

การสังเคราะห์เชิง วิวัฒนาการของโปรแกรม ประมวลผลภาพเพื่อตรวจ แยกพื้นที่मानตา

อุกฤษฏ์ วัชรฤทัย

สาขาวิชาวิศวกรรมและเทคโนโลยี วิทยาลัยนานาชาติ
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



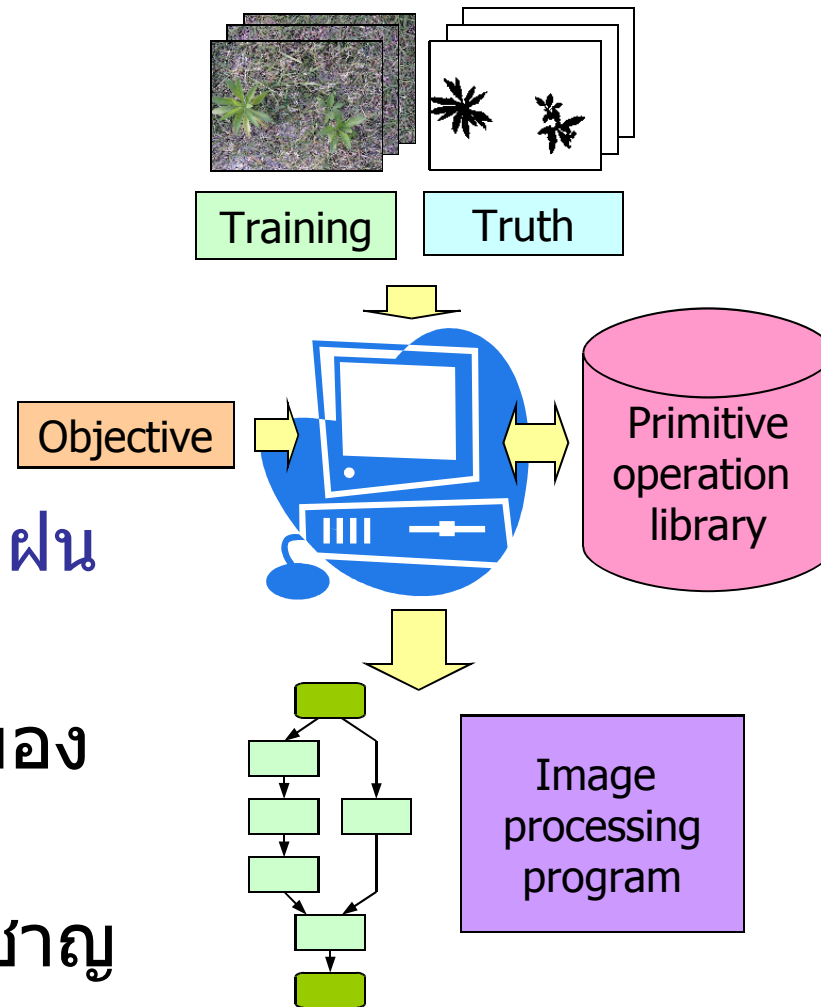
NECTEC-ACE 2010, September 23-24, 2010

- ปัญหาของการออกแบบโปรแกรมรู้จำวัตถุ
 - ต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญ (human experts)
 - ยากและต้องใช้เวลา
 - ผู้เชี่ยวชาญออกแบบโปรแกรมจากความรู้และประสบการณ์ของตนเอง
 - โปรแกรมบางรูปแบบที่มีศักยภาพอาจจะถูกละเลย

