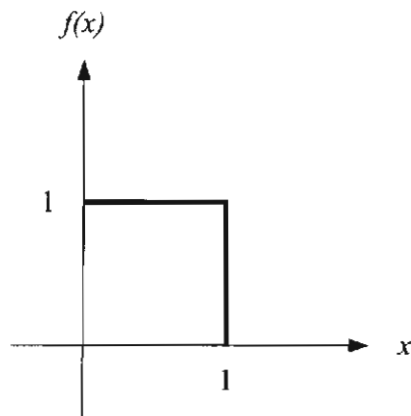
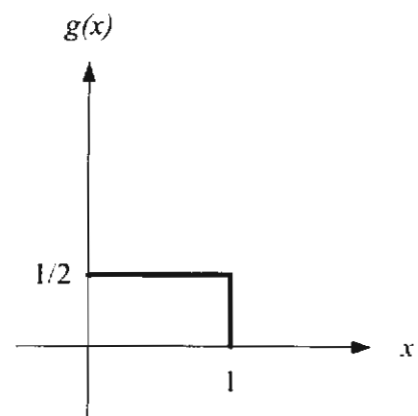




(ก)

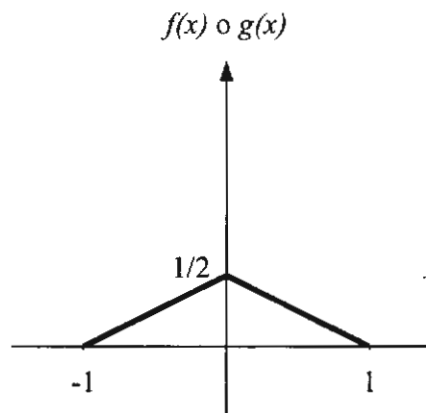


(ข)

รูปที่ 5.9 (ก) รูปตัวอย่าง $f(x)$ (unknown image)

(ข) เป็นรูปของต้นแบบ $g(x)$ (known image) [Jain 1989]

จากกราฟทั้งสองนี้เราสามารถหาค่า correlation $f(x) \circ g(x)$ ในการหาโดยจะได้กราฟออกมาดังแสดงในรูปที่ 5.10



รูปที่ 5.10 กราฟของ correlation $f(x) \circ g(x)$ [Jain 1989]

จากรูปที่ 5.10 เราจะพบว่าจุดยอดของกราฟเกิดขึ้นที่ $x = 0$ ดังนั้นเราสามารถทราบได้ว่าที่ใดที่รูปภาพที่เหมือนกับภาพ $g(x)$ เริ่มต้นในภาพ $f(x)$ และเมื่อนำมาใช้ในการหาลายทอผ้าจุดยอดที่เกิดขึ้นนี้ทำให้เราทราบตำแหน่งเริ่มต้นของหน่วยซ้ำที่อยู่บนภาพสแกนของผ้าทอได้

จากฟังก์ชันของ correlation เนื่องจากในข้อมูลของลายทอของผ้า เราไม่มีภาพต้นแบบ $g(x)$ ที่ทราบข้อมูลอยู่แล้ว เรามีแต่เพียงภาพตัวอย่าง $f(x)$ ดังนั้นเราจึงสมมติให้

$$g(x) = f(x) \quad (5.7)$$

คำนวณ correlation ได้ว่า

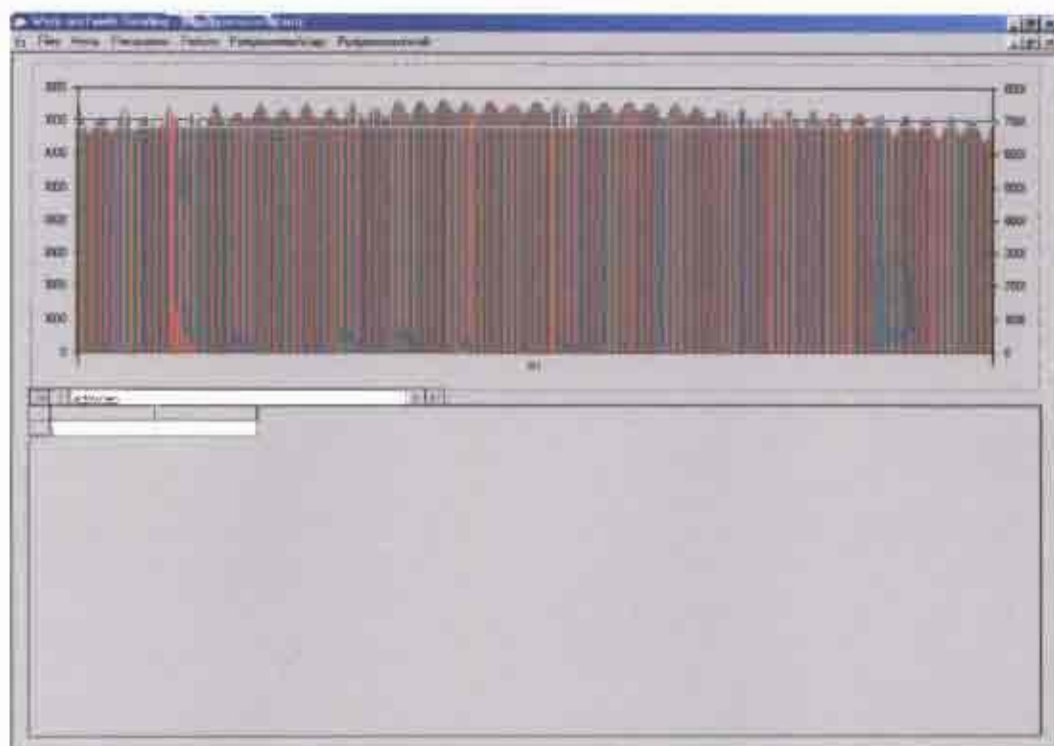
$$f(x) \circ g(x) = f(x) \circ f(x) \quad (5.8)$$

เราจะเรียก correlation นี้ว่า autocorrelation โดยเทคนิคการทำ autocorrelation เป็นเทคนิคการรวมทุกส่วนของภาพและใช้ในการบอกโครงสร้างของหน่วยซ้ำของภาพ ซึ่งในงานวิจัยนี้นำมาคำนวณเพื่อนำค่ามาเขียนกราฟทำให้ทราบระยะห่างของเส้นด้ายแต่ละเส้นในแนวด้ายยืนและแนวด้ายพุ่ง โดยสูตรของ autocorrelation มีดังนี้

$$\begin{aligned} C_{x,0} &= \sum_i^M \sum_j^N G_{i,j} G_{i-x,j} \\ C_{0,y} &= \sum_i^M \sum_j^N G_{i,j} G_{i,j-y} \end{aligned} \quad (5.9)$$

- เมื่อ $G_{i,j}$ คือ ระดับสีเทาที่จุด (i, j) ของภาพ
 M คือ จำนวนจุดในแนวด้ายยืน
 N คือ จำนวนจุดในแนวด้ายพุ่ง
 $C_{x,0}$ คือ ค่า autocorrelation ที่จุดต่างๆ ของภาพในแนวของด้ายยืน
 $C_{0,y}$ คือ ค่า autocorrelation ที่จุดต่างๆ ของภาพในแนวของด้ายพุ่ง
 x และ y คือ ตำแหน่ง พิกเซล บนภาพตามแนวด้ายยืนและด้ายพุ่ง

กราฟที่ได้จากการวาดของค่า autocorrelation กับตำแหน่งพิกเซล จะมีลักษณะเหมือนกราฟไซน์ ซึ่งเป็นรูปคลื่นอย่างชัดเจน รูปที่ 5.11 เป็นตัวอย่างของกราฟ autocorrelation ที่ได้จากภาพสแกนของผ้าทอลายขัดจากรูปที่ 5.6



รูปที่ 5.11 กราฟ autocorrelation ของภาพสมณค้ำทอสาขระดับ 1/1

โดยจากค่าความเข้มของค่าสูงสุดที่ได้จะทำให้สามารถคาดหว้งได้ว่าความเข้มของค่าสูงสุดจะมีค่าคงที่ถ้าหน่วยซ้ำในภาพของผ้าทอเป็นแบบเดียวกันตลอดทั้งภาพ หรือจะกล่าวได้ว่าถ้าหากความเหมือนของหน่วยซ้ำอื่นๆ ที่อยู่ในภาพลดลงจะทำให้ค่าความเข้มของค่าสูงสุดลดลงตามไปด้วย

การอ่านลายทอ

เมื่อได้กราฟแล้วนั้นจะทำการหาความแตกต่างของเส้นด้วยวิธีการดูความกว้างของกราฟทุกช่วงคลื่นเพื่อให้สามารถบอกได้ว่าความกว้างของเส้นด้วยที่ขีดเส้นกันมีขนาดใกล้เคียงกันหรือไม่เมื่อพิจารณาในแนวด้วยยืนและแนวด้วยพุ่ง หรือถ้าแตกต่างกันมีความแตกต่างกันในลักษณะใด มีความกว้างแตกต่างกันเป็นกี่เท่า และจากกราฟนี้สามารถบอกขนาดพื้นที่ของหน่วยซ้ำได้ด้วยเช่นกัน ซึ่งทำให้สามารถอ่านลายทอของผ้าทอได้

ในการหาความกว้างของกราฟนั้นใช้การหาระยะห่างของจุดต่ำสุดของแต่ละช่วงคลื่นที่อ่านค่าได้จากกราฟด้วยการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเครื่องหมายของความชันของกราฟซึ่งสามารถหาได้จากสูตร

$$C_{x,0} = (C_{(x+1),0} - C_{(x,0)}) / (x+1) - x \quad (5.10)$$

$$C_{0,y} = (C_{0,(y+1)} - C_{0,y}) / (y+1) - y \quad (5.11)$$

เมื่อ $C_{x,0}$ คือ ค่า autocorrelation ที่จุดต่างๆ ของภาพในแนวของผ้าพุ่ง

$C_{0,y}$ คือ ค่า autocorrelation ที่จุดต่างๆ ของภาพในแนวของผ้ายืน

x และ y คือ ตำแหน่งพิกเซลบนภาพตามแนวซ้าย-ขวาและบน-ล่าง

เมื่อสามารถหาค่าของพิกเซลแต่ละพิกเซลได้แล้วก็นำความกว้างของกราฟแต่ละช่วงคลื่นมาเปรียบเทียบกับความกว้างของช่วงคลื่นใดแตกต่างจากกราฟอื่นๆ หรือไม่อย่างไร เช่น หากเป็นผ้าทอลายขัดความกว้างของกราฟแต่ละช่วงคลื่นจะมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งหมายความว่าลักษณะของการที่เส้นซ้าย-ขวายาวอยู่เหนือเส้นซ้าย-ขวา (float) หรือเส้นซ้าย-ขวายาวอยู่ใต้เส้นซ้าย-ขวามีความสม่ำเสมอตลอดแนว ส่วนลายทแยงนั้นก็จะมีลักษณะของกราฟแตกต่างออกไปคือมีความกว้างของกราฟที่เส้นซ้าย-ขวายาวอยู่เหนือเส้นซ้าย-ขวากว้างกว่าลายขัด เราสามารถคำนวณหาจำนวนเส้นซ้าย-ขวาที่เส้นซ้าย-ขวายาวอยู่เหนือเส้นซ้าย-ขวามาจากการนำความกว้างของเส้นซ้าย-ขวามาหารความกว้างของกราฟก็จะทำให้สามารถทราบจำนวนเส้นซ้าย-ขวายาวอยู่เหนือเส้นซ้าย-ขวา (float) ได้ จากนั้นก็ให้โปรแกรมอ่านลายทแยงออกมาในลักษณะของสัญลักษณ์ตัวเลข 1 และ 0 โดยให้เลข 1 แทนเส้นซ้าย-ขวายาวอยู่เหนือเส้นซ้าย-ขวา และเลข 0 แทนเส้นซ้าย-ขวายาวอยู่ใต้เส้นซ้าย-ขวา ตัวอย่างของการอ่านลายทแยงแบบลายขัด 1/1



(ก)

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

(ข)

รูปที่ 5.12 (ก) ลายขัด และ (ข) การแทนลายขัดด้วยเมทริกซ์

การตรวจสอบโปรแกรม

เมื่อทำการนับเส้นซ้าย-ขวาและอ่านลายทแยงได้แล้ว นำผลที่อ่านได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาเปรียบเทียบกับที่ทำการตรวจสอบด้วยตาเปล่าด้วยการใช้แว่นขยายส่องดูและนับเส้นซ้าย-ขวาในหน่วยพื้นที่ 1×1 ตารางเซนติเมตร โดยในการตรวจสอบผ้าทอนั้นทำได้ด้วยการวางแว่นขยายลงบนผ้าที่ต้องการหา การวางต้องระมัดระวังให้วางลงบนผ้าต้องให้เส้นซ้าย-ขวายาวอยู่ใต้ริมขอบของแว่นขยาย และที่แว่นขยายนี้เองจะมีเข็มที่หมุนได้เพื่อให้ปลายเข็มชี้ตามเส้นซ้าย-ขวาที่เรานับ พื้นที่ที่เราจะนับนั้นขึ้นอยู่กับว่าเราต้องการให้ใช้พื้นที่เท่าไรเพราะที่ขอบของแว่นขยายนี้จะมีขีดวัดความกว้างให้เราอ่านได้ และตัวอย่างหนึ่งในการตรวจสอบความถูกต้องในการทำงานของโปรแกรมคือการตรวจสอบความถูกต้องในการนับเส้นซ้าย-ขวาของผ้าทอลายขัดและลายทแยง โดยตารางที่ 5.1 เป็นผลจากการนับเส้นซ้าย-ขวาในแนวซ้าย-ขวาและซ้าย-ขวายาวอยู่เหนือเส้นซ้าย-ขวาของผ้าทอลายขัดและลายทแยงด้วยตาเปล่าด้วยการใช้แว่นขยาย



(ก)



(ข)

รูปที่ 5.13 ภาพสแกนของผ้าทอลาซัด (ก) ลาซัด 1 (ข) ลาซัด 2



รูปที่ 5.14 ภาพสแกนของผ้าทอลาซัทแซง

ตารางที่ 3.1 จำนวนเส้นด้ายของผ้าทอต่อพื้นที่ 1x1 ตารางเซนติเมตร

ผ้าทอ	จำนวนเส้นด้ายตามแนวตั้ง (เส้น/1 ซม.)	จำนวนเส้นด้ายตามแนวนอน (เส้น/1 ซม.)
ลาซัด 1	39	34
ลาซัด 2	45	37
ลาซัทแซง	26	18

วิธีการใช้โปรแกรม

โปรแกรมสำหรับอ่านค่าลายตามอัลกอริทึมที่ได้กล่าวมาในบทที่แล้ว ถูกพัฒนาขึ้นโดยใช้ภาษา
วิชวลเบสิก อุปกรณ์ที่จำเป็นต้องการใช้มีดังนี้

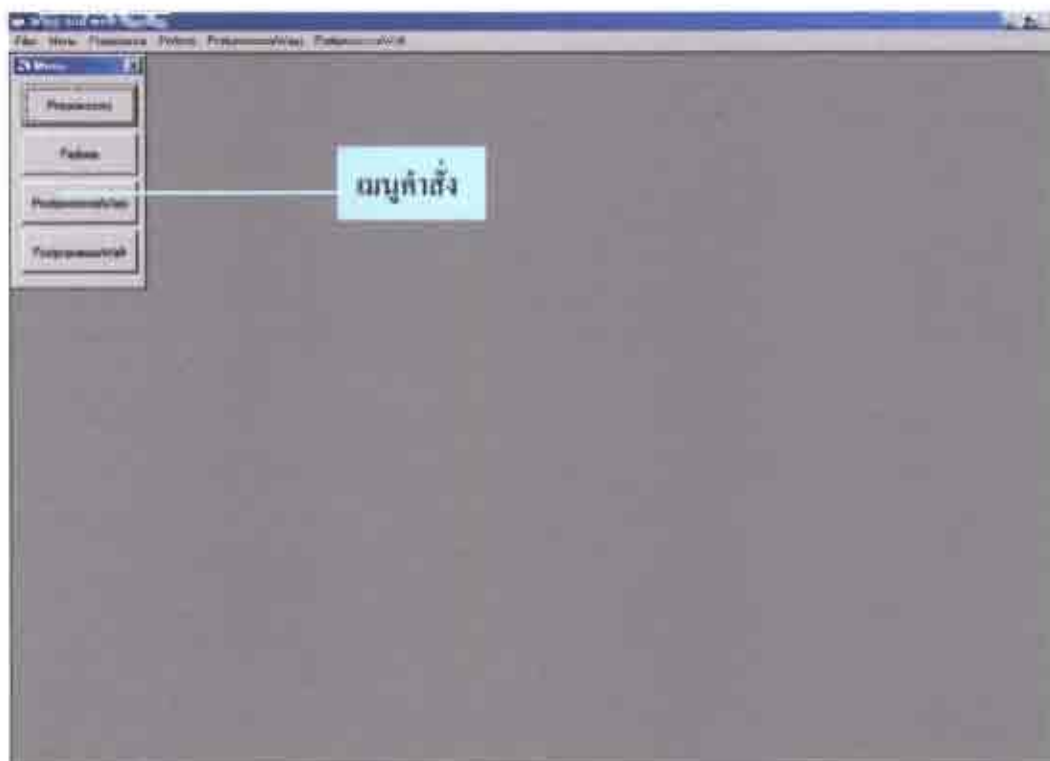
1. คอมพิวเตอร์

คอมพิวเตอร์ที่สามารถนำโปรแกรมมาใช้ได้นั้นเป็นคอมพิวเตอร์ที่มีระบบปฏิบัติการแบบ Window 95/98/NT/Mc/XP

2. เครื่องกวาดภาพ (scanner)

เครื่องกวาดภาพที่เหมาะสมสำหรับการจับภาพหน้าจอควรเป็นเครื่องที่สามารถเก็บภาพให้มีความละเอียดได้ถึง 1200 dpi เพื่อให้ภาพหน้าจอที่ได้มีความชัดเจนและทำให้โปรแกรมสามารถอ่านลายทอได้อย่างถูกต้องมากที่สุด

เมื่อเริ่มต้นโปรแกรม จะปรากฏหน้าจอดังรูปที่ 5.15 พร้อมกับมีเมนูคำสั่งเกิดขึ้น

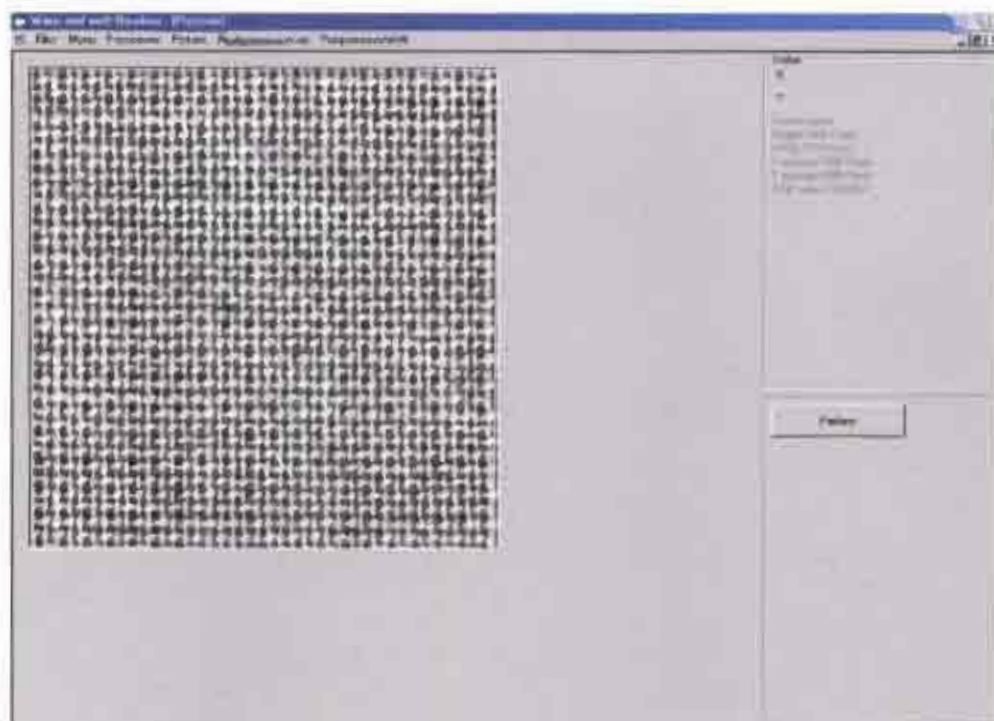


รูปที่ 5.15 หน้าจอเริ่มต้นของโปรแกรม

สำหรับเมนูคำสั่งนั้นที่ปุ่มคำสั่ง Preprocessor เป็นปุ่มคำสั่งสำหรับกดเลือกเป็นคำสั่งแรกสำหรับการทำงานของโปรแกรมเพื่อให้ผู้ใช้งานเลือกภาพของหน้าจอที่ต้องการอ่านลายทอ ส่วนเมนูคำสั่งอื่นๆ จะกล่าวถึงรายละเอียดในหัวข้อต่อไป

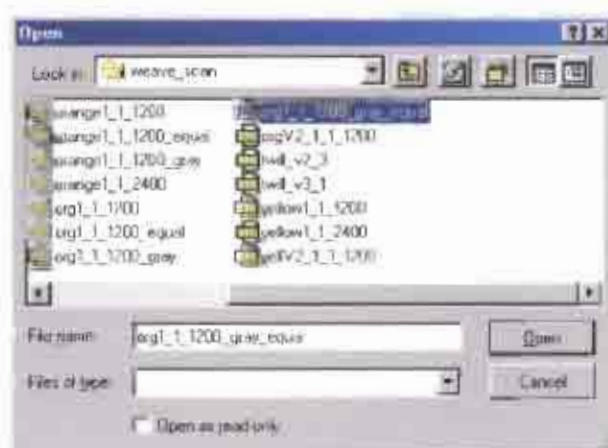
เมื่อปรากฏหน้าจอเริ่มโปรแกรมให้ผู้ใช้กดเลือกที่ปุ่มคำสั่ง Preprocessor จะเกิดหน้าจอดังรูปที่

5.16

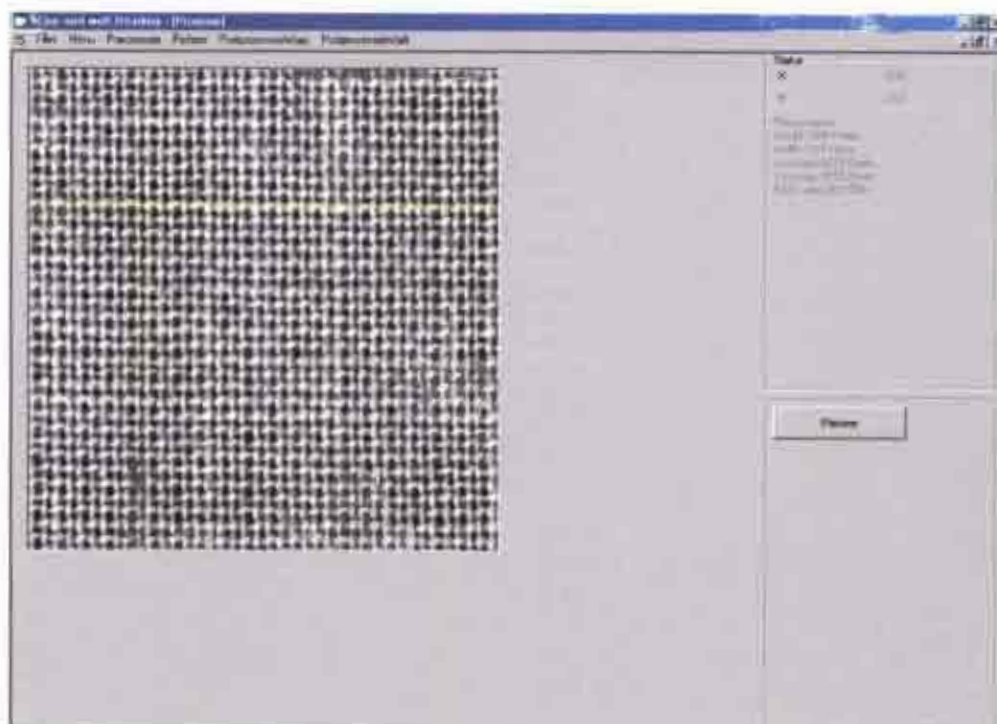


รูปที่ 5.16 หน้าจอของโปรแกรมหลังจากกดปุ่มคำสั่ง Preprocessor

เมื่อปรากฏหน้าจอ ดังรูปที่ 5.16 แล้วนั้นให้ผู้ใช้เลือกแนวเส้นด้ายเพื่อให้โปรแกรมคำนวณ ในการเลือกแนวเส้นด้ายนั้นควรเลือกเส้นด้ายที่เห็นชัดเจนและมีการจัดเรียงของเส้นด้ายที่แนวเดียวกันกับกรอบรูปเพื่อให้ผลการคำนวณของโปรแกรมมีความถูกต้องมากที่สุด นอกจากนี้เราสามารถเลือกภาพสแกนลายทออื่นๆ ที่จะนำมาอ่านลายทอได้จากการกดเลือกจากแถบเมนูบาร์ที่คำสั่ง File/Open แล้วเลือกภาพจากแฟ้มที่เก็บภาพสแกนผ้าทอ ดังรูปที่ 5.17 ส่วนรูปที่ 5.18 เป็นตัวอย่างการเลือกแนวของเส้นด้ายเพื่อให้โปรแกรมคำนวณ



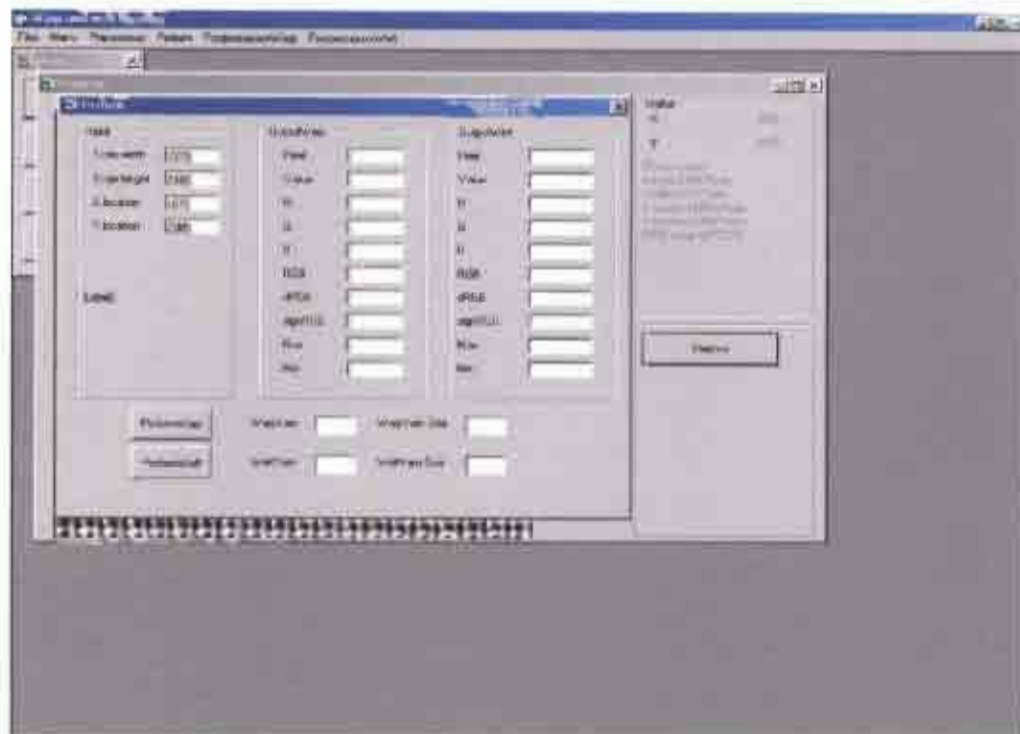
รูปที่ 5.17 หน้าจอของโปรแกรมเมื่อเลือก File/Open



รูปที่ 5.18 ตัวอย่างการเลือกแนวเส้นด้ายเพื่อให้โปรแกรมคำนวณ

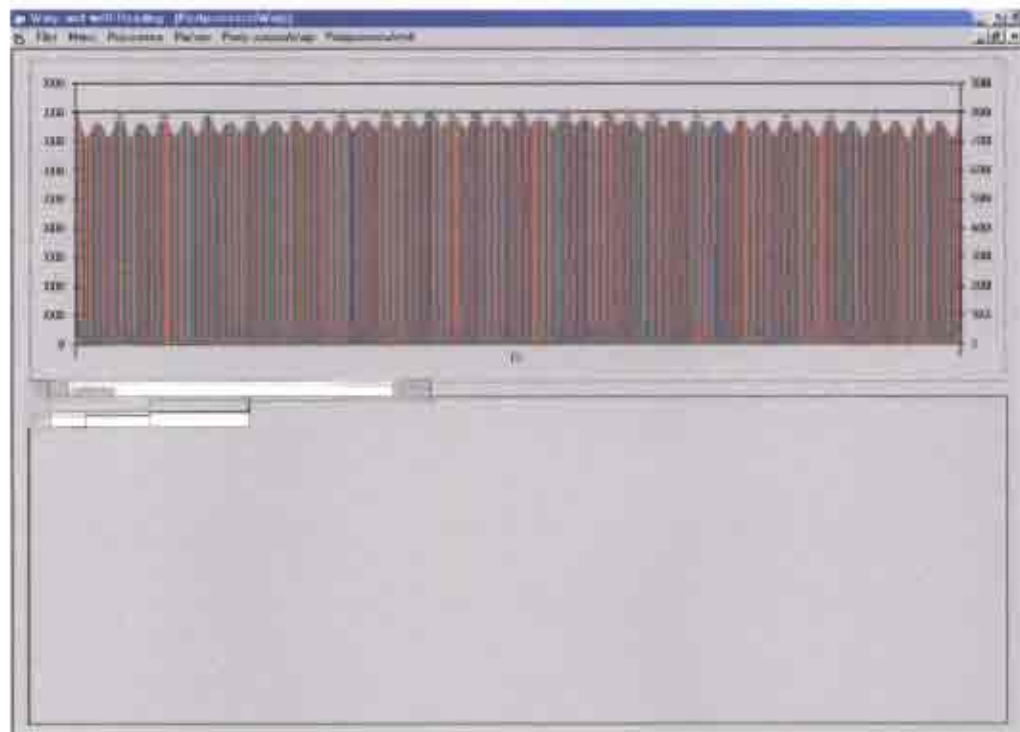
จะเห็นแนวเส้นสีเหลืองเพื่อแสดงแนวการอ่านค่าสีของเส้นด้าย จุดที่เส้นด้ายตัดกันจะแสดงตำแหน่งของจุดพิกเซล เป็นค่า X และ Y ที่กรอบ Status และในกรอบ Status นี้จะแสดงค่าความกว้างและความสูงของภาพไว้ให้เห็นด้วย เมื่อเลือกแนวเส้นด้ายได้แล้วให้โปรแกรมทำงานต่อไปด้วยการกดที่ปุ่มคำสั่ง Perform

เมื่อกดปุ่ม Perform แล้วจะเกิดหน้าจออีกหนึ่งหน้าจอหนึ่งดังรูปที่ 5.19 เพื่อให้เราสั่งโปรแกรมให้ทำการคำนวณ

