บทที่ 3

วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้ ได้ดำเนินการศึกษาหลักทฤษฎีในด้านพลศาสตร์ของไหล, พลวัตความร้อน และองค์ประกอบทางกายภาพที่เป็นปัจจัยของการเกิดเมฆ รวมทั้งตัวแบบจำลองเชิงฟิสิกส์ที่มีคุณสมบัติเหมาะสมในการประยุกต์ใช้งานในแบบทันที โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ตัวแบบจำลองของแลตทิซ-โบทสแมนน์ ในขณะเดียวกัน การศึกษาเทคนิคการสังเคราะห์ลายผิว และวิธีการปูลายผิวแบบเฟ้นสุ่ม เพื่อใช้ลดความซ้ำซ้อนระยะของลวดลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเทคนิคของแวงไทล์ และเทคนิคของแวงคิวก์ ซึ่งองค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษาข้อมูลเหล่านี้ ได้ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ที่เชื่อมโยงกัน ระหว่างแบบจำลองแลตทิซ-โบทสแมนน์ และ การสังเคราะห์ลายผิวแบบเฟ้นสุ่มแวงคิวก์ เพื่อให้ได้มาซึ่งวิธีการประยุกต์ใช้คุณสมบัติร่วมกัน สำหรับใช้ในการจำลองพลศาสตร์ของไหลในแบบทันที

วิธีการปูลายผิวลูกบาศก์แวงคิวก์ ร่วมกับแบบจำลองแลตทิซโบทสแมนน์

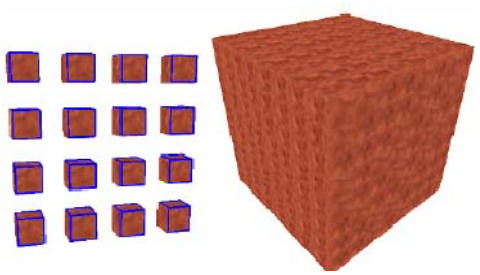
แวงคิวก์ มีลักษณะของการปูลาย ด้วยการนำลูกบาศก์สี่เหลี่ยมจัตุรัส ซึ่งเป็นลูกบาศก์ต้นแบบลายผิว มาวางลงในพื้นที่ของทุกช่องปริมาตร เพื่อสังเคราะห์ปริมาตรลายผิวขนาดใหญ่ ดังแสดงในภาพที่ 3.1 ซึ่งในกรณีของการจำลองลักษณะลายผิวพลศาสตร์ของไหลในอากาศนั้น บางพื้นที่ของช่องปริมาตร อาจจะไม่มีอนุภาคสสารของไหลปรากฏอยู่ ดังนั้นการปูลายของแวงคิวก์จึงต้องมีการปรับเปลี่ยน ด้วยการนำคุณลักษณะของแบบจำลองแลตทิซ-โบทสแมนน์มาประยุกต์ใช้ร่วมกับกรรมวิธีการปูลายผิวของลูกบาศก์แวงคิวก์ ซึ่งจะทำให้ได้ลักษณะลายผิวสสารพลศาสตร์ของไหลตามตำแหน่งที่ต้องการได้เสมือนจริง

หลักการทำงานของแบบจำลองแลตทิซ-โบทสแมนน์ หรือ แบบจำลองแอลบีเอ็มนั้น เป็นการพิจารณาการเคลื่อนที่องค์ประกอบของอนุภาคย่อยในระดับจุลภาค โดยในแต่ละช่วงเวลาอนุภาคย่อยเหล่านี้ จะเคลื่อนที่ไปตามลักษณะการกระจายทิศทางของเวคเตอร์ความเร็ว ในกรณีที่เวคเตอร์ความเร็ว เคลื่อนที่มาชนกันในพื้นที่ช่องปริมาตรเดียวกัน ตัวดำเนินการปะทะ จะทำการเปลี่ยนแปลงทิศทางของเวคเตอร์เหล่านั้น ซึ่งเมื่อรวมข้อมูลของอนุภาคย่อยเหล่านี้เข้าด้วยกัน จะได้ผลลัพธ์ของข้อมูลในระดับมหภาคของค่าความเร็วและความหนาแน่น จากค่าทั้งสองทำให้ได้ค่า