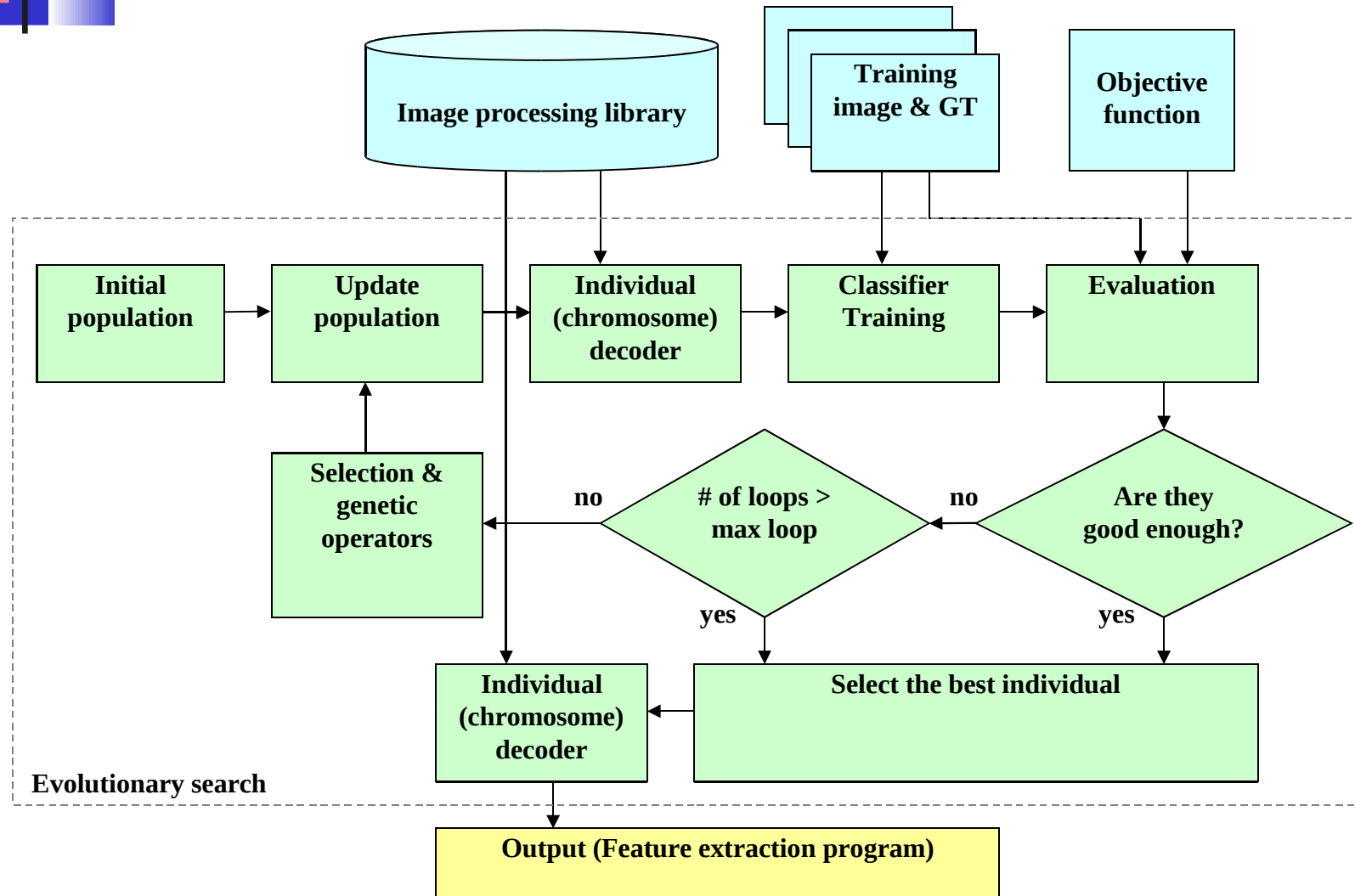


ระบบสังเคราะห์โปรแกรมอัตโนมัติ

- เปลี่ยนปัญหาการออกแบบโปรแกรมเป็นปัญหาค่าเหมาะที่สุด (optimization)
- ใช้การคำนวณเชิงวิวัฒนาการ (GA, GP)
- ข้อมูลเข้าได้แก่ ฐานข้อมูลฝึกฝน และ ฟังก์ชันจุดประสงค์
- ไม่ต้องการความรู้เฉพาะด้านของปัญหา
- ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องเป็นผู้เชี่ยวชาญ

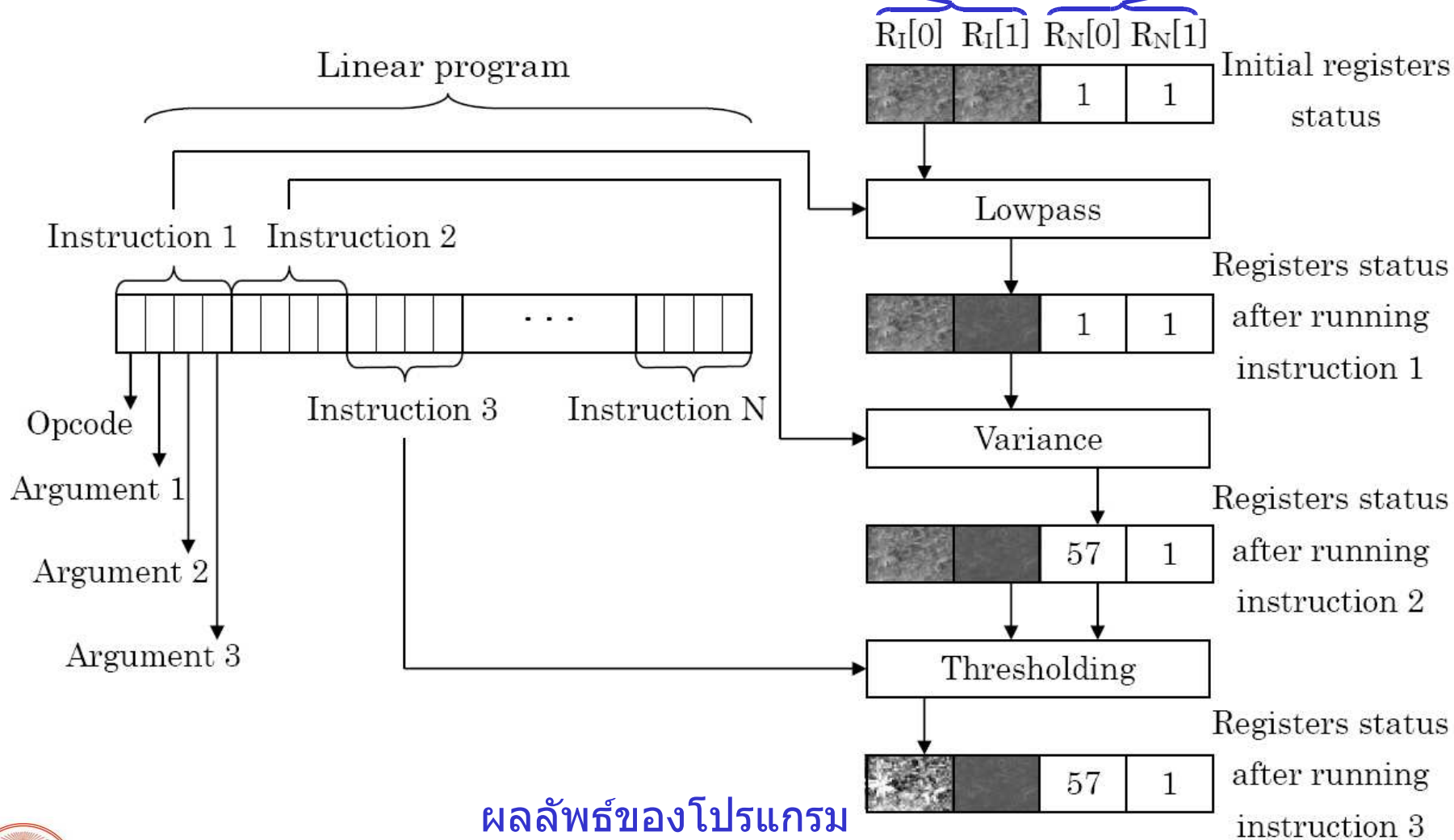


ภาพรวมของกระบวนการ วิวัฒนาการ

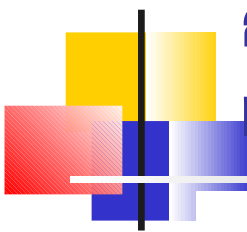


การโปรแกรมเชิงพันธุกรรมเชิงเส้น (Linear genetic programming)