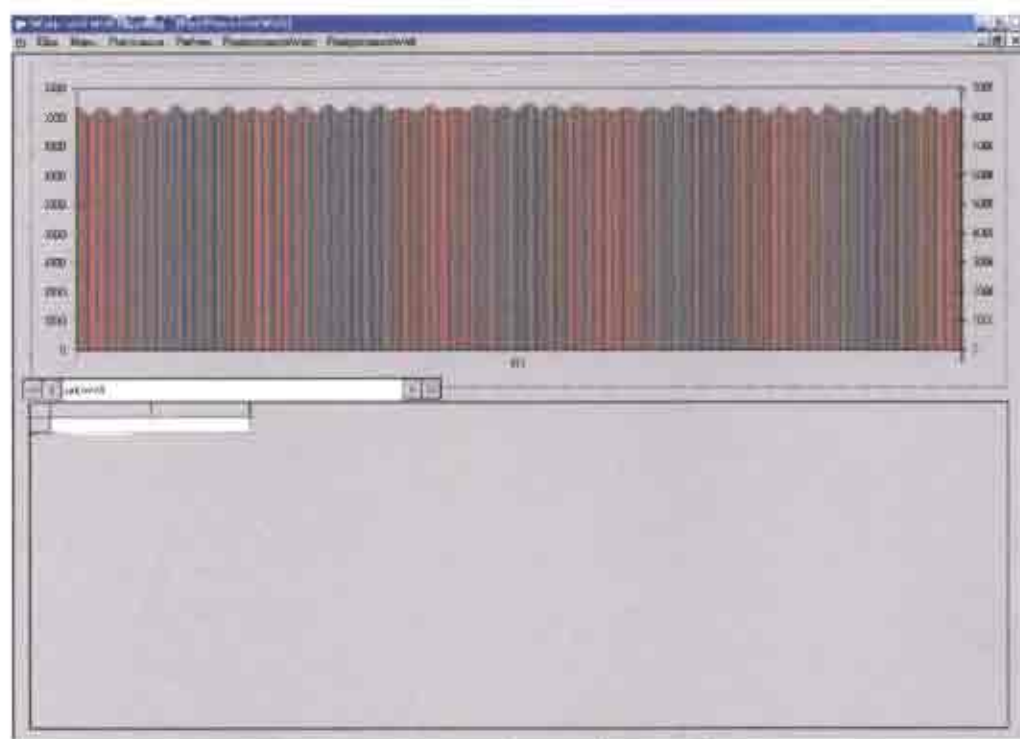


รูปที่ 5.19 ภาพหน้าจอเมื่อคลิกปุ่ม Perform

จากหน้าจอของคำสั่ง Perform จะมีช่องแสดงผลความกว้างและความสูงของภาพ และค่า X และ Y ของตำแหน่งพิกเซล ที่เราเลือกจากภาพในกรอบ Input ส่วนในกรอบ OutputWarp และ OutputWeft จะแสดงผลที่โปรแกรมคำนวณได้ เช่น ค่า RGB ที่คำนวณได้ของด้ายยืนและด้ายพุ่ง เป็นต้น และเชื่อมโยงข้อมูลทั้งหมดที่คำนวณได้เข้าไปเก็บไว้ในโปรแกรม Microsoft Access ซึ่งเก็บอยู่ในตารางของด้ายยืนและด้ายพุ่ง จากหน้าจอของ Perform นี้เมื่อเรากดปุ่ม PerformWarp โปรแกรมจะทำการคำนวณเส้นด้ายในแนวด้ายพุ่งเพื่อหาข้อมูลเกี่ยวกับด้ายยืน เช่น จำนวนด้ายยืน ลักษณะการขัดสานกันของด้ายยืนต่อด้ายพุ่ง เป็นต้น ส่วนปุ่ม PerformWeft ก็จะเป็นลักษณะเดียวกันแต่จะทำการคำนวณเพื่อหาข้อมูลเกี่ยวกับด้ายพุ่ง เมื่อคำนวณได้แล้วก็จะแสดงผลของจำนวนด้ายยืนและด้ายพุ่งในช่อง WarpYam และ WeftYam ตามลำดับ และแสดงขนาดของเส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่งในช่อง WarpYam Size และ WeftYam Size ตามลำดับ สอนลายทอสามารถหาได้จากการวาดกราฟของ autocorrelation โดยสามารถดูลักษณะกราฟวาดของด้ายยืนและด้ายพุ่งได้ด้วยการกดปุ่ม PostprocessorWarp และ PostprocessorWeft ตามลำดับ การกดปุ่มสามารถเลือกกดได้จากหน้าจอของเมนูคำสั่ง หรือที่แถบเมนูบาร์ก็ได้



รูปที่ 5.20 กราฟของค่าขึ้นเมื่อคลิกปุ่ม PostprocessorWarp



รูปที่ 5.21 กราฟค่าขึ้นเมื่อคลิกปุ่ม PostprocessorWell

ผลการทำงานของโปรแกรมอ่านลายทอ

ในขั้นตอนการคำนวณของโปรแกรมได้ทดลองใช้วิธีการคำนวณ 2 วิธีคือ

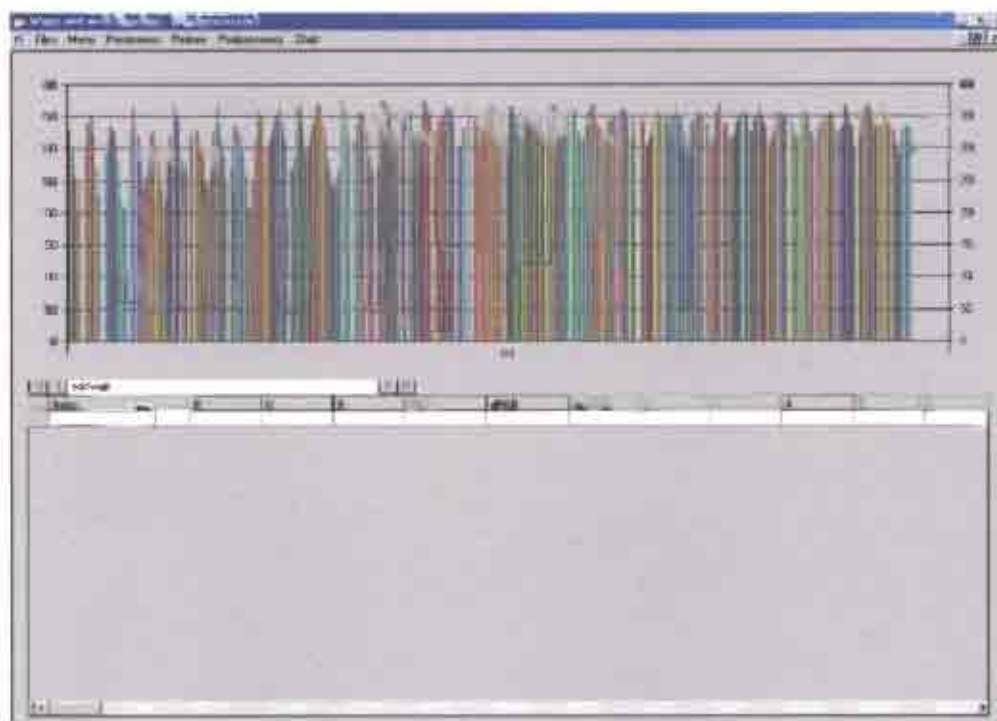
ไม่ใช้ Autocorrelation

การคำนวณโดยไม่ใช้ Autocorrelation เป็นการคำนวณด้วยการรวมค่า RGB ให้เป็นจุดเดียวจากสูตร

$$RGB = \sqrt{r^2 + g^2 + b^2} \quad (5.12)$$

- เมื่อ r คือ ค่าสีแดงของแต่ละจุด พิกเซล ที่คำนวณจากชุดค่าตั้งของโปรแกรมวิซวลเบสิก
 g คือ ค่าสีแสดของแต่ละจุด พิกเซล ที่คำนวณจากชุดค่าตั้งของโปรแกรมวิซวลเบสิก
 b คือ ค่าสีน้ำเงินของแต่ละจุด พิกเซล ที่คำนวณจากชุดค่าตั้งของโปรแกรมวิซวลเบสิก

ได้นำค่า RGB ของภาพสแกนผ้าทอลายซิดที่ ไม่ได้เปลี่ยนให้เป็นรูปสี่เหลี่ยม (รูปที่ 2) ที่คำนวณได้จากสูตรนี้มาวาดกราฟได้ผลออกมาดังรูปที่ 5.22

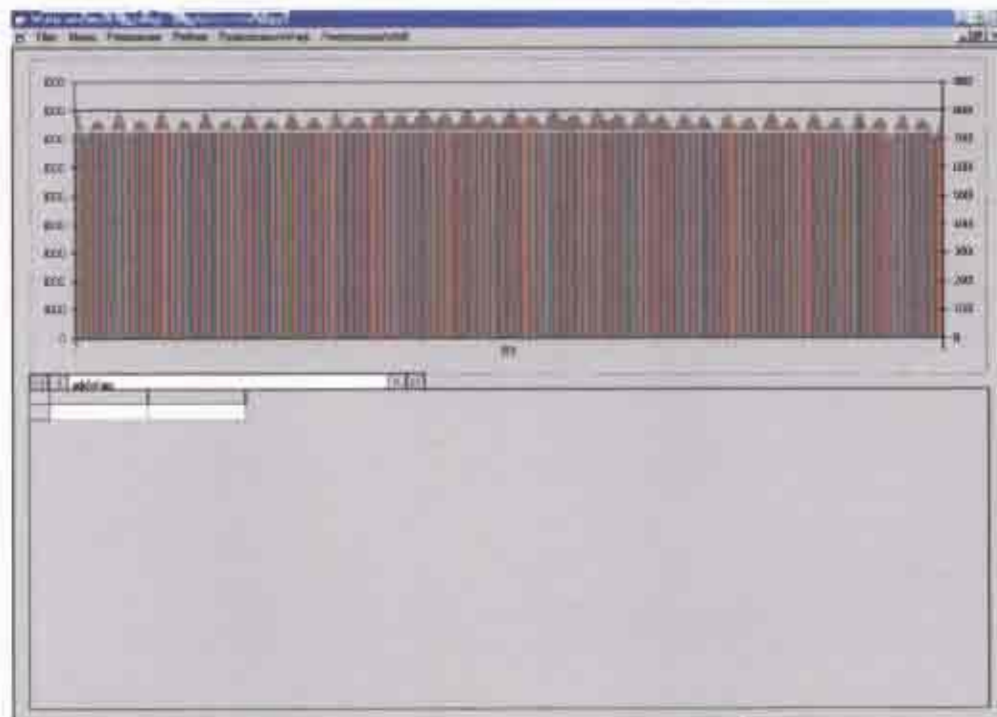


รูปที่ 5.22 กราฟค่า RGB ของภาพสแกนผ้าทอลายซิดที่ ไม่ได้เปลี่ยนให้เป็นรูปสี่เหลี่ยม

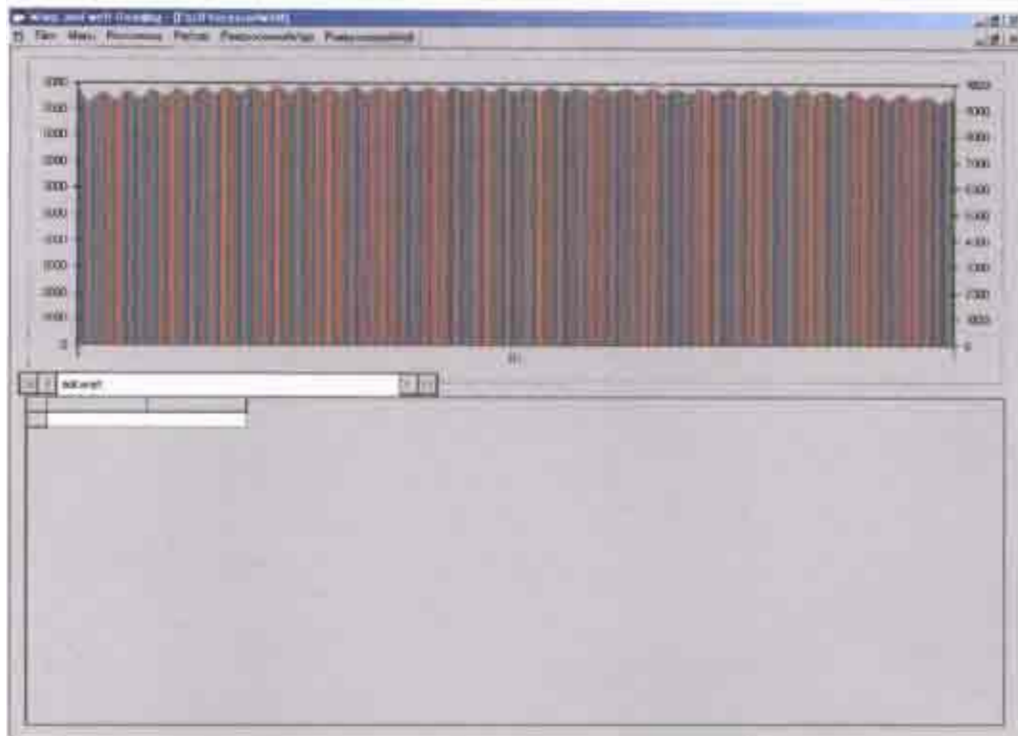
จากผลของกราฟที่ได้จะเห็นว่าลักษณะของกราฟไม่สามารถเห็นเป็นช่วงคลื่นได้อย่างชัดเจนดังนั้นสูตรที่ใช้ในการคำนวณสูตรนี้ไม่สามารถให้ผลที่สามารถคำนวณหาลายทอต่อไปได้ สูตรนี้จึงทำการทดลองใช้กับผ้าทอลายซิดแค่เพียงชนิดเดียว จากนั้นจึงได้ทดลองใช้สูตรของ Autocorrelation เพื่อให้ได้ผลของกราฟที่ชัดเจนมากขึ้น

ใช้ Autocorrelation

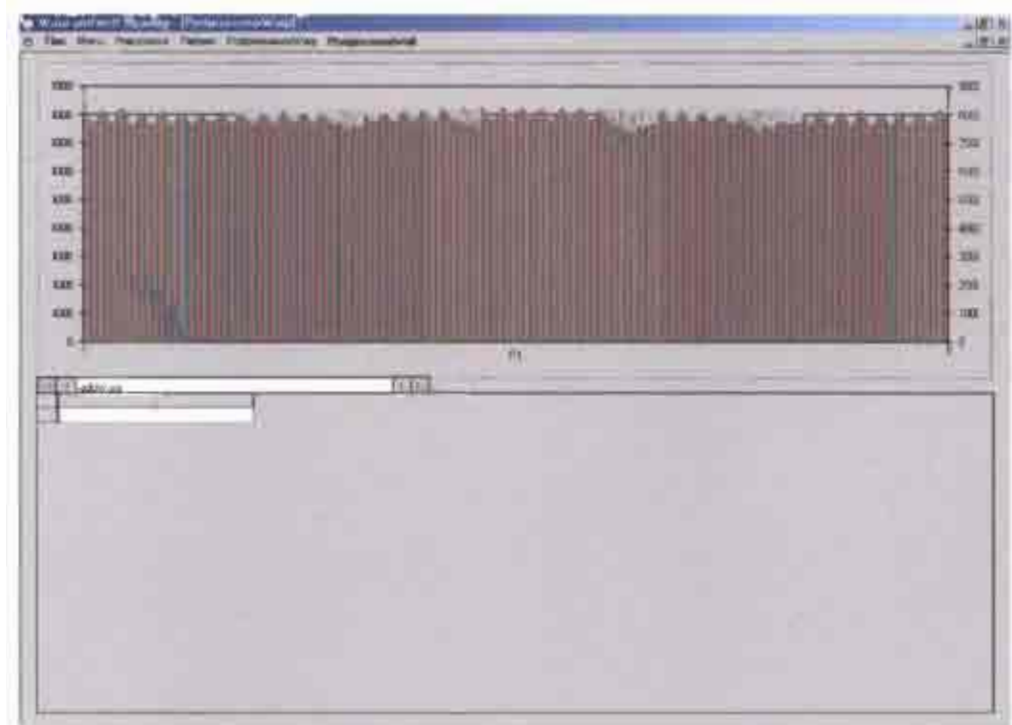
ก่อนที่จะนำสูตร Autocorrelation มาใช้นั้น ต้องทำการนำรูปภาพผ้าทอที่สแกนได้มาเปลี่ยนให้เป็นสีเทาและทำ Equalization เพื่อให้ภาพมีความแตกต่างของสีเมื่อเกิดการขัดสานกันของเส้นด้ายและของว่างระหว่างเส้นด้ายมีความชัดเจนมากขึ้น เมื่อนำสูตรของ Autocorrelation มาใช้ในการคำนวณค่าจากที่คำนวณหาความส่องสว่างรวมได้แล้วมาวาดกราฟจะทำให้ได้ลักษณะของคลื่นที่ชัดเจนกว่าภาพที่ไม่ได้ใช้สูตร Autocorrelation สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.23 และ 5.24



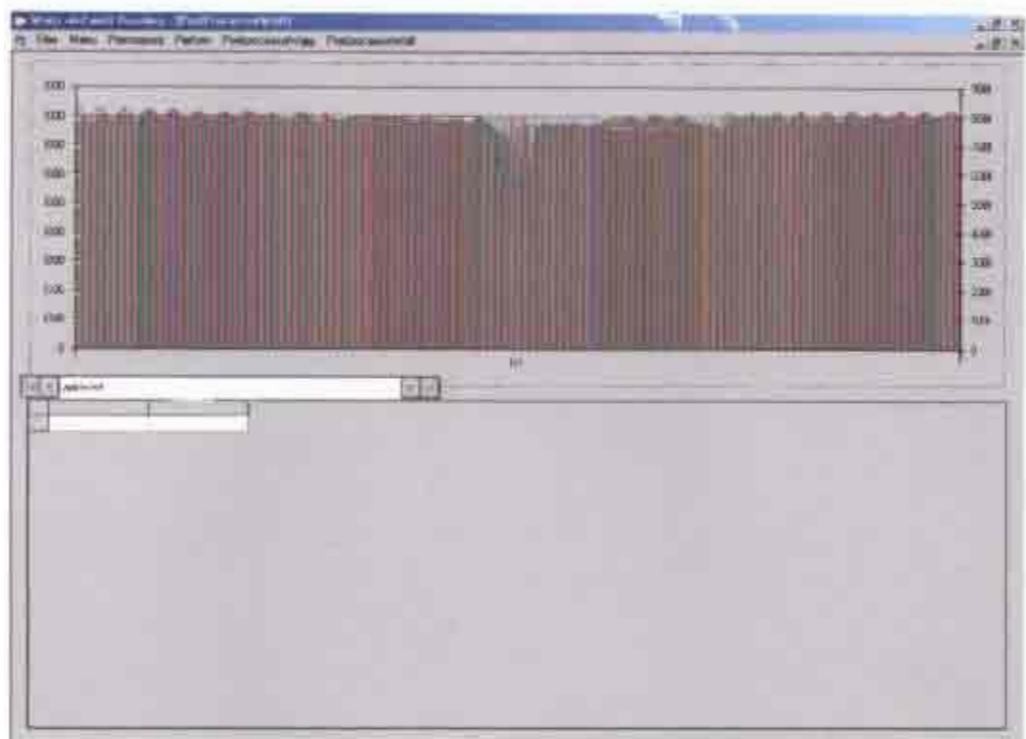
รูปที่ 5.23 กราฟ Autocorrelation ของภาพสแกนผ้าทอลายขัดในรูปที่ 5.13(ก) ตามแนวด้ายยืน



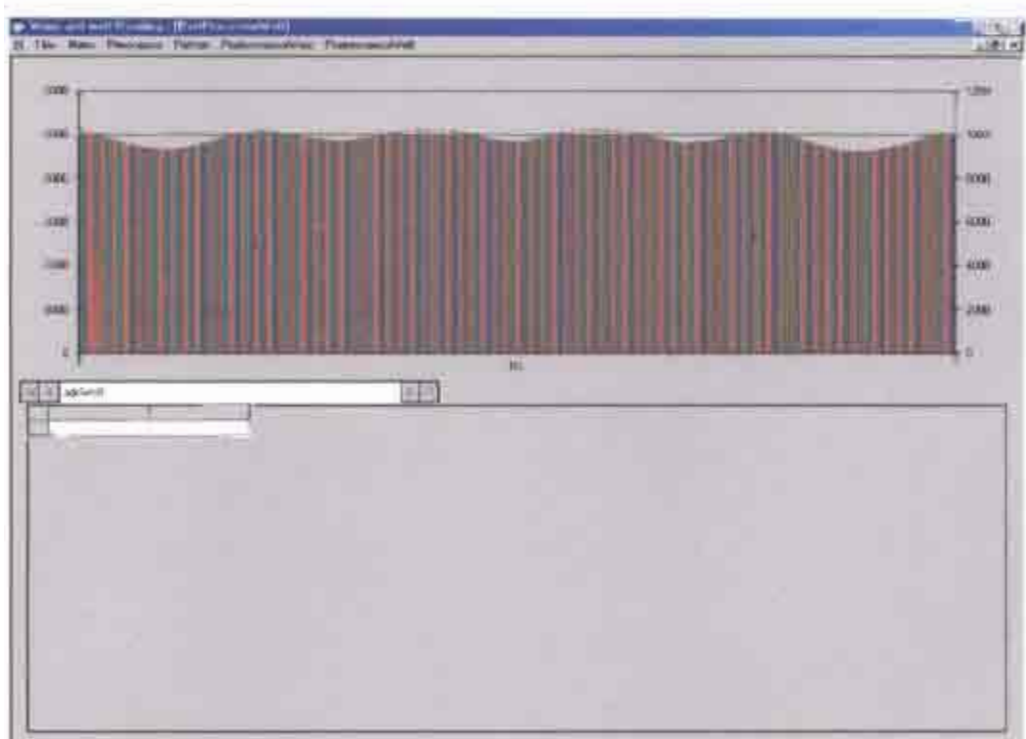
รูปที่ 5.24 กราฟ Autocorrelation ของภาพสแกนผ้าทอลายชนิดในรูปที่ 5.13(ก) ตามแนวผ้าพุ่ง



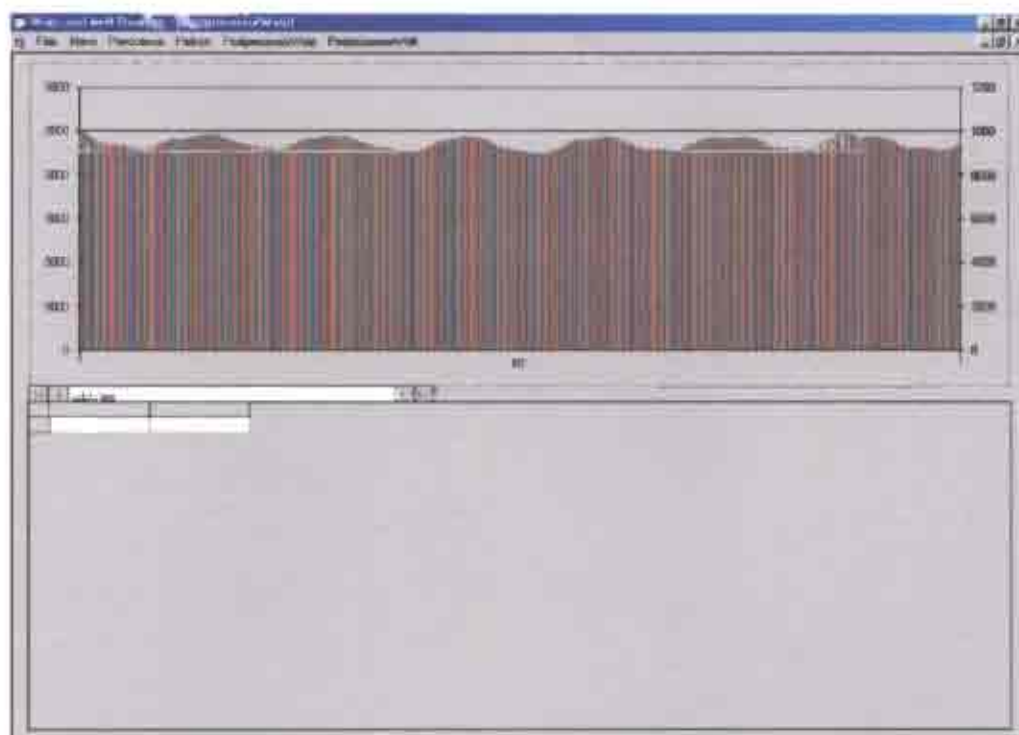
รูปที่ 5.25 กราฟ Autocorrelation ของภาพสแกนผ้าทอลายชนิดในรูปที่ 5.13(ข) ตามแนวผ้าขลิบ



รูปที่ 5.26 กราฟ Autocorrelation ของภาพสแกนผ้าทอสาขัดในรูปที่ 5.13(ข) ตามแนวผ้าพุ่ง



รูปที่ 5.27 กราฟ Autocorrelation ของภาพสแกนผ้าทอลายขวางในรูปที่ 5.14 ตามแนวผ้ายืน



รูปที่ 5.27 กราฟ Autocorrelation ของภาพสแกนผ้าทอลายแฉงในรูปที่ 5.14 ตามแนวด้ายพุ่ง

เมื่อทดลองใช้โปรแกรมทดสอบกับผ้าทอลายขัด 1 (รูปที่ 5.13(ก)) ลายขัด 2 (รูปที่ 5.13(ข)) และลายทแยง (รูปที่ 5.14) เพื่ออ่านลายทอและนับจำนวนเส้นด้ายในแนวด้ายยืนและด้ายพุ่ง โดยทำการเลือกแนวเส้นด้ายต่างๆ กันเป็นจำนวน 10 ครั้งได้ผลดังตารางที่ 5.2 – 5.7

ตารางที่ 5.2 ผลการอ่านลายทอและนับจำนวนเส้นด้ายของผ้าลายขัด 1

แนวเส้นด้าย ครั้งที่	เส้นด้ายยืน		เส้นด้ายพุ่ง	
	การอ่านลายทอ	จำนวนเส้นด้าย (เส้น/ซม.)	การอ่านลายทอ	จำนวนเส้นด้าย (เส้น/ซม.)
1	1 0 1 0 0	37	1 0 1 0 1	34
2	1 0 1 0 1	38	1 0 1 0 1	34
3	1 0 1 0 1	39	1 0 1 0 1	33
4	1 0 1 0 1	39	1 0 1 0 1	33
5	1 0 1 0 1	39	1 0 1 0 1	34
6	1 0 1 0 1	41	1 0 1 0 1	33
7	1 0 1 0 1	38	1 0 1 0 1	34
8	1 0 1 0 1	36	1 0 1 0 1	34
9	1 0 1 0 1	39	1 0 1 0 1	32

10	1 0 1 0 1	38	1 0 1 0 1	33
----	-----------	----	-----------	----

ตารางที่ 5.3 สรุปผลการอ่านลายทอและนับจำนวนเส้นด้ายของผ้าลายขจัด 1

แนวเส้นด้าย ประเภท	ด้ายยืน		ด้ายพุ่ง	
	✓	✗	✓	✗
การอ่านลายทอ	9	1	10	0
จำนวนเส้นด้าย	4	6	5	5

ตารางที่ 5.4 ผลการอ่านลายทอและนับจำนวนเส้นด้ายของผ้าลายขจัด 2

แนวเส้นด้าย ครั้งที่	เส้นด้ายยืน		เส้นด้ายพุ่ง	
	การอ่านลายทอ	จำนวนเส้นด้าย (เส้น/ชม.)	การอ่านลายทอ	จำนวนเส้นด้าย (เส้น/ชม.)
1	1 0 1 0 1	42	1 0 1 0 1	33
2	1 0 1 0 1	41	1 0 1 0 1	34
3	1 0 1 0 1	42	1 0 1 0 1	35
4	1 0 1 0 1	43	1 0 1 0 1	32
5	1 0 1 0 1	40	1 0 1 0 1	34
6	1 0 1 0 1	40	1 0 1 0 1	34
7	1 0 1 0 1	47	1 0 1 0 1	35
8	1 0 1 0 1	41	1 0 1 0 1	32
9	1 0 1 0 1	42	1 0 1 0 1	34
10	1 0 1 0 1	42	1 0 1 0 1	33

ตารางที่ 5.5 สรุปผลการอ่านลายทอและนับจำนวนเส้นด้ายของผ้าลายขจัด 2

แนวเส้นด้าย ประเภท	ด้ายยืน		ด้ายพุ่ง	
	✓	✗	✓	✗
การอ่านลายทอ	9	1	10	0
จำนวนเส้นด้าย	2	8	4	6

ตารางที่ 5.6 ผลการอ่านลายทอและนับจำนวนเส้นด้ายของผ้าลายทแยง

แนวเส้นด้าย ครั้งที่	เส้นด้ายยืน	
	การอ่านลายทอ	จำนวนเส้นด้าย (เส้น/ซม.)
1	111011101110111	18
2	111011111101110	19
3	111010111011101	17
4	1110111011101110	18
5	11111111011101110	16
6	111111111011111	17
7	1111111111101110	18
8	111111101110111	18
9	111111101110111	17
10	11111111110111	16

ตารางที่ 5.7 ผลการอ่านลายทอและนับจำนวนเส้นด้ายของผ้าลายทแยง

แนวเส้นด้าย ประเภท	ด้ายยืน	
	✓	✗
การอ่านลายทอ	7	3
จำนวนเส้นด้าย	4	6

สำหรับผลของการทดสอบโปรแกรมของผ้าทอลายขัดทั้งสองชนิดนั้นได้ผลในการอ่านลายทอได้ถูกต้อง 90-100% ในแนวด้ายยืน และ 100% ในแนวด้ายพุ่งเมื่อเปรียบเทียบกับผลจากการตรวจสอบด้วยแว่นขยาย ส่วนที่โปรแกรมทำการคำนวณผิดพลาดก็อาจเกิดขึ้นจากการเลือกแนวเส้นด้ายที่ไม่เป็นเส้นตรงตลอดทั้งแนว ทำให้การคำนวณค่าสีของเส้นด้ายอยู่นอกขอบของเส้นด้ายเส้นเดียวกันและไปพบตรงจุดที่เป็นช่องว่างระหว่างเส้นด้ายที่เป็นสีดำ การคำนวณของโปรแกรมจึงผิดพลาด เนื่องจากไม่สามารถตรวจพบสีของเส้นด้ายที่แท้จริงได้

ผลของการนับจำนวนเส้นด้ายนั้นเกิดการนับที่ผิดพลาดประมาณ 50 – 60% โดยจำนวนเส้นด้ายที่นับได้นั้นคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง ± 1 เส้นเป็นจำนวน 3 ครั้งในทั้งหมด 10 ครั้งที่ทำการศึกษาเลือกแนวเส้นด้าย และ ± 2 เส้นเป็นจำนวน 2 ครั้งในทั้งหมด 10 ครั้งที่ทำการศึกษาเลือกแนวเส้นด้ายในแนวด้ายยืน และมี

การนับคลาดเคลื่อนไป 3 เส้นเป็นจำนวน 1 ครั้ง ส่วนที่โปรแกรมนับถูกต้องตรงตามค่าจริงมีจำนวนทั้งหมด 4 ครั้งในทั้งหมด 10 ครั้ง ซึ่งผลนี้เป็นผลของผ้าทอลายขัด 1

สำหรับผ้าทอลายขัด 2 ผลของการนับจำนวนเส้นด้ายเกิดการนับที่ผิดพลาดประมาณ 60 – 80% โดยจำนวนเส้นด้ายที่นับได้นั้นคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง ± 1 เส้นเป็นจำนวน 5 ครั้งในทั้งหมด 10 ครั้ง ที่ทำการเลือกแนวเส้นด้าย และ ± 2 เส้นเป็นจำนวน 1 ครั้งในทั้งหมด 10 ครั้ง ที่ทำการเลือกแนวเส้นด้ายในแนวเส้นด้าย และ ± 3 เส้นเป็นจำนวน 1 ครั้ง และนับคลาดเคลื่อนไปเป็นจำนวน ± 4 เส้นจำนวน 1 ครั้ง ส่วนที่โปรแกรมนับถูกต้องตรงตามค่าจริงมีจำนวนทั้งหมด 2 ครั้งในทั้งหมด 10 ครั้ง

ทั้งนี้ผลของการนับเส้นด้ายที่คลาดเคลื่อนเกิดขึ้นจากแนวของเส้นด้ายบางเส้นที่ไม่เป็นแนวเส้นตรงทำให้แนวที่เราเลือกตกไปจากแนวของเส้นด้ายนั้นๆ และการทำให้เส้นด้ายในโครงสร้างผ้าทอทุกเส้นเรียงขนานเป็นเส้นตรงอย่างสวยงามนั้นทำได้ค่อนข้างยาก เนื่องจากผ้าอาจจะถูกดึงแต่ละด้านไม่เท่ากันทำให้โครงสร้างผ้าทอบิดเบี้ยวได้ และถึงแม้จะระมัดระวังไม่ให้เกิดการดึงผ้ามากเกินไปก็ยังไม่สามารถแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นนี้ได้ทั้งหมด

สำหรับผ้าทอลายทแยงได้ผลในการอ่านลายได้ถูกต้อง 70% ส่วนผลในการนับจำนวนเส้นด้ายที่ผิดพลาด 60% โดยเส้นด้ายที่นับได้นั้นคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง ± 1 เส้นเป็นจำนวน 4 ครั้งในทั้งหมด 10 ครั้ง และ ± 2 เส้นเป็นจำนวน 2 ครั้งในทั้งหมด 10 ครั้ง ทั้งนี้ผลที่ได้จากการอ่านลายทอด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ให้ผลที่ยังไม่ดีเท่าที่ควร เนื่องจากโครงสร้างของผ้าทอลายทแยงนั้นมีความซับซ้อนมากกว่าผ้าทอลายขัดมาก และโครงสร้างของผ้าทอลายทแยงนั้นเป็นโครงสร้างที่แน่นกว่าผ้าทอลายขัดมากทำให้เมื่อเราสแกนภาพของผ้าทอลายทแยงออกมานั้นทำให้ส่วนที่เป็นเส้นด้ายเส้นหนึ่งทับเส้นด้ายอีกเส้นหนึ่ง (float) ในที่นี้ผ้าทอลายทแยงที่ใช้ เส้นด้ายที่อยู่เหนือเส้นด้ายอีกเส้นหนึ่งคือเส้นด้ายยืน ทำให้น้าผ้ามองเห็นเส้นด้ายยืนชัดเจนกว่าเส้นด้ายพุ่งเมื่ออยู่เหนือเส้นด้ายยืน และเมื่อสแกนผ้าออกมาแล้วนั้นทำให้มองเห็นส่วนที่เป็นเส้นด้ายยืนอยู่เหนือเส้นด้ายพุ่งเป็นสีขาว และไม่สามารถมองเห็นส่วนที่เป็นเส้นด้ายพุ่งอยู่เหนือเส้นด้ายยืนเพราะจะเป็นมองเห็นเป็นสีดำ เนื่องจากว่าเส้นด้ายยืนที่อยู่เหนือเส้นด้ายพุ่งมีความยาวมากกว่าเส้นด้ายพุ่งอยู่เหนือเส้นด้ายยืน ส่วนของเส้นด้ายยืนจึงมีความนูนออกมาจากระนาบของผ้ามากกว่า และเมื่อเส้นด้ายพุ่งมีความนูนออกมาจากระนาบของผ้า น้อยกว่าเมื่อนำมาสแกนแสงที่ส่องจากการสแกนส่องถึงได้น้อยกว่าจึงเกิดเป็นเงาดำขึ้น กราฟที่ได้จากผ้าทอลายทแยงจึงไม่เห็นเป็นช่วงคลื่นที่ชัดเจนตามที่คาดหวังว่ากราฟที่ได้จะมีลักษณะของส่วนที่เป็นด้ายยืนอยู่เหนือเส้นด้ายพุ่งจะมีความกว้างมากและส่วนที่เป็นเส้นด้ายพุ่งอยู่เหนือเส้นด้ายยืนจะมีความกว้างน้อยกว่า ซึ่งขนาดความกว้างของกราฟขึ้นอยู่กับจำนวนเส้นด้ายที่ถูก วางทับ ดังนั้นส่วนของกราฟที่เป็นจุดต่ำสุดนั้นนอกจากจะเป็นส่วนที่เป็นช่องว่างระหว่างเส้นด้ายที่มีความมืดมากที่สุดแล้วยังรวมไปถึงส่วนที่เป็นเส้นด้ายพุ่งอยู่เหนือเส้นด้ายยืนด้วย การกำหนดให้โปรแกรมทำการคำนวณเพื่อหาลายทอของผ้าทอลายทแยงจึงมีความยุ่งยากมากขึ้น