ของพลังงานจลพลศาสตร์ ซึ่งถูกนำมาใช้งานร่วมกับการปูลายผิวลูกบาศก์แวงคิวก์ ดังแสดงใน ภาพที่ 3.2 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงทิศทางการแพร่กระจายของอนุภาคย่อย ในแบบจำลองชนิด D3Q19

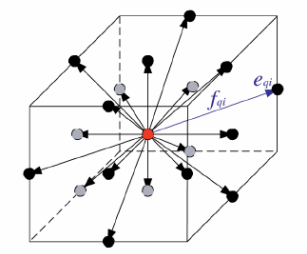
ภาพที่ 3.1

ลักษณะตัวอย่างลายผิวต้นแบบลูกบาศก์แวงคิวก์ และตัวอย่างการปูลายผิว



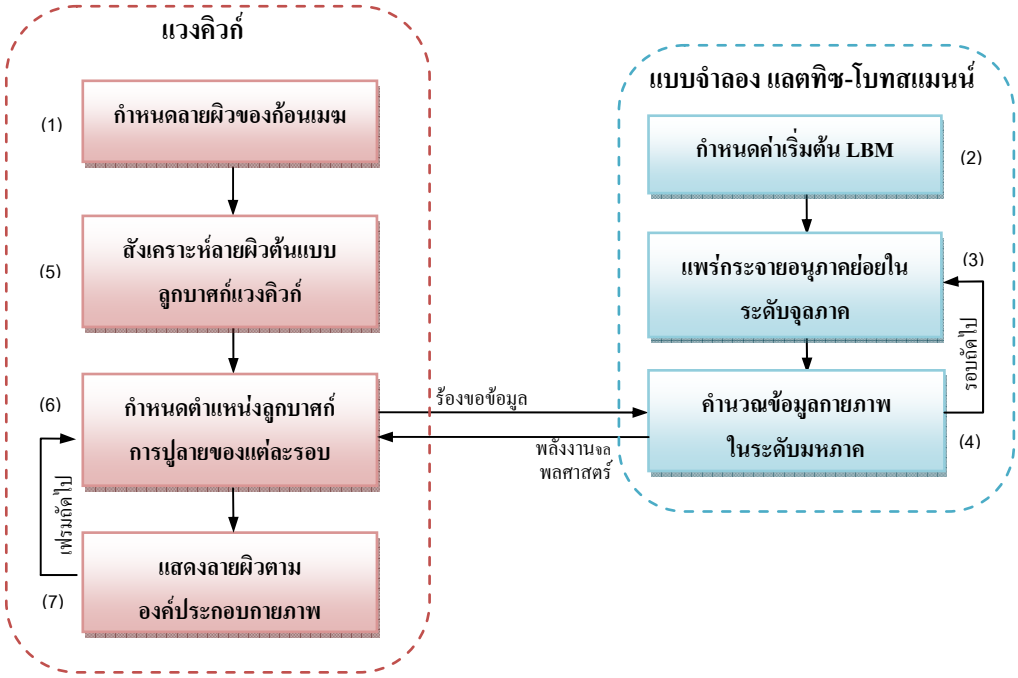
ภาพที่ 3.2

ทิศทางการแพร่กระจายของอนุภาคสำหรับแบบ D3Q19



โดยปกติการจำลองลักษณะการเคลื่อนที่ก้อนเมฆพลศาสตร์ให้ได้เสมือนจริง จำเป็นต้องใช้จำนวนของอนุภาคย่อยจำนวนมาก และให้ระยะห่างระหว่างช่องปริมาตรมีขนาดเล็ก แต่การประยุกต์ใช้ร่วมกับลูกบาศก์แวงคิวก์ ได้ถูกปรับเปลี่ยนให้จำนวนของอนุภาคน้อยลง และขยายเพิ่มระยะห่างของช่องปริมาตรให้มีพื้นที่ปริมาตรมากขึ้น โดยขนาดของแต่ละช่องปริมาตรจะมีขนาดเทียบเท่ากับขนาดของลูกบาศก์ต้นแบบแวงคิวก์ ดังนั้นจึงสามารถวางลูกบาศก์ต้นแบบแวงคิวก์ ลงในแต่ละช่องปริมาตรได้พอดี

