

## การออกแบบและพัฒนาเครื่องหาจุดศูนย์ถ่วงแบบพกพาสำหรับรถยนต์

## Design and Development of the Portable Center of Gravity Finder for the Vehicle

ณรงค์กร เติญหลักคำ\*

สถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ (องค์การมหาชน) กระทรวงกลาโหม ชั้น 4 อาคารสำนักงาน

ปลัดกระทรวงกลาโหม (แจ้งวัฒนะ) 47/433 หมู่ 3 ต.บ้านใหม่ อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี 11120

\*ผู้ติดต่อ: โทรศัพท์: 02 980 6688 หรือ 089 782 9583

E-mail: narongkorn.d@dti.or.th

**บทคัดย่อ**

บทความวิจัยนี้เสนอการออกแบบและพัฒนาเครื่องหาจุดศูนย์ถ่วง (CG, Center of Gravity) แบบพกพาสำหรับรถยนต์ขนาดไม่เกิน 40 ตัน เนื่องจากทางส่วนงานมีความจำเป็นต้องใช้เครื่องมือวัดและตรวจสอบในการออกแบบติดตั้งสัมภาระต่างๆบนรถยนต์ โดยเครื่องมือต้องสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวกกรณีตรวจวัดนอกสถานที่ ทางผู้วิจัยจึงได้ออกแบบโดยการใช้หัววัดน้ำหนัก (Load-cell) ทำงานร่วมกับโปรแกรมการหาจุดศูนย์ถ่วงซึ่งเขียนโดยโปรแกรม Visual C# ซึ่งจะทำให้การวัดน้ำหนักตามขั้นตอนของโปรแกรมที่เขียนไว้แล้วคำนวณน้ำหนักของรถแต่ละล้อพร้อมกับน้ำหนักรวมของตัวรถและตำแหน่งของจุดศูนย์ถ่วงตามแนวแกน x, y, z หลังจากได้ออกแบบพัฒนาและทำการทดสอบการวัดแล้วสามารถใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ มีความผิดพลาดน้อยกว่า  $\pm 10$  cm. ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้และมีความสะดวกในการใช้งานสามารถใช้นอกสถานที่ได้ รวมทั้งยังเป็นการพัฒนาอย่างยั่งยืน และทำให้ประหยัดงบประมาณได้เป็นจำนวนมากเพราะเป็นการออกแบบและพัฒนาเองทั้งหมดภายในประเทศ

**คำหลัก:** เครื่องหาจุดศูนย์ถ่วงแบบพกพา**Abstract**

This paper presents the design and development of the portable of the center of gravity finder for a vehicle weighted less than and equal to 40 tons. It is necessary to use a tool to measure and verify the design of the equipment on the vehicles. The tool must be able to be transported easily in order to be used anywhere. This is the design to measure the weight by load-cell, working with the program to find the center of gravity, which is programmed based on Visual C# language. The system then measures the weight following the steps of the programming. The computed quantities are as follows, the weight of the vehicle for each wheel, the total weight of vehicle, and the center of gravity on a axis of x, y, z. After designing, developing, and testing, the capability of measurement can be set in average as intended and error less than and equal to  $\pm 10$  cm, and certainly the system can be used anywhere as well as sustainable development and cost since this system is developed in house.