จากผลของการอ่านลายทอของผ้าทอลายทแยงจะพบว่าตลอดทั้งแนวของเส้นด้ายที่ทำการอ่านลายทอนั้น จะได้หน่วยซ้ำของลายที่อาจจะไม่คงที่ตลอดทั้งแนวแต่ก็เพียงพอที่จะอ่านลายออกมาได้ว่าเป็นลายอะไร จากตัวอย่างผ้าทอลายทแยงผืนนี้นั้นจะทำให้อ่านได้ว่าเป็นผ้าทอลายทแยง 3/1 ซึ่งตรงตามที่ได้จากการตรวจสอบด้วยแว่นขยาย

เนื่องจากผ้าทอลายทแยงผืนนี้เป็นผ้าที่ทอที่แสดงหน้าผ้าเป็นด้ายยืนดังนั้นในการอ่านลายทอจึงสามารถทำการอ่านลายในแนวของเส้นด้ายยืนได้ด้วยแนวเดียวเพราะจะให้กราฟที่ชัดเจน ส่วนในแนวเส้นด้ายพุ่งนั้นการอ่านลายทอจะเห็นเป็นเส้นด้ายเรียงกันอย่างสม่ำเสมอทีละ 1 เส้น แต่การจัดเรียงของเส้นด้ายที่เป็นแนวเดียวกันนั้นน้อยกว่าในแนวเส้นด้ายยืนจึงทำให้การวาดกราฟได้ผลที่ไม่ชัดเจน และการจัดเรียงเส้นด้ายของเส้นด้ายพุ่งในลักษณะนี้จะเหมือนกันในทุกแบบของลายทแยง

นอกจากนี้ได้ทำการจับเวลาที่โปรแกรมใช้ในการคำนวณ โดยเวลาที่โปรแกรมใช้ในการอ่านลายทอและนับจำนวนเส้นด้ายใช้เวลาประมาณ 15 วินาที และเวลาที่โปรแกรมใช้ในการแสดงผลตาราง Microsoft Access ใช้เวลาประมาณ 45 - 60 วินาที ทั้งนี้เวลาที่โปรแกรมใช้ในการคำนวณจะมากหรือน้อยขึ้นกับขนาดของภาพและชนิดของผ้าทอที่นำมาวิเคราะห์

บทสรุป

จากผลการทดลองสามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. การใช้สูตรคำนวณในการอ่านลายทอ เพื่อนำผลการคำนวณมาวาดกราฟนั้น การใช้สูตรหาค่า RGB ด้วยการนำค่า R, G และ B มารวมค่าให้เป็นจุดเดียวจากสูตร

$$RGB = \sqrt{r^2 + g^2 + b^2}$$

ให้ผลในการวาดกราฟที่ไม่เกิดเป็นช่วงคลื่นที่ชัดเจนเพียงพอที่จะทำให้บอกได้ว่าการขัดสานกันของเส้นด้ายเป็นอย่างไร ดังนั้นจึงไม่ผลจากสูตรการคำนวณนี้มาวิเคราะห์ลายทอต่อไป จึงเปลี่ยนมาใช้สูตรการหาค่าความส่องสว่างรวม

$$L = [R] + [G] + [B] = R + 4.5907G + 0.0601B$$

และนำ Autocorrelation มาคำนวณต่อด้วยสูตร

$$C_{x,0} = \sum_i^M \sum_j^N G_{i,j} G_{i-x,j}$$

$$C_{0,y} = \sum_i^M \sum_j^N G_{i,j} G_{i,j-y}$$

ทำให้ได้ผลการวาดกราฟที่ชัดเจนทำให้สามารถนำมาวิเคราะห์ลายทอต่อไปได้

2. เมื่อให้โปรแกรมคอมพิวเตอร์อ่านลายทอของผ้าทอลายขัดได้ผลการอ่านลายทอที่ถูกต้อง 90-100% ในแนวด้ายยืน และ 100% ในแนวด้ายพุ่งเมื่อเปรียบเทียบกับผลการตรวจสอบด้วยแว่นขยาย ส่วนผลการอ่านลายทอของผ้าลายทแยงให้ผลที่ถูกต้อง 70% เนื่องจากว่าลายทอทั้งในแนวที่อ่านได้นั้นอาจเกิดหน่วยซ้ำขึ้นที่ไม่ต่อเนื่องกันบ้างแต่ก็ยังสามารถอ่านได้ว่าลายทแยงที่เกิดขึ้นเป็นแบบใด การอ่านผลที่ไม่สม่ำเสมอนี้เกิดขึ้นเนื่องจากว่าโครงสร้างผ้าทอลายทแยงมีความซับซ้อนมากกว่าผ้าทอลายขัดและมีโครงสร้างที่แน่น การสแกนภาพผ้าทอจึงทำให้ชัดเจนทุกเส้นด้ายและตลอดทั้งแนวได้ยาก

3. ผลการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์นับจำนวนเส้นด้ายของผ้าทอลายขัดให้ผลที่ถูกต้องอยู่ในช่วง 20 – 40% ในแนวด้ายยืน และ 40 - 50% ในแนวด้ายพุ่ง ส่วนผ้าทอลายทแยงให้ผลที่ถูกต้อง 40% เมื่อเปรียบเทียบกับผลการตรวจสอบด้วยแว่นขยาย การนับจำนวนเส้นด้ายที่มีความคลาดเคลื่อนนี้เกิดขึ้นจากแนวของเส้นด้ายบางแนวที่ทำการเลือกไม่เรียงตัวเป็นแนวเดียวกันตลอดทั้งเส้นทำให้เมื่อเลือกแนวของเส้นด้ายแล้วแนวการคำนวณของโปรแกรมคอมพิวเตอร์จึงออกไปนอกแนวเส้นด้ายทำให้ไปเจอส่วนที่เป็นช่องว่างระหว่างเส้นด้ายการอ่านค่าสีเส้นด้ายจึงคลาดเคลื่อนไป ทำให้ได้กราฟที่จะนำมาวิเคราะห์ไม่เป็นช่วงคลื่นที่ชัดเจนเพียงพอ

4. เวลาที่โปรแกรมใช้ในการคำนวณสำหรับการอ่านลายทอและการนับจำนวนเส้นด้ายใช้เวลาประมาณ 15 วินาที ส่วนเวลาที่โปรแกรมใช้ในการแสดงผลตาราง Microsoft Access เป็นเวลาประมาณ 45 – 60 นาที ทั้งนี้เวลาที่โปรแกรมใช้ในการคำนวณจะขึ้นอยู่กับขนาดของภาพและชนิดของผ้าทอที่นำวิเคราะห์

ข้อเสนอแนะ

1. ขั้นตอนในการสแกนภาพผ้าทอต้องมีความระมัดระวังในการจัดวางผ้าทอก่อนการสแกนให้มีการจัดเรียงตัวของเส้นด้ายที่เรียงขนานกันเป็นเส้นตรงตลอดทั้งเส้นด้ายในแนวเส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่งให้มากที่สุดเพื่อให้เมื่อทำการเลือกแนวเส้นด้ายในการคำนวณแล้วได้ผลการอ่านลายทอที่ถูกต้องมากที่สุด

2. การเลือกแนวของเส้นด้ายเพื่อให้โปรแกรมทำการคำนวณต้องพยายามเลือกแนวเส้นด้ายมีการจัดเรียงตัวของเส้นด้ายทั้งในแนวเส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่งเป็นเส้นตรงให้มากที่สุดเพื่อให้แนวการคำนวณของโปรแกรมสามารถได้ผลการคำนวณค่าสีของเส้นด้ายที่ถูกต้องมากที่สุด

3. เพิ่มพื้นที่ในการสแกนภาพผ้าทอให้มีขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อเฉลี่ยข้อผิดพลาดในการอ่านลายทอและนับจำนวนเส้นด้ายให้น้อยลง

บทที่ 6

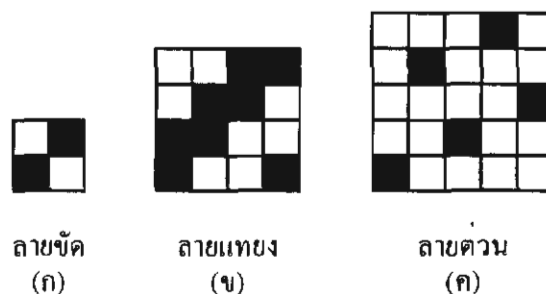
การจำลองภาพสามมิติของผ้าทอ

พารามิเตอร์ของการทอ

วัตถุประสงค์ของการทอ คือการผลิตผ้าผืน (fabric) โดยการขัดสาน (interlacing) เส้นด้ายสองชุดที่เรียกว่าด้ายยืน (warp) และด้ายพุ่ง (weft) ซึ่งวางตัวอยู่บนระนาบเดียวกัน แต่ทำมุมฉากซึ่งกันและกัน ในระบบหนึ่งๆ ประกอบไปด้วยจำนวนเส้นด้าย และรูปแบบของการขัดสานที่ต่างกันไปเรียกว่าลายทอ (weave)

ลักษณะที่ด้ายยืนและด้ายพุ่งวางตัวทับซ้อนและลอดใต้ซึ่งกันและกัน ในความกว้างยาวของผ้าทอผืนหนึ่งๆ อาจแปรไปอย่างมีรูปแบบที่แน่นอน หรือไม่แน่นอนก็ได้ มีข้อจำกัดก็เพียงจะต้องไม่มีเส้นด้ายเส้นใดเส้นหนึ่ง อยู่บนด้านใดด้านหนึ่งของผ้าทอในระยะเวลาที่ยาวเกินไปที่จะสามารถทนต่อการใช้งานที่ต้องการได้ ในทางปฏิบัติมักจะออกแบบให้ผ้าผืนหนึ่งประกอบไปด้วยลักษณะการทับซ้อนและลอดใต้ที่มีรูปแบบและขนาดที่แน่นอน อยู่ซ้ำๆ กัน ลักษณะการทับซ้อนและลอดใต้นี้เรียกว่าลายทอ (weave repeat หรือมักเรียกว่า weave) ขนาดของลายทออาจมีตั้งแต่ 0.01 ตารางมิลลิเมตร ไปจนถึง 1,000,000 ตารางมิลลิเมตร ในกรณีที่ลายทอมีความซับซ้อนมากๆ

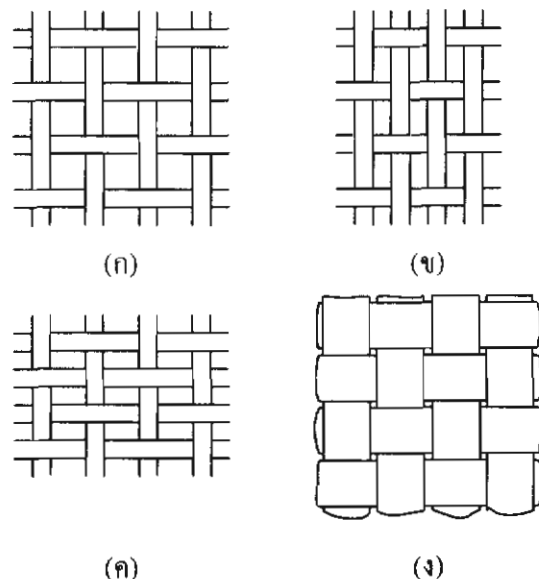
ลายทอพื้นฐานอาจแบ่งเป็น 3 ชนิด คือลายขัด (plain weave) ลายทแยง (twill/weave) และลายต่วน (satin/sateen weave) ดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 2.21 ภาพที่แสดงนั้นอยู่ในลักษณะของกระดาษออกแบบ (design paper หรือ point paper) กระดาษออกแบบมีลักษณะคล้ายกระดาษกราฟ โดยมีเส้นขนานวางตัวในแนวนอนและแนวตั้ง ช่องว่างระหว่างเส้นตั้งที่ขนานกันเป็นตัวแทนของด้ายยืน ส่วนช่องว่างระหว่างเส้นนอนที่ขนานกันแสดงด้ายพุ่ง ดังนั้นในแต่ละช่องสี่เหลี่ยมเป็นตัวแทนของจุดขัดสาน (interlacing point) ซึ่งด้ายยืนและด้ายพุ่งวางตัวทับซ้อนและลอดใต้ซึ่งกันและกัน ช่องสี่เหลี่ยมที่มีสีทึบหรือมีการทำเครื่องหมาย แสดงให้เห็นถึงการที่ด้ายยืนวางตัวอยู่เหนือด้ายพุ่ง ส่วนช่องสี่เหลี่ยมเปล่าแสดงถึงการที่ด้ายพุ่งวางตัวอยู่เหนือด้ายยืน



รูปที่ 6.1 ลายทอพื้นฐานทั้ง 3 ชนิด

ความแตกต่างที่สำคัญระหว่างลายทอพื้นฐานทั้งสามชนิดหากใช้ด้ายชนิดเดียวกันและมีความหนาแน่นของเส้นด้ายเท่ากัน (มีระยะห่างระหว่างเส้นด้ายแต่ละเส้นในผ้าทอเท่ากัน) ลายขัดจะให้ผ้าที่มีความแข็ง (stiffness) มากที่สุด ผ้าลายทแยงมีความแข็งในระดับปานกลาง ส่วนลายต่วนจะให้ผ้าที่มีความอ่อนนุ่มมากที่สุด ผ้าลายขัดจะมีลักษณะปรากฏเหมือนกันทั้งสองหน้า ผ้าลายทแยงจะมีลักษณะปรากฏบนด้านทั้งสองคล้ายกันแต่เป็นภาพสะท้อนซึ่งกันและกัน แต่ผ้าต่วนจะมีลักษณะปรากฏต่างกันในแต่ละหน้าโดยสิ้นเชิง ด้านหนึ่งจะมีด้ายยืนแทบทั้งหมด ส่วนอีกด้านหนึ่งจะมีด้ายพุ่งแทบทั้งหมด ผ้าทอที่ผลิตมากที่สุดคือผ้าทอลายขัด และในการพิจารณาผลของกระบวนการทอมักจะนิยมศึกษาการทอผ้าลายขัด ข้อสรุปที่ได้จากการศึกษาหลายข้อ เป็นจริงสำหรับลายทออื่นๆ ด้วยเช่นกัน

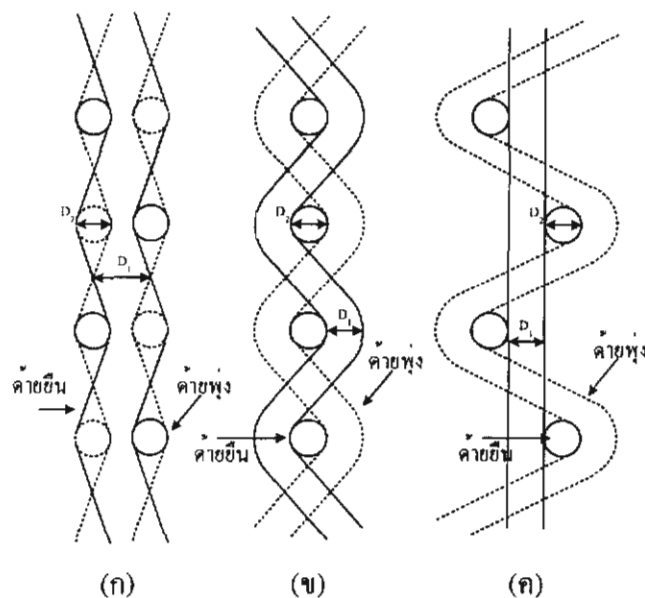
การแสดงผลลายทอบนกระดาษออกแบบจะให้ข้อมูลที่จำกัดเกี่ยวกับโครงสร้างของผ้าทอ ในรูปที่ 6.2 แสดงโครงสร้างของผ้าทอลายขัดทั้ง 4 ลาย แต่มีลักษณะแตกต่างกันออกไป ขึ้นกับลักษณะของเส้นด้ายและการจัดวางตัวของเส้นด้ายนั่นเอง



รูปที่ 6.2 แผนภาพแสดงโครงสร้างลายขัดที่มีลักษณะต่างกัน

ผ้าที่แสดงในรูปที่ 6.2(ก) มีความหนาแน่นของเส้นด้ายเท่ากันทั้งด้ายยืนและด้ายพุ่ง โครงสร้างลักษณะนี้เรียกว่า square cloth ผ้าที่แสดงในรูปที่ 6.2(ข) มีความหนาแน่นของด้ายพุ่งเท่ากับผ้าในรูปที่ 6.2(ก) แต่มีความหนาแน่นของด้ายยืนเพิ่มขึ้น ผ้าในรูปที่ 6.2(ค) มีความหนาแน่นของด้ายยืนเท่ากับผ้ารูปที่ 6.2(ก) แต่มีความหนาแน่นของด้ายพุ่งเพิ่มขึ้น ผ้าในรูปที่ 6.2(ง) มีความหนาแน่นของด้ายยืนและด้ายพุ่งเท่ากับผ้าในรูปที่ 6.2(ก) แต่ด้ายที่ใช้เป็นด้ายยืนและด้ายพุ่งมีเส้นใหญ่กว่ามาก ผ้าทั้งสี่ประเภทที่แสดงนี้มีสมบัติเชิงเรขาคณิตและเชิงกลที่แตกต่างกัน อาจสรุปได้ว่านอกเหนือจากลายทอแล้ว จำเป็นจะต้องระบุความหนาแน่นของด้ายยืนและด้ายพุ่ง รวมทั้งความละเอียดของด้ายทั้ง 2 ชุดที่ใช้ด้วย อย่างไรก็ตาม

ปริมาณเหล่านี้ยังไม่สามารถอธิบายโครงสร้างผ้าได้ทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ 6.3 เมื่อโครงสร้างที่แตกต่างกันแสดงในภาพตัดขวางตามแนวด้ายยืน โครงสร้างทั้งสามนี้แสดงถึงผ้าตามรูปที่ 6.1(ก) และรูปที่ 6.2 แต่มีความแตกต่างของสมบัติเชิงเรขาคณิตและเชิงกล อันเนื่องมาจากความหยิกงอของด้ายยืนและด้ายพุ่งที่แตกต่างกัน ในรูปที่ 6.3(ก) ด้ายยืนและด้ายพุ่งมีความหยิกงอเท่ากัน ในขณะที่รูปที่ 6.3(ข) ด้ายยืนวางตัวในแนวเส้นตรงด้ายพุ่งเท่านั้นที่มีความหยิกงอ รูปที่ 6.3(ค) ด้ายพุ่งเส้นหนึ่งวางตัวในแนวเส้นตรง แต่ด้ายยืนจะวางตัวในแนวเส้นตรงสลับกับด้ายยืนซึ่งมีความหยิกงอ โครงสร้างที่แสดงนี้เป็นสถานการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างเต็มที่ แต่ในทางปฏิบัติ การกระจายความหยิกงอของด้ายยืนและด้ายพุ่งจะมักจะมีค่าอยู่ระหว่างปานกลางซึ่งกันและกัน



รูปที่ 6.3 ภาพตัดขวางของโครงสร้างผ้าลายขัด 3 ชนิด

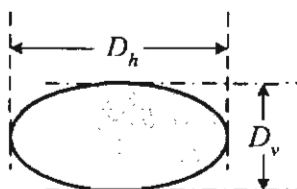
จากการศึกษารูปที่ 6.2 และรูปที่ 6.3 เราสามารถสรุปพารามิเตอร์ของผ้าทอที่จำเป็นจะต้องระบุ เพื่อให้การอธิบายโครงสร้างของผ้าสมบูรณ์ซึ่งได้แก่

1. ลายทอ
2. ความหนาแน่นของด้าย ด้ายยืนแต่ละเส้นจะเรียกว่า end และระบุความหนาแน่นของด้ายยืนในหน่วย เส้นด้ายยืนต่อเซนติเมตร (ends per centimeter, *epc*) ด้ายพุ่งแต่ละเส้นเรียกว่า picks และระบุความหนาแน่นของด้ายพุ่งในหน่วย เส้นด้ายพุ่งต่อเซนติเมตร (picks per centimeter, *ppc*)
3. ความละเอียดของด้ายยืนและด้ายพุ่ง ในแง่ของโครงสร้างผ้า ความละเอียดของเส้นด้ายเป็นสมบัติเชิงเรขาคณิต รูปร่างของภาคตัดขวางของด้ายมักถูกสมมุติให้มีลักษณะเป็นวงกลม ทำให้ด้ายก็คือทรงกระบอกซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ D ในทางปฏิบัติ เป็นการยากที่จะวัดขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของด้ายโดยตรง แต่จะนิยมวัดในหน่วยของน้ำหนักต่อความยาวที่เรียกว่าหน่วยเท็กซ์ (tex, t)

ซึ่งนิยามไว้ว่าเป็นน้ำหนักของด้ายความยาว 1,000 เมตร ความสัมพันธ์ระหว่างความละเอียดของเส้นด้าย ในหน่วยเท็กซ์ และเส้นผ่านศูนย์กลางของด้าย จะขึ้นกับความหนาแน่นรวมโดยเฉลี่ย (mean bulk density, d) ของด้ายในหน่วยกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งสามารถเขียนแทนได้ด้วยสมการที่ ต่อไปนี้

$$D = 2\sqrt{\frac{t}{100\pi d}} \text{ mm} \quad (6.1)$$

จะต้องย่ำว่าสมการนี้เป็นการประมาณโดยหยาบๆ เท่านั้น เนื่องจากเกิดขึ้นจากการสมมุติว่าภาคหน้าตัดของด้ายมีลักษณะเป็นวงกลม ในทางปฏิบัติเส้นด้ายที่ปรากฏในผ้าผืนจะถูกทำให้เสียรูปแบบลงตามแนวระนาบของผ้า ดังแสดงในรูปที่ 2.24 เพื่อความถูกต้อง เราจะต้องคำนึงถึงขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 ตัว คือ D_h และ D_v โดยที่ D_h เป็นเส้นผ่านศูนย์กลางที่วัดในแนวระนาบเดียวกับผ้า ส่วน D_v เป็นขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางที่วัดในแนวตั้งฉากกับระนาบของผ้า เส้นด้ายจะแบนลงมากหรือน้อยขึ้นกับโครงสร้างผ้า ปริมาณความมากน้อยนี้มักจะกล่าวถึงในรูปของสัมประสิทธิ์ความแบน (flattening coefficient, e) ซึ่งคำนวณได้จาก D_v/D_h ค่าของสัมประสิทธิ์นี้จะมีค่าน้อยกว่า 1 เสมอ



รูปที่ 6.4 ภาคตัดขวางของด้ายที่ถูกทำให้แบนลง

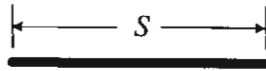
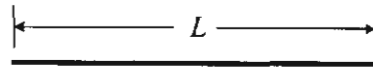
เมื่อค่าของ D สามารถหาได้จากสมการข้างต้นแล้ว เราสามารถประมาณค่าของ D_h และ D_v ได้จากสมการ

$$D_h = \frac{D}{\sqrt{e}} \quad (6.2)$$

$$D_v = D\sqrt{e} \quad (6.3)$$

ค่าของ D_v นั้นเกี่ยวข้องกับการคำนวณที่เกี่ยวข้องกับความหนาของผ้า และความหยิกงอของด้าย ส่วนค่า D_h เป็นค่าที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณการปกปิด และความโปร่งของผ้า

1. ก่อนที่จะทอเป็นผ้าผืน ทั้งด้ายยืนและด้ายพุ่งมีลักษณะเป็นเส้นตรง แต่เมื่อเกิดเป็นผ้าผืนแล้ว ด้ายทั้งสองชุดจะไม่สามารถคงลักษณะความเป็นเส้นตรงได้ เนื่องจากจะต้องมีการขัดสานซึ่งกันและกัน ทำให้ด้ายแต่ละเส้นเกิดการโค้งงอ ทำให้ในความยาวของผ้าผืนหนึ่งๆ จะมีความยาวของด้ายที่ใช้มากกว่าลักษณะเช่นนี้เรียกว่าความหยิกงอ (crimp) ซึ่งเป็นการอธิบายความโค้งงอของด้ายในผ้าผืน ดังแสดงในรูปที่ 6.5



รูปที่ 6.5 ความยาวของด้ายก่อนทอ (L) และความยาวของผ้าผืน (S)

ความหยิกงอของด้ายยืนและด้ายพุ่ง นิยมวัดเป็นปริมาณความหยิกงอ (C) ซึ่งคำนวณได้จาก

$$C = \frac{L - S}{S} = \frac{L}{S} - 1 \quad (6.4)$$

สูตรข้างต้นให้ค่าความหยิกงอในรูปทศนิยม ถ้านำค่านี้คูณด้วย 100 จะได้ค่าเปอร์เซ็นต์ความหยิกงอ (crimp percentage) ซึ่งนิยมใช้มากกว่า

พารามิเตอร์ทั้ง 4 นี้ โดยรวมแล้วมีความเกี่ยวเนื่องกัน แต่เนื่องจากเราจะศึกษาเฉพาะลายขัด จึงจะอธิบายแต่พารามิเตอร์ 3 พารามิเตอร์หลัง ตัวอย่างเช่น หากความละเอียดของด้ายยืนและด้ายพุ่งคงที่ จะไม่มีค่าความหนาแน่นด้ายยืนและความหนาแน่นด้ายพุ่งที่น้อยที่สุด แต่จะมีความหนาแน่นเส้นด้ายที่มากที่สุด ซึ่งถูกกำหนดโดยความละเอียดของด้ายนั่นเอง ค่าขีดจำกัดบนนี้ก็มีความเกี่ยวเนื่องต่อไปเช่นกัน ความหนาแน่นด้ายพุ่งอาจเพิ่มเพิ่มขึ้นหากความหนาแน่นด้ายยืนลดลง หรือความหนาแน่นด้ายพุ่งอาจลดลงเมื่อความหนาแน่นด้ายยืนเพิ่มขึ้น

ส่วนความหยิกงอนั้น จะไม่มีค่าที่น้อยที่สุดสำหรับระบบเส้นด้ายหนึ่งๆ โครงสร้างที่แสดงในรูปที่ 6.3 แสดงให้เห็นว่าด้ายบางเส้นอาจอยู่ในแนวเส้นตรง ทำให้มีความหยิกงอเป็นศูนย์ สำหรับผ้าทอแล้ว ไม่มีทางเป็นไปได้ในการผลิตผ้าให้ความหยิกงอของด้ายทุกเส้นเป็นศูนย์ เนื่องจากความหยิกงอจะต้องเกิดขึ้นจากการขัดสาน การแลกเปลี่ยนความหยิกงอ (crimp interchange) ระหว่างด้ายทั้งสองชุดมีความเป็นไปได้ ค่าความหยิกงอสำหรับด้ายกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งจะมีค่ามากที่สุดเมื่อการแลกเปลี่ยนความหยิกงอเกิดขึ้นจนถึงจุดที่ด้ายอีกชุดหนึ่งมีความหยิกงอเป็นศูนย์ สำหรับโครงสร้างบางโครงสร้าง การแลกเปลี่ยนความหยิกงอจนถึงจุดดังกล่าวจะไม่สามารถเกิดขึ้นได้ ดังนั้นค่าความหยิกงอที่มากที่สุดสำหรับกลุ่มเส้นด้ายในเนื้อผ้าจะน้อยกว่าความหยิกงอที่สามารถเกิดได้จริงในเส้นด้าย

งานวิจัยเกี่ยวกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และการจำลองภาพสามมิติของผ้าทอ

Pierce's model [Love, 1954] เป็นแบบจำลองเชิงเรขาคณิตของผ้าทอลายขัด ดังแสดงในรูปที่ 6.3 เป็นข้อสมมุติฐานที่พิจารณาพื้นที่หน้าตัดของเส้นด้ายที่มีรูปร่างเป็นวงกลม และอยู่บนสมมุติฐานที่ว่าเส้นด้ายไม่มีความต้านทานต่อการโค้งงอ

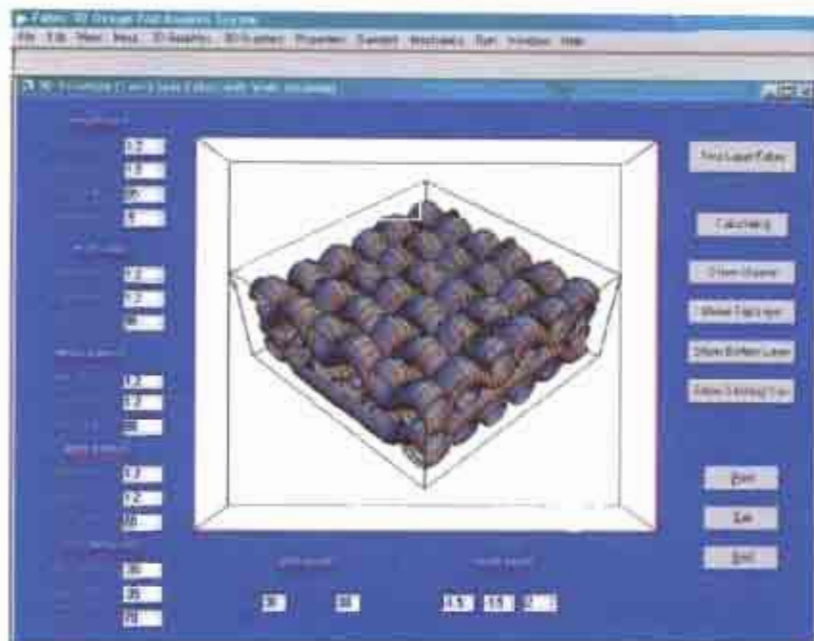
ในปีค.ศ.1954 Love [Love 1954] ได้พิจารณาเกี่ยวกับ Pierce's model ที่ถูกประยุกต์ใช้ ซึ่งพบว่าใช้ได้ยากกับปัญหาที่เกิดขึ้นในด้านสิ่งทอ เขาได้แนะนำว่าความยากของการแก้ระบบของ Pierce ของ non-linear equations ทำให้มีปัญหาต่อการใช้งานของแบบจำลอง

ในปีค.ศ. 1958 Kemp (Kemp, 1958) เป็นคนแรกที่ปรับปรุง Pierce's model เพื่อสังเกตสมมติฐานของ Pierce ของเส้นด้ายที่มีพื้นที่หน้าตัดให้มีรูปแบบต่างๆ เนื่องจากในกระบวนการทอเส้นด้ายย่นที่มีพื้นที่หน้าตัดเป็นวงกลมจะถูกกดทับจากด้ายพุ่ง ทำให้พื้นที่หน้าตัดเปลี่ยนแปลงไปเป็นรูปแบบต่างๆ เช่น วงกลม วงรี สี่เหลี่ยมปลายมน รูปเลนส์นูน ดังแสดงในรูปที่ 6.6



รูปที่ 6.6 ภาพพื้นที่หน้าตัดของเส้นด้ายในรูปแบบต่างๆ [Kemp 1958]

จากการวิจัยก่อนหน้านี้ของ S. Adanur [<http://www.robotic.dlr.de/Joerg.Vogel/Vrml/lib.html>] ได้ทำการพัฒนาโปรแกรม Integrated Computer – based Design System ดังแสดงในรูปที่ 6.7 ที่มีศักยภาพ ซึ่งใช้สร้างแบบจำลองเชิงเรขาคณิตของโครงสร้างผ้าทอแบบ สามมิติ โดยจะทำการจำลองรูปแบบของสิ่งภายใต้พื้นฐานทางวิชาการและเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ง่ายต่อการใช้งาน เข้ามาช่วยในการออกแบบโครงสร้างผ้า สองมิติ และ 3มิติ ใช้ทำนายสมบัติเชิงกลและคุณลักษณะในการใช้งานรูปร่างสามมิติ โดยการออกแบบโปรแกรมจะทำการจำลองแยกเป็นแต่ละชั้น (layer) ของผืนผ้า ซึ่งสามารถทำเป็นผ้าผืนได้ถึง 3 ชั้น ทำให้ผู้ใช้โปรแกรมสามารถใช้งานได้ง่ายขึ้น และมีความยืดหยุ่นในการเปลี่ยนแปลงการออกแบบมากขึ้น