ภาพที่ 3.3
แผนผังขั้นตอนวิธีการทำงานของแบบจำลอง



ในแต่ละช่วงเวลาของการจำลองการเคลื่อนที่ก้อนเมฆพลศาสตร์นั้น แบบจำลองแลตทิซ-โบทสแมนน์ จะทำการคำนวณ และให้ค่าผลลัพธ์ของข้อมูลในระดับมหภาค ซึ่งค่าของพลังงานจลพลศาสตร์ที่อยู่ในแต่ละช่องปริมาตร จะเป็นตัวบังคับลักษณะการปรากฏลายผิวของลูกบาศก์ต้นแบบแวงคิวก์ ในแต่ช่องปริมาตร ซึ่งหากพลังงานจลพลศาสตร์นั้น มีค่าสูง การปรากฏของลายผิวลูกบาศก์ต้นแบบแวงคิวก์จะปรากฏเด่นชัด ในทางตรงกันข้าม หากพลังงานจลพลศาสตร์นั้น มีค่าน้อยลง การปรากฏของลายผิวลูกบาศก์ต้นแบบแวงคิวก์จะจางลง ดังนั้น หากพลังงานจลพลศาสตร์มีค่าน้อยกว่าระดับอ้างอิงที่กำหนดไว้ ลายผิวลูกบาศก์แวงคิวก์ในช่องปริมาตรนั้นจะไม่ปรากฏ โดยแผนผังการทำงานแสดงไว้ในภาพที่ 3.3

ขั้นตอนวิธีการทำงานของแบบจำลองการเคลื่อนที่ก้อนเมฆพลศาสตร์ มีดังนี้

1. กำหนดลายผิวของสสารที่จะทำการจำลองให้สอดคล้องตามคุณลักษณะกายภาพทางฟิสิกส์พลศาสตร์ของไหล และคำนึงถึงความละเอียดของลายผิวให้เหมาะสม ซึ่งลายผิวสสารอาจได้มาจากการสังเคราะห์ขึ้นของการคำนวณตามหลักทางฟิสิกส์ หรืออาจได้มาจากตัวอย่างของภาพถ่ายลายผิวของสสารจริง

2. กำหนดค่าเริ่มต้นของแบบจำลองแลตทิซ-โบทสแมนน์ที่เกี่ยวข้อง, กำหนดชนิดของแบบจำลอง, จำนวนขนาดของช่องตาราง, ค่าเริ่มต้นความหนาแน่นในแต่ละช่องตาราง, ค่าเริ่มต้นของความเร็ว และอัตราของรีแลคเซชัน

3. ดำเนินการแพร่กระจายอนุภาคย่อยในระดับจุลภาค โดยทำการคำนวณหาค่าความหนาแน่น, คำนวณหาค่าความเร็ว และคำนวณหาการกระจายดุลภาพของการกระจายในแต่ละทิศทางในระดับจุลภาค

4. คำนวณข้อมูลกายภาพในระดับมหภาค โดยนำผลลัพธ์ของการกระจายดุลภาพมาใช้คำนวณหาสมการจลพลศาสตร์ และค่าข้อมูลอื่นๆในระดับมหภาค ซึ่งค่าเหล่านี้จะถูกนำกลับไปใช้คำนวณใหม่ในขั้นตอนที่ 3 สำหรับการจำลองในรอบถัดไป ดังนั้นการทำงานของแบบจำลองแลตทิซ-โบทสแมนน์ จะดำเนินการคำนวณวนซ้ำตลอดเวลาของการจำลอง โดยจะตอบสนองค่าพลังงานจลพลศาสตร์ให้กับระบบของแวงไทล์เมื่อถูกร้องขอข้อมูล

