



การพัฒนাসูตรเพื่อใช้ในการห้ามมตกกระทบของหยดเลือด

โดย

นางสาวรุ่งรพีพรรณ อุจวาที

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2551

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

การพัฒนาสูตรเพื่อใช้ในการหาจุดกึ่งกลางของหยดเลือด

โดย

นางสาวรุ่งรพีพรรณ อูจวาทิ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2551

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

DEVELOPMENT OF THE EMPIRICAL FOR ANGLE OF IMPACT CALCULATION

By

Rungrapeephan Ujawartee

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree

MASTER OF SCIENCE

Program of Forensic Science

Graduate School

SILPAKORN UNIVERSITY

2008

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร อนุมัติให้วิทยานิพนธ์เรื่อง “ การพัฒนาสูตร
เพื่อใช้ในการคำนวณหาหมุดตกกระทบของหยดเลือด ” เสนอโดย นางสาวรุ่งรพีพรรณ อุจวาที เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย ชินะดังกูร)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่.....เดือน..... พ.ศ.....

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

1. พันตำรวจโทณภพ ชุณหกรรณ์
2. รองศาสตราจารย์ พันตำรวจเอกสันต์ สุขวัจน์
3. รองศาสตราจารย์ พันตำรวจเอกหญิง ดร.พัชรา สิ้นลอยมา

คณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ศ. พ.ต.อ. นพ.อุทัย ตีระวนินทร)

...../...../.....

..... กรรมการ

(ผศ.ดร.สุณีย์ กัลยະจิตร)

...../...../.....

.....กรรมการ

(พ.ต.ท.ณภพ ชุณหกรรณ์)

...../...../.....

..... กรรมการ

(ร.ศ. พ.ต.อ.สันต์ สุขวัจน์)

...../...../.....

.....กรรมการ

(ร.ศ. พ.ต.อ.หญิง ดร.พัชรา สิ้นลอยมา)

...../...../.....

49312325 : สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์

คำสำคัญ : การกระจายของหยดเลือด / มุมตกกระทบ

ผู้ร่วมพิธีกรรม อุจจาระที่ : การพัฒนาสูตรเพื่อใช้ในการคำนวณหามุมตกกระทบของ
หยดเลือด. อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : พ.ต.ท.ณภพ ชุณหกรรณ์, รศ.พ.ต.อ.สันต์ สุขวัจน์ และ
รศ.พ.ต.อ.หญิง ดร.พัชรา สีนลอยมา. 125 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนจากการคำนวณหา
ค่ามุมตกกระทบของหยดเลือด(Angle of Impact) ที่ได้จากการคำนวณ และนำข้อมูลที่ได้มาใช้
เป็นแนวทางในการปรับปรุงความแม่นยำของสูตรที่ใช้ในการคำนวณหาค่ามุมตกกระทบ (Angle
of Impact) ร่วมกับการพัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อใช้ในการคำนวณหาตำแหน่งของแหล่งที่มา
ของรอยเลือด (Angle of Impact และ Point (Area) of Origin) ได้โดยอัตโนมัติเพื่อความสะดวก
รวดเร็วและถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น โดยวิธีที่เป็นมาตรฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์และคำนวณหา
ทิศทางและแหล่งที่มาของรอยเลือดที่พบ คือทฤษฎีตรีโกณมิติ ในการวิเคราะห์จะใช้ขนาดความ
กว้างและความยาวของรอยเลือดแต่ละหยด นำมาคำนวณหามุมตกกระทบ (Angle of Impact)
จากนั้นนำค่ามุมที่ได้มาทำการเปรียบเทียบกับขนาดมุมจริงที่ทราบค่าเพื่อหาความ
คลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นพร้อมทั้งหาแนวทางในการลดค่าความคลาดเคลื่อนนั้น จากผลการวิจัย
พบว่า สูตรใหม่ที่ได้จากการปรับปรุงแล้วทำให้มุมตกกระทบที่คำนวณได้มีค่าความคลาดเคลื่อน
เฉลี่ยลดลง 19.95 % ทำให้มุมตกกระทบที่ได้จากการคำนวณโดยสูตรใหม่มีความแม่นยำถึง
98.35 %

สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2551

ลายมือชื่อนักศึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ 1.2.3.

49312325 : MAJOR : FORENSIC SCIENCE

KEY WORDS : BLOOD SPATTER / ANGLE OF IMPACT

RUNGRAPEEPHAN UJAWARTEE : DEVELOPMENT OF THE EMPIRICAL FOR ANGLE OF IMPACT CALCULATION. THESIS ADVISORS : POL.LT.COL. NAPOP CHUNHAKAN, ASSOC. PROF. POL.COL. SANT SUKHAVACH, AND ASSOC. PROF. POL.COL. PATCHARA SINLOYMA Ph.D. 125 pp.

The objective of this research is estimating the errors in the estimation of angle of impact between true angle and calculated angle and to develop formula for the estimation of the errors in the estimated angle of impact of blood drops for representative bloodstains and created a computer program that could perform all the calculations automatically and could help automate and quantify the reliability of blood spatter analysis. One of the standard procedures, with certain bloodstain spatter patterns is a trigonometric reconstruction of the blood source using the dimensions of the blood impact stain on the vertical and horizontal surface associated with the scene. The result was present that the angle of impact from new formula has mean error decrease 19.95 %, so the angle of impact from new formula was 98.35 % accurate.

Program of Forensic Science Graduate School, Silpakorn University Academic Year 2008

Student's signature

Thesis Advisors' signature 1. 2. 3.

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนาสูตรเพื่อใช้ในการคำนวณหามุมตกกระทบของหยดเลือด สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เพราะได้รับความอนุเคราะห์เป็นอย่างดียิ่งอันผู้เขียนต้องขอกราบขอบพระคุณต่อ พ.ต.ท.ณภพ ชุณหะวัณ และ รศ.พ.ต.อ. สันต์ สุขวัจน์ รวมทั้ง รศ.พ.ต.อ.หญิง ดร.พัชรา สีนลอยมา ที่ได้กรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาและให้คำแนะนำ ข้อคิด และความช่วยเหลือ ช่วยเหลือตลอดระยะเวลาของการศึกษา รวมทั้งตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีคุณค่าและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณา และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณต่อ ศ.พ.ต.อ.นพ.อุทัย ตีระวินทร ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และผศ.ดร.สุณีย์ กัลยาจิตร์ คณะสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล กรรมการวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาสละเวลาอันมีค่ามาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ และให้คำแนะนำ ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

นอกจากนี้ ผู้เขียนใคร่ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ครู อาจารย์ทุกท่านที่อบรมสั่งสอน ให้ความรู้ และปลูกฝังให้เห็นคุณค่าของการศึกษา รวมทั้งผู้ที่ได้ให้ความช่วยเหลือทุกท่านที่มีได้เอ่ยนาม มา ณ ที่นี้ ที่มีส่วนช่วยเหลือจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประสบผลสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

สำหรับคุณประโยชน์อันพึงมีจากงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ บิดา มารดา ครู อาจารย์ ผู้ถ่ายทอดวิชาความรู้ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอน ตลอดจนผู้ที่ให้โอกาสและสิ่งที่ดีในชีวิต จนทำให้ผู้วิจัยบรรลุผลสำเร็จในการทำวิทยานิพนธ์นี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฐ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	4
สมมติฐานของการวิจัย.....	5
ขอบเขตของการวิจัย	5
ข้อจำกัดที่ใช้ในการวิจัย.....	5
นิยามศัพท์เฉพาะ	5
ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย	6
กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย	6
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการจากการวิจัย.....	7
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	8
เลือดและส่วนประกอบของเลือด	9
ประวัติความเป็นมาในการศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบของรอยเลือด	11
การแบ่งประเภทของรูปแบบรอยเลือด.....	15
คุณสมบัติทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการหยุดของเลือด.....	20
การหยุดของเลือด.....	22
ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการวิเคราะห์รูปแบบของรอยเลือด.....	25
การวิเคราะห์รูปแบบรอยเลือด.....	26
Point (Area) of Convergence, Angle of Impact และ	
Point (Area) of Origin.....	28
ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับทฤษฎีตรีโกณมิติพื้นฐานของรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก ...	30

บทที่	หน้า
การนำทฤษฎีตรีโกณมิติ Pythagoras มาใช้ในการคำนวณหา Point (Area) of Convergence, Angle of Impact และ Point (Area) of Origin	32
เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรม	38
บทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	39
3 วิธีดำเนินการวิจัย	42
เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	42
ขั้นตอนและวิธีการทดลอง	43
เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรม	46
ขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาโปรแกรม	46
วิธีการใช้งานโปรแกรม	47
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ผล	50
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	51
ผลการทดลอง	51
วิเคราะห์ผลการทดลอง	74
การทดสอบสมมติฐาน	93
5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	95
สรุปผลการวิจัย	96
อภิปรายผล.....	103
ข้อเสนอแนะ.....	105
ข้อเสนอแนะจากการวิจัย.....	106
ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป.....	106
บรรณานุกรม	107
ภาคผนวก.....	109
ภาคผนวก ก รายละเอียดของโปรแกรม.....	110
ภาคผนวก ข หนังสือขอความอนุเคราะห์ตัวอย่างโลหิตในการทำวิทยานิพนธ์ .	122
ภาคผนวก ค ตัวอย่างแบบบันทึกผลการทดลองหยดเลือดที่ใช้ในการวิจัย	123

ประวัติผู้วิจัย	124
-----------------------	-----

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สถิติคดีอาญาประเภทคดีอุกฉกรรจ์และสะเทือนขวัญ และคดีชีวิต ร่างกาย เพศ ทั่วราชอาณาจักร ปี 2549 – 2551	2
2	ผลการทดลองหยดเลือดจำนวน 50 หยด บนพื้นผิวกระดาษ ที่มุม 15 องศา .	52
3	ผลการทดลองหยดเลือดจำนวน 50 หยด บนพื้นผิวกระดาษ ที่มุม 30 องศา .	53
4	ผลการทดลองหยดเลือดจำนวน 50 หยด บนพื้นผิวกระดาษ ที่มุม 45 องศา .	54
5	ผลการทดลองหยดเลือดจำนวน 50 หยด บนพื้นผิวกระดาษ ที่มุม 60 องศา .	55
6	ผลการทดลองหยดเลือดจำนวน 50 หยด บนพื้นผิวกระดาษ ที่มุม 75 องศา .	56
7	ผลการทดลองหยดเลือดจำนวน 50 หยด บนพื้นผิวกระจก ที่มุม 15 องศา....	57
8	ผลการทดลองหยดเลือดจำนวน 50 หยด บนพื้นผิวกระจก ที่มุม 30 องศา....	58
9	ผลการทดลองหยดเลือดจำนวน 50 หยด บนพื้นผิวกระจก ที่มุม 45 องศา....	59
10	ผลการทดลองหยดเลือดจำนวน 50 หยด บนพื้นผิวกระจก ที่มุม 60 องศา....	60
11	ผลการทดลองหยดเลือดจำนวน 50 หยด บนพื้นผิวกระจก ที่มุม 75 องศา....	61
12	ผลการทดลองหยดเลือดจำนวน 50 หยด บนพื้นผิวกระเบื้องแผ่นเรียบที่มุม . 15 องศา	62
13	ผลการทดลองหยดเลือดจำนวน 50 หยด บนพื้นผิวกระเบื้องแผ่นเรียบที่มุม . 30 องศา	63
14	ผลการทดลองหยดเลือดจำนวน 50 หยด บนพื้นผิวกระเบื้องแผ่นเรียบที่มุม . 45 องศา	64
15	ผลการทดลองหยดเลือดจำนวน 50 หยด บนพื้นผิวกระเบื้องแผ่นเรียบที่มุม . 60 องศา	65
16	ผลการทดลองหยดเลือดจำนวน 50 หยด บนพื้นผิวกระเบื้องแผ่นเรียบที่มุม . 75 องศา	66
17	ผลการทดลองหยดเลือดจำนวน 50 หยด บนพื้นผิวแผ่นไม้อัด ที่มุม 15 องศา	67
18	ผลการทดลองหยดเลือดจำนวน 50 หยด บนพื้นผิวแผ่นไม้อัด ที่มุม 30 องศา	68
19	ผลการทดลองหยดเลือดจำนวน 50 หยด บนพื้นผิวแผ่นไม้อัด ที่มุม 45 องศา	69
20	ผลการทดลองหยดเลือดจำนวน 50 หยด บนพื้นผิวแผ่นไม้อัด ที่มุม 60 องศา	70
21	ผลการทดลองหยดเลือดจำนวน 50 หยด บนพื้นผิวแผ่นไม้อัด ที่มุม 75 องศา	71

ตารางที่		หน้า
22	ค่าเฉลี่ยของมุมที่เล็ดตกกระทบ (Angle of Impact) ที่ได้จากการคำนวณ เปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่า.....	74
23	ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของมุมตกกระทบ (Angle of Impact) ที่ได้จากการ คำนวณเปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่า.....	74
24	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวัสดุ 4 ชนิด คือ กระดาษขาว กระจกกระเบื้องแผ่นเรียบ และแผ่นไม้อัด โดยใช้สถิติ F-test	76
25	การเปรียบเทียบความแตกต่างของความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบที่ได้จาก การคำนวณเปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่าของพื้นผิวแต่ละชนิดรายคู่ ที่ 15°	77
26	การเปรียบเทียบความแตกต่างของความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบที่ได้จาก การคำนวณเปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่าของพื้นผิวแต่ละชนิดรายคู่ ที่ 30°	78
27	การเปรียบเทียบความแตกต่างของความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบที่ได้จาก การคำนวณเปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่าของพื้นผิวแต่ละชนิดรายคู่ ที่ 45°	79
28	การเปรียบเทียบความแตกต่างของความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบที่ได้จาก การคำนวณเปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่าของพื้นผิวแต่ละชนิดรายคู่ ที่ 60°	81
29	การเปรียบเทียบความแตกต่างของความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบที่ได้จาก การคำนวณเปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่าของพื้นผิวแต่ละชนิดรายคู่ ที่ 75°	82
30	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากพื้นผิวกระดาษขาว โดยใช้สถิติ Regression	85
31	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากพื้นผิวกระจก โดยใช้สถิติ Regression	86
32	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากพื้นผิวกระเบื้องแผ่นเรียบ โดยใช้สถิติ Regression ..	87
33	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากพื้นผิวแผ่นไม้อัด โดยใช้สถิติ Regression.....	88
34	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากพื้นผิวทุกชนิด โดยใช้สถิติ Regression	89
35	ค่าเฉลี่ยของมุมตกกระทบ (Angle of Impact หรือ AOI) ที่ได้จากการคำนวณ โดยใช้สูตรใหม่แยกตามพื้นผิว เปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่า	91
36	ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้สูตรใหม่แยกตามพื้นผิว	92
37	ค่ามุมตกกระทบ (AOI) ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้สูตรใหม่สำหรับทุกพื้นผิว	92
38	ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้สูตรใหม่สำหรับทุกพื้นผิว	93
39	ค่าเฉลี่ยของมุมที่เล็ดตกกระทบ (Angle of Impact) ที่ได้จากการคำนวณ เปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่า.....	96

ตารางที่		หน้า
40	ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของมุมตกกระทบ (Angle of Impact) ที่ได้จากการ คำนวณเปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่า.....	97
41	ค่าเฉลี่ยของมุมตกกระทบ (Angle of Impact หรือ AOI) ที่ได้จากการคำนวณ โดยใช้สูตรใหม่แยกตามพื้นผิว เปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่า	91
42	ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้สูตรใหม่แยกตามพื้นผิว	92
43	ค่ามุมตกกระทบ (AOI) ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้สูตรใหม่สำหรับทุกพื้นผิว	92
44	ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้สูตรใหม่สำหรับทุกพื้นผิว	93
45	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของมุมตกกระทบจากการคำนวณโดยใช้สูตรเดิม, สูตรใหม่ แยกตามพื้นผิว และสูตรใหม่สำหรับทุกพื้นผิว.....	101
46	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนจากการคำนวณโดยใช้สูตรเดิม, สูตรใหม่ แยกตามพื้นผิว และสูตรใหม่สำหรับทุกพื้นผิว.....	102

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ส่วนประกอบของเลือดในร่างกายมนุษย์	9
2	ส่วนประกอบของเลือด	10
3	ตัวอย่าง Passive Bloodstain.....	16
4	ตัวอย่าง Project Bloodstain	17
5	ตัวอย่าง Transfer Bloodstain	18
6	ตัวอย่าง Low velocity impact spatter (LVIS)	19
7	ตัวอย่าง Medium velocity impact spatter (MVIS)	19
8	ตัวอย่าง High velocity impact spatter (HVIS)	20
9	ลักษณะเลือดที่หยดลงบนพื้นผิวที่ราบเรียบ.....	23
10	ลักษณะเลือดที่หยดลงบนพื้นผิวที่ขรุขระ	23
11	ลักษณะของหยดเลือดที่ตกกระทบที่มุมต่างกัน	24
12	รูปร่างลักษณะของเลือดขณะหยด.....	25
13	รูปสามเหลี่ยมมุมฉาก	30
14	ภาพด้านข้างของหยดเลือดที่ลอยในอากาศและตกกระทบบนพื้นผิว.....	32
15	แสดงเส้นที่ลากผ่านจุดกึ่งกลางของหยดเลือดแต่ละหยด	33
16	Point (Area) of Convergence.	33
17	Angle of Impact และการวัดความกว้างและความยาวของหยดเลือด	34
18	การหา Angle of Impact.....	35
19	การหา Point (Area) of Origin	36
20	ขนาดความกว้างและความยาวของหยดเลือด	36
21	แสดงขั้นตอนการหา Point (Area) of Origin	38
22	โปรแกรม Blood Spatter Pro.	41
23	แสดงการทดลองหยดเลือดบนพื้นผิวที่กำหนด.....	45
24	แสดงพื้นผิวทั้งสี่ชนิดที่ใช้ในการทดลอง.....	45
25	หน้าจอ User-Interface ของโปรแกรม Blood Spatter Analysis.....	46
26	หน้าจอ User-Interface ของโปรแกรม Blood Spatter Analysis.....	47
27	การหาค่า Angle of Impact จากโปรแกรม.....	48

ภาพที่		หน้า
28	การหาค่า AOI และ Point (Area) of Origin จากโปรแกรม	49
29	การหาค่า AOI และค่าเฉลี่ยของ Point (Area) of Origin จากโปรแกรม.	50
30	แสดงตัวอย่างผลการทดลองหยดเลือดบนพื้นผิวกระดาษที่มุม $15^{\circ} - 75^{\circ} \dots$	72
31	แสดงตัวอย่างผลการทดลองหยดเลือดบนพื้นผิวกระเบื้องแผ่นเรียบมุม $15^{\circ} - 75^{\circ}$	72
32	แสดงตัวอย่างผลการทดลองหยดเลือดบนพื้นผิวแผ่นไม้อัด ที่มุม $15^{\circ} - 75^{\circ} .$	73
33	แสดงตัวอย่างผลการทดลองหยดเลือดบนพื้นผิวกระจก ที่มุม $15^{\circ} - 75^{\circ} \dots$	73

บทที่ 1

บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การวิเคราะห์เลือดรวมไปถึงการวัดขนาดของเซลล์เม็ดเลือด เป็นหนึ่งในการทดสอบขั้นพื้นฐานของการทดสอบด้านโลหิตวิทยา ซึ่งเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งในการตรวจสุขภาพ การตรวจวิเคราะห์โรค และการรักษา ในห้องทดลองหรือห้องปฏิบัติการทั่ว ๆ ไปจะใช้ผลการตรวจเลือดเพื่อหาสาเหตุ วินิจฉัยโรค และสังเกตการตอบสนองของร่างกายต่อโรค การทดลองบางครั้งจะวัดส่วนประกอบของเลือด และตรวจสอบสารปนเปื้อนในเลือดเพื่อระบุการทำงานที่ผิดปกติไปของอวัยวะต่าง ๆ

สำหรับทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ การตรวจสอบรอยเลือดและการวิเคราะห์รูปแบบของรอยเลือดจะเป็นตัวแทนที่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของสิ่งที่เกิดขึ้นระหว่างการสืบสวนสอบสวนในสถานที่เกิดเหตุ ในส่วนของการวิเคราะห์รูปแบบของรอยเลือดโดยพิจารณาจากรูปแบบและลักษณะภายนอกของรอยเลือดที่ปรากฏก็นับว่าเป็นสิ่งหนึ่งที่มีความสำคัญและมีประโยชน์มากเช่นเดียวกัน เนื่องจาก เลือด เป็นวัตถุพยานที่มักพบได้บ่อยในสถานที่เกิดเหตุ โดยเฉพาะอาชญากรรมที่มีความรุนแรงประเภทประทุษร้ายต่อร่างกายและชีวิต เช่น การฆาตกรรมด้วยอาวุธต่าง ๆ การชิงทรัพย์ การข่มขืนกระทำชำเรา เป็นต้น รอยคราบเลือดจะเป็นหลักฐานสำคัญสิ่งหนึ่งเสมอ ซึ่งมักจะพบรอยเลือดจากบริเวณ ตัวผู้ถูกประทุษร้าย สถานที่เกิดเหตุ ตัวของผู้ร้าย และจากอาวุธที่คนร้ายใช้ ได้มีการนำรอยเลือดมาใช้เป็นพยานหลักฐานในการสืบสวนสอบสวนคดีอาชญากรรมต่าง ๆ เป็นเวลานานนับร้อยปีแล้ว จะเห็นได้จากหลังจากที่ Landsteiner ค้นพบหมู่เลือด A,B,O ในปี ค.ศ.1901 งานด้านนิติวิทยาศาสตร์ ก็เริ่มที่จะสามารถแยกแยะบุคคล ผู้เสียหาย ผู้ต้องสงสัย ได้จากการวิเคราะห์รอยคราบเลือดที่พบในสถานที่เกิดเหตุ

ในปัจจุบันด้วยสถานการณ์ทางสังคม และสภาพเศรษฐกิจที่เปลี่ยนแปลงไป มีผลทำให้เกิดคดีอาชญากรรมต่างๆ เพิ่มมากขึ้นตามลำดับ ซึ่งเมื่อพิจารณาจากสถิติคดีอาชญากรรมดังตารางที่ 1 พบว่า สถิติการเกิดคดีอาชญากรรมที่มีความรุนแรงมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น และในหลาย ๆ คดีอาจเป็นเหตุการณ์ที่มีความรุนแรงจนกระทั่งเป็นเหตุให้พบรอยเลือดจากการบาดเจ็บได้บ่อยครั้ง

ตารางที่ 1 สถิติคดีอาญาประเภทคดีอุกฉกรรจ์และสะเทือนขวัญ และคดีชีวิต ร่างกาย เพศ
ทั่วราชอาณาจักร ปี 2549 – 2551

ประเภทความผิด	ปี 2549	ปี 2550	ปี 2551
1.คดีอุกฉกรรจ์และสะเทือนขวัญ			
1.1 ฆ่าผู้อื่นโดยเจตนา	4,687	4,436	5,948
1.2 ปล้นทรัพย์	1,244	932	1,078
1.3 ชิงทรัพย์	2,319	2,034	2,563
1.4 ลักพาเรียกค่าไถ่	11	21	20
1.5 วางเพลิง	474	574	318
รวม	8,738	7,997	9,927
2. คดีชีวิต ร่างกาย เพศ			
2.1 ฆ่าผู้อื่นโดยเจตนา	4,687	4,436	5,948
2.2 ฆ่าผู้อื่นโดยไม่เจตนา	336	268	373
2.3 ทำให้ตายโดยประมาท	277	222	360
2.4 พยายามฆ่า	7,125	6,713	8,429
2.5 ทำร้ายร่างกาย	25,798	22,667	28,806
2.6 ข่มขืนกระทำชำเรา	5,308	5,155	7,041
รวม	43,531	39,461	50,957

ที่มา : ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศกลาง, สถิติคดีอาญา 5 ประเภท [ออนไลน์], เข้าถึงเมื่อ
12 มีนาคม 2552. เข้าถึงได้จาก [http:// statistic.ftp.police.go.th/dn_main.htm](http://statistic.ftp.police.go.th/dn_main.htm)

ยิ่งอาชญากรรมที่มีระดับความรุนแรงถึงขั้นเสียชีวิตเพิ่มมากขึ้น การใช้ประโยชน์
จากรอยเลือดในสถานที่เกิดเหตุก็ยิ่งทวีความสำคัญขึ้นด้วย ตัวหยดเลือดเองนอกจากจะสามารถ
ใช้ระบุตัวบุคคลได้แล้ว รูปแบบการกระจายของหยดเลือดก็ยังสามารถให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ใน
การวิเคราะห์ลำดับเหตุการณ์ (Reconstruction) ในคดีที่เกิดขึ้นได้อีกด้วย

การวิเคราะห์การกระจายของหยดเลือดมักจะเป็นหน้าที่ของผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านหรือนักนิติวิทยาศาสตร์ผู้ที่มีความชำนาญ ณ สถานที่เกิดเหตุเมื่อมีการกระทำต่อร่างกายจนเป็นเหตุให้เกิดเลือดไหลออกจากร่างกายและตกลงบนพื้นผิวหรือสิ่งแวดล้อมรอบ ๆ ตัวผู้ถูกกระทำขณะที่เหตุการณ์นั้น ๆ เกิดขึ้น เลือดที่ไหลออกมาอาจจะเปื้อนอยู่ตามสถานที่ต่าง ๆ เช่นบนเสื้อผ้า พื้น ฝาผนัง ตามร่างกายของผู้เสียหาย หรือตามตัวคนร้ายและอาวุธที่ใช้ทำร้าย เลือดที่ไหลออกมาเปื้อนอยู่ตามสถานที่ต่าง ๆ ดังกล่าวนั้น จะมีลักษณะเป็นหยดหรือคราบอยู่ ณ ที่นั้นเรียกว่า หยดเลือด หรือคราบเลือด หยดเลือดหรือคราบเลือดนี้ สามารถนำมาซึ่งข้อมูลหลายอย่างที่สามารถบ่งบอกได้ว่าอาชญากรรมนั้นเกิดขึ้นได้อย่างไร เช่น ช่วยให้เราไปถึงวิธีการกระทำผิดของคนร้าย เส้นทางหลบหนีของคนร้าย ช่วยในการตรวจพิสูจน์ยืนยันตัวบุคคล ช่วยให้เราทราบระยะเวลาของการตายที่ผ่านมาแล้ว และที่สำคัญช่วยให้เราสามารถประมาณหาแหล่งที่มาของเลือดนั้น ๆ ได้อีกด้วย เพราะเพียงหยดเลือดไม่กี่หยดจากรอยรอยหยดเลือดที่พบในสถานที่เกิดเหตุ ก็มีประโยชน์เป็นอย่างมากในการที่จะนำมาใช้คำนวณและประมาณหาทิศทาง ตำแหน่ง และแหล่งที่มาของรอยเลือดหรือหยดเลือดนั้น ๆ ได้ว่ามาจากทิศทางใด ระดับใด รูปแบบใด โดยใช้หลักคณิตศาสตร์และฟิสิกส์ ทำให้เราสามารถประมวลเหตุการณ์ขณะเกิดเหตุและจำลองเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้

รูปแบบของรอยเลือดต่าง ๆ นั้นจะเกิดได้จากตัวแปรทางกายภาพหลายอย่าง ไม่ว่าจะเป็นความเร็ว ความหนาแน่นของของเหลว และ ลักษณะของพื้นผิวที่เลือดหยดลงไปตกกระทบ ซึ่งเราสามารถรู้รูปร่างและลักษณะของหยดเลือดในการประมาณความรุนแรงของอาชญากรรม ความเร็ว มุมที่เลือดตกกระทบ หรือระยะทางที่เลือดหยดลงมาได้ อีกทั้งรูปร่างของหยดเลือด รอยกระเซ็นของเลือดสามารถบอกทิศทางของหยดเลือดว่าเคลื่อนที่ไปทิศทางใด สามารถหาที่มาของหยดเลือดนั้นว่ามาจากทิศทางใด และช่วยบ่งบอกได้ถึงพฤติกรรมที่ทำให้เกิดรอยเลือดนั้นขึ้น ซึ่งอาจจะสนับสนุนหรือขัดแย้งกับคำให้การของพยานผู้เห็นเหตุการณ์ก็เป็นได้

ถึงแม้ว่าการวิเคราะห์การกระจายของรอยเลือดได้มีการนำมาใช้อย่างแพร่หลายและกว้างขวางในการวิเคราะห์เรื่องราวที่เกิดขึ้นในสถานที่เกิดเหตุ แต่ข้อมูลทางนิติวิทยาศาสตร์ทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศที่ศึกษาเกี่ยวกับการวิเคราะห์การกระจายของหยดเลือดบนพื้นผิวเพื่อประมาณหาค่าความผิดพลาดหรือความคลาดเคลื่อนในการคำนวณหาค่ามุมที่เลือดตกกระทบบนพื้นผิว จากอัตราส่วนความกว้างและความยาวของหยดเลือดซึ่งมักจะมีค่าผิดพลาดและคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริงอยู่เสมออันนี้ยังขาดแคลนและมีข้อมูลในส่วนนี้อยู่น้อยมาก

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น และเนื่องจากในประเทศไทยยังไม่เคยมีการศึกษาวิจัยในเรื่องนี้มาก่อน จึงเป็นเหตุให้ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาเพื่อหาค่าความคลาดเคลื่อนที่จะเกิดขึ้น เพื่อให้การคำนวณเป็นไปอย่างถูกต้องและสมบูรณ์ที่สุด และทำการทดลองโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประมาณค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจากการคำนวณหาค่าของมุมตกกระทบ (Angle of Impact) ที่ได้จากการคำนวณ เปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่า เพื่อนำไปใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงความแม่นยำและพัฒนาสูตรที่ใช้ในการคำนวณหาค่ามุมที่เล็ดตกกระทบจากความกว้างและความยาวของหยดเลือด ซึ่งจะนำไปสู่การประมาณหาแหล่งที่มาของหยดเลือด และนำสูตรที่ได้ไปใช้ร่วมกับการพัฒนาโปรแกรมเพื่อใช้ในการคำนวณหาตำแหน่งของแหล่งที่มาของรอยเลือด (Angle of Impact และ Point (Area) of Origin) ได้โดยอัตโนมัติเพื่อความสะดวกรวดเร็วแม่นยำและถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น โดยใช้วิธีที่เป็นมาตรฐานในการวิเคราะห์และคำนวณหาทิศทางและแหล่งที่มาของรอยเลือดที่พบในปัจจุบัน คือทฤษฎีตรีโกณมิติมาใช้ในการคำนวณโดยใช้ความกว้างและความยาวของรอยเลือดแต่ละหยดที่พบในสถานที่เกิดเหตุ (บนแต่ละพื้นผิวที่ทำการทดลอง) นำมาคำนวณหามุมที่เล็ดตกกระทบ (Angle of Impact) เพื่อวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นนำมาเป็นข้อมูลในการหาแหล่งที่มาของรอยเลือดนั้นเพื่อให้การคำนวณเป็นไปอย่างถูกต้องและสมบูรณ์ใกล้เคียงที่สุด และเป็นการนำเทคโนโลยีความก้าวหน้าทางคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยการพัฒนา Software เพื่อตอบสนองการใช้งานที่จะมาช่วยในการคำนวณหาที่มาของรอยเลือด เพื่อความสะดวกรวดเร็วยิ่งขึ้นและช่วยประหยัดเวลาในการทำงานของเจ้าหน้าที่ อีกทั้งยังเป็นข้อมูลในการสืบสวนสอบสวนหาพฤติกรรมของคนร้าย และหาตัวผู้กระทำผิดที่แท้จริงและเป็นฐานข้อมูลสำหรับผู้สนใจศึกษาในด้านนี้ต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจากการคำนวณหาค่าของมุมตกกระทบ (Angle of Impact) ที่ได้จากการคำนวณ เปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่า

2.2 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนในการกระจายของหยดเลือดในวัสดุที่มีพื้นผิวแตกต่างกัน

2.3 เพื่อพัฒนา software ที่ตอบสนองการใช้งานเพื่อช่วยในการคำนวณหาตำแหน่งของแหล่งที่มาของรอยเลือด (Angle of Impact และ Point (Area) of Origin) ได้โดยอัตโนมัติ

3. สมมติฐานของการศึกษา

3.1 ในการคำนวณหามุมที่เลือดตกกระทบบนพื้นผิวจากอัตราส่วนความกว้างและความยาวของหยดเลือดโดยใช้สูตร $\theta = \arcsin \frac{\text{width}}{\text{length}}$ นั้นจะมีค่าความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้น โดยที่เมื่อมุมตกกระทบบนพื้นผิวเพิ่มขึ้น จะมีค่าความคลาดเคลื่อนเพิ่มมากขึ้น

3.2 ในการคำนวณหามุมที่เลือดตกกระทบบนวัสดุที่มีพื้นผิวแตกต่างกันจะมีค่าความคลาดเคลื่อนที่แตกต่างกัน

4. ขอบเขตของการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยศึกษาเปรียบเทียบมุมที่เลือดตกกระทบบน (Angle of Impact) ที่ได้จากการทดลองและคำนวณ กับมุมตกกระทบบนจริงที่ทราบค่าเพื่อศึกษาหาความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบบนที่เกิดขึ้น โดยใช้เลือดจริงนำมาทดลองหยดลงบนพื้นผิว 4 ชนิด ได้แก่ กระดาษผิวเรียบ, กระดาษ, กระเบื้องแผ่นเรียบ และแผ่นไม้ขัด และ 5 มุมตกกระทบบน ได้แก่ 15, 30, 45, 60 และ 75 องศา โดยในการทดลองจะหยดเลือดลงในแนวตั้งอย่างอิสระตามแรงดึงดูดของโลก ที่ความสูงจากพื้นผิวเป็นระยะทาง 1 เมตร เท่านั้น

5. ข้อจำกัดในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้มีข้อจำกัดคือใช้พื้นผิวในการทดลอง 4 ชนิด ได้แก่ กระดาษผิวเรียบ, กระดาษ, กระเบื้องแผ่นเรียบ และแผ่นไม้ขัดเนื่องจากเป็นวัสดุที่พบได้บ่อยในการตรวจสถานที่เกิดเหตุ และ 5 มุมตกกระทบบน ได้แก่ 15, 30, 45, 60 และ 75 องศา เนื่องจากที่มุมทั้งห้านี้มีการเปลี่ยนแปลงของรูปร่างลักษณะของหยดเลือดอย่างชัดเจนและสอดคล้องกับงานวิจัยในต่างประเทศ โดยในการทดลองจะหยดเลือดลงในแนวตั้งอย่างอิสระตามแรงดึงดูดของโลก ที่ระยะความสูงจากพื้นผิวเป็นระยะทาง 1 เมตร

6. นิยามศัพท์เฉพาะ

Angle of Impact : AOI หมายถึง มุมที่เกิดขึ้นระหว่างทิศทางการไหลของเลือดที่ตกลงมาบนพื้นผิวที่หยดเลือดนั้นตกกระทบบน มุมตกกระทบบน หรือมุมที่หยดเลือดตกลงมากระทบบนพื้นผิวสัมผัสสามารถนำขนาดความกว้างและความยาวของหยดเลือดที่พบในที่เกิดเหตุมาใช้ในการคำนวณหามุมที่เลือดตกกระทบบนพื้นผิว (Angle of Impact) ของรอยเลือดที่กระเด็นได้จากสูตร

$$\theta = \arcsin \frac{\text{width}}{\text{length}} \quad \text{โดยที่ } \theta \text{ คือมุมที่เลือดตกกระทบบน}$$

Point (Area) of Convergence : POC หมายถึง จุดที่ตัดผ่านกันของเส้นที่ลากผ่านจุดกึ่งกลางของหยดเลือดแต่ละหยดที่พบบริเวณที่เกิดเหตุ เป็นการตัดกันแบบ 2 มิติในแนวแกน x และแกน y ซึ่ง Point (Area) of Convergence สามารถหาได้โดยการลากเส้นจากจุดศูนย์กลางของหยดเลือดแต่ละหยดไปตามแนวยาว ตำแหน่งที่เส้นแต่ละเส้นมาตัดกันหรือพื้นที่ที่เส้นมาตัดกันมากที่สุดคือ Point (Area) of Convergence

Point (Area) of Origin : PO หมายถึง คือจุดหรือพื้นที่แหล่งที่มาของเลือดใน 3 มิติในแนวแกน x , y และ z ที่จะแสดงให้เห็นว่ารอยเลือดที่พบในสถานที่เกิดเหตุนั้นมาจากจุดใด ซึ่ง PO นี้จะอยู่เหนือ POC ขึ้นไปในแนวแกน z ตั้งฉากกับพื้น ซึ่งการหา PO จะหาได้จากข้อมูล AOI และ POC ที่เราได้หาไว้แล้วข้างต้น โดย PO จะหาได้จากสูตร $PO = \tan(AOI) \times y$ โดยที่ y คือระยะทางจากจุดกึ่งกลางของหยดเลือดแต่ละหยดถึง POC เมื่อได้ค่า PO แล้ว ก็ทำการวัดจากพื้นขึ้นไปในแนวตั้งฉากก็จะสามารถประมาณหาจุดหรือพื้นที่ที่มาของเลือดที่ออกมาจากร่างกายได้

Blood Pattern Analysis (BPA) หมายถึง การวิเคราะห์รูปแบบของรอยเลือดในลักษณะต่าง ๆ เช่น การกระเซ็นของเลือด การกระจายของ การหยดของเลือด และรูปร่างลักษณะของรอยเลือดในแบบต่าง ๆ เป็นต้น เพื่อหาความสัมพันธ์ของเหตุการณ์และที่มาที่ทำให้เกิดรอยเลือดนั้นขึ้น

Blood spatter หมายถึง การกระจายของเลือด โดยในงานวิจัยครั้งนี้จะทำการศึกษาการกระจายของเลือดในรูปแบบของหยดเลือดที่พบในสถานที่เกิดเหตุใน 4 พื้นผิว ได้แก่ กระดาษผิวเรียบ, กระຈก, กระเบื้องแผ่นเรียบ และแผ่นไม้ขัด และ 5 มุมตกกระทบ ได้แก่ 15, 30, 45, 60 และ 75 องศา

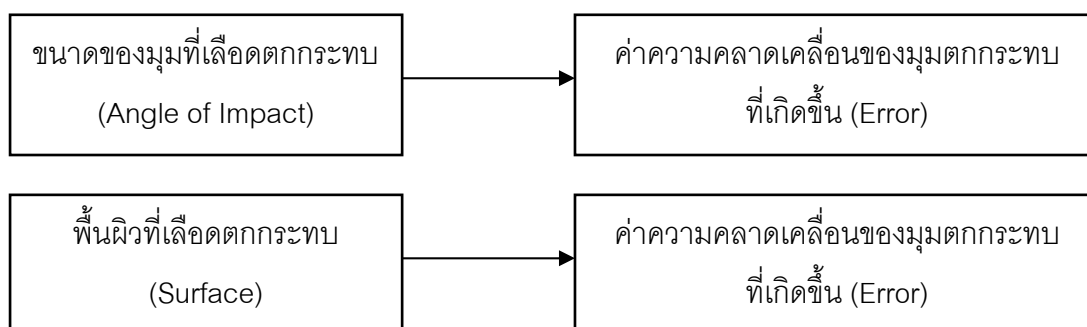
7. ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ตัวแปรอิสระ ได้แก่ ขนาดของมุมที่เลือดตกกระทบ, พื้นผิวที่เลือดตกกระทบ

ตัวแปรตาม ได้แก่ ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจากการคำนวณ

8. กรอบแนวความคิดในการวิจัย

การศึกษาวิจัยเพื่อวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนจากการคำนวณหาค่ามุมตกกระทบของหยดเลือด(Angle of Impact) บนพื้นผิวที่แตกต่างกัน ดังแสดงตามกรอบแนวคิด ดังนี้



แผนภูมิที่ 1 กรอบแนวความคิด

9. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย

9.1 เพื่อนำไปใช้ในการปรับปรุงความแม่นยำและพัฒนาสูตรที่ใช้ในการคำนวณหาค่ามุมที่เลือดตกกระทบบจากความกว้างและความยาวของหยดเลือด ซึ่งจะนำไปสู่การประมาณหาแหล่งที่มาของหยดเลือด

9.2 เพื่อนำสูตรที่ได้ไปใช้ร่วมกับการพัฒนาโปรแกรมเพื่อใช้ในการคำนวณหาตำแหน่งของแหล่งที่มาของรอยเลือด (Angle of Impact และ Point (Area) of Origin) ได้โดยอัตโนมัติเพื่อความสะดวกรวดเร็วแม่นยำและถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และเป็นการเพิ่มความน่าเชื่อถือในการวิเคราะห์การกระจายของหยดเลือดให้ถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้น

9.3 เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนา Software ที่ตอบสนองการใช้งานเพื่อช่วยในการคำนวณหาตำแหน่งของแหล่งที่มาของรอยเลือด (Angle of impact และ Point (Area) of origin) ได้โดยอัตโนมัติ

9.4 เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในงานด้านนิติวิทยาศาสตร์และงานพิสูจน์หลักฐาน เพื่อเป็นการใช้วัตถุพยานที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุดและเป็นข้อมูลในการสืบสวนสอบสวน นำไปใช้หาพฤติกรรมของคนร้าย และหาตัวผู้กระทำผิดที่แท้จริงต่อไป

9.5 เพื่อนำผลที่ได้ไปเป็นข้อมูลและแนวทางในการศึกษาวิจัย สำหรับงานด้านต่าง ๆ ที่มีความเกี่ยวข้อง หรือผู้ที่มีความสนใจเกี่ยวกับเรื่องนี้ในขั้นสูงและละเอียดเพิ่มขึ้นต่อไป

บทที่ 2

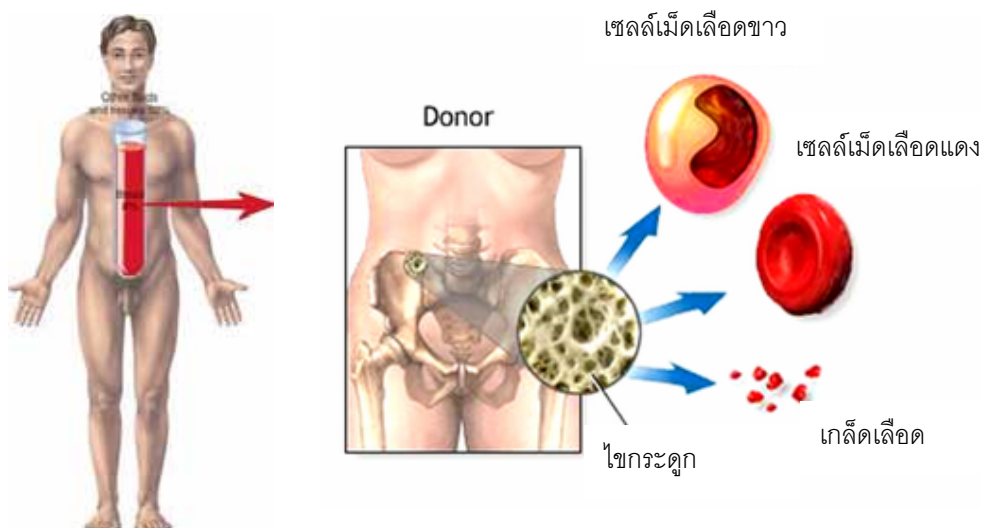
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนาสูตรเพื่อใช้ในการคำนวณหามุมตกกระทบของหยดเลือด ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้า เอกสาร ทฤษฎี และงานวิจัยที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องเพื่อสร้างความเข้าใจที่ถูกต้องและใช้เป็นแนวทางในการกำหนดกรอบแนวคิดในการศึกษาวิจัย เพื่อให้สามารถดำเนินการศึกษาได้อย่างสมบูรณ์ยิ่งขึ้น โดยจำแนกประเด็นที่มีความเกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