**Keywords:** The portable of the center of gravity

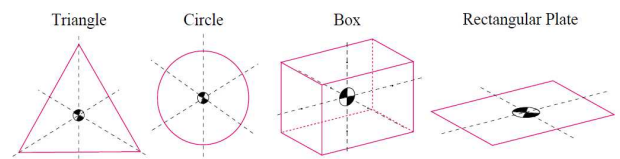
## 1. บทนำ

ตามที่ส่วนงานวิศวกรรมเครื่องกลและอากาศยาน สถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ มีแผนงานที่ต้องสนับสนุนโครงการต่างๆ ตามแผนแม่บทและทางส่วนงาน มีความจำเป็นต้องใช้เครื่องหาจุดศูนย์ถ่วงแบบพกพา สำหรับรถยนต์บรรทุกทุกสปีด ขนาดไม่เกิน 40 ตัน เพื่อใช้ออกแบบและตรวจวัดหาจุดศูนย์ถ่วง ซึ่งทางส่วนงานได้ประสบปัญหาเกี่ยวกับเครื่องมือต่างๆ ในบางขั้นตอน เช่น ขั้นตอนการออกแบบตัวรถ การออกแบบการติดตั้งสัมภาระ การตรวจสอบน้ำหนักและการหาจุดศูนย์ถ่วงของรถยนต์และอุปกรณ์ต่างๆ ทำให้มีคำถามเกี่ยวกับจุดศูนย์ถ่วงของรถยนต์อยู่บ่อยครั้ง ซึ่งทีมงานก็ไม่สามารถตรวจวัดค่าจริงๆ ออกมาได้ แต่ถ้าหากซื้อเครื่องมือนี้โดยเฉพาะมาใช้ก็จะมีราคาที่สูงเนื่องจากเป็นเครื่องมือสำหรับรถยนต์บรรทุกทุกขนาดใหญ่ต้องใช้เครื่องวัดน้ำหนัก (Loadcell) ขนาดใหญ่หรือใช้หลายหัววัด และเป็นค่าโปรแกรม (Software) ของยี่ห้ออื่นๆ ด้วย รวมทั้งไม่คุ้มค่าการลงทุนเพราะไม่ใช่ว่าการผลิตรถยนต์ที่มีปริมาณมาก เช่น โรงงานผลิตรถยนต์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เริ่มศึกษาจากการวัดน้ำหนักและการหาจุดศูนย์ถ่วงของรถบรรทุกทุกขนาดใหญ่ [1,2] เพื่อนำมาออกแบบและพัฒนาเครื่องหาจุดศูนย์ถ่วงแบบพกพาสำหรับรถยนต์โดยออกแบบอุปกรณ์ เครื่องวัด รวมถึงเขียนโปรแกรมสำเร็จรูปด้วยโปรแกรม Visual C# โดยเครื่องวัดนี้สามารถหาจุดศูนย์ถ่วงได้ทั้งสามแกนบนแกน x, y, z และมีความสะดวกต่อการใช้งาน สามารถใช้งานนอกสถานที่ได้ ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ทีมนักวิจัยต้องการ

## 2. การหาจุดศูนย์ถ่วงของวัตถุแบบทั่วไป

จุดศูนย์ถ่วงของวัตถุ คือคุณสมบัติของวัตถุนั้นๆ ซึ่งจะแตกต่างกันรูปร่าง ลักษณะ หรือรูปทรงของตัววัตถุนั้นๆ โดยค่า CG จะเป็นตำแหน่งโดยเฉลี่ยของจุดรวมน้ำหนักของวัตถุ ซึ่งจะเป็นจุดที่น้ำหนักของวัตถุทั้งหมดผ่านจุด CG นี้ ดังนั้นการคำนวณหาจุด CG จึงมีความสำคัญมากในการออกแบบทางวิศวกรรมต่างๆ ล้วนแล้วต้องคำนึงถึงจุดศูนย์ถ่วงทั้งนั้น โดยมีวิธีคำนวณหาดังนี้

2.1) การหาจุดศูนย์ถ่วงของวัตถุที่มีรูปทรงเรขาคณิตและสมมาตร สามารถหาจุดศูนย์ถ่วงได้ง่ายโดยให้หลักคณิตศาสตร์ง่ายๆ ดังรูปที่ 1 สามารถหาจุดศูนย์ถ่วงได้ โดยอาจใช้วิธีง่าย เช่น ตัดกระดาษหรือทำแบบจำลอง แล้วพับหรือขีดเส้นหาจุดศูนย์ถ่วง หรือแขวนวัตถุในมุมที่ต่างกันแล้วลากเส้นที่น้ำหนักผ่าน จุดที่ตัดกันคือจุด CG ของวัตถุ หรือสร้างแบบจำลองโดยโปรแกรมสำเร็จรูปแล้วหาจุด CG เช่นโปรแกรม SolidWork