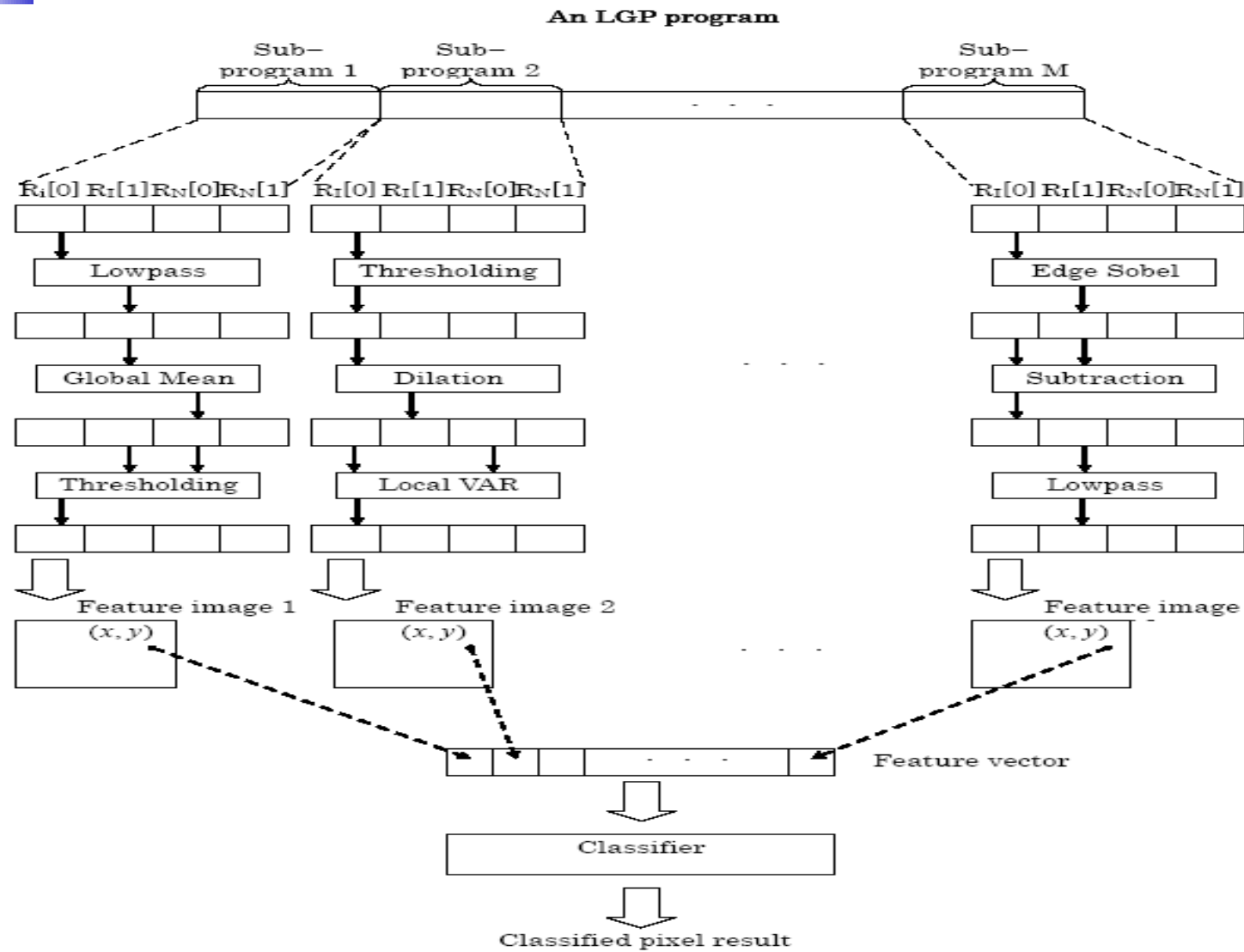
รีจิสเตอร์แบบภาพ รีจิสเตอร์ตัวเลข



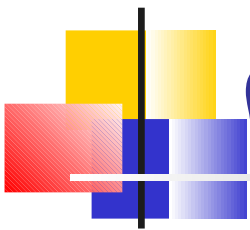
การสังเคราะห์เชิงวิวัฒนาการของโปรแกรมประมวลผลภาพเพื่อตรวจแยกพื้นที่



การแทนแบบโครงสร้างย่อย (sub-program representation)



