

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	IX
สารบัญรูป.....	XI
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
1.4 ขั้นตอนของการศึกษา.....	3
บทที่ 2 ไลยน้ำดิจิตอล.....	4
2.1 ไลยน้ำดิจิตอล.....	4
2.2 ชนิดของไลยน้ำดิจิตอล.....	5
2.2.1 จำแนกตามโดเมนที่ใช้ในการฝัง.....	5
2.2.2 จำแนกตามการมองเห็น.....	5
2.2.3 จำแนกตามการตรวจสอบ.....	6
2.3 การประยุกต์ใช้ไลยน้ำดิจิตอล.....	6
2.3.1 ใช้ตรวจสอบการเป็นเจ้าของผลงาน.....	6
2.3.2 ใช้ตรวจสอบการผู้ซื้อผลงาน.....	6
2.3.3 การรับรองความถูกต้อง.....	7
2.3.4 ควบคุมการคัดลอก.....	7
2.3.5 การสื่อสารข้อมูลลับ.....	7
2.4 คุณสมบัติสำคัญของภาพลายน้ำดิจิตอล.....	7
2.5 หลักการทั่วไปของภาพลายน้ำ.....	8
2.5.1 การใส่ไลยน้ำดิจิตอล (Watermark Embedding).....	8
2.5.2 การตรวจสอบลายน้ำดิจิตอล (Watermark Detection).....	8

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.6 การโจมตีลายน้ำ.....	9
2.6.1 การบีบอัดภาพ.....	9
2.6.2 การเปลี่ยนแปลงทางเรขาคณิต.....	9
2.6.3 การประมวลผลสัญญาณ.....	10
2.7 การฝังลายน้ำดิจิทัลในปัจจุบัน.....	10
2.7.1 วิธีการฝังลายน้ำบนโดเมนความถี่.....	10
2.7.2 วิธีการฝังลายน้ำบนสเปซเชิงโดเมน.....	11
2.8 สรุป	11
บทที่ 3 วิธีการฝังลายน้ำในสเปซเชิงโดเมนด้วยวิธีของ L. Chang-Hising, L. Yeuan-Kuen	11
3.1 งานวิจัยที่ศึกษา.....	12
3.2 วิธีการฝังลายน้ำของงานวิจัยที่ศึกษา.....	13
3.2.1 Watermark Permutation Algorithm.....	13
3.2.2 Watermark Embedding.....	13
3.3 วิธีการตรวจสอบลายน้ำ.....	15
3.4 ผลการทดลอง.....	16
3.5 วิเคราะห์ผลการทดลอง.....	19
3.6 ข้อจำกัดของงานวิจัยที่ผ่านมา.....	20
3.7 สิ่งที่ต้องการพัฒนา.....	20
บทที่ 4 การฝังลายน้ำในสเปซเชิงโดเมนด้วยบล็อกทับซ้อน.....	21
4.1 ขั้นตอนการทำงาน.....	21
4.1.1 การฝังลายน้ำ.....	22
4.1.2 การวัดคุณภาพของภาพหลังจากการฝังลายน้ำ.....	22
4.1.3 การทดสอบความคงทนของลายน้ำ.....	23
4.1.4 การตรวจสอบลายน้ำ.....	23
4.1.5 การวัดคุณภาพของลายน้ำ.....	23
4.2 การออกแบบ.....	24

