายผิวแผ่นต้นแบบ แต่กำหนดให้จำนวนช่องพื้นที่ มีค่าอยู่ในชั้นเดียวกัน จะพบว่าเมื่อจำนวนของสีและจำนวนความละเอียดลายผิวแผ่นต้นแบบมีค่าเพิ่มมากขึ้น จะทำให้เวลาที่ใช้ในการสร้างแผ่นต้นแบบ ยิ่งทวีค่ามากขึ้นตามไปด้วยอย่างเด่นชัด

5. เมื่อพิจารณาเวลาที่ใช้ในการสร้างแผ่นต้นแบบ โดยเปรียบเทียบเฉพาะค่าความแตกต่างของจำนวนช่องพื้นที่ แต่กำหนดให้จำนวนสี และความละเอียดลายผิวแผ่นต้นแบบ มีค่าอยู่ในชั้นเดียวกัน จะพบว่าการเพิ่มจำนวนช่องพื้นที่ ทำให้เวลาที่ใช้ในการสร้างแผ่นต้นแบบเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

6. เมื่อพิจารณาเวลาที่ใช้ในการปูลายผิว โดยเปรียบเทียบเฉพาะจำนวนสีเป็น 2 สี สำหรับแต่ละจำนวนช่องพื้นที่ และสำหรับแต่ละความละเอียดลายผิวแผ่นต้นแบบ จะพบว่าเวลาที่ใช้ในการปูลายผิวนั้น ใช้เวลาน้อยมากอย่างใกล้เคียงกันในทุกระดับชั้น

7. เมื่อพิจารณาเวลาที่ใช้ในการปูลายผิว โดยเปรียบเทียบเฉพาะจำนวนสีเป็น 3 สี สำหรับแต่ละจำนวนช่องพื้นที่ และสำหรับแต่ละความละเอียดลายผิวแผ่นต้นแบบ จะพบว่าเวลาที่ใช้ในการปูลายผิว จะใช้เวลาค่อนข้างน้อยเมื่อความละเอียดลายผิวต้นแบบและจำนวนช่องพื้นที่

มีจำนวนค่าน้อย แต่แนวโน้มของเวลาที่ใช้ในการปูลายผิว จะเพิ่มมากขึ้นเมื่อความละเอียดลายผิวต้นแบบและจำนวนช่องพื้นที่ มีจำนวนค่าเพิ่มมากขึ้น

8. เมื่อพิจารณาเวลาที่ใช้ในการปูลายผิว โดยเปรียบเทียบเฉพาะจำนวนสีเป็น 4 สี สำหรับแต่ละจำนวนช่องพื้นที่ และสำหรับแต่ละความละเอียดลายผิวแผ่นต้นแบบ จะพบว่าเวลาที่ใช้ในการปูลายผิว จะใช้เวลามากขึ้นตามค่าจำนวนช่องพื้นที่ และตามค่าความละเอียดลายผิวแผ่นต้นแบบ โดยเวลาที่ใช้ในการปูลายผิวจะเพิ่มมากขึ้นอย่างเด่นชัด เมื่อค่าความละเอียดลายผิวแผ่นต้นแบบมีค่ามาก

ซึ่งผลการทดสอบโดยรวมแสดงให้เห็นว่า จำนวนของสี และความละเอียดลายผิวของแผ่นต้นแบบ ส่งผลทำให้เวลาที่ใช้ในการสร้างลายผิวต้นแบบมีค่าสูงขึ้นอย่างเด่นชัด ส่วนเวลาที่ใช้ในการปูลายผิวจะเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด เมื่อจำนวนของสี และความละเอียดลายผิวแผ่นต้นแบบ มีค่ามาก ดังนั้นในการพิจาณาองค์ประกอบ เพื่อประยุกต์ใช้งานในลักษณะการจำลองการเคลื่อนที่สสารของไหลในแบบทันที ควรสร้างแผ่นต้นแบบเตรียมไว้ล่วงหน้าก่อนการจำลอง และเพื่อประสิทธิภาพ ควรเลือกจำนวนสี และความละเอียดลายผิวแผ่นต้นแบบ ให้มีจำนวนน้อยที่สุดและเหมาะสมต่อคุณภาพของผลลัพธ์ ส่วนในขั้นตอนของการปูลายผิว ในขณะทำการจำลองการเคลื่อนที่สสารของไหล ระบบสามารถทำการจำลองในแบบทันทีได้อย่างมีประสิทธิภาพ