รูปที่ 6.7 โปรแกรม Fabric 3D Design and Analysis System (<http://www.eng.auburn.edu/~sadanur/Virtual-3D.html>)

การวิจัยของ Dimitris Protopsaltou, Christina Luible, Marlene Arevalo, Nadia Magnenat-Thalmann [Protopsaltou et al. 2002] ได้ทำการศึกษาวิจัยใหม่ในการผลิตผ้าผืน สามมิติ ให้มีลักษณะเหมือนจริง ทำให้ผู้ใช้มีความรู้สึกเหมือนกับรายละเอียดของเสื้อผ้า และงานวิจัยนี้ยังมีแนวทางขึ้นเพื่อร้านค้าที่ต้องการนำเสนอสินค้าที่เน้นที่ถูกใจ, ดึงดูด และมีความเหมือนจริงสูง ทำให้ลูกค้า และผู้ที่แวะเข้ามาชมสินค้าสามารถเลือกแบบเสื้อผ้าที่มีความหลากหลาย และทางร้านค้าเองก็สามารถทำการจำลองเสื้อผ้าลงบนร่างกายที่จำลองขึ้นตามสัดส่วนของลูกค้า (animated bodies) ซึ่งจะนำเข้าไปใช้ในอุตสาหกรรมแฟชั่น (fashion industry) ให้ในการออกแบบเสื้อผ้า และสำหรับจำลองมนุษย์ที่สวมใส่เสื้อผ้าที่ได้ทำการออกแบบ งานวิจัยนี้ได้นำเสนอเทคนิคใหม่ที่จะลดปัญหาต่าง ๆ ที่เกิด และมุ่งไปยัง garment visualization

จากการศึกษาก่อนหน้านี้ VRML ได้ถูกนำมาใช้ในการอธิบายแผนวงจรรวม (layout of integrated circuits) ซึ่งจากภาษานี้จะทำให้สามารถเห็นรูปร่างของวงจรเป็นสามมิติ [Indrusiak and da Luz Reis 2001] โดย VRML เป็นรูปแบบแฟ้มมาตรฐานสำหรับ virtual reality description และภาษานี้ยังสร้างสื่อสามมิติของโลกเสมือนจริงที่สามารถเชื่อมต่อกับ WWW ได้ดีขึ้นอีกด้วย และจากการทดลองของ Bell et al. [Bell et al. 2001] ได้ทำการจำลองจากกระบวนการรู้สึกตัวของมนุษย์ (human process of consciousness) โดยในการทำงานของ VRML นี้จะแบ่งเป็นส่วน ๆ ส่วนหลักจะส่งไปยังส่วนย่อยอีกทอดหนึ่ง จากแนวคิดนี้มีความสำคัญมากโดยเฉพาะสำหรับผู้ศึกษาและผู้ฝึกออกแบบวงจรไฟฟ้าขนาดเล็ก [Ames et al. 1996]

ภาษาเวอร์ชวลเรียลิตีโมเดลลิง (virtual reality modeling language)

VRML ย่อมาจาก Virtual Reality Modeling Language (Virtual Reality World) หรือเรียกว่า "เวอร์มอล" ซึ่งเป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้สร้างรูปเสมือนจริงเป็นรูปภาพกราฟิก 3 มิติ ประกอบด้วยความสามารถในการโต้ตอบกับผู้ใช้ทันที (real-time interactive) ที่ผ่านทางเบราว์เซอร์ของระบบ World Wide Web (WWW) ของเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเสมือนกับว่าผู้ใช้เข้าไปอยู่ในโลก สามมิตินั้นจริงๆ นอกจากความสามารถทางด้านการสร้างกราฟิกสามมิติแล้ว ยังสามารถนำเสนอด้วยสื่อมัลติมีเดียเพื่อเพิ่มความสมจริงมากยิ่งขึ้น เช่น ระบบเสียงที่เป็นลักษณะสามมิติ ภาพเคลื่อนไหว ซึ่งสามารถโต้ตอบการเปลี่ยนแปลงมุมมองของผู้ใช้ได้ในเวลาจริง (real time interaction) โดยผ่านการรับรู้และเปลี่ยนแปลงมุมมองต่างๆ ภายในฉากสามมิติ ลักษณะเด่นๆ ของ ภาษา VRML อาจจะสรุปได้ดังนี้ [ธีรวัฒน์ บุญศิริวนนท์ 2544]

1. สร้างแบบจำลองกราฟิก สามมิติ (3D graphic model)
2. สร้างการโต้ตอบกับผู้ใช้ทันที (real-time interactive)
3. สร้าง แสง เสียงในระบบ สามมิติ (light and sound 3D)
4. สร้างภาพเคลื่อนไหว (animation)
5. มุมมองในการชมแบบจำลอง สามมิติ 3 วิธี คือ
 - ก) การเดิน (walk)
 - ข) การหมุน (rotate)
 - ค) การบิน (fly)

ภาษา VRML นั้นอาศัยหลักการแสดงผลกราฟิกทั้งสองมิติ และ สามมิติ โดยอาศัยวิธีการแบบ "OpenGL" ซึ่งเป็นวิธีการแสดงผลของบริษัท Silicon Graphic ที่ถูกนำเสนอในปี ค.ศ. 1992 ใช้สำหรับการแสดงค่าของวัตถุต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นตำแหน่ง (coordinate) รายละเอียดพื้นผิว (texture) จุดเด่นของ OpenGL คือไม่ขึ้นอยู่กับระบบปฏิบัติการของคอมพิวเตอร์ จึงทำให้ผู้พัฒนาโปรแกรมไม่จำเป็นต้องคำนึงถึงว่าจะใช้กับเครื่องชนิดใดและระบบปฏิบัติการแบบใด ในการสร้างภาพนั้น OpenGL จะทำการสร้างภาพวัตถุโดยโครงสร้างรูปร่างพื้นฐานของวัตถุก่อน และเก็บใน frame buffer ภาพวัตถุพื้นฐานในระบบคอมพิวเตอร์ คือ จุด เส้นตรง ภาพหลายเหลี่ยม และ บิตแมป (bitmap) ภาพของวัตถุที่ถูกสร้างขึ้นนั้นส่วนประกอบแต่ละส่วนจะเป็นอิสระต่อกัน ดังนั้นในการเปลี่ยนแปลงลักษณะของวัตถุหรือภาพจึงไม่ต้องกระทำทั้งวัตถุ เพียงแต่กระทำเฉพาะส่วนที่ต้องการเท่านั้น เมื่อภาพของวัตถุที่แยกเป็นรูปพื้นฐานถูกเก็บใน frame buffer แล้วการเปลี่ยนแปลงใด ๆ ในเรื่องของคุณสมบัติของวัตถุจะถูกควบคุมโดย OpenGL

โดยตรงไม่ว่าจะเป็นการเปลี่ยนตำแหน่ง ขนาด สี หรือการกำหนดค่าความเข้มของแสงต่างๆ ส่วนการนำผลของค่าที่อยู่ใน frame Buffer มาแสดงเป็นหน้าที่ของวินโดวส์ว่าจะแสดงค่าใดในจอภาพ

ภาษา VRML มีลักษณะเด่นในการแสดงวัตถุทั้งคงที่และเคลื่อนไหว และยังสามารถทำงานร่วมกับมัลติมีเดียอื่นๆ เช่น เสียง (voice) ภาพ (image) ภาพยนตร์ (movies) โดยผ่านตัวประมวลผล คือ เบราเซอร์ (browser) นอกจากนั้นยังสนับสนุนลักษณะ 3 มิติแบบ Application Programming Interface (API) อีกด้วย ภาษา VRML ได้รับการรับรองจาก ISO (International Organization for Standardization) และ IEC (International Electronic Commission) ซึ่งเป็นหน่วยงานที่ทำหน้าที่ควบคุมมาตรฐานต่างๆ ของอินเทอร์เน็ต โดยอนุญาตให้มาตรฐาน ISO/IEC 14772 ภายใต้หัวข้อของ Information Technology-Computer graphics and Image Processing –virtual Reality Modeling Language (VRML)

ในการประมวลผลกราฟิกใช้หลักการของ OpenGL รองรับการประมวลผลกราฟิกของโปรแกรมกราฟิกทั้ง สองมิติ และ สามมิติ ซึ่งมีการใช้กันในปี ค.ศ. 1992 OpenGL กลายเป็นอุตสาหกรรมมากและยังสนับสนุนกราฟิก สองมิติ และ สามมิติ Application Programming Interface (API) ซึ่ง OpenGL มีความสามารถในการประมวลผลพื้นผิว (Texture) การปะติดภาพ (Mapping) และทำให้เป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวาง

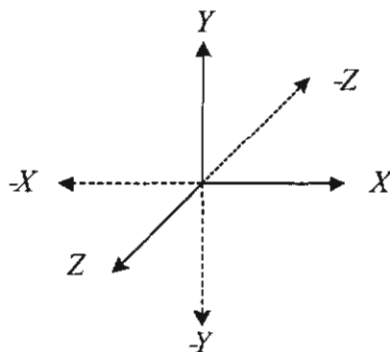
ภาษา VRML ทำงานภายใต้แบบอย่างพื้นฐานของ Web browser-server ทั่วไป โดยอาศัยรูปแบบ URL ซึ่งเป็นรูปแบบมาตรฐานสำหรับระบบ World Wide Web (WWW) โดยกำหนดให้เริ่มต้นด้วย HTTP (hypertext protocol) โดยเซิร์ฟเวอร์ภาษา VRML จึงถือว่าเป็นเครื่องมือในการสร้างโลกเสมือนจริงแบบใหม่ที่เรียกว่า "สังคมไร้พรมแดน" (cyberspace) และ "สังคมเสมือนจริง" (on-line Virtual Com minations) ขึ้นมาจำลองสังคมมนุษย์ในโลกแห่งความจริงมาไว้ในโลกของคอมพิวเตอร์ สามมิติ ทำหน้าที่แปลคำร้องขอของเบราเซอร์ขณะดาวน์โหลด (download) เซิร์ฟเวอร์ทำการส่งเอกสารที่เป็น Tag ของเอกสาร หรือเรียกว่า multipurpose internet mail extension (MIME) ซึ่งภาษา VRML มีลักษณะเป็น cross-world/cross-vrml (x-world/x-vrml) โดยผู้ใช้สามารถดูด้วยเบราเซอร์ ที่เรียกว่า VRML Browser ได้ โดยอาศัยไฟล์ข้อมูลในรูปแบบ VRML (*.vrl) ซึ่งเป็นรูปแบบกลาง สำหรับแลกเปลี่ยนข้อมูล สามมิติ อาศัยการนำเสนวัตถุ (object) เป็นแบบเนสต์ (nesting) โดยส่งข้อมูลรูปแบบทั้งหมดมาก่อนและตามด้วยระดับความละเอียดภายหลังอาศัยหลักการ LOD (level of detail) เปลี่ยนแปลงไปมาโดยอัตโนมัติและทำการเรนเดอร์ เพื่อสร้างแบบจำลองกราฟิก สามมิติ ที่ VRML เบราเซอร์นั่นเอง ส่วนเอกสารที่เป็นเสียงหรือวิดีโอจะถูกส่งมาตามลำดับ

ลักษณะเด่นของภาษา VRML อาจเรียกได้ว่า ภาษา VRML มีลักษณะเป็นโฮมเพจ สามมิติ (3D-homepage) มีลักษณะภาษาคอมพิวเตอร์ชนิดต่างๆ ไม่ขึ้นอยู่กับระบบคอมพิวเตอร์ใดๆ พร้อมทั้งตีพิมพ์เอกสารโฮมเพจที่เป็น สามมิติบนบริการเวิลด์ ไวด์ เว็บ (World Wide Web) ของเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

รวมทั้งการนำเสนอข้อมูลจะเกิดประโยชน์สูงสุดเมื่อสามารถเคลื่อนไหวเปลี่ยนมุมมองได้ ผู้เข้าชมสามารถมีส่วนร่วมในการโต้ตอบกับวัตถุที่อยู่ในฉากได้ ถือได้ว่าภาษา VRML เป็นเทคโนโลยีการนำเสนอข้อมูลหลายรูปแบบทั้งกราฟิก สองมิติ และ สามมิติ รวมทั้งข้อมูลมัลติมีเดีย เช่น ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว และระบบเสียง สามมิติ ทำให้เกิดระบบการติดต่อกับผู้ใช้ (user interface) ในรูปแบบใหม่ขึ้นมาโดยระบบ สองมิติ ที่ใช้อยู่ปัจจุบันกลายเป็นส่วนประกอบย่อยภายในระบบ สามมิติ

องค์ประกอบของภาษาเวอร์ชวลเรียลิตีโมเดลลิง

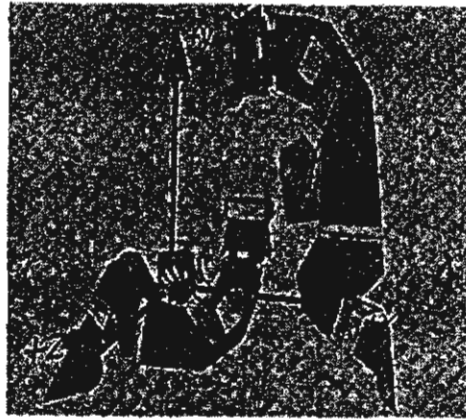
ก่อนที่จะเริ่มทำการสร้างโลกเสมือนจริงด้วยภาษา VRML นั้น ควรจะมีการเข้าใจโครงสร้างและองค์ประกอบของภาษาก่อน ภาษา VRML มีการทำงานภายใต้ระบบแกนสามมิติ ไม่ว่าจะเป็นการสร้างวัตถุเอง รวมถึง ระบบแสงและเสียงต่างๆ เพื่อเพิ่มมิติให้เกิดความสมจริงยิ่งขึ้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเข้าใจระบบแกนสามมิติ ซึ่งภาษา VRML มีการใช้กฎมือขวาดังแสดงในรูปที่ 6.8



รูปที่ 6.8 ระบบแกน 3 มิติ

ระบบแกนสามมิติ ประกอบไปด้วย 3 แกน คือ แกน X,Y,Z โดยที่

1. แกน X มีทิศทางไปด้านขวาจากจุดกำเนิด (origin)
2. แกน Y มีทิศทางไปด้านบนจากจุดกำเนิด (origin)
3. แกน Z มีทิศทางตั้งฉากกับแกน X และแกน Y (มีทิศพุ่งออกมาทางนอกฉากนั่นเอง) ซึ่งจะเห็นได้ว่าภายในแต่ละแกนจะสามารถหมุนรอบแกนมันเอง ดังรูปที่ 6.9



รูปที่ 6.9 แนวการหมุนรอบแกนแต่ละแกนในระบบแกน 3 มิติ [ชีวาวัฒน์ บุญศิวนนท์ 2544]

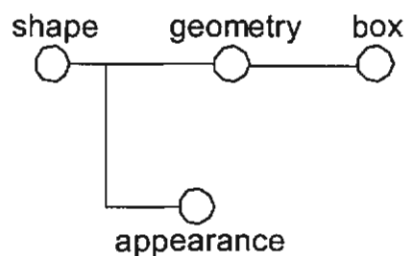
ในแต่ละแกนยังประกอบไปด้วยค่าบวกและค่าลบ ถ้ามีค่าเป็นบวกจะอยู่ด้านขวา (แกน X) และด้านบน (แกน Y) และด้านหน้า (แกน -Z) เช่น 1 0 1 แสดงว่า ขึ้นไปอีก 1 หน่วย (ทางขวาของแกน X) และไปด้านหน้าอีก 1 หน่วย ในแกน Z เป็นต้น ส่วนค่าลบจะมีทิศทางตรงกันข้ามกับค่าบวกที่กล่าวมาข้างต้น รวมทั้งสามารถหมุนพร้อมกันได้โดยอาศัยการหมุนรอบจุดกำเนิด แต่ควรระวังหากต้องการที่จะหมุนโดยไม่มีการออกนอกบริเวณที่ตั้งเดิมนั้นจะต้องทำการเคลื่อนจากจุดกำเนิดก่อนแล้วจึงหมุน

รวมทั้งสามารถหมุนพร้อมกันได้โดยอาศัยการหมุนรอบจุดกำเนิด แต่ควรระวังหากต้องการที่จะหมุนโดยไม่มีการออกนอกบริเวณที่ตั้งเดิมนั้นจะต้องทำการเคลื่อนจากจุดกำเนิดก่อนแล้วจึงหมุน

การสร้างวัตถุในโลกเสมือนจริงของภาษา VRML นั้นเกิดขึ้นจากองค์ประกอบพื้นฐาน คือ

1. โหนด (node)

โหนด (node) คือ หน่วยพื้นฐานในไฟล์ของภาษา VRML ทำหน้าที่เก็บค่าคุณสมบัติพื้นฐานต่าง ๆ ของฟิลด์ เช่น โหนด Shape โหนด TimeSensor โหนด TouchSensor เป็นต้น ซึ่งโหนดมีโครงสร้างอิสระสามารถกำหนดโหนดเดียวภายในไฟล์ได้ แต่ฟิลด์ไม่สามารถกำหนดเองได้ ต้องอาศัยโหนดภายในไฟล์สามารถกำหนดโหนดอื่นได้ (ในแต่ละโหนดจะมีฟิลด์ที่ใช้เก็บคุณสมบัติต่าง ๆ) เช่น โหนด Shape จะประกอบไปด้วยโหนด Geometry และโหนด Appearance ดังแสดงในรูปที่ 6.10



รูปที่ 6.10 โครงสร้างของโหนด

ภายในโหนด Geometry ยังสามารถแตกโหนดย่อยลงไปอีกได้ หรือเรียกว่า children เช่น โหนด Box และโหนด Appearance เป็นโหนดลูกของโหนด Shape เป็นต้น สังเกตได้ว่าชื่อโหนดจะมีลักษณะการเขียนขึ้นต้นด้วยตัวอักษรใหญ่เสมอ จึงควรระวัง เพราะจะทำให้เบราเซอร์เข้าใจเป็นฟิลด์แทน เนื่องจากชื่อฟิลด์จะขึ้นต้นด้วยตัวอักษรตัวเล็กเสมอ

2. ฟิลด์ (field)

ฟิลด์ คือ หน่วยพื้นฐานที่เล็กที่สุดของภาษา VRML โดยทำหน้าที่เก็บค่าคุณสมบัติของโหนดนั้น ๆ เช่น โหนด Box ก็จะมีฟิลด์รองรับค่า ความกว้าง ความยาว ความสูงภายในนั่นเอง จึงอาจสรุปได้ว่าหลาย ๆ ฟิลด์ประกอบกันเป็นโหนดและในทำนองเดียวกันหลาย ๆ โหนดก็จะรวมกันเป็นวัตถุ (object) ขึ้นมาขึ้นหนึ่งฟิลด์ในภาษา VRML จะมีส่วนคล้ายกับตัวแปรของภาษา Java คือมี 2 ชนิดดังนี้

ก) single เป็นตัวแปรชนิด single

ข) multi เป็นตัวแปรอาร์เรย์ของตัวแปรชนิด single

โครงสร้างวัตถุในภาษาเวอร์ชวลเรียลิตีโมเดลลิง

โครงสร้างการสร้างวัตถุในภาษา VRML โดยยกตัวอย่างจากการสร้างรูปทรงกระบอก ซึ่งไฟล์จะมีโครงสร้างง่ายและสันทัดต่อความเข้าใจซึ่งประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

1. ส่วนหัวของไฟล์ (file header)
2. โหนดรูปร่างของวัตถุ (shape node)
3. โหนดรูปทรงเชิงเรขาคณิต (Geometry node)
4. โหนดคุณสมบัติของวัตถุ (Appearance node)
5. โหนดการรวมกลุ่มของวัตถุ (Grouping node)

วัตถุอื่นอาจจะมีโหนดเกี่ยวข้องมากกว่านี้ แต่ส่วนใหญ่จะมีโครงสร้างคล้ายกัน โดยมีองค์ประกอบพื้นฐานคือฟิลด์ ซึ่งจะเห็นได้ว่าโหนดเป็นเสมือนคลาสของภาษา Java ส่วนฟิลด์คล้ายตัวแปรซึ่งเก็บค่าคุณสมบัติต่าง ๆ ไว้

ส่วนหัวของไฟล์ (File Header)

ทุกครั้งที่เริ่มเขียนโปรแกรมต้องขึ้นต้นโดยมีรูปแบบไวยากรณ์ดังนี้

VRML V2.0 Utf8

Utf8 คือ รูปแบบตัวอักษรมาตรฐาน ที่สามารถเป็นที่เข้าใจและใช้ได้ตามมาตรฐาน ISO10646 เนื่องจากมีการตรวจสอบหัวของเอกสาร ดังนั้น Utf8 จะใช้อ้างอิงรูปแบบตัวอักษรมาตรฐาน ISO

นอกจากนั้น Utf8 ยังสนับสนุนภาษา VRML เวอร์ชัน 2.0 ซึ่งภาษา VRML เวอร์ชัน 1.0 ใช้รูปแบบตัวอักษรมาตรฐานเป็น ASCII ซึ่งใช้ single byte ต่อตัวอักษร ขณะที่ Utf8 อนุญาตให้ใช้ 2 ไบต์หรือมากกว่าได้

โหนดรูปร่างของวัตถุ (Shape Node)

โหนด Shape เป็นโหนดในการสร้างรูปทรงของวัตถุ ก่อนที่จะสร้างวัตถุต้องเข้าใจโครงสร้างของโหนด Shape ซึ่งจะมีโหนดที่เกี่ยวข้องด้วยเพื่อเพิ่มความสมจริงให้กับวัตถุ เช่น โหนด Appearance จะเก็บคุณสมบัติที่จะปรากฏกับวัตถุ เช่น สี, พื้นผิววัตถุ, โหนด Geometry จะเป็นการสร้างรูปทรงของวัตถุเป็นรูปทรงต่างๆ เช่น รูปทรงกระบอก รูปสี่เหลี่ยม รูปวงกลม เป็นต้น

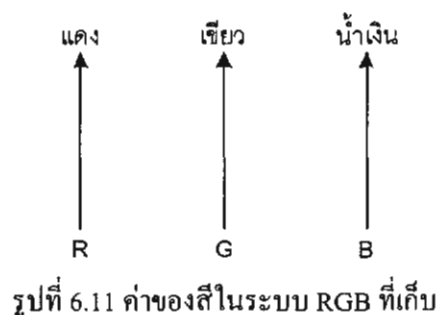
โหนดรูปทรงเชิงเรขาคณิต (Geometry Node)

ภาษา VRML ได้เตรียมรูปทรงพื้นฐานต่าง ๆ ไว้ในการสร้างแบบจำลองกราฟิกสามมิติ หากต้องการสร้างรูปทรงที่ซับซ้อนขึ้นจะต้องใช้โหนด IndexedFaceset ในการเชื่อมพื้นผิววัตถุ นอกจากนั้นภายในโหนด Geometry จะประกอบไปด้วยฟิลด์ที่เก็บคุณสมบัติของวัตถุ เช่น รัศมี ความสูงและความกว้าง เป็นต้น โดยจะเก็บค่าตัวแปรประเภทจำนวน integer หรือจำนวน floating แล้ว การสร้างวัตถุหากไม่มีการกำหนดค่าฟิลด์ ภาษา VRML จะใช้ค่าพื้นฐาน (default value) ของมันเองโดยอัตโนมัติ เช่น ฟิลด์ cylinder จะมีค่าพื้นฐานของรัศมีเท่ากับ 1 ความสูงเท่ากับ 2 รวมถึงพื้นผิวก็จะใช้ค่าพื้นฐานของมันเช่นกัน ส่วนตำแหน่งของวัตถุก็จะไปอยู่ที่ศูนย์กลางด้านขวาของแกนโดยอัตโนมัติ

โหนดคุณสมบัติของวัตถุ (Appearance Node)

โหนด Appearance เป็นโหนดที่เก็บฟิลด์คุณสมบัติของพื้นผิววัตถุ เช่น สี ความยาวของพื้นผิว และค่าความสว่าง ปกติใช้ร่วมกับโหนด Material และโหนด Texture (ImageTexture, MovieTexture และ PixelTexture) การใช้งานจากตัวอย่างต่อไป เป็นการเพิ่มคุณสมบัติให้แก่พื้นผิวของวัตถุ โดยประกอบไปด้วยฟิลด์ diffuseColor และฟิลด์ shininess ในส่วนของโหนด Appearance

ฟิลด์ diffuseColor จะทำหน้าที่เก็บค่าของสี 3 ค่า คือ แดง เขียว และน้ำเงิน (red, green, blue) ซึ่งถือว่าเป็นองค์ประกอบพื้นฐานของสีในระบบ RGB โดยมีลักษณะดังรูปที่ 6.11



โดยค่าทั้ง 3 มีค่าตั้งแต่ 0.0 ถึง 1.0 ซึ่งแต่ละตัวจะเกิดสีต่างๆ ขึ้น จากการผสมสีในระบบ RGB ดังตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 การผสมสีในระบบ RGB [สีมาตรฐาน อนุสัญญา 2544]

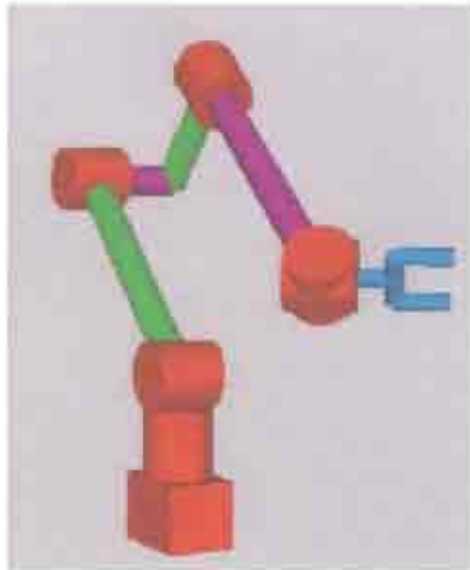
R (red)	G (green)	B (blue)	สีที่ผสมได้
0	0	0	ดำ
0.5	0.5	0.5	ม่วง
1	1	1	ขาว
1	0	0	แดง
0	1	0	เขียว
0	0	1	น้ำเงิน

จากตารางที่ 6.1 จะเห็นได้ว่าสีม่วงเกิดจากการผสมสีในระบบ RGB โดยมีส่วนผสมของสีแดง 50 เปอร์เซ็นต์ หรือมีค่าเท่ากับ 0.5 สีน้ำเงิน 50 เปอร์เซ็นต์ หรือมีค่าเท่ากับ 0.5 ซึ่งอาศัยวิธีการเบื้องต้นสร้างสีขึ้นมาเองได้จากหลักการผสมสีข้างต้นในระบบ RGB

ฟิลต์ shininess มีค่าระหว่าง 0.0 และ 1.0 ซึ่งทำหน้าที่เก็บคุณสมบัติของค่าความสว่างวัตถุ โดยถ้ากำหนดค่าน้อยมากๆ วัตถุ จะรู้สึกมืดมากขึ้น และในทางตรงกันข้าม หากค่ามาก ๆ วัตถุจะรู้สึกสว่างมากขึ้น

โหนดการรวมกลุ่มวัตถุ (Grouping Node)

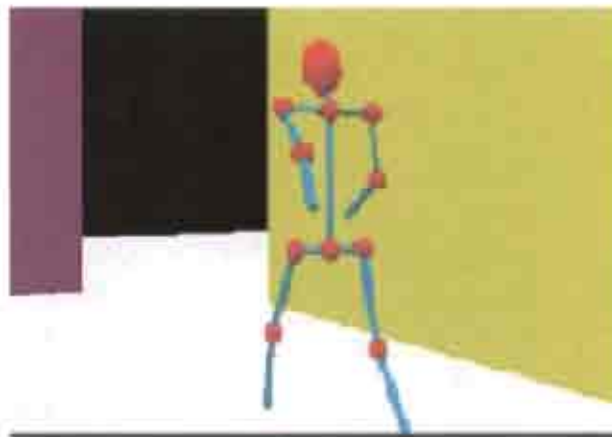
การรวมกลุ่มวัตถุในภาษา VRML คือ การรวมกลุ่มของวัตถุให้อยู่ภายในฉากเดียวกัน โดยอาศัยโหนดที่ใช้ในการรวมกลุ่มวัตถุ คือ โหนด Group, Transform, LOD, Switch, Anchor, Inline และ Collection ดังรูปที่ 6.2



รูปที่ 6.12 การรวมวัตถุไว้ในฉากเดียวกัน [<http://www.robotic.dlr.de/Joerg.Vogel/Vrml/lib.html>]

จากรูปที่ 6.12 เป็นการแสดงการรวมกลุ่มโหนดโดยใช้โหนด Transform และยังสามารถเพิ่มโหนดลูก (children) ของโหนดรวมกลุ่มวัตถุ การรวมกลุ่มวัตถุจะทำหน้าที่เก็บโหนดอื่นๆ ในฟิลด์ children โดยแบ่งเป็นระดับชั้นกันลงไป

ฟิลด์ children คือ 1 ระดับที่ติดจ้องแยกออกจากโหนดแม่ (parent node) เราสามารถเปรียบเทียบกับมนุษย์ได้ดังรูปที่ 6.13 ซึ่งจะเป็นการเปรียบเทียบโครงสร้างของภาษา VRML ได้ดี เช่น นิ้วมือ และมือ เป็นโหนดลูกของโหนดแม่ คือ แขน และแขนเป็นโหนดลูกของโหนดแม่ คือ ลำตัว เป็นต้น



รูปที่ 6.13 เปรียบเทียบความสัมพันธ์โครงสร้างของ โหนดกับโครงสร้างมนุษย์

[<http://www.robotic.dlr.de/Joerg.Vogel/Vrml/lib.html>]

โดยทั่วไปจุดประสงค์การรวมกลุ่มของวัตถุใช้โหนด Group กรณีที่คุณต้องการรวมกลุ่มของวัตถุในที่ว่างนั้น โดยใช้โหนด Transform เป็นตัวรวมวัตถุและต้องการเคลื่อนย้ายหรือหมุนวัตถุภายในที่ว่าง 3 มิติ นั้น โดยเป็นไปตามขนาด และสัดส่วนของวัตถุนั้นด้วย

โหนดกดอัด (Extrusion Node)

โหนดกดอัด หรือ extrusion node เป็นโหนดคำสั่งที่ใช้กับรูปร่างเชิงเรขาคณิต โดยมีพื้นฐานจากการ extrude ผ่านภาคหน้าตัด สองมิติออกมาเป็นแกนในแนว สามมิติ โดยเราสามารถกำหนดขนาดของพื้นที่หน้าตัด และหมุนได้ในจุดต่างๆ ของแกน (spine) ซึ่งมีวิธีในการทำดังนี้

1. กราฟของพื้นที่หน้าตัด (cross-section curve) จะเริ่มที่ระนาบ xz คือค่าแรกที่แกน X และค่าที่ 2 อยู่ที่แกน Z ซึ่งจุดแรกที่เป็นจุดเริ่มต้นก็คือค่าแรก (origin) ของตัวแปรที่กำหนดให้
2. ระนาบนี้จะหมุนรอบจุด origin โดยตัวแปรในการจัดเรียงตัวแรก (first orientation parameter) จะถูกแปลงโดย vector ซึ่งเป็นเสมือนจุดยอดของ spine curve
3. รูปร่าง สามมิติที่เราต้องการจะถูก extrude ผ่านช่องว่าง มาตามส่วนตัดแรกของรูปของ spine curve
4. จากนั้นรูปร่าง สามมิติ จะถูก scale และหมุนโดย scale อันดับที่ 2

รูปแบบของแท้มข้อมูล VRML

จากการศึกษาได้นำ ภาษาเวอร์ชวลเรียลิตีโมเดลลิง (VRML) เข้ามาใช้ในการจำลองภาพ สามมิติของโครงสร้างผ้าทอ ภาษา VRML ได้เตรียมรูปทรงพื้นฐานต่างๆ ไว้ในการสร้างแบบจำลองกราฟิก สามมิติ หากต้องการสร้างรูปทรงที่ซับซ้อนขึ้นจะต้องใช้โหนด IndexedFaceset ในการเชื่อมพื้นผิววัตถุ นอกจากนั้นภายในโหนด Geometry จะประกอบไปด้วยฟิลด์ที่เก็บคุณสมบัติของวัตถุ เช่น รัศมี ความสูง และความกว้าง เป็นต้น โดยจะเก็บค่าเป็นตัวแปรประเภท จำนวนเต็ม Integer หรือจำนวนเลขทศนิยม (floating) ในการสร้างวัตถุหากไม่มีการกำหนดค่าฟิลด์ ภาษา VRML จะใช้ค่าพื้นฐาน (default value) ของมันเองโดยอัตโนมัติ เช่น ฟิลด์ cylinder จะมีค่าพื้นฐานของรัศมีเท่ากับ 1 ความสูงเท่ากับ 2 รวมถึงพื้นผิวก็จะใช้ค่าพื้นฐานของมันเช่นกัน ส่วนตำแหน่งของวัตถุจะอยู่ที่ศูนย์กลางด้านขวาของแกนโดยอัตโนมัติ ตัวอย่างที่ 6.1 แสดงการสร้างวัตถุรูปทรงกระบอก

