# การหาค่าความเหมาะสมของตัวแปรในระบบติดตามดวงอาทิตย์

# OPTIMIZE OF PARAMETER IN SOLAR TRACKING SYSTEM

สารัลย์ กระจง, จักรพงศ์ นาทวิชัย, ลัชนา ระมิงค์วงศ์ และ สุรนันท์ น้อยมณี

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200

E-mail: saran_ek@hotmail.com, juggapong@chiangmai.ac.th, lachana@eng.cmu.ac.th and suranan@chiangmai.ac.th

**บทคัดย่อ**

ปัจจุบันระบบติดตามดวงอาทิตย์จะใช้การควบคุมแบบระบบเปิดจากการคำนวณโดยอาศัยหลักการทางภูมิศาสตร์และเวลาในการกำหนดการติดตามดวงอาทิตย์ แต่ระบบดังกล่าวยังไม่มีความแม่นยำพอ เนื่องจากอาจเกิดข้อผิดพลาดจากการคำนวณตำแหน่งของดวงอาทิตย์ เครื่องจักร ระบบควบคุม และจากการติดตั้งได้ ดังนั้นวิธีพันธุศาสตร์ (Genetic Algorithms : GA) จึงเป็นวิธีการเพิ่มความแม่นยำให้กับระบบติดตามดวงอาทิตย์มากขึ้น โดยใช้ทฤษฎีของ woolf's ซึ่งจะทำให้ได้รับการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ได้ดีที่สุด แต่การทำให้เกิดความเหมาะสมจะต้องหาค่าตัวแปรของ GA ได้แก่ Population Size (Pop), Probability Mutation (PM), Probability Crossover (PC) ซึ่งในงานวิจัยได้ค่าความเหมาะสมของตัวแปรเป็น 30, 0.9 และ 0.1 ตามลำดับ ในการส่งผลต่อการทำงานได้ดีที่สุด สามารถเพิ่มค่าแรงดันไฟฟ้าได้มากขึ้นอีก 11.851% จากระบบเปิด

**คำหลัก:** วิธีการพันธุศาสตร์, ระบบการติดตามดวงอาทิตย์, วิธีการเชิงตัวเลข, การหาค่าความเหมาะสม.

**Abstract**

The current trend in solar concentrator tracking system is to use an open-loop local controller that computes the direction of the solar vector based on geographical location and time. But it not enough accuracy because it has error from computing the sun's position, mechanical, controller systems and installation. The genetic algorithms (GA) are one technique for optimization problems. In this research, GA is used to increase accuracy and efficiency of solar tracking system by always fine-tuning the position based on woolf's theory that receives maximum solar radiation for give optimization for cardiac care unit power system, so the system becomes on-line. The system will control machine to positions of each answer population from an initial set of random solutions and evaluate by measure voltage from sensor, then create the next generation by using crossover operator, mutation operator and selection. In the experimental, statistical method is used to find the best parameters of GA and optimize by Numerical method.

**Keywords:** GA, solar tracking system, Numerical method, Optimize.

## 1. บทนำ

พลังงานทดแทนที่มีบทบาทสำคัญในปัจจุบันคือพลังงานแสงอาทิตย์ เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่บนบริเวณที่เหมาะสม ดังนั้นระบบการติดตามดวงอาทิตย์จึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการนำมาใช้เพื่อให้ได้แรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ปัจจุบันแนวทางในการรวบรวมแสงอาทิตย์โดยใช้การติดตามแบบระบบเปิด (open loop) เป็นพื้นฐานของการควบคุม โดยอาศัยการคำนวณชี้ทิศทางแสงดวงอาทิตย์บนหลักวิชาภูมิศาสตร์, สถานที่ตั้งและเวลา แต่สิ่งเหล่านี้ยังไม่เพียงพอสำหรับความแม่นยำเพราะว่า สามารถที่จะเกิดข้อผิดพลาดจากปัจจัยดังกล่าวได้ ดังนั้นการแก้ไขปัญหาดังกล่าวคือ การใช้ระบบปิดในการควบคุมโดยใช้วิธี GA ในการหาคำตอบ เนื่องจากวิธีดังกล่าวเป็นวิธีในกลุ่มปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence : AI) และเป็นเทคนิคในการหาค่าความเหมาะสมที่ดีและรวดเร็ว โดยมีลักษณะการทำงานในการหาคำตอบแบบคู่ขนานเพื่อที่จะนำไปสู่การหาคำตอบที่ดีที่สุด เหมาะสำหรับการควบคุมในลักษณะงานแบบ real-time วิธี GA เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพและใช้กันอย่างแพร่หลายในงานวิจัยในด้านต่างๆ