1. เลือดและส่วนประกอบของเลือด
2. ประวัติความเป็นมาในการศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบของรอยเลือด
3. การแบ่งประเภทของรูปแบบรอยเลือด
4. คุณสมบัติทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการหยดของเลือด
5. การหยดของเลือด
6. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการวิเคราะห์รูปแบบของรอยเลือด
7. การวิเคราะห์รูปแบบรอยเลือด
8. Point (Area) of Convergence, Angle of Impact และ Point (Area) of Origin
9. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับทฤษฎีตรีโกณมิติพื้นฐานของรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก
10. การนำทฤษฎีตรีโกณมิติ Pythagoras มาใช้ในการคำนวณหา Point (Area) of Convergence, Angle of Impact และ Point (Area) of Origin
11. เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรม
12. บทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. เลือดและส่วนประกอบของเลือด

ระบบเลือดนั้นเป็นระบบหนึ่งซึ่งมีความสำคัญต่อร่างกายเพราะมีลักษณะสำคัญคือ การให้ออกซิเจนหล่อเลี้ยงแก่อวัยวะต่าง ๆ หรือโดยนัยหนึ่งคือควบคุมให้การทำงานของอวัยวะที่จำเป็นต่อชีวิตสามารถดำเนินไปอย่างปกติ



ภาพที่ 1 ส่วนประกอบของเลือดในร่างกายมนุษย์

ที่มา : สุदारัตน์ เมืองเจริญ, เลือดและส่วนประกอบของเลือด[ออนไลน์], เข้าถึงเมื่อ 11 กรกฎาคม 2550. เข้าถึงได้จาก <http://www.med.cmu.ac.th/hospital/hpc/med/Bloodandcomponent.ppt>

ในร่างกายของมนุษย์จะประกอบด้วยเลือดประมาณ 8% ของน้ำหนักตัว เช่น ผู้ที่มีน้ำหนักตัว 50 กิโลกรัม จะมีเลือดอยู่ประมาณ 4 กิโลกรัม เลือดประกอบไปด้วยส่วนประกอบใหญ่ 2 ส่วน คือ เซลล์เม็ดเลือด และพลาสมา

เซลล์เม็ดเลือด (Formed elements) ประกอบด้วย

เซลล์เม็ดเลือดแดง (Erythrocytes) มีจำนวนประมาณ 5 ล้านเซลล์/ลบ.มม. ทำหน้าที่สำคัญคือลำเลียงออกซิเจนไปยังอวัยวะต่าง ๆ

เซลล์เม็ดเลือดขาว (Leucocytes) มีจำนวนประมาณ 5,000 เซลล์/ลบ.มม. ทำหน้าที่สำคัญเกี่ยวกับการสร้างภูมิคุ้มกันของร่างกาย จึงมีบทบาทสำคัญในการต่อต้านการติดเชื้อและการเกิดภูมิแพ้หรืออาการแพ้ต่าง ๆ

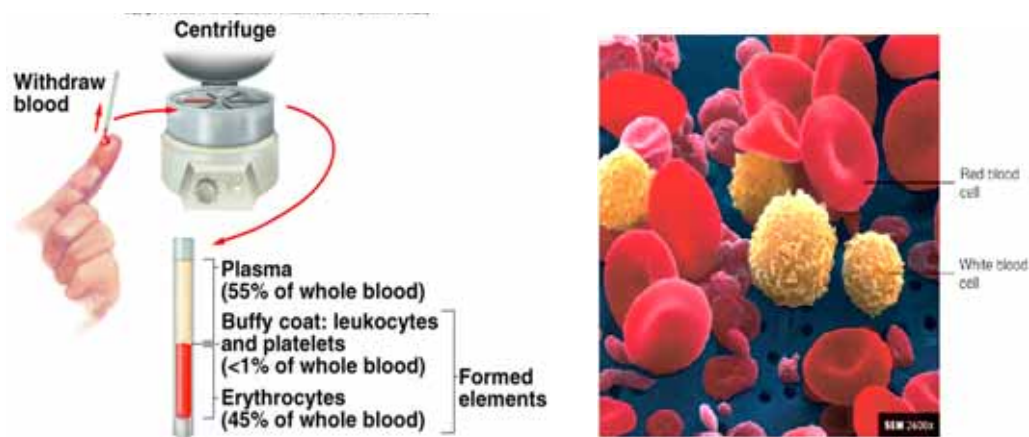
เกล็ดเลือด (Thrombocytes) มีจำนวน 2 – 5 แสน/ลบ.มม. หน้าที่สำคัญคือช่วยห้ามเลือดในภาวะที่เกิดการบาดเจ็บต่อหลอดเลือดเล็ก ๆ และช่วยในการแข็งตัวของเลือด

พลาสมา (Plasma) ประกอบด้วย

Coagulation factors มีทั้งหมด 12 ชนิด มีหน้าที่สำคัญเกี่ยวกับการแข็งตัวของเลือด ซึ่งเกี่ยวข้องในการห้ามเลือดเฉพาะที่หลอดเลือดใหญ่ ๆ

Immunoglobulin หรือ antibody ชนิดต่าง ๆ มีทั้งหมด 5 ชนิด คือ IgG, IgA, IgM, IgD และ IgE

พลาสมาจะประกอบด้วยน้ำเป็นส่วนใหญ่ มีเกลือละลายอยู่เล็กน้อย นอกนั้นประมาณ 9% เป็นสารจำพวกโปรตีน



ภาพที่ 2 ส่วนประกอบของเลือด

ที่มา : สุदारัตน์ เมืองเจริญ, เลือดและส่วนประกอบของเลือด[ออนไลน์], เข้าถึงเมื่อ 11 กรกฎาคม 2550. เข้าถึงได้จาก <http://www.med.cmu.ac.th/hospital/hpc/med/Bloodandcomponent.ppt>

หากนำเลือดมาทำเข้าเครื่อง Centrifuge เพื่อปั่นแยกตะกอน จะพบว่าเลือดจะแยกเป็นสองส่วนด้วยกัน คือ

ส่วนแรกที่เป็นของเหลว คือ Plasma มีประมาณ 55%

ส่วนที่สองเป็นของแข็ง เรียกว่า Formed elements มีประมาณ 45% ประกอบด้วย เซลล์เม็ดเลือดแดง, เซลล์เม็ดเลือดขาว และ เกล็ดเลือด

2. ประวัติความเป็นมาในการศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบของรอยเลือด

การศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบของรอยเลือดและการพิจารณาลักษณะทางกายภาพของรูปแบบการกระจายของรอยเลือด นับว่าเป็นสิ่งที่สำคัญเพราะเป็นพยานหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์ชนิดหนึ่งที่สามารถนำมาซึ่งข้อมูลที่เป็นประโยชน์เพื่อใช้ในการวิเคราะห์และประกอบเป็นเรื่องราวที่สามารถบ่งบอกได้ว่ามีเหตุการณ์ใดเกิดขึ้น ณ สถานที่เกิดเหตุที่มีอาชญากรรมที่รุนแรงหรือมีการเสียชีวิตนั้น ตามประวัติศาสตร์ในอดีตการวิเคราะห์รูปแบบของรอยเลือดมักจะถูกละเลยเพิกเฉย และไม่ได้ให้ความสำคัญหรือยังไม่ได้ได้รับความสนใจเท่าที่ควรมาเป็นเวลานานมากแล้ว ขณะเดียวกันผู้สืบสวนสอบสวนในคดีที่มีการตาย ก็มักจะไม่ค่อยใช้ประโยชน์และเห็นคุณค่าความสำคัญของพยานหลักฐานชนิดนี้ที่สามารถให้ข้อมูลซึ่งชัดเจนมากนี้เท่าที่ควร แต่อย่างไรก็ตามก็ยังมีผู้ที่เห็นคุณค่าและให้ความสนใจที่จะศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบของรอยเลือด ซึ่งการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องต่าง ๆ ได้แสดงไว้ตามลำดับดังนี้

ปี 1895 Dr. Eduard Piotrowski เป็นบุคคลแรกที่รู้คุณค่าและตระหนักถึงความสำคัญ ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการตีความและแปลความหมายรูปแบบของรอยเลือดซึ่งมีเอกสารประกอบที่ถูกทำขึ้นและรักษาไว้โดย Dr. Eduard Piotrowski มีตำแหน่งเป็นผู้ช่วยที่สถาบันนิติเวชศาสตร์ในเมืองคราคอฟ ประเทศโปแลนด์ งานของเขาได้ให้ชื่อไว้ว่า *Uber Entstehung, Form, Richtung und Ausbrietung der Blustpuren nach Hiebunden des Kopfes* ถูกจัดพิมพ์ในกรุงเวียนนา ในปี 1895, Piotrowski กล่าวว่า “เป็นสิ่งที่มีความสำคัญที่สุดสำหรับแวดวงของนิติเวชศาสตร์ที่ควรจะได้ใส่ใจและ ให้ความสำคัญอย่างมากกับรอยเลือดที่พบ ณ สถานที่เกิดเหตุ เพราะว่าทำให้สามารถค้นหาตัวฆาตกร และสามารถให้คำอธิบาย สำหรับช่วงเวลาสำคัญที่มีการก่อเหตุเกิดขึ้น”

ด้วยความพยายามของ Herbert Leon MacDonell จากเมืองคอร์นิง, นิวยอร์ก นักเขียนเรื่องราวเกี่ยวกับประวัติศาสตร์สำหรับสมาคมนักวิเคราะห์รูปแบบรอยเลือดระหว่างประเทศ ผลงานนี้ถูกแปลจากต้นฉบับภาษาเยอรมันและพิมพ์ใหม่ในภาษาเยอรมันและภาษาอังกฤษตามต้นฉบับที่เกี่ยวกับเรื่อง ในเรื่องแหล่งที่มา, รูปแบบรูปร่าง, ทิศทางตลอดจนการกระจายของรอยเลือดอันเป็นผลมาจากสาเหตุระเบิดทำให้เป็นบาดแผลที่ศีรษะ ผลงานนี้ได้ถูกนำกลับมาทำใหม่พร้อมปรับปรุงอย่างสมบูรณ์พิมพ์สี่สีรวมถึงการทดลองรอยเลือดที่ซึ่งดำเนินการโดย Piotrowski ตามข้อกำหนดของ MacDonell

"ไม่มีใครนำหน้า Piotrowski ในการศึกษาเกี่ยวกับกฎเกณฑ์ตลอดจนความถี่ถ้วนในการออกแบบการทดลองที่มีความสำคัญตามหลักวิทยาศาสตร์เพื่อแสดงการเคลื่อนที่ของเลือดไม่ว่า

จะเป็นด้วยการจินตนาการ กฎเกณฑ์หลักการวิธีการ และความถูกต้องสมบูรณ์ Piotrowski เป็นผู้มีความรู้ที่ยอดเยียมเกี่ยวกับวิธีการทางวิทยาศาสตร์และความรู้ความเข้าใจที่ดีในการประยุกต์ใช้ในภาคปฏิบัติเพื่อที่จะตีความหมายรูปแบบของรอยเลือด”

ปี ค.ศ.1900 Dr. Paul Jeserich มีผลงานสำคัญต่อมาเกี่ยวข้องกับการศึกษาการค้นคว้าเกี่ยวกับรูปแบบของรอยเลือด ณ สถานที่เกิดเหตุ จัดทำโดย Dr. Paul นักเคมีทางนิติวิทยาศาสตร์ในกรุงเบอร์ลิน ผู้ซึ่งตรวจสอบสถานที่เกิดเหตุที่มีการฆาตกรรมในระหว่างทศวรรษแรกของศตวรรษที่ 20

ปี 1939 Dr. Victor Balthazard นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศสและผู้ร่วมงานของเขาได้ดำเนินการวิจัยที่เป็นต้นแบบและทำการทดลองในเรื่องวิธีการเคลื่อนที่และรูปแบบของรอยเลือด ตลอดจนนำเสนอรายงาน ณ การประชุมวิชาการทางนิติเวชวิทยาครั้งที่ 22 ในหัวข้อเรื่อง Etude Des Gouttes De Sang ซึ่งได้ถูกแปลจากภาษาฝรั่งเศสเป็นภาษาอังกฤษได้ว่าเป็นการวิจัยเกี่ยวกับการกระเด็นของเลือด

ปี 1955 Dr. Paul Kirk จากมหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนีย เมืองเบิร์คลีย์ ได้ให้การต่อศาลโดยได้มีการนำพยานหลักฐานประเภทรอยเลือดมาเป็นข้อมูลในการพิสูจน์และอธิบายเหตุผลต่อศาลยุติธรรมเพื่อเป็นข้อต่อสู้ในทางคดีในคดีของรัฐโอไฮโอต่อสู้กับ Samuel Sheppard ซึ่งเป็นเหตุการณ์สำคัญที่เป็นผลให้มีการยอมรับพยานหลักฐานเกี่ยวกับรอยเลือดในทางกฎหมาย Dr.Kirk สามารถอธิบายและแสดงให้เห็นความเกี่ยวข้องและสอดคล้องของตำแหน่งของผู้กระทำผิดและเหยื่อ ณ เวลาที่มีการกระทำผิดเกิดขึ้น

ปี 1971 Herbert Leon MacDonell การพัฒนาที่เพิ่มขึ้นของความสนใจและใช้ประโยชน์จากความสำคัญของพยานหลักฐานประเภทรอยเลือดเป็นผลโดยตรงของการวิจัยตลอดจนการประยุกต์ใช้เกี่ยวกับภาคปฏิบัติของทฤษฎีรอยเลือดโดย Herbert Leon MacDonell จากคอร์นิง, นิวยอร์ก ด้วยความช่วยเหลือของ Law Enforcement Assistance Administration (LEAA), MacDonell ได้ทำการศึกษาค้นคว้าวิจัยและดำเนินการทดลองเพื่อสร้างใหม่และจำลองรูปแบบรอยเลือดที่สังเกตเห็น ณ สถานที่เกิดเหตุ ซึ่งส่งผลให้เกิดมีการตีพิมพ์บทความเรื่องแรกที่ทันสมัยเกี่ยวกับการวิเคราะห์รอยเลือดขึ้น มีชื่อว่า ลักษณะพิเศษในการเคลื่อนตัวอย่างรวดเร็วและรูปแบบรอยเปื้อนของเลือดมนุษย์ (Flight Characteristics and Stain Patterns of Human blood)

ปี 1973 มีการกำหนดหลักสูตรการอบรมรอยเลือดอย่างเป็นทางการเป็นครั้งแรก MacDonell เป็นผู้ก่อตั้งโครงการฝึกอบรมในเรื่องเกี่ยวกับพื้นฐานการตีความรูปแบบรอยเลือดและดำเนินการตั้งสถาบันเกี่ยวกับรอยเลือดเป็นครั้งแรกในเมืองแจ๊คสัน, รัฐมิสซิสซิปปี ในปี 1973 สิ่งตีพิมพ์เป็นเรื่องที่สองของเขา คือ คู่มือการใช้ห้องปฏิบัติการในการตีความเกี่ยวกับรูปแบบและลักษณะพยานหลักฐานที่เป็นรอยเลือดมนุษย์ เพื่อใช้เป็นคู่มือแก่นักศึกษา นับตั้งแต่นั้นก็ได้มีการดำเนินการฝึกอบรมเกี่ยวกับการวิเคราะห์รูปแบบรอยเลือดตั้งแต่ขั้นพื้นฐานตลอดจนหลักสูตรการวิเคราะห์รอยเลือดขั้นสูงอย่างแพร่หลายในสหรัฐอเมริกาและต่างประเทศ ตลอดจนฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ตำรวจและผู้ตรวจสอบสถานที่เกิดเหตุ, นักวิทยาศาสตร์ทางนิติวิทยาศาสตร์ และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการวิจัยอาชญากรรมหลายร้อยคน

ปี 1982 การตีความรูปแบบรอยเลือดได้ถูกจัดพิมพ์ขึ้น โดย MacDonell ได้ขยายผลงานที่เป็นแบบฉบับของเขาให้มีการตีพิมพ์โดยใช้ชื่อว่า การตีความรูปแบบรอยเลือด (Bloodstain Pattern Interpretation)

ปี 1983 การก่อตั้ง IABPA MacDonell ได้จัดตั้งชั้นเรียนขั้นสูงสำหรับ BPA เป็นครั้งแรก และผู้เข้าร่วมจัดตั้งเป็นองค์กรสมัคมนักวิเคราะห์รูปแบบรอยเลือดระหว่างประเทศหรือ IABPA ขึ้น (IABPA = International Association of Bloodstain Pattern Analysts) ซึ่งการทดลองและแบบฝึกหัดเกี่ยวกับภาคปฏิบัติในการวิเคราะห์รูปแบบรอยเลือดจัดพิมพ์โดย Terry L. Laber และ Barton P. Epstein ผู้ร่วมเขียนคู่มือห้องปฏิบัติการให้ชื่อว่า การทดลองและแบบฝึกหัดเกี่ยวกับภาคปฏิบัติในการวิเคราะห์รูปแบบ รอยเลือดเพื่อใช้ในหลักสูตรการวิเคราะห์รอยเลือดพื้นฐานของพวกเขา

ปี 1989 หนังสือเรื่องการตีความของพยานหลักฐานประเภทรอยเลือด ณ สถานที่เกิดเหตุ ได้ถูกตีพิมพ์ขึ้นเป็นครั้งแรก (Interpretation of Bloodstain evidence at Crime Scenes) เขียนโดย Dr. William G. Eckert และ Stuart H. James ซึ่งหนังสือเล่มนี้จะมีเนื้อหาครอบคลุมรวมทั้งกรณีศึกษาหลายคดีที่มีความเกี่ยวข้องกับ BPA (Blood Pattern Analysis)

ปี 1990 การวิเคราะห์รูปแบบรอยเลือด - ทฤษฎีและการปฏิบัติ ได้ถูกจัดพิมพ์ขึ้นโดย Ross Gardner และ Tom Bevel ผู้ร่วมเขียนคู่มือการใช้ห้องปฏิบัติการ ให้ชื่อว่า การวิเคราะห์รูปแบบรอยเลือด-ทฤษฎีและการปฏิบัติ (Bloodstain Pattern Analysis – Theory and Practice)

ปี 1993 T. Paulette Sutton ณ มหาวิทยาลัยเทนเนสซี ในเมมฟิส ได้จัดทำคู่มือรวบรวมความรู้เกี่ยวกับการตีความรูปแบบรอยเลือด ให้ชื่อว่า การวิเคราะห์รูปแบบรอยเลือดในอาชญากรรมที่มีความรุนแรง (Bloodstain Pattern Analysis in Violent Crimes)

ปี 1993 MacDonell ได้ปรับปรุงคู่มือรูปแบบการตีความรอยเลือด (Bloodstain Pattern Interpretation) ที่เป็นต้นแบบของเขาให้ทันสมัยขึ้นและตั้งชื่อใหม่ว่า รูปแบบต่าง ๆ ของรอยเลือด (Bloodstain Patterns)

ปี 1997 การวิเคราะห์รูปแบบรอยเลือดและความรู้เบื้องต้นในการจำลองสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในสถานที่เกิดเหตุ (Bloodstain Pattern Analysis with an Introduction to Crime Scene Reconstruction) ได้ถูกตีพิมพ์ขึ้น โดยมี Tom Bevel และ Ross M. Gardner ร่วมแต่งหนังสือและให้ชื่อว่า การวิเคราะห์รูปแบบรอยเลือดและความรู้เบื้องต้นในการจำลองสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในสถานที่เกิดเหตุ

ปี 1998 การนำหลักวิทยาศาสตร์และกฎหมายมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์รูปแบบรอยเลือด (Scientific and Legal Applications of Bloodstain Pattern Analysis) ได้ถูกตีพิมพ์ขึ้นเรียบเรียงโดย Stuart H. James การนำหลักวิทยาศาสตร์และกฎหมายมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์รูปแบบรอยเลือด เป็นการรวบรวมบทความต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์รอยเลือดและความรู้ทางกฎหมาย เรียบเรียงโดย Dr. Alfred Carter, William Fischer, Carol Henderson, Paul Kirk, Marie Saccoccio และ T. Paulette Sutton.

ปี 2001 บทความเรื่อง Blood Dynamics โดย Anita Wonder ได้ถูกตีพิมพ์ขึ้นในปี 2001

ปี 2004 Herbert Leon MacDonell ได้รับปริญญาดุษฎีบัณฑิตกิตติมศักดิ์สาขาวิทยาศาสตร์จากมหาวิทยาลัย Rhode Island ในฐานะที่เป็นผู้มีส่วนสำคัญที่ทุ่มเทแรงกายแรงใจให้กับงานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์และ BPA จนเป็นที่ยอมรับโดยทั่วกัน

สืบเนื่องจากความพยายามของ MacDonell ทำให้วิวัฒนาการของการวิเคราะห์รอยเลือดในทางนิติวิทยาศาสตร์ได้มีเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเรื่อย ๆ มีผู้สนใจและให้ความสำคัญ และได้มีการนำประโยชน์ของมันมาใช้อย่างแพร่หลายมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการนำข้อมูลไปใช้ในการจำลองสถานการณ์ในสถานที่เกิดเหตุ, การเรียนการสอน, การศึกษาค้นคว้าวิจัย และสิ่งตีพิมพ์

ปัจจุบันบทความทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับ BPA สามารถพบเห็นได้บ่อยมากขึ้นกว่าในอดีต ในบทความหรือสิ่งพิมพ์วิชาการทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่เชื่อถือได้ รวมทั้งวารสารทางนิติวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ เช่น Journal of Forensic Science, Forensic Science International, American Journal of Forensic Medicine and Pathology, Journal of the Canadian Society of Forensic Science, และ Journal of Forensic Identification. เป็นต้น

3. การแบ่งประเภทของรูปแบบรอยเลือด (Bloodstain Pattern categories)

ปัจจุบันมีหลายแนวคิดที่แตกต่างกันในการแบ่งประเภทหมวดหมู่ และให้คำจำกัดความรูปแบบของรอยเลือด วิธีต่อไปนี้นี้เป็นวิธีหนึ่งที่ได้รับการยอมรับในการแบ่งประเภทของรอยเลือดตามกลไกที่ก่อให้เกิดรอยเลือดนั้นขึ้น ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 3 รูปแบบใหญ่ ๆ คือ Passive Bloodstain, Transfer Bloodstain และ Project Bloodstain ซึ่งคำนิยามความหมายของแต่ละประเภทต่อไปนี้ได้มาจาก IABPA (International Association of Bloodstain Pattern Analysts) ดังต่อไปนี้

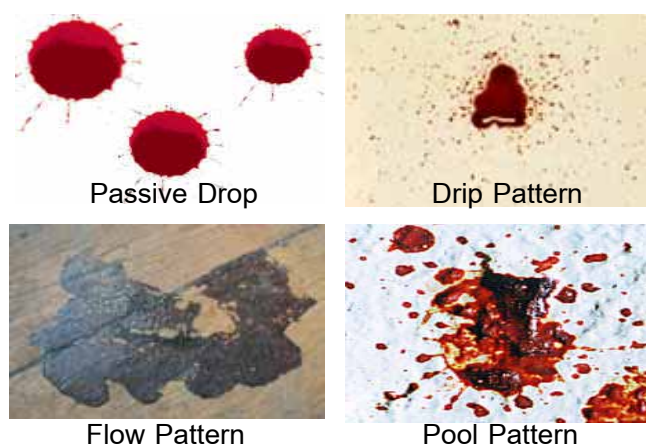
3.1 Passive Bloodstain คือการที่รอยเลือดนั้นเกิดขึ้นโดยแรงโน้มถ่วงของโลก ตัวอย่างเช่น

Passive drop คือรอยเลือดที่เกิดขึ้นโดยแรงโน้มถ่วงของโลกเพียงอย่างเดียว เช่น การหยดของเลือดหยดจากมีดหยดลงมาที่พื้นตามแรงโน้มถ่วงของโลก

Drip pattern คือรอยเลือดที่เป็นผลมาจากการที่เลือดหยดลงบนเลือด เช่น เลือดหยดลงบนเลือด หรือการที่เลือดหยดลงมาจากบาดแผลของผู้ที่บาดเจ็บ จากอาวุธที่ใช้ทำร้าย

Flow Pattern คือการเปลี่ยนแปลงในรูปร่างและทิศทางไหลเนื่องจากอิทธิพลจากแรงโน้มถ่วงของโลกและการเคลื่อนที่ของวัตถุ

Pool Pattern คือรูปแบบของรอยเลือดที่เกิดขึ้นเมื่อแหล่งกำเนิดของเลือดอยู่หนึ่ง ๆ หนึ่ง ๆ คงที่เป็นระยะเวลานาน เช่น กองเลือด



ภาพที่ 3 ตัวอย่าง Passive Bloodstain

ที่มา : J. Slemko, Bloodstain Pattern Analysis Tutorial[Online], Accessed 10 July 2007.

Available from <http://www.bloodspatter.com/BPATutorial.htm>

3.2 Projected Bloodstain จะเกิดขึ้นเมื่อมีแรงบางอย่างที่มาก ๆ มากระทำกับแหล่งเลือด หรือเกิดจากการที่มีแรงที่มากกว่าแรงโน้มถ่วงกระทำให้เกิดรอยเลือดขึ้นซึ่ง Projected Bloodstain สามารถแบ่งย่อยได้ออกเป็นหลายแบบ ดังต่อไปนี้

Low Velocity Impact Spatter (LVIS) เป็นรูปแบบของรอยเลือดที่เกิดขึ้นโดยการที่มีแรงที่มีอัตราความเร็วต่ำมากกระทำกับแหล่งเลือด เช่น เลือดหยดลงบนเลือด หยดเลือดหยดลงมาขณะมีการเคลื่อนไหว

Medium Velocity Impact Spatter (MVIS) เป็นรูปแบบของรอยเลือดที่เกิดขึ้นโดยการที่มีแรงที่มีอัตราความเร็วปานกลางมากกระทำกับแหล่งเลือด เช่น รอยเลือดที่เกิดจากการทุบ การตี เตะ ต่อย กระแทบ ซึ่งแรงชนิดนี้จะทำให้เกิดการกระจายของเลือดเกิดขึ้น

High Velocity Impact Spatter (HVIS) เป็นรูปแบบของรอยเลือดที่เกิดขึ้นโดยการที่มีแรงที่มีอัตราความเร็วสูงมากกระทำกับแหล่งเลือด เช่น รอยเลือดที่เกิดจากการถูกยิง ระเบิด หรือรอยเลือดที่เกิดจากเครื่องจักรที่มีความเร็ว ความแรงสูง ๆ

Cast-Off Pattern เป็นรูปแบบของรอยเลือดที่เกิดขึ้นจากการที่เลือดถูกปล่อย หรือการสะบัดหรือเหวี่ยงจากวัตถุที่เปื้อนเลือด เช่น มือ ฝ่าเท้า การเคลื่อนไหวของวัตถุที่เปื้อนเลือด เช่น การใช้ค้อนทุบตีหรือทำร้ายจนค้อนนั้นเปื้อนเลือดแล้วยังทุบต่อหรือทำร้ายต่อ จนทำให้เกิดรอยเลือดขณะที่เหวี่ยงแขน ยกแขนขึ้นขณะทำร้าย เป็นต้น

Arterial Spurting Pattern เป็นรูปแบบของรอยเลือดที่เป็นผลมาจากการที่เลือดพุ่งออกจากเส้นเลือดแดงด้วยความดันขึ้นลงทำให้รอยเลือดเป็นเส้นโค้งขึ้นลงตามอัตราความดัน

Back Spatter คือรอยเลือดที่ย้อนกลับไปในทิศทางตามแหล่งที่มาของพลังงาน หรือ แรงที่ทำให้เกิดการกระจายของเลือด

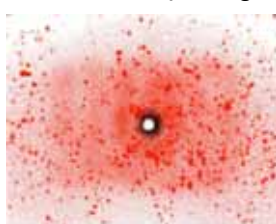
Expiratory Blood คือเลือดที่ออกมาจากจมูก ปาก เช่น การจามหรือไอ หรือ บาดแผลที่เป็นผลมาจากความกดอากาศ หรือ air flow ที่ผลักดันออกมา



Arterial Spurting



LVIS



HVIS



MVIS

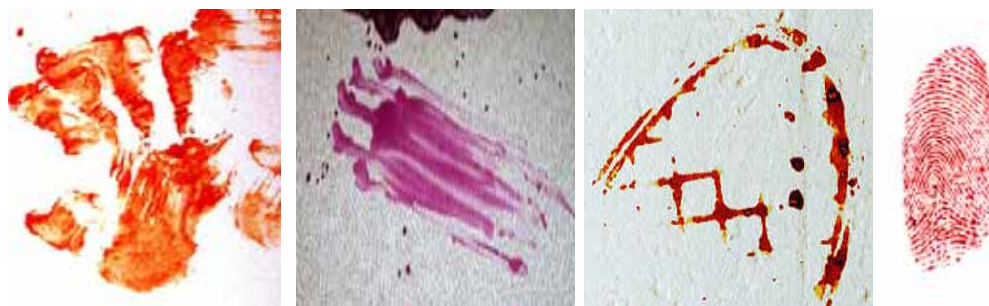
ภาพที่ 4 ตัวอย่าง Project Bloodstain

ที่มา : J. Slemko, Bloodstain Pattern Analysis Tutorial[Online], Accessed 10 July 2007.
Available from <http://www.bloodspatter.com/BPATutorial.htm>

3.3 Transfer bloodstain เป็นสิ่งที่เกิดขึ้นจากการที่วัตถุที่เปื้อนเลือดสัมผัสกับวัตถุหรือพื้นผิวที่ไม่เปื้อนเลือด และอาจจะเห็นได้ว่าที่มองเห็นวัตถุที่ทิ้งร่องรอยไว้ ตัวอย่างเช่น

Wipe pattern คือรูปแบบของรอยเลือดที่เกิดขึ้นเมื่อวัตถุเคลื่อนที่ผ่านไปยังรอยเลือดที่คงอยู่ การเคลื่อนย้าย และ/หรือ การเปลี่ยนแปลงแก้ไขสิ่งที่ปรากฏอยู่ เช่น การที่พยายามเช็ด บ้าย หรือถูที่รอยเลือดเพื่อเป็นการอำพราง หรือเปลี่ยนแปลงรอยเลือดที่ปรากฏอยู่

Swipe pattern เป็นการเคลื่อนย้าย เปลี่ยนที่ของเลือดจากการเคลื่อนที่ของแหล่งเลือดไปยังบนพื้นผิวที่ไม่มีรอยเลือด เช่น รอยเท้าที่เปื้อนเลือดวิ่งไปบนพื้น การวิ่งหนีขณะโดนทำร้าย โดยมีรอยมือที่เปื้อนเลือดเปื้อนตามผนัง ซึ่งร่องรอยที่ปรากฏจะทำให้เรารู้ทิศทางการเคลื่อนที่ได้



ภาพที่ 5 ตัวอย่าง Transfer Bloodstain

ที่มา : J. Slemko, Bloodstain Pattern Analysis Tutorial[Online], Accessed 10 July 2007.
Available from <http://www.bloodspatter.com/BPATutorial.htm>

อัตราเร็วของการกระจายของเลือด (Velocities of Blood Spatter)

อัตราเร็ว คือ แรงที่มากกระทำ ซึ่งเป็นเหตุให้เลือดเคลื่อนที่ผิดปกติไปจากอัตราเร็วของตัวมันเอง ซึ่งจะวัดในหน่วย ฟุตต่อวินาที หรือ เมตรต่อวินาที อัตราเร็วของการกระจายของเลือดแบ่งออกเป็น 3 ประเภทด้วยกันคือ Low velocity impact spatter (LVIS), Medium velocity impact spatter (MVIS) และ High velocity impact spatter (HVIS)

Low velocity impact spatter (LVIS) เป็นรูปแบบของรอยเลือดที่เกิดขึ้นโดยการที่มีแรงที่มีอัตราความเร็วต่ำมากกระทำกับแหล่งเลือด หรือรอยเลือดที่เกิดจากแรงปะทะที่มีความเร็วต่ำเกิดขึ้นโดยแรงที่มากกระทำที่มีอัตราเร็วไม่เกิน 5 ฟุตต่อวินาที (1.5 m/s) รอยเลือดจะมีขนาดโดยทั่วไปประมาณ 4 mm. หรือใหญ่กว่า ตัวอย่างของรอยเลือดที่เกิดจาก Low-Velocity Impact spatter เช่น เลือดหยดลงบนเลือด เลือดที่หยดจากผู้ที่ได้รับบาดเจ็บแล้วกำลังเดิน หรือ วิ่ง หรือ เลือดหยดจากอาวุธที่เปื้อนเลือด เป็นต้น



ภาพที่ 6 ตัวอย่าง Low velocity impact spatter (LVIS)

ที่มา : J. Slemko, Bloodstain Pattern Analysis Tutorial[Online], Accessed 10 July 2007.
Available from <http://www.bloodspatter.com/BPATutorial.htm>

Medium velocity impact spatter (MVIS) เป็นรูปแบบของรอยเลือดที่เกิดขึ้นโดยการที่มีแรงที่มีอัตราความเร็วปานกลางมากระทำกับแหล่งเลือด หรือรอยเลือดที่เกิดจากแรงปะทะที่ความเร็วปานกลางเกิดขึ้นโดยแรงที่มากระทำที่มีอัตราเร็ว 5 - 25 ฟุตต่อวินาที (1.5 - 7.5 m/s) รอยเลือดจะมีขนาดโดยทั่วไปประมาณ 1 - 3 mm. ตัวอย่างของรอยเลือดที่เกิดจาก Medium-Velocity Impact spatter เช่น รอยเลือดที่เกิดจากการทุบ การตี เตะ ต่อย กระแทบ เลือดที่เกิดจากบาดแผลที่เกิดจากอาวุธมีคมและไม่มีคม เช่น มีด ขวาน กระบอง กำปั้น เป็นต้น

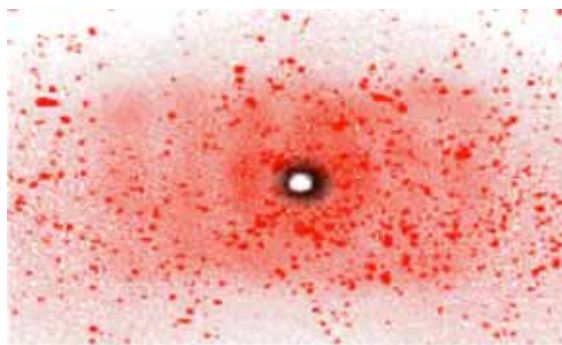


ภาพที่ 7 ตัวอย่าง Medium velocity impact spatter (MVIS)

ที่มา : J. Slemko, Bloodstain Pattern Analysis Tutorial[Online], Accessed 10 July 2007.
Available from <http://www.bloodspatter.com/BPATutorial.htm>

High velocity impact spatter (HVIS) เป็นรูปแบบของรอยเลือดที่เกิดขึ้นโดยการที่มีแรงที่มีอัตราความเร็วสูงมากกระทำกับแหล่งเลือด หรือรอยเลือดที่เกิดจากแรงปะทะที่ความเร็วสูง

เกิดขึ้นโดยแรงที่มากกระทำที่มีอัตราเร็วตั้งแต่ 100 ฟุตต่อวินาที (30 m/s) รอยเลือดจะมีขนาดโดยทั่วไปประมาณ 1 mm. หรือเล็กกว่านั้น การกระจายของเลือด รอยเลือด จะมีลักษณะเหมือนหมอกหรือสเปรย์ High-Velocity Impact spatter มักเกิดขึ้นโดยการยิงปืน การระเบิด หรือเครื่องจักรอุตสาหกรรมที่มีความเร็วสูงหรือแม้แต่การไอ การจามที่ออกมาเป็นเลือด เป็นต้น รอยเลือดที่พุ่งออกมาด้วยอัตราความเร็วสูง จะเคลื่อนที่ไปได้ในระยะทางที่น้อยมาก เนื่องจากความต้านทานของอากาศจะต่อต้านกับมวลที่เล็กมาก ๆ ของหยดเลือดเล็ก ๆ เหล่านั้น ในบาดแผลถูกยิง พื้นที่บริเวณที่ติดกับบาดแผลจะมีรอยเลือดคล้ายกลุ่มหมอก สเปรย์ และอาจจะมีชิ้นส่วนของเนื้อเยื่อ แต่พื้นที่ที่ห่างออกไปอาจไม่พบรอยกระเด็นของเลือดเลยก็ได้ หรืออาจมีแค่เนื้อเยื่อติดอยู่บนพื้นผิวที่ถูกระบาด



ภาพที่ 8 ตัวอย่าง High velocity impact spatter (HVIS)

ที่มา : J. Slemko, Bloodstain Pattern Analysis Tutorial[Online], Accessed 10 July 2007.