5. สังเคราะห์ลายผิวต้นแบบแวงไทล์ ด้วยการกำหนดจำนวนสีให้กับขอบแผ่นแวงไทล์ ซึ่งจำนวนสีจะสะท้อนถึงความหลากหลายของรูปแบบในการปูลายผิว รวมทั้งจำนวนของแผ่นต้นแบบ และเนื้อที่ของการจัดเก็บลายผิว ซึ่งจะถูกเก็บไว้ในเฟรมบัฟเฟอร์ลายผิวหน่วยที่หนึ่งสำหรับใช้งานร่วมกับหน่วยประมวลผลกราฟิกจีพียู ส่วนการกำหนดจำนวนช่องตารางผลลัพธ์ในการปูลาย ต้องกำหนดให้มีจำนวนช่องตาราง เท่ากับจำนวนช่องตารางของแบบจำลองแลตทิซ-โบทสแมนน์ ด้วยเช่นกัน

6. กำหนดตำแหน่งของแผ่นแวงไทล์สำหรับการปูลายในแต่ละรอบ ซึ่งเป็นการเลือกแผ่นลายผิวต้นแบบ มาวางปูลายลงในทุกช่องตารางตามข้อกำหนดของแวงไทล์ โดยตำแหน่งเหล่านี้ จะถูกกำหนดขึ้นมาใหม่ในแต่ละรอบของการจำลอง จากนั้นนำค่าพลังงานจลพลศาสตร์ซึ่งร้องขอมาจาก แลตทิซ-โบทสแมนน์ มาแปลงให้มีค่าอยู่ในช่วง [0, 1] และเก็บร่วมลงไปในแต่ละช่องตาราง ซึ่งค่าทั้งหมดจะถูกเก็บไว้ในเฟรมบัฟเฟอร์ลายผิวหน่วยที่สอง

7. แสดงลักษณะลายผิวแผ่นแวงไทล์ให้สอดคล้องตามค่าพลังงานจลพลศาสตร์ของแต่ละช่องตาราง โดยนำข้อมูลลายผิวต้นแบบแผ่นแวงไทล์ ซึ่งได้เก็บไว้ในเฟรมบัฟเฟอร์ลายผิวหน่วยที่หนึ่ง มาทำการคัดลอกลายผิวลงไปในแต่ละช่องตาราง ตามตำแหน่งที่ได้กำหนดไว้จากเฟรมบัฟเฟอร์ลายผิวหน่วยที่สอง โดยอัตราส่วนค่าสีของลายผิวต้นแบบต่อค่าสีของฉากหลังนั้นถูกกำหนดโดยค่าพลังงานจลพลศาสตร์ ซึ่งได้แปลงให้มีค่าอยู่ในช่วง [0, 1] ของแต่ละช่องตาราง โดยการทำงานเหล่านี้ จะกระทำอยู่ภายในหน่วยประมวลผลกราฟิกจีพียู และกลับไปดำเนินการซ้ำในขั้นตอนที่ 6 สำหรับการจำลองเฟรมถัดไป

เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

ในการพัฒนาและทดสอบระบบจำลองการเคลื่อนที่ก้อนเมฆพลศาสตร์ โดยใช้แบบจำลองแลตทิซ-โบทสแมนน์ ร่วมกับการสังเคราะห์ลายผิว มีข้อมูลรายละเอียดของเครื่องมือและอุปกรณ์อ้างอิงดังนี้

1. ภาษาโปรแกรมที่ใช้พัฒนาเป็นภาษา C++ โดยใช้คอมไพเลอร์ของ Microsoft Visual C++ 2005 สำหรับคอมไพล์โปรแกรมการปูลายผิว และใช้คอมไพเลอร์ของ GNU GCC Compiler สำหรับคอมไพล์โปรแกรมในส่วนของแบบจำลองแลตทิซ-โบทสแมนน์

2. เครื่องมือที่ใช้พัฒนาแบบจำลองแลตทิซ-โบทสแมนน์ เป็นเครื่องมือที่ชื่อ Palabos ("Palabos,") ซึ่งเป็นโครงการที่พัฒนาขึ้นโดยให้ลิขสิทธิ์การใช้งานเป็นแบบสาธารณะ

3. เครื่องมือที่ใช้ช่วยการแสดงผลกราฟิกฮาร์ดแวร์ ใช้เครื่องมือของ Nvidia Cg Toolkit และตัวอย่างโปรแกรมจากหนังสือ GPU Gems

4. เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบมีข้อมูลรายละเอียดอ้างอิงดังนี้ ซีพียู Intel Core 2 Duo T7300 2.0GHz, หน่วยความจำ DDR2 2GB, การ์ดแสดงผล Nvidia Geforce 8400MG 128MB ระบบปฏิบัติการ Windows Vista Home Premium 32 bit

ขอบเขตและขั้นตอนการทดสอบ

ขอบเขตของการทดสอบแบบจำลองก้อนเมฆ ด้วยการประยุกต์ใช้แบบจำลองแลตทิซ-โบทสแมนน์ ร่วมกับการสังเคราะห์ลายผิวนั้น ได้กำหนดลักษณะของการทดสอบแยกออกเป็นสองส่วนหลักคือ ส่วนของตัวแบบจำลองแลตทิซ-โบทสแมนน์ และส่วนของการสังเคราะห์ลายผิวและการปูลายผิว

1. แบบจำลองแลตทิซ-โบทสแมนน์

1.1 ขอบเขตการทดสอบ การทดสอบแบบจำลองแลตทิซ-โบทสแมนน์ ได้ทำการกำหนดให้ใช้เครื่องมือจากโครงการของ Palabos ทำการทดสอบโดยใช้แบบจำลองหนึ่งรูปแบบ ซึ่งเป็นแบบจำลองชนิด D2Q9 และกำหนดลักษณะสภาพแวดล้อมสสารของไหล ให้มีลักษณะการไหลของสสารเป็นแบบไม่มีการบีบอัด ซึ่งในการทดสอบนี้ คือลักษณะสภาพแวดล้อมของชั้นบรรยากาศโลก และกำหนด ให้ค่าความเร็วของการเคลื่อนที่สูงสุด ($uMax$) = 0.01 นอกจากนี้ ใน

การทดสอบแบบจำลองแลตทิซ-โบทสแมนน์ ได้กำหนดให้ การคำนวณปัจจัยทางกายภาพในระดับมหภาค มีการคำนวณแบ่งแยกออกเป็น 3 ปัจจัยหลักคือ ค่าความหนาแน่น, ค่าความเร็ว และค่าพลังงานจลพลศาสตร์ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณ จะถูกนำไปใช้วิเคราะห์และเปรียบเทียบ เพื่อหาปัจจัยที่เหมาะสมสำหรับการประยุกต์ใช้งาน

1.2 **ขั้นตอนการทดสอบ** การทดสอบแบบจำลองแลตทิซ-โบทสแมนน์ โดยใช้เครื่องมือ Palabos ทำการคำนวณหาปัจจัยทางกายภาพในระดับมหภาค ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดค่าเริ่มต้นของแบบจำลองตามข้อมูลที่ได้กำหนดไว้ในขอบเขตการทดสอบ
2. คำนวณหาค่าความเร็ว,ค่าความหนาแน่น และค่าพลังงานจล
3. เก็บบันทึกผลการคำนวณในทุกๆ รอบที่ 10 และเปลี่ยนค่าข้อมูลให้แสดงผลเป็นรูปภาพของสี
4. นำข้อมูลที่ได้เก็บบันทึก มาวิเคราะห์เปรียบเทียบเพื่อหาปัจจัยที่เหมาะสมกับการประยุกต์ใช้งาน

2. การสังเคราะห์ลายผิวและการปูลายผิว

2.1 **ขอบเขตการทดสอบ** การสังเคราะห์ลายผิว และการปูลายผิว ได้กำหนดให้ใช้เทคนิคของแผ่นแวงไทล์ ทำการสังเคราะห์แผ่นต้นแบบ และการปูลายผิว ซึ่งการกำหนดสีของแผ่นกำหนดให้ใช้สีที่ขอบแผ่นอย่างเดียว และให้จำนวนสีของขอบแผ่นตามแนวนอน และตามแนวตั้ง มีจำนวนสีเท่ากัน ส่วนการสังเคราะห์ลายผิวต้นแบบสำหรับการทดสอบนี้ จะไม่คลอบคลุมถึงวิธีการสังเคราะห์ลายผิวแบบอัตโนมัติ แต่จะใช้ลายผิวสสารของก้อนเมฆ ที่ได้มาจากภาพถ่ายก้อนเมฆ และใช้วิธีการกำหนดลักษณะของลายผิว ให้มีความต่อเนื่องตรงตามตำแหน่งของแผ่นแวงไทล์ และตามตำแหน่งค่าสีด้วยตนเอง

