



บทความวิจัย

## การจำแนกเพศจากความยาวของกระดูกและขนาดของร่างกายโดยใช้ตัวแบบการถดถอยลอจิสติก

จุฬารัตน์ ชุมนวล\* กฤติยาภรณ์ บิลละหลี และ พรรณธิภา หวันนำหงู  
สาขาวิทยาศาสตร์การคำนวณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

\* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 07 4288 8627 อีเมล: jularat.c@psu.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2024.02.001

รับเมื่อ 12 เมษายน 2565 แก้ไขเมื่อ 6 มิถุนายน 2565 ตอรับเมื่อ 26 มิถุนายน 2565 เผยแพร่ออนไลน์ 6 กุมภาพันธ์ 2567

© 2024 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

### บทคัดย่อ

เป็นที่ทราบกันดีว่าการระบุเพศของศพจากโครงกระดูก วิธีที่แม่นยำที่สุดคือการตรวจ DNA อย่างไรก็ตามการตรวจ DNA มีค่าใช้จ่ายสูงและใช้เวลาดังนั้นจึงมีการใช้วิธีการระบุตัวตนวิธีอื่น ๆ แทนในเบื้องต้น โดยเทคนิคหนึ่งที่ใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับการระบุเพศในทางนิติวิทยาศาสตร์และโบราณคดี คือ การวัดโครงกระดูก ข้อดีของวิธีนี้คือใช้ได้หลายตำแหน่งในกระดูกชิ้นเดียว และใช้ได้แม้ว่ากระดูกไม่สมบูรณ์ การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของกระดูกและขนาดของร่างกายกับเพศและเพื่อสร้างตัวแบบทางสถิติในการทำนายเพศ โดยข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาเป็นข้อมูลทุติยภูมิที่เก็บมาจากตัวอย่าง 507 คน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ สถิติเชิงพรรณนาและการวิเคราะห์การถดถอยลอจิสติก จากผลการศึกษาพบว่า ตัวแบบการถดถอยลอจิสติกที่ใช้วิธีการคัดเลือกตัวแปรอิสระด้วยวิธี Forward เป็นตัวแบบที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการจำแนกเพศ โดยมีค่า AIC เท่ากับ 31.825 และสามารถทำนายเพศได้ถูกต้องถึงร้อยละ 98.62 นอกจากนี้ยังพบว่า ตัวแปรที่มีอิทธิพลสูงต่อการจำแนกเพศ ได้แก่ เส้นผ่านศูนย์กลางข้อเท้า (Ankle Diameter) เส้นผ่านศูนย์กลางข้อศอก (Elbow Diameter) และเส้นรอบวงที่สั้นที่สุดของข้อมือ (Wrist Minimum Girth) โดยมีค่าอัตราส่วนออดส์ (Odds Ratio) เท่ากับ 1324.78, 130.19 และ 10.69 ตามลำดับ

**คำสำคัญ:** การจำแนกเพศ นิติวิทยาศาสตร์ การวิเคราะห์การถดถอยลอจิสติก

การอ้างอิงบทความ: จุฬารัตน์ ชุมนวล, กฤติยาภรณ์ บิลละหลี และ พรรณธิภา หวันนำหงู, “การจำแนกเพศจากความยาวของกระดูกและขนาดของร่างกายโดยใช้ตัวแบบการถดถอยลอจิสติก,” *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, ปีที่ 34, ฉบับที่ 2, หน้า 1-12, เลขที่บทความ 242-105975, เม.ย.-มิ.ย. 2567.



## Gender Classification from Skeletons Lengths and Body Measurements Using a Logistic Regression Model

Jularat Chumnaul\*, Kritiyaporn Bilarli and Panthipa Wannangu

Division of Computational Science, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Songkhla, Thailand

\* Corresponding Author, Tel. 07 4288 8627, E-mail: jularat.c@psu.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2024.02.001

Received 12 April 2022; Revised 6 June 2022; Accepted 21 June 2022; Published online: 6 February 2024

© 2024 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

### Abstract

It is well known that the most precise method to specify the gender of skeletons is DNA identification. However, this method is costly and time-consuming, so other identification techniques are initially applied. Skeletal measurement is one of the most widely used techniques for gender identification in forensic science and archeology. The advantage of this method is that it can be used in several positions in a single bone, and it can be used even if the bone is not complete. Therefore, this study aims to examine the relationship between gender and skeletons lengths and body measurements and find an efficient statistical model to predict gender. The data used in this study are the secondary data collected from a sample of 507 people, and descriptive statistics and logistic regression are used for gender determination. The results show that the logistic regression model with the forward selection procedure for independent variables is the most efficient. Its AIC value is 31.82, and its accuracy rate is 98.62%. Moreover, the most influential factors in classifying gender are ankle diameter (OR = 1324.78), elbow diameter (OR = 130.19), and wrist minimum girth (OR = 10.69), respectively.