Available from <http://www.bloodspatter.com/BPATutorial.htm>

4. คุณสมบัติทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการหยุดของเลือด

ความรู้ทางฟิสิกส์มิได้เป็นเพียงแนวคิดพื้นฐานและโครงสร้างเชิงทฤษฎีให้กับความเข้าใจในวิทยาศาสตร์สาขาอื่น ๆ เท่านั้น แต่ความรู้เกี่ยวกับเครื่องมือและวิธีการวัดในวิชาฟิสิกส์ยังมีส่วนร่วมอันสำคัญ ในการค้นคว้าวิจัยของศาสตร์สาขาต่าง ๆ มากมาย ซึ่งมีจำนวนไม่น้อยที่เป็นศาสตร์เชิงประยุกต์ ความเกี่ยวข้องระหว่างความรู้และวิธีการในวิชาฟิสิกส์กับศาสตร์สาขาต่าง ๆ สามารถยกตัวอย่างได้ดังนี้

การศึกษาทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยสองส่วนคือ การศึกษาเชิงคุณภาพ และการศึกษาเชิงปริมาณ การศึกษาเชิงคุณภาพเป็นการบรรยายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ด้วยข้อมูลเชิงพรรณนา ตามสภาพการรับรู้ของคนเรา เช่น การบอกลักษณะรูปทรง พื้นผิว สี กลิ่น รส เป็นต้น

ส่วนการศึกษาเชิงปริมาณนั้น เป็นการบรรยายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ด้วยข้อมูลเชิงตัวเลข ซึ่งได้จากการสังเกตและใช้เครื่องมือวัด เช่น การบอกความยาว มวล ชั่วเวลา อุณหภูมิและจำนวนนับ เป็นต้น เนื่องจากการศึกษาเชิงปริมาณ มีการจัดข้อมูลเชิงตัวเลขในลักษณะต่าง ๆ กัน จึงต้องอาศัยความรู้ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นกฎเกณฑ์ในการจัดกระทำกับตัวเลข วิชาฟิสิกส์จัดว่าเป็นวิทยาศาสตร์ที่เน้นการศึกษาเชิงปริมาณ การที่จะได้มาซึ่งกฎเกณฑ์และทฤษฎีของวิชาฟิสิกส์นั้น ต้องอาศัยความรู้ทางคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือ ดังนั้น เราจึงกล่าวได้ว่า คณิตศาสตร์เป็นพื้นฐานที่สำคัญในการศึกษาวิชาฟิสิกส์ คณิตศาสตร์ที่จำเป็นสำหรับวิชาฟิสิกส์ได้แก่ พีชคณิต เรขาคณิต ตรีโกณมิติ และแคลคูลัสเบื้องต้น

สำหรับการศึกษาด้านนิติวิทยาศาสตร์ จำเป็นต้องอาศัยความรู้จากศาสตร์หลายสาขามาประยุกต์ใช้เข้าด้วยกัน ความรู้ด้านฟิสิกส์ที่นำมาใช้ สำหรับการศึกษาเรื่อง “การศึกษาแนวทางการวิเคราะห์การกระจายของหยดเลือดโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์” นี้ต้องอาศัยความรู้ทางฟิสิกส์และคณิตศาสตร์ในหลาย ๆ ส่วนทั้งข้อมูลเชิงพรรณนา เช่น บอกลักษณะรูปร่าง รูปร่าง ลักษณะพื้นผิว และการศึกษาเชิงปริมาณ เช่น การวัดปริมาตร การวัดความกว้างและความยาวของหยดเลือด เมื่อเลือดออกจากร่างกาย การหยดของเลือดและผลของรูปแบบ ลักษณะของรอยเลือดที่หยดลงมาจะมีคุณสมบัติเช่นเดียวกับของเหลว ซึ่งจะมีคุณสมบัติทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการหยดของเลือด สามประการ ดังต่อไปนี้

4.1 แรงโน้มถ่วง (Gravity) คือแรงที่กระทำระหว่างมวล ถึงแม้ว่าแรงโน้มถ่วงจะเป็นแรงที่เราไม่สามารถรับรู้ได้มากนักเพราะความเบาบางของแรงที่กระทำต่อเรา แต่ก็ยังเป็นแรงเดียวที่ยึดเหนี่ยวเราไว้กับพื้นโลก แรงโน้มถ่วงมีความแรงแปรผันตรงกับมวล และมีทิศทางลงข้างล่างเสมอ ไม่มีการลดทอนหรือถูกดูดในทางฟิสิกส์ แรงโน้มถ่วงเนื่องจากมวลใด ๆ ทำให้แรงโน้มถ่วงเป็นแรงที่สำคัญมากในการยึดเหนี่ยวเอกภพไว้ด้วยกัน

4.2 แรงต้าน (Resistant force) คือแรงที่มีทิศทางต่อต้านทิศทางของการเคลื่อนที่หรือมีทิศตรงกันข้ามกับแรงที่พยายามจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ ไม่ขึ้นอยู่กับมวลแต่จะขึ้นอยู่กับรูปร่างของวัตถุและความเร็วขณะวัตถุนั้นเคลื่อนที่ แรงต้านอาจทำให้วัตถุไม่เกิดการเคลื่อนที่ หรือทำให้วัตถุเคลื่อนที่อยู่แล้วมีการเคลื่อนที่ช้าลง เรียกว่าทำให้เกิดความหน่วงขึ้น สำหรับหยดเลือดนั้นมีมวลประมาณ 5 mg. แรงต้านทานในอากาศจะมีผลเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

4.3 แรงตึงผิว (Surface tension) คือแรงที่ยึดผิวของเหลวเข้าไว้ด้วยกันไม่ให้ขาดจากกัน เช่น ถ้าเอาเข็มวางบนผิวน้ำ แรงตึงผิวจะยึดผิวน้ำเข้าด้วยกัน ไม่ยอมให้เข็มทะลุจมลงน้ำไป เข็มก็จะลอยบนผิวน้ำได้ แรงที่อุ้มเข็มไว้คือแรงตึงผิวนั่นเอง แรงนี้มีทิศขนานผิวน้ำ

ของเหลวและตั้งฉากกับผิวสัมผัสของวัตถุ สำหรับหยดเลือดเป็นแรงที่ยึดเหนี่ยวโมเลกุลเข้าไว้ด้วยกัน ทำให้หยดเลือดสามารถยังคงรักษาสภาพและมี รูปร่างเป็นหยดเลือด ขณะที่หยดลงมาได้

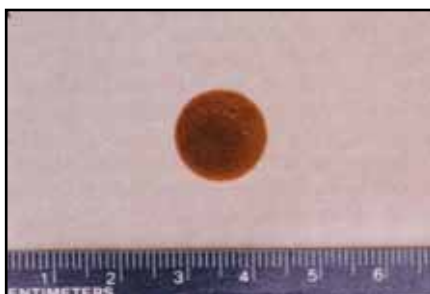
5. การหยดของเลือด

เลือด เป็นสารประกอบที่เป็นของเหลวที่ไม่เป็นไปตามทฤษฎีของนิวตัน (non-Newton viscoelastic fluid) ซึ่งจะขัดแย้งกับของเหลวชนิดอื่นที่เป็นไปตามกฎของนิวตัน หยดเลือดจะไม่มีการแกว่ง (wobble) หลังจากแตกตัว (separating) ขณะที่ความต้านทานของอากาศยังคงมีผลต่อรูปร่างที่เป็นทรงกลมของเลือดที่ลอยในอากาศขณะที่กำลังหยดลงมาในอากาศ ดังนั้นการประมาณของรูปร่างได้ถูกพิจารณาและยอมรับได้ในทางปฏิบัติ ในอุดมคติเมื่อหยดเลือดรูปทรงกลมตกลงมาบนพื้นผิวที่ราบเรียบ การชนหรือการปะทะจะทำให้ของเหลวนั้นมีลักษณะแบนและมีรูปร่างที่ยาวออกไป แต่ในความเป็นจริง การชนหรือการปะทะ จะมีผลกระทบหลายอย่างซึ่งสามารถทำให้เกิดรอยเลือด รอยกระเด็นของเลือด (Secondary Stain) ขึ้นได้มากมาย แต่ในการทดลองนี้จะสนใจเฉพาะ Primary Stain ซึ่งมีลักษณะเป็นรูปไข่ โดยที่ไม่สนใจในเรื่องของทิศทางลมเพราะทำการทดลองในห้องที่มีระบบปิด โดยการพิจารณาขนาดความกว้างและความยาวของ Primary Stain จะนำมาใช้ในการคำนวณหาแหล่งที่มาของเลือดได้ แกนหลักของรูปไข่เป็นตัวบ่งบอกทิศทางที่เลือดเดินทางไปจากแหล่งที่มาของเลือด

เลือดจะไหลลง หยดลงพื้น ตามแรงโน้มถ่วง(ดึงดูด)ของโลก เมื่อเลือดเริ่มหยดลงมาจะมีรูปร่างคล้ายหยดน้ำตาและค่อย ๆ ตกลงมาอย่างอิสระตามแรงดึงดูดของโลก รูปร่างของเลือดขณะเดินทางในอากาศเป็นทรงกลม (Sphere) เพราะมีแรงดึงดูดผิวในแนวดิ่งและแนวนอนทำให้ยึดเหนี่ยวโมเลกุลเข้าไว้ด้วยกัน หยดเลือดจึงมีรูปร่างเป็นทรงกลมและมีขนาดประมาณ 0.05 ml และจะไม่แตกแยกจนกระทั่งกระทบพื้นผิว ขนาดปกติของหยดเลือดโดยทั่วไปจะมีปริมาตรประมาณ 0.05 ml การที่เลือดไหลออกอย่างรวดเร็วจะทำให้หยดเลือดที่หยดลงมีขนาดใหญ่กว่าเล็กน้อยและการสั่นสะเทือนหรือการเคลื่อนที่ จะทำให้หยดเลือดมีขนาดเล็กลง ซึ่งรูปร่างและขนาดของหยดเลือด รูปแบบของรอยเลือดจะขึ้นอยู่กับ ความเร็วของหยดเลือด มวล ความหนาแน่น(เฉพาะของเม็ดเลือด) มุมที่ตกกระทบ และพื้นผิวที่เลือดตกกระทบ

รูปร่างของหยดเลือดที่หยดลงมาจะขึ้นอยู่กับลักษณะพื้นผิวที่หยดเลือดนั้นตกกระทบ เช่น พื้นผิวขรุขระ หรือพื้นผิวราบเรียบ มันวาว พื้นผิวที่มีรูพรุนสามารถซึมซับได้ หรือไม่ได้ เป็นต้น ขนาดของหยดเลือดก็也将มีความสัมพันธ์กับระยะทางที่เลือดนั้นหยดลงมา ซึ่งขนาดและรูปร่างก็

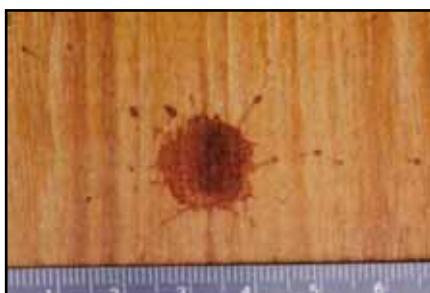
อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้เล็กน้อยในพื้นที่ผิวและระยะทางที่ต่างกัน เมื่อเลือดหยดลงบนพื้นผิวที่ราบเรียบ หยดเลือดจะมีรูปร่างทรงกลมขอบเรียบ ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 ลักษณะเลือดที่หยดลงบนพื้นผิวที่ราบเรียบ

ที่มา : Stuart H. James and Jon J. Nordby, An Introduction to Scientific and Investigative Techniques, Boca Raton, FL : CRC Press, 2005

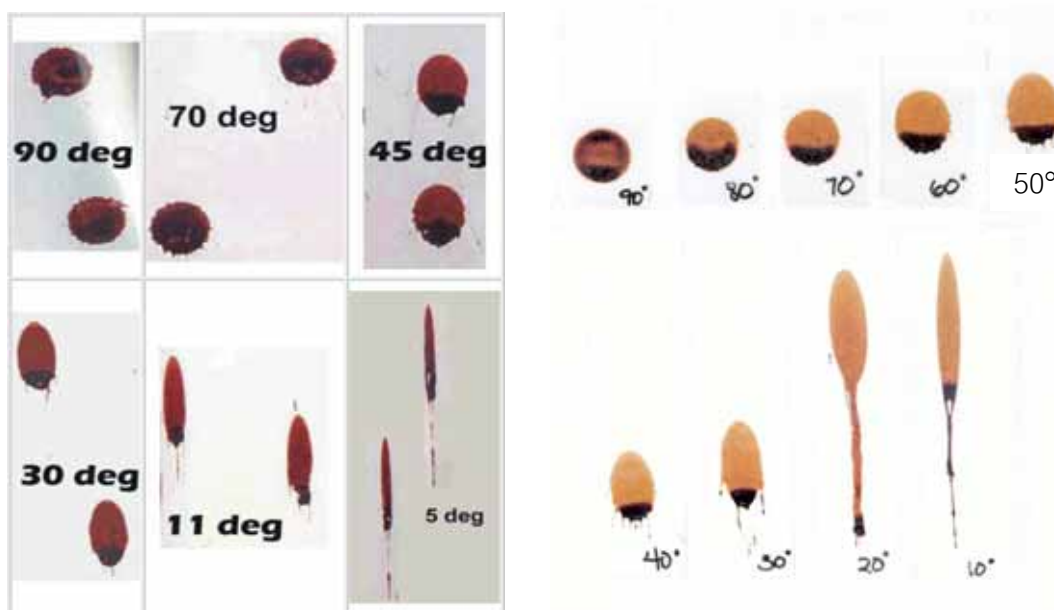
เมื่อเลือดหยดลงบนพื้นผิวที่ขรุขระ หรือมีรูพรุน หยดเลือดก็จะมีอาการกระเซ็นตรงขอบ ๆ ของวงกลมเกิดขึ้น ดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 ลักษณะเลือดที่หยดลงบนพื้นผิวที่ขรุขระ

ที่มา : Stuart H. James and Jon J. Nordby, An Introduction to Scientific and Investigative Techniques, Boca Raton, FL : CRC Press, 2005

ลักษณะของหยดเลือดที่ตกกระทบที่มุมต่างกันจะมีลักษณะที่แตกต่างกันไปตามมุมที่เลือดตกกระทบ ยิ่งมุมเล็ก หยดเลือดก็จะมีลักษณะเป็นรูปวงรีเรียวเล็กยิ่งขึ้นและจะมีหางเล็ก ๆ ชี้ออก ทุกทางชี้ไปทางเดียวกัน ทิศทางที่หางชี้ไปคือทิศทางที่เลือดเดินทางไป ถ้าเลือดหยดลงมาเป็นมุม 90 องศา หยดเลือดจะมีรูปร่างเป็นรูปวงกลม



ภาพที่ 11 แสดงลักษณะของหยดเลือดที่ตกกระทบที่มุมต่างกัน

ที่มา : J. Slemko, Bloodstain Pattern Analysis Tutorial[Online], Accessed 10 July 2007.

Available from <http://www.bloodspatter.com/BPATutorial.htm>

ทฤษฎี : หยดน้ำตาเปรียบเทียบกับหยดเลือด

จากการทดลองโดย Louis L. Akin แสดงให้เห็นว่าเลือดจะมีรูปร่างลักษณะเป็นรูปทรงกลมมากกว่าหยดน้ำตา เมื่อปล่อยให้ตกอย่างอิสระ(หยดลงอย่างอิสระ)ในขนาดโดยทั่วไปของหยดเลือดจะมีปริมาตรประมาณ 0.05 ml หรือ 20 หยดต่อมิลลิเมตร ซึ่งอาจมีบางหยดใหญ่กว่าหรือเล็กกว่าเล็กน้อยก็ได้ การที่เลือดหยดลงเป็นรูปทรงกลมนั้นก็เป็นผลมาจากแรงตึงผิวเลือดที่ยังสด ๆ ใหม่ ๆ จะมีความเหนียวหนืดและข้นกว่าน้ำเล็กน้อย และมีการยืดเกาะตัวยึดเหนี่ยวกันเป็นรูปทรงกลมในขณะที่หยด รูปร่างและขนาดที่เป็นทรงกลมนั้นสามารถนำมาใช้ในการคำนวณมุมที่ตกกระทบ (Angle of Impact หรือ AOI) ของรอยเลือดที่กระเด็น ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการประมาณจุดที่มาหรือตำแหน่งแหล่งที่มาของเลือดว่ามาจากจุดใด ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะกล่าวถึง Point (Area) of Origin (แหล่งที่มาของเลือด)



ภาพที่ 12 รูปร่างลักษณะของเลือดขณะหยด

ที่มา : Stuart H. James and Jon J. Nordby, An Introduction to Scientific and Investigative Techniques, Boca Raton, FL : CRC Press, 2005

6. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการวิเคราะห์รูปแบบของรอยเลือด

ในทางนิติวิทยาศาสตร์ การกำหนดหรือระบุได้ว่าบุคคลนั้นเป็นใครและเกิดอะไรขึ้นนั้น ไม่เพียงแต่การสืบสวนที่อาจเป็นไปได้จากรอยเลือดที่พบในสถานที่เกิดเหตุ คำถามที่ว่า “อะไร” ซึ่งมีความเกี่ยวเนื่องมากกว่าในขอบเขตของนิติพยาธิวิทยา นิติวิทยาศาสตร์ก็สามารถนำมาสรุปได้ด้วยเหมือนกันจากการวิเคราะห์รูปแบบของรอยเลือด ณ สถานที่เกิดเหตุ (Bevel and Gardner, 2002) ซึ่งการวิเคราะห์การกระจายของรอยเลือด มักจะดำเนินการโดยผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทางทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ และรูปแบบของรอยเลือดที่พบปรากฏอยู่อาจเกิดขึ้นได้จากผลของตัวแปรหลาย ๆ อย่าง เช่น ความเร็ว ความหนาแน่นของของเหลว และลักษณะหรือคุณสมบัติของพื้นผิวที่เลือดหยดลงกระทบ

การสืบสวนสอบสวนและการวิเคราะห์รูปแบบของรอยเลือด สามารถนำมาซึ่งความสามารถที่จะมองและเข้าใจได้อย่างชัดเจนถึงลักษณะทางกายภาพและสถานการณ์แท้จริงที่เกิดขึ้นในสถานที่เกิดเหตุ ที่เกิดโดยแรงและการเคลื่อนที่ ตัวอย่างเช่น เมื่อมีคุณลักษณะเฉพาะเข้ามาเกี่ยวข้องอาจจะไม่เป็นข้อสงสัย หรือไม่มีพยานรู้เห็นเหตุการณ์ หรืออาจมีแต่มีการให้ปากคำที่เป็นเท็จหรือขัดแย้ง การวิเคราะห์รูปแบบของรอยเลือดจะสามารถนำมาใช้ได้แย่งได้ว่าเกิดอะไรขึ้นตามสถานการณ์ที่เป็นอยู่จริง ซึ่งการวิเคราะห์รูปแบบของรอยเลือดนี้ก็จะสามารถบ่งบอกได้เท่ากับหรือมากกว่าการสืบสวนสอบสวนที่ระบุเพียงว่า “ใคร” อีกด้วย (Ristenbatt and Shaler, 1995; Lee et al., 2001; Pizzola et al., 1986; Raymounol et al., 1996)

ในปี 1895, Piotrowski เป็นบุคคลแรกที่เสนอข้อคิดเห็นว่า รูปร่างที่ยาวออกไป หรือลักษณะยาวเรียวที่แผ่ออกไปของรอยเลือด สามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ตำแหน่งหรือทิศทางของเหยื่อ

ณ เวลาที่ถูกทำร้าย ต่อมาได้มีความก้าวหน้าขึ้นเรื่อย ๆ จนทำให้มีการวิเคราะห์การกระจายของเลือดเกิดขึ้น ซึ่งเป็นความเชี่ยวชาญเฉพาะทาง ทางด้านสาขานิติวิทยาศาสตร์ ซึ่งย่อมต้องอาศัยประสบการณ์และการฝึกฝนและเอาใจใส่เรียนรู้อย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอ ก็จะทำให้เป็นส่วนหนึ่งของผู้เชี่ยวชาญต่อไปได้

7. การวิเคราะห์รูปแบบรอยเลือด

การวิเคราะห์รูปแบบรอยเลือด เป็นการศึกษาและฝึกหัดที่จะต้องใช้ความรู้ในหลายสาขา เช่น ความรู้ทางชีววิทยา ความรู้ทางฟิสิกส์ และความรู้ทางคณิตศาสตร์ การวิเคราะห์รูปแบบรอยเลือดอาจจะสำเร็จได้ด้วยดีจาก การประเมินสถานการณ์ ณ ที่เกิดเหตุโดยตรง และ/หรือ การพิจารณาศึกษาอย่างระมัดระวังจากภาพถ่ายร่วมกับการพิจารณารายละเอียดข้อมูลต่าง ๆ ของเสื้อผ้า อาวุธ และพยานหลักฐานทางกายภาพอื่น ๆ รายละเอียดจากประวัติการรักษาของโรงพยาบาล การชันสูตรพลิกศพ และการผ่าศพ เป็นต้น ซึ่งทั้งหมดนี้ล้วนมีข้อมูลที่สำคัญและเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง สามารถนำไปใช้ในการประเมินสถานการณ์ หรือเหตุการณ์ได้ ในกรณีที่ไม่สามารถไปตรวจหรือเข้าถึงสถานที่เกิดเหตุและจำเป็นต้องใช้การถ่ายภาพเท่านั้น รายละเอียดของภาพถ่าย แผนผัง ภาพ Sketches รายงานของผู้ตรวจสถานที่เกิดเหตุ และ รายงานจากห้อง Lab ก็เป็นประโยชน์และสามารถนำมาใช้ในการพิจารณาและตรวจสอบได้เช่นกัน

ความเกี่ยวเนื่องในการจำลองสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในสถานที่เกิดเหตุ การวิเคราะห์รูปแบบรอยเลือดสามารถจะนำมาซึ่งข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อผู้ตรวจสถานที่เกิดเหตุได้หลายอย่าง เช่น ช่วยให้ทราบ Point (Area) of Convergence และ Point (Area) of Origin ของรอยเลือด, ชนิดและทิศทางของการกระทำ ที่ทำให้เกิดรอยเลือด หรือการกระจายของเลือด, กลไกที่ก่อให้เกิดการกระจายของเลือด, ช่วยให้เข้าใจได้ว่ารอยเลือดนั้นเกิดขึ้นบนพยานหลักฐานนั้น ๆ ได้อย่างไร, ทำให้รู้ตำแหน่งของเหยื่อ ผู้ร้าย หรือ วัตถุสิ่งของ ในสถานที่เกิดเหตุขณะที่มีการนองเลือดเกิดขึ้น, ทำให้รู้ทิศทางของเหยื่อ ผู้ร้าย หรือ วัตถุสิ่งของ ในสถานที่เกิดเหตุหลังจากที่มีการนองเลือดเกิดขึ้น, ใช้ยืนยันหรือหักล้างคำให้การของพยาน, เป็นข้อมูลในการประมาณระยะเวลาการตาย เป็นต้น

ตามที่ Bevel and Gardner (1997:34) ได้ระบุไว้ว่า จุดมุ่งหมายของการวิเคราะห์และจำลองสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในสถานที่เกิดเหตุโดยการใช้ประโยชน์ของการวิเคราะห์รูปแบบรอยเลือดนั้นจะช่วยให้สามารถมองเห็นภาพรวมของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น คำถามที่สามารถระบุได้ด้วยการตีความรูปแบบรอยเลือดนั้นขึ้นอยู่กับเหตุการณ์แวดล้อมของกรณีนั้น ๆ ซึ่งคำถามสามารถตอบได้จากการวิเคราะห์และตีความรูปแบบรอยเลือดมีดังนี้

- เกิดเหตุการณ์อะไรขึ้น
- เหตุการณ์นั้นเกิดขึ้นที่ไหน
- เหตุการณ์นั้นเกิดขึ้นเมื่อใดและมีลำดับเหตุการณ์อย่างไร
- มีใครอยู่ในสถานที่เกิดเหตุบ้างขณะที่มีเหตุการณ์เกิดขึ้น
- มีใครที่ไม่ได้อยู่ในสถานที่เกิดเหตุบ้างขณะที่มีเหตุการณ์เกิดขึ้น
- มีอะไรที่ไม่เกิดขึ้นบ้าง

7.1 การตรวจคราบเลือด

คราบเลือดเป็นวัตถุพยานที่สำคัญในการตรวจพิสูจน์ทางนิติเวชศาสตร์ ใช้เป็นหลักฐานประกอบในการสืบสวนเกี่ยวกับพฤติกรรมที่เกิดขึ้นในคดี โดยที่คราบเลือดจะเป็นพยานวัตถุในการสอบสวนและในการพิจารณาคดีได้เป็นอย่างดี

คราบเลือดที่พบอาจจะพบตามพื้น เสื้อผ้า หรือติดกับอาวุธ เช่น มีด วัตถุที่คราบเลือดติดอยู่แบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด

1. วัตถุที่ดูดซึม ได้แก่ เสื้อผ้า สบู่ ไม้ กระเบื้องบางชนิด คราบเลือดจะติดทนในวัตถุเหล่านี้สะดวกแก่การนำมาตรวจ
 2. วัตถุไม่ดูดซึม เช่น กระจก กระเบื้องเคลือบ คราบเลือดที่ติดอยู่ตามวัตถุเหล่านี้จะเสียสภาพและหลุดจากวัตถุได้ง่าย เป็นการยากในการตรวจ
 3. พื้นดิน คราบเลือดที่อยู่ตามพื้นดินเป็นการยากลำบากในการนำมาตรวจและจะเสียสภาพได้ง่ายเนื่องจากถูกย่อยโดยจุลินทรีย์ที่อยู่ในผิวดิน จะทำลายสภาพของเลือด
- หลักการตรวจคราบเลือดอาศัยหลักที่ว่าแอนติเจนในหมู่เลือดของแต่ละคนไม่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดชีวิต และลักษณะแอนติเจนจะคงทนในสภาพของคราบเลือดซึ่งสามารถนำมาตรวจสอบได้ (พล.ต.อ. อรรถพล แซ่มสุวรรณวงศ์ และคณะ 2546 : 159)

ลักษณะคราบเลือด

ลักษณะคราบเลือดที่พบจะช่วยบอกได้ถึงพฤติกรรมที่ทำให้เกิดคราบเลือดขึ้น ซึ่งจะเป็นเครื่องช่วยในการสืบสวนคดี และเป็นพยานหลักฐานในการดำเนินคดี

โดยลักษณะของคราบเลือดที่พบในการตรวจมีลักษณะสำคัญในการพิจารณา คือ การกระจายของคราบเลือด, ตำแหน่งของคราบเลือด, ปริมาณของเลือด และความสัมพันธ์กับวัตถุพยานแวดล้อมอื่น ๆ

การกระจายของคราบเลือด เป็นเครื่องช่วยบ่งบอกได้อย่างหนึ่ง ถ้าเป็นเลือดที่ออกจากเส้นเลือดแดงใหญ่จะกระจายออกไปได้ไกลกว่าที่ออกจากเส้นเลือดเล็ก และเลือดที่ออกจากเส้นเลือดดำจะหยุดไม่กระจายมาก นอกจากนี้ยังช่วยบอกตำแหน่งของบาดแผลได้ เช่น ถ้าบาดแผลอยู่ในส่วนบนของร่างกาย การกระจายของคราบเลือดจะกว้างกว่าคราบเลือดจากเส้นเลือดในร่างกายส่วนล่างของร่างกาย เป็นต้น

ตำแหน่งของคราบเลือด จะช่วยบ่งบอกถึงพฤติกรรมบางอย่าง เช่น ขณะเลือดออก ผู้ได้รับบาดเจ็บเคลื่อนไหวหรืออยู่นิ่ง ลักษณะของคราบเลือดที่เกิดจากผู้ได้รับบาดเจ็บซึ่งเคลื่อนไหว จะมีการกระจายของคราบเลือดเป็นหยดไปตามทิศทางนั้น แต่ถ้าผู้ได้รับบาดเจ็บอยู่กับที่คราบเลือดจะหยุดเป็นกลุ่มใหญ่อยู่กับพื้น เป็นต้น

ปริมาณของเลือด จะช่วยบ่งบอกคร่าว ๆ ถึงตำแหน่งของบาดแผลและลักษณะของเส้นเลือด ถ้าออกมาเป็นคราบใหญ่แสดงว่าบาดแผลที่เกิดขึ้นต่อเส้นเลือดใหญ่ และบาดแผลต้องมีขนาดใหญ่พอสมควร ถ้าหากหยุดเลือดมีขนาดเล็กแสดงว่าบาดแผลมีขนาดเล็ก และอยู่ในตำแหน่งที่ไม่ใช่เส้นเลือดใหญ่ จึงทำให้ปริมาณของเลือดออกมาน้อย

ความสัมพันธ์กับวัตถุพยานแวดล้อมอื่น ๆ ลักษณะการกระจาย ตำแหน่ง และปริมาณคราบเลือด ต้องนำมาเปรียบเทียบกับพยานหลักฐานต่าง ๆ ในที่เกิดเหตุ เพื่อจะใช้บ่งบอกพฤติกรรมที่คาดคะเนไว้ให้ใกล้เคียงกับความจริงมากที่สุด เช่น

ถ้าคราบเลือดที่ศพกองไหลนองโดยไม่มีคราบอื่นอยู่ใกล้เคียงศพที่พบ สันนิษฐานได้ว่าศพอาจถูกทำร้ายจากที่อื่นแล้วนำมาทิ้ง หรืออาจเป็นการกระทำตนเอง

ถ้าบริเวณที่เกิดเหตุมีร่องรอยของการต่อสู้และพบคราบเลือดกระจายอยู่ทั่วไป แสดงว่าผู้ถูกทำร้ายได้ทำการต่อสู้ป้องกันตัว คราบเลือดในบริเวณที่เกิดเหตุจะกระจายออกไปเป็นวงกว้าง

ถ้าคราบเลือดหยุดเป็นทางและมีบางบริเวณเป็นคราบเลือดกองใหญ่ แสดงว่าผู้ถูกทำร้ายวิ่งหนีมาและยืนพักบริเวณนั้น (พล.ต.อ. อรรถพล แซ่มสูวรรณวงศ์ และคณะ 2546 : 159-160)

8. Point (Area) of Convergence, Angle of Impact และ Point (Area) of Origin

จุดมุ่งหมายของการวิเคราะห์รูปแบบรอยเลือดคือเพื่อระบุได้ว่า เกิดอะไร, เมื่อไร, และที่ไหน ในอาชญากรรมที่มีเหตุการณ์การนองเลือดเกิดขึ้น " อะไร " สามารถตอบคำถามได้จากการพินิจพิจารณาขนาดของร่องรอยเลือด ภาพรวมของร่องรอยเลือดที่ปรากฏ และรูปแบบการกระจายร่วมกับรายละเอียดข้อมูลของคดีนั้น ๆ " เมื่อไร " อาจจะสามารถตอบคำถามได้โดยสังเกตผลของการเปลี่ยนแปลงของร่องรอยเลือด เช่น ก้อนเลือดที่แข็งตัวและลำดับเหตุการณ์ในสถานที่เกิดเหตุ " ที่ไหน " การตอบคำถามจำเป็นที่จะต้องให้ผู้มาวิเคราะห์เพื่อที่จะประมาณหา

Point (Area) of Convergence, Angle of Impact และ Point (Area) of Origin ซึ่งเข้ากันได้กับตำแหน่งที่พบแหล่งที่มาของเลือด การประมาณหา Point (Area) of Convergence, Angle of Impact และ Point (Area) of Origin นี้มักจะถูกนำมาใช้ในการหาตำแหน่งของเหยื่อผู้เคราะห์ร้าย แต่ที่แม่นยำไปกว่านั้น คือสามารถอ้างถึงและนำไปสู่การหา ตำแหน่งที่มีการกระทำให้เกิดรอยเลือดจนทำให้เหยื่อได้รับบาดเจ็บ ณ เวลาที่ที่ถูกกระทำ โดยการที่จะหาพื้นที่แหล่งที่มาของเลือดใน 3 มิติว่ามาจากจุดใดนั้น โดยจำเป็นต้องมีข้อมูลที่สำคัญ 3 อย่างประกอบกัน คือ Point (Area) of Convergence : POC, Angle of Impact : AOI และ Point (Area) of Origin: PO ดังต่อไปนี้

Point (Area) of Convergence : POC คือ จุดที่ตัดผ่านกันของเส้นที่ลากผ่านจุดกึ่งกลางของหยดเลือดแต่ละหยดที่พบบริเวณที่เกิดเหตุ เป็นการตัดกันแบบ 2 มิติในแนวแกน x และแกน y ซึ่ง Point (Area) of Convergence สามารถหาได้โดยการลากเส้นหรือใช้เชือกโยงจากจุดศูนย์กลางของหยดเลือดแต่ละหยดไปตามแนวยาวตำแหน่งที่เส้นแต่ละเส้นมาตัดกันหรือพื้นที่ที่เส้นมาตัดกันมากที่สุดนั้นก็คือ Point (Area) of Convergence

Angle of Impact : AOI คือมุมที่เกิดขึ้นระหว่างทิศทางที่เลือดหยดลงมากับพื้นผิวที่หยดเลือดนั้นตกกระทบมุมที่หยดเลือดตกลงมากับพื้นผิวสัมผัส จากภาพ Angle of Impact คือมุม θ เราสามารถนำข้อมูลของหยดเลือดคือขนาดความกว้างและความยาวของหยดเลือดที่พบในที่เกิดเหตุมาใช้ในการคำนวณหามุมที่เลือดตกกระทบกับพื้นผิว Angle of Impact ของรอยเลือดที่กระเด็น ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการประมาณจุดที่มาของหยดเลือดนั้นได้โดยเราสามารถคำนวณหามุมที่เลือดตกกระทบกับพื้นผิวหรือ Angle of Impact ได้จากสูตร $\theta = \arcsin \frac{\text{width}}{\text{length}}$ โดยที่ θ คือมุมที่เลือดตกกระทบ

Point (Area) of Origin : PO คือจุดหรือพื้นที่แหล่งที่มาของเลือดใน 3 มิติว่ามาจากจุดใด ซึ่ง Point (Area) of Origin นี้จะอยู่เหนือ Point (Area) of Convergence (POC) ขึ้นไปในแนวแกน z ตั้งฉากกับพื้น ซึ่งสามารถหา PO ได้จากข้อมูล AOI และ POC ที่เราได้หาไว้แล้วข้างต้น โดยสามารถหา PO ได้จากสูตร $PO = \tan(AOI) \times y$

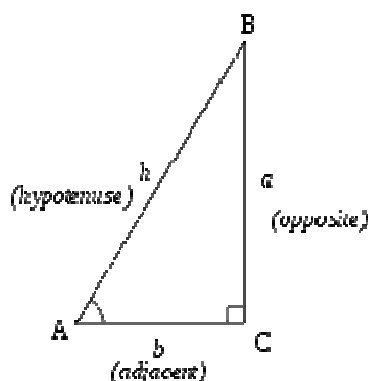
เมื่อ y = ระยะทางจากจุดกึ่งกลางของหยดเลือดแต่ละหยดถึง POC

เมื่อได้ค่า PO แล้ว ก็ทำการวัดจากพื้นที่ขึ้นไปในแนวตั้งฉากก็จะสามารถประมาณจุดหรือพื้นที่แหล่งที่มาของเลือดที่ออกมาจากร่างกายได้

ซึ่งรายละเอียดและขั้นตอนในการหาค่า Point (Area) of Convergence (POC), Angle of Impact (AOI) และ Point (Area) of Origin (PO) จะนำเสนอในหัวข้อที่ 10

9. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับทฤษฎีตรีโกณมิติพื้นฐานของรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก

รูปสามเหลี่ยมมุมฉาก (Right Triangle) คือรูปสามเหลี่ยมที่มีมุมภายในมุมหนึ่งมีขนาด 90° ซึ่งถูกเรียกว่ามุมฉาก ก่อนที่จะกล่าวถึงฟังก์ชันตรีโกณมิติ ก่อนอื่นเราต้องมาทำความรู้จักส่วนประกอบของสามเหลี่ยมมุมฉากก่อน และแต่ละส่วนนั้นมีความสัมพันธ์กับฟังก์ชันตรีโกณมิติอย่างไร ดังรูปที่ A รูปสามเหลี่ยมจะมีสามด้านและสามมุม ด้านที่อยู่ตรงข้ามกับมุมฉากเรียกว่า ด้านตรงข้ามมุมฉาก ซึ่งเป็นด้านที่ยาวที่สุดในรูปสามเหลี่ยมตามรูปคือ ด้าน h อีกสองด้านเรียกว่า ด้านประกอบมุมฉาก ซึ่งก็คือ ด้านตรงข้ามมุม คือด้านที่อยู่ตรงข้ามกับมุมที่เราสนใจ ตามรูปคือ a และด้านประชิดมุม คือด้านที่อยู่ติดกันบนมุมฉากกับมุมที่เราสนใจ ตามรูปคือ b ความยาวด้านของรูปสามเหลี่ยมมุมฉากสัมพันธ์กันตาม**ทฤษฎีบทพีทาโกรัส** นั่นคือกำลังสองของความยาวของด้านตรงข้ามมุมฉาก h จะเท่ากับผลบวกของกำลังสองของด้านประกอบมุมฉาก a, b เขียนอย่างย่อเป็น $a^2 + b^2 = h^2$ ดังนั้นถ้าทราบความยาวของด้านสองด้านของรูปสามเหลี่ยมมุมฉากก็สามารถหาด้านที่สามได้



ภาพที่ 13 รูปสามเหลี่ยมมุมฉาก

ในรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก อัตราส่วนตรีโกณมิติของไซน์ โคไซน์ และแทนเจนต์สามารถใช้คำนวณหามุมที่ไม่ทราบขนาด หรือความยาวของด้านที่ไม่ทราบได้ ซึ่งอัตราส่วนตรีโกณมิติ ก็คืออัตราส่วนของความยาวด้านสองด้านของสามเหลี่ยมมุมฉากซึ่งจะมีชื่อเรียกดังนี้

ไซน์ของมุม คืออัตราส่วนระหว่างความยาวของด้านตรงข้ามมุม ต่อความยาวของด้านตรงข้ามมุมฉาก

$$\sin A = \frac{\text{opposite}}{\text{hypotenuse}} = \frac{a}{h}$$

โคไซน์ของมุม คืออัตราส่วนระหว่างความยาวของด้านประชิดมุม ต่อความยาวของด้านตรงข้ามมุมฉาก

$$\cos A = \frac{\text{adjacent}}{\text{hypotenuse}} = \frac{b}{h}$$

แทนเจนต์ของมุม คืออัตราส่วนระหว่างความยาวของด้านตรงข้ามมุม ต่อความยาวของด้านประชิดมุม

$$\tan A = \frac{\text{opposite}}{\text{adjacent}} = \frac{a}{b}$$

ฟังก์ชันผกผัน

ฟังก์ชันตรีโกณมิติผกผันสามารถใช้คำนวณมุมภายในของรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก เมื่อเราทราบความยาวของด้านสองด้านใดๆ

อาร์กไซน์ ใช้สำหรับคำนวณขนาดของมุมที่สนใจ จากความยาวของด้านตรงข้ามมุม กับความยาวของด้านตรงข้ามมุมฉาก

$$\theta = \arcsin\left(\frac{\text{opposite}}{\text{hypotenuse}}\right)$$

อาร์กโคไซน์ ใช้สำหรับคำนวณขนาดของมุมที่สนใจ จากความยาวของด้านประชิดมุม กับความยาวของด้านตรงข้ามมุมฉาก

$$\theta = \arccos\left(\frac{\text{adjacent}}{\text{hypotenuse}}\right)$$

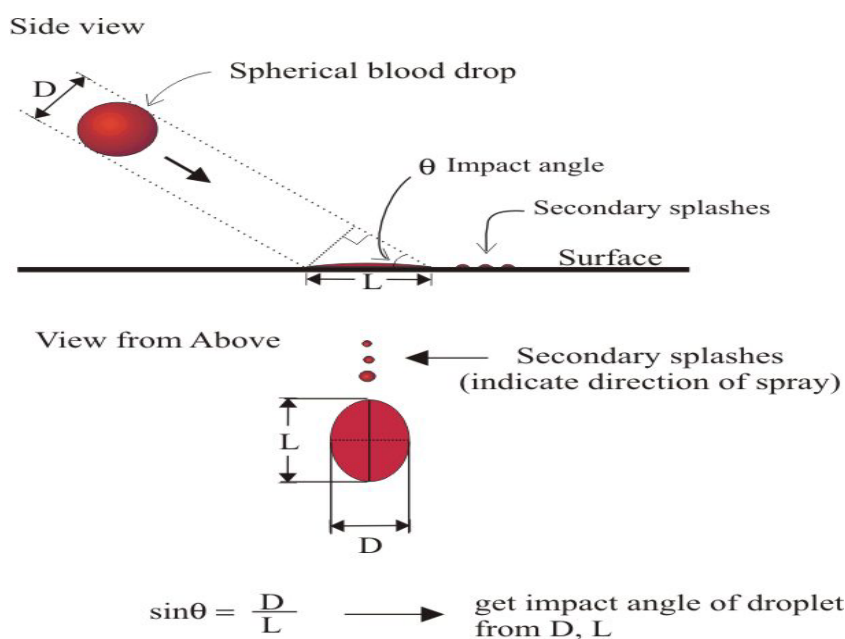
อาร์กแทนเจนต์ ใช้สำหรับคำนวณขนาดของมุมที่สนใจ จากความยาวของด้านตรงข้ามมุม กับความยาวของด้านประชิดมุม

$$\theta = \arctan\left(\frac{\text{opposite}}{\text{adjacent}}\right)$$

10. การนำทฤษฎีตรีโกณมิติมาประยุกต์ใช้ในการคำนวณหา Point (Area) of Convergence, Angle of Impact และ Point (Area) of Origin

โดยทั่วไปแล้วการกระจายของเลือดเพียงหยดเดียวหรือจุดเดียว ไม่เพียงพอที่จะนำมาใช้ในการหา Point (Area) of Origin ในสถานที่เกิดเหตุได้ การกำหนด Angle of Impact และตำแหน่งของ Point (Area) of Origin นั้น ควรจะขึ้นอยู่กับพิจารณาจำนวนของการกระจาย

ด้วย ซึ่งวิธีการในการประมาณหา Angle of Impact นั้นไม่ยุ่งยากอะไร เมื่อเลือดหยดลงกระทบพื้นผิวที่ราบเรียบ เส้นผ่าศูนย์กลางของวงกลมขณะที่เลือดลอยในอากาศจะเท่ากับความกว้างของรอยเลือดที่หยดลงบนพื้นผิว (ซึ่งจะเท่ากับด้านตรงข้ามของรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก) ดังที่แสดงไว้ในภาพที่ 14



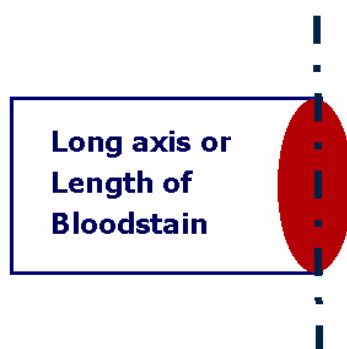
ภาพที่ 14 แสดงภาพด้านข้างของหยดเลือดที่ลอยในอากาศและตกกระทบบนพื้นผิว

ที่มา : J. Slemko, Bloodstain Pattern Analysis Tutorial[Online], Accessed 10 July 2007.

Available from <http://www.bloodspatter.com/BPATutorial.htm>

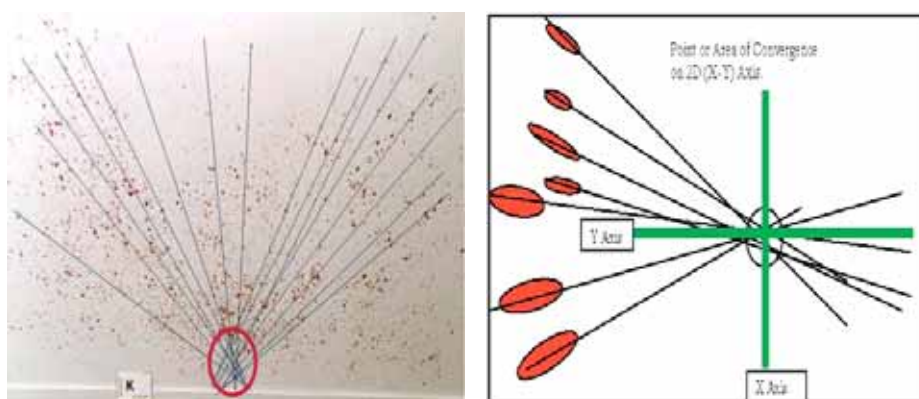
การหา Point (Area) of origin : PO

การหา Point (Area) of origin : PO สิ่งแรกที่ต้องทำคือจะต้องหา Point (Area) of Convergence ซึ่งก็คือ จุดที่ตัดผ่านกันของเส้นที่ลากผ่านจุดกึ่งกลางของหยดเลือดแต่ละหยดที่พบบริเวณที่เกิดเหตุ เป็นการตัดกันแบบ 2 มิติในแนวแกน x และแกน y ซึ่ง Point (Area) of Convergence สามารถหาได้โดยการลากเส้นหรือใช้เชือกโยงจากจุดศูนย์กลางของหยดเลือดแต่ละหยดไปตามแนวยาวตำแหน่งที่เส้นแต่ละเส้นมาตัดกันคือ Point (Area) of Convergence ดังแสดงไว้ในภาพที่ 15



ภาพที่15 แสดงเส้นที่ลากผ่านจุดกึ่งกลางของหยดเลือดแต่ละหยด

ที่มา : J. Slemko, Bloodstain Pattern Analysis Tutorial[Online], Accessed 10 July 2007.
Available from <http://www.bloodspatter.com/BPATutorial.htm>



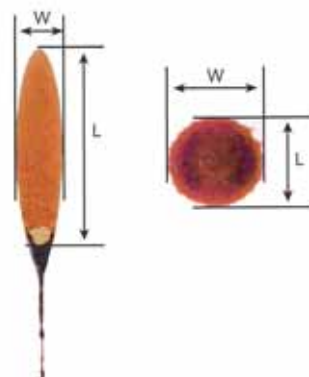
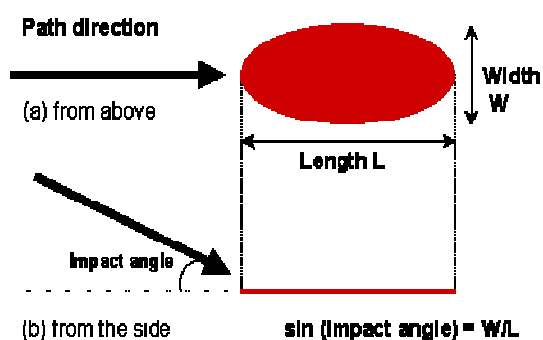
ภาพที่16 Point (Area) of Convergence.