2.2 **ขั้นตอนการทดสอบ** การสังเคราะห์ลายผิวและการปูลายผิว ได้แบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ส่วนคือการสังเคราะห์ลายผิวต้นแบบ และการปูลายผิว ซึ่งมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

1. กำหนดลายผิวสสารก้อนเมฆ สำหรับใช้สังเคราะห์ลายผิวต้นแบบ โดยกำหนดขนาดความละเอียดของลายผิวที่ใช้ในการทดสอบ แยกออกเป็น 3 ขนาดคือ ขนาด 64 พิกเซล, ขนาด 128 พิกเซล และขนาด 256 พิกเซล ตามลำดับ

2. กำหนดจำนวนขอบสีแผ่นแวงไทล์ ซึ่งในการทดสอบได้กำหนดจำนวนขอบสีแยกออกเป็น 3 ลักษณะคือ ทดสอบโดยใช้ขอบสีจำนวน 2 สี, ทดสอบโดยใช้ขอบสีจำนวน 3 สี และทดสอบโดยใช้ขอบสีจำนวน 4 สี ตามลำดับ

3. กำหนดขนาดพื้นที่ของการปูลายผิว ซึ่งในการทดสอบได้กำหนดขนาดพื้นที่ของการปูลายแยกออกเป็น 3 ขนาดพื้นที่คือ พื้นที่ตารางขนาด 8x8 ช่อง, พื้นที่ตารางขนาด 16x16 ช่อง และพื้นที่ตารางขนาด 32x32 ช่อง ตามลำดับ

4. ทดสอบการสร้างลายผิวต้นแบบตามจำนวนขอบสีแผ่นแวงไทล์ ที่ได้กำหนดค่าไว้และบันทึกผลของเวลาที่ใช้ไป ของแต่ละจำนวนขอบสี

5. ทดสอบการปูลายแผ่นแวงไทล์ ด้วยหน่วยประมวลผลกราฟิกจีพียู โดยทำการทดสอบการปูลายลงในพื้นที่ตารางทั้ง 3 ขนาด และในแต่ละขนาดพื้นที่ เป็นการทดสอบด้วยจำนวนขอบสีแผ่นแวงไทล์ทั้ง 3 จำนวนขอบสี และในแต่ละขอบสี เป็นการทดสอบโดยใช้ขนาดความละเอียดของลายผิวทั้ง 3 ขนาดความละเอียด

วิธีการวัดผลการทดสอบ

การวัดผลการทดสอบในส่วนของแบบจำลองแลตทิซ-โบทสแมนน์ จะวัดผลโดยพิจารณาลักษณะการเปลี่ยนแปลงข้อมูลซึ่งถูกแปลงให้เป็นรูปภาพแสดงค่าสี สำหรับค่าความเร็ว, ค่าความหนาแน่น และค่าพลังงานจล โดยข้อมูลดังกล่าว จะแสดงเป็นภาพในทุกๆ 10 รอบเวลาของการจำลอง ซึ่งค่าของปัจจัยที่เหมาะสมต่อการนำไปประยุกต์ใช้งาน จะต้องเป็นค่าที่มีลักษณะรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงสะท้อนไปตามลักษณะการเคลื่อนที่อนุภาคของไหลได้มากที่สุด

การวัดผลการทดสอบในส่วนของการสังเคราะห์ลายผิวและการปูลายผิว จะวัดผลโดยพิจารณาค่าของเวลาที่ใช้ในการสังเคราะห์ลายผิวต้นแบบ โดยพิจารณาว่าองค์ประกอบใดที่มีนัยสำคัญต่อเวลาที่ใช้ไปในการสร้างแผ่นต้นแบบแวงไทล์ และองค์ประกอบใดที่จะมีนัยสำคัญต่อเวลาที่ใช้ไปในการปูลายผิวลงในพื้นที่ สำหรับการสังเคราะห์ลายผิวแบบเฟ้นสุ่ม