รูปที่ 1 จุดศูนย์ถ่วงรูปทรงเรขาคณิต

2.2) การหาจุดศูนย์ถ่วงของวัตถุที่รูปทรงไม่เป็นเรขาคณิตและไม่สมมาตร [3,4] สามารถคำนวณหาจุดศูนย์ถ่วงของวัตถุใดๆ ได้ดังนี้

$$CG * W = \int x dw \quad (1)$$

จาก  $W = m * g$  และ  $m = \rho * V$  จะได้

$$\begin{aligned} CG * W &= \int x d(m * g) \\ &= \int x d(\rho * V * g) \\ &= \iiint x * g * \rho(x, y, z) dx dy dz \end{aligned}$$

ดังนั้นจะได้จุดศูนย์ถ่วงของวัตถุใดๆ ดังนี้

$$CG = \frac{x * g}{W} \iiint \rho(x, y, z) dx dy dz \quad (2)$$

|       |        |                                |
|-------|--------|--------------------------------|
| เมื่อ | CG     | Center of Gravity              |
|       | W      | Total weight                   |
|       | x      | Distance from a reference line |
|       | m      | Mass                           |
|       | g      | Gravitational constant         |
|       | $\rho$ | Density                        |
|       | V      | Volume                         |

### 3. การหาจุดศูนย์ถ่วงของรถยนต์

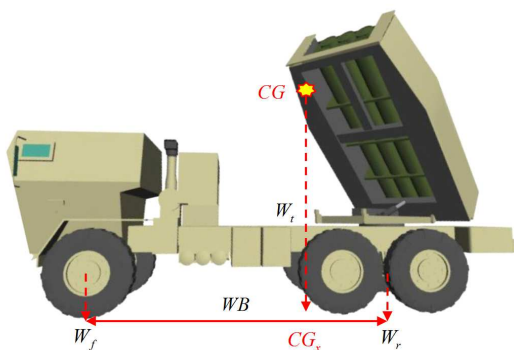
จุดศูนย์ถ่วงของรถยนต์นั้นมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการออกแบบรถยนต์และการออกแบบการบรรทุกสัมภาระต่างๆ เพื่อให้มีสมรรถนะและความปลอดภัยสูงสุด ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ออกแบบและพัฒนาเครื่องหา CG ของรถยนต์ขนาดไม่เกิน 40 ตัน โดยมีวิธีการหาจุดศูนย์ถ่วงบนแกน x, y, z ดังนี้

#### 3.1 วิธีการคำนวณหา $CG_x$ ในแนวแกน x ( $CG_x$ )

การคำนวณหา  $CG_x$  ในแนวแกน x หรือในแนวราบตลอดความยาวของตัวรถยนต์นั้นน้ำหนักทั้งหมดของตัวรถ ( $W_t$ ) จะกระจายและกดลงที่เพลาหน้า ( $W_f$ ) และเพลาหลัง ( $W_r$ ) แล้ว CG ก็จะต้องอยู่ในแนวระยะของช่วงล้อรถยนต์ ( $WB$ , Wheelbase) ในการออกแบบรถยนต์นั้นต้องออกแบบให้จุด  $CG_x$  ไม่หลุดจากช่วงล้อดังกล่าวเมื่อใช้งานตามสมรรถนะของรถ เช่น การไต่ทางลาดชัน ทางลาดเอียง การยกขึ้น-ลงของสัมภาระ เป็นต้น เพราะถ้าหาก  $CG_x$  หลุดจากระยะช่วงล้อแล้วก็จะทำให้รถยนต์พลิกคว่ำได้ ซึ่งตำแหน่งดังกล่าวสามารถหาได้จากสมการ