การสังเคราะห์เชิงวิวัฒนาการของโปรแกรมประมวลผลภาพเพื่อตรวจแยกพื้นที่



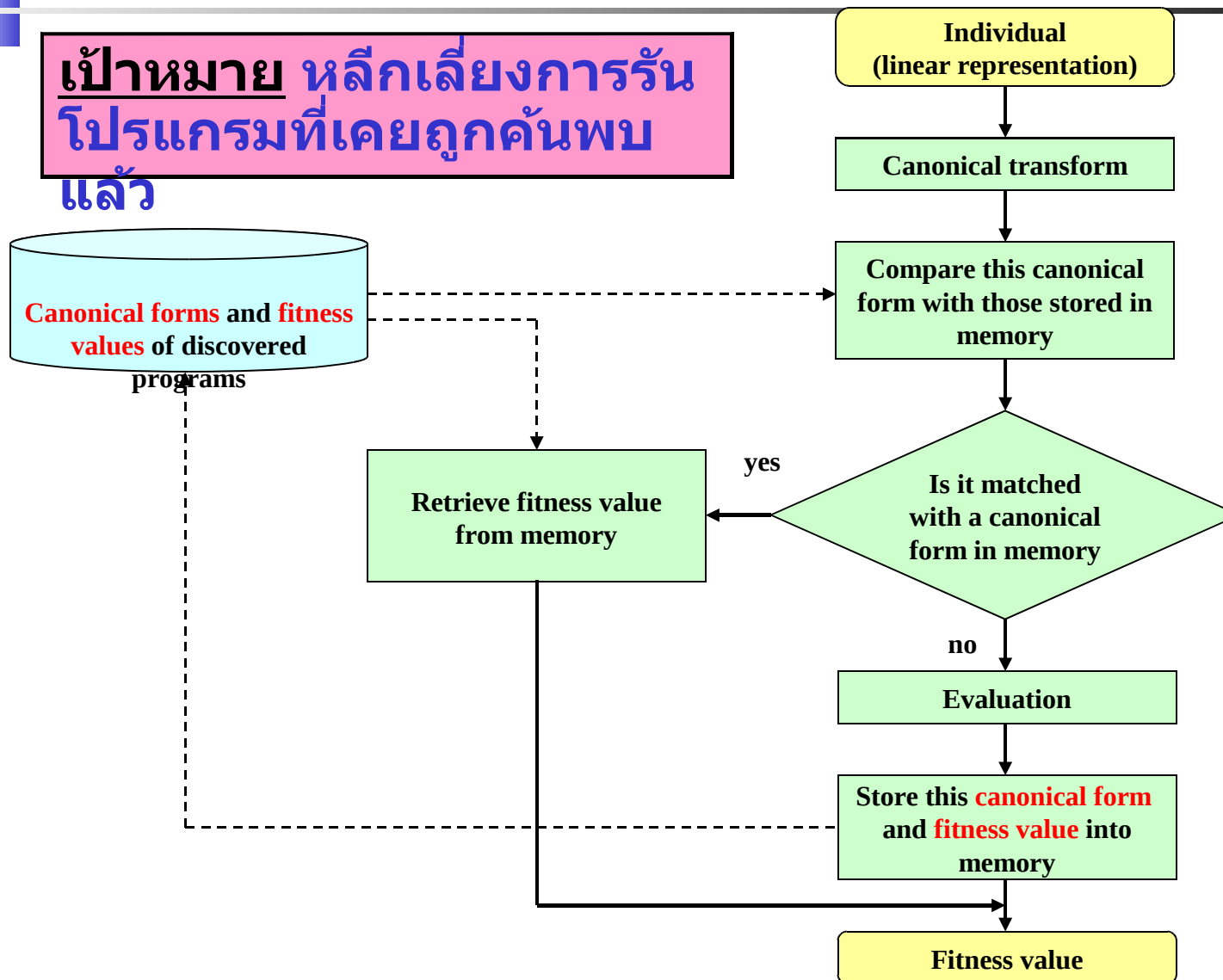
ตัวดำเนินการมูลฐานที่ใช้

One-input operations	Two-input operations
image → image highpass filter Sobel operation image negative mean thresholding entropy thresholding histogram equalization conversion to RGB model conversion to CMY model conversion to YIQ model conversion to HSV model conversion to HSI model conversion to XYZ model conversion to LAB model image → real value global mean global variance global STD global skewness global kurtosis global maximum global minimum global median global mode global range global entropy	image, image → image image addition image subtraction image, real value → image lowpass filter median filter morphological dilation morphological erosion morphological opening morphological closing local histogram equalization thresholding local variance local skewness local kurtosis local maximum (max filter) local minimum (min filter) local mode local range local entropy copy a color band

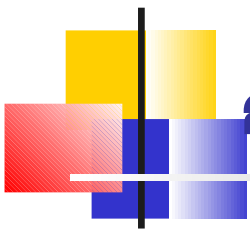


การค้นคืนค่าความเหมาะสม (Fitness retrieval)

เป้าหมายหลักคือการรัน
โปรแกรมที่เคยถูกค้นพบ
แล้ว



การสังเคราะห์เชิงวิวัฒนาการของโปรแกรมประมวลผลภาพเพื่อตรวจแยกพื้นที่



การค้นคืนค่าความเหมาะสม (Fitness retrieval)

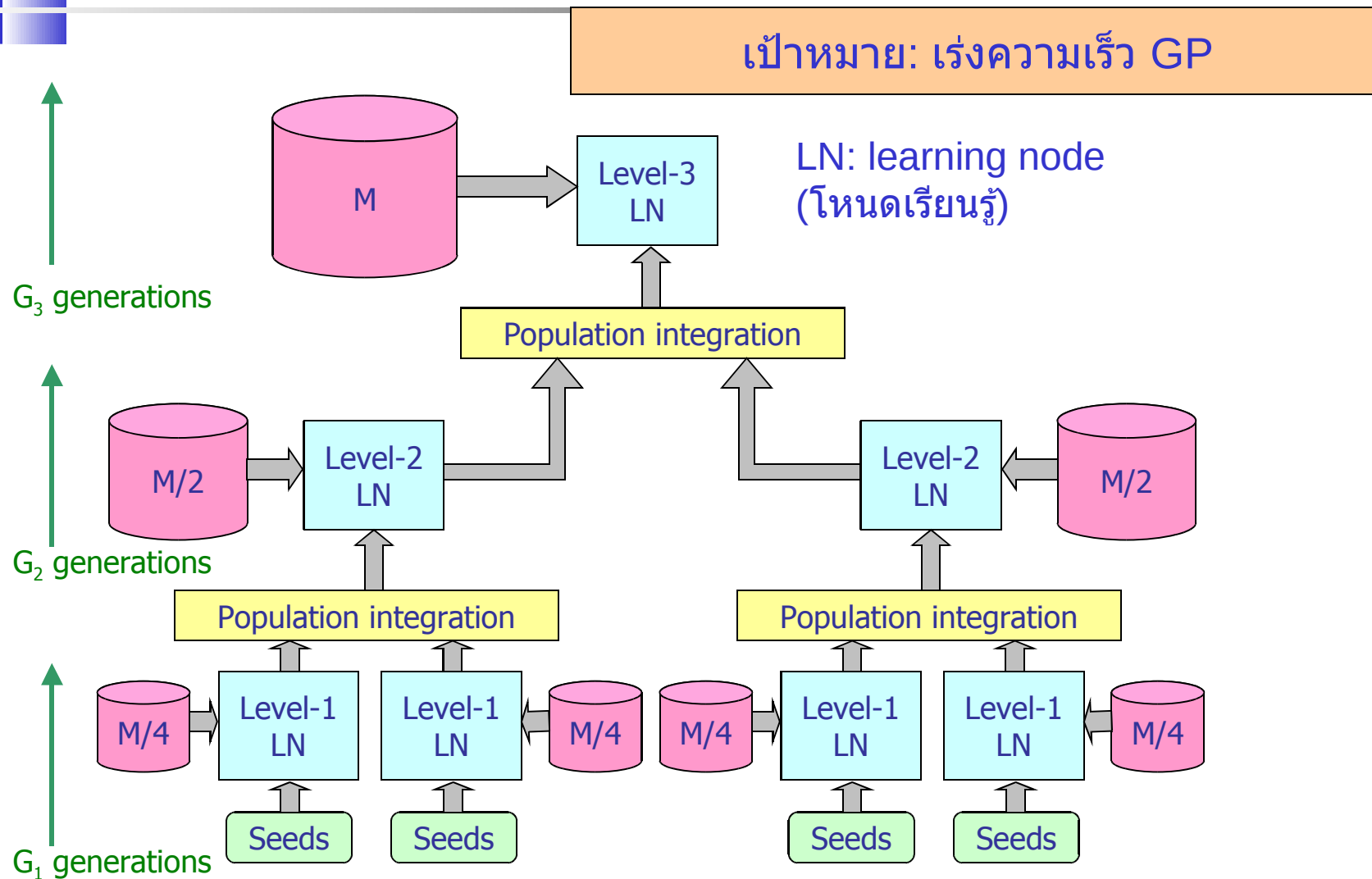
เวลาการประมวลผล (วินาที)

Tournament size	2	5	10
Genetic operations	0.131	0.135	0.108
Canonical transformation	0.287	0.215	0.235
Necessary evaluation	1399.032	1219.620	1046.911
Wasteful evaluation	4600.058	5009.844	4670.332
Conventional LGP	6000.222	6229.600	5717.352
LGP with fitness retrieval	1399.451	1219.971	1047.255
Reduction rate	76.67%	80.41%	81.68%
# of RDD (%)	3799.69 (75.99%)	4007.30 (80.15%)	4079.96 (81.60%)