ตัวอย่างที่ 6.2 การสร้างวัตถุรูปทรงกระบอก

```
#VRML v2.0 utf8

Shape{

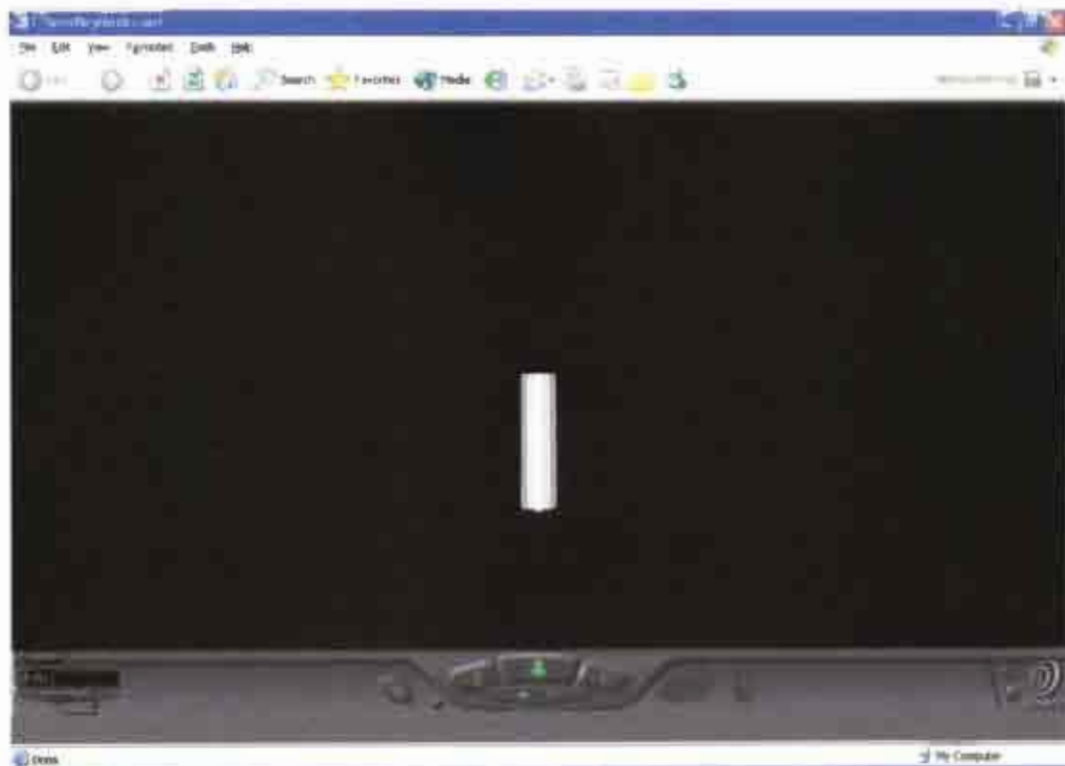
    appearance Appearance{material Material{}}

    Geometry Cylinder{

    }

}
```

เพิ่มข้อมูล VRML จะมีนามสกุลเป็น .wrl เช่น cylinder.wrl จากตัวอย่างที่ 2.1 เบราว์เซอร์จะทำการประมวลผลภาพกราฟิก หรือเรนเดอร์ออกมาในรูปกราฟิกสามมิติ ซึ่งได้ผลลัพธ์ดังแสดงในรูปที่ 6.14



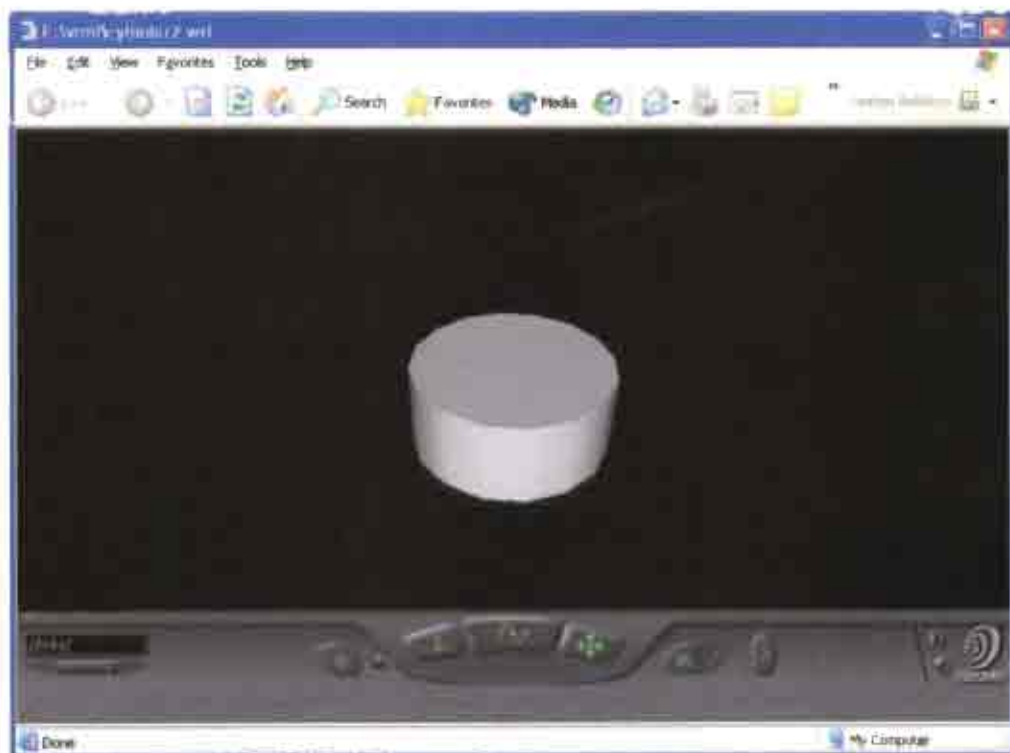
รูปที่ 6.14 ภาพจำลองสามมิติรูปทรงกระบอกจากตัวอย่างที่ 6.1

จากตัวอย่างที่ 6.1 อาศัยคำพื้นฐานของภาษา VRML ซึ่งสามารถกำหนดคุณสมบัติใหม่ลงไปในการฟิลด์ภายในโหนด Geometry ได้ เช่น ต้องการกำหนดค่าดังตัวอย่างที่ 6.2 เป็นการสร้างวัตถุโดยกำหนดขึ้นเอง

ตัวอย่างที่ 6.2 การสร้างวัตถุโดยกำหนดค่าของ

```
#VRML v2.0utf8
Shape[
  appearance Appearance[ material Material()
  geometry Cylinder {
    radius 3
    height 2.5
    top TRUE
    side TRUE
  }
]
```

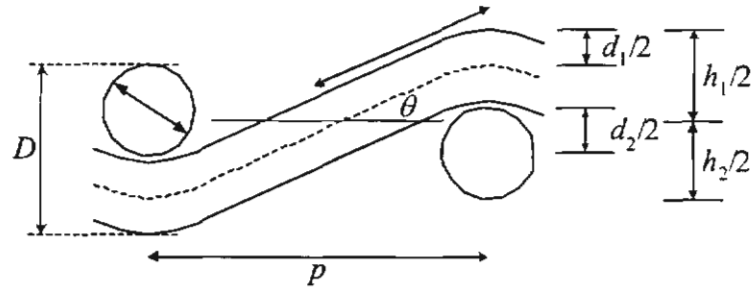
ซึ่งจะเห็นได้ว่าจากตัวอย่างที่ 6.2 ผลลัพธ์ออกมาจะมีลักษณะคล้ายกระป๋องเปล่าๆ โดยกำหนดค่าในฟิลด์ของพื้นผิวได้ทั้งวิธีปะภาพ หรือใช้สีเนื้อของวัตถุแทน เพื่อเพิ่มความสมจริงยิ่งขึ้น



รูปที่ 6.15 ภาพจำลองสามมิติรูปทรงกระบอกตัวอย่างที่ 6.2

การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของผ้าทอ

Pierce's model [Love 1954] เป็นแบบจำลองเชิงเรขาคณิตของผ้าทอลายขัด ดังแสดงในรูปที่ 6.15 เป็นข้อสมมุติฐานที่พิจารณาพื้นที่หน้าตัดของเส้นด้ายที่มีรูปร่างเป็นวงกลม และอยู่บนสมมุติฐานที่ว่าเส้นด้ายไม่มีความต้านทานต่อการโค้งงอ ดังสมการ 6.4 และ 6.5



รูปที่ 6.15 แบบจำลองของ Pierce แสดงผ้าทอลายขัดหนึ่งหน่วยซ้ำ [Love 1954]

$$p = (l - D\theta)\cos\theta + D\sin\theta \quad (6.4)$$

$$h = (l - D)\sin\theta + D(l - \cos\theta) \quad (6.5)$$

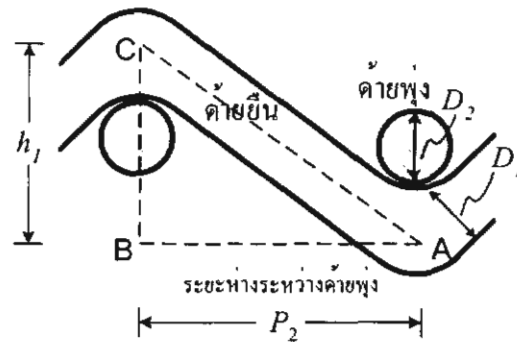
เมื่อ	h_1	คือ thread amplitude ของเส้นด้ายยืน หรือความสูงของความหยิกงอของด้ายยืน (warp crimp height)
	h_2	คือ thread amplitude ของเส้นด้ายพุ่ง หรือความสูงของความหยิกงอของด้ายพุ่ง (weft crimp height)
	p_1	คือ ช่องว่างระหว่างด้ายยืน (warp spacing)
	p_2	คือ ช่องว่างระหว่างด้ายยืน (weft spacing)
	θ	คือ มุมของการทอ (weave angle)
	d_1	คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของด้ายยืน
	d_2	คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของด้ายพุ่ง
	c_1	คือ ความหยิกงอของเส้นด้ายยืน
	c_2	คือ ความหยิกงอของเส้นด้ายพุ่ง
	l_1	คือ ความยาวของด้ายยืน
	l_2	คือ ความยาวของด้ายพุ่ง
	D	คือ ผลรวมของเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นด้าย

ค่า D สามารถเขียนแทนได้ด้วยสมการ ต่อไปนี้

$$D = d_1 + d_2 = h_1 + h_2 \quad (6.6)$$

สมการนี้ถูกนำเข้ามาใช้เพื่ออธิบายการเกี่ยวกันของเส้นด้าย เส้นด้ายชุดหนึ่ง คือ ด้ายยืนและ อีกชุดคือด้ายพุ่ง โดยแบบจำลองนี้มีประโยชน์อย่างมากสำหรับหาความสามารถในการทอของโครงสร้างผ้าผืนโดยเฉพาะ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์สถานะที่เส้นด้ายจัดเรียงตัวกันได้สูงสุด (maximum yarn packing) อาจจะใช้ความหนาแน่นของเส้นด้าย (yarn density) และ Pierce's model ช่วยในการหา

การศึกษาการกระจายความหยิกงอสามารถทำได้โดยใช้แบบจำลองเชิงเรขาคณิตดังแสดงในรูปที่ 6.16



รูปที่ 6.16 แบบจำลองเชิงเรขาคณิตของผ้าผืน

h_1 คือความสูงของความหยิกงอ หรือเรียกว่าความสูงมอดูลาร์ของด้ายยืน (warp modular height) ในแบบจำลองนี้ เราสมมุติให้แนวด้ายยืนมีลักษณะเป็นเส้นตรง โดยอาศัยนิยามของความหยิกงอในผ้าผืน ความยาวมอดูลาร์ของด้ายยืน (ความยาวในหนึ่งหน่วย) ประมาณได้เป็น

$$\overline{AC} = P_2(1 + C_1) \quad (6.7)$$

โดยทฤษฎีบทของพีทาโกรัส สามารถคำนวณได้ว่า

$$h_1 = \sqrt{\overline{AC}^2 - P_2^2} = \sqrt{P_2^2(1 + C_1)^2 - P_2^2} \quad (6.8)$$

นั่นคือ

$$h_1 = P_2 \sqrt{(1 + C_1)^2 - 1} \quad (6.9)$$

เช่นเดียวกับในทิศทางของด้ายพุ่งพบว่า

$$h_2 = P_1 \sqrt{(1 + C_2)^2 - 1} \quad (6.10)$$

$$P_1 \sqrt{(1 + C_2)^2 - 1} + P_2 \sqrt{(1 + C_1)^2 - 1} = D_1 + D_2 \quad (6.11)$$

ความหยิกงอของด้ายยืนและด้ายพุ่ง นิยมวัดเป็นปริมาณความหยิกงอ (c) ซึ่งคำนวณได้จาก

$$c_1 = \frac{\theta_1^2}{2} \quad (6.12)$$

$$\theta_1 = \sqrt{2c_1} \quad (6.13)$$

เพราะฉะนั้น

$$\theta_2 = \sqrt{2c_2} \quad (6.14)$$

ส่วนค่า thread amplitude (h) ของเส้นด้ายยืนและด้ายพุ่งนั้นมีค่าดังสมการที่ 6.12 และ 6.13 ตามลำดับ

$$h_1 = \frac{4}{3}P_2\sqrt{c_1} \quad (6.15)$$

$$h_2 = \frac{4}{3}P_1\sqrt{c_2} \quad (6.16)$$

พิกัดสำหรับแนวเส้นด้าย

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับแนวเส้นด้าย (yarn path) พัฒนาขึ้นโดยอาศัยพื้นฐานของแบบจำลองเชิงเรขาคณิตของโครงสร้างผ้าทอที่พัฒนาขึ้นโดย Pierce ร่วมกับข้อมูลเกี่ยวกับลายทอ แนวเส้นด้ายไม่ว่าจะเป็นแนวด้ายยืน หรือแนวด้ายพุ่ง อาจจำแนกออกเป็น 3 ส่วน ดังแสดงใน คือ

1. ส่วนที่อยู่เหนือด้ายพุ่งในกรณีแนวด้ายยืน หรือส่วนที่อยู่เหนือด้ายยืนในกรณีแนวด้ายพุ่ง
2. ส่วนที่อยู่ใต้ด้ายพุ่งในกรณีแนวด้ายยืน หรือส่วนที่อยู่ใต้ด้ายยืนในกรณีแนวด้ายยืน
3. ส่วนที่เชื่อมระหว่างส่วนที่ 1) และส่วนที่ 2)

ถ้ากำหนดให้ลายทอที่เรา กำลังศึกษา เขียนแทนด้วยเมทริกซ์ W ซึ่งมีสมาชิกคือ $w_{i,j}$ โดยที่ $w_{i,j}$ มีค่าเท่ากับ 1 เพื่อแทนตำแหน่งที่ด้ายยืนอยู่เหนือด้ายพุ่ง ส่วน $w_{i,j}$ มีค่าเท่ากับ 0 เพื่อแทนตำแหน่งที่ด้ายพุ่งอยู่เหนือด้ายยืน i มีค่าระหว่าง 1 ถึง r_e ส่วน j มีค่าระหว่าง 1 ถึง r_p โดยที่ r_e คือจำนวนด้ายยืนต่อลาย (warp repeat) ส่วน r_p คือจำนวนด้ายพุ่งต่อลาย

พิกัดของแนวด้ายยืน (warp yarn path coordinate) คือ $E(x_i, y_i)$ โดยที่

$$x_i = x_{i-1} + \left(\frac{1}{ppc} \right) \quad (6.17)$$

$$y_i = \begin{cases} D/4 & | w_{i,j} = 1 \\ -D/4 & | w_{i,j} \neq 1 \end{cases} \quad (6.18)$$

เมื่อ ppc คือ ความหนาแน่นของด้ายพุ่งต่อเซนติเมตร

D คือ ความหนาของด้ายยืน (d_1) + ความหนาของด้ายพุ่ง (d_2) (เซนติเมตร)

ส่วนพิกัดของแนวด้ายพุ่ง (weft yarn path coordinate) คือ $P(x_i, y_i)$ ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก

$$x_i = x_{i-1} + \left(\frac{1}{epc} \right) \quad (6.19)$$

$$y_i = \begin{cases} D/4 & |w_{i,j} \neq 1 \\ -D/4 & |w_{i,j} = 1 \end{cases} \quad (6.20)$$

เมื่อ epc คือ ความหนาแน่นของด้ายขึ้นต่อเซนติเมตร

D คือ ความหนาของด้ายขึ้น (h_1) + ความหนาของด้ายพุ่ง (h_2) (เซนติเมตร)

เมทริกซ์ W ที่ได้แสดงได้ดังนี้

$$W = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

พิกัดของภาพหน้าตัดของด้าย

ภาพหน้าตัดของด้ายซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างผ้าทอมีหลายลักษณะ ตามแบบจำลองของ Peirce สมมติให้ภาพหน้าตัดเป็นรูปวงกลม ทำให้ทั้งด้ายขึ้นและด้ายพุ่งมีความหนาและความกว้างของด้ายเท่ากัน นั่นคือ

$$D_{h_1} = D_{v_1} \text{ และ } D_{h_2} = D_{v_2}$$

เมื่อ D_{v_1} คือ ความหนาของด้ายขึ้น

D_{v_2} คือ ความหนาของด้ายพุ่ง

D_{h_1} คือ ความกว้างของด้ายขึ้น

D_{h_2} คือ ความกว้างของด้ายพุ่ง

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของภาพหน้าตัดชนิดต่างๆ ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ได้แก่

ภาพหน้าตัดรูปวงกลม (Circular Cross-section)

พิกัดของภาพหน้าตัดด้ายขึ้นในกรณีมีภาพหน้าตัดเป็นรูปวงกลม คือ $E_x(x_i, y_i)$ พัฒนามาจากสมการของวงกลม นั่นคือ

$$Dv_1^2 = x_i^2 + y_i^2 \quad (6.21)$$

ในทำนองเดียวกัน พิกัดของภาพหน้าตัดด้ายพุ่ง $P_x(x_i, y_i)$ คำนวณมาจาก

$$Dv_2^2 = x_i^2 + y_i^2 \quad (6.22)$$

หน้าตัดรูปวงรี (Ellipse Cross-section)

พิกัดของภาพหน้าตัดด้ายยืนในกรณีมีภาพหน้าตัดเป็นรูปวงรี คือ $E_x(x_i, y_i)$ พัฒนามาจากสมการของวงกลม นั่นคือ

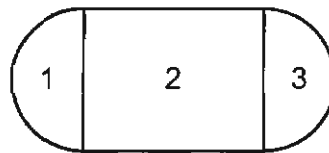
$$Dv_1^2 = \frac{x_i^2}{D_{h_1}} + \frac{y_i^2}{D_{h_2}} \quad (6.23)$$

ในทำนองเดียวกัน พิกัดของภาพหน้าตัดด้ายพุ่ง $P_x(x_i, y_i)$ คำนวณมาจาก

$$Dv_2^2 = \frac{x_i^2}{D_{h_1}} + \frac{y_i^2}{D_{h_2}} \quad (6.24)$$

ภาพหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมมุมมน (Racetrack Cross-section)

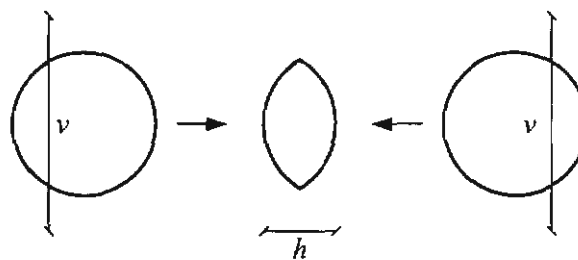
รูปสี่เหลี่ยมมุมมนประกอบไปด้วย 3 ส่วนดังแสดงในรูปที่ 6.17 ส่วนที่ 1 และส่วนที่ 3 คือครึ่งวงกลมซึ่งมีรัศมีเท่ากับ h_2 สำหรับด้ายยืนและด้ายพุ่งตามลำดับ ส่วนที่ 2 คือรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ซึ่งมีขนาดกว้าง h_1 และยาวเท่ากับ $Dh_1 - Dv_1$



รูปที่ 6.17 ส่วนประกอบของรูปสี่เหลี่ยมมุมมน

ภาพหน้าตัดรูปเลนส์ (Lenticular Cross-section)

ภาพหน้าตัดรูปเลนส์นี้มีลักษณะเป็นครึ่งวงกลมไม่สมบูรณ์ สองส่วนที่มาประกบกันดังแสดงในรูปที่ 6.18 สมการที่ใช้คือสมการวงกลม แต่จะเลือกเฉพาะบางจุดที่ต้องการเท่านั้น



รูปที่ 6.18 การสร้างรูปเลนส์

การสร้างภาพสามมิติของชุดเส้นด้ายด้วยเทคนิค Extrusion

หลักการและวิธีการจำลองภาพสามมิติของชุดเส้นด้าย ทั้งด้ายพุ่งและด้ายยืน สามารถทำได้โดยใช้โหนดกดอัด (extrusion node) ซึ่งเป็นคำสั่งที่สามารถจำลองการโค้งงอของเส้นด้ายในรูปแบบที่เกิดการขัดกันของแต่ละลายทอได้อย่างเหมาะสม extrusion node เป็นคำสั่งที่ใช้สร้างรูปร่างที่มีช่องกว้างของรูปร่างโดยทั่วไป การทำงานของคำสั่งจะมีลักษณะเฉพาะ 4 อย่างดังนี้ [Ames et al. 1996]

1. พื้นที่หน้าตัดที่ใช้ในการกดอัดเป็นรูป (extrude)
2. แนวสัน (spine) เฉพาะที่เป็นทางเดินในการกดอัด (extrusion)
3. ขนาดของพื้นที่หน้าตัดที่ตำแหน่งต่างๆ ตามแนวสัน
4. การจัดเรียงตัวของพื้นที่หน้าตัดที่ตำแหน่งต่างๆ ตามแนวสัน

พื้นที่หน้าตัด (Cross-section)

พื้นที่หน้าตัดมีโครงร่างเป็นรูปร่างสองมิติใด เช่น รูปสี่เหลี่ยม รูปวงกลม สี่เหลี่ยมปลายมน รูปเลนส์นูน เป็นต้น กำหนดพื้นที่หน้าตัดโดยใช้พิกัดสองมิติ (2D coordinate) ซึ่งจะถูกแจ้งไว้ใน crossSection field ของ extrusion node

พื้นที่หน้าตัดที่ถูกกดอัดออกมาสามารถเป็นพื้นที่หน้าตัดแบบเปิด หรือแบบปิดก็ได้ ซึ่งพื้นที่หน้าตัดของเส้นด้ายนั้นเป็นพื้นที่หน้าตัดแบบปิดโดยทั้งหมด โดยพื้นที่หน้าตัดเหล่านี้จะถูกกำหนดให้ใช้เป็นพิกัดสองมิติในแนวระนาบ XZ

แนวสันในการกดอัด (Spine)

แนวสันในการกดอัดเป็นเส้นทางรูปร่างสามมิติที่ใช้สำหรับการกดอัด ซึ่งอาจจะเป็นไปในแนวเส้นตรง หรือเส้นโค้ง แนวสันนี้ (extrusion spine) สามารถใช้เป็นแนวเปิด เช่น เส้นเกลียว (spiral) ซึ่งมีจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายต่างจุดกัน หรือแนวปิด เช่น วงกลม ที่มีจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายร่วมกัน

การกดอัดพื้นที่หน้าตัดตามแนวสัน (Extruding a Cross Section along a Spine)

เราสามารถสร้าง extrusion shape โดยการกวาดพื้นที่หน้าตัดไปตามแนวแกนสามมิติ ซึ่งขณะที่พื้นที่หน้าตัดถูกกวาดไปตลอดแนวแกน ก็จะเป็นกลุ่มของพื้นที่หน้าตัดที่สร้างผิวของรูปร่างที่ถูกกดอัด (extruded shape)

การกำหนดขนาดของพื้นที่หน้าตัด (Cross-section Scaling)

กระบวนการในการกดอัด (extrusion process) มีขั้นตอนดังนี้

1. พื้นที่หน้าตัดจะถูกแทนที่ตำแหน่งพิกัดแรกสุดบนแนวสัน
2. ส่วนของพื้นที่หน้าตัดจะถูกแทนที่ลงบนตำแหน่งไปตามแนวสัน
3. ผิวหน้าจะถูกสร้างขึ้นซึ่งจะเชื่อมโยงกับพื้นที่หน้าตัดแรกสุดไปยังตำแหน่งที่สอง ได้เป็นพื้นผิวของแนวสัน (extrusion skin)
4. ทำซ้ำดังขั้นตอนที่ 2 และ 3 สำหรับส่วนถัดไปในแนวสัน จนกระทั่ง สิ้นสุดที่ปลายของแนวสัน

เราสามารถกำหนดขนาดให้เพิ่มขึ้น หรือลดลงได้โดยกำหนด scale factor ใน scale field ของ extrusion node ซึ่งเราสามารถกำหนดปัจจัยขนาดสำหรับความกว้างและความลึกของพื้นที่หน้าตัดที่เป็นสองมิติ เมื่อใช้การกำหนดขนาดที่แต่ละจุดพิกัดตามแนวเส้น จะสามารถทำให้เป็นรูปร่างกว้างหรือแคบได้ด้วยอย่างเช่น เราสามารถวางส่วนที่ฐานในตำแหน่งกลางของการกอดอัดที่มีแนวเส้นร่วมกันสามแนว โดยปรับขนาดพื้นที่หน้าตัดให้เพิ่มขึ้นที่จุดร่วมกันของแนวเส้นซึ่งอยู่ตรงกลาง และไม่ปรับขนาดที่แนวเส้นแรกสุดและท้ายสุดที่ร่วมกัน

ไวยากรณ์ของโหนดกอดอัด (The Extrusion Node Syntax)

โหนดกอดอัดจะสร้างพื้นผิวของรูปทรง และอาจถูกใช้เป็นค่าของ geometry field ใน Shape node

```
Extrusion{
    CrossSection[1.0 -1.0, -1.0 -1.0,
                -1.0 1.0, 1.0 1.0]    # field MFVec2f
    Spine[ 0.0 0.0 0.0, 0.0 1.0 0.0]   # field MFVec3f
    Scale 1.0 1.0                      # field MFVec2f
    Orientation 0.0 0.0 1.0 0.0       # field MFRotation
    beginCap    TRUE                   # field SFBool
    endCap      TRUE                   # field SFBool
    ccw         TRUE                   # field SFBool
    solid       TRUE                   # field SFBool
    convex      TRUE                   # field SFBool
    creaseAngle 0.0                    # field SFFloat
    set_spine                               # eventIn MFVec3f
    set_crossSection                         # eventIn MFVec2f
    set_scale                               # eventIn MFVec2f
    set_orientation                         # eventIn MFRotation
}
```

ค่าของ crossSection field ใช้บอกรายการของพิกัดสองมิติ ซึ่งบ่งชี้โครงร่างเปิด หรือปิดเพื่อที่จะถูกกดอัดผ่านตามแนวเส้นของการกอดอัด พื้นที่หน้าตัดที่เห็นได้ดีที่สุดจะถูกสร้างบนระนาบ XZ ดังนั้นค่าแรก

ของแต่ละจุดร่วมแบบ สองมิติ เป็นระยะทางไปตามแนวแกน X และค่าที่สองจะอยู่ในแนวแกน Z ยิ่งไปกว่านั้นผิวของพื้นที่หน้าตัดจะอยู่ในแนวแกน Y ค่าที่ถูกตั้งไว้สำหรับ crossSection field จะถูกกำหนดไว้เป็นสี่เหลี่ยม

ค่าของ spine field เป็นจุดพิกัดแบบสามมิติ ซึ่งบ่งชี้เส้นทางเปิด หรือปิดที่พื้นที่หน้าตัดจะกวาดไป เพื่อสร้างการกอดรัด ค่าที่ถูกตั้งไว้สำหรับ spine field จะถูกกำหนดไว้เป็นเส้นตรง ตามแนวแกน Y

ค่าของ scale field เป็นรายการของการหมุนพื้นที่หน้าตัด ซึ่ง scale-factor เป็นค่าร่วมกันตามแนวเส้น ดังนั้นค่าแรกของแต่ละจุดร่วมแบบสองมิติอยู่ในแนวแกน X และค่าที่สองจะอยู่ในแนวแกน Z สำหรับพื้นที่หน้าตัดที่มีค่า scale-factor อยู่ระหว่าง 0.0 ถึง 1.0 ใช้ในการเพิ่มหรือลดขนาดพื้นที่หน้าตัด ค่าที่ถูกตั้งไว้สำหรับ scale field คือ single scale-factor pair โดยมีขนาด 1.0 ในแนวแกน X และ Z

ค่าของ orientation field ใช้บอกรายการของการหมุนพื้นที่หน้าตัดที่ใช้ในแต่ละจุดร่วมตามแนวเส้น ค่าของการหมุนแต่ละค่าจะบอกถึงแกนและมุมในการหมุน ค่าที่ถูกตั้งไว้ของ orientation field ถูกตั้งมุมในการหมุนเท่ากับ 0.0 radians

VRML Browser สามารถสร้างรูปร่างที่ถูกกอดรัดโดยใช้พื้นที่หน้าตัด (cross section) แนวเส้น (spine) การกำหนดขนาด (scaling) และค่าในการหมุน (rotation values) ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. สร้างพื้นที่หน้าตัดจาก crossSection field ตามแนวระนาบ XZ ในองค์ประกอบนี้
2. กำหนดขนาดพื้นที่หน้าตัดเกี่ยวกับจุดเริ่มต้นที่ใช้กับจุดร่วม X และ Z ตามแนวเส้น
3. จะมีการจัดเรียงตัวของพื้นที่หน้าตัดอัดในมิติ เพื่อที่จะให้ไปตามแกน Y ตลอดแนวเส้น ที่แนวเส้นร่วมในขณะนั้น
4. การหมุนพื้นที่หน้าตัดนั้นจะใช้แกนการหมุนของแนวเส้นร่วมขณะนั้น และมุมที่เป็นค่าที่กำหนดอยู่ใน orientation field
5. จะเกิดการแปลค่าพื้นที่หน้าตัดโดยอัดในมิติส่งไปยังแนวเส้นร่วมนั้นๆ โดยการใช้จุดร่วมสามมิติ ซึ่งเป็นค่าที่กำหนดอยู่ใน spine field
6. ถ้าจุดร่วมในแนวเส้นจากขั้นตอนที่ 5 ไม่เป็นจุดแรกของแนวเส้นร่วมในขณะนั้นแล้ว จะสร้างพื้นผิวที่เชื่อมโยงพื้นที่หน้าตัดของแนวเส้นร่วมไปยังพื้นที่หน้าตัดที่แนวเส้นร่วมก่อนหน้านี้

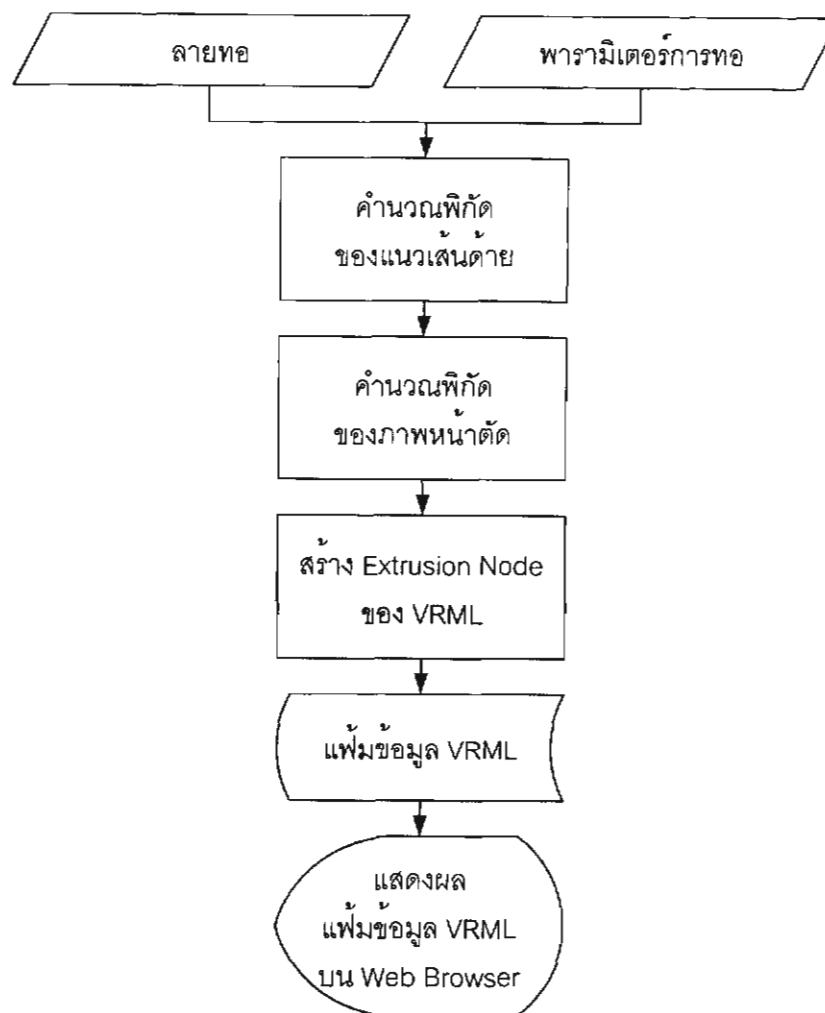
บทที่ 7

การพัฒนาโปรแกรมจำลองภาพสามมิติของผ้าทอ

จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้พัฒนาขึ้นดังอธิบายในบทที่ 6 ได้นำมาพัฒนาเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปในชื่อ Weave3D เพื่อจำลองภาพสามมิติของโครงสร้างผ้าทอ ที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ เพื่อให้สามารถใช้งานได้ง่าย โดยใช้ภาษาวิชวลเบสิกในการพัฒนาโปรแกรมหดงกล่าว ในบทนี้จะอธิบายถึงสถาปัตยกรรมของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น รวมทั้งวิธีการใช้โปรแกรมหดงกล่าว