ที่มา : J. Slemko, Bloodstain Pattern Analysis Tutorial[Online], Accessed 10 July 2007.
Available from <http://www.bloodspatter.com/BPATutorial.htm>

การหา Angle of Impact : AOI

ขั้นตอนต่อไปคือ การหา Angle of Impact : AOI ซึ่งก็คือมุมที่เกิดขึ้นระหว่างทิศทางที่เลือดหยดลงมาถึงพื้นผิวที่หยดเลือดนั้นตกกระทบมุมที่เลือดตกกระทบ เพื่อเป็นตัวแทนรอยเลือดสามารถหา AOI ได้โดย AOI คือมุมที่หยดเลือดตกลงมากระทบกับพื้นผิวสัมผัส เราสามารถนำข้อมูลของหยดเลือดขนาดความกว้างและความยาวของหยดเลือดที่พบในที่เกิดเหตุมาใช้ในการคำนวณหามุมที่เลือดตกกระทบกับพื้นผิว Angle of Impact ของรอยเลือดที่กระเด็นซึ่งสามารถนำมาใช้ในการประมาณจุดที่มาของหยดเลือดนั้นได้ โดยเราสามารถคำนวณหามุมที่เลือดตก

กระทบกับพื้นผิวหรือ Angle of Impact ได้โดยการคำนวณ จากสูตร $\theta = \arcsin \frac{\text{width}}{\text{length}}$ โดย
ที่ θ คือมุมที่เลือดตกกระทบ

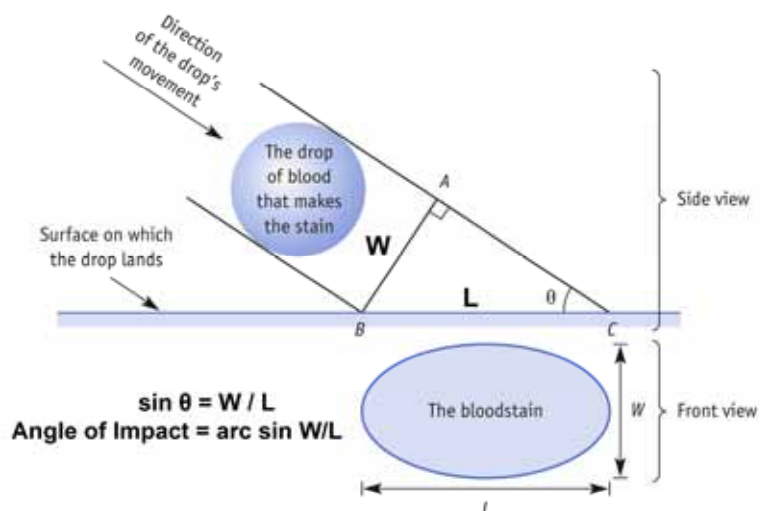


ภาพที่ 17 Angle of Impact และการวัดความกว้างและความยาวของหยดเลือด

ที่มา : Jason G. Linville, Bloodstain Pattern Analysis [Online], Accessed 22 July 2008.

Available from [http://home.iprimus.com.au/arapaj/craigslea_testbed/](http://home.iprimus.com.au/arapaj/craigslea_testbed/Forensic%20Web%20Test%20Site/blood_spatter_analysis.htm) Forensic%20Web%20Test%20Site/blood_spatter_analysis.htm

จากภาพที่ 17 ในการวัดขนาดความกว้างและความยาวของหยดเลือด ให้วัดเพียงส่วนที่เป็นหยดเลือดหลัก โดยไม่ต้องทำการวัดในส่วนที่เป็นรอยหยัก หรือส่วนที่ยื่นยาวออกมาจากหยดเลือด



ภาพที่ 18 การหา Angle of Impact

ที่มา : Andrew R.W. Jackson and Julie M. Jackson. Forensic Science, Boca Raton, FL : CRC Press, 2004

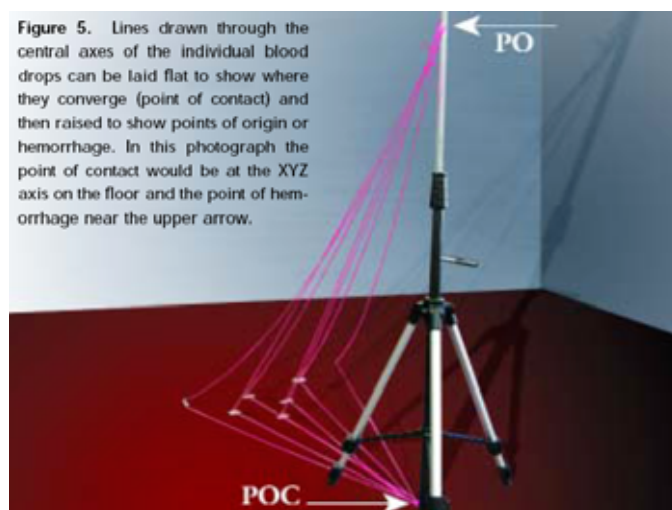
การหา Point (Area) of origin : PO

เมื่อได้ข้อมูล POC และ AOI ตามวิธีที่กล่าวมาแล้วข้างต้น เราก็จะสามารถนำข้อมูลนั้นมาใช้ในการหา Point (Area) of Origin ได้จากสูตร ดังต่อไปนี้

$$\text{Point (Area) of Origin} = \tan(\text{AOI}) \times y$$

เมื่อ y คือ ระยะทางจากจุดกึ่งกลางของหยดเลือดแต่ละหยดถึง POC

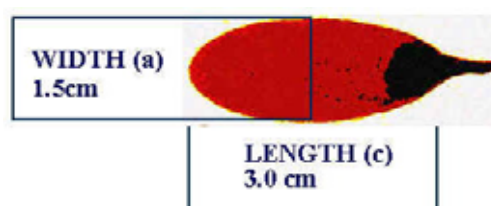
เมื่อได้ค่า PO แล้ว ให้ทำการวัดจากพื้นขึ้นไปในแนวตั้งฉากเป็นระยะทาง = PO ก็จะสามารถประมาณจุดหรือพื้นที่แหล่งที่มาของเลือดที่ออกมาจากร่างกายได้



ภาพที่ 19 การหา Point (Area) of Origin

ที่มา : Louis L. Akin, LPI, Blood interpretation at crime scene, Step by step guide to blood spatter Interpretation at crime and accident scenes for medico legal death investigators, New York : CE Press, 2005.

ตัวอย่างการคำนวณหา Point (Area) of Convergence, Angle of Impact และ Point (area) of Origin จากหยดเลือด



ภาพที่ 20 ขนาดความกว้างและความยาวของหยดเลือด

ที่มา : J. Slemko, Bloodstain Pattern Analysis Tutorial[Online], Accessed 10 July 2007. Available from <http://www.bloodspatter.com/BPATutorial.htm>

จากภาพที่ 20 กำหนดให้หยดเลือดมีขนาดความกว้างเท่ากับ 1.5 cm. และมีขนาดความยาวเท่ากับ 3 cm. และระยะทางจากจุดกึ่งกลางของหยดเลือดไปยัง Point (Area) of Convergence เท่ากับ 90 cm.

วิธีคิด ขั้นที่ 1 หาค่ามุมที่เลือดตกกระทบ Angle of Impact

กำหนดให้ θ คือ Angle of Impact

$$\text{ดังนั้น} \quad \theta = \arcsin \frac{\text{width}}{\text{length}}$$

$$\theta = \arcsin \frac{1.5}{3}$$

$$\theta = \arcsin 0.5$$

$$\theta = 30^\circ$$

ดังนั้น Angle of Impact มีค่าเท่ากับ 30 องศา

ขั้นที่ 2 หาค่า Point (Area) of Convergence

หา Point (Area) of Convergence ได้โดยการลากเส้นหรือให้เชือกโยงจากจุดศูนย์กลางของหยดเลือดแต่ละหยดไปตามแนวยาว ตำแหน่งที่เส้นแต่ละเส้นมาตัดกันมากที่สุดก็คือ Point (Area) of Convergence เมื่อได้ตำแหน่งของ Point (Area) of Convergence แล้วทำการกำหนดเครื่องหมายไว้ แล้วทำการวัดระยะทางจากจุดกึ่งกลางของหยดเลือดไปยัง Point (Area) of Convergence เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณหา Point (area) of Origin ในขั้นตอนต่อไป ในที่นี้กำหนดให้ทำการวัด Point (Area) of Convergence ได้ 90 cm.

ขั้นที่ 3 หาค่า Point (Area) of Origin

หาค่า Point (Area) of Origin ได้จากสูตร

$$\text{Point (Area) of Origin} = \text{TAN} (\text{AOI}) \times y$$

โดยที่ y คือ ระยะทางจากจุดกึ่งกลางของหยดเลือดแต่ละหยดถึง POC

$$\text{Point (Area) of Origin} = \text{TAN} (30) \times 90 \text{ cm.}$$

$$= 0.57735 \times 90 \text{ cm.}$$

$$= 51.961 \text{ cm.}$$

ดังนั้น Point (Area) of Origin มีค่าเท่ากับ 51.961 cm.

เมื่อได้ค่า Point (Area) of Origin แล้ว ก็ทำการวัดจากพื้นขึ้นไปในแนวตั้งฉากเป็นระยะทาง 51.961 cm. ก็จะสามารถประมาณจุดหรือพื้นที่แหล่งที่มาของเลือดที่ออกมาจากร่างกายได้ ดังภาพที่ 21

- Apache Web Server เวอร์ชัน 2.2.3
- PHP Script Language เวอร์ชัน 5.1.6
- MySQL Database เวอร์ชัน 5.0.24a
- phpMyAdmin Database Manager เวอร์ชัน 2.9.0.2
- Perl เวอร์ชัน _VPERL

จุดประสงค์หลักของการรวมรวม Open Source Software เหล่านี้เพื่อทำให้การติดตั้งโปรแกรมต่างๆ ที่ได้กล่าวมาให้ง่ายขึ้น เพื่อลดขั้นตอนการติดตั้งที่แสนจะยุ่งยากและใช้เวลานาน โดยผู้ใช้งานเพียงดับเบิลคลิก Setup ภายในเวลา 1 นาที ทุกอย่างก็ติดตั้งเสร็จสมบูรณ์ระบบต่างๆ ก็พร้อมที่จะทำงานได้ทันทีทั้ง Web Server, Database Server เหตุผลนี้จึงเป็นเหตุผลหลักที่หลาย ๆ คนทั่วโลกเลือกใช้โปรแกรม AppServ แทนการที่จะต้องมาติดตั้งโปรแกรมต่าง ๆ ที่ละส่วน

12. บทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Cordelia Willis, Anna K. Piranian, John R. Donaggio, Robert J. Barnett และ Walter F. Rowe (2001 : 1-4) ภาควิชานิติวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย George Washington ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง ความคลาดเคลื่อนในการประมาณระยะทางที่เลือดหยดลงมาและมุมที่เลือดตกกระทบ (Errors in the estimation of the distance of fall and angles of impact blood drops.) ทำการศึกษาวิจัยโดยทำการทดลองหยดเลือดด้วยความสูง 42 นิ้ว ลงบนพื้นผิวกระดาษที่มุม 15, 30, 45, 60 และ 75 องศา โดยหยดมุมละ 20 หยด เป็นจำนวนทั้งสิ้น 100 หยด และนำมาคำนวณหาค่ามุมตกกระทบจากความกว้างและความยาวของหยดเลือด ผลการศึกษาวิจัยพบว่า ความไม่แน่นอนในการคำนวณหาค่ามุมที่เลือดตกกระทบคือเกิดจากฟังก์ชันของมุมตกกระทบเอง การคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนของมุมที่เลือดตกกระทบ จะมีค่าเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง เมื่อมุมตกกระทบมีค่าเข้าใกล้ 90 องศา

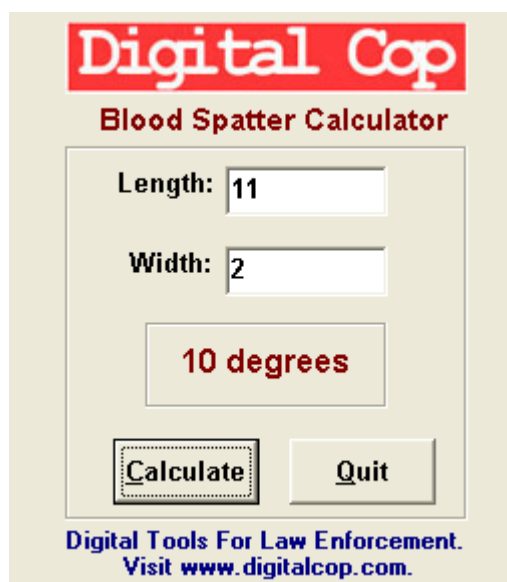
Walter F. Rowe จากภาควิชานิติวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย George Washington ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง ความคลาดเคลื่อนในการประมาณหาแหล่งที่มาของรอยเลือด (Error in the determination of the point of origin of bloodstains.) ในปี 2005 ผลการศึกษาวิจัยพบว่า ผลการวิจัยมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Cordelia Willis, Anna K. Piranian, John R. Donaggio, Robert J. Barnett และ Walter F. Rowe (2001 : 1-4) ซึ่งก็คือ ความไม่แน่นอนในการคำนวณหาค่ามุมที่เลือดตกกระทบคือเกิดจากฟังก์ชันของมุมตกกระทบเอง

และความคลาดเคลื่อนของการวัดขนาดของรอยเลือด การคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนของมุมที่เลือดตกกระทบ จะมีค่าเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง เมื่อมุมตกกระทบมีค่าเข้าใกล้ 90 องศา จึงมีผลทำให้การหาแหล่งที่มาของรอยเลือดในสามมิติ(Point (Area) of Origin)มีความผิดพลาดคลาดเคลื่อนด้วยเช่นเดียวกัน จึงเสนอให้ผู้ที่ทำกรวิเคราะห์หรือรอยเลือดควรให้ความสนใจและคำนึงถึงความไม่แน่นอนของตำแหน่งที่มาของเลือด(Point (Area) of Origin)ในสามมิติจากรูปแบบรอยเลือด อันจะทำให้ผู้วิเคราะห์สามารถนำข้อมูลให้การต่อศาลในการอธิบายเรื่องราวและจำลองเหตุการณ์จากการวิเคราะห์รูปแบบของรอยเลือดได้ถูกต้องและน่าเชื่อถือยิ่งขึ้น

A.R. Shen, G.J. Brostow และ R. Cipolla ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย Cambridge ประเทศอังกฤษ ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง Toward automatic blood spatter analysis in crime scenes. ทำการศึกษาวิจัยโดยการทดลองประมาณหาค่า Angle of impact จากหยดเลือดที่พบในที่เกิดเหตุโดยวิธีการเปรียบเทียบการถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิตอล และการสแกนรอยหยดเลือดจริงบนกระดาษ แล้วนำข้อมูลทั้งหมดเข้าประมวลผลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์แล้วนำมาเปรียบเทียบกับ Actual Angle of Impact เพื่อดูความน่าเชื่อถือของการถ่ายภาพด้วยมือเปล่า การทดลองนี้จะใช้สีแทนเลือดคน สีจะถูกหยดลงตามแนวตั้งฉากลงบนกระดาษที่วางไว้ที่มุมต่างกันตั้งแต่ 5 ถึง 90 องศา โดยเพิ่มทีละ 5 องศา ที่ความสูง 20 และ 40 cm. จากกระดาษและหยดซ้ำหลายครั้ง ในแต่ละมุมและความสูงจากนั้นทำการถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิตอลแล้วนำภาพนั้นมาสแกนเข้าคอมพิวเตอร์แล้วนำกระดาษที่ใช้ทดลองหยดจริงมาสแกนด้วยเช่นกันแล้วนำข้อมูลจากทั้งสองแหล่งก็จะถูกนำไปประมวลผลตาม algorithm ที่กำหนดไว้ในคอมพิวเตอร์เพื่อนำมาเปรียบเทียบความน่าเชื่อถือของภาพถ่ายแล้วนำมาเปรียบเทียบกับค่ามุมที่แท้จริงผลการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า ผลการทดลองจากการเปรียบเทียบระหว่างค่ามุมตกกระทบที่แท้จริงกับมุมที่ประมาณจากการถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิตอล และมุมที่คำนวณได้จากการสแกนกระดาษที่ทำทดลองจริงเปรียบเทียบกันเพื่อดูความน่าเชื่อถือของการถ่ายภาพด้วยมือเปล่าพบว่าจากการประมาณ Angle เห็นได้ว่าค่ามุมที่ประมาณได้จากการถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิตอลและการสแกนจากกระดาษที่ทำทดลองจริงมีความสอดคล้องและใกล้เคียงกันมากแต่ก็ยังมีค่าที่แตกต่างกับมุมที่แท้จริง

DigitalCop - Law Enforcement Software Mugshot Pro and Evidence Pro (Digitalcop.com) ได้จัดทำ Software Blood Spatter Pro Calculator เพื่อใช้ช่วยในการหาค่า

Angle of Impact จากความกว้างและความยาวของหยดเลือดได้โดยอัตโนมัติ จำหน่ายในราคา 149.95 เหรียญสหรัฐ ดังภาพที่ 22



Digital Cop
Blood Spatter Calculator

Length: 11

Width: 2

10 degrees

Calculate Quit

Digital Tools For Law Enforcement.
 Visit www.digitalcop.com.

ภาพที่ 22 โปรแกรม Blood Spatter Pro.

ที่มา : Gateway Digital, Inc., Blood Spatter Pro[Online], Accessed 10 July 2007.
 Available from <http://www.digitalcop.com/bloodspatter.htm>

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าการวิเคราะห์ ดีความ และแปลผลรอยเลือดที่พบในที่
 เกิดเหตุ เป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญมากของการตรวจสอบที่เกิดเหตุในปัจจุบัน เจ้าหน้าที่สืบสวน
 สอบสวน เจ้าหน้าที่ตรวจสอบที่เกิดเหตุ และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกคนสมควรเป็นอย่างยิ่งที่
 จะต้องมีความเข้าใจในหลักการขั้นพื้นฐานและวิธีการที่ถูกต้อง เพื่อที่จะได้สามารถเก็บรวบรวม
 ข้อมูลที่พบในสถานที่เกิดเหตุได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน เพื่อนำมาประกอบกับการวิเคราะห์
 ควบเลือดอย่างมีประสิทธิภาพให้ง่ายต่อการแปลผลพฤติกรรมที่เกิดขึ้น และเพื่อประโยชน์แก่การ
 สืบสวนสอบสวนต่อไป

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนาสูตรเพื่อใช้ในการคำนวณหามุมตกกระทบของหยดเลือด เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experiment Study) มีวัตถุประสงค์เพื่อประมาณค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจากการคำนวณหาค่าของมุมตกกระทบ (Angle of Impact) ที่ได้จากการคำนวณเปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่า เพื่อนำไปใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงความแม่นยำและพัฒนาสูตรที่ใช้ในการคำนวณหาค่ามุมที่เลือดตกกระทบจากความกว้างและความยาวของหยดเลือด ซึ่งจะนำไปสู่การประมาณหาแหล่งที่มาของหยดเลือด และนำสูตรที่ได้ไปใช้ร่วมกับการพัฒนาโปรแกรมเพื่อใช้ในการคำนวณหาตำแหน่งของแหล่งที่มาของรอยเลือด (Angle of Impact และ Point (Area) of Origin) ได้โดยอัตโนมัติเพื่อความสะดวกรวดเร็วและถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มความน่าเชื่อถือในการวิเคราะห์การกระจายของหยดเลือดได้อย่างถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้นต่อไป โดยมีขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย ดังต่อไปนี้

1. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง
2. ขั้นตอนและวิธีการทดลอง
3. เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรม
4. ขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาโปรแกรม
5. วิธีการใช้งานโปรแกรม
6. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ผล

1. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองนี้ประกอบไปด้วย

- 1.1 บิวเรตพร้อมขาตั้ง 1 ชุด
- 1.2 เลือดมนุษย์
- 1.3 ไมโครแทคเตอร์
- 1.4 ไมโครวัดชนิดโปร่งแสง
- 1.5 สายวัด

- 1.6 แผ่นไม้อัด
- 1.7 แผ่นกระจก
- 1.8 กระเบื้องแผ่นเรียบ
- 1.9 กระดาษแผ่นเรียบ
- 1.10 ถูมือยาง
- 1.11 beaker
- 1.12 syringe ขนาด 60 ml.
- 1.13 เครื่องคอมพิวเตอร์ สำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลและประมวลผล
- 1.14 กล้องถ่ายภาพดิจิทัล สำหรับถ่ายภาพกลุ่มตัวอย่าง และผลการทดลอง

2. ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

ในการทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยศึกษาเปรียบเทียบมุมที่เลือดตกกระทบบน (Angle of Impact) ที่ได้จากการทดลองและคำนวณ กับมุมตกกระทบบนจริงที่ทราบค่าเพื่อศึกษาหาความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบบนที่เกิดขึ้น โดยใช้เลือดจริง (Human blood) ที่ได้รับความอนุเคราะห์จากงานพยาธิวิทยา โรงพยาบาลเมตตาประชารักษ์ (วัดไร่ขิง) จ.นครปฐม นำมาทดลองหยดลงบนพื้นผิว 4 ชนิด ได้แก่ แผ่นไม้อัด, กระจก, กระเบื้องแผ่นเรียบ และกระดาษผิวเรียบ และ 5 มุมตกกระทบบน ได้แก่ 15, 30, 45, 60 และ 75 องศา โดยทดลองหยดเลือดลงในแนวตั้งอย่างอิสระตามแรงดึงดูดของโลก ตั้งฉากกับพื้นเท่านั้น ในห้องทดลองที่มีระบบปิด โดยมีขั้นตอนและวิธีการทดลองดังต่อไปนี้

2.1 จัดเตรียมอุปกรณ์บริเวณวางบนโต๊ะที่มีพื้นผิวราบเรียบเสมอกัน ที่ความสูง 1 เมตร ใช้ syringe ดูดเลือดใส่ลงในหลอดแก้ว จากนั้นปรับปริมาตรหยดเลือดแต่ละหยดเพื่อให้ได้จำนวน 20 หยดต่อ 1 ml. (0.05 ml. ต่อ 1 หยด) เพื่อให้ได้หยดเลือดในปริมาตรที่ใกล้เคียงกับขนาดปกติของหยดเลือดโดยทั่วไป ซึ่งจะมีปริมาตรประมาณ 0.05 ml. ต่อเลือดหนึ่งหยด

2.2 นำพื้นผิวทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ แผ่นไม้อัด, กระจก, กระเบื้องแผ่นเรียบ และกระดาษผิวเรียบ ที่เตรียมไว้มาวางบนพื้นราบเรียบโดยด้านซ้ายและขวาวางพิกกับอุปกรณ์ที่มีลักษณะอยู่หนึ่งคงที่ แล้วทำการวัดและจัดให้แต่ละพื้นผิวทำมุม 15, 30, 45, 60, และ 75 องศา ตามลำดับ โดยวัดจากแนวตั้งฉากที่เลือดหยดลงมา โดยจัดให้ด้านหน้าและหลังสามารถหันหรือเลื้อนให้แผ่นพื้นผิวนั้นสามารถเคลื่อนที่ได้ เพื่อให้สามารถหยดเลือดลงบนแผ่นพื้นผิวนั้นได้หลายหยด

2.3 เริ่มทำการทดลองหยดเลือด โดยปล่อยเลือดให้หยดลงมาในแนวตั้งอย่างอิสระตามแรงดึงดูดของโลก ที่ความสูงจากพื้นผิว 1 เมตร ลงบนพื้นผิวทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ แผ่นไม้อัด, กระจก, กระเบื้องแผ่นเรียบ และกระดาษผิวเรียบ ที่ละชนิด ที่มุมตกกระทบ 15, 30, 45, 60 และ 75 องศาตามลำดับ โดยทำการทดลองที่ละมุมตกกระทบให้ครบทุกพื้นผิว แล้วจึงเปลี่ยนขนาดมุมเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ไปจนครบทุกมุมตกกระทบและทุกพื้นผิว โดยทดลองหยดเลือดบนพื้นผิวและมุมละ 50 หยด ทั้ง 4 พื้นผิวและ 5 มุมตกกระทบ รวมเป็นจำนวนทั้งสิ้น 1,000 หยด

2.4 รอให้เลือดบนแต่ละพื้นผิวและแต่ละมุมแห้งสนิท เมื่อเลือดแห้งแล้วจึงทำการวัดขนาดความกว้างและความยาวของหยดเลือดโดยใช้ไม้บรรทัดชนิดโปร่งแสงที่มีความละเอียดเท่ากับ 0.01 mm. ถ้าหยดใดมีส่วนที่ยาวหรือยื่นออกมาจากหยดเลือด ไม่ต้องทำการวัดส่วนนั้น จากนั้นทำการบันทึกข้อมูลความกว้างและความยาวของเลือดแต่ละหยด บน 4 พื้นผิวและ 5 มุมตกกระทบลงในแบบบันทึกเก็บข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในการคำนวณต่อไป

2.5 นำข้อมูลความกว้างและความยาวที่เก็บรวบรวมไว้จากข้อ 2.4 มาคำนวณหาค่ามุมที่เลือดตกกระทบจากอัตราส่วนความกว้างและความยาวของหยดเลือด โดยใช้ความสัมพันธ์ทางตรีโกณมิติโดยใช้สมการของ Balthazard ที่ปัจจุบันใช้ในการคำนวณหาค่ามุมที่เลือดตกกระทบ ดังนี้ $\theta = \arcsin \frac{\text{width}}{\text{length}}$ โดยที่ θ คือมุมที่เลือดตกกระทบ

2.6 นำมุมตกกระทบที่ได้จากการคำนวณในข้อ 2.5 มาเปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่าที่เรากำหนดไว้ จากนั้นหาค่าความคลาดเคลื่อนของแต่ละหยดและทำการบันทึกข้อมูลที่ได้ลงในแบบบันทึกข้อมูล จากนั้นหาค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นในแต่ละพื้นผิวและแต่ละมุมตกกระทบและทำการบันทึกข้อมูลผลการทดลองที่ได้อย่างละเอียด

2.7 นำผลการทดลองที่ได้มาประมวลผลเพื่อปรับปรุงสูตร ออกแบบและพัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อใช้ในการใช้ในการคำนวณหาตำแหน่งของแหล่งที่มาของรอยเลือด (Angle of Impact และ Point (Area) of Origin) โดยใช้โปรแกรม Web Application PHP Development

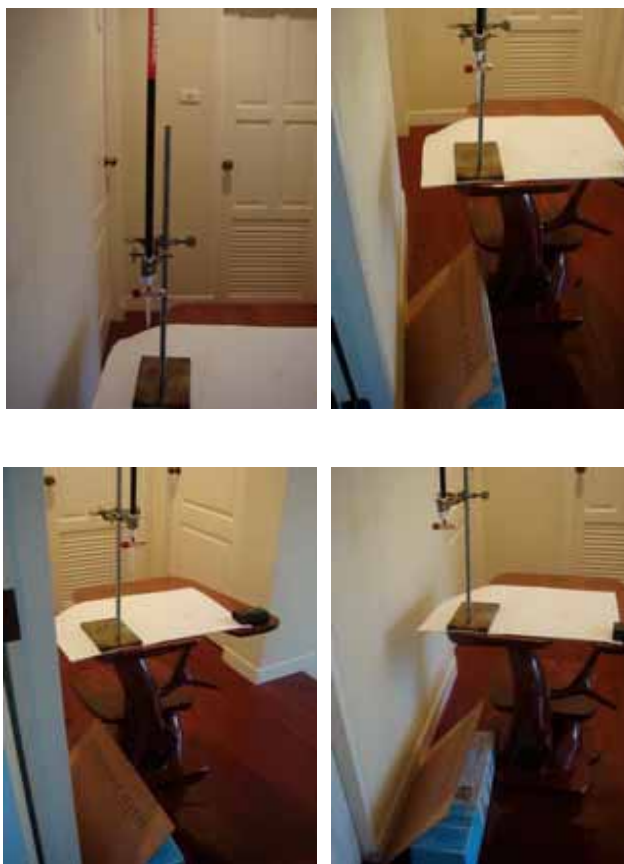
2.8 สรุปผลการทดลองพร้อมวิเคราะห์ผล

2.9 นำผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลองข้างต้น มาทำการวิเคราะห์หาวิธีที่เหมาะสมในการแก้ไขความคลาดเคลื่อนเพื่อให้ได้สูตรใหม่ที่มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

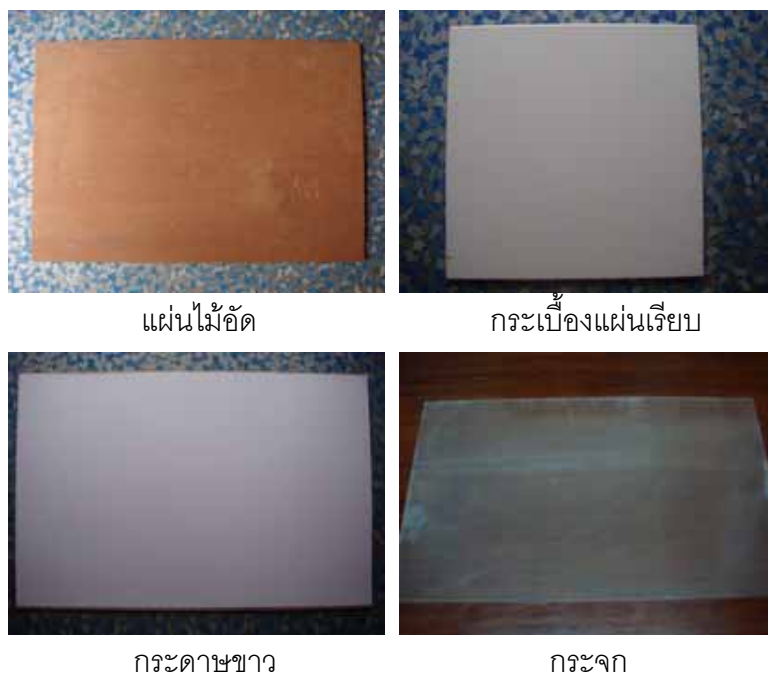
2.10 นำสูตรใหม่ที่ได้มาทำการทดสอบความแม่นยำ โดยการใช้ข้อมูลขนาดของหยดเลือดเดิมจำนวน 1,000 หยด มาทำการทดลองซ้ำเพื่อหาค่ามุมตกกระทบและความคลาดเคลื่อน

2.11 นำผลที่ได้จากการทดลองโดยใช้สูตรเดิมเปรียบเทียบกับผลการทดสอบจากสูตรใหม่

2.12 สรุปผลการทดสอบพร้อมวิเคราะห์ผลจากสูตรใหม่



ภาพที่ 23 แสดงการทดลองหาคัดเล็ดบนพื้นผิวที่กำหนด



ภาพที่ 24 แสดงพื้นผิวทั้งสี่ชนิดที่ใช้ในการทดลอง

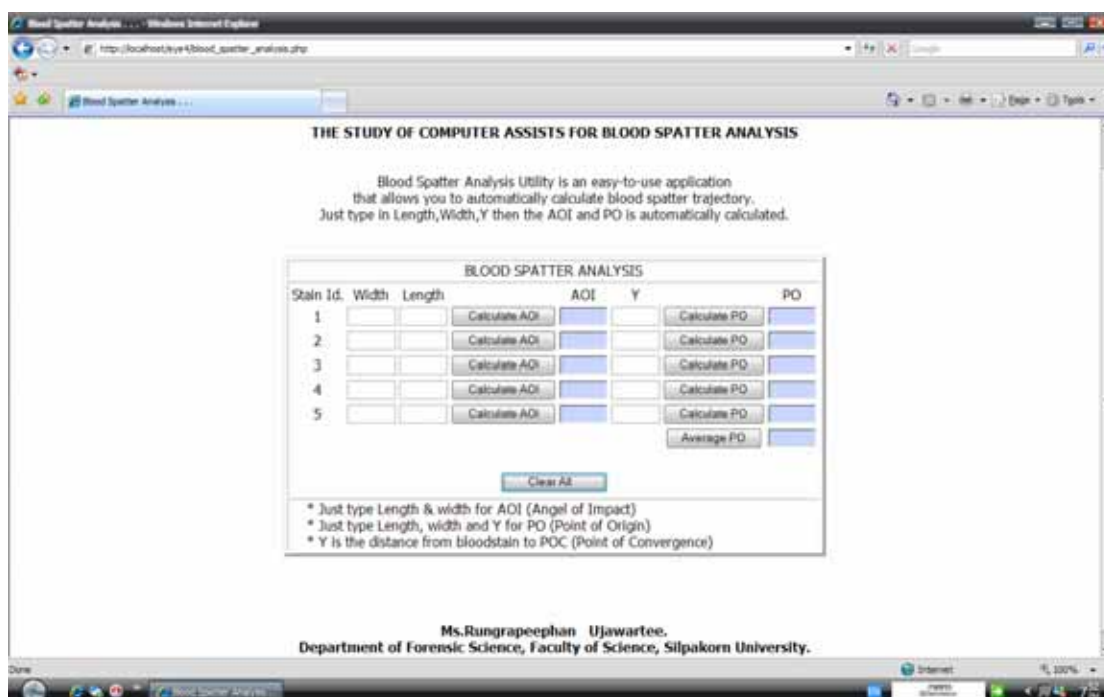
3. เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรม

เครื่องมือที่ใช้ในการออกแบบและพัฒนาโปรแกรม ประกอบด้วย

- 3.1 โปรแกรม EditPlus เพื่อใช้ในการสร้างเว็บเพจ เขียน HTML Script และ PHP
- 3.2 โปรแกรม Apache Server เพื่อใช้เป็น Web Server จำลองที่ใช้ในการทำงาน
- 3.3 โปรแกรมภาษา PHP เพื่อใช้เขียนโปรแกรมพัฒนาเว็บ

4. ขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาโปรแกรม

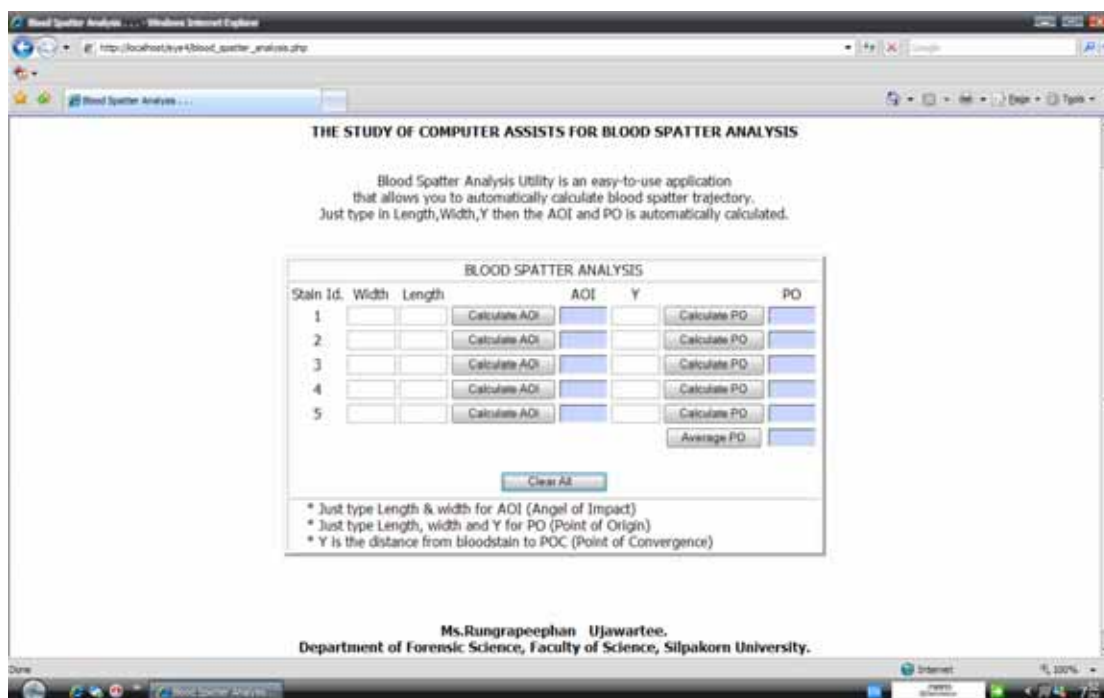
เมื่อได้ข้อมูลจากผลการทดลองแล้ว จึงนำข้อมูลที่ได้มาทำการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมเพื่อใช้ในการใช้ในการคำนวณหาตำแหน่งของแหล่งที่มาของรอยเลือด (Angle of Impact และ Point (Area) of Origin) โดยใช้โปรแกรม Web Application PHP Development โดยได้ทำการออกแบบโปรแกรมเพื่อความสะดวกรวดเร็วและง่ายต่อการใช้งาน ดังภาพที่ 25



ภาพที่ 25 หน้าจอ User-Interface ของโปรแกรม Blood Spatter Analysis.

5. วิธีการใช้งานโปรแกรม

เมื่อเข้าสู่โปรแกรม Blood Spatter Analysis จะพบกับหน้าจอแรกของโปรแกรม ซึ่งเป็นหน้าจอแนะนำข้อมูลเกี่ยวกับการใช้งานโปรแกรกดังภาพที่ 26



ภาพที่ 26 หน้าจอ User-Interface ของโปรแกรม Blood Spatter Analysis.

จากหน้าจอของโปรแกรม ดังภาพภาพที่ 26 กำหนดให้

Width คือ ความกว้างของหยดเลือด

Length คือ ความยาวของหยดเลือด

AOI คือ มุมที่เลือดตกกระทบ (Angle of Impact)

Y คือ ระยะทางจากจุดกึ่งกลางของหยดเลือดแต่ละหยดถึง POC

PO คือ จุดหรือพื้นที่แหล่งที่มาของเลือดใน 3 มิติ (Point (Area) of Origin)

POC คือ จุดที่ตัดผ่านกันของเส้นที่ลากผ่านจุดกึ่งกลางของหยดเลือดแต่ละหยด

Clear All คือ การลบข้อมูลทั้งหมดที่กรอกไว้เพื่อเริ่มต้นใหม่

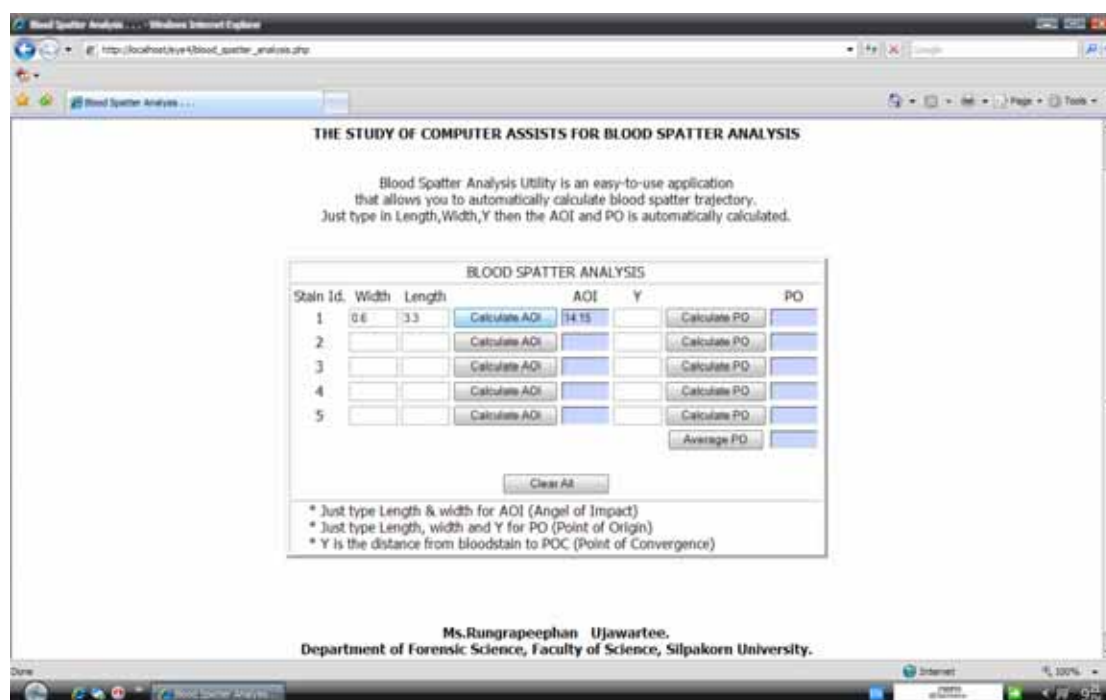
Calculate AOI คือ คำนวณหาค่ามุมตกกระทบ

Calculate PO คือ คำนวณหาค่าแหล่งที่มาของเลือด

Average PO คือ คำนวณหาค่าเฉลี่ยของ PO จากข้อมูลหยดเลือดทุกหยดที่กรอกไว้

สำหรับโปรแกรม Blood Spatter Analysis นี้ เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการคำนวณหามุมที่เลือดตกกระทบและตำแหน่งของแหล่งที่มาของรอยเลือด (Angle of Impact และ Point (Area) of Origin) โดยอัตโนมัติ โดยผู้ใช้สามารถใช้โปรแกรมเพื่อหาค่าทั้งสองได้สูงสุดครั้งละ 5 หยดเลือด โดยจะคำนวณหา Angle of Impact เพียงอย่างเดียว หรือคำนวณหา Point (Area) of Origin พร้อมกันด้วยก็ได้ โดยมีวิธีการและขั้นตอนการใช้งานดังต่อไปนี้

5.1 หากต้องการหาค่า Angle of Impact : AOI ให้ผู้ใช้กรอกขนาดความกว้าง (Width) และความยาว (Length) ของหยดเลือดลงในช่องว่าง จากนั้นกดปุ่ม Calculate AOI โปรแกรมจะทำการคำนวณหาค่า Angle of Impact ออกมาโดยอัตโนมัติ ดังภาพที่ 27



ภาพที่ 27 การหาค่า Angle of Impact จากโปรแกรม

5.2 หากต้องการหาค่า Point (Area) of Origin : PO ให้ผู้ใช้กรอกขนาดความกว้าง (Width) และความยาว (Length) ของหยดเลือดลงในช่องว่าง จากนั้นกดปุ่ม Calculate AOI เมื่อได้ข้อมูล Angle of Impact แล้ว ให้กรอกระยะทางจากหยดเลือดไปถึง POC ลงในช่องว่าง (Y) ดังภาพที่ 28 แล้วกดปุ่ม Calculate PO โปรแกรมจะทำการคำนวณหา PO ออกมาโดยอัตโนมัติ

THE STUDY OF COMPUTER ASSISTS FOR BLOOD SPATTER ANALYSIS

Blood Spatter Analysis Utility is an easy-to-use application that allows you to automatically calculate blood spatter trajectory. Just type in Length, Width, Y then the AOI and PO is automatically calculated.