การสังเคราะห์เชิงวิวัฒนาการของโปรแกรมประมวลผลภาพเพื่อตรวจแยกพื้นที่

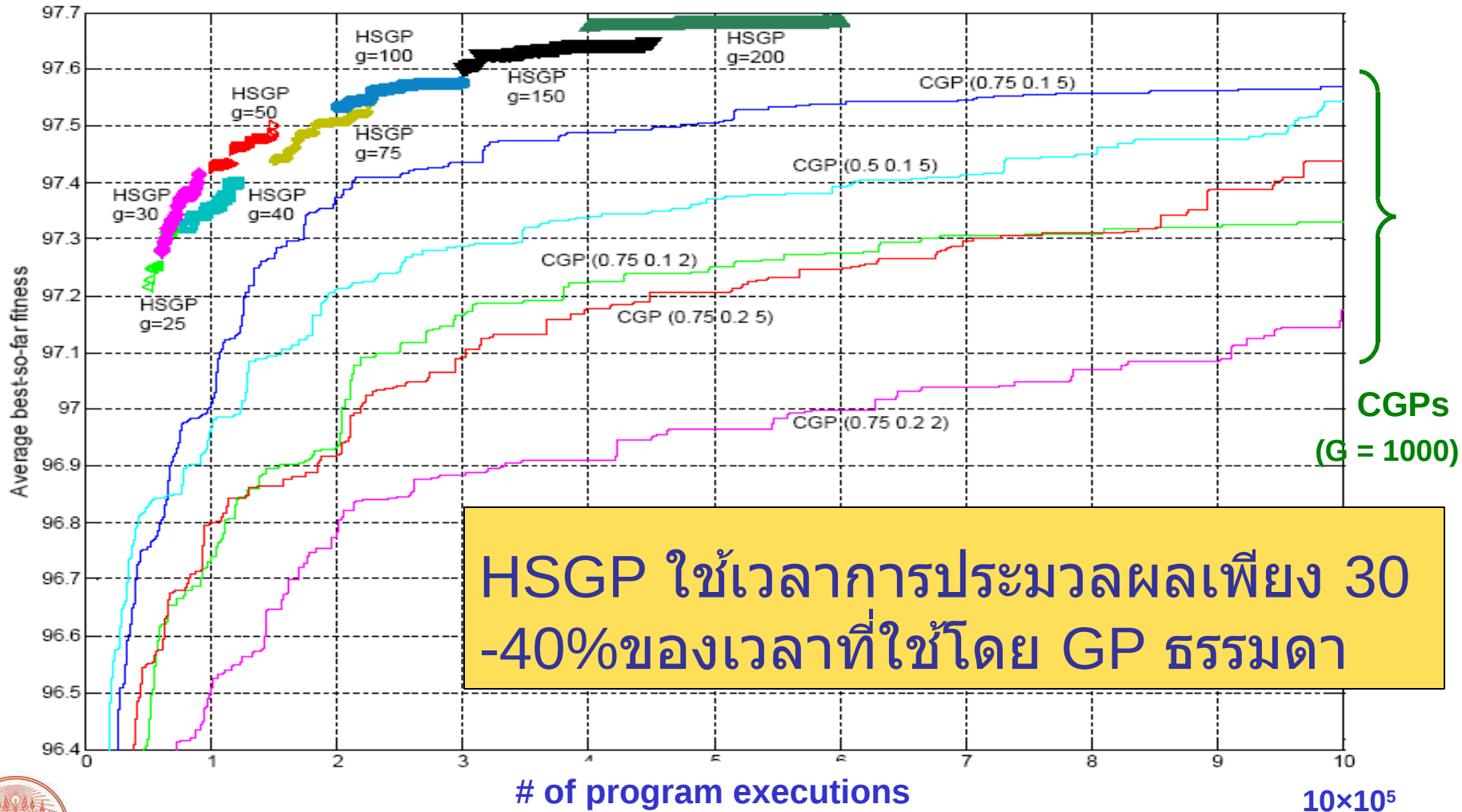
Hierarchical structure GP (HSGP)



เปรียบเทียบเวลาการประมวลผล HSGP v.s. GP

Fitness

HSGP

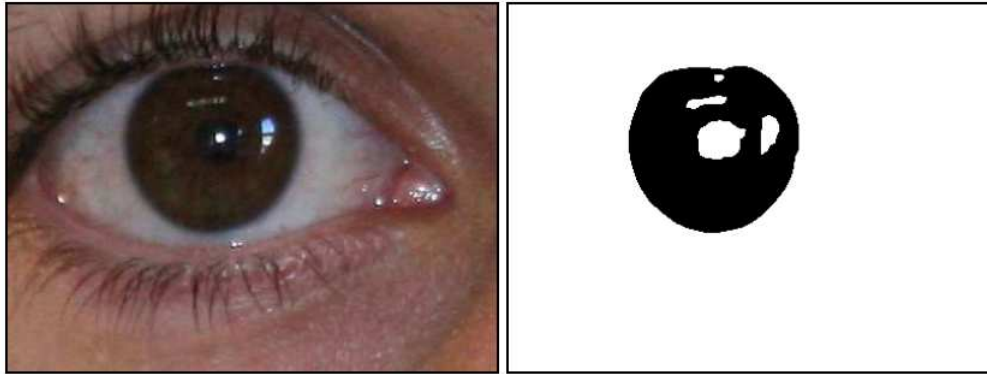


HSGP ใช้เวลาการประมวลผลเพียง 30-40% ของเวลาที่ใช้โดย GP ธรรมดา



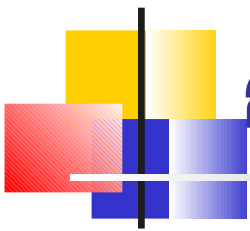
การสังเคราะห์เชิงวิวัฒนาการของโปรแกรมประมวลผลภาพเพื่อตรวจแยกพื้นที่