การพัฒนาระบบการติดตามดวงอาทิตย์โดยใช้หลักการของ GA อย่างมีประสิทธิภาพจะต้องมีการหาค่าความเหมาะสมของตัวแปร ได้แก่ Population Size (Pop), Probability Mutation (PM), Probability Crossover (PC) เพื่อประโยชน์ในการควบคุมที่ดีที่สุด แต่ปัญหาหลักของการพัฒนาระบบคือ GA ยังมีการทำงานไม่เป็นเชิงเส้นส่งผลให้จานรับแสงทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ จึงไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ดีเท่าที่ควร ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เล็งเห็นความสำคัญของการพัฒนาระบบการติดตามดวงอาทิตย์โดยการนำเอาหลักการของวิธีการเชิงตัวเลขร่วมกับวิธีพันธุศาสตร์ มาใช้ในการพัฒนาระบบให้มีประสิทธิภาพ ซึ่งระบบดังกล่าวสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการเป็นแหล่งพลังงานทดแทนได้

CT-11

## 2. ทฤษฎีและวรรณกรรม

### 2.1 การคำนวณหาตำแหน่งของดวงอาทิตย์

วิธีการรวบรวมพลังงานจากดวงอาทิตย์สามารถที่จะทำนายตำแหน่งของดวงอาทิตย์โดยใช้วิธีการเวกเตอร์ที่มีลักษณะพิเศษ ในการติดตามสะสมพลังงานของดวงอาทิตย์ [1]

#### 2.1.1 มุมช่วงเวลา ($\omega$)

มุมช่วงเวลาคือระยะซึ่งเป็นมุมระหว่าง meridian ของผู้สังเกตและแนวระนาบของมุม meridian ของดวงอาทิตย์ (-180, 180 องศา) มุมช่วงเวลาจะเพิ่มขึ้น 15 องศาทุกชั่วโมง

$$(\omega) = 15\,(t_s - 12) \quad \text{(องศา)} \tag{1}$$

#### 2.1.2 สมการเวลา (EOT)

สมการของเวลา (EOT) คือความแตกต่างระหว่างความหมายเวลาเกี่ยวกับดวงอาทิตย์และเวลาที่แตกต่างกัน

$$EOT = 0.258\cos x - 7.416\sin x - 3.648\cos 2x - 9.228\sin 2x \quad \text{(นาที)} \tag{2}$$

เมื่อมุม X เป็นฟังก์ชันของจำนวนเวลา $N$

$$x = \frac{360(N-1)}{365.242} \quad \text{(องศา)} \tag{3}$$

#### 2.1.3 การแปลงเวลา

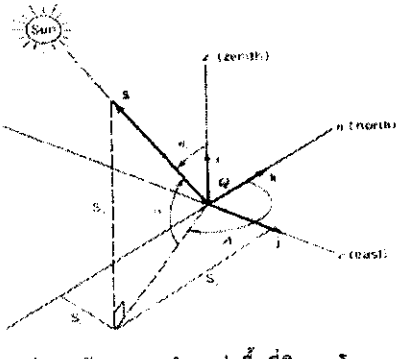
การแปลงระหว่างเวลาเกี่ยวกับดวงอาทิตย์ ($t_s$) และเวลานาฬิกาท้องถิ่น (LCT) ใน 24 ชั่วโมงดีกว่ารูปแบบ AM/PM

$$LCT = t_s - \frac{EOT}{60} + LC \quad \text{(ชั่วโมง)} \tag{4}$$

LC คือการตรวจแก้ระยะความยาวของพื้นผิวโลกที่จำกัดความได้ดังสมการดังต่อไปนี้

$$LC = \frac{(\text{localLongitude}) - (\frac{\text{longtitude_of_standard}}{\text{time_zone_meridain}})}{15} \quad \text{(ชั่วโมง)} \tag{5}$$

#### 2.1.4. Solar Altitude ( $\alpha$ ), Zenith ( $\theta$ ) and Azimuth Angles (A)

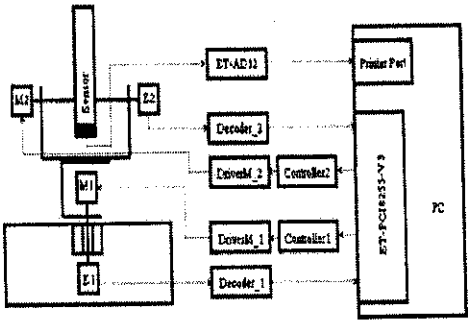



รูป 1 จุดรับแสงบนตำแหน่งพื้นที่ผิวของโลก

### 2.2 เครื่องจำลองระบบติดตามดวงอาทิตย์ (Solar Tracking Machine Model : STMM)

การติดตามดวงอาทิตย์ (แสดงดังรูปที่ 2) ในงานวิจัยนี้คือการเคลื่อนที่ตามมุมแอลติจูดและอะซิมุท โดยใช้พื้นฐานการหมุนเคลื่อนที่แบบ *2* แกน [2]