$$W_t * CG_x - W_r * WB = 0$$

$$CG_x = \frac{W_r}{W_t} * WB \quad (3)$$



รูปที่ 2 จุดศูนย์ถ่วงในแนวแกน x

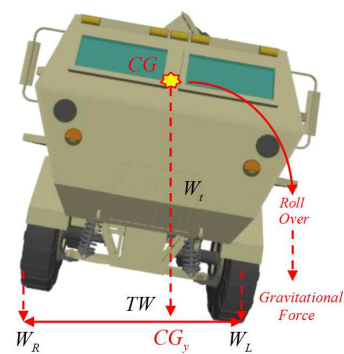
#### 3.2 วิธีการคำนวณหา CG ในแนวแกน y ( $CG_y$ )

การคำนวณหา  $CG_y$  ในแนวแกน y หรือในแนวราบตลอดความยาวของด้านหน้าหรือด้านหลังของ

รถยนต์ ( $TW$ , Track Width) โดยนำน้ำหนักทั้งหมดของตัวรถ ( $W_t$ ) จะกระจายและกดลงล้อด้านซ้าย ( $W_L$ ) และล้อด้านขวา ( $W_R$ ) แล้ว  $CG_y$  ก็จะต้องอยู่ในแนวระยะของช่วงล้อซ้ายและขวา ในการออกแบบรถยนต์นั้นต้องออกแบบให้จุด  $CG_y$  ไม่หลุดจากช่วงล้อดังกล่าวเพื่อไม่ให้รถยนต์พลิกคว่ำได้ และสามารถหาจากสมการ

$$W_t * CG_y - W_L * TW = 0$$

$$CG_y = \frac{W_L}{W_t} * TW \quad (4)$$



รูปที่ 3 จุดศูนย์ถ่วงในแนวแกน y

#### 3.3 วิธีการคำนวณหา CG ในแนวแกน z ( $CG_z$ )

การคำนวณหา  $CG_z$  ในแนวแกน z คือ การหาจุดศูนย์ถ่วงในแนวสูง (Center of Gravity Height) ของรถยนต์ ซึ่งได้ประยุกต์วิธีการให้ง่ายและสามารถหาค่าได้จริงในทางปฏิบัติโดยวิธีที่น่าเสนอจะใช้วิธียกล้อหลังแล้ววัดน้ำหนักเปรียบเทียบกับแนวราบปกติ โดยสามารถคำนวณหา  $CG_z$  ได้จากสมการ

$$CG_x = CG_z \tan \theta + CG'_x$$

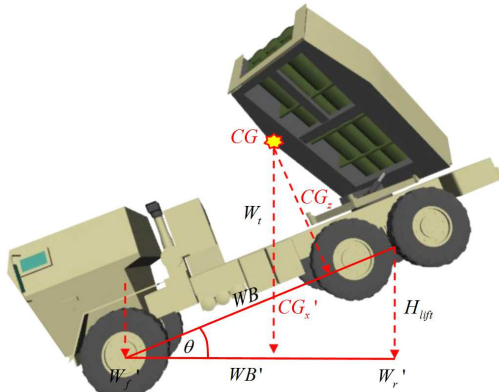
$$CG_z = \frac{CG_x - CG'_x}{\tan \theta}$$

$$= \left( \frac{W_f * WB}{W_t} - \frac{W'_f * WB}{W_t} \right) * \frac{1}{\tan \theta}$$

$$= \frac{WB(W_f - W'_f)}{W_t \tan \theta}$$

$$CG_z = \frac{WB * W_{f+}}{W_t * \tan \theta} \quad (5)$$

เมื่อ  $CG_x$  CG ในแนวแกน x  
 $CG_y$  CG ในแนวแกน y  
 $CG_z$  CG ในแนวแกน z  
 $W_f$  น้ำหนักลงเพลาน้ำหนัก วัดแนวราบปกติ  
 $W_f'$  น้ำหนักลงเพลาน้ำหนัก เมื่อยกถอยหลัง  
 $W_{f+}$  น้ำหนักลงเพลาน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น