การตรวจแยกพื้นที่ม่านตา



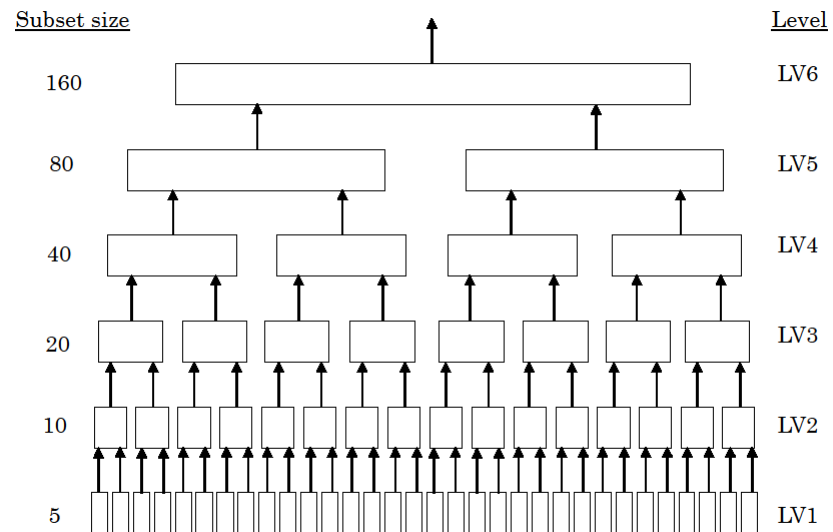
- การแข่งขันขั้นตอนวิธีตรวจแยกพื้นที่ม่านตา NICE.I : Noisy Iris Challenge Evaluation – Part I
- มีฐานข้อมูลฝึกฝน 500 ภาพพร้อมทั้ง ภาพบริเวณม่านตา ซึ่งถูกตรวจแยกโดยมนุษย์
- ทำการวัดผลบน ฐานข้อมูลทดสอบซึ่งไม่เปิดเผย
- ใช้ segmentation error เป็นตัวชี้วัดหลัก
- มีผู้ส่งโปรแกรมแข่งขัน 27 ราย จาก 14 ประเทศทั่วโลก



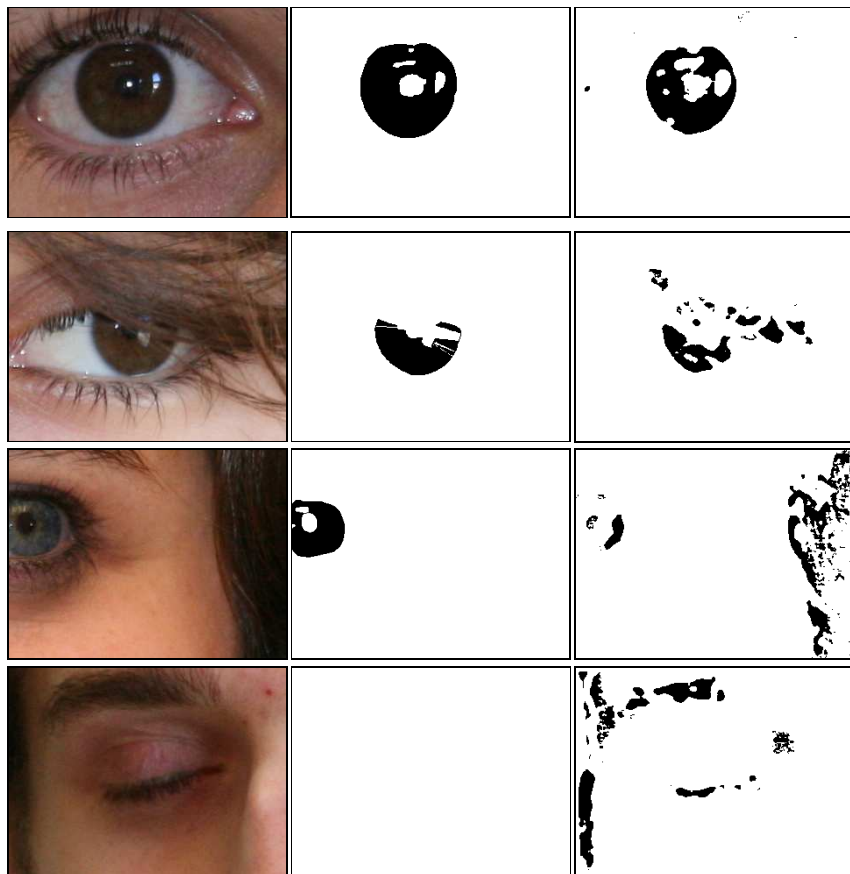


การตรวจแยกพื้นที่मानตา

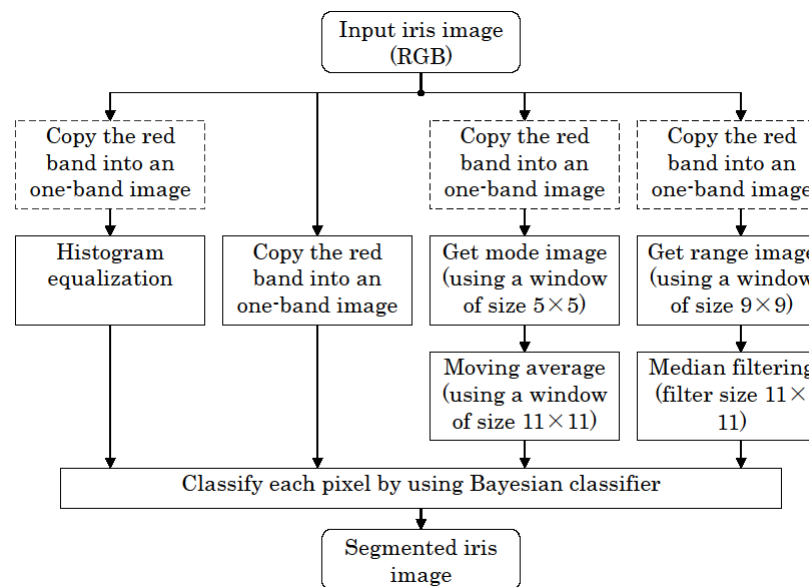
- สังเคราะห์โดยใช้ HSGP แบบ 6 เลเวล
- โหนดเรียนรู้ชั้นล่างสุดเรียนจากภาพ 5 ภาพ
- โหนดเรียนรู้ชั้นบนสุด ใช้ 160 ภาพ
- 4 ลักษณะเด่น (โปรแกรมย่อย)
- ขนาดภาพ 300×400 จุดภาพ
- 57 ตัวดำเนินการมูลฐาน
- ใช้ segmentation accuracy เป็น ฟังก์ชันจุดประสงค์



ผลการตรวจแยกพื้นที่ม่านตา

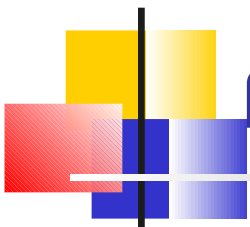


Input Ground truth Output



	FP	FN	ERROR
Training set (500 images)	0.01	0.559	0.050
Unknown test set	0.19	0.605	0.052 (17 th from 27)





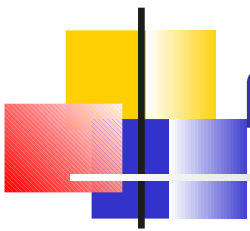
ผลการตรวจแยกพื้นที่มานานตา

Rank	ERROR
1	0.0130
2	0.0160
3	0.0180
4	0.0220
5	0.0280
6	0.0290
7	0.0300
8	0.0305
9	0.0320
10	0.0340