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2.1 การออกแบบบล็อกทับซ้อน.....	24
4.2.2 บล็อกตัวแทนบิตลายน้ำ.....	31
4.2.3 การออกแบบค่าสัมประสิทธิ์ส่วนที่ทับซ้อน.....	32
4.2.4 การออกแบบค่าสัมประสิทธิ์ที่จุดศูนย์กลางของบล็อก (ส่วนที่ไม่ทับซ้อน)..	35
4.2.4.1 การจำแนกบล็อกที่มีความถี่สูงและบล็อกที่มีความถี่ต่ำ.....	35
4.2.4.2 การกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ที่จุดศูนย์กลางของบล็อกตามระดับค่า SD..	37
4.2.5 การออกแบบค่าสัมประสิทธิ์ที่จุดศูนย์กลางบล็อกแบบปรับเปลี่ยนอัตโนมัติ..	38
บทที่ 5 ผลการทดลอง.....	44
5.1 เงื่อนไขในการทดลอง	44
5.2 การฝังลายน้ำโดยวิธีบล็อกทับซ้อน เมื่อกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ที่จุดศูนย์กลาง บล็อกตัวแทนบิตลายน้ำเป็นค่าคงที่ n ค่า	45
5.2.1 กรณีค่าสัมประสิทธิ์ที่จุดศูนย์กลางของบล็อกตัวแทนบิตลายน้ำเป็น ค่าคงที่ 2 ค่า.....	46
5.2.1.1 ภาพที่ได้จากการฝังลายน้ำ.....	46
5.2.1.2 ภาพลายน้ำที่ถอดได้ภายหลังการ โจมตี.....	47
5.2.1.3 วิเคราะห์ผลการทดลอง.....	49
5.2.1.4 สรุปผลการทดลอง.....	49
5.2.2 กรณีค่าสัมประสิทธิ์ที่จุดศูนย์กลางบล็อกตัวแทนบิตลายน้ำเป็นค่าคงที่ 3ค่า..	50
5.2.2.1 ภาพที่ได้จากการฝังลายน้ำ.....	50
5.2.2.2 ภาพลายน้ำที่ถอดได้ภายหลังการ โจมตี.....	52
5.2.2.3 วิเคราะห์ผลการทดลอง.....	53
5.2.2.4 สรุปผลการทดลอง.....	54
5.3 การฝังลายน้ำโดยวิธีบล็อกทับซ้อน เมื่อกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ที่จุดศูนย์กลางแบบ ปรับเปลี่ยนอัตโนมัติ.....	55
5.3.1 ผลการทดลองของการปรับค่า C_{MN}	55
5.3.1.1 ภาพที่ได้หลังจากการฝังลายน้ำ.....	55
5.3.1.2 ภาพลายน้ำที่ถอดได้ภายหลังจากโจมตี.....	57
5.3.1.3 การทดลองกับภาพต้นฉบับอื่นๆ.....	58

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.3.1.4 สรุปผลการปรับค่า C_{MIN}	59
5.3.2 ผลการทดลองของการปรับค่า C_{MAX}	59
5.3.2.1 ภาพที่ได้หลังจากการฟ้งลายน้ำ.....	59
5.3.2.2 ภาพลายน้ำที่ถอดได้ภายหลังจากโจมตี.....	61
5.3.2.3 การทดลองกับภาพต้นฉบับอื่นๆ.....	62
5.3.2.4 สรุปผลการปรับค่า C_{MAX}	63
5.3.3 ผลการทดลองของการปรับค่า k	63
5.3.3.1 ภาพที่ได้หลังจากการฟ้งลายน้ำ.....	63
5.3.3.2 ภาพลายน้ำที่ถอดได้ภายหลังจากโจมตี.....	65
5.3.3.3 การทดลองกับภาพต้นฉบับอื่นๆ.....	66
5.3.3.4 สรุปผลการปรับค่า k	67
5.3.4 ผลการทดลองของการปรับค่า SD_{MIN}	67
5.3.4.1 ภาพที่ได้หลังจากการฟ้งลายน้ำ.....	67
5.3.4.2 ภาพลายน้ำที่ถอดได้ภายหลังจากโจมตี.....	69
5.3.4.3 การทดลองกับภาพต้นฉบับอื่นๆ.....	70
5.3.4.4 สรุปผลการปรับค่า SD_{MIN}	71
5.3.5 ผลการทดลองของการปรับค่า SD_{MAX}	71
5.3.5.1 ภาพที่ได้หลังจากการฟ้งลายน้ำ.....	71
5.3.5.2 ภาพลายน้ำที่ถอดได้ภายหลังจากโจมตี.....	73
5.3.5.3 การทดลองกับภาพต้นฉบับอื่นๆ.....	74
5.3.5.4 สรุปผลการปรับค่า SD_{MAX}	75
5.3.6 สรุปการปรับค่าพารามิเตอร์.....	75
5.4 สรุปผลการทดลอง.....	76
บทที่ 6 สรุป.....	78
เอกสารอ้างอิง.....	79