สถาปัตยกรรมของโปรแกรม

สถาปัตยกรรมของโปรแกรม Weave3D แสดงไว้ในรูปที่ 7.1 โดยเริ่มจากการที่โปรแกรมอ่านค่าลายทอในรูปของไบนารีเมทริกซ์ จากนั้นนำมาเปลี่ยนเป็นข้อมูลพิกัดแนวเส้นด้าย และพิกัดภาพหน้าตัด โดยใช้ข้อมูลพารามิเตอร์การทอมาประกอบ ข้อมูลพิกัดแนวเส้นด้ายและข้อมูลพิกัดภาพหน้าตัดจะถูกนำมาสร้างเป็น extrusion node แล้วบันทึกไว้ในรูปแบบของแฟ้มข้อมูล VRML โปรแกรมจะสั่งให้แสดงผลแฟ้มข้อมูล VRML โดยอัตโนมัติ ผ่านโปรแกรมเว็บเบราว์เซอร์ (web browser) ที่ได้ติดตั้งปลั๊กอิน (plug-in) ที่เหมาะสมสำหรับการแสดงภาพจำลอง VRML ไว้



รูปที่ 7.1 สถาปัตยกรรมของโปรแกรม Weave3D

การเตรียมเบราว์เซอร์ของภาษา VRML

จากที่ได้กล่าวถึงการทำงานของภาษา VRML แล้ว จะเห็นได้ว่าองค์ประกอบหนึ่งที่สำคัญที่ทำให้หน้าที่ในการเรนเดอร์หรือประมวลผลกราฟิก (rendering) แบบจำลองกราฟิก สามมิติ จำเป็นต้องมีเบราว์เซอร์ที่สามารถสนับสนุนภาษา VRML หรือเรียกว่า VRML Browser ขึ้นเพื่อรองรับการทำงานของภาษา VRML โดยการติดตั้งโปรแกรมเสริมปลั๊กอิน (plug-in) ให้แก่เว็บเบราว์เซอร์ เช่น Microsoft® Internet Explorer หรือ Netscape โดยสามารถแยกการเตรียมออกเป็น 3 ส่วนหลัก คือ

การเตรียมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์

1. อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ขั้นต่ำที่จำเป็น
 - ก) ไมโครโปรเซสเซอร์ เพนเทียม 133 เมกะเฮิร์ตซ์ขึ้นไป หรือเทียบเท่า
 - ข) หน่วยความจำหลัก (RAM) อย่างน้อย 32 เมกะไบต์

ค) การ์ดแสดงผลแบบ VGA หรือ SuperVGA แรมแสดงผล 2 เมกะไบต์ จำนวนสี 256 สีขึ้นไป หรือชนิดที่สนับสนุนการทำงานลักษณะสามมิติ

ง) ฮาร์ดดิสก์ควรเหลือเนื้อที่ว่าง 100 เมกะไบต์ขึ้นไป

2. อุปกรณ์ซอฟต์แวร์ที่จำเป็น

ก) ระบบปฏิบัติการ Windows 95 ขึ้นไป

ข) เว็บเบราว์เซอร์ คือ โปรแกรม Netscape Navigator เวอร์ชัน 3.01 ขึ้นไป หรือโปรแกรม Internet Explorer เวอร์ชัน 3.0 ขึ้นไป ที่สามารถสนับสนุนภาษา VRML

ค) โปรแกรมเสริมปลั๊กอิน (plug-in) คือ SGI's Cosmo Player หรือโปรแกรมเสริมตัวอื่นก็ได้ ที่สามารถสนับสนุนภาษา VRML

การปรับแต่งคุณสมบัติเบราว์เซอร์ให้สนับสนุนไฟล์ของภาษา VRML

โปรแกรม Microsoft® Internet Explorer เป็นเว็บเบราว์เซอร์ที่มีคุณสมบัติในการเรียกใช้บริการอื่นๆ ที่มีในอินเทอร์เน็ต และยังมีคุณสมบัติสำหรับระบบปฏิบัติการ (operating system) ต่างๆ รวมทั้งสถาปัตยกรรมของ Internet Explorer เองมีความยืดหยุ่นให้บริษัทผู้พัฒนารายอื่น ขยายขีดความสามารถของเบราว์เซอร์ออกไป โดยการสร้างโปรแกรมเสริมประเภทปลั๊กอิน เข้ามาใช้งานบนเบราว์เซอร์ของ Internet Explorer ได้ด้วย ซึ่งมีปลั๊กอินอยู่มากมายตั้งแต่ปลั๊กอินเกี่ยวกับเสียง วิดีโอ 3 มิติ ไปจนถึงการแสดงผลสามมิติในรูปแบบเสมือนจริง (virtual reality) นอกจากนั้นยังสามารถสนับสนุนภาษา Java และ Javascript อีกด้วย

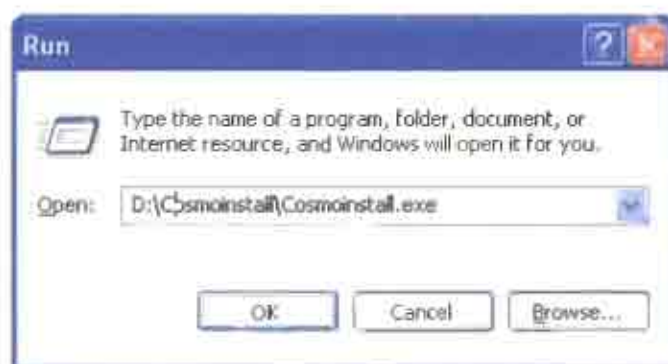
การติดตั้งโปรแกรมเสริมปลั๊กอิน (plug-in)

ในการทดลองนี้ เลือกใช้ปลั๊กอิน Cosmo Player พัฒนาขึ้นโดยบริษัท Silicon Graphic จำกัด โปรแกรมเสริมปลั๊กอิน Cosmo Player เป็นโปรแกรมเสริมโปรแกรมหนึ่งที่ทำหน้าที่เปรียบเสมือนพาหนะที่พาเข้าไปสำรวจในโลกเสมือนจริง โดยใช้เมาส์ หรือคีย์บอร์ด ในการควบคุมทิศทางการควบคุม (dashboard) ของโปรแกรม Cosmo Player ที่มีความสามารถสนับสนุนระบบแสงและเสียงในระบบสามมิติ รวมทั้งยังเป็นการตรวจสอบความผิดพลาดของโปรแกรม (debugger) อีกด้วย นอกจากนั้นยังสามารถสนับสนุนพฤติกรรมต่างๆ จากภาษา Javascript ที่เขียนขึ้นมาควบคุมการทำงานของภาษา VRML ให้สมจริงยิ่งขึ้น

การติดตั้งโปรแกรมเสริมปลั๊กอิน Cosmo Player มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. คลิก Start ที่แถบงาน (taskbar menu)
2. คลิก Run

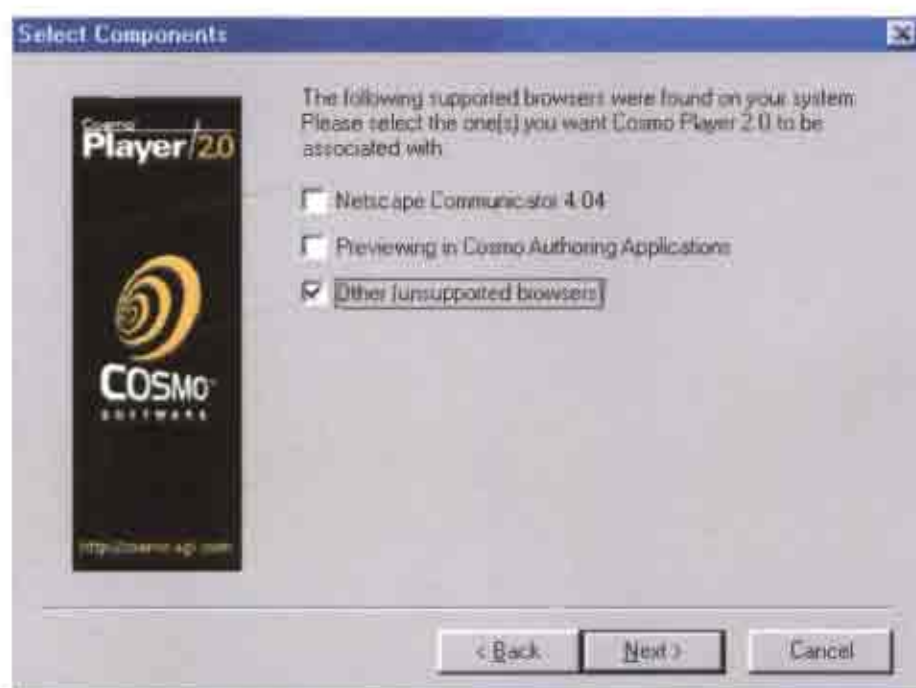
3. คลิก Browse แล้วเลือกไฟล์ชื่อ Cosmoinstall.exe แล้วคลิกปุ่ม OK ดังแสดงในรูปที่ 7.2



รูปที่ 7.2 แสดงการติดตั้งโปรแกรมเสริม

4. คลิกปุ่ม Next

5. เลือกเบราว์เซอร์ที่สนับสนุน ดังแสดงในรูปที่ 7.3 เช่น C:\Program Files\Internet Explorer\EXPLORER.exe



รูปที่ 7.3 การเลือกเบราว์เซอร์ที่สนับสนุน [<http://www.szentesinfo.hu/vrml/>]

6. คลิก Browse เพื่อกำหนดเส้นทางของไฟล์เดสก์ท็อปของโปรแกรมเสริมของเบราว์เซอร์ Internet Explore เช่น C:\Program Files\Internet Explorer\plug-in

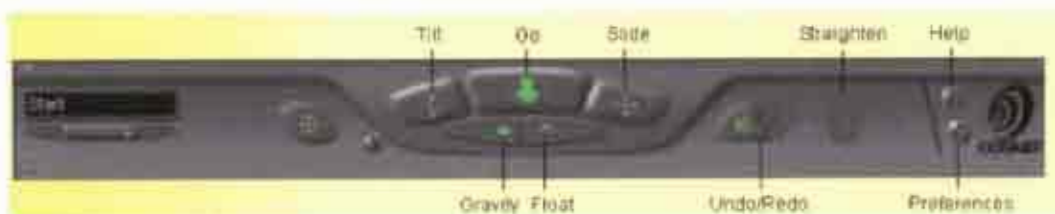
7. คลิกสร้างไฟล์เดสก์ท็อปของ cosmo player เพื่อเก็บไฟล์เกี่ยวกับปลั๊กอิน เช่น C:\Program Files\Cosmosoftware ดังแสดงในรูปที่ 7.4



รูปที่ 7.4 การสร้างไฟล์เพื่อของ Cosmo Player (<http://www.szentesinfo.hu/vrml>)

วิธีการใช้แผงควบคุม (Dashboard) ของโปรแกรมเสริม/ปลั๊กอิน (plug-in)

แผงควบคุม คือ เครื่องมือที่อยู่ใน VRML Browser เป็นตัวควบคุมการติดต่อกับผู้ใช้ (user interface) ในการบังคับทิศทางแบบเคลื่อนที่เข้าไปในโลกเสมือนจริงและหมุนวัตถุโดยอาศัยเหตุการณ์จากเมาส์ หรือคีย์บอร์ดจากผู้ใช้ แผงควบคุมมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 7.5



รูปที่ 7.5 ลักษณะของแผงควบคุมใน VRML จากเบราว์เซอร์ของคอสมอ

[<http://www.ch.ic.ac.uk/rzepa/vrml/>].

การบังคับทิศทางแบบการเคลื่อนที่เข้าไปในโลกเสมือนจริง โดยคลิกเลือกปุ่ม Go, Slide หรือ Tilt ของแผงควบคุม หลังจากนั้นลากเมาส์ไปตามทิศทางที่ต้องการภายในหน้าจอของโปรแกรมเสริม/ปลั๊กอิน Cosmo Player ซึ่งแต่ละปุ่มมีหน้าที่ดังนี้



Go คลิกและลากเมาส์เพื่อเคลื่อนที่เข้าและออก



Slide คลิกและลากเมาส์เพื่อเคลื่อนที่ไปทางซ้าย ขวา ล่าง หรือ บน



Tilt คลิกและลากเมาส์เพื่อปรับมุมมองขึ้น ลง

การบังคับทิศทางแบบการหมุนวัตถุใช้หลักการเดียวกันกับแบบการเคลื่อนที่เข้าไปในโลกเสมือนจริง คือ คลิกเลือกปุ่มแล้วจึงใช้เมาส์ลากไปตามทิศทางที่ต้องการภายในหน้าจอของโปรแกรมเสริมปลั๊กอิน Cosmo Player แต่ต้องเปลี่ยนโดยการคลิกที่ปุ่ม Change Controls ดังแสดงในรูปที่ 7.6



รูปที่ 7.6 การคลิกปุ่ม Change Control [<http://www.szentesinfo.hu/vrml>]

เพื่อทำการสลับไปมา ระหว่างแบบการหมุนวัตถุและแบบการเคลื่อนที่เข้าไปในโลกเสมือนจริง หลังจากคลิกปุ่ม Change Control แล้ว แผงควบคุมจะมีลักษณะเปลี่ยนเป็นไปดังแสดงในรูปที่ 7.7 ซึ่งแต่ละปุ่มมีหน้าที่ดังนี้



รูปที่ 7.7 แผงควบคุม (dashboard) แบบหมุนวัตถุ (<http://www.szentesinfo.hu/vrml>)



Rotate คลิกและลากเมาส์เพื่อหมุนวัตถุ



Pan คลิกและลากเมาส์เพื่อเคลื่อนวัตถุไปทางซ้าย ขวา บน หรือล่าง



Zoom คลิกและลากเมาส์ขึ้นเพื่อขยายเข้า หรือขยายออก

วัตถุที่มีการใส่ตัวตรวจจับ (sensor) จากโหนด TouchSensor, PlaneSensor หรือโหนดตัวตรวจจับอื่นๆ ก็ตาม เพื่อกำหนดเหตุการณ์คลิกหรือดับเบิลคลิกให้เกิดเสียง หรือภาพเคลื่อนไหวแก่วัตถุ เมื่อคุณลากเมาส์พอยน์เตอร์ผ่านวัตถุ พอยน์เตอร์จะเปลี่ยนเป็นรูป starburst ปรากฏที่วัตถุนั้น บางครั้งยากที่จะใช้ปุ่มเพื่อเคลื่อนที่เข้าไปในโลกเสมือนจริงหรือหมุนวัตถุ โดยใช้ปุ่ม Go, Slide, Tilt, Rotate, Pan หรือ Zoom ภายในโลกเสมือนจริงที่มีมากและยากจะเข้าเฝ้า จึงใช้ปุ่ม Seek เพื่อนำคุณไปยังวัตถุที่ต้องการ โดยผ่านวัตถุอื่นที่ไม่ต้องการ ปุ่ม Seek มีหน้าที่ดังนี้



Seek คลิกปุ่มแล้วจึงใช้คีย์บอร์ดที่ต้องการเข้าถึง

บางครั้งในการเข้าไปสู่โลกเสมือนจริงเกิดมุมมองที่ไม่ได้อยู่ในระดับสายตา เราสามารถใช้ปุ่ม Straighten ของแผงควบคุมเพื่อปรับให้มาอยู่ในระดับสายตา ทำให้ง่ายต่อการเพียวชมโลกเสมือนจริง ปุ่ม Straighten มีลักษณะและหน้าที่ดังนี้



Straighten คลิกปุ่มหรือกดคีย์ End เพื่อปรับระดับสายตา

การปรับการเคลื่อนไหวกลับไปที่ล่าสุด โดยคลิกที่ปุ่ม undoing หรือ redoing เพื่อกลับไปยังมุมมองหรือการเคลื่อนไหวที่ผ่านมาล่าสุดซึ่งมีลักษณะหน้าที่ดังนี้



Undo/Redo
Move

Undo Move/Redo Move โดยคลิกที่ปุ่ม undoing หรือ Redoing เพื่อกลับไปยังมุมมองหรือการเคลื่อนไหวที่ผ่านมาล่าสุด

สามารถใช้คีย์บอร์ดในการควบคุมทิศทางได้ โดยใช้ปุ่มคีย์บอร์ดขึ้น ลง ซ้าย หรือ ขวาแทนทิศทางตามรูปของลูกศร หากกดปุ่ม Shift+ ขึ้น จะทำให้เป็นการเคลื่อนไปยังวัตถุนั้นอย่างรวดเร็วคล้ายการใช้ปุ่ม seek บนแผงควบคุม

ในการควบคุมทิศทางเพื่อเข้าชมโลกเสมือนจริงโดยใช้แผงควบคุม นอกจากจะใช้เมาส์ในการคลิกเลือกปุ่ม และควบคุมทิศทางแล้ว ยังสามารถใช้คีย์บอร์ดในการควบคุมแทนเมาส์ได้ด้วย โดยมีหน้าที่ดังแสดงในตารางที่ 7.1

ตารางที่ 7.1 คำสั่งต่างๆ ของคีย์บอร์ด ในการควบคุมทิศทาง [ชีววัฒน์ บุญพัฒน์ 2544]

Action	Keyboard Command
Switch Movement/Examine Controls	`[back quote],~[tilde] หรือ = [เครื่องหมายลบบน numeric keypad]
Slide (Movement)	Alt
Tilt (Movement)	Ctrl
Pan (Examine)	Alt
Zoom (Examine)	Ctrl
Move/Examine with selected control	arrow keys
Turbo (accelerates Go and Slide)	Shift
Previous viewpoint	Page up
Next viewpoint	Page Down
Return to entry viewpoint	Home
Straighten	End
Undo move	Delete หรือ Backspace
Redo move	Insert หรือ Shift+ Backspace
สลับ Gravity/Float	Tab or + [เครื่องหมายบวกบน numeric keypad]
สลับ headlight on/off	* [เครื่องหมายคูณบน numeric keypad]

การปรับแต่งการทำงาน (Setting Preferences)

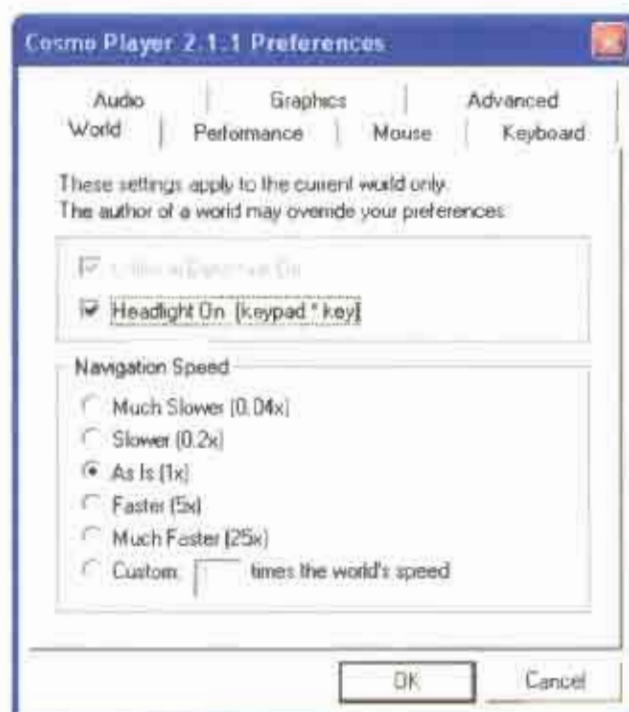
การปรับแต่งการทำงาน เป็นการตั้งค่าคุณสมบัติต่างๆ ให้เหมาะสมควบคุม เพื่อให้การทำงานของโปรแกรมเสริมปลั๊กอิน Cosmo Player ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น สามารถทำได้โดยคลิก Preferences ด้านขวาล่างของแผงควบคุมดังแสดงในรูปที่ 7.8



รูปที่ 7.8 ปุ่ม Preferences (<http://www.szentesinfo.hu/vrml>)

หลังจากคลิกปุ่มแล้วจะปรากฏหน้าจอของการปรับแต่งการทำงานของแผงควบคุมดังแสดงในรูปที่

7.9



รูปที่ 7.9 หน้าจอของการปรับแต่งการทำงานของแผงควบคุม

สามารถคลิกเลือกแท็บเมนู world / performance / Mouse / Keyboard / Audio / Graphic เพื่อกำหนดค่าคุณสมบัติให้แก่อุปกรณ์ Cosmo Player ได้ โดยแต่ละแท็บเมนูมีหน้าที่ดังต่อไปนี้

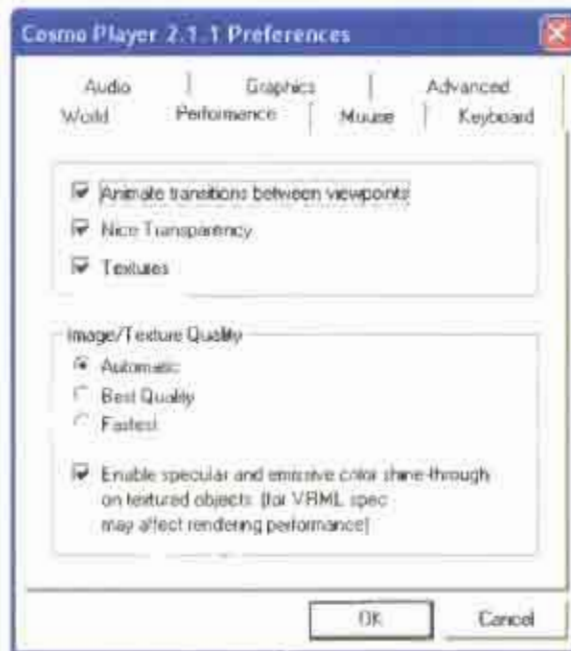
1. แท็บเมนู World (รูปที่ 7.9)

ก) Collision Detection On หากคลิกเลือก Collision Detection On แผงควบคุมจะทำการตรวจสอบการชนกับวัตถุ ทำให้ไม่สามารถผ่านวัตถุนั้นไปได้ เนื่องจากวัตถุจะมีลักษณะตัน

ข) Headlight On [Keypad*key] เป็นการกำหนดการเปิดปิดไฟ หากคลิกเลือก Headlight On แผงควบคุมจะทำการเปิดไฟให้แก่วัตถุอัตโนมัติทุกครั้งที่มีการเรนเดอร์

ค) Navigation Speed เป็นการปรับเปลี่ยนความเร็วขณะเคลื่อนที่เข้าไปในโลกเสมือนจริงในลักษณะเป็นเฟรมคล้ายท่าอากาศยาน

2. แท็บเมนู Performance (รูปที่ 7.10)



รูปที่ 7.10 เห็นเมนู Performance

3. แท็บเมนู World (รูปที่ 7.9)

ก) Animate Transition between Viewpoints เป็นการกำหนดการสร้างภาพเคลื่อนไหวในการเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังจุดหนึ่ง

ข) Nice Transparency เป็นการรวมสีแบบโปร่งใสเข้าด้วยกัน

ค) Textures เป็นการกำหนดให้เบราว์เซอร์ทำการประมวลผลภาพพื้นผิวและสร้างภาพฉากหลัง ซึ่งจะมีผลต่อการแสดงรายละเอียดของภาพด้วย

ง) Image / Texture Quality เป็นการกำหนดคุณภาพของภาพที่นำมาสร้างพื้นผิวและภาพฉากหลัง ซึ่งจะมีผลต่อการแสดงรายละเอียดของภาพด้วย

1. Automatic เป็นการปรับเปลี่ยนคุณภาพของภาพโดยอัตโนมัติ

2. Best Quality เป็นการปรับเปลี่ยนคุณภาพของภาพให้มีคุณภาพดี แต่จะทำให้ความเร็วในการทำงานลดลง

3. Fastest เป็นการปรับเปลี่ยนคุณภาพของภาพอย่างหยาบๆ เพื่อการทำงานได้เร็วขึ้น

จ) Enable specular and emissive color shine-through on textured objects เป็นการปรับเปลี่ยนคุณภาพสีและค่าความสว่างของภาพพื้นผิว

4. แท็บเมนู Graphics (รูปที่ 7.11)

แท็บเมนู Graphics เป็นการปรับแต่งคุณสมบัติด้านการเรนเดอร์ (Render) โดยเฉพาะการเรนเดอร์กราฟิก สามมิติ เป็นเป็นการเลือกชนิดการเรนเดอร์กราฟิก สามมิติ โดยแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

ก) Automatic render choice เบราว์เซอร์จะทำการเลือกชนิดการเรนเดอร์ให้อัตโนมัติตามความเหมาะสมของฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ที่มีอยู่

ข) OpenGL และ Direct3D เป็นการเลือกวิธีการเรนเดอร์กราฟิก สามมิติ



รูปที่ 7.11 แท็บเมนู Graphics

5. แท็บเมนู Advanced

แท็บเมนู Advanced เป็นการปรับแต่งคุณสมบัติต่างๆ ไปยังโปรแกรมเสริมปลั๊กอิน

ก) Examine Viewer Style เป็นการกำหนดรูปแบบมุมมองของการหมุนวัตถุแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

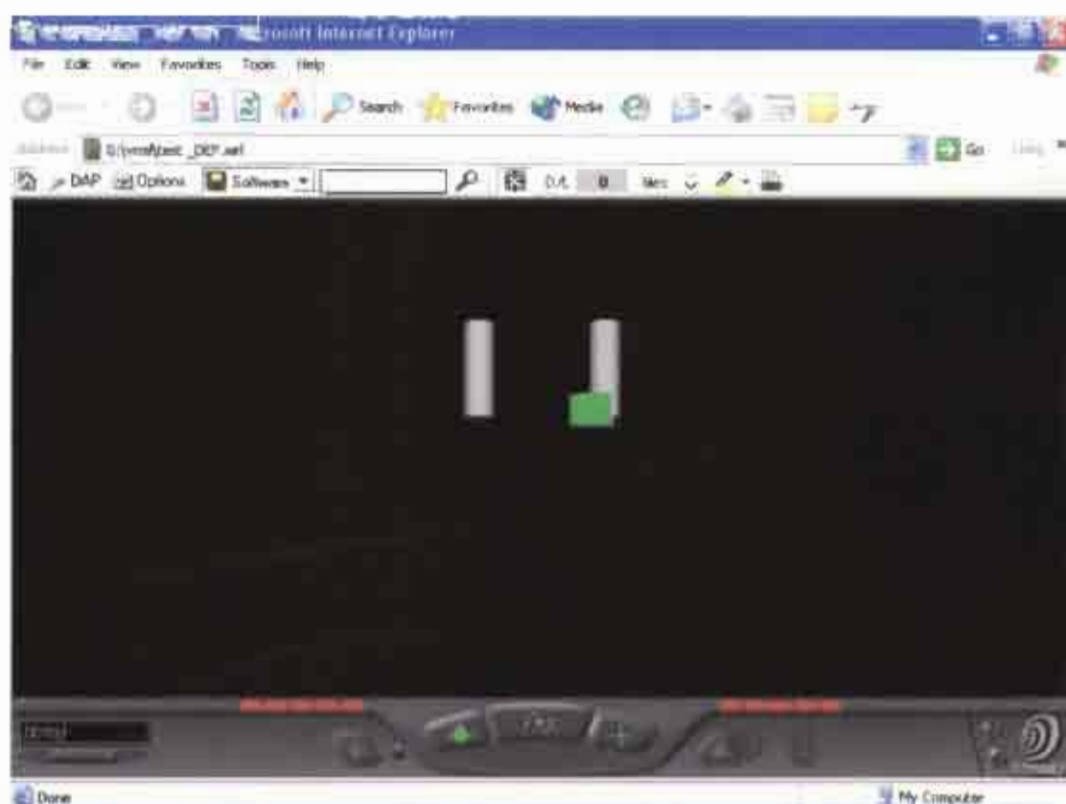
i. Standard Examiner เป็นการหมุนธรรมดาตามที่คิดทางการลากเมาส์

ii. Virtual Trackball เป็นการหมุนอิสระบนฉากในลักษณะทรงกลม

ข) VRML Console Behavior เป็นการกำหนดการแสดงข้อผิดพลาดในการเรนเดอร์วัตถุในแต่ละครั้ง โดยจะปรากฏแถบสี 2 สีคือ

I. สีเหลือง คือการเตือนข้อผิดพลาดและอนุญาตให้เรนเดอร์ต่อไป โดยจะแสดงผลของข้อผิดพลาดขึ้นมาให้ดูทั้งหมด เช่น ข้อผิดพลาดที่เกิดจากการไม่พบแหล่งเก็บเสียงไฟล์เสียงที่กำหนดในโปรแกรม เป็นต้น

II. สีแดง คือการแสดงข้อผิดพลาดและไม่อนุญาตให้ทำการเรนเดอร์ต่อไป โดยจะแสดงผลของข้อผิดพลาด ดังแสดงในรูปที่ 7.12 เช่น ข้อผิดพลาดที่เกิดจากรูปแบบไวยากรณ์ (syntax) ไม่ถูกต้อง เป็นต้น



รูปที่ 7.12 แถบสีแสดงข้อผิดพลาด

ค) VRML Console Behavior เป็นการกำหนดการแสดงข้อผิดพลาดในการเรนเดอร์วัตถุในแต่ละครั้ง โดยจะปรากฏแถบสี 2 สีคือ

I. Show console on error or warning เป็นการกำหนด VRML console แสดงข้อความเมื่อมีข้อผิดพลาดหรือคำเตือน

II. Show console on error startup เป็นการกำหนด VRML console แสดงข้อความเมื่อมีข้อผิดพลาดหรือคำเตือน ทุกครั้งเมื่อเริ่มโหลดโปรแกรมเสริมปลั๊กอิน Cosmo Player

iii. Feedback on Cosmo.Player คลิกเพื่อส่งความคิดเห็นไปยังบริษัทเจ้าของโปรแกรมเสริมปลั๊กอิน Cosmo Player

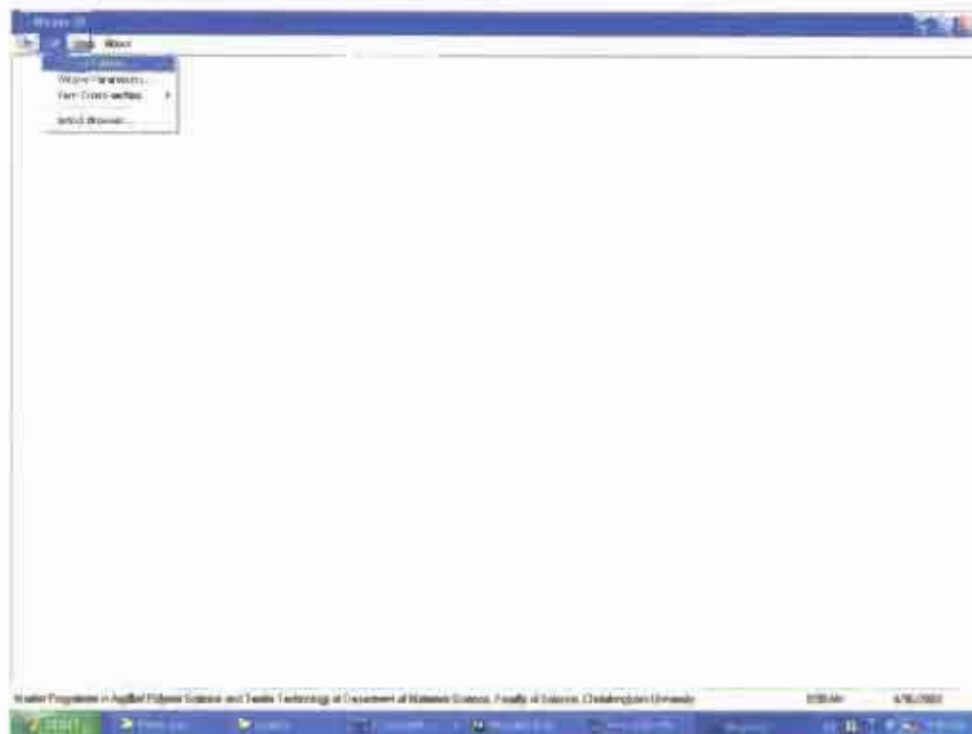
การทำงานของโปรแกรม Weave3D

เมื่อเริ่มต้นการใช้งานโปรแกรม Weave3D จะปรากฏหน้าจอตั้งแสดงในรูปที่ 7.13 ผู้ใช้สามารถเปิดหน้าต่างป้อนข้อมูลได้ในกรณีที่ปิดไป โดยคำสั่ง edit / weave pattern เพื่อป้อนค่าลายทอ และ step number ส่วนการป้อนค่าตัวแปรอื่นๆ เพิ่มเติมสามารถป้อนค่าได้โดยคำสั่ง edit / weave parameter ซึ่งจะสามารถเลือกป้อนค่าความหนาแน่น, ขนาด และสีของเส้นด้าย นอกจากนั้นยังสามารถเลือกดูความสามารถในการขัดกันของเส้นด้ายในสภาวะ jammed (jammed condition)