Stain Id.	Width	Length	AOI	Y	PO	
1	0.6	3.3	Calculate AOI	14.15	160	Calculate PO
2			Calculate AOI			Calculate PO
3			Calculate AOI			Calculate PO
4			Calculate AOI			Calculate PO
5			Calculate AOI			Calculate PO
					Average PO	

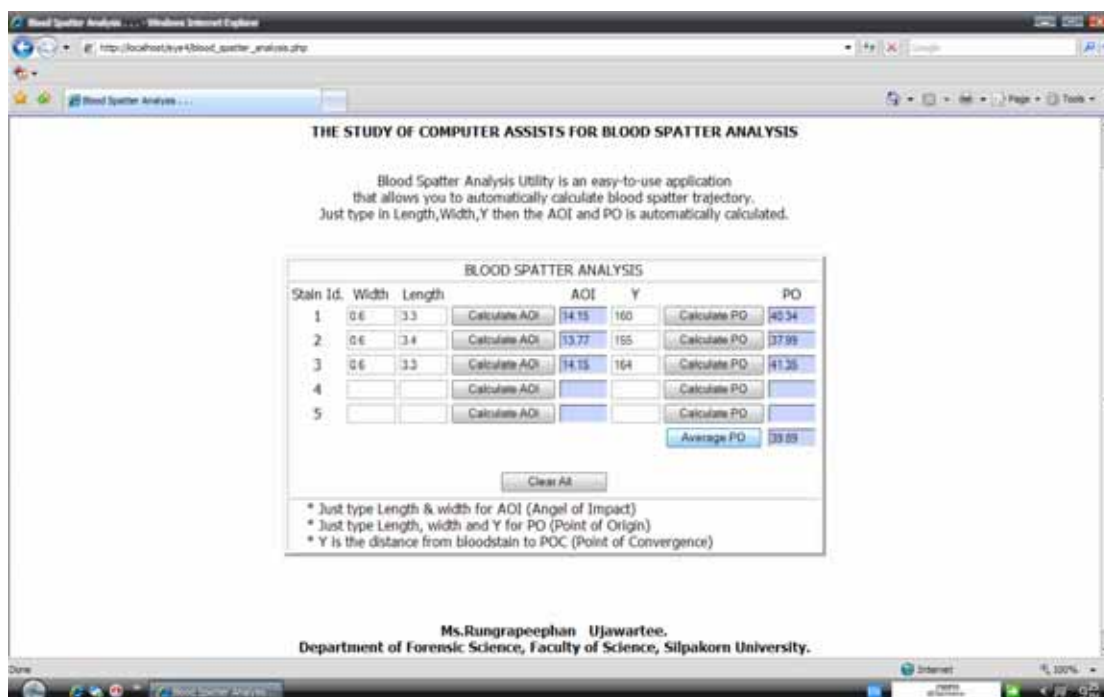
Clear All

* Just type Length & width for AOI (Angle of Impact)
 * Just type Length, width and Y for PO (Point of Origin)
 * Y is the distance from bloodstain to POC (Point of Convergence)

Ms.Rungrapeephan Ujawartee.
 Department of Forensic Science, Faculty of Science, Silpakorn University.

ภาพที่ 28 การหาค่า Angle of Impact และ Point (Area) of Origin จากโปรแกรม

5.3 เมื่อกรอกข้อมูลจำนวนหยดเลือดและได้ผลครบตามต้องการแล้ว จึงทำการกดปุ่ม Average Po เพื่อหาค่าเฉลี่ยของ PO เป็นขั้นตอนสุดท้าย โปรแกรมจะทำการหาค่าเฉลี่ยของ PO ตามจำนวนข้อมูลที่กรอกไว้โดยอัตโนมัติ ดังภาพที่ 29



ภาพที่ 29 การหาค่า Angle of Impact และค่าเฉลี่ยของ Point (Area) of Origin จากโปรแกรม

5.4 หากต้องการลบข้อมูลทั้งหมดที่ใส่ไว้ ให้กดปุ่ม Clear all แล้วเริ่มทำการกรอกข้อมูลใหม่ตามต้องการ

6. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ผล

การวิเคราะห์ข้อมูล ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสังคมศาสตร์ (Statistical Package for the Social Science) สถิติที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ได้แก่ ค่าร้อยละ (Percentage), ค่าสูงสุด (Maximum), ค่าต่ำสุด (Minimum), ค่าเฉลี่ย (Mean), ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อน (Mean Error), และสถิติเชิงอ้างอิง (Inferential Statistics) ได้แก่ การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นหรือการวิเคราะห์เส้นแสดงความสัมพันธ์ (Linear Regression Analysis) และ สถิติ F-test

บทที่ 4

ผลการทดลอง

การศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนาสูตรเพื่อใช้ในการคำนวณหามุมตกกระทบของหยดเลือด เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experiment Study) ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาโดยใช้เลือดจริงนำมาทดลอง หยดลงบนพื้นผิว 4 ชนิด ได้แก่ กระดาษขาว, กระดาษ, กระเบื้องแผ่นเรียบ และแผ่นไม้อัด และ 5 มุมตกกระทบ ได้แก่ 15, 30, 45, 60 และ 75 องศา โดยทดลองหยดเลือดลงในแนวตั้งอย่างอิสระ ตามแรงดึงดูดของโลก ตั้งฉากกับพื้นในห้องทดลองที่มีระบบปิด โดยทดลองหยดเลือดบนพื้นผิว และมุมละ 50 หยด ทั้ง 4 พื้นผิวและ 5 มุมตกกระทบ รวมเป็นจำนวนทั้งสิ้น 1,000 หยด เพื่อเปรียบเทียบมุมที่เลือดตกกระทบ (Angle of Impact) ที่ได้จากการทดลองและคำนวณจาก อัตราส่วนความกว้างและความยาวของหยดเลือด กับมุมตกกระทบจริงที่ทราบค่าเพื่อศึกษาหาค่า ความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบที่เกิดขึ้น โดยทำการวิเคราะห์และเสนอผลการทดลอง ดังต่อไปนี้

1. ผลการทดลอง
2. วิเคราะห์ผลการทดลอง
3. ทดสอบสมมติฐาน

1. ผลการทดลอง

จากการทดลองหยดเลือดบนพื้นผิวทั้งสี่ชนิดและหามุมตกกระทบรวมเป็นจำนวนทั้งสิ้น 1,000 หยด และคำนวณหาค่ามุมที่เลือดตกกระทบ (Angle of Impact) จากอัตราส่วนความกว้างและความยาวของหยดเลือดที่ได้จากการทดลอง จากนั้นเปรียบเทียบกับมุมตกกระทบจริงที่ทราบค่าเพื่อหาค่าความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบที่เกิดขึ้น โดยผลการทดลองทั้งหมดแสดง ดังตารางที่ 2 - 21 และภาพที่ 31 - 34 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2 ผลการทดลองหยดเลือดจำนวน 50 หยด บนพื้นผิวกระดาษ ที่มุม 15 องศา

หยดที่	W (cm.)	L (cm.)	W/L (cm.)	AOI	Error
				Arc Sin W/L	15 - (Arc Sin W/L)
1	0.6	3.4	0.176470588	10.136	4.864
2	0.65	3.3	0.196969697	11.303	3.697
3	0.6	3.3	0.181818182	10.428	4.572
4	0.6	3.4	0.176470588	10.136	4.864
5	0.65	3.3	0.196969697	11.303	3.697
6	0.6	3.5	0.171428571	9.845	5.155
7	0.6	3.3	0.181818182	10.428	4.572
8	0.65	3.3	0.196969697	11.303	3.697
9	0.65	3.3	0.196969697	11.303	3.697
10	0.6	3.3	0.181818182	10.428	4.572
11	0.6	3.3	0.181818182	10.428	4.572
12	0.6	3.4	0.176470588	10.136	4.864
13	0.6	3.3	0.181818182	10.428	4.572
14	0.6	3.5	0.171428571	9.845	5.155
15	0.6	3.5	0.171428571	9.845	5.155
16	0.6	3.3	0.181818182	10.428	4.572
17	0.6	3.4	0.176470588	10.136	4.864
18	0.6	3.3	0.181818182	10.428	4.572
19	0.6	3.3	0.181818182	10.428	4.572
20	0.6	3.3	0.181818182	10.428	4.572
21	0.6	3.5	0.171428571	9.845	5.155
22	0.6	3.3	0.181818182	10.428	4.572
23	0.6	3.5	0.171428571	9.845	5.155
24	0.6	3.5	0.171428571	9.845	5.155
25	0.6	3.5	0.171428571	9.845	5.155
26	0.6	3.4	0.176470588	10.136	4.864
27	0.6	3.3	0.181818182	10.428	4.572
28	0.6	3.4	0.176470588	10.136	4.864
29	0.6	3.4	0.176470588	10.136	4.864
30	0.6	3.4	0.176470588	10.136	4.864
31	0.6	3.5	0.171428571	9.845	5.155
32	0.6	3.5	0.171428571	9.845	5.155
33	0.6	3.4	0.176470588	10.136	4.864
34	0.6	3.5	0.171428571	9.845	5.155
35	0.6	3.4	0.176470588	10.136	4.864
36	0.6	3.3	0.181818182	10.428	4.572
37	0.6	3.3	0.181818182	10.428	4.572
38	0.6	3.4	0.176470588	10.136	4.864
39	0.6	3.5	0.171428571	9.845	5.155
40	0.6	3.5	0.171428571	9.845	5.155
41	0.6	3.4	0.176470588	10.136	4.864
42	0.6	3.4	0.176470588	10.136	4.864
43	0.6	3.4	0.176470588	10.136	4.864
44	0.6	3.5	0.171428571	9.845	5.155
45	0.6	3.5	0.171428571	9.845	5.155
46	0.6	3.4	0.176470588	10.136	4.864
47	0.6	3.3	0.181818182	10.428	4.572
48	0.6	3.5	0.171428571	9.845	5.155
49	0.6	3.4	0.176470588	10.136	4.864
50	0.6	3.4	0.176470588	10.136	4.864

ค่าเฉลี่ย

4.77618

ตารางที่ 3 ผลการทดลองหยดเลือดจำนวน 50 หยด บนพื้นผิวกระดาษ ที่มุม 30 องศา

หยดที่	W (cm.)	L (cm.)	W/L (cm.)	AOI	Error
				Arc Sin W/L	30 - (Arc Sin W/L)
1	0.99	2.3	0.430434783	25.467	4.533
2	0.85	2.3	0.369565217	21.653	8.347
3	0.95	2.2	0.431818182	25.594	4.406
4	0.9	2.25	0.4	23.578	6.422
5	0.99	2.3	0.430434783	25.467	4.533
6	0.95	2.25	0.422222222	24.96	5.04
7	0.9	2.25	0.4	23.578	6.422
8	0.95	2.29	0.414847162	24.519	5.481
9	0.85	2.2	0.386363636	22.705	7.295
10	0.99	2.2	0.45	26.74	3.26
11	0.99	2.25	0.44	26.103	3.897
12	0.95	2.2	0.431818182	25.594	4.406
13	0.93	2.3	0.404347826	23.828	6.172
14	0.95	2.2	0.431818182	25.594	4.406
15	0.99	2.2	0.45	26.74	3.26
16	0.9	2.2	0.409090909	24.142	5.858
17	0.95	2.2	0.431818182	25.594	4.406
18	0.95	2.3	0.413043478	24.393	5.607
19	0.95	2.25	0.422222222	24.96	5.04
20	0.95	2.3	0.413043478	24.393	5.607
21	0.95	2.25	0.422222222	24.96	5.04
22	0.95	2.2	0.431818182	25.594	4.406
23	0.95	2.3	0.413043478	24.393	5.607
24	0.95	2.3	0.413043478	24.393	5.607
25	0.95	2.25	0.422222222	24.96	5.04
26	0.95	2.2	0.431818182	25.594	4.406
27	0.93	2.3	0.404347826	23.828	6.172
28	0.95	2.2	0.431818182	25.594	4.406
29	0.95	2.3	0.413043478	24.393	5.607
30	0.95	2.3	0.413043478	24.393	5.607
31	0.95	2.25	0.422222222	24.96	5.04
32	0.95	2.2	0.431818182	25.594	4.406
33	0.95	2.3	0.413043478	24.393	5.607
34	0.95	2.3	0.413043478	24.393	5.607
35	0.95	2.25	0.422222222	24.96	5.04
36	0.95	2.3	0.413043478	24.393	5.607
37	0.95	2.2	0.431818182	25.594	4.406
38	0.95	2.2	0.431818182	25.594	4.406
39	0.95	2.25	0.422222222	24.96	5.04
40	0.95	2.3	0.413043478	24.393	5.607
41	0.95	2.3	0.413043478	24.393	5.607
42	0.95	2.25	0.422222222	24.96	5.04
43	0.95	2.3	0.413043478	24.393	5.607
44	0.95	2.2	0.431818182	25.594	4.406
45	0.95	2.3	0.413043478	24.393	5.607
46	0.95	2.2	0.431818182	25.594	4.406
47	0.95	2.2	0.431818182	25.594	4.406
48	0.95	2.3	0.413043478	24.393	5.607
49	0.95	2.3	0.413043478	24.393	5.607
50	0.95	2.2	0.431818182	25.594	4.406

เฉลี่ย

5.15522

ตารางที่ 4 ผลการทดลองหยดเลือดจำนวน 50 หยด บนพื้นผิวกระดาษ ที่มุม 45 องศา

หยดที่	W (cm.)	L (cm.)	W/L (cm.)	AOI	Error
				Arc Sin W/L	45 - (Arc Sin W/L)
1	1.1	1.8	0.611111111	37.661	7.339
2	1.1	1.9	0.578947368	35.309	9.691
3	1.1	1.85	0.594594595	36.441	8.559
4	1.1	1.8	0.611111111	37.661	7.339
5	1	1.8	0.555555556	33.71	11.29
6	1	1.75	0.571428571	34.819	10.181
7	1.1	1.85	0.594594595	36.441	8.559
8	1.05	1.75	0.6	36.869	8.131
9	1.1	1.9	0.578947368	35.3	9.7
10	1.1	1.9	0.578947368	35.3	9.7
11	1.1	1.9	0.578947368	35.3	9.7
12	1.1	1.8	0.611111111	37.661	7.339
13	1.1	1.85	0.594594595	36.441	8.559
14	1.1	1.8	0.611111111	37.661	7.339
15	1.1	1.8	0.611111111	37.661	7.339
16	1.1	1.85	0.594594595	36.441	8.559
17	1.05	1.75	0.6	36.869	8.131
18	1.1	1.8	0.611111111	37.661	7.339
19	1.05	1.8	0.583333333	35.662	9.338
20	1.1	1.8	0.611111111	37.661	7.339
21	1.1	1.8	0.611111111	37.661	7.339
22	1.1	1.8	0.611111111	37.661	7.339
23	1.05	1.75	0.6	36.869	8.131
24	1.1	1.85	0.594594595	36.441	8.559
25	1.1	1.8	0.611111111	37.661	7.339
26	1.1	1.9	0.578947368	35.309	9.691
27	1.1	1.85	0.594594595	36.441	8.559
28	1.1	1.8	0.611111111	37.661	7.339
29	1.1	1.8	0.611111111	37.661	7.339
30	1.1	1.85	0.594594595	36.441	8.559
31	1.05	1.75	0.6	36.869	8.131
32	1.1	1.8	0.611111111	37.661	7.339
33	1.1	1.9	0.578947368	35.309	9.691
34	1.1	1.85	0.594594595	36.441	8.559
35	1.05	1.75	0.6	36.869	8.131
36	1.1	1.9	0.578947368	35.3	9.7
37	1.1	1.9	0.578947368	35.3	9.7
38	1.05	1.8	0.583333333	35.662	9.338
39	1.1	1.8	0.611111111	37.661	7.339
40	1.1	1.8	0.611111111	37.661	7.339
41	1.1	1.9	0.578947368	35.309	9.691
42	1.1	1.85	0.594594595	36.441	8.559
43	1.1	1.9	0.578947368	35.309	9.691
44	1.1	1.85	0.594594595	36.441	8.559
45	1.1	1.8	0.611111111	37.661	7.339
46	1.1	1.8	0.611111111	37.661	7.339
47	1.1	1.85	0.594594595	36.441	8.559
48	1.1	1.9	0.578947368	35.309	9.691
49	1.1	1.85	0.594594595	36.441	8.559
50	1.1	1.8	0.611111111	37.661	7.339

เฉลี่ย

8.44516

ตารางที่ 5 ผลการทดลองหยดเลือดจำนวน 50 หยด บนพื้นผิวกระดาษ ที่มุม 60 องศา

หยดที่	W (cm.)	L (cm.)	W/L (cm.)	AOI	Error
				Arc Sin W/L	60 - (Arc Sin W/L)
1	1.2	1.7	0.705882353	45.23	14.77
2	1.2	1.7	0.705882353	45.23	14.77
3	1.2	1.65	0.727272727	46.635	13.365
4	1.2	1.7	0.705882353	45.23	14.77
5	1.15	1.65	0.696969697	44.43	15.57
6	1.15	1.65	0.696969697	44.43	15.57
7	1.2	1.65	0.727272727	46.635	13.365
8	1.2	1.7	0.705882353	45.23	14.77
9	1.2	1.7	0.705882353	45.23	14.77
10	1.2	1.65	0.727272727	46.635	13.365
11	1.2	1.7	0.705882353	45.23	14.77
12	1.2	1.7	0.705882353	45.23	14.77
13	1.2	1.65	0.727272727	46.635	13.365
14	1.2	1.65	0.727272727	46.635	13.365
15	1.2	1.65	0.727272727	46.635	13.365
16	1.2	1.7	0.705882353	45.23	14.77
17	1.2	1.7	0.705882353	45.23	14.77
18	1.2	1.7	0.705882353	45.23	14.77
19	1.2	1.7	0.705882353	45.23	14.77
20	1.2	1.7	0.705882353	45.23	14.77
21	1.2	1.65	0.727272727	46.635	13.365
22	1.2	1.7	0.705882353	45.23	14.77
23	1.2	1.7	0.705882353	45.23	14.77
24	1.2	1.7	0.705882353	45.23	14.77
25	1.2	1.7	0.705882353	45.23	14.77
26	1.2	1.7	0.705882353	45.23	14.77
27	1.2	1.65	0.727272727	46.635	13.365
28	1.2	1.65	0.727272727	46.635	13.365
29	1.2	1.7	0.705882353	45.23	14.77
30	1.2	1.7	0.705882353	45.23	14.77
31	1.2	1.65	0.727272727	46.635	13.365
32	1.2	1.65	0.727272727	46.635	13.365
33	1.2	1.7	0.705882353	45.23	14.77
34	1.2	1.7	0.705882353	45.23	14.77
35	1.2	1.7	0.705882353	45.23	14.77
36	1.2	1.7	0.705882353	45.23	14.77
37	1.15	1.7	0.676470588	42.532	17.468
38	1.2	1.7	0.705882353	45.23	14.77
39	1.2	1.65	0.727272727	46.635	13.365
40	1.2	1.7	0.705882353	45.23	14.77
41	1.2	1.7	0.705882353	45.23	14.77
42	1.2	1.7	0.705882353	45.23	14.77
43	1.2	1.7	0.705882353	45.23	14.77
44	1.2	1.7	0.705882353	45.23	14.77
45	1.2	1.7	0.705882353	45.23	14.77
46	1.2	1.7	0.705882353	45.23	14.77
47	1.2	1.7	0.705882353	45.23	14.77
48	1.2	1.65	0.727272727	46.635	13.365
49	1.2	1.65	0.727272727	46.635	13.365
50	1.2	1.7	0.705882353	45.23	14.77

เฉลี่ย

14.46256

ตารางที่ 6 ผลการทดลองหยดเลือดจำนวน 50 หยด บนพื้นผิวกระดาษ ที่มุม 75 องศา

หยดที่	W (cm.)	L (cm.)	W/L (cm.)	AOI	Error
				Arc Sin W/L	75 - (Arc Sin W/L)
1	1.25	1.5	0.833333333	56.44	18.56
2	1.25	1.5	0.833333333	56.44	18.56
3	1.3	1.5	0.866666667	59.997	15.003
4	1.3	1.5	0.866666667	59.997	15.003
5	1.3	1.5	0.866666667	59.997	15.003
6	1.29	1.5	0.86	59.31	15.69
7	1.3	1.5	0.866666667	59.997	15.003
8	1.25	1.5	0.833333333	56.44	18.56
9	1.3	1.5	0.866666667	59.997	15.003
10	1.3	1.5	0.866666667	59.997	15.003
11	1.3	1.5	0.866666667	59.997	15.003
12	1.29	1.5	0.86	59.31	15.69
13	1.29	1.5	0.86	59.31	15.69
14	1.25	1.4	0.892857143	63.25	11.75
15	1.25	1.4	0.892857143	63.25	11.75
16	1.29	1.45	0.889655172	62.748	12.252
17	1.3	1.45	0.896551724	63.637	11.363
18	1.3	1.5	0.866666667	59.997	15.003
19	1.3	1.5	0.866666667	59.997	15.003
20	1.3	1.5	0.866666667	59.997	15.003
21	1.29	1.5	0.86	59.31	15.69
22	1.3	1.5	0.866666667	59.997	15.003
23	1.3	1.5	0.866666667	59.997	15.003
24	1.3	1.5	0.866666667	59.997	15.003
25	1.29	1.45	0.889655172	62.748	12.252
26	1.29	1.45	0.889655172	62.748	12.252
27	1.3	1.5	0.866666667	59.997	15.003
28	1.3	1.5	0.866666667	59.997	15.003
29	1.3	1.5	0.866666667	59.997	15.003
30	1.3	1.5	0.866666667	59.997	15.003
31	1.3	1.5	0.866666667	59.997	15.003
32	1.3	1.5	0.866666667	59.997	15.003
33	1.3	1.5	0.866666667	59.997	15.003
34	1.3	1.5	0.866666667	59.997	15.003
35	1.29	1.5	0.86	59.31	15.69
36	1.3	1.5	0.866666667	59.997	15.003
37	1.3	1.5	0.866666667	59.997	15.003
38	1.3	1.5	0.866666667	59.997	15.003
39	1.3	1.5	0.866666667	59.997	15.003
40	1.3	1.5	0.866666667	59.997	15.003
41	1.3	1.5	0.866666667	59.997	15.003
42	1.3	1.5	0.866666667	59.997	15.003
43	1.3	1.5	0.866666667	59.997	15.003
44	1.3	1.5	0.866666667	59.997	15.003
45	1.29	1.45	0.889655172	62.748	12.252
46	1.3	1.45	0.896551724	63.637	11.363
47	1.3	1.5	0.866666667	59.997	15.003
48	1.3	1.5	0.866666667	59.997	15.003
49	1.3	1.5	0.866666667	59.997	15.003
50	1.3	1.5	0.866666667	59.997	15.003

เฉลี่ย

14.78932

ตารางที่ 7 ผลการทดลองหยดเลือดจำนวน 50 หยด บนพื้นผิวกระจก ที่มุม 15 องศา

หยดที่	W (cm.)	L (cm.)	W/L (cm.)	AOI	Error
				Arc Sin W/L	15 - (Arc Sin W/L)
1	0.6	3.3	0.181818182	10.428	4.572
2	0.6	3.25	0.184615385	10.661	4.339
3	0.6	3.3	0.181818182	10.428	4.572
4	0.6	3.4	0.176470588	10.136	4.864
5	0.6	3.4	0.176470588	10.136	4.864
6	0.62	3.25	0.190769231	11.011	3.989
7	0.61	3.25	0.187692308	10.836	4.164
8	0.6	3.4	0.176470588	10.136	4.864
9	0.6	3.3	0.181818182	10.428	4.572
10	0.6	3.3	0.181818182	10.428	4.572
11	0.6	3.3	0.181818182	10.428	4.572
12	0.65	3.3	0.196969697	11.303	3.697
13	0.6	3.25	0.184615385	10.661	4.339
14	0.6	3.5	0.171428571	9.846	5.154
15	0.6	3.4	0.176470588	10.136	4.864
16	0.6	3.4	0.176470588	10.136	4.864
17	0.62	3.3	0.187878788	10.777	4.223
18	0.65	3.3	0.196969697	11.303	3.697
19	0.62	3.25	0.190769231	11.011	3.989
20	0.6	3.4	0.176470588	10.136	4.864
21	0.6	3.3	0.181818182	10.428	4.572
22	0.6	3.3	0.181818182	10.428	4.572
23	0.6	3.3	0.181818182	10.428	4.572
24	0.65	3.3	0.196969697	11.303	3.697
25	0.6	3.25	0.184615385	10.661	4.339
26	0.6	3.25	0.184615385	10.661	4.339
27	0.6	3.5	0.171428571	9.846	5.154
28	0.6	3.4	0.176470588	10.136	4.864
29	0.6	3.4	0.176470588	10.136	4.864
30	0.6	3.25	0.184615385	10.661	4.339
31	0.6	3.3	0.181818182	10.428	4.572
32	0.6	3.3	0.181818182	10.428	4.572
33	0.6	3.3	0.181818182	10.428	4.572
34	0.65	3.3	0.196969697	11.303	3.697
35	0.6	3.25	0.184615385	10.661	4.339
36	0.6	3.25	0.184615385	10.661	4.339
37	0.62	3.3	0.187878788	10.777	4.223
38	0.65	3.3	0.196969697	11.303	3.697
39	0.65	3.25	0.2	11.537	3.463
40	0.6	3.4	0.176470588	10.136	4.864
41	0.6	3.3	0.181818182	10.428	4.572
42	0.6	3.3	0.181818182	10.428	4.572
43	0.6	3.3	0.181818182	10.428	4.572
44	0.65	3.3	0.196969697	11.303	3.697
45	0.6	3.25	0.184615385	10.661	4.339
46	0.6	3.25	0.184615385	10.661	4.339
47	0.6	3.3	0.181818182	10.428	4.572
48	0.6	3.3	0.181818182	10.428	4.572
49	0.6	3.25	0.184615385	10.661	4.339
50	0.6	3.3	0.181818182	10.428	4.572

เฉลี่ย

4.42862

ตารางที่ 8 ผลการทดลองหยดเลือดจำนวน 50 หยด บนพื้นผิวกระจก ที่มุม 30 องศา

หยดที่	W (cm.)	L (cm.)	W/L (cm.)	AOI	Error
				Arc Sin W/L	30 - (Arc Sin W/L)
1	0.89	2.15	0.413953488	24.456	5.544
2	0.88	2.1	0.419047619	24.771	5.229
3	0.89	2	0.445	26.423	3.577
4	0.9	2	0.45	26.744	3.256
5	0.89	2.1	0.423809524	25.087	4.913
6	0.9	2.1	0.428571429	25.404	4.596
7	0.89	2.1	0.423809524	25.087	4.913
8	0.9	2.15	0.418604651	24.771	5.229
9	0.89	2.05	0.434146341	25.722	4.278
10	0.89	2.1	0.423809524	25.087	4.913
11	0.9	2.05	0.43902439	26.04	3.96
12	0.89	2	0.445	26.423	3.577
13	0.89	2.05	0.434146341	24.771	5.229
14	0.9	2.1	0.428571429	25.404	4.596
15	0.89	2.05	0.434146341	25.722	4.278
16	0.9	2	0.45	26.744	3.256
17	0.89	2.1	0.423809524	25.087	4.913
18	0.9	2.1	0.428571429	25.404	4.596
19	0.89	2.1	0.423809524	25.087	4.913
20	0.89	2.05	0.434146341	25.722	4.278
21	0.9	2.1	0.428571429	25.404	4.596
22	0.9	2.1	0.428571429	25.404	4.596
23	0.9	2.1	0.428571429	25.404	4.596
24	0.89	2.1	0.423809524	25.087	4.913
25	0.89	2.05	0.434146341	25.722	4.278
26	0.9	2.1	0.428571429	25.404	4.596
27	0.9	2.05	0.43902439	26.04	3.96
28	0.89	2	0.445	26.423	3.577
29	0.89	2.05	0.434146341	24.771	5.229
30	0.9	2.1	0.428571429	25.404	4.596
31	0.89	2.05	0.434146341	25.722	4.278
32	0.9	2.1	0.428571429	25.404	4.596
33	0.9	2.1	0.428571429	25.404	4.596
34	0.9	2.1	0.428571429	25.404	4.596
35	0.89	2.1	0.423809524	25.087	4.913
36	0.89	2.1	0.423809524	25.087	4.913
37	0.9	2.1	0.428571429	25.404	4.596
38	0.9	2.1	0.428571429	25.404	4.596
39	0.88	2.1	0.419047619	24.771	5.229
40	0.89	2	0.445	26.423	3.577
41	0.9	2	0.45	26.744	3.256
42	0.89	2.1	0.423809524	25.087	4.913
43	0.9	2.1	0.428571429	25.404	4.596
44	0.9	2.1	0.428571429	25.404	4.596
45	0.9	2.1	0.428571429	25.404	4.596
46	0.89	2.1	0.423809524	25.087	4.913
47	0.89	2.1	0.423809524	25.087	4.913
48	0.89	2.05	0.434146341	25.722	4.278
49	0.9	2.1	0.428571429	25.404	4.596
50	0.9	2.1	0.428571429	25.404	4.596
เฉลี่ย					4.52248

ตารางที่ 9 ผลการทดลองหยดเลือดจำนวน 50 หยด บนพื้นผิวกระจก ที่มุม 45 องศา

หยดที่	W (cm.)	L (cm.)	W/L (cm.)	AOI	Error
				Arc Sin W/L	45 - (Arc Sin W/L)
1	1.1	1.95	0.564102564	34.333	10.667
2	1.05	1.95	0.538461538	32.548	12.452
3	1.1	1.99	0.552763819	33.573	11.427
4	1.1	1.89	0.582010582	35.591	9.409
5	1.1	1.99	0.552763819	33.573	11.427
6	1.05	1.95	0.538461538	32.548	12.452
7	1.1	1.99	0.552763819	33.573	11.427
8	1.1	1.99	0.552763819	33.573	11.427
9	1.1	1.95	0.564102564	34.332	10.668
10	1.1	2	0.55	33.367	11.633
11	1.1	2	0.55	33.367	11.633
12	1.1	1.89	0.582010582	35.591	9.409
13	1.05	1.95	0.538461538	32.548	12.452
14	1.05	1.8	0.583333333	35.662	9.338
15	1.1	1.95	0.564102564	34.333	10.667
16	1.09	1.9	0.573684211	35.03	9.97
17	1.05	1.99	0.527638191	31.87	13.13
18	1.1	1.89	0.582010582	35.591	9.409
19	1.09	1.9	0.573684211	35.03	9.97
20	1.1	1.95	0.564102564	34.332	10.668
21	1.1	2	0.55	33.367	11.633
22	1.1	2	0.55	33.367	11.633
23	1.1	1.89	0.582010582	35.591	9.409
24	1.1	1.89	0.582010582	35.591	9.409
25	1.09	1.9	0.573684211	35.03	9.97
26	1.1	1.89	0.582010582	35.591	9.409
27	1.05	1.95	0.538461538	32.548	12.452
28	1.05	1.8	0.583333333	35.662	9.338
29	1.1	1.95	0.564102564	34.333	10.667
30	1.09	1.9	0.573684211	35.03	9.97
31	1.05	1.99	0.527638191	31.87	13.13
32	1.1	1.89	0.582010582	35.591	9.409
33	1.09	1.9	0.573684211	35.03	9.97
34	1.1	1.95	0.564102564	34.333	10.667
35	1.1	1.95	0.564102564	34.333	10.667
36	1.09	1.9	0.573684211	35.03	9.97
37	1.1	1.95	0.564102564	34.333	10.667
38	1.1	1.95	0.564102564	34.333	10.667
39	1.1	1.89	0.582010582	35.591	9.409
40	1.1	1.89	0.582010582	35.591	9.409
41	1.09	1.9	0.573684211	35.03	9.97
42	1.1	1.89	0.582010582	35.591	9.409
43	1.05	1.95	0.538461538	32.548	12.452
44	1.1	1.95	0.564102564	34.333	10.667
45	1.1	1.95	0.564102564	34.333	10.667
46	1.1	1.95	0.564102564	34.333	10.667
47	1.09	1.9	0.573684211	35.03	9.97
48	1.1	1.95	0.564102564	34.333	10.667
49	1.1	1.95	0.564102564	34.333	10.667
50	1.1	1.89	0.582010582	35.591	9.409

เฉลี่ย

10.6407

ตารางที่ 10 ผลการทดลองหยดเลือดจำนวน 50 หยด บนพื้นผิวกระจก ที่มุม 60 องศา

หยดที่	W (cm.)	L (cm.)	W/L (cm.)	AOI	Error
				Arc Sin W/L	60 - (Arc Sin W/L)
1	1.2	1.6	0.75	48.59	11.41
2	1.2	1.6	0.75	48.59	11.41
3	1.21	1.62	0.74691358	48.331	11.669
4	1.2	1.61	0.745341615	48.159	11.841
5	1.2	1.68	0.714285714	45.561	14.439
6	1.2	1.61	0.745341615	48.159	11.841
7	1.21	1.62	0.74691358	48.331	11.669
8	1.21	1.61	0.751552795	48.677	11.323
9	1.2	1.65	0.727272727	46.635	13.365
10	1.2	1.63	0.736196319	47.392	12.608
11	1.19	1.6	0.74375	48.073	11.927
12	1.19	1.6	0.74375	48.073	11.927
13	1.2	1.65	0.727272727	46.635	13.365
14	1.2	1.63	0.736196319	47.392	12.608
15	1.19	1.6	0.74375	48.073	11.927
16	1.19	1.6	0.74375	48.073	11.927
17	1.2	1.68	0.714285714	45.561	14.439
18	1.2	1.61	0.745341615	48.159	11.841
19	1.21	1.62	0.74691358	48.331	11.669
20	1.21	1.61	0.751552795	48.677	11.323
21	1.2	1.65	0.727272727	46.635	13.365
22	1.2	1.63	0.736196319	47.392	12.608
23	1.2	1.65	0.727272727	46.635	13.365
24	1.2	1.68	0.714285714	45.561	14.439
25	1.21	1.62	0.74691358	48.331	11.669
26	1.21	1.61	0.751552795	48.677	11.323
27	1.2	1.65	0.727272727	46.635	13.365
28	1.2	1.63	0.736196319	47.392	12.608
29	1.2	1.65	0.727272727	46.635	13.365
30	1.2	1.63	0.736196319	47.392	12.608
31	1.21	1.62	0.74691358	48.331	11.669
32	1.2	1.62	0.740740741	47.817	12.183
33	1.2	1.61	0.745341615	48.159	11.841
34	1.21	1.62	0.74691358	48.331	11.669
35	1.21	1.61	0.751552795	48.677	11.323
36	1.2	1.65	0.727272727	46.635	13.365
37	1.2	1.63	0.736196319	47.392	12.608
38	1.2	1.63	0.736196319	47.392	12.608
39	1.21	1.62	0.74691358	48.331	11.669
40	1.2	1.62	0.740740741	47.817	12.183
41	1.2	1.61	0.745341615	48.159	11.841
42	1.21	1.62	0.74691358	48.331	11.669
43	1.21	1.61	0.751552795	48.677	11.323
44	1.2	1.65	0.727272727	46.635	13.365
45	1.2	1.65	0.727272727	46.635	13.365
46	1.2	1.65	0.727272727	46.635	13.365
47	1.21	1.62	0.74691358	48.331	11.669
48	1.21	1.61	0.751552795	48.677	11.323
49	1.2	1.65	0.727272727	46.635	13.365
50	1.2	1.63	0.736196319	47.392	12.608

เฉลี่ย

12.36508

ตารางที่ 11 ผลการทดลองหยดเลือดจำนวน 50 หยด บนพื้นผิวกระจก ที่มุม 75 องศา

หยดที่	W (cm.)	L (cm.)	W/L (cm.)	AOI	Error
				Arc Sin W/L	75 - (Arc Sin W/L)
1	1.32	1.5	0.88	61.642	13.358
2	1.33	1.5	0.886666667	62.498	12.502
3	1.32	1.5	0.88	61.642	13.358
4	1.32	1.53	0.862745098	59.655	15.345
5	1.3	1.53	0.849673203	57.672	17.328
6	1.35	1.5	0.9	64.158	10.842
7	1.32	1.55	0.851612903	58.43	16.57
8	1.33	1.5	0.886666667	62.498	12.502
9	1.31	1.5	0.873333333	60.809	14.191
10	1.35	1.55	0.870967742	60.575	14.425
11	1.35	1.5	0.9	64.158	10.842
12	1.32	1.5	0.88	61.642	13.358
13	1.32	1.5	0.88	61.642	13.358
14	1.32	1.5	0.88	61.642	13.358
15	1.35	1.55	0.870967742	60.575	14.425
16	1.35	1.5	0.9	64.158	10.842
17	1.36	1.55	0.877419355	61.282	13.718
18	1.35	1.5	0.9	64.158	10.842
19	1.32	1.5	0.88	61.642	13.358
20	1.33	1.5	0.886666667	62.498	12.502
21	1.31	1.5	0.873333333	60.809	14.191
22	1.35	1.55	0.870967742	60.575	14.425
23	1.35	1.55	0.870967742	60.575	14.425
24	1.32	1.5	0.88	61.642	13.358
25	1.32	1.5	0.88	61.642	13.358
26	1.32	1.5	0.88	61.642	13.358
27	1.35	1.55	0.870967742	60.575	14.425
28	1.32	1.5	0.88	61.642	13.358
29	1.35	1.5	0.9	64.158	10.842
30	1.32	1.5	0.88	61.642	13.358
31	1.32	1.5	0.88	61.642	13.358
32	1.32	1.53	0.862745098	59.655	15.345
33	1.33	1.5	0.886666667	62.498	12.502
34	1.31	1.5	0.873333333	60.809	14.191
35	1.35	1.55	0.870967742	60.575	14.425
36	1.35	1.55	0.870967742	60.575	14.425
37	1.32	1.5	0.88	61.642	13.358
38	1.32	1.5	0.88	61.642	13.358
39	1.32	1.53	0.862745098	59.655	15.345
40	1.32	1.5	0.88	61.642	13.358
41	1.32	1.5	0.88	61.642	13.358
42	1.32	1.5	0.88	61.642	13.358
43	1.32	1.5	0.88	61.642	13.358
44	1.32	1.5	0.88	61.642	13.358
45	1.32	1.53	0.862745098	59.655	15.345
46	1.33	1.5	0.886666667	62.498	12.502
47	1.35	1.53	0.882352941	59.655	15.345
48	1.32	1.5	0.88	61.642	13.358
49	1.32	1.5	0.88	61.642	13.358
50	1.31	1.5	0.873333333	60.809	14.191

เฉลี่ย

13.58636

ตารางที่ 12 ผลการทดลองหยดเลือดจำนวน 50 หยด บนพื้นผิวกระเบื้องแผ่นเรียบ ที่มุม 15 องศา

หยดที่	W (cm.)	L (cm.)	W/L (cm.)	AOI	Error
				Arc Sin W/L	15 - (Arc Sin W/L)
1	0.65	3.25	0.2	11.595	3.405
2	0.65	3.2	0.203125	11.712	3.288
3	0.65	3.3	0.196969697	11.303	3.697
4	0.65	3.3	0.196969697	11.303	3.697
5	0.65	3.3	0.196969697	11.303	3.697
6	0.65	3.3	0.196969697	11.303	3.697
7	0.6	3.3	0.181818182	10.428	4.572
8	0.65	3.3	0.196969697	11.303	3.697
9	0.69	3.2	0.215625	12.415	2.585
10	0.62	3.3	0.187878788	10.777	4.223
11	0.6	3.3	0.181818182	10.428	4.572
12	0.65	3.3	0.196969697	11.303	3.697
13	0.62	3.3	0.187878788	10.777	4.223
14	0.69	3.3	0.209090909	12.063	2.937
15	0.62	3.3	0.187878788	10.777	4.223
16	0.65	3.3	0.196969697	11.303	3.697
17	0.65	3.3	0.196969697	11.303	3.697
18	0.65	3.3	0.196969697	11.303	3.697
19	0.69	3.2	0.215625	12.415	2.585
20	0.62	3.3	0.187878788	10.777	4.223
21	0.6	3.3	0.181818182	10.428	4.572
22	0.65	3.3	0.196969697	11.303	3.697
23	0.65	3.3	0.196969697	11.303	3.697
24	0.65	3.3	0.196969697	11.303	3.697
25	0.65	3.3	0.196969697	11.303	3.697
26	0.62	3.3	0.187878788	10.777	4.223
27	0.65	3.3	0.196969697	11.303	3.697
28	0.65	3.3	0.196969697	11.303	3.697
29	0.6	3.3	0.181818182	10.428	4.572
30	0.62	3.3	0.187878788	10.777	4.223
31	0.65	3.3	0.196969697	11.303	3.697
32	0.65	3.3	0.196969697	11.303	3.697
33	0.65	3.3	0.196969697	11.303	3.697
34	0.6	3.3	0.181818182	10.428	4.572
35	0.62	3.3	0.187878788	10.777	4.223
36	0.62	3.3	0.187878788	10.777	4.223
37	0.65	3.3	0.196969697	11.303	3.697
38	0.65	3.3	0.196969697	11.303	3.697
39	0.65	3.3	0.196969697	11.303	3.697
40	0.65	3.3	0.196969697	11.303	3.697
41	0.65	3.3	0.196969697	11.303	3.697
42	0.65	3.3	0.196969697	11.303	3.697
43	0.62	3.3	0.187878788	10.777	4.223
44	0.65	3.3	0.196969697	11.303	3.697
45	0.65	3.3	0.196969697	11.303	3.697
46	0.65	3.3	0.196969697	11.303	3.697
47	0.65	3.3	0.196969697	11.303	3.697
48	0.65	3.3	0.196969697	11.303	3.697
49	0.65	3.3	0.196969697	11.303	3.697
50	0.65	3.3	0.196969697	11.303	3.697

เฉลี่ย

3.80548

ตารางที่ 13 ผลการทดลองหยดเลือดจำนวน 50 หยด บนพื้นผิวกระเบื้องแผ่นเรียบ ที่มุม 30 องศา

หยดที่	W (cm.)	L (cm.)	W/L (cm.)	AOI	Error
				Arc Sin W/L	30 - (Arc Sin W/L)
1	0.99	2.2	0.45	26.74	3.26
2	0.99	2.2	0.45	26.74	3.26
3	0.99	2.25	0.44	26.103	3.897
4	0.99	2.2	0.45	26.103	3.897
5	0.95	2.25	0.42222222	24.96	5.04
6	0.95	2.2	0.43181818	25.594	4.406
7	0.95	2.25	0.42222222	24.96	5.04
8	0.99	2.2	0.45	26.74	3.26
9	0.99	2.2	0.45	26.74	3.26
10	0.95	2.1	0.45238095	26.872	3.128
11	0.95	2.25	0.42222222	24.96	5.04
12	0.95	2.25	0.42222222	24.96	5.04
13	0.99	2.25	0.44	26.103	3.897
14	0.99	2.2	0.45	26.74	3.26
15	0.95	2.25	0.42222222	24.96	5.04
16	0.95	2.2	0.43181818	25.594	4.406
17	0.95	2.25	0.42222222	24.96	5.04
18	0.95	2.25	0.42222222	24.96	5.04
19	0.99	2.25	0.44	26.103	3.897
20	0.95	2.2	0.43181818	25.594	4.406
21	0.95	2.2	0.43181818	25.594	4.406
22	0.95	2.2	0.43181818	25.594	4.406
23	0.95	2.25	0.42222222	24.96	5.04
24	0.95	2.25	0.42222222	24.96	5.04
25	0.99	2.25	0.44	26.103	3.897
26	0.95	2.2	0.43181818	25.594	4.406
27	0.95	2.2	0.43181818	25.594	4.406
28	0.95	2.2	0.43181818	25.594	4.406
29	0.95	2.25	0.42222222	24.96	5.04
30	0.95	2.25	0.42222222	24.96	5.04
31	0.95	2.2	0.43181818	25.594	4.406
32	0.95	2.2	0.43181818	25.594	4.406
33	0.95	2.2	0.43181818	25.594	4.406
34	0.95	2.2	0.43181818	25.594	4.406
35	0.95	2.2	0.43181818	25.594	4.406
36	0.95	2.25	0.42222222	24.96	5.04
37	0.95	2.2	0.43181818	25.594	4.406
38	0.95	2.2	0.43181818	25.594	4.406
39	0.95	2.2	0.43181818	25.594	4.406
40	0.95	2.25	0.42222222	24.96	5.04
41	0.95	2.2	0.43181818	25.594	4.406
42	0.95	2.25	0.42222222	24.96	5.04
43	0.95	2.25	0.42222222	24.96	5.04
44	0.95	2.2	0.43181818	25.594	4.406
45	0.95	2.2	0.43181818	25.594	4.406
46	0.95	2.2	0.43181818	25.594	4.406
47	0.95	2.2	0.43181818	25.594	4.406
48	0.95	2.2	0.43181818	25.594	4.406
49	0.95	2.25	0.42222222	24.96	5.04
50	0.95	2.2	0.43181818	25.594	4.406