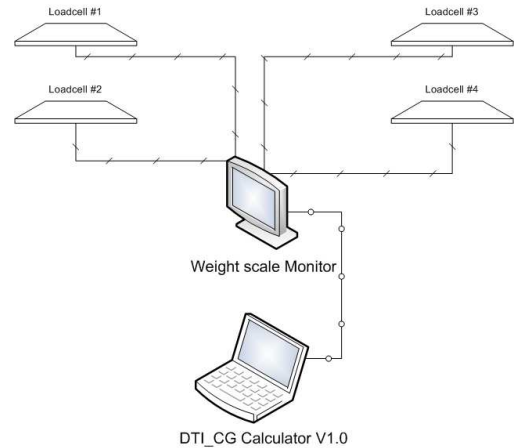
รูปที่ 4 จุดศูนย์กลางถ่วงในแนวแกน z

#### 4. การเขียนโปรแกรมสำหรับเครื่องหา CG แบบพกพา

การเขียนโปรแกรมหา CG แบบพกพานั้นเขียนโดยโปรแกรม Visual C# และทำงานร่วมกับหัววัดน้ำหนัก (Loadcell) [5,6] ตามรูปที่ 5 และเชื่อมต่อระบบตามรูปที่ 6 โดยมีลำดับการวัดเริ่มจากวัดน้ำหนักในแนวราบเพลาน้ำหนักที่ 3, 2, 1 ตามลำดับในกรณีที่มี 3 เพลาน้ำหนัก หลังจากนั้นถอยรถขึ้นทางลาดหรือยกถอยหลังขึ้นโดยใช้ X-Lift เพื่อวัดน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของเพลาน้ำหนักที่ 1

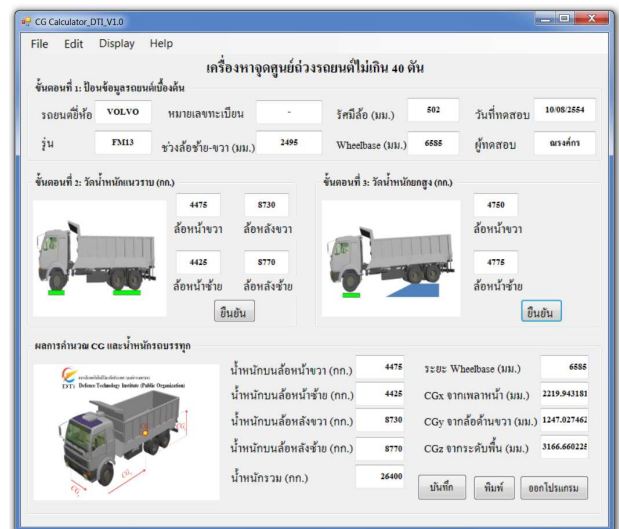


รูปที่ 5 Loadcell วัดน้ำหนักรถบรรทุก



รูปที่ 6 การเชื่อมต่อระบบเครื่องหา CG

จากนั้นโปรแกรมก็คำนวณหาค่า CG ในแนวแกน x, y, z และแสดงผลตามรูปที่ 7



รูปที่ 7 โปรแกรม CG Calculator\_DTI\_V1.0

#### 5. ผลการวิจัย

จากการทดสอบการใช้งานแล้วเปรียบเทียบกับผลจากการทดลองได้ผลตามตารางที่ 1 จะได้ผลการวัดน้ำหนักแต่ละเพลาน้ำหนักและจุดศูนย์กลางถ่วงมีความผิดพลาดน้อยกว่า  $\pm 10$  ซม. ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ และจากการตรวจสอบผลและความสะดวกในการใช้งานจริง สามารถใช้งานได้จริง เคลื่อนย้ายได้สะดวกสามารถใช้นอกสถานที่ได้