Rank	ERROR
11	0.0341
12	0.0410
13	0.0415
14	0.0480
15	0.0490
16	0.0500
17	0.0520
18	0.0560
19	0.0580
20	0.0750

Rank	ERROR
21	0.0790
22	0.0890
23	0.0900
24	0.1220
25	0.2770
26	0.9900
27	1.0000





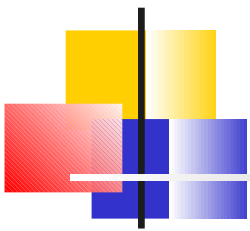
ผลการตรวจแยกพื้นที่มานานตา

- โปรแกรมตรวจแยกมานานตาจำนวนมากได้ถูกพิจารณา
 - กลุ่มประชากรถูกวิวัฒนาการรุ่นต่อรุ่น
 - โปรแกรมหลากหลายรูปแบบถูกพิจารณา (ไม่ขึ้นกับประสบการณ์ของผู้ออกแบบ)
- ทราบประสิทธิภาพที่แท้จริงของโปรแกรม
 - โปรแกรมที่ถูกพิจารณาได้ถูกวัดผลจริงๆ



- ระบบสังเคราะห์โปรแกรมเชิงวิวัฒนาการ
 - การโปรแกรมเชิงพันธุกรรมเชิงเส้น (Linear GP)
 - เป็นระบบอัตโนมัติ
 - เร่งความเร็วโดยใช้ Hierarchical structure GP และการค้นคืนค่าความเหมาะสม
- ผลการสังเคราะห์โปรแกรมตรวจแยกพื้นที่मानตา
 - โปรแกรมที่สังเคราะห์ได้ ให้ค่าความผิดพลาดเพียง 0.050 และ 0.052 สำหรับฐานข้อมูลฝึกฝน และฐานข้อมูลทดสอบตามลำดับ