เฉลี่ย

4.41782

ตารางที่ 14 ผลการทดลองหยดเลือดจำนวน 50 หยด บนพื้นผิวกระเบื้องแผ่นเรียบ ที่มุม 45 องศา

หยดที่	W (cm.)	L (cm.)	W/L (cm.)	AOI	Error
				Arc Sin W/L	45 - (Arc Sin W/L)
1	1.18	1.82	0.648351648	40.391	4.609
2	1.19	1.9	0.626315789	38.756	6.244
3	1.19	1.85	0.643243243	40.016	4.984
4	1.19	1.85	0.643243243	40.016	4.984
5	1.2	1.8	0.666666667	41.759	3.241
6	1.18	1.9	0.621052632	38.389	6.611
7	1.19	1.85	0.643243243	40.016	4.984
8	1.19	1.82	0.653846154	40.844	4.156
9	1.19	1.85	0.643243243	40.016	4.984
10	1.2	1.95	0.615384615	37.952	7.048
11	1.2	1.9	0.631578947	39.198	5.802
12	1.19	1.9	0.626315789	38.756	6.244
13	1.2	1.9	0.631578947	39.198	5.802
14	1.19	1.9	0.626315789	38.756	6.244
15	1.2	1.95	0.615384615	37.952	7.048
16	1.2	1.9	0.631578947	39.198	5.802
17	1.19	1.9	0.626315789	38.756	6.244
18	1.2	1.9	0.631578947	39.198	5.802
19	1.2	1.9	0.631578947	39.198	5.802
20	1.2	1.9	0.631578947	39.198	5.802
21	1.2	1.9	0.631578947	39.198	5.802
22	1.19	1.9	0.626315789	38.756	6.244
23	1.2	1.95	0.615384615	37.952	7.048
24	1.2	1.9	0.631578947	39.198	5.802
25	1.2	1.9	0.631578947	39.198	5.802
26	1.2	1.9	0.631578947	39.198	5.802
27	1.18	1.9	0.621052632	38.389	6.611
28	1.19	1.85	0.643243243	40.016	4.984
29	1.19	1.9	0.626315789	38.756	6.244
30	1.2	1.9	0.631578947	39.198	5.802
31	1.2	1.9	0.631578947	39.198	5.802
32	1.2	1.9	0.631578947	39.198	5.802
33	1.2	1.9	0.631578947	39.198	5.802
34	1.19	1.9	0.626315789	38.756	6.244
35	1.2	1.9	0.631578947	39.198	5.802
36	1.2	1.9	0.631578947	39.198	5.802
37	1.2	1.9	0.631578947	39.198	5.802
38	1.2	1.9	0.631578947	39.198	5.802
39	1.19	1.9	0.626315789	38.756	6.244
40	1.2	1.9	0.631578947	39.198	5.802
41	1.19	1.9	0.626315789	38.756	6.244
42	1.2	1.95	0.615384615	37.952	7.048
43	1.2	1.9	0.631578947	39.198	5.802
44	1.19	1.9	0.626315789	38.756	6.244
45	1.2	1.9	0.631578947	39.198	5.802
46	1.2	1.9	0.631578947	39.198	5.802
47	1.2	1.9	0.631578947	39.198	5.802
48	1.2	1.9	0.631578947	39.198	5.802
49	1.2	1.9	0.631578947	39.198	5.802
50	1.2	1.9	0.631578947	39.198	5.802

เฉลี่ย

5.83264

ตารางที่ 15 ผลการทดลองหยดเลือดจำนวน 50 หยด บนพื้นผิวกระเบื้องแผ่นเรียบ ที่มุม 60 องศา

หยดที่	W (cm.)	L (cm.)	W/L (cm.)	AOI	Error
				Arc Sin W/L	60 - (Arc Sin W/L)
1	1.3	1.7	0.764705882	49.907	10.093
2	1.25	1.6	0.78125	51.352	8.648
3	1.32	1.75	0.754285714	48.938	11.062
4	1.3	1.65	0.787878788	51.998	8.002
5	1.3	1.6	0.8125	54.39	5.61
6	1.3	1.65	0.787878788	51.998	8.002
7	1.3	1.6	0.8125	54.39	5.61
8	1.32	1.65	0.8	53.13	6.87
9	1.3	1.65	0.787878788	51.998	8.002
10	1.3	1.7	0.764705882	49.907	10.093
11	1.3	1.65	0.787878788	51.998	8.002
12	1.3	1.7	0.764705882	49.907	10.093
13	1.32	1.75	0.754285714	48.938	11.062
14	1.3	1.65	0.787878788	51.998	8.002
15	1.3	1.7	0.764705882	49.907	10.093
16	1.3	1.65	0.787878788	51.998	8.002
17	1.3	1.7	0.764705882	49.907	10.093
18	1.3	1.7	0.764705882	49.907	10.093
19	1.3	1.7	0.764705882	49.907	10.093
20	1.3	1.65	0.787878788	51.998	8.002
21	1.3	1.7	0.764705882	49.907	10.093
22	1.3	1.65	0.787878788	51.998	8.002
23	1.3	1.7	0.764705882	49.907	10.093
24	1.3	1.65	0.787878788	51.998	8.002
25	1.3	1.65	0.787878788	51.998	8.002
26	1.3	1.7	0.764705882	49.907	10.093
27	1.3	1.7	0.764705882	49.907	10.093
28	1.3	1.7	0.764705882	49.907	10.093
29	1.3	1.7	0.764705882	49.907	10.093
30	1.32	1.75	0.754285714	48.938	11.062
31	1.3	1.65	0.787878788	51.998	8.002
32	1.3	1.7	0.764705882	49.907	10.093
33	1.3	1.7	0.764705882	49.907	10.093
34	1.3	1.7	0.764705882	49.907	10.093
35	1.3	1.65	0.787878788	51.998	8.002
36	1.3	1.7	0.764705882	49.907	10.093
37	1.3	1.65	0.787878788	51.998	8.002
38	1.3	1.7	0.764705882	49.907	10.093
39	1.3	1.65	0.787878788	51.998	8.002
40	1.3	1.65	0.787878788	51.998	8.002
41	1.3	1.7	0.764705882	49.907	10.093
42	1.3	1.7	0.764705882	49.907	10.093
43	1.3	1.7	0.764705882	49.907	10.093
44	1.3	1.7	0.764705882	49.907	10.093
45	1.3	1.7	0.764705882	49.907	10.093
46	1.3	1.65	0.787878788	51.998	8.002
47	1.3	1.7	0.764705882	49.907	10.093
48	1.3	1.65	0.787878788	51.998	8.002
49	1.3	1.7	0.764705882	49.907	10.093
50	1.3	1.7	0.764705882	49.907	10.093

เฉลี่ย

9.16752

ตารางที่ 16 ผลการทดลองหยดเลือดจำนวน 50 หยด บนพื้นผิวกระเบื้องแผ่นเรียบ ที่มุม 75 องศา

หยดที่	W (cm.)	L (cm.)	W/L (cm.)	AOI	Error
				Arc Sin W/L	75 - (Arc Sin W/L)
1	1.4	1.5	0.933333333	68.907	6.093
2	1.4	1.59	0.880503145	61.763	13.237
3	1.4	1.6	0.875	61.406	13.594
4	1.4	1.6	0.875	61.406	13.594
5	1.4	1.6	0.875	61.406	13.594
6	1.4	1.6	0.875	61.406	13.594
7	1.4	1.59	0.880503145	61.763	13.237
8	1.4	1.59	0.880503145	61.763	13.237
9	1.4	1.6	0.875	61.406	13.594
10	1.4	1.59	0.880503145	61.763	13.237
11	1.4	1.59	0.880503145	61.763	13.237
12	1.4	1.6	0.875	61.406	13.594
13	1.4	1.6	0.875	61.406	13.594
14	1.4	1.59	0.880503145	61.763	13.237
15	1.4	1.59	0.880503145	61.763	13.237
16	1.4	1.59	0.880503145	61.763	13.237
17	1.4	1.6	0.875	61.406	13.594
18	1.4	1.6	0.875	61.406	13.594
19	1.4	1.6	0.875	61.406	13.594
20	1.4	1.6	0.875	61.406	13.594
21	1.4	1.59	0.880503145	61.763	13.237
22	1.4	1.6	0.875	61.406	13.594
23	1.4	1.6	0.875	61.406	13.594
24	1.4	1.6	0.875	61.406	13.594
25	1.4	1.6	0.875	61.406	13.594
26	1.4	1.6	0.875	61.406	13.594
27	1.4	1.59	0.880503145	61.763	13.237
28	1.4	1.59	0.880503145	61.763	13.237
29	1.4	1.6	0.875	61.406	13.594
30	1.4	1.59	0.880503145	61.763	13.237
31	1.4	1.59	0.880503145	61.763	13.237
32	1.4	1.6	0.875	61.406	13.594
33	1.4	1.6	0.875	61.406	13.594
34	1.4	1.59	0.880503145	61.763	13.237
35	1.4	1.59	0.880503145	61.763	13.237
36	1.4	1.59	0.880503145	61.763	13.237
37	1.4	1.6	0.875	61.406	13.594
38	1.4	1.6	0.875	61.406	13.594
39	1.4	1.6	0.875	61.406	13.594
40	1.4	1.6	0.875	61.406	13.594
41	1.4	1.6	0.875	61.406	13.594
42	1.4	1.6	0.875	61.406	13.594
43	1.4	1.59	0.880503145	61.763	13.237
44	1.4	1.59	0.880503145	61.763	13.237
45	1.4	1.6	0.875	61.406	13.594
46	1.4	1.59	0.880503145	61.763	13.237
47	1.4	1.59	0.880503145	61.763	13.237
48	1.4	1.6	0.875	61.406	13.594
49	1.4	1.6	0.875	61.406	13.594
50	1.4	1.59	0.880503145	61.763	13.237

เฉลี่ย

13.29404

ตารางที่ 17 ผลการทดลองหยดเลือดจำนวน 50 หยด บนพื้นผิวแผ่นไม้ัด ที่มุม 15 องศา

หยดที่	W (cm.)	L (cm.)	W/L (cm.)	AOI	Error
				Arc Sin W/L	15 - (Arc Sin W/L)
1	0.69	3.3	0.209090909	12.063	2.937
2	0.7	3.6	0.194444444	11.186	3.814
3	0.65	3.5	0.185714286	10.719	4.281
4	0.65	3.6	0.180555556	10.428	4.572
5	0.7	3.3	0.212121212	12.239	2.761
6	0.7	3.4	0.205882353	11.888	3.112
7	0.69	3.3	0.209090909	12.063	2.937
8	0.65	3.5	0.185714286	10.719	4.281
9	0.65	3.5	0.185714286	10.719	4.281
10	0.65	3.2	0.203125	11.712	3.288
11	0.65	3.45	0.188405797	10.836	4.164
12	0.6	3.3	0.181818182	10.428	4.572
13	0.6	3.3	0.181818182	10.428	4.572
14	0.6	3.3	0.181818182	10.428	4.572
15	0.65	3.3	0.196969697	11.303	3.697
16	0.6	3.25	0.184615385	10.661	4.339
17	0.6	3.5	0.171428571	9.846	5.154
18	0.6	3.4	0.176470588	10.136	4.864
19	0.6	3.4	0.176470588	10.136	4.864
20	0.6	3.3	0.181818182	10.428	4.572
21	0.6	3.3	0.181818182	10.428	4.572
22	0.6	3.4	0.176470588	10.136	4.864
23	0.6	3.5	0.171428571	9.846	5.154
24	0.6	3.5	0.171428571	9.846	5.154
25	0.6	3.4	0.176470588	10.136	4.864
26	0.6	3.3	0.181818182	10.428	4.572
27	0.6	3.3	0.181818182	10.428	4.572
28	0.65	3.45	0.188405797	10.836	4.164
29	0.6	3.3	0.181818182	10.428	4.572
30	0.6	3.3	0.181818182	10.428	4.572
31	0.6	3.3	0.181818182	10.428	4.572
32	0.65	3.3	0.196969697	11.303	3.697
33	0.6	3.4	0.176470588	10.136	4.864
34	0.6	3.3	0.181818182	10.428	4.572
35	0.6	3.3	0.181818182	10.428	4.572
36	0.6	3.4	0.176470588	10.136	4.864
37	0.6	3.4	0.176470588	10.136	4.864
38	0.6	3.5	0.171428571	9.846	5.154
39	0.6	3.4	0.176470588	10.136	4.864
40	0.6	3.3	0.181818182	10.428	4.572
41	0.6	3.3	0.181818182	10.428	4.572
42	0.6	3.4	0.176470588	10.136	4.864
43	0.6	3.3	0.181818182	10.428	4.572
44	0.6	3.3	0.181818182	10.428	4.572
45	0.6	3.4	0.176470588	10.136	4.864
46	0.6	3.4	0.176470588	10.136	4.864
47	0.65	3.45	0.188405797	10.836	4.164
48	0.6	3.5	0.171428571	9.846	5.154
49	0.6	3.4	0.176470588	10.136	4.864
50	0.6	3.4	0.176470588	10.136	4.864

เฉลี่ย

4.45286

ตารางที่ 18 ผลการทดลองหยดเลือดจำนวน 50 หยด บนพื้นผิวแผ่นไม้ัด ที่มุม 30 องศา

หยดที่	W (cm.)	L (cm.)	W/L (cm.)	AOI	Error
				Arc Sin W/L	30 - (Arc Sin W/L)
1	1	2.8	0.357142857	20.916	9.084
2	1	2.7	0.37037037	17.878	12.122
3	1	2.9	0.344827586	20.182	9.818
4	1	3	0.333333333	19.45	10.55
5	0.99	3.1	0.319354839	18.602	11.398
6	1	3.2	0.3125	18.24	11.76
7	1.05	3	0.35	20.487	9.513
8	1.05	2.95	0.355932203	20.855	9.145
9	1	3.1	0.322580645	18.884	11.116
10	1	3.1	0.322580645	18.884	11.116
11	1.1	3.2	0.34375	20.121	9.879
12	0.99	2.9	0.34137931	19.937	10.063
13	0.99	2.8	0.353571429	20.732	9.268
14	0.99	2.85	0.347368421	20.304	9.696
15	1.1	2.95	0.372881356	21.901	8.099
16	1.05	2.95	0.355932203	20.855	9.145
17	1	2.95	0.338983051	19.816	10.184
18	1.1	2.95	0.372881356	21.901	8.099
19	1.1	2.9	0.379310345	22.271	7.729
20	0.99	2.95	0.33559322	19.633	10.367
21	0.99	2.9	0.34137931	19.938	10.062
22	1	2.9	0.344827586	20.182	9.818
23	1.1	2.95	0.372881356	21.901	8.099
24	1.1	2.9	0.379310345	22.271	7.729
25	1	2.9	0.344827586	20.182	9.818
26	1	2.9	0.344827586	20.182	9.818
27	1.1	2.9	0.379310345	22.271	7.729
28	1.1	2.95	0.372881356	21.901	8.099
29	1	2.9	0.344827586	20.182	9.818
30	0.99	2.9	0.34137931	19.938	10.062
31	1	2.8	0.357142857	20.916	9.084
32	1	2.9	0.344827586	20.182	9.818
33	1.1	2.9	0.379310345	22.271	7.729
34	1.1	2.95	0.372881356	21.901	8.099
35	1	2.9	0.344827586	20.182	9.818
36	1.1	2.95	0.372881356	21.901	8.099
37	1.1	2.9	0.379310345	22.271	7.729
38	1	2.9	0.344827586	20.182	9.818
39	1	2.9	0.344827586	20.182	9.818
40	1	2.9	0.344827586	20.182	9.818
41	0.99	2.9	0.34137931	19.938	10.062
42	1	2.8	0.357142857	20.916	9.084
43	1	2.9	0.344827586	20.182	9.818
44	1.1	2.9	0.379310345	22.271	7.729
45	0.99	2.9	0.34137931	19.938	10.062
46	1.1	2.95	0.372881356	21.901	8.099
47	1	2.9	0.344827586	20.182	9.818
48	1	2.9	0.344827586	20.182	9.818
49	1.1	2.95	0.372881356	21.901	8.099
50	1	2.9	0.344827586	20.182	9.818

เฉลี่ย

9.4288

ตารางที่ 19 ผลการทดลองหยดเลือดจำนวน 50 หยด บนพื้นผิวแผ่นไม้อัด ที่มุม 45 องศา

หยดที่	W (cm.)	L (cm.)	W/L (cm.)	AOI	Error
				Arc Sin W/L	45 - (Arc Sin W/L)
1	1.15	2	0.575	35.1	9.9
2	1.19	2.1	0.566666667	34.472	10.528
3	1.2	2.1	0.571428571	34.82	10.18
4	1.2	2.1	0.571428571	34.82	10.18
5	1.15	2	0.575	35.1	9.9
6	1.15	2	0.575	35.1	9.9
7	1.2	2.1	0.571428571	34.82	10.18
8	1.2	2.1	0.571428571	34.82	10.18
9	1.15	2	0.575	35.1	9.9
10	1.1	2	0.55	33.367	11.633
11	1.15	2.1	0.547619048	33.23	11.77
12	1.15	2	0.575	35.1	9.9
13	1.15	2.1	0.547619048	33.23	11.77
14	1.2	2	0.6	36.87	8.13
15	1.15	2	0.575	35.1	9.9
16	1.15	2	0.575	35.1	9.9
17	1.19	2.1	0.566666667	34.472	10.528
18	1.2	2.1	0.571428571	34.82	10.18
19	1.15	2.1	0.547619048	33.23	11.77
20	1.15	2	0.575	35.1	9.9
21	1.15	2.1	0.547619048	33.23	11.77
22	1.2	2	0.6	36.87	8.13
23	1.15	2	0.575	35.1	9.9
24	1.1	2	0.55	33.367	11.633
25	1.2	2.1	0.571428571	34.82	10.18
26	1.2	2.1	0.571428571	34.82	10.18
27	1.15	2	0.575	35.1	9.9
28	1.2	2.1	0.571428571	34.82	10.18
29	1.2	2.1	0.571428571	34.82	10.18
30	1.15	2	0.575	35.1	9.9
31	1.15	2	0.575	35.1	9.9
32	1.2	2.1	0.571428571	34.82	10.18
33	1.2	2	0.6	36.87	8.13
34	1.2	2.1	0.571428571	34.82	10.18
35	1.2	2.1	0.571428571	34.82	10.18
36	1.2	2.1	0.571428571	34.82	10.18
37	1.15	2.1	0.547619048	33.23	11.77
38	1.15	2	0.575	35.1	9.9
39	1.15	2.1	0.547619048	33.23	11.77
40	1.15	2.1	0.547619048	33.23	11.77
41	1.15	2.1	0.547619048	33.23	11.77
42	1.15	2	0.575	35.1	9.9
43	1.2	2.1	0.571428571	34.82	10.18
44	1.15	2.1	0.547619048	33.23	11.77
45	1.1	2	0.55	33.367	11.633
46	1.2	2.1	0.571428571	34.82	10.18
47	1.2	2.1	0.571428571	34.82	10.18
48	1.15	2	0.575	35.1	9.9
49	1.2	2.1	0.571428571	34.82	10.18
50	1.15	2.1	0.547619048	33.23	11.77

เฉลี่ย

10.3921

ตารางที่ 20 ผลการทดลองหยดเลือดจำนวน 50 หยด บนพื้นผิวแผ่นไม้ขัด ที่มุม 60 องศา

หยดที่	W (cm.)	L (cm.)	W/L (cm.)	AOI	Error
				Arc Sin W/L	60 - (Arc Sin W/L)
1	1.25	1.75	0.714285714	45.561	14.439
2	1.2	1.7	0.705882353	44.91	15.09
3	1.2	1.7	0.705882353	44.91	15.09
4	1.25	1.75	0.714285714	45.561	14.439
5	1.3	1.7	0.764705882	49.907	10.093
6	1.3	1.8	0.722222222	46.22	13.78
7	1.25	1.75	0.714285714	45.561	14.439
8	1.2	1.7	0.705882353	44.91	15.09
9	1.25	1.7	0.735294118	47.307	12.693
10	1.25	1.75	0.714285714	45.561	14.439
11	1.3	1.7	0.764705882	49.907	10.093
12	1.25	1.7	0.735294118	47.307	12.693
13	1.25	1.75	0.714285714	45.561	14.439
14	1.3	1.7	0.764705882	49.907	10.093
15	1.3	1.7	0.764705882	49.907	10.093
16	1.25	1.7	0.735294118	47.307	12.693
17	1.25	1.75	0.714285714	45.561	14.439
18	1.3	1.7	0.764705882	49.907	10.093
19	1.25	1.7	0.735294118	47.307	12.693
20	1.3	1.7	0.764705882	49.907	10.093
21	1.3	1.7	0.764705882	49.907	10.093
22	1.25	1.7	0.735294118	47.307	12.693
23	1.25	1.75	0.714285714	45.561	14.439
24	1.3	1.7	0.764705882	49.907	10.093
25	1.25	1.7	0.735294118	47.307	12.693
26	1.3	1.7	0.764705882	49.907	10.093
27	1.3	1.7	0.764705882	49.907	10.093
28	1.25	1.7	0.735294118	47.307	12.693
29	1.25	1.75	0.714285714	45.561	14.439
30	1.3	1.7	0.764705882	49.907	10.093
31	1.25	1.7	0.735294118	47.307	12.693
32	1.25	1.7	0.735294118	47.307	12.693
33	1.25	1.7	0.735294118	47.307	12.693
34	1.25	1.7	0.735294118	47.307	12.693
35	1.3	1.7	0.764705882	49.907	10.093
36	1.3	1.7	0.764705882	49.907	10.093
37	1.25	1.7	0.735294118	47.307	12.693
38	1.25	1.7	0.735294118	47.307	12.693
39	1.3	1.7	0.764705882	49.907	10.093
40	1.25	1.7	0.735294118	47.307	12.693
41	1.25	1.7	0.735294118	47.307	12.693
42	1.3	1.7	0.764705882	49.907	10.093
43	1.3	1.7	0.764705882	49.907	10.093
44	1.25	1.75	0.714285714	45.561	14.439
45	1.3	1.7	0.764705882	49.907	10.093
46	1.25	1.7	0.735294118	47.307	12.693
47	1.3	1.7	0.764705882	49.907	10.093
48	1.25	1.7	0.735294118	47.307	12.693
49	1.25	1.7	0.735294118	47.307	12.693
50	1.25	1.7	0.735294118	47.307	12.693

เฉลี่ย

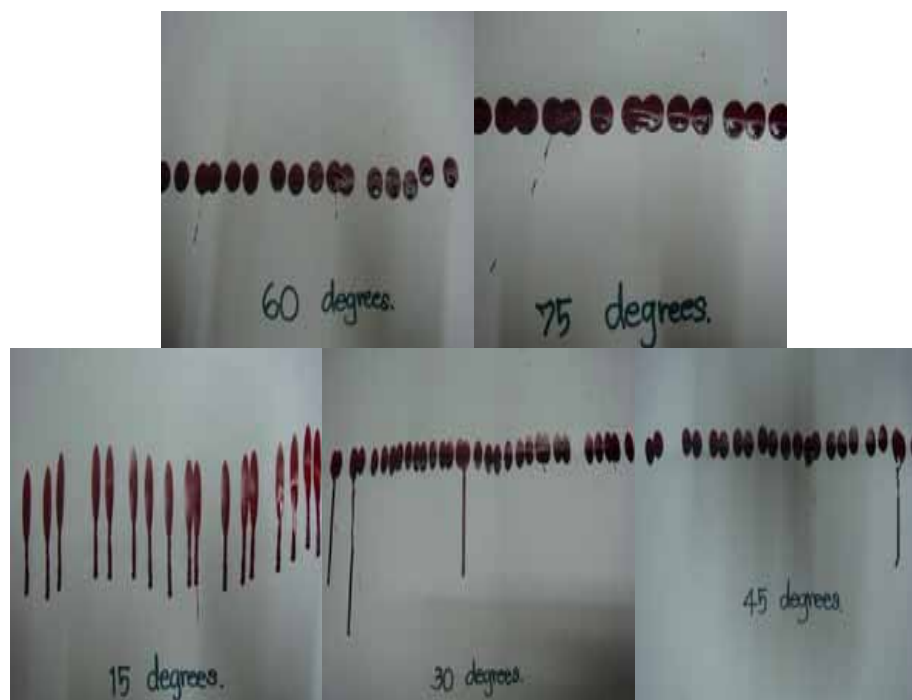
12.23684

ตารางที่ 21 ผลการทดลองหยดเลือดจำนวน 50 หยด บนพื้นผิวแผ่นไม้อัด ที่มุม 75 องศา

หยดที่	W (cm.)	L (cm.)	W/L (cm.)	AOI	Error
				Arc Sin W/L	75 - (Arc Sin W/L)
1	1.25	1.5	0.833333333	56.408	18.592
2	1.25	1.5	0.833333333	56.408	18.592
3	1.3	1.6	0.8125	54.341	20.659
4	1.3	1.55	0.838709677	57.035	17.965
5	1.35	1.6	0.84375	57.565	17.435
6	1.35	1.65	0.818181818	54.885	20.115
7	1.3	1.6	0.8125	54.341	20.659
8	1.4	1.55	0.903225806	64.555	10.445
9	1.35	1.6	0.84375	57.565	17.435
10	1.4	1.55	0.903225806	64.555	10.445
11	1.4	1.6	0.875	61.045	13.955
12	1.35	1.6	0.84375	57.565	17.435
13	1.4	1.65	0.848484848	57.995	17.005
14	1.35	1.55	0.870967742	60.575	14.425
15	1.3	1.55	0.838709677	57.035	17.965
16	1.35	1.6	0.84375	57.565	17.435
17	1.35	1.6	0.84375	57.565	17.435
18	1.35	1.6	0.84375	57.565	17.435
19	1.35	1.6	0.84375	57.565	17.435
20	1.3	1.55	0.838709677	57.035	17.965
21	1.35	1.6	0.84375	57.565	17.435
22	1.35	1.6	0.84375	57.565	17.435
23	1.35	1.55	0.870967742	60.575	14.425
24	1.35	1.65	0.818181818	54.885	20.115
25	1.4	1.65	0.848484848	57.995	17.005
26	1.35	1.55	0.870967742	60.575	14.425
27	1.3	1.55	0.838709677	57.035	17.965
28	1.35	1.6	0.84375	57.565	17.435
29	1.35	1.6	0.84375	57.565	17.435
30	1.35	1.6	0.84375	57.565	17.435
31	1.35	1.6	0.84375	57.565	17.435
32	1.3	1.55	0.838709677	57.035	17.965
33	1.35	1.6	0.84375	57.565	17.435
34	1.35	1.6	0.84375	57.565	17.435
35	1.35	1.55	0.870967742	60.575	14.425
36	1.35	1.55	0.870967742	60.575	14.425
37	1.3	1.55	0.838709677	57.035	17.965
38	1.35	1.6	0.84375	57.565	17.435
39	1.35	1.6	0.84375	57.565	17.435
40	1.35	1.6	0.84375	57.565	17.435
41	1.35	1.6	0.84375	57.565	17.435
42	1.35	1.55	0.870967742	60.575	14.425
43	1.35	1.6	0.84375	57.565	17.435
44	1.35	1.6	0.84375	57.565	17.435
45	1.35	1.6	0.84375	57.565	17.435
46	1.35	1.6	0.84375	57.565	17.435
47	1.35	1.6	0.84375	57.565	17.435
48	1.35	1.6	0.84375	57.565	17.435
49	1.35	1.6	0.84375	57.565	17.435
50	1.35	1.55	0.870967742	60.575	14.425

เฉลี่ย

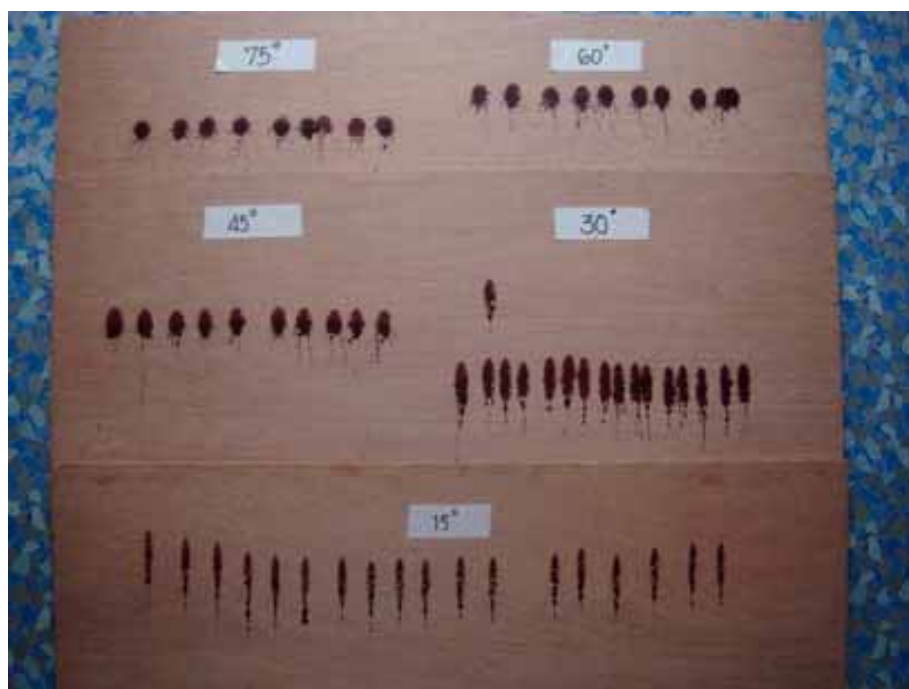
16.99324



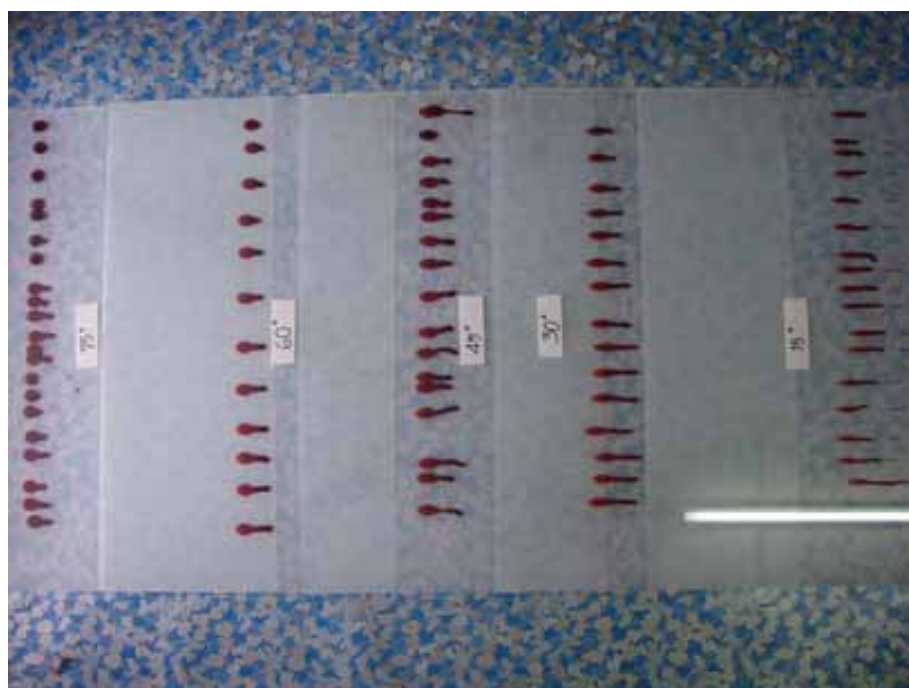
ภาพที่ 30 แสดงตัวอย่างผลการทดลองหยดเลือดบนพื้นผิวกระดาษที่มุม $15^{\circ} - 75^{\circ}$



ภาพที่ 31 แสดงตัวอย่างผลการทดลองหยดเลือดบนพื้นผิวกระเบื้องแผ่นเรียบ ที่มุม $15^{\circ} - 75^{\circ}$



ภาพที่ 32 แสดงตัวอย่างผลการทดลองหยดเลือดบนพื้นผิวแผ่นไม้ัด ที่มุม $15^{\circ} - 75^{\circ}$



ภาพที่ 33 แสดงตัวอย่างผลการทดลองหยดเลือดบนพื้นผิวกระจก ที่มุม $15^{\circ} - 75^{\circ}$

2. วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองพบว่า

ตารางที่ 22 แสดงค่าเฉลี่ยของมุมที่เลื้อดตกระทบ (Angle of Impact หรือ AOI) ที่ได้จากการทดลอง คำนวณและเปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่า (Actual AOI)

Actual AOI(°)	Calculated Angle of Impact (°)				
	Paper	Glass	Tile	Plywood	Average
15	10.224	10.571	11.195	10.547	10.63
30	24.845	25.478	25.582	20.571	24.12
45	36.555	34.359	39.167	34.608	36.17
60	45.539	47.635	50.832	47.763	47.94
75	60.211	61.414	61.706	58.007	60.33

จากตารางที่ 22 แสดงค่าเฉลี่ยของมุมที่เลื้อดตกระทบ (Angle of Impact หรือ AOI) ที่ได้จากการทดลองและคำนวณจากหยดเลือด 50 หยด บน 4 พื้นผิวและ 5 มุมตกระทบ รวมเป็นจำนวนทั้งสิ้น 1,000 หยด โดยคำนวณจากสูตร $\theta = \arcsin \frac{\text{width}}{\text{length}}$ แล้วเปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่า (Actual AOI) เพื่อหาค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น ดังตารางที่ 23

ตารางที่ 23 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของมุมที่เลื้อดตกระทบ (Angle of Impact หรือ AOI) ที่ได้จากการคำนวณและเปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่า

Actual AOI(°)	Mean Error (Actual-Calculated)				
	Paper	Glass	Tile	Plywood	Average
15	4.776	4.429	3.805	4.453	4.37
30	5.155	4.522	4.418	9.429	5.88
45	8.445	10.641	5.833	10.392	8.83
60	14.463	12.365	9.168	12.237	12.06
75	14.789	13.586	13.294	16.993	14.67

จากตารางที่ 23 แสดงค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบที่ได้จากการทดลองและคำนวณจากหยดเลือด 50 หยดบน 4 พื้นผิวและ 5 มุมตกกระทบ รวมเป็นจำนวนทั้งสิ้น 1,000 หยด โดยคำนวณจากสูตร $\theta = \arcsin \frac{\text{width}}{\text{length}}$

ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบที่ได้จากการคำนวณเปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่าของกระดาศขาว กระจก กระเบื้องแผ่นเรียบ และแผ่นไม้อัด พบว่า เมื่อพื้นผิวทำมุมเพิ่มขึ้น ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบก็เพิ่มขึ้นด้วย

เมื่อเปรียบเทียบพื้นผิวของวัสดุ 4 ชนิด พบว่า ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบที่ได้จากการคำนวณเปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่าของกระเบื้องแผ่นเรียบมีค่าน้อยที่สุดในทุก ๆ มุม ดังนั้น กระเบื้องแผ่นเรียบเป็นพื้นผิวที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้น้อยที่สุด

เมื่อพิจารณาที่มุม 15 องศา พบว่า ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบที่ได้จากการคำนวณเปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่าของกระเบื้องแผ่นเรียบมีค่าน้อยที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.8055 รองลงมา คือกระจก มีค่าเท่ากับ 4.4286 รองลงมาคือแผ่นไม้อัด มีค่าเท่ากับ 4.4529 และกระดาศขาว มีค่าเท่ากับ 4.7762 ตามลำดับ

ที่มุม 30 องศา พบว่า ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบ ที่ได้จากการคำนวณเปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่าของกระเบื้องแผ่นเรียบมีค่าน้อยที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4.4178 รองลงมา คือ กระจก มีค่าเท่ากับ 4.5225 รองลงมาคือกระดาศขาว มีค่าเท่ากับ 5.1552 และแผ่นไม้อัด มีค่าเท่ากับ 9.4288 ตามลำดับ

ที่มุม 45 องศา พบว่า ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบ ที่ได้จากการคำนวณเปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่าของกระเบื้องแผ่นเรียบมีค่าน้อยที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 5.8326 รองลงมาคือกระดาศขาว มีค่าเท่ากับ 8.4452 รองลงมาคือแผ่นไม้อัด มีค่าเท่ากับ 10.3921 และกระจก มีค่าเท่ากับ 10.6407 ตามลำดับ

ที่มุม 60 องศา พบว่า ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบที่ได้จากการคำนวณเปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่าของกระเบื้องแผ่นเรียบมีค่าน้อยที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 9.1675 รองลงมา คือแผ่นไม้อัด มีค่าเท่ากับ 12.2368 รองลงมาคือกระจก มีค่าเท่ากับ 12.3651 และกระดาศขาว มีค่าเท่ากับ 14.4626 ตามลำดับ

และที่มุม 75 องศา พบว่า ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบ ที่ได้จากการคำนวณเปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่าของกระเบื้องแผ่นเรียบมีค่าน้อยที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 13.2940 รองลงมา คือ กระจก เท่ากับ 13.5864 รองลงมาคือ กระดาศขาว มีค่าเท่ากับ 14.7893 และแผ่นไม้อัด มีค่าเท่ากับ 16.9932 ตามลำดับ

ตารางที่ 24 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวัสดุ 4 ชนิด คือ กระดาษขาว กระดาษกรอง กระเบื้องแผ่นเรียบ และแผ่นไม้อัด โดยใช้สถิติ F-test

Angle / Source of Variation		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
FIFTEEN	Between Groups	24.695	3	8.232	38.557	.000
	Within Groups	41.844	196	.213		
	Total	66.539	199			
THIRTY	Between Groups	855.006	3	285.002	419.295	.000
	Within Groups	133.224	196	.680		
	Total	988.230	199			
FORTYFIV	Between Groups	742.552	3	247.517	272.069	.000
	Within Groups	178.313	196	.910		
	Total	920.865	199			
SIXTY	Between Groups	713.153	3	237.718	147.973	.000
	Within Groups	314.873	196	1.606		
	Total	1028.026	199			
SEVENTYF	Between Groups	423.958	3	141.319	59.799	.000
	Within Groups	463.192	196	2.363		
	Total	887.149	199			

จากตารางที่ 24 พบว่า ที่มุม 15 องศา มีค่า Sig. = 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 แสดงว่า ความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบที่มุม 15 องศาของพื้นผิวทั้ง 4 ชนิดแตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนบนพื้นผิววัสดุแต่ละชนิดสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 25

ตารางที่ 25 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบที่ได้จากการคำนวณเปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่าของพื้นผิวแต่ละชนิดรายคู่ ซึ่งทำมุม 15 องศา

(n=50)

มุม	วัสดุ (I)	วัสดุ (J)	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.
15 องศา	แผ่นไม้อัด	กระเบื้องแผ่นเรียบ	.6474	.09241	.000*
		กระดาศขาว	-.3233	.09241	.001*
		กระฉก	.0242	.09241	.793
	กระเบื้องแผ่นเรียบ	แผ่นไม้อัด	-.6474	.09241	.000*
		กระดาศขาว	-.9707	.09241	.000*
		กระฉก	-.6231	.09241	.000*
	กระดาศขาว	แผ่นไม้อัด	.3233	.09241	.001*
		กระเบื้องแผ่นเรียบ	.9707	.09241	.000*
		กระฉก	.3476	.09241	.000*
	กระฉก	แผ่นไม้อัด	-.0242	.09241	.793
		กระเบื้องแผ่นเรียบ	.6231	.09241	.000*
		กระดาศขาว	-.3476	.09241	.000*

* Sig. < 0.05 แสดงว่า ความคลาดเคลื่อนแตกต่างกัน

จากตารางที่ 25 พบว่า ที่มุม 15 องศา ความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบที่ได้จากการคำนวณและเปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่าบนแผ่นไม้อัดแตกต่างจากบนกระเบื้องแผ่นเรียบ และกระดาศขาว แต่ความคลาดเคลื่อนไม่แตกต่างจากบนกระฉกที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบที่ได้จากการคำนวณเปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่าบนกระเบื้องแผ่นเรียบแตกต่างจากบนแผ่นไม้อัด กระดาศขาวและกระฉกที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบที่ได้จากการคำนวณเปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่าบนกระดาศขาวแตกต่างบนแผ่นไม้อัด กระเบื้องแผ่นเรียบ และกระฉกที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบที่ได้จากการคำนวณเปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่าบนกระฉกแตกต่างจากบนกระเบื้องแผ่นเรียบ และกระดาศขาว แต่ไม่แตกต่างจากแผ่นไม้อัดที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากตารางที่ 24 พบว่าที่มุม 30 องศา มีค่า sig = 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าความคลาดเคลื่อนของมุม ตกกระทบบนที่มุม 30 องศาของพื้นผิวทั้ง 4 ชนิดแตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบบนพื้นผิววัสดุแต่ละชนิดสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 26

ตารางที่ 26 การเปรียบเทียบความแตกต่างของความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบบนพื้นผิววัสดุที่ได้จากการคำนวณเปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่าของพื้นผิวแต่ละชนิดรายคู่ ซึ่งทำมุม 30 องศา

(n=50)

มุม	วัสดุ (I)	วัสดุ (J)	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.
30 องศา	แผ่นไม้อัด	กระเบื้องแผ่นเรียบ	5.0110	.16489	.000*
		กระดาดขาว	4.2736	.16489	.000*
		กระฉก	4.9063	.16489	.000*
	กระเบื้องแผ่นเรียบ	แผ่นไม้อัด	-5.0110	.16489	.000*
		กระดาดขาว	-.7374	.16489	.000*
		กระฉก	-.1047	.16489	.526
	กระดาดขาว	แผ่นไม้อัด	-4.2736	.16489	.000*
		กระเบื้องแผ่นเรียบ	.7374	.16489	.000*
		กระฉก	.6327	.16489	.000*
	กระฉก	แผ่นไม้อัด	-4.9063	.16489	.000*
		กระเบื้องแผ่นเรียบ	.1047	.16489	.526
		กระดาดขาว	-.6327	.16489	.000*