รูปที่ 7.13 หน้าจอของโปรแกรม Weave3D

โดยปกติค่าเริ่มต้นของโปรแกรมจะถูกตั้งค่าไว้ที่ลายทอแยง คือ ลาย 2/2 ค่าความหนาแน่นของด้ายพุ่ง (weft density) ,ความหนาแน่นของด้ายพุ่ง มีค่าเท่ากับ 40 ppc และ 40 epc ตามลำดับ โดยขนาดของด้ายพุ่งและด้ายยืนมีขนาดเท่ากัน เท่ากับ 0.1 mm เมื่อผู้ใช้จะเริ่มใช้โปรแกรม จะต้องทำการป้อนค่าลายทอ และ step number โดยกดปุ่มคำสั่ง edit / weave pattern ดังแสดงในรูปที่ 7.14



รูปที่ 7.14 การป้อนค่าต่างๆ ที่จำเป็น

จากนั้นจะปรากฏ กล่องโต้ตอบที่ใช้ป้อนค่าลายทอ และเลขขั้น (step number) ดังแสดงในรูปที่ 7.15



รูปที่ 7.15 กล่องโต้ตอบที่ใช้ป้อนค่าลายทอ

ส่วนค่า weave parameter ซึ่งได้แก่ ค่าความหนาแน่นของเส้นด้าย ทั้งในแนวด้ายยืนและด้ายพุ่ง, ขนาดของเส้นด้าย และสีเส้นด้าย สามารถป้อนค่าได้ โดยเมื่อกดปุ่มคำสั่ง edit / weave parameter จะปรากฏ กล่องโต้ตอบที่ใช้ป้อนค่าพารามิเตอร์ของการทอ ดังแสดงในรูปที่ 7.16



รูปที่ 7.16. กล่องโต้ตอบที่ใช้ป้อนค่า weave parameter

การป้อนค่า weave parameter นั้น จำเป็นจะต้องป้อนให้ครบเสียก่อนจึงจะสามารถจำลองภาพโครงสร้างผ้าทอได้ โดยถ้าผู้ใช้ต้องการดู weave pattern สามารถทำได้โดยกดปุ่มคำสั่ง view / weave pattern จะปรากฏภาพของลายทอดังแสดงในรูปที่ 7.17



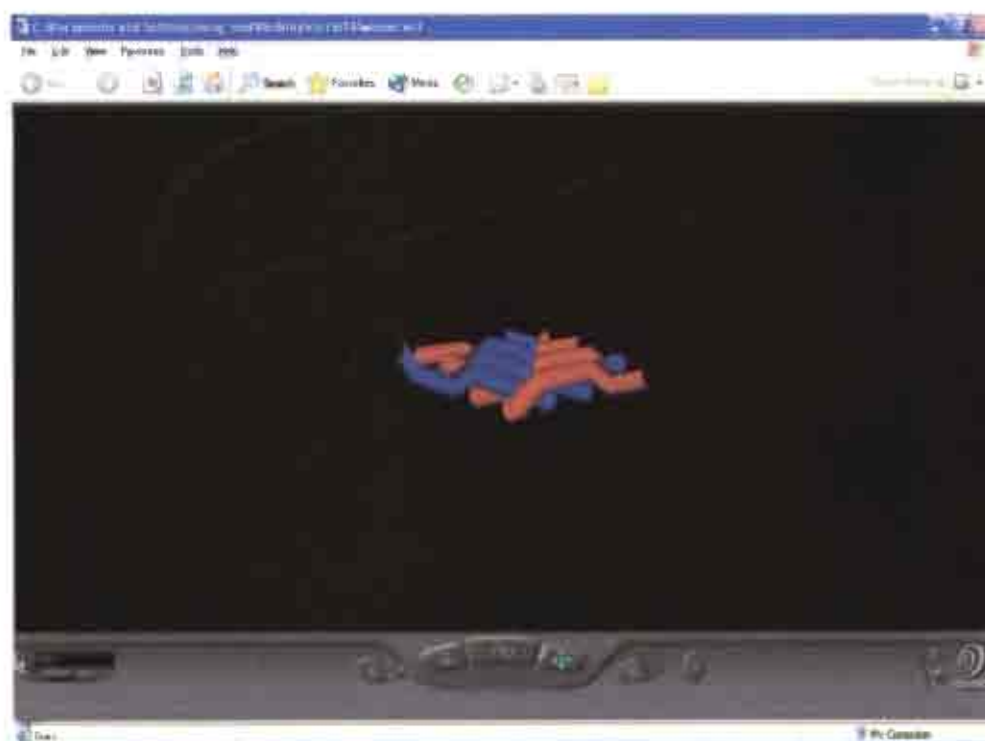
รูปที่ 7.17 หน้าจอของโปรแกรม Weave3D แสดง weave pattern

เช่นเดียวกับการแสดงภาพของลายทอ โปรแกรมจะทำการจำลองแนวเส้นด้าย ของลายทอที่เราป้อนค่าเข้าไป เมื่อข้อมูลลายทอ เลขขึ้น รวมทั้งค่าพารามิเตอร์การทอ ถูกป้อนเข้าไปได้ครบ ซึ่งโปรแกรมสามารถจำลองภาพ yarn path ได้ทั้งในแนวด้ายพุ่ง (weftwise) และแนวด้ายยืน (warpwise) ขึ้นอยู่กับผู้ใช้ต้องการดูในแนวใด โดยกดปุ่มคำสั่ง view / 2D Visualisation ดังแสดงในรูปที่ 7.18



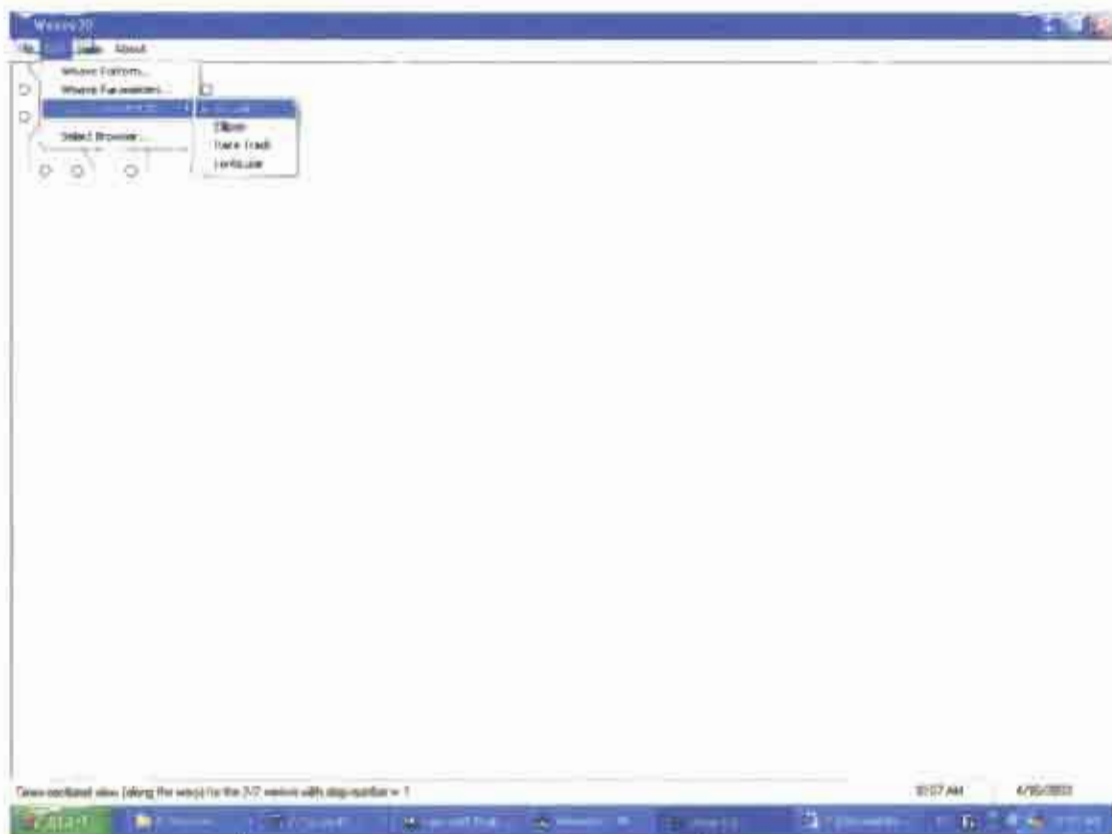
รูปที่ 7.18 หน้าจอของ โปรแกรม Weave3D ที่ใช้ในการจำลองภาพสามมิติของแนวเส้นด้าย

จากนั้น เมื่อต้องการจำลองภาพ สามมิติของโครงสร้างผ้าทอ ทำได้โดยกดปุ่มคำสั่ง view // 3D Visualisation ภาพ สามมิติของโครงสร้างผ้าทอที่สามารถจำลองได้ จะแสดงการขัดกันของด้ายพุ่งและด้ายยืน ตามค่าลายทอ, ความหนาแน่น, ขนาด และสีของเส้นด้าย ตามที่ผู้ใช้ได้กำหนดไว้ ดังไว้ในรูปที่ 7.19



รูปที่ 7.19 ภาพจำลอง สามมิติของโครงสร้างผ้าทอ

นอกจากนี้โปรแกรมที่ได้สร้างขึ้น สามารถเลือกพื้นที่หน้าตัดของเส้นด้าย ได้แก่ วงกลม, รูปกลมไข่, สี่เหลี่ยมปลายมน และ รูปเลนส์นูน ดังแสดงในรูปที่ 7.20

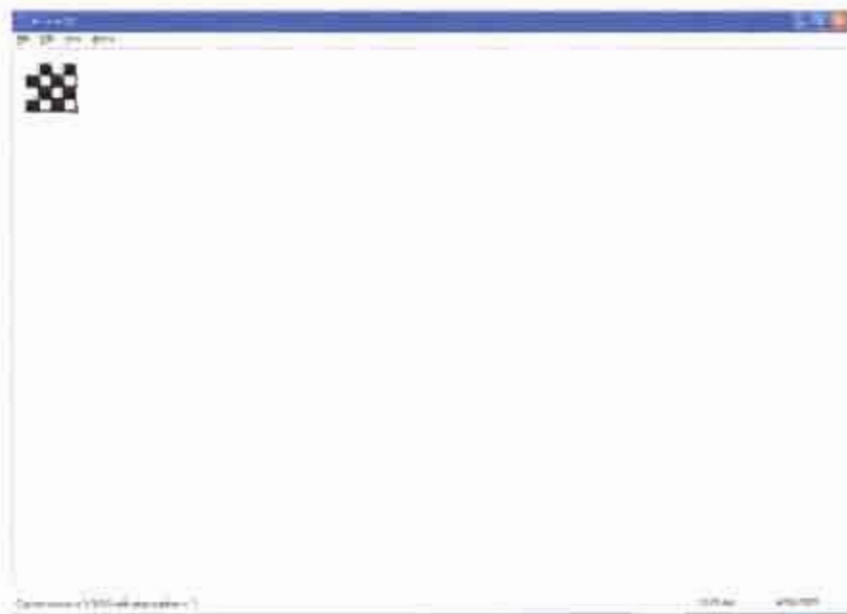


รูปที่ 7.20 หน้าค่าของโปรแกรมที่ใช้เลือกพื้นที่หน้าตัดของเส้นด้าย

ตัวอย่างการสร้างลายทอพื้นฐาน

โปรแกรม Weave3D สามารถจำลองภาพ สามมิติของลายทอพื้นฐาน ซึ่งได้แก่ ลายขัด, ลายตะแยง และลายทวน โปรแกรมสามารถสร้างลายดังกล่าวได้โดยอัตโนมัติ ขึ้นกับข้อกำหนดของค่าขนาด ความหนาแน่น และสีของเส้นด้าย ซึ่งผู้ใช้เป็นผู้ป้อนข้อมูล

1. ลายขัด



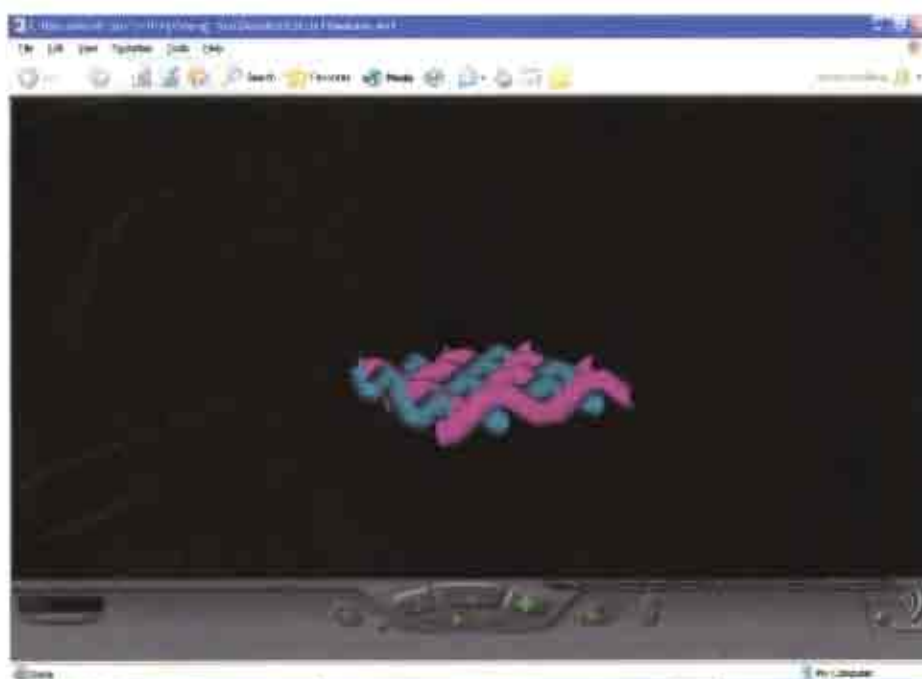
รูปที่ 7.21 ภาพแสดง weave pattern ของตาข่าย



รูปที่ 7.22 ภาพจำลองสองมิติของแนวเส้นด้ายของตาข่ายในแนว warpwise



รูปที่ 7.23 ภาพจำลองสองมิติของแนวเส้นตัวของสายโซ่พอลิเมอร์ในแนว wellwise



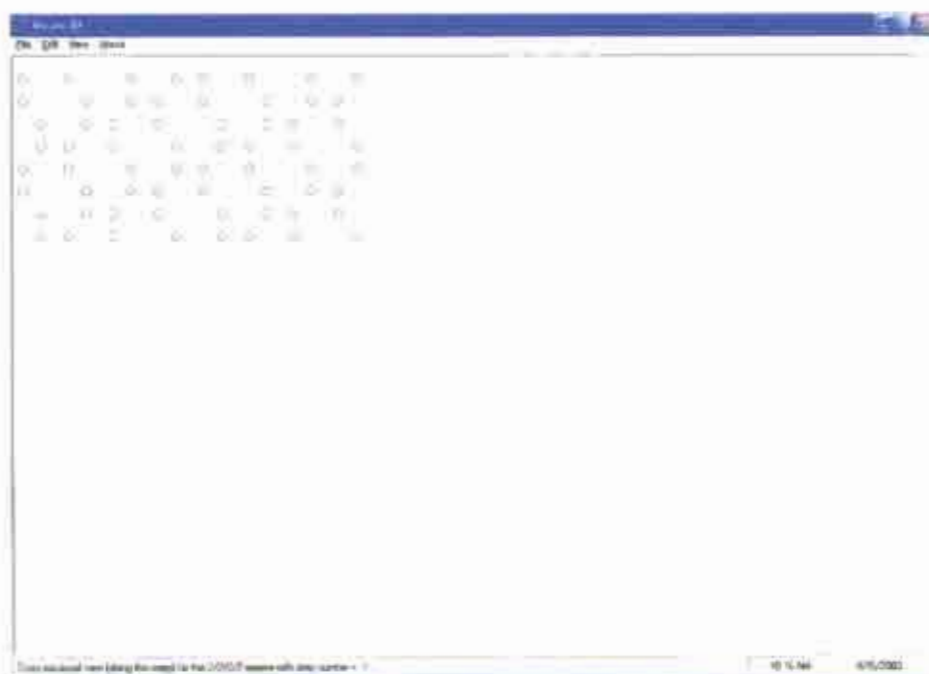
รูปที่ 7.24 ภาพจำลองสามมิติของสายโซ่พอลิเมอร์

2. ลายทแยง

ผู้ใช้สามารถป้อนค่าลายทแยงที่ต้องการแล้ว ลายทแยงจะถูกสร้างขึ้นในลักษณะเดียวกับลายขีด ดังตัวอย่างในรูปที่ 7.25



รูปที่ 7.25 ภาพแสดง weave pattern ของกลาตแขวง



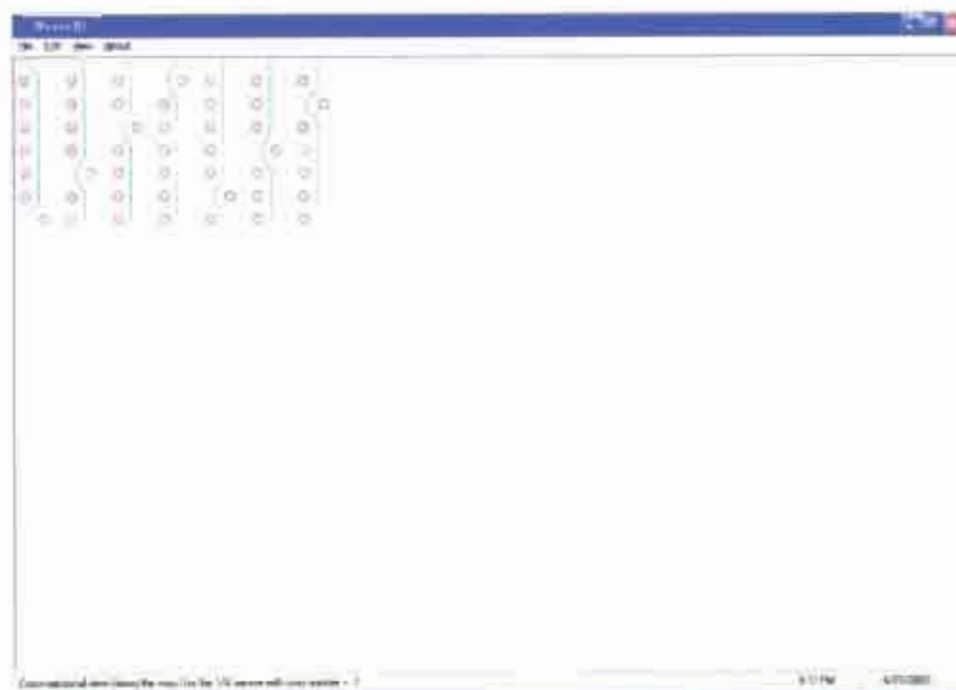
รูปที่ 7.26 ภาพจำลองสองมิติของแนวเส้นด้ายของกลาตแขวงในแนว warpwise

3. ลายตัว

ผู้ใช้สามารถป้อนค่าลายตัวเข้าไป เช่น 1 / 6 ลงไปในช่อง Weave pattern รวมทั้งค่าตัวนับที่เหมาะสม เมื่อกรอกข้อมูลของลายที่ต้องการแล้ว ลายตัวจะถูกสร้างขึ้นในลักษณะเดียวกับลายทะเลแยง ดังแสดงในรูปที่ 7.29



รูปที่ 7.29 ภาพแสดง weave pattern ของลายตัว



รูปที่ 7.30 ภาพจำลองสองมิติของแนวเส้นผ้าของลายตัวในแนว warpwise



รูปที่ 7.31 ภาพจำลองสองมิติของแนวเส้นโค้งของลาชควันในแนว weftwise



รูปที่ 7.32 ภาพจำลองสามมิติของลาชควัน

4. การเปลี่ยนสีเส้นด้าย

การเปลี่ยนสีเส้นด้ายจะทำให้ลักษณะของลายเปลี่ยนไป สีของเส้นด้ายแสดงไว้บนแถบสีรอบๆ ส่วนที่เป็นกระดาษออกแบบ เมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Warp Color สีของเส้นด้ายนั้นจะเปลี่ยนไปตามสีที่ผู้ใช้เลือก

และเมื่อกดปุ่ม Weft Color จะเป็นการเลือกสีของด้ายพุ่งได้ตามต้องการ และสีที่ทำกาเลือกไว้จะแสดงให้เห็นในช่องแสดงแถบสี โดยเมื่อผู้ใช้กดเลือกสีของเส้นด้ายที่ปุ่ม Warp Color และ Weft Color จะปรากฏ dialog box ให้เลือกสีใหม่ ดังแสดงในรูปที่ 7.33 และตัวอย่างของภาพ สามมิติของโครงสร้างผ้าทอที่ถูกเปลี่ยนสีแล้ว แสดงให้เห็นตัวอย่างในรูปที่ 7.34



รูปที่ 7.33 ทก้องได้คอบเพื่อเลือกสีเส้นด้าย



รูปที่ 7.34 ภาพสามมิติของ โครงสร้างผ้าทอที่ถูกเปลี่ยนสีแล้ว

แต่จะพบปัญหากับสีอ่อนๆ เนื่องจากการอ่านค่าสีในภาษาเวอร์ชวลเรียลิตีโมเดลลิงยังมีข้อจำกัด ทำให้การแปลค่าสีที่เลือกจากในโปรแกรมจะทำให้ได้สีที่เพี้ยนไปจากสีที่จริงที่เลือกไว้ โดยจะเห็นสีของเส้นด้ายที่เลือกไว้เป็นสีอ่อน ถูกจำลองเป็นภาพสามมิติเป็นสีเทา

5. Jammed condition

จากโปรแกรมที่สามารถสร้างขึ้นได้นี้ สามารถทำการจำลองภาพ yarn path ในสภาวะ jammed (jammed condition) ได้ ซึ่งจากที่กล่าวมาแล้วในช่วงต้น jammed condition เป็นสภาวะที่ด้ายพุ่งและด้ายยืนอยู่ชิดกันมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ในกระบวนการทอ

ในกระบวนการทอที่แท้จริงนั้น จะไม่สามารถเกิดสภาวะ jammed (jammed condition) ขึ้นได้ เนื่องจาก ด้ายยืนและด้ายพุ่งจะมีขนาดที่แตกต่างกันหรือเท่ากัน ขึ้นกับผู้ประกอบการเลือกใช้ให้เหมาะสมกับลายทอ ทำให้ไม่สามารถเข้ามาชิดติดกันได้ โดยด้ายยืนและด้ายพุ่งจะแยกห่างออกจากกันเนื่องจากเกิดการขัดกันของเส้นด้าย

สภาวะ jammed ของเส้นด้ายที่ได้ทำการจำลองขึ้นนี้ทำให้ผู้ใช้โปรแกรมสามารถเห็นภาพ และคาดการณ์ได้ถึงขนาดของเส้นด้ายที่จะใช้จริงในกระบวนการทอ โดยที่ไม่ทำให้เส้นด้ายขาดในระหว่างกระบวนการทอ อีกทั้งยังสามารถทำให้กระบวนการผลิตออกมาอย่างมีประสิทธิภาพ ผืนผ้าที่ทอได้จะไม่เกิดการขีดข่วนกันแน่นจนเกินไป ซึ่งจะมีผลทำให้ผ้ามีความแข็ง ผิวนุ่มผืนหยาบ และมีลักษณะไม่เป็นที่ต้องการของตลาด ไม่เหมาะสมต่อการใช้งาน

ภาพหน้าตัดของเส้นด้าย

เป็นที่ทราบกันโดยทั่วไปว่า เส้นด้ายนั้นไม่ได้มีลักษณะพื้นที่หน้าตัดเป็นแค่เพียงวงกลมอย่างเดียว หากแต่มีรูปร่างหน้าตัดได้อีกหลายแบบ เช่น สีเหลี่ยมปลายมน รูปวงรี และรูปเลนส์นูน โดยเมื่อใช้เส้นด้ายที่มีพื้นที่หน้าตัดแตกต่างกันไป ก็จะส่งผลให้ได้ลายทอที่แตกต่างกันออกไปอีกด้วย แม้เส้นด้ายนั้นจะมีขนาด หรือ สีที่เหมือนกัน

บทที่ 8

การทดลองทอผ้าตัวอย่าง

เนื่องจากการทอด้วยเครื่องทอระดับปฏิบัติการยังไม่สามารถทำได้ดีเท่าใดนัก จึงได้ร่วมวิจัยกับนางสาวคันตน์นีย์ ชัยศาสตร์ นักศึกษามหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร โดยมีอาจารย์ยุบพรรัตน์ ศิลางษ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบลายผ้ามัดหมี่ทอมือให้มีลวดลายใหม่ ทันสมัย เป็นที่ต้องการของวัยรุ่นตอนปลาย ผลิตเป็นสื่ออิเล็กทรอนิกส์จากลวดลายที่ออกแบบได้แล้วศึกษาว่าลายที่ออกแบบได้ในสื่ออิเล็กทรอนิกส์ สามารถนำไปทอเป็นผืนผ้าได้จริง ทั้งนี้โดยใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น และดัดแปลงให้สามารถใช้ในการทอผ้ามัดหมี่ได้

จากการทดลองพบว่าผ้าที่ทอได้มีความใกล้เคียงกับการออกแบบ แต่มีความผิดพลาดเล็กน้อยอันเนื่องมาจากสีและลายผ้าที่อยู่ในสื่อที่นำไปสำรวจกับลายผ้าบนผืนผ้าจริงแตกต่างกันเล็กน้อย ซึ่งอาจเกิดจากการคำนวณจำนวนเส้นด้ายในแต่ละล้ามี่ผิดพลาดทำให้ลายที่ออกมามีขนาดใหญ่มากกว่าลายที่อยู่ในสื่อ และทำให้ความคมชัดของลายลดน้อยลง รวมถึงสีของไหมที่ใช้ทอเคยสีไม่ได้ตามที่ออกแบบมาเนื่องจากกลุ่มแม่บ้านไม่มีสีที่ทางผู้วิจัยกำหนดจึงต้องใช้สีที่ใกล้เคียงกันแทน ดังแสดงในรูปด้านล่างนี้





บทที่ 9

สรุปผลการดำเนินโครงการวิจัย

การพัฒนาโปรแกรมสำหรับช่วยในการออกแบบและการผลิตผ้าทอ CU-Weave

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับช่วยในการออกแบบและการผลิตผ้าทอ โดยมุ่งเน้นให้เป็นโปรแกรมที่สามารถตอบสนองความต้องการของภาคอุตสาหกรรมสิ่งทอไทย โดยเฉพาะอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อม โดยได้พัฒนาโปรแกรมภายใต้ชื่อ CU-Weave ซึ่งมีความสามารถในการออกแบบลายทอสำหรับเครื่องทอตอบปี โดยใช้โปรแกรมสามารถออกแบบลายได้ด้วยตนเอง ใช้การออกแบบลายทอพื้นฐานและลายทออนุพันธ์แบบอัตโนมัติ ใช้ลายที่มีอยู่ในฐานข้อมูล นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้พัฒนาโมดูลสำหรับการอ่านลายทอจากผ้าผืนซึ่งยังอยู่ในขั้นเริ่มต้น เมื่อได้ลายที่ต้องการแล้วผู้ใช้งานสามารถปรับเปลี่ยนสีของเส้นด้ายได้โดยง่าย ในการแสดงผลที่ได้ สามารถแสดงผลในรูปแบบของกระดาษออกแบบ ภาพจำลองสองมิติและภาพจำลองสามมิติ ผู้วิจัยยังได้พัฒนาโปรแกรมเพื่อให้สามารถสร้างแผนการร้อยตะกอลและแผนการยกตะกอให้โดยอัตโนมัติ แผนการร้อยตะกอนี้จะเป็นแผนการร้อยตะกอที่คำนวณให้มีการใช้ตะกอนน้อยที่สุด แต่ผู้ใช้งานสามารถปรับเปลี่ยนจำนวนตะกอให้เหมาะสมได้ พื้นฐานของโปรแกรมนี้นั้นขึ้นกับการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของลายทอ ซึ่งจะทำให้โปรแกรมสามารถขยายการใช้งานไปได้กว้างขวางขึ้น ไม่ว่าจะเป็นเทคนิคการทอด้านอื่นๆ การออกแบบผ้าทอที่ซับซ้อนขึ้น หรือแม้กระทั่งการวิเคราะห์สมบัติเชิงกลของผ้าทอ

อย่างไรก็ดีโปรแกรมนี้อย่างมีจุดบกพร่องที่จำเป็นต้องได้รับการแก้ไข ก่อนที่จะพร้อมนำไปพัฒนาเป็นโปรแกรมในเชิงพาณิชย์ได้ รวมทั้งจำเป็นต้องมีระบบการป้องกันทรัพย์สินทางปัญญาอีกด้วย

การพัฒนาโปรแกรมการอ่านลายทอจากผ้าทอ

การพัฒนาโปรแกรมอ่านลายทอเริ่มจากหลักการหาค่า RGB พบว่าผลในการวาดกราฟที่ไม่เกิดเป็นช่วงคลื่นที่ชัดเจนเพียงพอที่จะทำให้บอกได้ว่าการขีดสานกันของเส้นด้ายเป็นอย่างไร จึงเปลี่ยนมาใช้สูตรการหาค่าความส่องสว่างรวมและนำ Autocorrelation มาคำนวณต่อทำให้ได้ผลการวาดกราฟที่ชัดเจนทำให้สามารถนำมาวิเคราะห์หาลายทอต่อไปได้ เมื่อให้โปรแกรมคอมพิวเตอร์อ่านลายทอของผ้าทอลายขีดได้ผลการอ่านลายทอที่ถูกต้อง 90-100% ในแนวด้ายยืน และ 100% ในแนวด้ายพุ่งเมื่อเปรียบเทียบกับผลการตรวจสอบด้วยแว่นขยาย ส่วนผลการอ่านลายทอของผ้าลายทแยงให้ผลที่ถูกต้อง 70% เนื่องจากว่าลายทอทั้งในแนวที่อ่านได้นั้นอาจเกิดหน่วยซ้ำขึ้นที่ไม่ต่อเนื่องกันบ้างแต่ก็ยังสามารถอ่านได้ว่าลายทแยงที่เกิดขึ้นเป็นแบบใด การอ่านผลที่ไม่สม่ำเสมอนี้เกิดขึ้นเนื่องจากว่าโครงสร้างผ้าทอลายทแยงมีความซับซ้อนมากกว่าผ้าทอลายขีดและมีโครงสร้างที่แน่น การสแกนภาพผ้าทอจึงทำให้ชัดเจนทุก

เส้นด้ายและตลอดทั้งแนวได้ยาก เวลาที่โปรแกรมใช้ในการคำนวณสำหรับการอ่านลายทอและการนับจำนวนเส้นด้ายใช้เวลาประมาณ 15 วินาที ส่วนเวลาที่โปรแกรมใช้ในการแสดงผลตาราง Microsoft Access เป็นเวลาประมาณ 45 – 60 นาที ทั้งนี้เวลาที่โปรแกรมใช้ในการคำนวณจะขึ้นอยู่กับขนาดของภาพและชนิดของผ้าทอที่น่าวิเคราะห์

ข้อควรระวังก็คือ ขั้นตอนในการสแกนภาพผ้าทอต้องมีความระมัดระวังในการจัดวางผ้าทอก่อนการสแกนให้มีการจัดเรียงตัวของเส้นด้ายที่เรียงขนานกันเป็นเส้นตรงตลอดทั้งเส้นด้ายในแนวเส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่งให้มากที่สุดเพื่อให้เมื่อทำการเลือกแนวเส้นด้ายในการคำนวณแล้วได้ผลการอ่านลายทอที่ถูกต้องมากที่สุด หรืออาจเพิ่มพื้นที่ในการสแกนภาพผ้าทอให้มีขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อเฉลี่ยข้อผิดพลาดในการอ่านลายทอและนับจำนวนเส้นด้ายให้น้อยลง

การพัฒนาโปรแกรมจำลองภาพสามมิติของผ้าทอ

จากงานวิจัยนี้ เราสามารถนำโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นได้เข้าไปประยุกต์ใช้และพัฒนาในอุตสาหกรรมสิ่งทอในประเทศไทย โดยเฉพาะกระบวนการทอ การผลิตผ้าผืน และด้านเสื้อผ้า ซึ่งทางโรงงานสิ่งทอสามารถใช้โปรแกรมการจำลองภาพ สามมิติของโครงสร้างผ้าทอ อย่างมีประสิทธิภาพ เพิ่มทางเลือกในการออกแบบลายทอ และลดอัตราความบกพร่องในระหว่างกระบวนการทอ โดยได้พัฒนาโปรแกรมการจำลองภาพสามมิติของโครงสร้างผ้าทอด้วยภาษาวิชวลเบสิก ผู้ใช้โปรแกรมสามารถออกแบบลายทอใหม่ๆ ได้ตามต้องการ และตัดสินใจเลือกลายทอได้จากภาพ สามมิติของโครงสร้างผ้าทอที่ทำการจำลองขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถกำหนดขนาด ความหนาแน่น มุมการทอ (weave angle) และสีของเส้นด้ายได้ตามต้องการ รวมทั้งลักษณะหน้าตัดของด้าย ทำให้ลายที่ออกแบบได้มีความหลากหลายเพิ่มมากขึ้น จากนั้นโปรแกรมจะจำลอง yarn path ของแต่ละลายทอ โดยอาศัยแบบจำลองของ Pierce ในลักษณะสองมิติ รวมทั้งจำลองภาพหน้าตัดของด้ายที่ระบุโดยผู้ใช้ ภาพสามมิติจะถูกสร้างขึ้นโดยเทคนิคการกดอัด (extrusion) ผ่านเบร้าเซอร์ภาษาเวอร์ชวลเรียลิตีโมเดลลิง โปรแกรมสามารถจำลองภาพสามมิติของผ้าทอที่ออกแบบโดยโปรแกรม CU-Weave ได้ เนื่องจากข้อมูลเบื้องต้นที่ใช้มีลักษณะเดียวกัน ในขั้นต่อไปจึงจะต้องรวมโปรแกรมสองส่วนนี้เข้าด้วยกัน