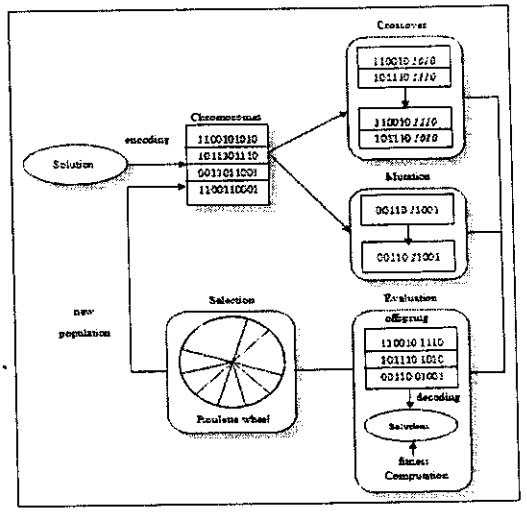
ขณะที่ STMM ทำงานโปรแกรมจะทำการกำหนดตำแหน่งการหมุนและจะได้ค่าการวัดแรงดันจาก sensor ที่ต่อจาก A/D Converter (ET-AD12) เพื่อใช้สำหรับแปลงสัญญาณจากอนาล็อกเป็นดิจิตอล ขนาด 12 บิท ขั้นตอนสุดท้ายคือการส่งข้อมูลต่างๆไปยังโปรแกรมผ่านพอร์ตพริ้นเตอร์ของเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการประมวลผลหาตำแหน่งของดวงอาทิตย์ต่อไป




รูปที่ 2 เครื่องจำลองระบบติดตามดวงอาทิตย์ (STMM)

### 2.3 การติดตามดวงอาทิตย์โดยใช้วิธีพันธศาสตร์ (GA)

เริ่มต้นเราต้องทำการเข้ารหัสของตัวแปรได้แก่มุมอะซิมุทและแอลติจูด ให้อยู่ในรูปของเลขฐาน 2 ความยาวของตัวอักษรจะทำให้เกิดความแม่นยำในการทำงาน จากนั้นดำเนินกระบวนการของวิธีการ GA ต่อไปดังรูป [3.4,5]




รูปที่ 3 การทำงานของโปรแกรม GA

## 3. วิธีการดำเนินงานวิจัยและสรุปผล

### 3.1. การหาค่าความเหมาะสมของตัวแปรสำหรับ GA

การหาปริมาณค่าความเหมาะสมสำหรับตัวแปรที่มีผลสำหรับ GA ได้แก่ ค่าคงที่ของ Population Size (Pop), Probability Mutation (PM), Probability Crossover (PC). [7]

ตัวแปรทั้ง 3 สามารถทำการศึกษาได้โดยกำหนดการเปลี่ยนแปลงที่ 3 ระดับในการทดลองแฟกต์ทรอเรียนดังต่อไปนี้

1. Population Size (Pop) สามารถกำหนดระดับของการทดลองทางสถิติเป็น 10, 30 และ 50

2. Probability Crossover (Pc) สามารถกำหนดระดับของการทดลองทางสถิติเป็น 0.1, 0.5 และ 0.9.

3. Probability Mutation (Pm) สามารถกำหนดระดับเหมือนกับ (PC) คือ 0.1, 0.5 and 0.9

### 3.1.1 สรุปผลการทดลอง

คำนวณผลการทดลองโดยใช้โปรแกรมทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลจากการออกแบบการทดลองได้ดังตารางที่ 1