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก.....	80
ภาคผนวก ก. ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่.....	81
ประวัติผู้เขียน.....	87

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 ภาพลายน้ำที่ตรวจสอบได้จากการโจมตีทั้ง 9 วิธี โดยใช้วิธีการของ L.Chang-Hising และ L. Yeuan-Kuen ใช้บล็อกขนาด 2x2, 3x3, 4x4 พิกเซล	17
4.1 แสดงการปรับค่าพารามิเตอร์เพื่อปรับปรุงค่า PSNR ของภาพหลังจากฝังลายน้ำ.....	42
4.2 แสดงการปรับค่าพารามิเตอร์เพื่อปรับปรุงค่า E_{AVG} ของลายน้ำที่ฝัง.....	42
5.1 ตารางแสดงภาพลายน้ำที่ตรวจสอบได้หลังจากการโจมตีทั้ง 9 วิธี (เมื่อแบ่งบล็อกตัวแทนบิตลายน้ำเป็น 2 ระดับ).....	48
5.2 ตารางเปรียบเทียบค่า PSNR ระหว่างวิธีของ L. Chang-Hising, L. Yeuan-Kuen และวิธีการแบ่งบล็อกแบบทับซ้อน (เมื่อแบ่งบล็อกตัวแทนบิตลายน้ำเป็น 2 ระดับ).....	49
5.3 ตารางเปรียบเทียบค่า Average Percent Error ระหว่างวิธีของ L. Chang-Hising, L. Yeuan-Kuen และวิธีการแบ่งบล็อกแบบทับซ้อน (เมื่อแบ่งบล็อกตัวแทนบิตลายน้ำเป็น 2 ระดับ).....	49
5.4 ตารางแสดงภาพลายน้ำที่ตรวจสอบได้หลังจากการโจมตีทั้ง 9 วิธี (เมื่อแบ่งบล็อกตัวแทนบิตลายน้ำเป็น 3 ระดับ).....	52
5.5 ตารางเปรียบเทียบค่า PSNR ระหว่างวิธีของ L. Chang-Hising, L. Yeuan-Kuen และวิธีการแบ่งบล็อกแบบทับซ้อนเมื่อกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ที่จุดศูนย์กลางของบล็อกตัวแทนบิตลายน้ำเป็น 2 ระดับและ 3 ระดับ.....	53
5.6 ตารางเปรียบเทียบค่า Average Percent Error ระหว่างวิธีของ L. Chang-Hising, L. Yeuan-Kuen และวิธีการแบ่งบล็อกแบบทับซ้อนเมื่อกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ที่จุดศูนย์กลางของบล็อกตัวแทนบิตลายน้ำเป็น 2 ระดับและ 3 ระดับ.....	54
5.7 ภาพลายน้ำที่ถอดได้หลังจากโจมตีภาพ Lenna เมื่อกำหนด $C_{MIN} = \{1,3,5,7,9,11,13\}$, $C_{MAX} = 30$, $k = 0$, $SD_{MIN} = 8$ และ $SD_{MAX} = 40$	57
5.8 ค่า PSNR ของภาพทดสอบ 5 ภาพ เมื่อกำหนด $C_{MIN} = \{1, 3, 5, 7, 9, 11, 13\}$, $C_{MAX} = 30$, $k = 0$, $SD_{MIN} = 8$ และ $SD_{MAX} = 40$	58
5.9 ค่า E_{AVG} ของภาพลายน้ำที่ถอดได้หลังจากการโจมตี 9 วิธี เมื่อกำหนด $C_{MIN} = \{1, 3, 5, 7, 9, 11, 13\}$, $C_{MAX} = 30$, $k = 0$, $SD_{MIN} = 8$ และ $SD_{MAX} = 40$	58
5.10 ภาพลายน้ำที่ถอดได้หลังจากโจมตีภาพ Lenna เมื่อกำหนด $C_{MIN} = 5$, $k = 0$, $SD_{MIN} = 8$ $C_{MAX} = \{20, 25, 30, 35, 40, 45, 50\}$ และ $SD_{MAX} = 40$	61