* Sig. < 0.05 แสดงว่า ความคลาดเคลื่อนแตกต่างกัน

จากตารางที่ 26 พบว่า ที่มุม 30 องศา ความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบบนพื้นผิวที่ได้จากการคำนวณและเปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่าบนแผ่นไม้อัดแตกต่างจากบนกระเบื้องแผ่นเรียบ กระดาดขาว และกระฉกที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบบนพื้นผิวที่ได้จากการคำนวณเปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่าบนกระเบื้องแผ่นเรียบแตกต่างจากบนแผ่นไม้อัด และกระดาดขาว แต่ความคลาดเคลื่อนไม่แตกต่างจากบนกระฉกที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบที่ได้จากการคำนวณเปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบ ค่าคำนวณกระดาษาขาวแตกต่างจากบนแผ่นไม้อัด กระเบื้องแผ่นเรียบ และกระจกที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบที่ได้จากการคำนวณเปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบ ค่าบนกระจกแตกต่างจากบนแผ่นไม้อัด และกระดาษาขาวที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากตารางที่ 24 พบว่าที่มุม 45 องศา มีค่า sig = 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 แสดงว่า ความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบ ที่มุม 45 องศาของพื้นผิวทั้ง 4 ชนิดแตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนบนพื้นผิววัสดุแต่ละชนิดสามารถแสดงได้ดัง ตารางที่ 27

ตารางที่ 27 การเปรียบเทียบความแตกต่างของความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบที่ได้จากการคำนวณเปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่าของพื้นผิวแต่ละชนิดรายคู่ ซึ่งทำมุม 45 องศา

(n=50)

มุม	วัสดุ (I)	วัสดุ (J)	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.
45 องศา	แผ่นไม้อัด	กระเบื้องแผ่นเรียบ	4.5595	.19076	.000*
		กระดาษาขาว	1.9469	.19076	.000*
		กระจก	-.2486	.19076	.194
	กระเบื้องแผ่นเรียบ	แผ่นไม้อัด	-4.5595	.19076	.000*
		กระดาษาขาว	-2.6125	.19076	.000*
		กระจก	-4.8081	.19076	.000*
	กระดาษาขาว	แผ่นไม้อัด	-1.9469	.19076	.000*
		กระเบื้องแผ่นเรียบ	2.6125	.19076	.000*
		กระจก	-2.1955	.19076	.000*
	กระจก	แผ่นไม้อัด	.2486	.19076	.194
		กระเบื้องแผ่นเรียบ	4.8081	.19076	.000*
		กระดาษาขาว	2.1955	.19076	.000*

* Sig. < 0.05 แสดงว่า ความคลาดเคลื่อนแตกต่างกัน

จากตารางที่ 27 พบว่า ที่มุม 45 องศาความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบที่ได้จากการคำนวณและเปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่าบนแผ่นไม้อัดแตกต่างจากบนกระเบื้องแผ่นเรียบ และกระดาษาขาว แต่ความคลาดเคลื่อนไม่แตกต่างจากบนกระจกที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบที่ได้จากการคำนวณเปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่าบนกระเบื้องแผ่นเรียบแตกต่างจากบนแผ่นไม้อัด กระดาษขาว และกระจกที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบที่ได้จากการคำนวณเปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่าบนกระดาษขาวแตกต่างจากบนแผ่นไม้อัด กระเบื้องแผ่นเรียบ และกระจกที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบที่ได้จากการคำนวณเปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่าบนกระจกแตกต่างจากบนกระเบื้องแผ่นเรียบ และกระดาษขาวแต่ความคลาดเคลื่อนไม่แตกต่างจากบนแผ่นไม้อัดที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากตารางที่ 24 พบว่าที่มุม 60 องศา มีค่า $\text{sig} = 0.000$ ซึ่งน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าความคลาดเคลื่อนของมุม ตกกระทบ ที่มุม 60 องศาของพื้นผิวทั้ง 4 ชนิดแตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนบนพื้นผิววัสดุแต่ละชนิดสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 28

ตารางที่ 28 การเปรียบเทียบความแตกต่างของความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบที่ได้จากการคำนวณเปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่าของพื้นผิวแต่ละชนิดรายคู่ ซึ่งทำมุม 60 องศา

(n=50)

มุม	วัสดุ (I)	วัสดุ (J)	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.
60 องศา	แผ่นไม้อัด	กระเบื้องแผ่นเรียบ	3.0693	.25349	.000*
		กระดาษขาว	-2.2257	.25349	.000*
		กระจก	-.1282	.25349	.614
	กระเบื้องแผ่นเรียบ	แผ่นไม้อัด	-3.0693	.25349	.000*
		กระดาษขาว	-5.2950	.25349	.000*
		กระจก	-3.1976	.25349	.000*
	กระดาษขาว	แผ่นไม้อัด	2.2257	.25349	.000*
		กระเบื้องแผ่นเรียบ	5.2950	.25349	.000*
		กระจก	2.0975	.25349	.000*
	กระจก	แผ่นไม้อัด	.1282	.25349	.614
		กระเบื้องแผ่นเรียบ	3.1976	.25349	.000*
		กระดาษขาว	-2.0975	.25349	.000*

* Sig. < 0.05 แสดงว่า ความคลาดเคลื่อนแตกต่างกัน

จากตารางที่ 28 พบว่า ที่มุม 60 องศาความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบที่ได้จากการคำนวณเปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่าบนแผ่นไม้อัดแตกต่างจากบนกระเบื้องแผ่นเรียบ และกระดาศขาว แต่ความคลาดเคลื่อนไม่แตกต่างจากบนกระจกที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบที่ได้จากการคำนวณเปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่าบนกระเบื้องแผ่นเรียบแตกต่างจากบนแผ่นไม้อัด กระดาศขาว และกระจกที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบที่ได้จากการคำนวณเปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่าบนกระดาศขาวแตกต่างจากบนแผ่นไม้อัด กระเบื้องแผ่นเรียบ และกระจกที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบที่ได้จากการคำนวณเปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่าบนกระจกแตกต่างจากบนกระเบื้องแผ่นเรียบ และกระดาศขาวแต่ความคลาดเคลื่อนไม่แตกต่างจากบนแผ่นไม้อัดที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากตารางที่ 24 พบว่าที่มุม 75 องศา มีค่า sig = 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบที่มุม 75 องศาของพื้นผิวทั้ง 4 ชนิดแตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนบนพื้นผิววัสดุแต่ละชนิดสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 29

ตารางที่ 29 การเปรียบเทียบความแตกต่างของความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบที่ได้จากการคำนวณเปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่าของพื้นผิวแต่ละชนิดรายคู่ ซึ่งทำมุม 75 องศา

(n=50)

มุม	วัสดุ (I)	วัสดุ (J)	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.
75 องศา	แผ่นไม้อัด	กระเบื้องแผ่นเรียบ	3.6992	.30746	.000*
		กระดาศขาว	2.2039	.30746	.000*
		กระจก	3.4069	.30746	.000*
	กระเบื้องแผ่นเรียบ	แผ่นไม้อัด	-3.6992	.30746	.000*
		กระดาศขาว	-1.4953	.30746	.000*
		กระจก	-.2923	.30746	.343
	กระดาศขาว	แผ่นไม้อัด	-2.2039	.30746	.000*
		กระเบื้องแผ่นเรียบ	1.4953	.30746	.000*
		กระจก	1.2030	.30746	.000*
	กระจก	แผ่นไม้อัด	-3.4069	.30746	.000*
		กระเบื้องแผ่นเรียบ	.2923	.30746	.343
		กระดาศขาว	-1.2030	.30746	.000*

* Sig. < 0.05 แสดงว่า ความคลาดเคลื่อนแตกต่างกัน

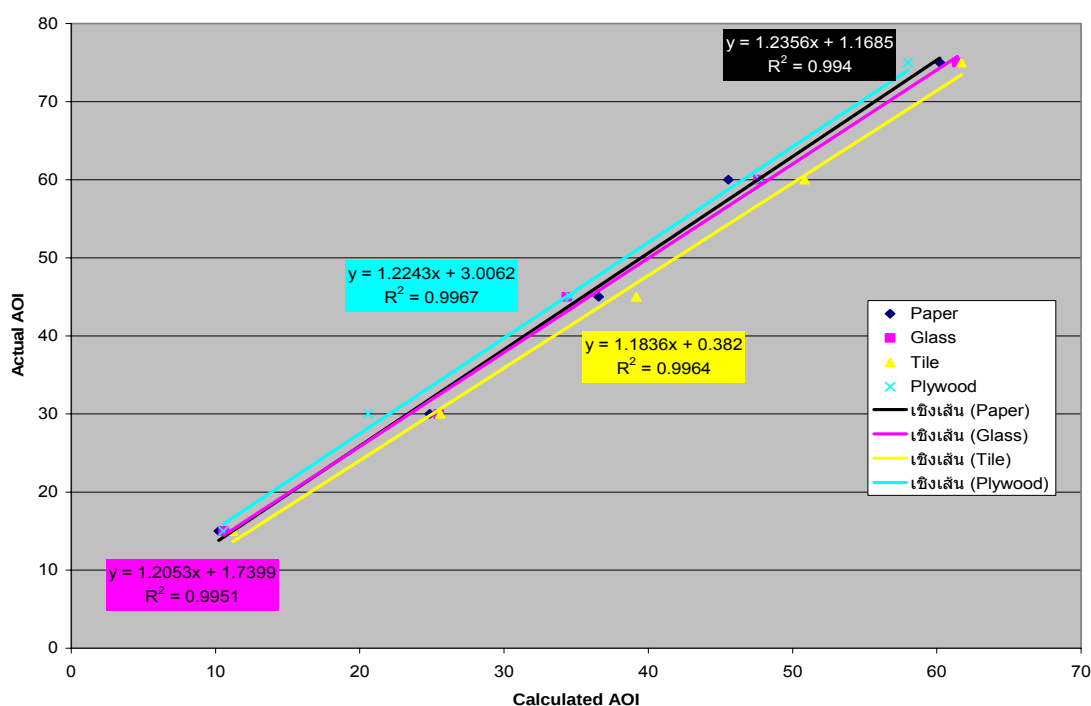
จากตารางที่ 29 พบว่า ที่มุม 75 องศาความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบที่ได้จากการคำนวณเปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่าบนแผ่นไม้อัดแตกต่างจากบนกระเบื้องแผ่นเรียบ กระดาศขาว และกระจกที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบที่ได้จากการคำนวณเปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่าบนกระเบื้องแผ่นเรียบแตกต่างจากบนแผ่นไม้อัด และกระดาศขาว แต่ความคลาดเคลื่อนไม่แตกต่างจากการกระจกที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบที่ได้จากการคำนวณเปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่าบนกระดาศขาวแตกต่างจากบนแผ่นไม้อัด กระเบื้องแผ่นเรียบ และกระจกที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบที่ได้จากการคำนวณเปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่าบนกระจกแตกต่างจากบนแผ่นไม้อัด และกระดาดขาว แต่ความคลาดเคลื่อนไม่แตกต่างจากบนกระเบื้องแผ่นเรียบที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากผลการทดลองทั้งหมดจะได้ค่ามุมตกกระทบและค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยจากพื้นผิวทั้ง 4 ชนิด และ 5 มุมตกกระทบ รวมเป็นจำนวนทั้งสิ้น 1,000 หยอด ผู้วิจัยจึงนำผลที่ได้มาใช้เป็นข้อมูลเพื่อศึกษาหาแนวทางในการแก้ไขปัญหาความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบที่เกิดขึ้นจากการคำนวณโดยใช้สูตร $\theta = \arcsin \frac{\text{width}}{\text{length}}$ และพัฒนาสูตรเพื่อให้การคำนวณหาค่ามุมตกกระทบ (Angle of Impact หรือ AOI) มีความถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น โดยได้เสนอแนวทางในการลดค่าความคลาดเคลื่อนลงเพื่อให้ได้สมการใหม่ที่มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น โดยใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นหรือการวิเคราะห์เส้นแสดงความสัมพันธ์ (Linear Regression Analysis) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร (ในที่นี้คือค่าของขนาดความกว้าง (W) และความยาว (L) ของหยดเลือดในรูปของฟังก์ชัน $\arcsin(W/L)$ กับมุมตกกระทบจริงของหยดเลือดกับระนาบของผิววัตถุ (Angle of Impact หรือ AOI) และนำผลของความสัมพันธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ไปอธิบายลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและคาดคะเนค่าของตัวแปรนั้นโดยอาศัยความสัมพันธ์ข้างต้น ซึ่งผลการวิเคราะห์แสดงดังต่อไปนี้



กราฟที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าของขนาดความกว้าง (W) และความยาว (L) ของหยดเลือดในรูปของฟังก์ชัน $\arcsin(W/L)$ กับมุมตกกระทบจริงของหยดเลือด (Angle of Impact หรือ AOI)

รูปแบบสมการ

$$y = a + bx$$

$$AOI = a + b(\arcsin(W/L))$$

จากกราฟที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis) เป็นการพลอตกราฟจากข้อมูลค่าเฉลี่ยของมุมตกกระทบที่ได้จากการทดลองและคำนวณโดยสูตรเดิมคือ $\theta = \arcsin \frac{\text{width}}{\text{length}}$ บนพื้นผิวทั้ง 4 ชนิดและ 5 มุมตกกระทบ เพื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของข้อมูล จากกราฟจะเห็นได้ว่าการเรียงตัวของจุดของข้อมูลแต่ละพื้นผิวมีลักษณะเป็นเส้นตรง พอจะมองเห็นว่ามีความสัมพันธ์เป็นแบบเชิงเส้นและแนวของจุดชั้นขึ้นทำมุมกับแกน X มากพอประมาณ แสดงว่าค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรต้นมากกว่า 0 หรือ $\text{Slope} > 0$ เข้าข่ายที่จะพิสูจน์ด้วย Regression analysis ได้ จึงทำการวิเคราะห์ข้อมูลและพิจารณาลักษณะความสัมพันธ์ของแต่ละพื้นผิวเพื่อสร้างสมการที่มีความถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น ดังต่อไปนี้

การวิเคราะห์ข้อมูลของพื้นผิวกระดาษ

ตารางที่ 30 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากพื้นผิวกระดาษขาว โดยใช้สถิติ Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.997 ^a	.994	.992	2.12902

a. Predictors: (Constant), Arcsin(W/L)

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2236.402	1	2236.402	493.392	.000 ^a
	Residual	13.598	3	4.533		
	Total	2250.000	4			

a. Predictors: (Constant), Arcsin(W/L)

b. Dependent Variable : AOI

Coefficients^a

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	1.168	2.191		.533	.631
ARCSWL	1.236	.056	.997	22.212	.000

a. Dependent Variable: AOI

จากตารางที่ 30 แสดงผลการวิเคราะห์การถดถอย(Regression Analysis)ของค่าขนาดความกว้าง(W) และความยาว(L)ของหยดเลือดในรูปของฟังก์ชัน $\arcsin(W/L)$ ที่มีอิทธิพลต่อมุมตกกระทบของหยดเลือด (Angle of Impact หรือ AOI) ผลการวิเคราะห์พบว่าค่าความกว้าง(W) และความยาว(L)ของหยดเลือดในรูปของฟังก์ชัน $\arcsin(W/L)$ มีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นกับมุมตกกระทบจริงของหยดเลือด (Angle of Impact หรือ AOI) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และสามารถสร้างสมการการถดถอยเชิงเส้นสำหรับพื้นผิวกระดาษเพื่อนำไปใช้ในการคำนวณได้ดังนี้

$$AOI_{(Paper)} = 1.168 + 1.236\arcsin(W/L)$$

ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ข้างต้น สมการการถดถอยมีค่า $R^2 = 0.994$ หมายความว่า ความผันแปรในมุมตกกระทบของหยดเลือด (Angle of Impact หรือ AOI) เป็นผลเนื่องมาจากค่าของขนาดความกว้าง (W) และความยาว (L) ของหยดเลือดในรูปของฟังก์ชัน $\arcsin(W/L)$ ถึงร้อยละ 99.40 ที่เหลืออีกร้อยละ 0.60 เป็นผลเนื่องมาจากสาเหตุอื่น แสดงให้เห็นว่าการใช้สมการการถดถอยข้างต้นมีความแม่นยำสูง ค่าที่ถูกต้องกับค่าที่เกิดขึ้นจริงจะต่างกันไม่มาก สมการการถดถอยนี้จึงมีความแม่นยำและเหมาะสมอย่างมากที่จะนำมาใช้ในการคำนวณหาค่ามุมตกกระทบได้อย่างถูกต้อง 99.40 %

การวิเคราะห์ข้อมูลของพื้นผิวกระจก

ตารางที่ 31 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากพื้นผิวกระจก โดยสถิติ Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.998 ^a	.995	.993	1.91248

a. Predictors: (Constant), Arcsin(W/L)

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2239.027	1	2239.027	612.162	.000 ^a
	Residual	10.973	3	3.658		
	Total	2250.000	4			

a. Predictors: (Constant), Arcsin(W/L)

b. Dependent Variable : AOI

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1.740	1.946		.894	.437
	ARCSWL	1.205	.049	.998	24.742	.000

a. Dependent Variable: AOI

จากตารางที่ 31 แสดงผลการวิเคราะห์การถดถอย(Regression Analysis)ของค่าขนาดความกว้าง (W) และความยาว (L) ของหยดเลือดในรูปของฟังก์ชัน $\arcsin(W/L)$ ที่มีอิทธิพลต่อมุมตกกระทบจริงของหยดเลือด (Angle of Impact หรือ AOI) ผลการวิเคราะห์พบว่าค่าความกว้าง (W) และความยาว (L) ของหยดเลือดในรูปของฟังก์ชัน $\arcsin (W/L)$ มีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นกับมุมตกกระทบจริงของหยดเลือด (Angle of Impact หรือ AOI) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และสามารถสร้างสมการการถดถอยเชิงเส้นสำหรับพื้นผิวกระจกเพื่อนำไปใช้ในการคำนวณได้ดังนี้

$$AOI_{(Glass)} = 1.74 + 1.205\arcsin(W/L)$$

ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ข้างต้น สมการการถดถอยมีค่า $R^2 = 0.995$ หมายความว่า ความผันแปรในมุมตกกระทบของหยดเลือดกับระนาบของผิววัตถุ(Angle of Impact หรือ AOI) เป็นผลเนื่องมาจากค่าของขนาดความกว้าง (W) และความยาว (L) ของหยดเลือดในรูปของฟังก์ชัน $\arcsin (W/L)$ ถึงร้อยละ 99.50 ที่เหลืออีกร้อยละ 0.50 เป็นผลเนื่องมาจากสาเหตุอื่น แสดงให้เห็นว่าการใช้สมการการถดถอยข้างต้นมีความแม่นยำสูง ค่าที่ถูกทำนายกับค่าที่เกิดขึ้นจริงจะต่างกันไม่มาก สมการการถดถอยนี้จึงมีความแม่นยำและเหมาะสมอย่างมากที่จะนำมาใช้ในการคำนวณหาค่ามุมตกกระทบได้อย่างถูกต้อง 99.50 %

การวิเคราะห์ข้อมูลของพื้นผิวกระเบื้องแผ่นเรียบ

ตารางที่ 32 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากพื้นผิวกระเบื้องแผ่นเรียบ โดยสถิติ Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.998 ^a	.996	.995	1.64712

a. Predictors: (Constant), Arcsin(W/L)

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2241.861	1	2241.861	826.341	.000 ^a
	Residual	8.139	3	2.713		
	Total	2250.000	4			

a. Predictors: (Constant), Arcsin(W/L)

b. Dependent Variable : AOI

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.382	1.718		.222	.838
	ARCSWL	1.184	.041	.998	28.746	.000

a. Dependent Variable: AOI

จากตารางที่ 32 แสดงผลการวิเคราะห์การถดถอย(Regression Analysis)ของค่าขนาดความกว้าง (W) และความยาว (L) ของหยดเลือดในรูปของฟังก์ชัน $\arcsin(W/L)$ ที่มีอิทธิพลต่อมุมตกกระทบจริงของหยดเลือด (Angle of Impact หรือ AOI) ผลการวิเคราะห์พบว่าค่าความกว้าง (W) และความยาว (L) ของหยดเลือดในรูปของฟังก์ชัน $\arcsin (W/L)$ มีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นกับมุมตกกระทบจริงของหยดเลือด (Angle of Impact หรือ AOI) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และสามารถสร้างสมการการถดถอยเชิงเส้นสำหรับพื้นผิวกระเบื้องแผ่นเรียบเพื่อนำไปใช้ในการคำนวณได้ดังนี้

$$AOI_{(Tile)} = 0.382 + 1.184\arcsin(W/L)$$

ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ข้างต้น สมการการถดถอยมีค่า $R^2 = 0.996$ หมายความว่า ความผันแปรในมุมตกกระทบของหยดเลือดกับระนาบของผิววัตถุ (Angle of Impact หรือ AOI) เป็นผลเนื่องมาจากค่าของขนาดความกว้าง (W) และความยาว (L) ของหยดเลือดในรูปของฟังก์ชัน $\arcsin(W/L)$ ถึงร้อยละ 99.60 ที่เหลืออีกร้อยละ 0.40 เป็นผลเนื่องมาจากสาเหตุอื่น แสดงให้เห็นว่าการใช้สมการการถดถอยข้างต้นมีความแม่นยำสูง ค่าที่ถูกทำนายกับค่าที่เกิดขึ้นจริงจะต่างกันไม่มาก สมการการถดถอยนี้จึงมีความแม่นยำและเหมาะสมอย่างมากที่จะนำมาใช้ในการคำนวณหาค่ามุมตกกระทบได้อย่างถูกต้อง 99.60 %

การวิเคราะห์ข้อมูลของพื้นผิวแผ่นไม้อัด

ตารางที่ 33 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากพื้นผิวแผ่นไม้อัด โดยสถิติ Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.998 ^a	.997	.996	1.57138

a. Predictors: (Constant), Arcsin(W/L)

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2242.592	1	2242.592	908.218	.000 ^a
	Residual	7.408	3	2.469		
	Total	2250.000	4			

a. Predictors: (Constant), Arcsin(W/L)

b. Dependent Variable : AOI

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	3.006	1.561		1.926	.150
	ARCSWL	1.224	.041	.998	30.137	.000

a. Dependent Variable: AOI

จากตารางที่ 33 แสดงผลการวิเคราะห์การถดถอย(Regression Analysis)ของค่าขนาดความกว้าง (W) และความยาว (L) ของหยดเลือดในรูปของฟังก์ชัน $\arcsin(W/L)$ ที่มีอิทธิพลต่อ

มุมตกกระทบจริงของหยดเลือด (Angle of Impact หรือ AOI) ผลการวิเคราะห์พบว่าค่าความกว้าง (W) และความยาว (L) ของหยดเลือดในรูปของฟังก์ชัน $\arcsin (W/L)$ มีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นกับมุมตกกระทบจริงของหยดเลือด (Angle of Impact หรือ AOI) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และสามารถสร้างสมการการถดถอยเชิงเส้นสำหรับพื้นผิวแผ่นไม้อัดเพื่อนำไปใช้ในการคำนวณได้ดังนี้

$$AOI_{(Plywood)} = 3.006 + 1.224\arcsin(W/L)$$

ซึ่งจากการวิเคราะห์ข้างต้น สมการการถดถอยมีค่า $R^2 = 0.997$ หมายความว่า ความผันแปรในมุมตกกระทบของหยดเลือดกับระนาบของผิววัตถุ (Angle of Impact หรือ AOI) เป็นผลเนื่องมาจากค่าของขนาดความกว้าง (W) และความยาว (L) ของหยดเลือดในรูปของฟังก์ชัน $\arcsin (W/L)$ ถึงร้อยละ 99.70 ที่เหลืออีกร้อยละ 0.30 เป็นผลเนื่องมาจากสาเหตุอื่น แสดงให้เห็นว่าการใช้สมการการถดถอยข้างต้นมีความแม่นยำสูง ค่าที่ถูกทำนายกับค่าที่เกิดขึ้นจริงจะต่างกันไม่มาก สมการการถดถอยนี้จึงมีความแม่นยำและเหมาะสมอย่างมากที่จะนำมาใช้ในการคำนวณหาค่ามุมตกกระทบได้อย่างถูกต้อง 99.70 %

การวิเคราะห์ข้อมูลของพื้นผิวทุกชนิด

ตารางที่ 34 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากพื้นผิวทุกชนิด โดยสถิติ Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	1.000 ^a	.999	.999	.65076

a. Predictors: (Constant), Arcsin(W/L)

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2248.730	1	2248.730	5310.056	.000 ^a
	Residual	1.270	3	.423		
	Total	2250.000	4			

a. Predictors: (Constant), Arcsin(W/L)

b. Dependent Variable : AOI

Coefficients^a

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	1.397	.665		2.099	.127
ARCSWL	1.217	.017	1.000	72.870	.000

a. Dependent Variable: AOI

จากตารางที่ 34 แสดงผลการวิเคราะห์การถดถอย(Regression Analysis)ของค่าขนาดความกว้าง (W) และความยาว (L) ของหยดเลือดในรูปของฟังก์ชัน $\arcsin(W/L)$ ที่มีอิทธิพลต่อมุมตกกระทบจริงของหยดเลือด (Angle of Impact หรือ AOI) ผลการวิเคราะห์พบว่าค่าความกว้าง (W) และความยาว (L) ของหยดเลือดในรูปของฟังก์ชัน $\arcsin (W/L)$ มีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นกับมุมตกกระทบจริงของหยดเลือด (Angle of Impact หรือ AOI) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และสามารถสร้างสมการการถดถอยเชิงเส้นสำหรับทุกพื้นผิวเพื่อนำไปใช้ในการคำนวณได้ดังนี้

$$AOI_{(All)} = 1.397 + 1.217\arcsin(W/L)$$

ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ข้างต้น สมการการถดถอยมีค่า $R^2 = 0.999$ หมายความว่า ความผันแปรในมุมตกกระทบของหยดเลือดกับระนาบของผิววัตถุ (Angle of Impact หรือ AOI) เป็นผลเนื่องมาจากค่าของขนาดความกว้าง (W) และความยาว (L) ของหยดเลือดในรูปของฟังก์ชัน $\arcsin (W/L)$ ถึงร้อยละ 99.90 ที่เหลืออีกร้อยละ 0.10 เป็นผลเนื่องมาจากสาเหตุอื่น แสดงให้เห็นว่าการใช้สมการการถดถอยข้างต้นมีความแม่นยำสูง ค่าที่ถูกทำนายกับค่าที่เกิดขึ้นจริงจะต่างกันไม่มาก สมการการถดถอยนี้จึงมีความแม่นยำและเหมาะสมอย่างมากที่จะนำมาใช้ในการคำนวณหาค่ามุมตกกระทบได้อย่างถูกต้อง 99.90 %

เมื่อได้ผลจากการเสนอแนวทางแก้ไขค่าความคลาดเคลื่อนลง โดยใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis) และพัฒนาเป็นสูตรใหม่แล้ว จึงนำสูตรที่ได้สำหรับแต่ละพื้นผิว และสูตรสำหรับทุกพื้นผิว ไปทดสอบความแม่นยำโดยใช้ข้อมูลขนาดความกว้างและความยาวของหยดเลือดเดิมที่ได้จากการทดลองบนพื้นผิวทั้ง 4 ชนิด และ 5 มุมตกกระทบ รวมเป็นจำนวนทั้งสิ้น 1,000 หยด มาคำนวณหาค่ามุมตกกระทบและค่าความคลาดเคลื่อนเพื่อเปรียบเทียบความแม่นยำของผลที่ได้จากสูตรใหม่ที่พัฒนาขึ้นกับผลที่ได้จากการคำนวณโดยใช้สูตรเดิม จากผลการทดสอบเมื่อใช้สูตรใหม่สำหรับแต่ละพื้นผิวและสูตรสำหรับทุกพื้นผิว ในการคำนวณหาค่ามุมตกกระทบ ได้ผลการทดสอบดังต่อไปนี้

ตารางที่ 35 แสดงค่าเฉลี่ยของมุมตกกระทบ (Angle of Impact หรือ AOI) ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้สูตรใหม่แยกตามพื้นผิว เปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่า (Actual AOI)

Actual AOI(°)	Calculated Angle (Separate)				
	Paper	Glass	Tile	Plywood	Average
15	13.85	14.52	13.70	15.96	14.51
30	31.89	31.93	30.69	28.30	30.70
45	46.40	43.17	46.76	45.41	45.44
60	57.19	59.20	60.56	61.52	59.62
75	75.68	75.86	73.19	74.04	74.69

จากตารางที่ 35 แสดงค่าเฉลี่ยของมุมตกกระทบ (Angle of Impact หรือ AOI) ที่ได้จากการคำนวณจากหยดเลือด 50 หยดบน 4 พื้นผิวและ 5 มุมตกกระทบ รวมเป็นจำนวนทั้งสิ้น 1,000 หยด คำนวณโดยใช้สูตรใหม่ที่ได้จากการวิเคราะห์แยกตามพื้นผิว ดังนี้

$$AOI_{(Paper)} = 1.168 + 1.236\arcsin(W/L) \text{ ใช้สำหรับพื้นผิวกระดาษ}$$

$$AOI_{(Glass)} = 1.740 + 1.205\arcsin(W/L) \text{ ใช้สำหรับพื้นผิวกระจก}$$

$$AOI_{(Tile)} = 0.382 + 1.184\arcsin(W/L) \text{ ใช้สำหรับพื้นผิวกระเบื้องแผ่นเรียบ}$$

$$AOI_{(Plywood)} = 3.006 + 1.224\arcsin(W/L) \text{ ใช้สำหรับพื้นผิวไม้อัด}$$

ผลการทดสอบพบว่าค่าที่ได้มีความใกล้เคียงกับมุมตกกระทบจริงที่กำหนดไว้มากกว่าการใช้สูตรเดิมมากทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยน้อยลงจึงทำให้ค่ามุมตกกระทบ ที่ได้มีความแม่นยำและใกล้เคียงกับค่าจริงมากยิ่งขึ้น

ตารางที่ 36 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้สูตรใหม่แยกตามพื้นผิว

Actual AOI(°)	Error (Separate)				
	Paper	Glass	Tile	Plywood	Average
15	1.15	0.48	1.30	-0.96	0.49
30	-1.89	-1.93	-0.69	1.70	-0.70
45	-1.40	1.83	-1.76	-0.41	-0.44
60	2.81	0.80	-0.56	-1.52	0.38
75	-0.68	-0.86	1.81	0.96	0.31

จากตารางที่ 36 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย ที่ได้จากการคำนวณจากหยดเลือด 50 หยดบน 4 พื้นผิวและ 5 มุมตกกระทบ รวมเป็นจำนวนทั้งสิ้น 1,000 หยด คำนวณโดยใช้สูตรใหม่ที่ได้จากการวิเคราะห์แยกตามพื้นผิว

ตารางที่ 37 แสดงค่ามุมตกกระทบ (AOI) ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้สูตรใหม่สำหรับทุกพื้นผิว

Actual AOI(°)	Calculated Angle (All)				
	Paper	Glass	Tile	Plywood	Average
15	13.92	14.34	15.13	14.31	14.43
30	31.73	32.53	32.64	26.60	30.88
45	46.06	43.34	49.20	43.65	45.56
60	56.72	59.56	63.43	59.71	59.86
75	74.97	76.43	76.44	72.19	75.01

จากตารางที่ 37 ค่ามุมตกกระทบ (Angle of Impact : AOI) ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้สูตรใหม่สำหรับทุกพื้นผิวคือ $AOI_{(All)} = 1.397 + 1.217 \arcsin(W/L)$ พบว่าค่าที่ได้มีความใกล้เคียงกับมุมตกกระทบจริงที่กำหนดไว้มากกว่าการใช้สูตรเดิมมากทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยน้อยลงจึงทำให้ค่ามุมตกกระทบ ที่ได้มีความแม่นยำและใกล้เคียงกับค่าจริงมากยิ่งขึ้น

ตารางที่ 38 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้สูตรใหม่สำหรับทุกพื้นผิว

Actual AOI(°)	Error (All)				
	Paper	Glass	Tile	Plywood	Average
15	1.08	0.66	-0.13	0.69	0.58
30	-1.73	-2.53	-2.64	3.40	-0.88
45	-1.06	1.66	-4.20	1.35	-0.56
60	3.28	0.44	-3.43	0.29	0.15
75	0.03	-1.43	-1.44	2.81	-0.01

จากตารางที่ 38 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย ที่ได้จากคำนวณจากหยดเลือด 50 หยดบน 4 พื้นผิวและ 5 มุมตกกระทบ รวมเป็นจำนวนทั้งสิ้น 1,000 หยด คำนวณโดยใช้สูตรใหม่ สำหรับทุกพื้นผิวคือ $AOI_{(All)} = 1.397 + 1.217\arcsin(W/L)$

3. ทดสอบสมมติฐาน

จากการทดสอบสมมติฐานโดยใช้เลือดจริงนำมาทำการทดลองหยดลงบนพื้นผิว 4 ชนิด ได้แก่ กระดาษขาว, กระดาษ, กระเบื้องแผ่นเรียบ และแผ่นไม้อัด และ 5 มุมตกกระทบ ได้แก่ 15, 30, 45, 60 และ 75 องศา โดยทดลองหยดเลือดลงในแนวตั้งอย่างอิสระตามแรงดึงดูดของโลก ในห้องทดลองที่มีระบบปิด โดยทดลองหยดเลือดบนพื้นผิวและมุมละ 50 หยด ทั้งสี่พื้นผิวและห้ามุมตกกระทบรวมเป็นจำนวนทั้งสิ้น 1,000 หยด เพื่อเปรียบเทียบมุมที่เลือดตกกระทบ (Angle of Impact) ที่ได้จากการทดลองและคำนวณจากอัตราส่วนความกว้างและความยาวของหยดเลือด กับมุมตกกระทบจริงที่ทราบค่าเพื่อศึกษาหาความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบที่เกิดขึ้น

3.1 สมมติฐานที่ 1 ในการคำนวณหามุมที่เลือดตกกระทบบนพื้นผิวจากอัตราส่วนความกว้างและความยาวของหยดเลือดโดยใช้สูตร $\theta = \arcsin \frac{\text{width}}{\text{length}}$ นั้นจะมีค่าความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้น โดยที่เมื่อมุมตกกระทบเพิ่มขึ้น จะมีค่าความคลาดเคลื่อนเพิ่มมากขึ้น

จากตารางที่ 22 - 23 ผลการวิจัยพบว่าค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบที่ได้จากการทดลองและคำนวณเปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่าของแผ่นไม้อัด กระเบื้องแผ่นเรียบ กระดาษขาว และกระดาษ พบว่า เมื่อพื้นผิวทำมุมเพิ่มขึ้น ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบก็เพิ่มขึ้นด้วย จึงเป็นการยืนยันได้ว่ามีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นในการคำนวณหามุมที่เลือดตกกระทบบนพื้นผิวจากอัตราส่วนความกว้างและความยาวของหยดเลือดโดยใช้สูตร $\theta = \arcsin \frac{\text{width}}{\text{length}}$ โดยที่เมื่อมุมตกกระทบเพิ่มขึ้น จะมีค่าความคลาดเคลื่อนเพิ่มมากขึ้น ทำให้เมื่อพื้นผิวทำมุมเพิ่มขึ้น ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบก็เพิ่มขึ้นด้วย

3.1 สมมติฐานที่ 2 ในการคำนวณหามุมที่เลือดตกกระทบบนวัสดุที่มีพื้นผิวแตกต่างกันจะมีค่าความคลาดเคลื่อนที่แตกต่างกัน

จากตารางที่ 24 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของวัสดุ 4 ชนิด คือ กระดาษ, กระจก, กระเบื้อง และ แผ่นไม้อัด โดยใช้สถิติ F-test พบว่าที่มุมตกกระทบ 15, 30, 45, 60 และ 75 องศา ค่าความคลาดเคลื่อนของมุมที่เลือดตกกระทบบนพื้นผิววัสดุแต่ละชนิด แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการทดลองโดยใช้เลือดจริง(Human blood)ที่ได้รับ ความอนุเคราะห์จากงานพยาธิวิทยา โรงพยาบาลเมตตาประชารักษ์ (วัดไร่ขิง) จังหวัดนครปฐม นำมาทดลองหยดลงบนพื้นผิว 4 ชนิด ได้แก่ กระดาษขาว, กระดาษ, กระเบื้องแผ่นเรียบ และแผ่นไม้อัด ที่ 5 มุมตกกระทบ ได้แก่ 15, 30, 45, 60 และ 75 องศา โดยทดลองหยดเลือดลงในแนวตั้ง อย่างอิสระตามแรงดึงดูดของโลกที่ความสูง 1 เมตรจากพื้นผิว ในห้องทดลองที่มีระบบปิด โดยทดลองหยดเลือดบนพื้นผิวและมุมละ 50 หยด ทั้งสี่พื้นผิวและห้ามุมตกกระทบรวมเป็นจำนวนทั้งสิ้น 1,000 หยด เพื่อเปรียบเทียบมุมที่เลือดตกกระทบ (Angle of Impact) ที่ได้จากการทดลองและคำนวณจากอัตราส่วนความกว้างและความยาวของหยดเลือด กับมุมตกกระทบจริงที่ทราบค่าเพื่อศึกษาหาค่าความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบที่เกิดขึ้น เนื่องจากยังไม่มีงานวิจัยหรือหน่วยงานใดในประเทศไทยที่มีข้อมูลเกี่ยวกับเรื่องนี้ ที่จะสามารถอ้างอิงเพื่อนำมาใช้ในการกำหนดกลุ่มตัวอย่างได้ ผู้วิจัยจึงกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างขึ้น โดยอ้างอิงจากเอกสารวิชาการต่างประเทศในการศึกษาของ Cordelia Willis, Anna K. Piranian, John R. Donaggio, Robert J. Barnett และ Walter F. Rowe จากมหาวิทยาลัย George Washington ในปี 2001 ที่ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง “ความคลาดเคลื่อนในการประมาณระยะทางที่เลือดหยดลงมาและมุมที่เลือดตกกระทบ” (Errors in the estimation of the distance of fall and angles of impact blood drops.) ซึ่งในการศึกษาครั้งนั้นได้ใช้กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 100 หยด บนพื้นผิว 1 ชนิดคือ กระดาษ และ 5 มุมตกกระทบ คือ 15, 30, 45, 60 และ 75 องศา ที่ความสูงจากพื้นผิว 42 นิ้ว

การวิเคราะห์ข้อมูล ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสังคมศาสตร์ (Statistical Package for the Social Science) สถิติที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ได้แก่ ค่าร้อยละ (Percentage), ค่าสูงสุด (Maximum), ค่าต่ำสุด (Minimum), ค่าเฉลี่ย (Mean), ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อน (Mean Error), สถิติเชิงอ้างอิง(Inferential Statistics) ได้แก่ การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นหรือการวิเคราะห์เส้นแสดงความสัมพันธ์ (Linear Regression Analysis) และ สถิติ F-test

การศึกษาในครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิจัย ดังต่อไปนี้

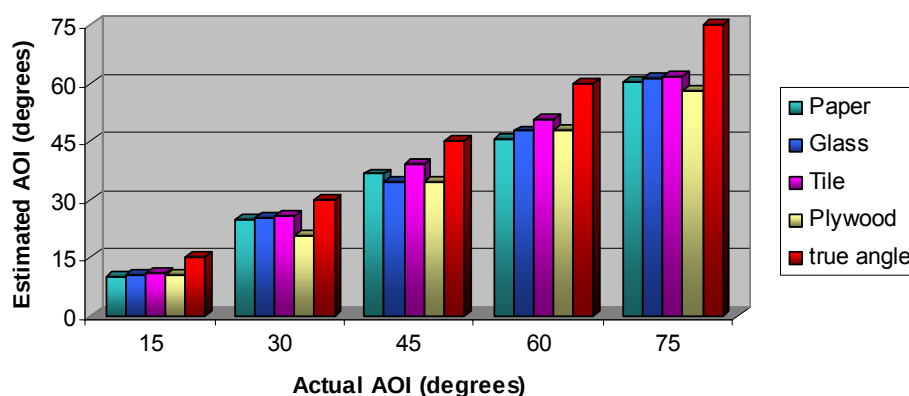
1. สรุปผลการวิจัย

หยดเลือดทั้งหมดจำนวน 1,000 หยด ที่หยดลงในแต่ละการทดลอง บน 4 พื้นผิวและ 5 มุมตกกระทบ ได้ถูกนำมาวัดขนาดความกว้างและความยาว และนำมาคำนวณหาค่ามุมที่เลือดตกกระทบ จากนั้นนำไปเปรียบเทียบกับค่ามุมตกกระทบที่แท้จริงเพื่อหาค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นและทำการพัฒนาสูตรที่ใช้ในการหาค่ามุมตกกระทบเพื่อแก้ไขค่าความคลาดเคลื่อน ทำให้มุมตกกระทบมีความถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้น โดยสรุปผลการวิจัยดังต่อไปนี้

ตารางที่ 39 แสดงค่าเฉลี่ยของมุมที่เลือดตกกระทบ (Angle of Impact หรือ AOI) ที่ได้จากการทดลอง จำนวนและเปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่า (Actual AOI)

Actual AOI(°)	Calculated Angle of Impact (°)				
	Paper	Glass	Tile	Plywood	Average
15	10.224	10.571	11.195	10.547	10.63
30	24.845	25.478	25.582	20.571	24.12
45	36.555	34.359	39.167	34.608	36.17
60	45.539	47.635	50.832	47.763	47.94
75	60.211	61.414	61.706	58.007	60.33

จากตารางที่ 39 แสดงค่าเฉลี่ยของมุมที่เลือดตกกระทบ (Angle of Impact หรือ AOI) ที่ได้จากการทดลองและคำนวณจากหยดเลือด 50 หยดใน 4 พื้นผิวและ 5 มุมตกกระทบ รวมเป็นจำนวนทั้งสิ้น 1,000 หยด โดยคำนวณจากสูตร $\theta = \arcsin \frac{\text{width}}{\text{length}}$ แล้วเปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่า (Actual AOI) เพื่อหาค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น ผลจากการทดลองนี้ได้แสดงไว้ดังกราฟที่ 3



กราฟที่ 3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของมุมที่เล็ดตกกระทบ (Angle of Impact หรือ AOI) ที่ได้จากการทดลองและคำนวณกับมุมจริงที่ทราบค่า(Actual AOI)