ตาราง 1 การวิเคราะห์การแปรปรวนของแรงดันที่ได้จากการออกแบบการทดลองให้กับตัวแปร Pop, Pc and Pm การทดลองซ้ำแบบ 3'

| Source | DF | Seq SS | Adj SS | Adj Ms | F | P |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Pop | 2 | 88361 | 88361 | 44181 | 27.32 | 0.0 |
| Pc | 2 | 4649 | 4649 | 2325 | 1.44 | 0.255 |
| Pm | 2 | 2956 | 2956 | 1478 | 0.91 | 0.413 |
| Pop*Pc | 4 | 8965 | 8965 | 2241 | 1.39 | 0.265 |
| Pop*Pm | 4 | 12300 | 12300 | 3075 | 1.90 | 0.139 |
| Pc*Pm | 4 | 5016 | 5016 | 1254 | 0.78 | 0.551 |
| Pop*Pc*Pm | 8 | 30063 | 30063 | 3758 | 2.32 | 0.048 |
| Error | 27 | 43669 | 43669 | 1617 | | |
| Total | 53 | 195980 | | | | |

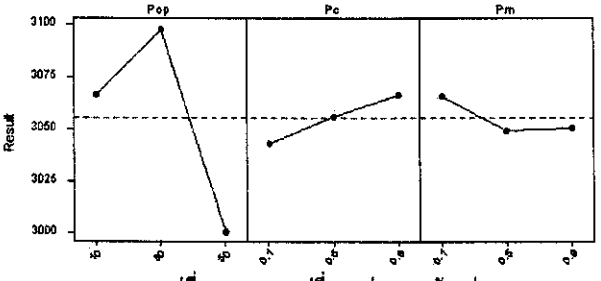
### 3.1.2. การวิเคราะห์ความแปรปรวน

การวิเคราะห์ความแปรปรวนจากสถิติ พบว่าตัวแปรทั้ง 3 มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

จากตัวแปรทั้ง 3 ระดับมีการทดลองซ้ำแบบ 3' แฟกต์ทอเรียนในการออกแบบให้ทำงาน 54 ครั้งในการทดลอง 3 ตัวแปรตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ข้อมูลการออกแบบหาค่าความเหมาะสมของตัวแปร

| Factors | Level | Value |
|---|---|---|
| Population Size (Pop) | 3 | 10, 30, 50 |
| Probability Crossover | 3 | 0.1, 0.5, 0.9 |
| Probability Mutation | 3 | 0.1, 0.5, 0.9 |




รูปที่ 4 แสดงการเปลี่ยนแปลงของตัวแปร

จากรูปที่ 4 ได้ค่าความเหมาะสมระดับปานกลาง (30) ของ population size ให้ค่าที่ดีที่สุด ต่อมาที่ค่าระดับสูงสุด (0.9) ของ probability crossover ให้ค่าที่ดีที่สุด และสุดท้ายที่ระดับต่ำสุด (0.1) ของ probability mutation ให้ค่าที่ดีที่สุด สามารถสรุปค่าความเหมาะสมดังตาราง 3

ตาราง 3 ค่าความเหมาะสมของตัวแปร GA

| Factors | Optimal factors |
|---|---|
| Population Size (Pop) | 30 |
| Probability Crossover (Pc) | 0.9 |
| Probability Mutation (Pm) | 0.1 |

### 3.2. การเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าที่ได้จาก STMM โดยใช้ GA และไม่ใช้ GA

ในการทดลองเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าที่ได้จาก STMM โดยใช้ GA และไม่ใช้ GA สามารถใช้การกำหนดสมมุติฐานในการทดสอบทางสถิติโดยใช้การทดลองหาค่าเฉลี่ยของแรงดันโดยวิธี Z-test.

### 3.2.1 สรุปผลการทดลอง

สมมุติฐานของการทดลองคือ

$H_0 : u_{GA} = u_{NonGA}$ และ $H_1 : u_{GA} > u_{NonGA}$

ตาราง 4 ค่าสถิติของข้อมูลแรงดันไฟฟ้า

| Groups | N | Mean | Std. dev | SE Mean |
|---|---|---|---|---|
| GA | 763 | 3132.1 | 150 | 5.4 |
| NonGA | 720 | 2924.9 | 127 | 4.7 |

จากตารางตัวอย่างสองการทดลองของ $n_{GA}$= 763 และ $n_{NonGA}$ = 720 สังเกตุได้ว่าสามารถแปลค่าเฉลี่ยได้ $mean_{GA}$ = 3132.1 และ $mean_{NonGA}$ = 2924.9, S2 $Non_{GA}$ = 16141.8.