จากการจำลองภาพสามมิติของโครงสร้างผ้าทอด้วยภาษาเวอร์ชวลเรียลิตีโมเดลลิง จะพบปัญหากับการเลือกสีของเส้นด้าย ในกรณีที่เลือกสีเส้นด้ายเป็นสีอ่อนๆ เมื่อภาพจำลองถูกสร้างขึ้น สีของเส้นด้ายที่ถูกจำลองขึ้นจะแสดงออกเป็นโทนสีเทา เนื่องจากการอ่านค่าสีในภาษาเวอร์ชวลเรียลิตีโมเดลลิงยังมีข้อจำกัด ทำให้การแปลค่าสีที่เลือกจากในโปรแกรม ได้สีที่เพี้ยนไปจากสีจริงที่เลือกไว้ นอกจากนี้สีของเส้นด้ายที่ผู้ใช้ได้เลือกไว้ จะแสดงออกได้เจดสีไม่ตรงกับเจดสีที่เลือกจากกล่องโต้ตอบเพื่อเลือกสีเส้นด้าย ซึ่งเป็นเหตุผลเดียวกับข้างต้นที่ได้กล่าวถึงแล้ว

การสร้างฐานข้อมูลลายทอ

โดยอาศัยโปรแกรม CU-Weave ที่ได้พัฒนาขึ้น ปัจจุบันมีฐานข้อมูลลายทอซึ่งพร้อมที่จะนำไปผลิต เก็บอยู่ในรูปข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์กว่า 200 ลาย

การจัดการสัมมนาเผยแพร่ความรู้

ผู้วิจัยได้จัดการสัมมนาเผยแพร่โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับช่วยในการออกแบบและการผลิตผ้าทอที่พัฒนาขึ้น เมื่อวันที่ 25 มิถุนายน 2546 ณ ห้องอบรมคอมพิวเตอร์ ศูนย์คอมพิวเตอร์คณะวิทยาศาสตร์ ชั้น 4 อาคารวิจัยและตรวจสอบอัญมณี โดยได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากสมาคมอุตสาหกรรมทอผ้าไทย โดยท่านนายกสมาคม คุณวีระ ขวลิมาภรณ์ ซึ่งได้ให้เกียรติมารับฟังการสัมมนาด้วยตนเอง โดยมีผู้เข้ารับฟังการสัมมนาเชิงปฏิบัติการครั้งนี้ทั้งสิ้น ๓๐ คน การสัมมนาครั้งนี้ทำให้ผู้วิจัยได้รับทราบถึงความต้องการของผู้ใช้อย่างแท้จริง รวมทั้งได้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่างๆ มากมาย และจะนำไปปรับปรุงโปรแกรมให้สมบูรณ์ขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- เจนวิทย์ เหลืองอร่าม และ ปิยวิทย์ เหลืองอร่าม การเขียนโปรแกรมสำหรับ Client/Server ด้วย Visual Basic 6 และ ASP, VBScript, Access, SQL Server. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2544.
- ฉันทวุฒิ พิษผล และพิชิต สันติกุลานนท์ คู่มือเรียน Visual Basic 6. กรุงเทพฯ: 2544.
- ชีวาวัดน์ บุญคือนนท์ VRML เทคนิคการสร้างกราฟิก 3 มิติบนอินเทอร์เน็ต. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2544.
- มณฑา จันทรเกตุเลียด วิทยาศาสตร์สิ่งทอเบื้องต้น. กรุงเทพฯ: ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2541.
- ยุพินศรี สายทอง หลักการทอเบื้องต้น, งานทอ. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, 2528.
- ลิลลี่ โกศัยยานนท์ คู่มือวิชาการสิ่งทอ. กรุงเทพฯ: โครงการพัฒนาคำราคความรู้พื้นฐานในวิทยาศาสตร์สิ่งทอ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2540.
- ส่วนส่งเสริมอุตสาหกรรมสิ่งทอ สถิติสิ่งทอไทย 2544. กรุงเทพฯ: สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมรายสาขา กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, 2545.
- สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ สถิติสิ่งทอ [online] 2002. Available from: <http://www.thaitextile.org/statistic/question.asp> [12 ธันวาคม 2545]
- อัจฉราพร ไชยะสูตร และ ชิงรุ วาดานาเบ วิศวกรรมสิ่งทอ. กรุงเทพฯ: บริษัท ดวงกมล จำกัด, 2520.
- อัจฉราพร ไชยะสูตร การออกแบบทอ, การออกแบบลายผ้าและเทคนิคการพิมพ์. กรุงเทพฯ: สหประชาพาณิชย์, 2524.
- Ames A.L., Nadeau D.R. and Moreland J.L. The VRML Sourcebook. New York: Wiley, 1996.
- Bell G., Parisi A. and Pesce M. The Virtual Reality Modeling Language, Version 1.0C Specification. London: Elsevier, 2001.
- Chen X., Knox, R.T., McKenna, D.F. and Mather, R.R. 'Automatic Generation of Weaves for the CAM of 2D and 3D Woven Textile Structures' J. Text. Inst. 1996, 87(2), Part 1: 356.
- Chen X. and Potiyaraj P. 'CAD/CAM for Complex Woven Fabrics Part I: Backed Cloths' J. Text. Inst. 1998, 89(3), Part 1: 532.
- Chen, X., Potiyaraj, P., Mather, R.R., McKenna, D.F. and Knox R.T. 'Modelling and Simulation Systems for 3D Complicated Woven Structures' Textile Asia. 1998, 29(10): 33.
- Chen, X. and Potiyaraj P. 'CAD/CAM for Complex Woven Fabrics Part II: Multi-layer Fabrics' J. Text. Inst. 1999a, 90(1), Part 1: 73.

- Chen X. and Potiyaraj, P. 'CAD/CAM for Orthogonal and Angle-Interlock Woven Structures for Industrial Applications' Text. Res. J. 1999b, 69(9): 648.
- Fujita, T. 'Warp Lifting Plan of Weaving Calculated with Matrices' J. Text. Mach. Soc. Japan (Eng Ed.). 1962a, 8(1): 29.
- Fujita, T. 'Analysis and Calculation of Double Cloth Design with Matrices' J. Text. Mach. Soc. Japan (Eng Ed.). 1962b, 8(2): 43.
- Go Y., Matsuhashi, F. and Shinohara, A. 'Fundamental Studies on the Textile Weaves' J. Soc. Text. Cellulose Industr. Japan. 1961, 17: 989.
- Gray, S. CAD/CAM in Clothing and Textiles. Hampshire: The Design Council, 1998.
- Gray S. The Benefits of Computer-aided Design and Manufacture. London: The Design Council, 1992.
- Huang C. C., Lui S.C. and Yu W.H. 'Woven Fabric Analysis by Image Processing Part I: Identification of Weave Patterns', Text. Res. J. 2000, 70(6): 481.
- Jain A.K., Fundamentals of Digital Image Processing. New Jersey: Prentice Hall, 1989.
- Kang T.J., Kim C.H. and Oh K.W. 'Automatic Recognition of Fabric Weave Patterns by Digital Image Analysis' Text. Res. J. 1999, 69(2): 77.
- Kang T.J., Choi S.H. and Kim S.M. 'Automatic Structure Analysis and Objective Evaluation of Woven Fabric Using Image Analysis' Text. Res. J. 2001, 71(3): 261.
- Kemp, A. 'An Extension of Pierce 's Cloth Geometry to the Treatment of Non-circular Threads' J. Text. Inst. 49:T44-T48, 1958.
- Kinoshita M., Hashimoto Y., Akiyama R. and Uchiyama S. 'Determination of Weave Type in Woven Fabric by Digital Image Processing' Journal of the Textile Machinery Society of Japan. Proceedings. 1989, 35(2): 1.
- Indrusiak L.S. and da Luz Reis R.A. '3D integrated circuit Layout visualization using VRML' Future Generation Computer Systems. 2001, 17.
- Love, L. 'Graphical Relationships in Cloth Geometry for Plain, Twill and Sateen Weaves' Text. Res. J. 1954, 24(12): 1073.
- Ohta K., Sakaue K. and Tamura H. 'Pattern Recognition of Fabrics Surfaces' Journal of the Textile Machinery Society of Japan. Proceedings. 1986, 32(1): 7.
- Omer C., Christopher L. and Rzepa H.S. Virtual Reality Modelling Language (VRML) in Chemistry [online] 2003. Available from: <http://www.ch.ic.ac.uk/rzepa/vrml/> [27 March 2003]

- Panadiker R. and Pourdeyhimi, B. 'Computer-aided Woven Fabric Design: Determination of Weave Size in twill Weaves' Ars Textrina. 1989, 12: 93.
- Pierce F.T. 'The Geometry of Cloth Structure' J. Text. Inst. Transaction. 1937, T45.
- Pourdeyhimi B. 'Transposed Twills: A Programming Approach' Ars Textrina. 1988, 9: 43.
- Pourdeyhimi B. 'Programming Techniques in Computer-aided Design of Woven Fabrics' J. Text. Inst. 1989, 80(3): 391.
- Sakaguchi A., Kim H., Matsumoto Y.I. and Toriumi K. 'Woven Fabric Quality Evaluation Using Image Analysis' Text. Res. J. 2000, 70(11): 950.
- Sakaguchi A., Wen G.H., Matsumoto Y.I., Toriumi K. and Kim H. 'Image Analysis of Woven Fabric Surface Irregularity' Text. Res. J. 2001, 71(8): 666.
- Zhang Y.F. and Bresee R.R. 'Fabric Defect Detection and Classification Using Image Analysis' Text. Res. J. 1995, 65(1): 1.

ภาคผนวก ก

บทความสำหรับการประชาสัมพันธ์โครงการ

ปัจจุบันนี้อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์สิ่งทอได้เจริญก้าวหน้าไปมากและยังได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบในด้านเศรษฐกิจตามมาอีกด้วย ประเทศไทยเคยเป็นประเทศที่มีรายได้จากอุตสาหกรรมสิ่งทอเป็นอันดับหนึ่ง แต่ปัจจุบันมูลค่าการส่งออกได้ลดลงอย่างมากเป็นผลต่อเนื่องจากภาวะเศรษฐกิจในตลาดโลกและตลาดหลักยังไม่ฟื้นตัว ปัจจัยสำคัญอีกประการหนึ่งก็คือธุรกิจสิ่งทอไทยขาดการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ ขาดความเป็นเอกลักษณ์ และมักจะถูกวิจารณ์ในเรื่องของความด้อยในการออกแบบ ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมสิ่งทอไทยจะต้องหันมาสนใจในด้านการพัฒนาและออกแบบผลิตภัณฑ์มากขึ้น เพื่อพัฒนาอุตสาหกรรมให้สามารถแข่งขันกับประเทศเพื่อนบ้าน ให้อุตสาหกรรมสิ่งทอไทยอยู่ในระดับแนวหน้าของภูมิภาค ข้อได้เปรียบของอุตสาหกรรมสิ่งทอไทยคือการที่อุตสาหกรรมสิ่งทอไทยเป็นอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อม ทำให้สามารถปรับตัวได้ง่ายทำให้ตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้อย่างรวดเร็ว (quick response) กอปรกับความต้องการของผู้บริโภคในปัจจุบันมีความเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัวมากขึ้น (customization) สิ่งเหล่านี้จะเป็นกุญแจสำคัญที่จะสร้างความแข็งแกร่งให้กับอุตสาหกรรมสิ่งทอไทย

การนำเอาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และสารสนเทศเข้ามาใช้ในงานด้านต่างๆ เช่น ช่วยการออกแบบและการผลิต (Computer-Aided Design and Manufacture, CAD/CAM) ช่วยงานผลิตโดยรวม (Computer-Integrated Manufacturing, CIM) การแลกเปลี่ยนข้อมูลทางอิเล็กทรอนิกส์ (Electronics Data Interchange, EDI) หรืองานด้านธุรการอื่นๆ อาจกล่าวได้ว่า การนำเอาระบบคอมพิวเตอร์มาใช้เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับอุตสาหกรรมสิ่งทอยุคใหม่ เพื่อให้ประสบความสำเร็จในเชิงธุรกิจได้ ปัญหาที่เกิดขึ้นก็คือแม้ว่าคอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์จะมีราคาถูกลงมากในช่วงระยะเวลาประมาณ 10 ปีที่ผ่านมา แต่ซอฟต์แวร์และลิขสิทธิ์กลับมีราคาสูงขึ้นตามระดับความซับซ้อนของการทำงานที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้การลงทุนในระบบโดยรวมยังต้องการต้นทุนเป็นจำนวนมาก นอกจากนี้ ซอฟต์แวร์เกือบทั้งหมดเป็นซอฟต์แวร์ที่ผลิตในต่างประเทศ ซึ่งในภาวะที่อัตราแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศอยู่ในระดับที่เสียเปรียบเป็นอย่างมากย่อมทำให้ต้นทุนสูงขึ้นอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ด้วยเหตุผลดังกล่าวนี้ทำให้การนำเอาระบบคอมพิวเตอร์มาใช้ในอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อมเป็นไปได้อย่างจำกัด

โดยอาศัยความพร้อมทางด้านบุคลากร ภาคการศึกษาสามารถพัฒนาซอฟต์แวร์ต่างๆ เพื่อใช้ในประเทศ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ความสนับสนุนแก่อุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อม โดยเฉพาะทางด้านต้นทุน การพัฒนาซอฟต์แวร์ดังกล่าว อาจเป็นการตอบสนองความต้องการของอุตสาหกรรม

เฉพาะอย่างก่อนในระยะแรก หลังจากนั้นจะเป็นพื้นฐานที่ดีในการพัฒนาซอฟต์แวร์ให้มีความสามารถทัดเทียมกับซอฟต์แวร์ที่วางขายกันอยู่ได้

ด้วยเหตุนี้สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย จึงได้ให้การสนับสนุนโครงการวิจัยเรื่อง "การพัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับช่วยในการออกแบบและการผลิตผ้าทอ" โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประณัฐ โพธิยะราช แห่งศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านสิ่งทอ ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เป็นหัวหน้าโครงการ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวิจัยและพัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อช่วยในการออกแบบและการผลิตผ้าทอเพื่อให้ภาคอุตสาหกรรมสามารถนำไปใช้ได้ โดยเน้นสำหรับอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อม ซึ่งความต้องการในการใช้ซอฟต์แวร์โดยส่วนใหญ่เป็นระดับพื้นฐาน โดยเน้นให้โปรแกรมมีลักษณะง่ายต่อการใช้งาน (user-friendly) ซึ่งไม่ว่าจะเป็นบุคลากรด้านการออกแบบหรือการผลิต ก็สามารถเรียนรู้การใช้งานได้ในระยะเวลาอันสั้น และให้โปรแกรมสามารถใช้งานได้บนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (personal computer) ที่ไม่ต้องมีสมรรถนะสูงมากนัก

โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนี้มีชื่อว่า CU-Weave ซึ่งมีความสามารถในการออกแบบลายทอสำหรับเครื่องทอตอบบี้ โดยผู้ใช้โปรแกรมสามารถออกแบบลายได้ด้วยตนเอง ใช้การออกแบบลายแบบอัตโนมัติ ทั้งลายทอพื้นฐาน ได้แก่ ลายขัด ลายทแยง ลายตัวน และลายทออนุพันธ์ ใช้ลายที่มีอยู่ในฐานข้อมูล นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้พัฒนาโปรแกรมสำหรับการอ่านลายทอจากผ้าผืนซึ่งยังอยู่ในขั้นเริ่มต้น เมื่อได้ลายที่ต้องการแล้วผู้ใช้สามารถปรับเปลี่ยนสีของเส้นด้ายได้โดยง่าย ในการแสดงผลที่ได้ สามารถแสดงผลในรูปแบบของกระดาษออกแบบ ภาพจำลองสองมิติและภาพจำลองสามมิติ ผู้วิจัยยังได้พัฒนาโปรแกรมเพื่อให้สามารถสร้างแผนการร้อยตะกอลและแผนการยกตะกอให้โดยอัตโนมัติ แผนการร้อยตะกอนี้จะเป็นแผนการร้อยตะกอที่คำนวณให้มีการใช้ตะกอน้อยที่สุด แต่ผู้ใช้สามารถปรับเปลี่ยนจำนวนตะกอให้เหมาะสมได้ พื้นฐานของโปรแกรมนี้นั้นขึ้นกับการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของลายทอ ซึ่งจะทำให้โปรแกรมสามารถขยายการใช้งานไปได้กว้างขวางขึ้น ไม่ว่าจะเป็นเทคนิคการทอด้านอื่นๆ การออกแบบผ้าทอที่ซับซ้อนขึ้น หรือแม้กระทั่งการวิเคราะห์สมบัติเชิงกลของผ้าทอ

เมื่อวันที่ 25 มิถุนายน 2546 ได้มีการจัดการสัมมนาเชิงปฏิบัติการเพื่อเผยแพร่โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับช่วยในการออกแบบและการผลิตผ้าทอที่พัฒนาขึ้น ณ ห้องอบรมคอมพิวเตอร์ ศูนย์คอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ ชั้น 4 อาคารวิจัยและตรวจสอบอัญมณี โดยได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากสมาคมอุตสาหกรรมทอผ้าไทย มีผู้เข้ารับฟังการสัมมนาเชิงปฏิบัติการครั้งนี้ทั้งสิ้น ๓๐ คน การสัมมนาครั้งนี้ทำให้ผู้วิจัยได้รับทราบถึงความต้องการของผู้ใช้อย่างแท้จริง รวมทั้งได้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการพัฒนาโปรแกรมในขั้นต่อไปอย่างยิ่ง

ภาคผนวก ข

การสัมมนาเชิงปฏิบัติการเพื่อเผยแพร่โครงการ

การสัมมนาเชิงปฏิบัติการเพื่อเผยแพร่โครงการได้จัดขึ้นเมื่อวันพุธที่ 25 มิถุนายน 2546 เวลา 9.00 – 12.00 น. ห้องอบรมคอมพิวเตอร์ ศูนย์คอมพิวเตอร์คณะวิทยาศาสตร์ ชั้น 4 อาคารวิจัยและตรวจสอบ อัญมณี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากสมาคมอุตสาหกรรมทอผ้าไทย มีผู้เข้าร่วมฟังการสัมมนาเชิงปฏิบัติการครั้งนี้ทั้งสิ้น 24 คน

กำหนดการ

09.00 – 09.30 การบรรยายพิเศษเรื่อง “แนวโน้มการพัฒนาอุตสาหกรรมทอผ้าไทย”

โดย รองศาสตราจารย์ ดร.วิระศักดิ์ อุดมกิจเดชา

หัวหน้าศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านสิ่งทอ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

09.30 – 10.00 การบรรยายเรื่อง “การใช้คอมพิวเตอร์ในงานออกแบบผ้าทอ”

โดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประณัฐ โพธิยะราช

10.00 – 10.20 พักรับประทานอาหารว่าง

10.20 – 11.50 การนำเสนอโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับช่วยในการออกแบบและผลิตผ้าทอ ซึ่งพัฒนาขึ้น

ภายใต้การสนับสนุนของสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย รวมทั้งการสอนใช้โปรแกรม

11.50 – 12.00 การแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างผู้ประกอบการกับผู้วิจัย

โครงการวิจัย เรื่อง

การพัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูป

สำหรับช่วยในการออกแบบและการผลิตผ้าทอ



การวิจัยและพัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูปด้านอุตสาหกรรมสิ่งทอ

๒๕ มีธันวาคม ๒๕๕๖

ณ ห้องอบรมคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สนับสนุนโดย



ชุดโครงการพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ

เงิน

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)



ผู้สนับสนุนโครงการ

- โครงการการพัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อช่วยในการออกแบบและการผลิตผ้าทอนี้ ได้รับความสนับสนุนด้านงบประมาณจากชุดโครงการพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ ฝ่ายอุตสาหกรรม สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) โดยเริ่มดำเนินการตั้งแต่เดือนกันยายน 2544
- นอกจากนี้ โครงการยังได้รับความกรุณาเป็นอย่างสูง จากคุณบัณฑิต พงศาโรจนวิทย์ บริษัท ไทยนาโซค เท็กซ์ไทล์ จำกัด ให้การสนับสนุนวัสดุและอุปกรณ์บางส่วน



คณะผู้วิจัย

- ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประณัฐ โพธิยะราช หัวหน้าโครงการ
- อาจารย์ ดร.ศุภณัฐ สุนทรวารุณ ผู้ร่วมวิจัย
- นางสาว เบญจพร แสงงาทรัพย์ เจ้าหน้าที่วิจัย
- นางสาว ชุติภักดิ์ สุภะกะสินธุ์ เจ้าหน้าที่วิจัย



วัตถุประสงค์ของโครงการ

- เพื่อพัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูป ที่ครอบคลุมการใช้งานระดับเบื้องต้นที่จำเป็น โดยมีเป้าหมายเพื่ออุตสาหกรรม SMEs
- เพื่อถนอมพื้นฐานสำหรับการใช้คอมพิวเตอร์ในงานถึงทอด้านอื่นๆ เช่น งานฝึก งานทำแบบ ของประเทศไทย
- เพื่อพัฒนาการใช้คอมพิวเตอร์ในงานถึงทอด้านสูง



ขอบเขตของการวิจัย

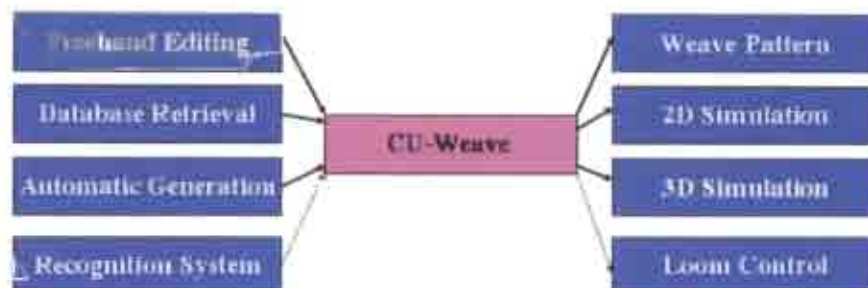
- พัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับช่วยในการออกแบบและการผลิตผ้า ที่ตรงกับความต้องการของภาคอุตสาหกรรมสิ่งทอไทย



แนวทางการพัฒนาโปรแกรม

- จุดมุ่งหมาย
 - โปรแกรมสำเร็จรูป เพื่อพัฒนาโปรแกรมสำหรับธุรกิจโรงทอขนาดเล็กและขนาดย่อม
- ลักษณะ โปรแกรม
 - ให้ทรัพยากรระบบน้อยทำงานบนระบบปฏิบัติการแบบวินโดวส์
- ภาษาที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรม
 - วิซวลเบสิก
 - VRML (สำหรับการสร้างภาพ 3 มิติ)

โครงสร้างของโปรแกรม



NEXT

Features

- User-friendly concept
- Windows™ Convention
 - Menu style
 - Cut and Paste
- Thai language enable

กลับ



Major Market Players



Sophis



Pointcarre

167



Frechand Editing

- Allow creativity
- Unlimited number of weaves
- Prone to mistakes



168



Database Retrieval

- Based on previous work
- Easy to use if systematically arranged
- Text file (Portable)
- Compressed Format

nnu



Automatic Generation

- Mathematical Models
- Always correct
- Limited number of weaves
 - Plain weaves
 - Twill weaves
 - Satin/Sateen weaves
- Weave effects module include



nnu



Fabric Recognition System

- Color difference Concept
- Easy to use
- Need no design skill

0000



Weave Pattern

- Color difference Concept
- Easy to use
- Need no design skill
- Prone to mistakes

0000



2D Simulation

- Cross-sectional View
- Fabric View for quick look at the fabric



หน้า 171

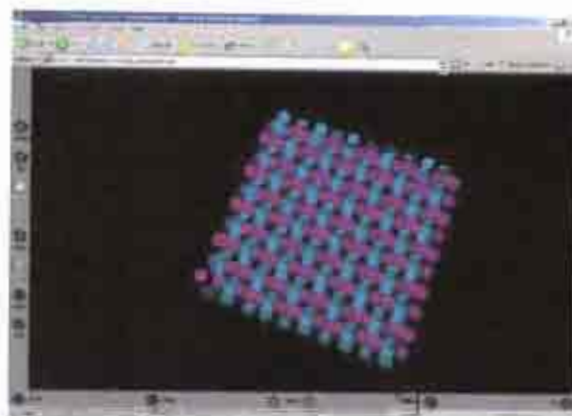


3D Simulation

- VRML (Virtual Reality Modeling Language)
- Rotation of weave
- Fabric View
- Existing Systems?
- Color mapping technique

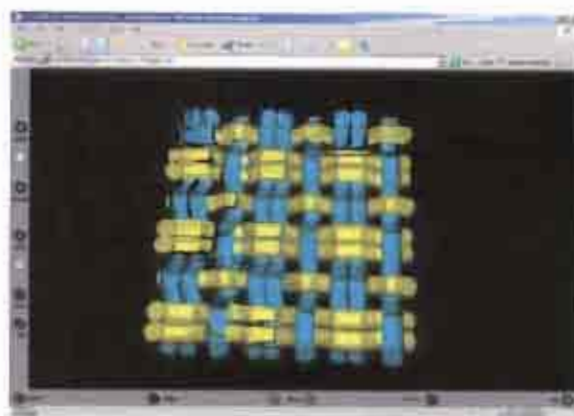
หน้า 171

3D Simulation



171

3D Simulation



172



Loom Control

- Automatic generation of draft and lifting plan
- Freedom to edit draft and lifting plan
- Portable Output file, depending on Loom



กลับ



บทส่งท้าย

- CAD/CAM เป็นการใช้งานจริง
- การควบคุมเครื่องทอด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์



CAD/CAM กับการใช้งานจริง

- โรงงานหลายแห่งมีระบบ CAD/CAM แต่ไม่ได้ใช้งานอย่างเต็มที่ อาจเนื่องมาจากถูกค้ำยั้งคงต้องการเห็นผ้าตัวอย่าง และไม่ยอมรับผลการจำลองภาพด้วยคอมพิวเตอร์
- สีของเครื่องถ่ายภาพ หน้าจอ และเครื่องพิมพ์มีความแตกต่างกัน ทำให้การทำภาพเสมือนเพื่อใช้ในเชิงพาณิชย์ อาจมีปัญหา

กลับ



ระบบควบคุมเครื่องทอด้วยคอมพิวเตอร์

- โรงทอหนึ่งๆ จะมีเครื่องทอเป็นจำนวนมาก การควบคุมเครื่องทอด้วยระบบคอมพิวเตอร์ อาจไม่เหมาะนักในเชิงเศรษฐศาสตร์ แต่ควรทำในลักษณะของการควบคุมด้วยชุดอิเล็กทรอนิกส์ที่โปรแกรมได้ ซึ่งมีราคาถูกกว่าคอมพิวเตอร์แต่ละชุดมาก คอมพิวเตอร์เพียงทำหน้าที่เป็นตัวโปรแกรมและแปลลายทอเป็นคำสั่งของเครื่อง

กลับ

ผู้เข้าร่วมการสัมมนา

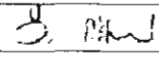
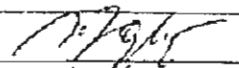
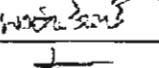
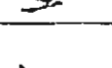
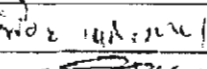
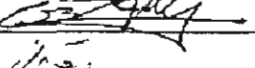
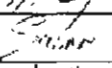
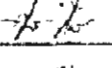
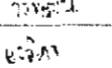
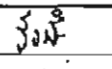
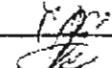
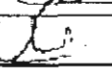
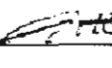
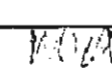
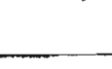
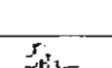
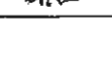
รายชื่อผู้เข้าร่วมสัมมนาเรื่อง

การพัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับช่วยออกแบบและผลิตผ้าทอ

ในวันพุธที่ 25 มิถุนายน 2546 เวลา 9.00 - 12.00 น.

ณ ห้องอบรมคอมพิวเตอร์ ศูนย์คอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์

ชั้น 4 อาคารวิจัยและตรวจสอบคัมภีร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ลำดับที่	ชื่อ - นามสกุล	หน่วยงาน	ลายเซ็น
1.	คุณวีระ ขวาลาภรณ์	บริษัท อินเทอร์เน็ตไทย จำกัด	
2.	คุณธีระภาพ เทียวพิทยกุล	บริษัท จงพัฒนา จำกัด	
3.	คุณกฤตวรรณ รัตนวิบูล	บริษัท จงพัฒนา จำกัด	
4.	คุณณัฐ รูปพิทักษ์กุล	บริษัท ปากน้ำเท็กซ์ไทล์ จำกัด	
5.	คุณพงษ์ณรินทร์ ตั้งเฉลิมกุล	ทจก. ศรีเจริญ เท็กซ์ไทล์	
6.	คุณบัณฑิต หงสาโรจนวิทย์	บริษัท ชุมชัยสหการทอ จำกัด	
7.	คุณจิรศักดิ์ ใจบวงส์	บริษัท แลนด์เท็กซ์ไทล์ จำกัด	
8.	คุณพิชัย เหลียงทอง	บริษัท สว่างเท็กซ์ไทล์ จำกัด	
9.	คุณชาญณรงค์ จงพิพิธพร	บริษัท กรุงศรีอุตสาหกรรมสิ่งทอ จำกัด	
10.	นางสาวแก้วดา ศรีปิยะรัตนกุล	บริษัท มั่นยิ่ง จำกัด	
11.	นางสีนวล ขุนถนอม	บริษัท มั่นยิ่ง จำกัด	
12.	คุณคันฉรีย์ ชัยศาสตร์	มศว.	
13.	คุณวรมะพน พัวประเสริฐ	มศว.	
14.	คุณอรวิภา พัวประเสริฐ	มศว.	
15.	คุณรังษิ รักคงไทย	บริษัท เพียวเท็กซ์ จำกัด	
16.	คุณสมชัย ไชยรัตนชัย	ห้างหุ้นส่วนจำกัด ป.แสงทวีการทอ	
17.	คุณทวีชัย ไชยรัตนชัย	ห้างหุ้นส่วนจำกัด ป.แสงทวีการทอ	
18.	คุณอนุรักษ ตั้งบุญฤทธิฤทัย	บริษัท บุญเจริญ จำกัด	
19.	คุณภัทราวุธ พัทธเมธาวงศ์	ห้างหุ้นส่วนจำกัด ชุมแสงสหการทอ	
20.	คุณกิตติ กันตเมธาวงศ์	ห้างหุ้นส่วนจำกัด ชุมแสงสหการทอ	
21.	คุณทวยยศ นพปราชญ์	ผู้เชี่ยวชาญจากสถาบันพัฒนา อุตสาหกรรมสิ่งทอ	
22.	คุณสุวิภรณ์ ตั้งเฉลิมกุล	ห้างหุ้นส่วนจำกัด ตั้งวงแสงการทอ	
23.	คุณวันิดา ตั้งเฉลิมกุล	ห้างหุ้นส่วนจำกัด ตั้งวงแสงการทอ	

รายชื่อผู้เข้าร่วมสัมมนาเรื่อง

การพัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับช่วยออกแบบและผลิตผ้าทอ

ในวันพุธที่ 25 มิถุนายน 2546 เวลา 9.00 – 12.00 น.

ณ ห้องอบรมคอมพิวเตอร์ ศูนย์คอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์

ชั้น 4 อาคารวิจัยและตรวจสอบบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ลำดับที่	ชื่อ - นามสกุล	หน่วยงาน	ลายเซ็น
24.	คุณมนทิรา อยู่รุ่งเรืองศักดิ์	บริษัท สิ่งทอรุ่งเรือง จำกัด	ม.ทิรา อยู่รุ่งเรืองศักดิ์
25.	คุณพรทิพย์ อยู่รุ่งเรืองศักดิ์	บริษัท สิ่งทอรุ่งเรือง จำกัด	พรทิพย์ อยู่รุ่งเรืองศักดิ์
26.	อภิญญา ว่างทอง	รพ. ไร่สีสุก	อ. ว่างทอง
27.	นิพนธ์ คุ้มใจ	ม. ดินแดนวัฒนธรรมไทย	นิพนธ์
28.	กฤษณา พานิชกิจ	ทอ. ชัยภูมิ	
29.	กช. เวียง	ทอ. ชัยภูมิ	
30.	อ. ว่างทอง	ทอ. ชัยภูมิ	
31.	อานันท์ ว่างทอง	ทอ. ชัยภูมิ	อานันท์ ว่างทอง
32.	ดร. อุบล ว่างทอง	รพ. ไร่สีสุก	ดร. อุบล ว่างทอง