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
5.11 ค่า PSNR ของภาพทดสอบ 5 เมื่อกำหนด $C_{MIN} = 5, k = 0, SD_{MIN} = 8,$ $SD_{MAX} = 40$ และ $C_{MAX} = \{20, 25, 30, 35, 40, 45, 50\}$	62
5.12 ค่า E_{AVG} ของภาพลายน้ำที่ถอดได้หลังจากการ โจมตี 9 วิธี เมื่อกำหนด $C_{MIN} = 5,$ $k = 0, SD_{MIN} = 8, SD_{MAX} = 40$ และ $C_{MAX} = \{20, 25, 30, 35, 40, 45, 50\}$	62
5.13 ภาพลายน้ำที่ถอดได้หลังจากโจมตีภาพ Lenna เมื่อกำหนด $C_{MIN} = 5, C_{MAX} = 30,$ $SD_{MIN} = 8, SD_{MAX} = 40$ และ $k = \{-15, -10, -5, 0, 5, 10, 15\}$	65
5.14 ค่า PSNR ของภาพทดสอบ 5 ภาพ เมื่อกำหนด $C_{MIN} = 5, C_{MAX} = 30, SD_{MIN} = 8,$ $SD_{MAX} = 40$ และ $k = \{-15, -10, -5, 0, 5, 10, 15\}$	66
5.15 ค่า E_{AVG} ของภาพลายน้ำที่ถอดได้หลังจากการ โจมตี 9 วิธี เมื่อกำหนด $C_{MIN} = 5,$ $C_{MAX} = 30, SD_{MIN} = 8, SD_{MAX} = 40$ และ $k = \{-15, -10, -5, 0, 5, 10, 15\}$	66
5.16 ภาพลายน้ำที่ถอดได้หลังจากโจมตีภาพ Lenna เมื่อกำหนด $SD_{MIN} = \{2, 4, 6, 8, 10, 12, 14\}, C_{MIN} = 5, C_{MAX} = 30, k = 0$ และ $SD_{MAX} = 40$	69
5.17 ค่า PSNR ของภาพทดสอบ 5 ภาพ เมื่อกำหนด $SD_{MIN} = \{2, 4, 6, 8, 10, 12, 14\},$ $C_{MIN} = 5, C_{MAX} = 30, k = 0$ และ $SD_{MAX} = 40$	70
5.18 ค่า E_{AVG} ของภาพลายน้ำที่ถอดได้หลังจากการ โจมตี 9 วิธี เมื่อกำหนด $SD_{MIN} = \{2, 4, 6, 8, 10, 12, 14\}, C_{MIN} = 5, C_{MAX} = 30, k = 0$ และ $SD_{MAX} = 40$	70
5.19 ภาพลายน้ำที่ถอดหลังจากโจมตีภาพ Lenna เมื่อกำหนด $SD_{MAX} = \{20, 30, 40, 50, 60, 70, 80\}, C_{MIN} = 5, C_{MAX} = 30, k = 0$ และ $SD_{MIN} = 8$	73
5.20 ค่า PSNR ของภาพทดสอบ 5 ภาพ เมื่อกำหนด $SD_{MAX} = \{20, 30, 40, 50, 60, 70, 80\}, C_{MIN} = 5, C_{MAX} = 30, k = 0$ และ $SD_{MIN} = 8$	74
5.21 ค่า E_{AVG} ของภาพลายน้ำที่ถอดได้หลังจากการ โจมตี 9 วิธี เมื่อกำหนด $SD_{MAX} = \{20, 30, 40, 50, 60, 70, 80\}, C_{MIN} = 5, C_{MAX} = 30, k = 0$ และ $SD_{MIN} = 8$	74
5.22 การปรับค่าพารามิเตอร์และผลกระทบที่เกิดขึ้น	76