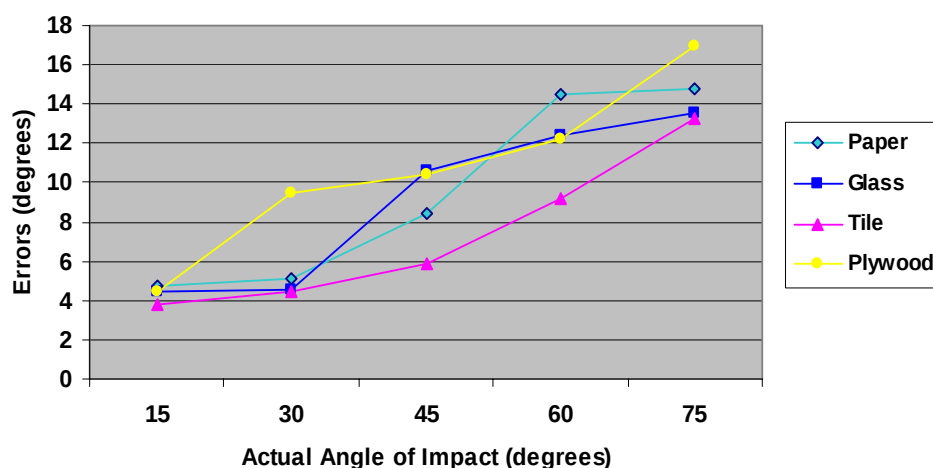
จากกราฟที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบค่ามุมตกกระทบที่ได้จากการทดลองและคำนวณจากอัตราส่วนความกว้างและความยาวของหยดเลือด 50 หยดใน 4 พื้นผิวและ 5 มุมตกกระทบ รวมเป็นจำนวนทั้งสิ้น 1,000 หยด โดยคำนวณจากสูตร $\theta = \arcsin \frac{\text{width}}{\text{length}}$ และเปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่า

ตารางที่ 40 แสดงค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบที่ได้จากการคำนวณและเปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่า

Actual AOI(°)	Mean Error (Actual-Calculated) (°)				
	Paper	Glass	Tile	Plywood	Average
15	4.776	4.429	3.805	4.453	4.37
30	5.155	4.522	4.418	9.429	5.88
45	8.445	10.641	5.833	10.392	8.83
60	14.463	12.365	9.168	12.237	12.06
75	14.789	13.586	13.294	16.993	14.67

จากตารางที่ 40 แสดงค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบที่ได้จากการคำนวณและเปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่า จากการทดลองหยดเลือด 50 หยดใน 4 พื้นผิวและ

5 มุมตกกระทบ รวมเป็นจำนวนทั้งสิ้น 1,000 หยด โดยคำนวณจากสูตร $\theta = \arcsin \frac{\text{width}}{\text{length}}$ ผลจากการทดลองนี้ได้แสดงไว้ดังกราฟที่ 4



กราฟที่ 4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของมุมตกกระทบและค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการคำนวณและเปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่า

จากกราฟที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการทดลองและคำนวณจากอัตราส่วนความกว้างและความยาวของหยดเลือด 50 หยดใน 4 ผิวและ 5 มุมตกกระทบ รวมเป็นจำนวนทั้งสิ้น 1,000 หยด โดยคำนวณจากสูตร $\theta = \arcsin \frac{\text{width}}{\text{length}}$

จากตารางที่ 41 เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองบนพื้นผิวของวัสดุ 4 ชนิด พบว่า ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบที่ได้จากการคำนวณเปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่าของกระเบื้องแผ่นเรียบมีค่าน้อยที่สุดในทุก ๆ มุม ดังนั้น กระเบื้องแผ่นเรียบเป็นพื้นผิวที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้น้อยที่สุด

จากผลการทดลองทั้งหมด ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบที่ได้จากการคำนวณจากสูตรเดิมคือ $\theta = \arcsin \frac{\text{width}}{\text{length}}$ เปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่าของกระดานขาว กระดาษ กระเบื้องแผ่นเรียบ และแผ่นไม้อัด พบว่า เมื่อพื้นผิวทำมุมเพิ่มขึ้น ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบก็เพิ่มขึ้นด้วยเช่นเดียวกัน ดังนั้น มุมที่น้อยที่สุดจะมีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

ตารางที่ 41 แสดงค่าเฉลี่ยของมุมตกกระทบ (Angle of Impact หรือ AOI) ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้สูตรใหม่แยกตามพื้นผิว เปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่า (Actual AOI)

Actual AOI(°)	Calculated Angle (Separate)				
	Paper	Glass	Tile	Plywood	Average
15	13.85	14.52	13.70	15.96	14.51
30	31.89	31.93	30.69	28.30	30.70
45	46.40	43.17	46.76	45.41	45.44
60	57.19	59.20	60.56	61.52	59.62
75	75.68	75.86	73.19	74.04	74.69

จากตารางที่ 41 แสดงค่าเฉลี่ยของมุมตกกระทบ (Angle of Impact หรือ AOI) ที่ได้จากการคำนวณจากหยดเลือด 50 หยด บน 4 พื้นผิวและ 5 มุมตกกระทบ รวมเป็นจำนวนทั้งสิ้น 1,000 หยด คำนวณโดยใช้สูตรใหม่ที่ได้จากการวิเคราะห์แยกตามพื้นผิว ดังนี้

$$AOI_{(Paper)} = 1.168 + 1.236\arcsin(W/L) \text{ ใช้สำหรับพื้นผิวกระดาษ}$$

$$AOI_{(Glass)} = 1.740 + 1.205\arcsin(W/L) \text{ ใช้สำหรับพื้นผิวกระจก}$$

$$AOI_{(Tile)} = 0.382 + 1.184\arcsin(W/L) \text{ ใช้สำหรับพื้นผิวกระเบื้องแผ่นเรียบ}$$

$$AOI_{(Plywood)} = 3.006 + 1.224\arcsin(W/L) \text{ ใช้สำหรับพื้นผิวไม้อัด}$$

ตารางที่ 42 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้สูตรใหม่แยกตามพื้นผิว

Actual AOI(°)	Error (Separate)				
	Paper	Glass	Tile	Plywood	Average
15	1.15	0.48	1.30	-0.96	0.49
30	-1.89	-1.93	-0.69	1.70	-0.70
45	-1.40	1.83	-1.76	-0.41	-0.44
60	2.81	0.80	-0.56	-1.52	0.38
75	-0.68	-0.86	1.81	0.96	0.31

จากตารางที่ 42 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย ที่ได้จากการคำนวณจากหยดเลือด 50 หยดบน 4 พื้นผิวและ 5 มุมตกกระทบ รวมเป็นจำนวนทั้งสิ้น 1,000 หยด คำนวณโดยใช้สูตรใหม่ที่ได้จากการวิเคราะห์แยกตามพื้นผิวแต่ละชนิด

ตารางที่ 43 แสดงค่ามุมตกกระทบ (Angle of Impact หรือ AOI) ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้สูตรใหม่สำหรับทุกพื้นผิว

Actual AOI(°)	Calculated Angle (All)				
	Paper	Glass	Tile	Plywood	Average
15	13.92	14.34	15.13	14.31	14.43
30	31.73	32.53	32.64	26.60	30.88
45	46.06	43.34	49.20	43.65	45.56
60	56.72	59.56	63.43	59.71	59.86
75	74.97	76.43	76.44	72.19	75.01

จากตารางที่ 43 แสดงค่าเฉลี่ยของมุมตกกระทบ (Angle of Impact หรือ AOI) ที่ได้จากการคำนวณจากหยดเลือด 50 หยด บน 4 พื้นผิวและ 5 มุมตกกระทบ รวมเป็นจำนวนทั้งสิ้น 1,000 หยดโดยใช้สูตรใหม่สำหรับทุกพื้นผิวคือ $AOI_{(All)} = 1.397 + 1.217\arcsin(W/L)$ พบว่าค่าที่ได้มีความใกล้เคียงกับผลการคำนวณโดยใช้สูตรแยกตามพื้นผิวและมุมตกกระทบจริงที่กำหนดไว้มากกว่าการใช้สูตรเดิมมากจึงทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยน้อยลงจึงทำให้ค่ามุมตกกระทบ ที่ได้มีความแม่นยำและใกล้เคียงกับค่าจริงมากยิ่งขึ้น

ตารางที่ 44 แสดงค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบที่ได้จากการคำนวณโดยใช้สูตรใหม่สำหรับทุกพื้นผิว

Actual AOI	Error (All)				
	Paper	Glass	Tile	Plywood	Average
15	1.08	0.66	-0.13	0.69	0.58
30	-1.73	-2.53	-2.64	3.40	-0.88
45	-1.06	1.66	-4.20	1.35	-0.56
60	3.28	0.44	-3.43	0.29	0.15
75	0.03	-1.43	-1.44	2.81	-0.01

จากตารางที่ 44 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย ที่ได้จากการคำนวณจากหยดเลือด 50 หยด บน 4 พื้นผิวและ 5 มุมตกกระทบ รวมเป็นจำนวนทั้งสิ้น 1,000 หยด คำนวณโดยใช้สูตรใหม่ สำหรับทุกพื้นผิวคือ $AOI_{(All)} = 1.397 + 1.217\arcsin(W/L)$ ผลจากการทดลองพบว่ามีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยใกล้เคียงกับผลการคำนวณโดยใช้สูตรแยกตามพื้นผิว และน้อยกว่าการใช้สูตรเดิมมากจึงทำให้ค่ามุมตกกระทบที่ได้มีความแม่นยำและใกล้เคียงกับค่าจริงมากยิ่งขึ้น

ตารางที่ 45 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของมุมตกกระทบจากการคำนวณโดยใช้สูตรเดิม, สูตรใหม่แยกตามพื้นผิว และสูตรใหม่สำหรับทุกพื้นผิว เปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่า

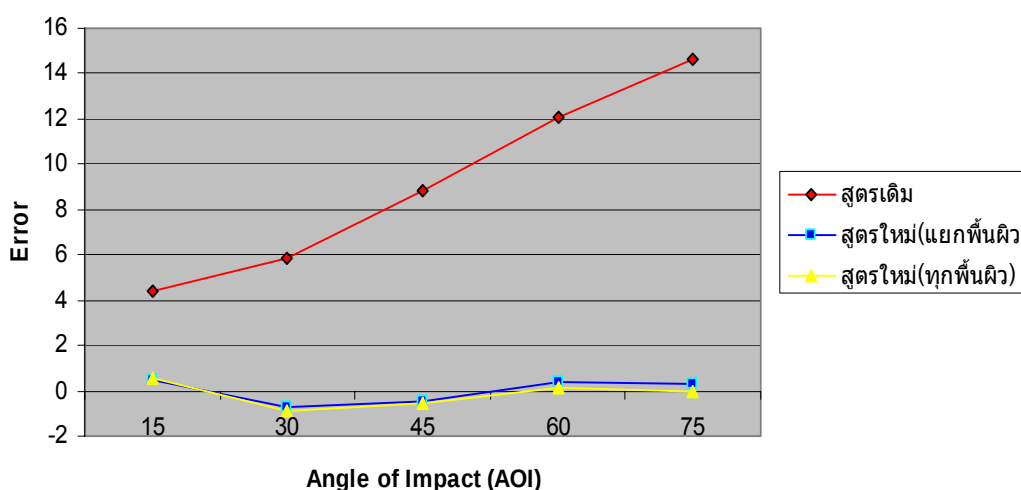
Actual AOI(°)	Mean value from four targets surface		
	Calculated AOI (°) จากสูตรเดิม	Calculated AOI (°) จากสูตรใหม่(แยกพื้นผิว)	Calculated AOI (°) จากสูตรใหม่(ทุกพื้นผิว)
15	10.63	14.51	14.43
30	24.12	30.70	30.88
45	36.17	45.44	45.56
60	47.94	59.62	59.86
75	60.33	74.69	75.01

จากตารางที่ 45 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของมุมตกกระทบที่ได้จากการคำนวณโดยใช้สูตรเดิม, สูตรใหม่แยกตามพื้นผิว และสูตรใหม่สำหรับทุกพื้นผิว เปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่า จากการทดลองหยดเลือด 1,000 หยด ในทุกพื้นผิวและห้ามุมตกกระทบ พบว่าผลที่ได้จากการคำนวณโดยสูตรใหม่แยกตามพื้นผิว, สูตรใหม่สำหรับทุกพื้นผิวมีค่าใกล้เคียงกัน และค่าที่ได้ใกล้เคียงกับมุมจริงมากกว่าผลการคำนวณจากสูตรเดิม

จากตารางที่ 46 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนจากการคำนวณโดยใช้สูตรเดิม, สูตรใหม่ แยกตามพื้นผิว และสูตรใหม่สำหรับทุกพื้นผิว

Actual AOI(°)	Mean value from four targets surface		
	Errors(°) สูตรเดิม	Errors(°) สูตรใหม่(แยกพื้นผิว)	Errors(°) สูตรใหม่(ทุกพื้นผิว)
15	4.37	0.49	0.58
30	5.88	-0.70	-0.88
45	8.83	-0.44	-0.56
60	12.06	0.38	0.15
75	14.67	0.31	-0.01

จากตารางที่ 46 แสดงการเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยจากการทดลองหยดเลือด 1,000 หยด ในทุกพื้นผิวและห้ามุมตกกระทบ ที่ได้จากการคำนวณจากสูตรเดิม, สูตรใหม่แยกตามพื้นผิว และสูตรใหม่สำหรับทุกพื้นผิว ผลจากการทดลองพบว่าค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยจากการคำนวณโดยสูตรใหม่แยกตามพื้นผิวใกล้เคียงกับผลการคำนวณโดยใช้สูตรสำหรับทุกพื้นผิว และน้อยกว่าการใช้สูตรเดิมมากจึงทำให้ค่ามุมตกกระทบที่ได้มีความแม่นยำและใกล้เคียงกับค่าจริงมากยิ่งขึ้น แสดงดังกราฟที่ 5



กราฟที่ 5 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของมุมตกกระทบและค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการคำนวณและเปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่า

จากกราฟที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการทดลองและคำนวณจากอัตราส่วนความกว้างและความยาวของหยดเลือด 50 หยดใน 4 ผิวและ 5 มุมตกกระทบ รวมเป็นจำนวนทั้งสิ้น 1,000 หยด ที่ได้จากการคำนวณจากสูตรเดิม ,สูตรใหม่แยกตามพื้นผิว และสูตรใหม่สำหรับทุกพื้นผิว ผลจากการทดลองพบว่าเส้นกราฟค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยจากการคำนวณโดยสูตรใหม่แยกตามพื้นผิวใกล้เคียงกับเส้นกราฟจากการคำนวณโดยใช้สูตรสำหรับทุกพื้นผิว และมีค่าน้อยกว่าการใช้สูตรเดิมมากจึงทำให้ค่ามุมตกกระทบที่ได้มีความแม่นยำและใกล้เคียงกับค่าจริงมากยิ่งขึ้น

2. อภิปรายผล

จากสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า “ในการคำนวณหามุมที่เลือดตกกระทบบนพื้นผิวจากอัตราส่วนความกว้างและความยาวของหยดเลือดโดยใช้สูตร $\theta = \arcsin \frac{\text{width}}{\text{length}}$ นั้นจะมีค่าความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้น โดยที่เมื่อมุมตกกระทบเพิ่มขึ้น จะมีค่าความคลาดเคลื่อนเพิ่มมากขึ้น”

จากการทดสอบสมมติฐานโดยใช้เลือดจริงนำมาทำการทดลองหยดลงบนพื้นผิว 4 ชนิด ได้แก่ กระดาษขาว, กระดาษ, กระเบื้องแผ่นเรียบ และแผ่นไม้ขัด และ 5 มุมตกกระทบ ได้แก่ 15, 30, 45, 60 และ 75 องศา โดยทดลองหยดเลือดลงในแนวตั้งอย่างอิสระตามแรงดึงดูดของโลก ตั้งฉากกับพื้นในห้องทดลองที่มีระบบปิด โดยทดลองหยดเลือดบนพื้นผิวและมุมละ 50 หยด ทั้งสี่พื้นผิวและห้ามุมตกกระทบรวมเป็นจำนวนทั้งสิ้น 1,000 หยด เพื่อเปรียบเทียบมุมที่เลือดตกกระทบ (Angle of Impact) ที่ได้จากจากการทดลองและคำนวณจากอัตราส่วนความกว้างและความยาวของหยดเลือด กับมุมตกกระทบจริงที่ทราบค่าเพื่อศึกษาหาความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบที่เกิดขึ้น ผลการวิจัยพบว่าค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบที่ได้จากการทดลองและคำนวณ เปรียบเทียบกับมุมจริงที่ทราบค่าของแผ่นไม้ขัด กระเบื้องแผ่นเรียบ กระดาษขาว และกระดาษ พบว่า เมื่อพื้นผิวทำมุมเพิ่มขึ้น ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบก็เพิ่มขึ้นด้วย จากข้อมูลนี้แสดงให้เห็นว่า การคำนวณหามุมตกกระทบจากอัตราส่วนความกว้างและความยาวของหยดเลือด (Stain dimension) มีความผิดพลาด ความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นในการประมาณหาค่ามุมตกกระทบจากอัตราส่วนความกว้างและความยาวของหยดเลือด โดยที่ขณะที่มุมตกกระทบเพิ่มขึ้น ก็จะมีค่าความคลาดเคลื่อนเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน ทั้งนี้เนื่องจากสูตรที่ใช้ในการคำนวณนั้นยังมีความผิดพลาดอยู่บ้าง ไม่สมบูรณ์เที่ยงตรงไปทั้งหมด ร่วมกับระยะความสูงและลักษณะพื้นผิวที่เลือดตกกระทบที่แตกต่างกัน จึงทำให้ ณ มุมที่มีค่าสูงขึ้น ก็จะมีค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน สูตรที่ใช้ในการคำนวณหาค่ามุมตกกระทบจึง

มิได้เป็นเครื่องมือที่ใช้ชี้วัด ในการคาดคะเน การประมาณหามุมตกกระทบที่มีความถูกต้องแม่นยำ 100% เสมอไป ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญยิ่งที่ผู้สืบสวนสอบสวนควรจะทำให้ความสนใจ และพิจารณาในข้อจำกัดนี้ ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญและเกี่ยวข้องในการหามุมตกกระทบและแหล่งที่มาของเลือด เพราะเป็นส่วนที่สำคัญในการสืบสวนสอบสวนเนื่องจากมุมตกกระทบ (Angle of Impact) เป็นพื้นฐานและเป็นส่วนประกอบหนึ่งที่มีความสำคัญ อันจะนำไปสู่การหาแหล่งที่มาของเลือด (Point (Area) of Origin) ที่มีความถูกต้องสมบูรณ์แม่นยำยิ่งขึ้นต่อไป

จากการวิจัยครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Cordelia Willis, Anna K. Piranian, John R. Donaggio, Robert J. Barnett และ Walter F. Rowe (2001 : 1-4) ภาควิชานิติวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย George Washington ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง ความคลาดเคลื่อนในการประมาณระยะทางที่เลือดหยดลงมาและมุมที่เลือดตกกระทบ (Errors in the estimation of the distance of fall and angles of impact blood drops.) ที่พบว่าความไม่แน่นอนในการคำนวณหาค่ามุมที่เลือดตกกระทบเกิดจากฟังก์ชันของมุมตกกระทบเอง การคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนของมุมที่เลือดตกกระทบ จะมีค่าเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง เมื่อมุมตกกระทบมีค่าเข้าใกล้ 90 องศา ดังนั้นผลการวิจัยในครั้งนี้ จึงเป็นการยืนยันได้ว่ามีความผิดพลาดคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นในการคำนวณหามุมที่เลือดตกกระทบบนพื้นผิวจากอัตราส่วนความกว้างและความยาวของหยดเลือดโดยใช้สูตร $\theta = \arcsin \frac{\text{width}}{\text{length}}$ นั้นจะมีค่าความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้น โดยที่เมื่อมุมตกกระทบเพิ่มขึ้น จะมีค่าความคลาดเคลื่อนเพิ่มมากขึ้น ทำให้เมื่อพื้นผิวทำมุมเพิ่มขึ้น ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบก็เพิ่มขึ้นด้วย ผู้วิจัยจึงเสนอแนวทางในการลดค่าความคลาดเคลื่อนลงเพื่อให้ผลการคำนวณมุมตกกระทบที่ได้มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้นและใกล้เคียงความจริงมากที่สุด โดยการปรับปรุงสมการด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นหรือการวิเคราะห์เส้นแสดงความสัมพันธ์ (Linear Regression Analysis) ซึ่งผลจากการวิเคราะห์สามารถสรุปเป็นสมการจากการพยากรณ์(การประมาณค่า) เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณหาค่ามุมตกกระทบที่มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้นและใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด สำหรับแต่ละพื้นผิวที่เลือดตกกระทบ และสูตรรวมสำหรับใช้กับทุกพื้นผิว ดังต่อไปนี้

$$AOI_{(Paper)} = 1.168 + 1.236\arcsin(W/L) \text{ ใช้สำหรับพื้นผิวกระดาษ}$$

$$AOI_{(Glass)} = 1.740 + 1.205\arcsin(W/L) \text{ ใช้สำหรับพื้นผิวกระจก}$$

$$AOI_{(Tile)} = 0.382 + 1.184\arcsin(W/L) \text{ ใช้สำหรับพื้นผิวกระเบื้องแผ่นเรียบ}$$

$$AOI_{(Plywood)} = 3.006 + 1.224\arcsin(W/L) \text{ ใช้สำหรับพื้นผิวไม้อัด}$$

$$AOI_{(All)} = 1.397 + 1.217\arcsin(W/L) \text{ ใช้สำหรับทุกพื้นผิว}$$

ผลการทดสอบความแม่นยำของสูตรใหม่ทั้งหมด โดยใช้ข้อมูลขนาดความกว้างและความยาวของหยดเลือดเดิมที่ได้จากการทดลองบนพื้นผิวทั้ง 4 ชนิด และ 5 มุมตกกระทบ รวมเป็นจำนวนทั้งสิ้น 1,000 หยด มาคำนวณหาค่ามุมตกกระทบและค่าความคลาดเคลื่อนเพื่อเปรียบเทียบความแม่นยำของผลที่ได้จากสูตรใหม่ที่พัฒนาขึ้นกับผลที่ได้จากการคำนวณโดยใช้สูตรเดิม ผลการทดสอบพบว่า สูตรเดิมที่ใช้มีความแม่นยำเฉลี่ย 78.40 %, สูตรใหม่แยกตามพื้นผิวมีความแม่นยำเฉลี่ย 98.26 % และสูตรใหม่สำหรับทุกพื้นผิวมีความแม่นยำเฉลี่ย 98.35 % เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองโดยใช้สูตรเดิม สูตรใหม่ที่ได้มีความแม่นยำเพิ่มขึ้นกว่าเดิมเท่ากับ 19.86 % และ 19.95 % ตามลำดับ

จากผลการวิจัยทั้งหมดพบว่าผลที่ได้จากสูตรใหม่แยกตามพื้นผิวและสูตรใหม่สำหรับทุกพื้นผิวนั้น มีความใกล้เคียงกันมากและผลที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับมุมจริงที่ทราบค่ามากกว่าการใช้สูตรเดิมมาก ผลการวิจัยในครั้งนี้จึงเป็นการยืนยันได้ว่าสูตรใหม่ที่ได้จากการวิเคราะห์มีความเหมาะสมและสามารถนำไปใช้ในการคำนวณเพื่อหาค่ามุมตกกระทบของหยดเลือด (Angle of Impact : AOI) ได้อย่างถูกต้องแม่นยำมากกว่าสูตรเดิม

เมื่อได้ผลสรุปที่น่าพอใจจากการทดสอบความแม่นยำของสูตรใหม่แล้ว จึงทำการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยใช้สูตรใหม่ที่ได้จากการวิเคราะห์ โดยในโปรแกรม Blood Spatter Analysis นี้จะใช้สูตรรวมที่สามารถใช้ได้กับทุกพื้นผิว เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์การกระจายของหยดเลือดโดยการประมาณหาค่ามุมตกกระทบของหยดเลือด (Angle of Impact : AOI) และแหล่งที่มาของเลือด (Point (Area) of Origin : PO) เพื่อให้ผลที่ได้มีความถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้น สะดวกและง่ายต่อการใช้งาน ซึ่งโปรแกรม Blood Spatter Analysis นี้สามารถช่วยในการดำเนินการคำนวณค่าทั้งสองได้โดยอัตโนมัติ ทำให้ผู้ใช้ได้รับความสะดวกรวดเร็วและข้อมูลที่ถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น

3. ข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยข้างต้นยังคงมีข้อจำกัดบางประการที่เป็นอุปสรรคในการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับความคลาดเคลื่อนของมุมตกกระทบ (Angle of Impact) ที่เกิดขึ้น ซึ่งการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องนี้เป็นประเด็นที่น่าสนใจ อาจเป็นประโยชน์และจำเป็นต่อการนำไปสร้างองค์ความรู้เกี่ยวกับการประมาณหาแหล่งที่มาของเลือดในเชิงวิชาการต่อไปในอนาคต เนื่องจากมุมตกกระทบเป็นส่วนประกอบหนึ่งที่สำคัญ อันจะนำไปสู่ทำให้การหาแหล่งที่มาของเลือดมีความถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้นต่อไป ทั้งนี้ผู้วิจัยขอเสนอแนะดังนี้

3.1 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

การศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการวิเคราะห์รูปแบบรอยเลือด รวมถึงหนังสือ และสื่อการเรียนการสอนยังมีอยู่น้อยมาก หน่วยงานภาครัฐจึงควรให้การสนับสนุนในด้านงบประมาณ และการศึกษาวิจัยด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์รูปแบบรอยเลือดให้มากขึ้น

3.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

3.2.1 ควรเพิ่มขนาดของมุมและความสูงที่ใช้ในการทดลองให้มากขึ้น เนื่องจาก การทดลองเพียง 5 มุมตกกระทบ อาจทำให้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลมีความคลาดเคลื่อนได้

3.2.2 ควรเพิ่มพื้นผิวที่ใช้ในการทดลองให้มากและหลากหลายขึ้น เนื่องจากการทดลองเพียง 4 พื้นผิว อาจทำให้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลมีความคลาดเคลื่อนได้

3.2.3 ควรเปลี่ยนเครื่องมือที่ใช้ในการวัดให้มีความละเอียดมากยิ่งขึ้น เช่น เวอร์เนียคาลิปเปอร์ (Vernier Calipers) เป็นต้น เพื่อให้ผลการทดลองถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้น

3.2.4 ควรทำการศึกษาและพัฒนาโปรแกรมที่ใช้ในการหาแหล่งที่มาของเลือด ให้มีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น เช่น มีการจำลองสถานการณ์ที่เกิดขึ้นเป็นภาพในสามมิติ เป็นต้น

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

อรรถพล แซ่มสุวรรณวงศ์, พล.ต.อ. และคณะ. นิติวิทยาศาสตร์ 1-4 เพื่อการสืบสวนสอบสวน (Forensic Science 1-4 for Crime Investigation). พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : บริษัท ทีซีซี พรินติ้ง จำกัด, 2546.

ภาษาต่างประเทศ

Jackson, Andrew R.W., and Julie M. Jackson. Forensic Science. Boca Raton, FL: CRC Press, 2004

Bevel, Tom and Ross M. Gardner. Bloodstain Pattern Analysis. 2nd ed. New York : CRC Press, 2002

Louis, L. Akin. Blood interpretation at crime scene. Step by step guide to blood spatter interpretation at crime and accident scenes for medicolegal death investigators. New York : CE Press, 2005.

Max Houck and Jay Siegel. Fundamentals of Forensic Science. New York : Elsevier Academic Press, 2006

Stuart H. James and Jon J. Nordby. An Introduction to Scientific and Investigative Techniques. 2nd ed. Boca Raton, FL : CRC Press, 2005

Stuart H. James, Paul E. Kish, T. Paulette Sutton. Principles of Bloodstain Pattern Analysis Theory and Practice. Boca Raton, FL : CRC Press, 2005

Slemko, J. Bloodstain Pattern Analysis Tutorial Forensic Consulting. Boca Raton, FL : CRC Press, 2005

Stuart H. James and William G. Eckert. Interpretation of bloodstain evidence at crime scene, 2nd ed. Boca Raton, FL: CRC Press, 1999.

การอ้างอิงจากฐานข้อมูลออนไลน์

สุदारัตน์ เมืองเจริญ, เลือดและส่วนประกอบของเลือด[ออนไลน์], เข้าถึงเมื่อ 11 กรกฎาคม 2550.

เข้าถึงได้จาก <http://www.med.cmu.ac.th/hospital/Bloodandcomponent.ppt>

ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศกลาง, สถิติคดีอาญา 5 ประเภท [ออนไลน์], เข้าถึงเมื่อ 12 มีนาคม 2552. เข้าถึงได้จาก http://statistic.ftp.police.go.th/dn_main.htm

- A.R. Shen, G.J. Brostow and R. Cipolla. "Toward automatic blood spatter analysis in crime scenes". Forensic Science International 153 (2005) : 1-6 [Online]. Available from www.scienceDirect.com.
- Cordelia Willis, Anna K. Piranian, John R. Donaggio, Robert J. Barnett, Walter F. Rowe. "Errors in the estimation of the distance of fall and angle of impact blood drops". Forensic Science International 123 (2001) : 1-4 [Online]. Accessed 10 July 2007. Available from www.scienceDirect.com.
- Walter F. Rowe. Error in the determination of the point of origin of bloodstains. Forensic Science International 161 (2005) : 47-51 [Online]. Accessed 10 July 2007. Available from www.scienceDirect.com.
- Gateway Digital, Inc.. Blood Spatter Pro[Online]. Accessed 10 July 2007. Available from <http://www.digitalcop.com/bloodspatter.htm>
- Jason G. Linville. Bloodstain Pattern Analysis [Online]. Accessed 22 July 2008. Available from http://home.iprimus.com.au/ararapaj/craigslea_testbed/Forensic%20Web%20Test%20Site/blood_spatter_analysis.htm
- J. Slemko. Bloodstain Pattern Analysis Tutorial[Online]. Accessed 10 July 2007. Available from <http://www.bloodspatter.com/BPATutorial.htm>

ภาคผนวก

ผนวก ก

รายละเอียดของโปรแกรม Blood Spatter Analysis

Source Code ของโปรแกรม Blood Spatter Analysis ประกอบด้วย 3 โปรแกรมย่อย โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. Blood_spatter_analysis.php โปรแกรมแสดงหน้าจอแรกของระบบ

```
<HTML>
<BODY>
<title>Blood Spatter Analysis . . .</title>
<script>
function ClearAll(){
document.form.Width1.value = "";document.form.Length1.value = "";
document.form.Y1.value = "";document.form.AOI1.value = "";
document.form.PO1.value = "";document.form.Width2.value = "";
document.form.Length2.value = "";document.form.Y2.value = "";
document.form.AOI2.value = "";document.form.PO2.value = "";
document.form.Width3.value = "";document.form.Length3.value = "";
document.form.Y3.value = "";document.form.AOI3.value = "";
document.form.PO3.value = "";document.form.Width4.value = "";
document.form.Length4.value = "";document.form.Y4.value = "";
document.form.AOI4.value = "";document.form.PO4.value = "";
document.form.Width5.value = "";document.form.Length5.value = "";
document.form.Y5.value = "";document.form.AOI5.value = "";
document.form.PO5.value = "";document.form.PO6.value = "";
}
function CalAOI(w,l,no){
    if(w==""){
        alert('Input Width,Pls');
    }else if(l==""){
        alert('Input Length,Pls');
```

```

    }else{
        window.iframe.location ='CalAOI.php?w='+w+'&l='+l+'&no='+no;}}

function CalPo(aoi,y,no){
    if(aoi==""){
        alert('Input AOI,Pls');
    }else if(y==""){
        alert('Input Y,Pls');
    }else{
        window.iframe.location ='CalPO.php?aoi='+aoi+'&y='+y+'&no='+no;}}

function CalAveragePO(){
    var total=0;
    var cnt = 0;
    var PO1 = 0;
    var PO2 = 0;
    var PO3 = 0;
    var PO4 = 0;
    var PO5 = 0;
    /*if (document.form.PO1.value != "")
    if (document.form.PO2.value != "")
    if (document.form.PO3.value != "")
    if (document.form.PO4.value != "")
    if (document.form.PO5.value != "")
    */
    if (document.form.PO1.value != "") {
        cnt =cnt + 1;
        PO1 = parseFloat(document.form.PO1.value);}
    if (document.form.PO2.value != ""){

```

```

        cnt =cnt + 1;
        PO2 = parseFloat(document.form.PO2.value);}

    if (document.form.PO3.value != ""){
        cnt =cnt + 1;
        PO3 = parseFloat(document.form.PO3.value);}

    if (document.form.PO4.value != ""){
        cnt =cnt + 1;
        PO4 = parseFloat(document.form.PO4.value);}

    if (document.form.PO5.value != ""){
        cnt =cnt + 1;
        PO5 = parseFloat(document.form.PO5.value);}

    total = (PO1+PO2+PO3+PO4+PO5)/cnt;
    document.form.PO6.value =total.toFixed(2);}

</script>
<CENTER>
<form name="form"  action="" method="post">
<TR><TD><B><BR><BR>THE STUDY OF COMPUTER ASSISTS FOR BLOOD
SPATTER ANALYSIS</B>  </TD></TR><BR><BR><BR>

<TR><TD>Blood Spatter Analysis Utility is an easy-to-use application <BR>that allows
you to automatically  calculate blood spatter  trajectory.  <BR>Just type in
Length,Width,Y then the AOI and PO is automatically calculated.
</TD></TR><BR><BR><BR>

```

```

<TABLE border ="4">
<TR><TD><CENTER>BLOOD SPATTER ANALYSIS </CENTER></TD></TR>
<TR>
    <TD><TABLE>
        <TR>
            <TD><CENTER>Stain Id.</CENTER></TD>
            <TD><CENTER>Width</CENTER></TD>
            <TD><CENTER>Length</CENTER></TD>
            <TD><CENTER></CENTER></TD>
            <TD><CENTER>AOI </CENTER></TD>
            <TD><CENTER>Y</CENTER></TD>
            <TD><CENTER></CENTER></TD>
            <TD><CENTER>PO</CENTER></TD>
        </TR>
    <TR>
        <TD><CENTER>1</CENTER></TD>
        <TD><CENTER><INPUT TYPE="text" NAME="Width1" size=5></CENTER></TD>
        <TD><CENTER><INPUT TYPE="text" NAME="Length1" size=5></CENTER></TD>
        <TD><CENTER><INPUT TYPE="button" onClick ="CalAOI
(document.form.Width1.value,document.form.Length1.value,1);" style="cursor: pointer;
cursor: hand" value="Calculate AOI"></CENTER></TD>
        <TD><CENTER><INPUT TYPE="text" NAME="AOI1" size=5
readonlystyle="background-color:#CAD6FF"></CENTER></TD>

        <TD><CENTER><INPUT TYPE="text" NAME="Y1" size=5></CENTER></TD>
        <TD><CENTER><INPUT TYPE="button" onClick="CalPo
(document.form.AOI1.value,document.form.Y1.value,1);" style="cursor: pointer; cursor:
hand" value="Calculate PO"></CENTER></TD>

```

```

<TD><CENTER><INPUT TYPE="text" NAME="PO1" size=5
readonlystyle="background-color:#CAD6FF"></CENTER></TD>
</TR>
<TR>
<TD><CENTER>2</CENTER></TD>
<TD><CENTER><INPUT TYPE="text" NAME="Width2" size=5></CENTER></TD>
<TD><CENTER><INPUT TYPE="text" NAME="Length2" size=5></CENTER></TD>
<TD><CENTER><INPUT TYPE="button" onClick="CalAOI
(document.form.Width2.value,document.form.Length2.value,2);" style="cursor: pointer;
cursor: hand" value="Calculate AOI"></CENTER></TD>
<TD><CENTER><INPUT TYPE="text" NAME="AOI2" size=5
readonlystyle="background-color:#CAD6FF"></CENTER></TD>
<TD><CENTER><INPUT TYPE="text" NAME="Y2" size=5></CENTER></TD>
<TD><CENTER><INPUT TYPE="button" onClick="CalPo
(document.form.AOI2.value,document.form.Y2.value,2);" style="cursor: pointer; cursor:
hand" value="Calculate PO"></CENTER></TD>
<TD><CENTER><INPUT TYPE="text" NAME="PO2" size=5
readonlystyle="background-color:#CAD6FF"></CENTER></TD>
</TR>
<TR>
<TD><CENTER>3</CENTER></TD>
<TD><CENTER><INPUT TYPE="text" NAME="Width3" size=5></CENTER></TD>
<TD><CENTER><INPUT TYPE="text" NAME="Length3" size=5></CENTER>
</TD><TD><CENTER><INPUT TYPE="button" onClick="CalAOI
(document.form.Width3.value,document.form.Length3.value,3);" style="cursor: pointer;
cursor: hand" value="Calculate AOI"></CENTER></TD>
<TD><CENTER><INPUT TYPE="text" NAME="AOI3" size=5
readonlystyle="background-color:#CAD6FF"></CENTER></TD>
<TD><CENTER><INPUT TYPE="text" NAME="Y3" size=5></CENTER></TD>

```

```

<TD><CENTER><INPUT TYPE="button" onClick="CalPo
(document.form.AOI3.value,document.form.Y3.value,3);" style="cursor: pointer; cursor:
hand" value="Calculate PO"></CENTER></TD>

<TD><CENTER><INPUT TYPE="text" NAME="PO3" size=5 readonly
style="background-color:#CAD6FF"></CENTER></TD>
</TR>
<TR>
<TD><CENTER>4</CENTER></TD>
<TD><CENTER><INPUT TYPE="text" NAME="Width4" size=5></CENTER></TD>
<TD><CENTER><INPUT TYPE="text" NAME="Length4" size=5></CENTER></TD>
<TD><CENTER><INPUT TYPE="button" onClick="CalAOI
(document.form.Width4.value,document.form.Length4.value,4);" style="cursor: pointer;
cursor: hand" value="Calculate AOI"></CENTER></TD>
<TD><CENTER><INPUT TYPE="text" NAME="AOI4" size=5
readonlystyle="background-color:#CAD6FF"></CENTER></TD>
<TD><CENTER><INPUT TYPE="text" NAME="Y4" size=5></CENTER></TD>
<TD><CENTER><INPUT TYPE="button" onClick="CalPo
(document.form.AOI4.value,document.form.Y4.value,4);" style="cursor: pointer; cursor:
hand" value="Calculate PO"></CENTER></TD>
<TD><CENTER><INPUT TYPE="text" NAME="PO4" size=5
readonlystyle="background-color:#CAD6FF"></CENTER></TD>
</TR>
<TR>
<TD><CENTER>5</CENTER></TD>
<TD><CENTER><INPUT TYPE="text" NAME="Width5" size=5></CENTER></TD>
<TD><CENTER><INPUT TYPE="text" NAME="Length5" size=5></CENTER></TD>
<TD><CENTER><INPUT TYPE="button" onClick="CalAOI
(document.form.Width5.value,document.form.Length5.value,5);" style="cursor: pointer;
cursor: hand" value="Calculate AOI"></CENTER></TD>

```


2. CalAoi.php โปรแกรมคำนวณหามุมที่เลือดตกกระทบบ (Angle of Impact)

```
<?
// สูตรเดิม $AOI = round(((asin($w/$l)*180)/pi()),2);
$AOI = round( 1.397+1.217*(((asin($w/$l)*180))/pi()) ,2);
echo"<script>";
echo"window.parent.form.AOI{$no}.value='$AOI'";
echo"</script>"
?>
```

3. CalPO.php โปรแกรมคำนวณหาแหล่งที่มาของเลือด (Point (Area) of Origin)

```
<?
$PO = round((tan(($aoi/180)*pi())*$y),2);
echo"<script>";
echo"window.parent.form.PO{$no}.value='$PO'";
echo"</script>"
?>
```

ผนวก ข

หนังสือขอความอนุเคราะห์ตัวอย่างโลโก้ในการทำวิทยานิพนธ์

หนังสือขอความอนุเคราะห์ตัวอย่างโลหิตในการทำวิทยานิพนธ์

	
ที่ ศบ 0520.204 / 04258	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ นครปฐม 73000

๑๕ กรกฎาคม ๒๕๖๑

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ตัวอย่างโลหิตในการทำวิทยานิพนธ์

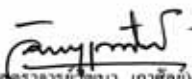
เรียน ผู้อำนวยการโรงพยาบาลเมตตาประชารักษ์

ด้วยคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ร่วมกับโรงเรียนนายร้อยตำรวจ เปิดทำการสอนหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขานิติวิทยาศาสตร์ และได้กำหนดให้นักศึกษามีการทำวิทยานิพนธ์ โดยนางสาวรุ่งรพีพรรณ อุจาวาที นักศึกษาปริญญาโท สาขานิติวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้ทำการศึกษาวิจัยในหัวข้อเรื่อง "การศึกษานวทางการวิเคราะห์การกระจายของหยดเลือดโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์" โดยการวิจัยหัวข้อดังกล่าวมีความจำเป็นต้องใช้โลหิตที่หมดอายุแล้วในการทดลอง

ในการนี้ หลักสูตร ฯ มีความประสงค์ขอความอนุเคราะห์จากท่านในการทำวิทยานิพนธ์หัวข้อเรื่องดังกล่าว โดยขอสนับสนุนตัวอย่างโลหิตจำนวน 1200 ซีซี จากงานพยาธิวิทยา โรงพยาบาลเมตตาประชารักษ์

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา ให้ความอนุเคราะห์แก่คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากรด้วย จักเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ


 (รองศาสตราจารย์วัฒนา เกษศิลป์)

รองคณบดีฝ่ายบริหาร

รักษาราชการแทนคณบดีคณะวิทยาศาสตร์

หลักสูตรนิติวิทยาศาสตร์

โทรศัพท์ 0-3425-2361, 0816768426

โทรสาร 0-3425-2361

ผนวก ค

ตัวอย่างแบบบันทึกผลการทดลองหยดเลือดที่ใช้ในการวิจัย

ตัวอย่างแบบบันทึกผลการทดลองหาค่าเฉลี่ยที่ใช้ในการวิจัย

พื้นที่วัด ที่มุม องศา

ห ด ที่	W (cm.)	L(cm.)	W /L (cm.)	AOI	Error
				Arc Sin W/L	75 - (Arc Sin W/L)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
36					
37					
38					
39					
40					
41					
42					
43					
44					
45					
46					
47					
48					
49					
50					

เฉลี่ย

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล นางสาวรุ่งรพีพรรณ อุจวาที
 ที่อยู่ 186/79 หมู่บ้านอภากร หมู่ 5 ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมณฑล
 จังหวัดนครปฐม 73170

ประวัติการศึกษา

พ.ศ.2548 สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์
 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
 พ.ศ.2549 ศึกษาต่อระดับปริญญาโท สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์
 บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ประวัติการทำงาน

พ.ศ.2549-2550 เจ้าหน้าที่ฝ่าย BOI แผนก EXPORT บริษัท SHARP MANUFACTURING
 THAILAND CO., LTD