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบเครื่องหา CG ของรถยนต์  
บรรทุกสลิปล้อขนาดไม่เกิน 40 ตัน

| รายละเอียด                 | คำนวณ | ผล    | ผิดพลาด |
|----------------------------|-------|-------|---------|
| น้ำหนักบนล้อหน้าซ้าย (กก.) | 4450  | 4425  | 0.57%   |
| น้ำหนักบนล้อหน้าขวา (กก.)  | 4450  | 4475  | 0.56%   |
| น้ำหนักบนล้อหลังซ้าย (กก.) | 8750  | 8770  | 0.23%   |
| น้ำหนักบนล้อหลังขวา (กก.)  | 8750  | 8730  | 0.23%   |
| น้ำหนักรวม (กก.)           | 26400 | 26400 | 0.00%   |
| จุดศูนย์กลาง (มม.)         |       |       |         |
| - CGx                      | 4365  | 4365  | 0.00    |
| - CGy                      | 1225  | 1225  | 0.00    |
| - CGz                      | 3422  | 3422  | 0.00    |

## 6. อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินการวิจัยและผลการประเมินการวิจัย  
เรื่องการออกแบบและพัฒนาเครื่องหาจุดศูนย์กลางแบบ  
พกพาสำหรับรถยนต์นั้น ถึงแม้ผลการวิจัยจะอยู่ในช่วงที่  
ยอมรับได้ แต่ยังมีข้ออีก 2 เรื่องที่ต้องมีการทดสอบ  
และพัฒนาต่อ คือ การทดสอบความถูกต้องของการวัด  
น้ำหนักโดยการสอบเทียบ และการตรวจสอบความ  
ถูกต้องของจุด CG ที่ได้ เนื่องจากยังไม่มีเครื่องตรวจเช็ค  
ค่า CG ที่ถูกต้องและแม่นยำ ซึ่งต้องพิจารณาแนวการ  
พัฒนาต่อไป

## 7. สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดสอบการวัดมีค่าความผิดพลาดน้อย  
กว่า  $\pm 10$  ซม. ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้และสามารถใ้  
งานได้จริงตามวัตถุประสงค์ มีความสะดวกในการใช้งาน  
และสามารถใช้นอกสถานที่ได้ รวมทั้งยังเป็นการพัฒนา  
อย่างยั่งยืนทำให้ประหยัดงบประมาณได้เป็นจำนวนมาก  
เพราะเป็นการออกแบบและพัฒนาเองทั้งหมด  
ภายในประเทศ

## 8. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ส่วนงานวิศวกรรมเครื่องกลและ  
อากาศยาน สถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ (องค์การ  
มหาชน) ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ อุปกรณ์การทดลองและข้อมูล  
ที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยในครั้งนี้

## 9. เอกสารอ้างอิง

- [1] Yoshitaka M., Masami Y., Kouichi K., Akinari O., and Toshiaki K., (2011). Measuring the center of gravity with Truck Scale, paper presents in *SICE Annual Conference 2011*, Tokyo, Japan.
- [2] Yu Cao, Aihua S., Jiazhong X., Ming Q., and Yuantao W., (2011). Calculation and Accuracy Analysis of Center of Gravity of Payload Rack, paper presents in *2011 The 6<sup>th</sup> International Forum on Strategic Technology*, Habin, China.
- [3] URL: <http://www.nasa.gov>, access on 20/04/2011.
- [4] URL: <http://en.wikipedia.org>, access on 24/04/2011.
- [5] URL: <http://www.siamscales.com>, access on 30/04/2011.
- [6] URL: <http://www.endeavourcranes.com>, access on 30/04/2011.