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
3.1 ขั้นตอนในการทำภาพลายน้ำดิจิทัลของ L. Chang-Hising และ L. Yeuan-Kuen.....	13
3.2 การปรับค่าในกรณีที่บิตลายน้ำ (b_w) เป็น 0 และ 1.....	15
3.3 ผลลัพธ์ของการฝังลายน้ำด้วยวิธีของ L.Chang-Hising, L. Yeuan-Kuen	16
3.4 แสดงค่า PSNR ของภาพที่ฝังลายน้ำแล้วและค่า E_{AVG} ของลายน้ำหลังจากถูกโจมตี.....	19
4.1 ขั้นตอนในการทำภาพลายน้ำดิจิทัล.....	21
4.2 รูปภาพแสดงขั้นตอนการฝังภาพลายน้ำ.....	31
4.3 บล็อกตัวแทนบิตลายน้ำขนาด 3×3 แสดงส่วนที่ทับซ้อนและส่วนที่ไม่ทับซ้อน.....	32
4.4 บล็อกตัวแทนบิตลายน้ำ.....	32
4.5 รูปแบบบิตลายน้ำกรณีที่มีบิต 1 ถูกล้อมรอบด้วยบิต 0 ทั้ง 8 ด้าน.....	34
4.6 การเปรียบเทียบภาพต้นฉบับกับภาพที่ฝังลายน้ำด้วยวิธีบล็อกทับซ้อนเมื่อ $C = 20$	35
4.7 ตำแหน่งจุดศูนย์กลางของบล็อกที่ค่า SD ต่างๆ.....	36
4.8 บล็อกตัวแทนบิตลายน้ำ n แบบ.....	37
4.9 กราฟแสดงการปรับค่าสัมประสิทธิ์ที่จุดศูนย์กลางของบล็อกตัวแทนบิตลายน้ำ (C) แบบอัตโนมัติ.....	39
4.10 แสดงแผนภาพการปรับค่าเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งาน.....	41
4.11 แสดงการภาพแบ่งออกเป็น 3 ส่วน จากค่า SD_{MIN} และ SD_{MAX}	41
5.1 ภาพลายน้ำ.....	45
5.2 ภาพต้นฉบับที่ใช้ในการทดลอง.....	45
5.3 บล็อกตัวแทนบิตลายน้ำที่แบ่งออกเป็น 2 ระดับ.....	46
5.4 ภาพที่ได้จากการทดลองแบ่งค่าสัมประสิทธิ์ที่จุดกึ่งกลางของบล็อกตัวแทน บิตลายน้ำออกเป็น 2 ระดับ	47
5.5 บล็อกตัวแทนบิตลายน้ำที่แบ่งออกเป็น 3 ระดับ.....	50
5.6 ภาพที่ได้จากการทดลองแบ่งค่าสัมประสิทธิ์ที่จุดกึ่งกลางของบล็อกตัวแทน บิตลายน้ำออกเป็น 3 ระดับ	51
5.7 ภาพ Lenna หลังจากการฝังลายน้ำ โดยการฝังลายน้ำใช้ฟังก์ชัน เมื่อกำหนด $C_{MIN} = \{1,3,5,7,9,11,13\}$, $C_{MAX} = 30$, $k = 0$, $SD_{MIN} = 8$ และ $SD_{MAX} = 40$	56
5.8 แสดงภาพ Lenna ขนาด 128×128 หลังจากการฝังลายน้ำ โดยการฝังลายน้ำใช้ฟังก์ชัน เอ็กซ์โปเนนเชียลที่มีช่วง cutoff ที่ปรับเปลี่ยนเฉพาะพารามิเตอร์ C_{MAX}	60

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.9 ภาพ Lenna หลังจากการฝังลายน้ำ เมื่อกำหนด $C_{MIN} = 5$, $C_{MAX} = 30$, $SD_{MIN} = 8$, $SD_{MAX} = 40$ และ $k = \{-15, -10, -5, 0, 5, 10, 15\}$	64
5.10 ภาพ Lenna หลังการฝังลายน้ำเมื่อกำหนด $SD_{MIN} = \{2, 4, 6, 8, 10, 12, 14\}$, $C_{MIN} = 5$ $C_{MAX} = 30$, $k = 0$ และ $SD_{MAX} = 40$	68
5.11 ภาพ Lenna หลังจากการฝังลายน้ำ เมื่อกำหนด $SD_{MAX} = \{20, 30, 40, 50, 60, 70, 80\}$, $C_{MIN} = 5$, $C_{MAX} = 30$, $k = 0$ และ $SD_{MIN} = 8$	72
5.12 กราฟที่ใช้ในการกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ C	75