จากค่าทางสถิติตาราง Z-test หาค่าดังกล่าวได้ $Z_{0.05}$ = 1.645 ดังนั้นจึงไม่มีผลกับสมมุติฐานสามารถปฏิเสธได้

สุดท้ายสามารถสรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยของการใช้ GA ดีกว่าค่าเฉลี่ยของการไม่ใช้ GA ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

จากตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยของแรงดันไฟฟ้า STMM ที่ไม่ใช้ GA คือ 2924.9 และค่าเฉลี่ยของแรงดันที่ใช้ GA คือ 3132.1 แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยของแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ GA มากกว่า 207.23 หรือ 7.084%

## 4. สรุป

1. เครื่องจำลองการติดตามดวงอาทิตย์ (STMM) ที่ใช้ในการทดลองสามารถเคลื่อนที่ตามแกนอะซิมุทเท่ากับ 0.045 องศา และแกนแอลติจูดเท่ากับ 0.036 องศาในความแม่นยำตามลำดับ

2. เราสามารถสรุปแรงดันจากช่วงเวลา 10.00 - 16.00 นาฬิกา เพราะไม่มีผลกระทบกับแรงดันไฟฟ้าของเซ็นเซอร์ที่สร้างจากโซลาเซลล์

3. ค่าความเหมาะสมของตัวแปร GA คือค่าระดับกลาง (30) ของ population size (Pop), ค่าระดับสูง 0.9 ของ probability crossover (Pc) และ ค่าระดับต่ำ 0.1 ของ probability mutation (Pm) ส่งผลต่อการทำงานที่ดีที่สุดในระบบติดตามดวงอาทิตย์

4. จากการทดลองระบบปิดโดยใช้วิธี GAได้ค่าเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้น 7.084 % และได้ค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุด 11.851% จากระบบเปิด

5. วิธีการแก้ปัญหาความผิดพลาดของการใช้วิธี GA ทางผู้วิจัยขอเสนอวิธีการเชิงตัวเลขร่วมกับ GA เนื่องจากวิธีการทั้งสองเป็นวิธีการที่สามารถทำการควบคุมการเคลื่อนที่ให้เป็นเชิงเส้นตามทิศทางการโคจรของดวงอาทิตย์ได้ดี ดังนั้นจะทำให้ระบบการติดตามดวงอาทิตย์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถนำพลังงานไปใช้ได้มากที่สุด

6. วิธีการแก้ไขปัญหาด้วยวิธีการเชิงตัวเลขร่วมกับ GA กำลังอยู่ในขั้นตอนการวิจัยและพัฒนาถ้าขั้นตอนดังกล่าวเสร็จสิ้นจะสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพทำให้ระบบการติดตามดวงอาทิตย์มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ และหน่วยวิจัยคอมพิวเตอร์ประยุกต์สำหรับวิศวกรรมชีวการแพทย์ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ทางด้านเครื่องมืออุปกรณ์ในการดำเนินงานวิจัย และสุดท้ายขอขอบคุณรองศาสตราจารย์ ดร. สุรนันท์ น้อยมณี อาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้ให้คำแนะนำเกี่ยวกับงานวิจัยด้วยดีมาโดยตลอด

## เอกสารอ้างอิง

[1] William. B.S., Michael. G. "Power from the Sun". Retrieved on June 1, 2006.

[2] Woolf, H. M. "On the Computation of Solar Evaluation Angles and the Determination of Sunrise and Sunset Times", National Aeronautics and Space Administration Report NASA TM- X -164, USA, 1968.

[3] Khlaichom,P. and Sonthipermpoon, K. "Optimization of solar tracking system base on genetic algorithms." E-NETT 3rd Conference,Thailand, 2007.

[4] Gen, M. and Cheng, R. "Genetic Algorithms and Engineering Design". John Wiley and Sons. NewYork, USA. 1997.

[5] Goldberg, D.E. "Genetic Algorithms in Search Optimization and Machine Learning". Addison Wesley, Massachusetts, 1989.

[6] Richard L,Burden and J. Douglas Faires. "Numerical Analysis" (5th ed.).,PWSPUBLISHING, USA, 1993.

[7] Montgomery, DC. "Design and analysis of Experiments" (4th ed.). John Wiley and Sons, 1997.

## ประวัติผู้เขียนบทความ

**นายสารัณย์ กระจง**
นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
**งานวิจัยที่สนใจ**
Biomedical Engineering, Optimal Control

**อ. ดร. จักรพงศ์ นาทวิชัย**
อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
**งานวิจัยที่สนใจ**
Database systems, Data Mining, Information Systems.

**อ.ดร.สัชนา ระมิงค์วงศ์**
อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
**งานวิจัยที่สนใจ**
Database systems, Data Mining, Information Systems.

**รศ. ดร. สุรนันท์ น้อยมณี**
อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
**งานวิจัยที่สนใจ**
Electronic Engineering, Biomedical Engineering, Digital System Design, Wireless Network Design