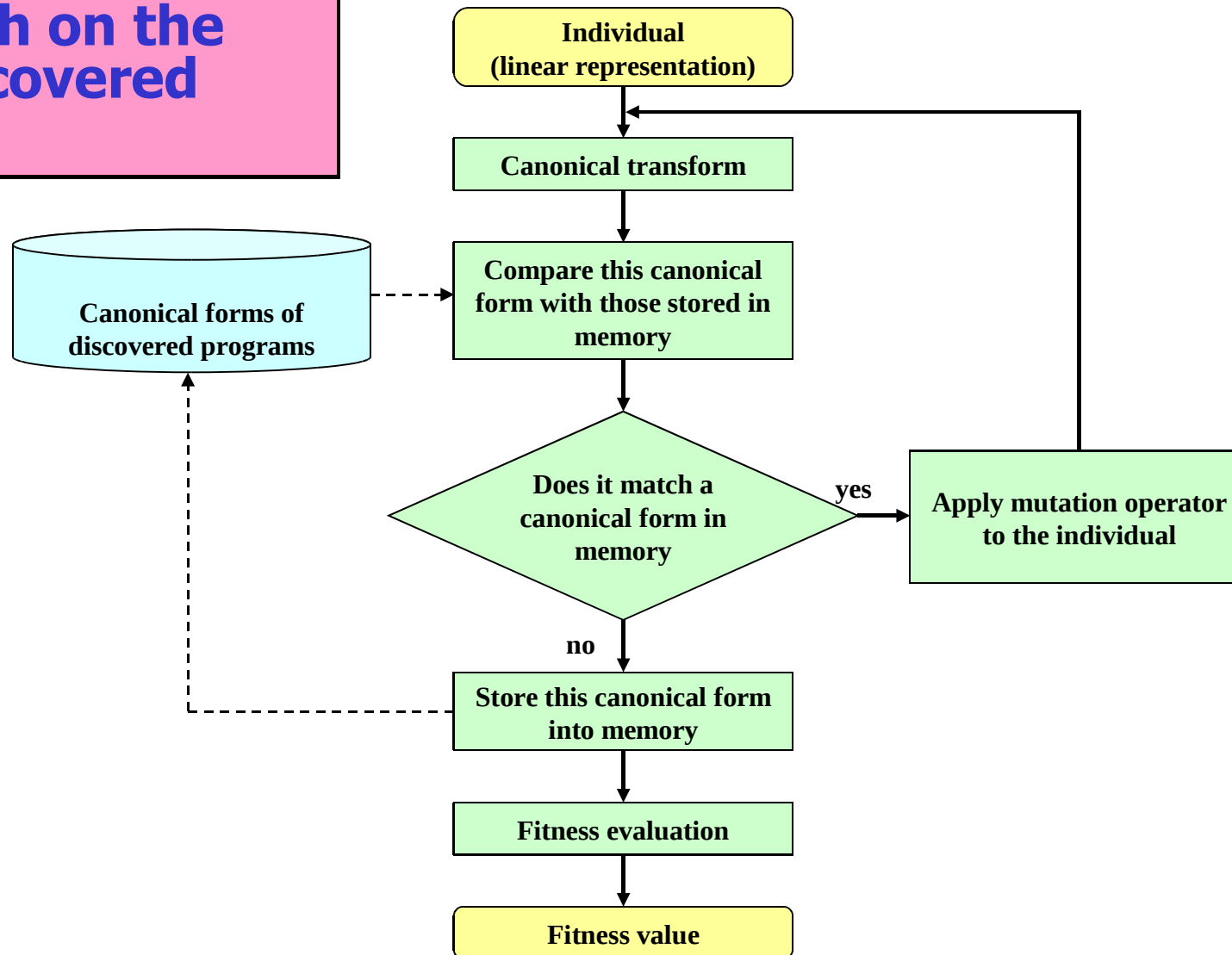




Q & A

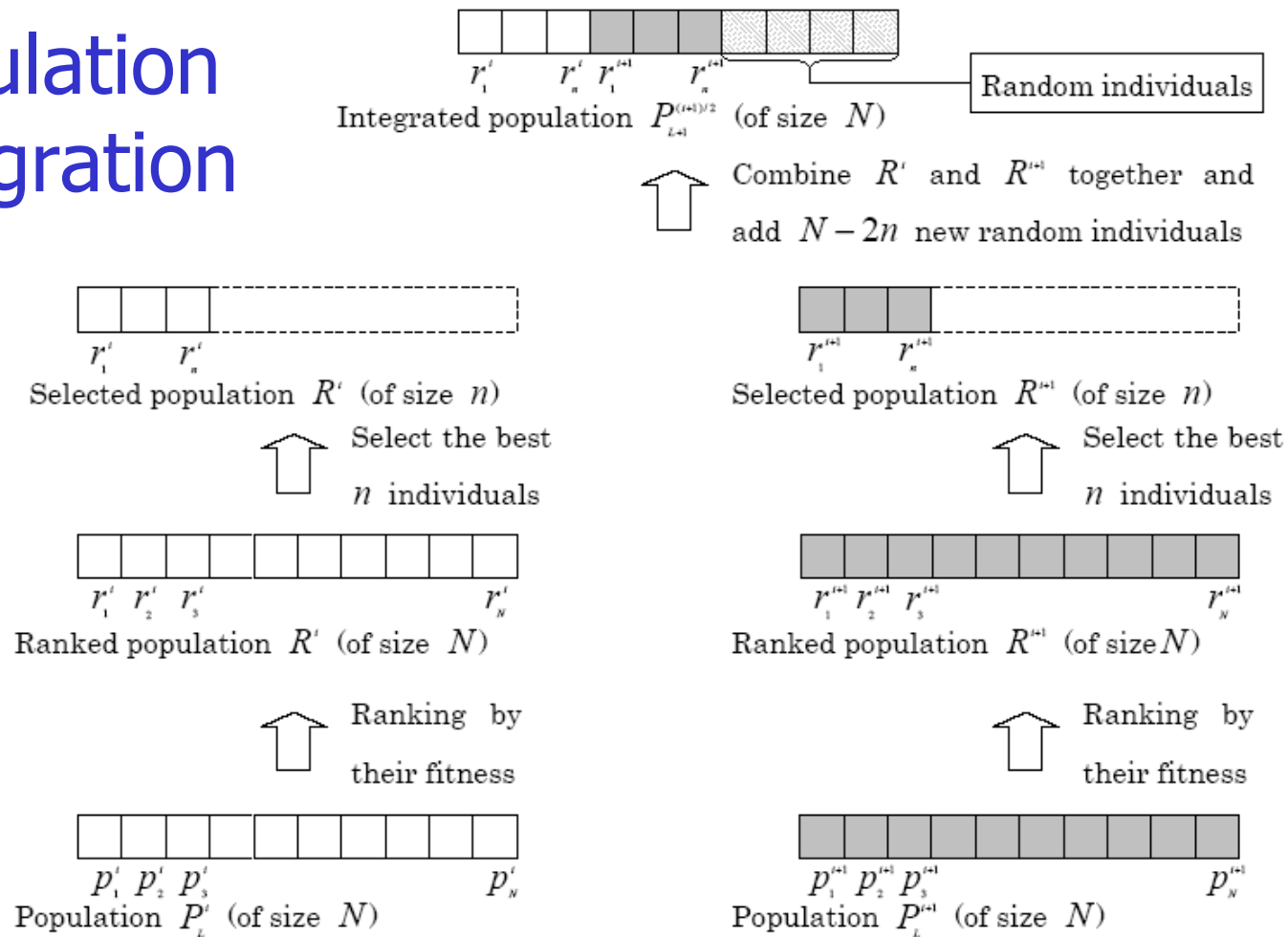
Prohibition of redundant individuals

Avoid search on the already discovered programs



The n-elitist method

Population integration

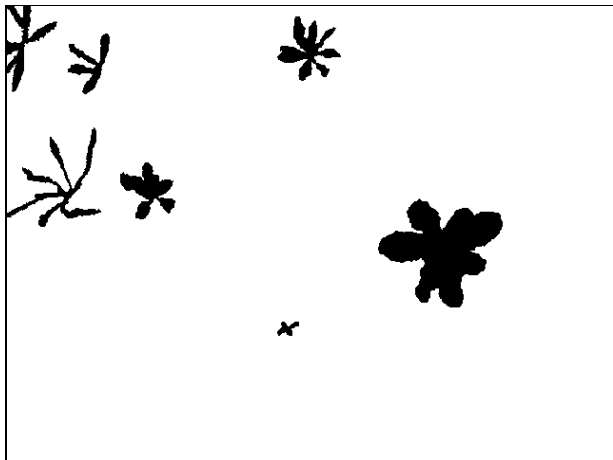


The n-elitist method

ปัญหาการตรวจจับวัตถุพืชในสนามหญ้า



Input



Ground truth

- Learned by LGP with prohibition of redundant individuals
- Two features
- 51 Pos (no color operations)
- Fitness function: segmentation accuracy (ACC)
- Population size=100, Max. gen. = 500
- Image size is 640×480
- 30 images
- Four human-designed methods: BC, MO, UA, SVM

ปัญหาการตรวจพบวชพชในสนาม

หน้า

Statistical test

- divided into 6 folds
- training: 1 fold
- validation: 5 folds
- 6 experiments

Ranking

(4 compared methods + 10 trials)

Test set #	1	2	3	4	5	6	AVG
BC	8	8	11	7	9	7	8.33
MO	4	2	2	3	3	2	2.67
UA	7	6	9	6	7	5	6.67
SVM	14	13	14	14	13	13	13.50
Trial #8	2	1	1	1	2	4	1.83
Trial #5	1	3	3	12	1	1	3.50
Trial #1	6	7	6	4	6	8	6.17

Segmentation accuracy (%)

Test set #	1	2	3	4	5	6	AVG	STD
BC	98.41	98.11	98.21	98.25	98.23	98.07	98.21	0.12
MO	98.60	98.40	98.49	98.50	98.46	98.33	98.46	0.43
UA	98.45	98.26	98.27	98.35	98.26	98.14	98.29	0.10
SVM	97.62	97.19	97.32	97.64	97.67	96.91	97.39	0.31
Trial #1	98.50	98.26	98.32	98.41	98.28	98.06	98.30	0.15
Trial #2	98.64	97.57	98.47	98.23	97.90	97.72	98.09	0.43
Trial #3	98.25	96.88	98.30	98.10	96.96	93.49	97.00	1.84
Trial #4	98.51	98.02	98.01	98.40	97.91	97.98	98.14	0.25
Trial #5	98.75	98.39	98.48	97.89	98.52	98.44	98.41	0.28
Trial #6	97.83	98.34	98.25	98.51	98.42	98.27	98.27	0.23
Trial #7	98.37	97.70	98.40	97.86	98.26	97.82	98.07	0.31
Trial #8	98.66	98.46	98.51	98.58	98.47	98.23	98.48	0.15
Trial #9	98.34	98.28	98.31	98.09	98.31	98.11	98.24	0.11
Trial #10	97.94	97.90	97.79	98.12	97.81	97.60	97.86	0.17

P-value of t-test (compare with trial #8)

BC	MO	UA	SVM
1.19×10^{-4} ✓	0.24	1.65×10^{-4} ✓	2.18×10^{-5} ✓