**Keywords:** Gender Classification, Forensic Science, Logistic Regression Analysis

Please cite this article as: J. Chumnaul, K. Bilarli, and P. Wannangu, "Gender classification from skeletons lengths and body measurements using a logistic regression model," *The Journal of KMUTNB*, vol. 34, no. 2, pp. 1-12, ID. 242-105975, Apr.-Jun. 2024 (in Thai).

## 1. บทนำ

ในทางนิติวิทยาศาสตร์ ศพจากคดีฆาตกรรมต่าง ๆ มีทั้งแบบสมบูรณ์และแบบไม่สมบูรณ์ขึ้นอยู่กับสาเหตุการตายหรือรูปแบบการฆาตกรรม ตัวอย่างเช่น ศพบางศพถูกหั่นเป็นชิ้น ๆ บางส่วนถูกพร่างโดยการทิ้งลงในแม่น้ำ บางส่วนถูกฝัง บางส่วนถูกเผาเพื่อทำลายหลักฐาน และอื่น ๆ หากสภาพศพไม่สมบูรณ์อาจนำไปสู่ความยากลำบากในการระบุตัวบุคคล เพราะเนื้อเยื่อและกระดูกบางส่วนถูกทำลาย เป็นที่ทราบกันดีว่าการระบุเพศของศพจากโครงกระดูก วิธีที่แม่นยำที่สุดคือการตรวจ DNA อย่างไรก็ตามการตรวจ DNA มีค่าใช้จ่ายสูงและใช้เวลา ดังนั้นจึงมีการใช้วิธีการระบุตัวคนวิธีอื่น ๆ แทนในเบื้องต้น โดยวิธีแรกที่ใช้กันอย่างแพร่หลายคือการพิจารณาลักษณะของกระดูก โดยทั่วไปแล้วหลักฐานจากศพ เช่น ชิ้นส่วนของกระดูก โดยเฉพาะกะโหลกศีรษะและกระดูกเชิงกราน สามารถใช้เพื่อระบุเพศได้ อย่างไรก็ตามการใช้วิธีการนี้ นักนิติวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องมีทักษะในการสังเกตเพื่อจำแนกความแตกต่างระหว่างกระดูกของเพศชายและกระดูกของเพศหญิง และถึงแม้ว่าวิธีการนี้จะไม่ซับซ้อนประหยัดเวลาและค่าใช้จ่าย และมีความแม่นยำ (อัตราความแม่นยำ 90% หรือมากกว่า) แต่เทคนิคนี้มีข้อเสียที่สำคัญคือมีเพียงโครงกระดูกบางตำแหน่งเท่านั้น ที่สามารถใช้ระบุเพศได้ เช่น กระดูกสันคิ้ว สันบนกระดูกท้ายทอย กระดูกขมับ กระดูกขากรรไกรล่าง และคาง ดังนั้นโครงกระดูกที่จะใช้ต้องมีความสมบูรณ์ อีกเทคนิคหนึ่งที่ใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับการระบุเพศในทางนิติวิทยาศาสตร์และโบราณคดีคือการวัดโครงกระดูก ข้อดีของวิธีนี้คือใช้ได้หลายตำแหน่งในกระดูกชิ้นเดียว และใช้ได้แม้ว่ากระดูกไม่สมบูรณ์

ในระยะเวลา 15 ปีที่ผ่านมา มีงานวิจัยหลายงานทั้งในประเทศและต่างประเทศที่ได้ทำการศึกษเกี่ยวกับกรจำแนกเพศจากโครงกระดูกโดยใช้การวัด ตัวอย่างงานวิจัยในประเทศไทย เช่น พิษิตพล [1] ได้ทำการศึกษาระบุเพศจากการวัดกระดูกฝ่ามือโดยใช้การวิเคราะห์จำแนก ในขณะที่ศิริวรรณ [2] ได้ทำการศึกษาระบุเพศจากกระดูกสะบ้า (Patella) ซึ่งเป็นกระดูกเอ็นกล้ามเนื้อ sesamoid ที่ใหญ่ที่สุดในร่างกายมนุษย์ และคงทนต่อการทำลายของสภาพแวดล้อม

โดยทำการวัดหาระยะ 8 จุด (MAXH, MAXW, MAXT, WMAF, WDLAF, HGMAF, HGLA, HGAF) พงษ์พิทักษ์ และคณะ [3] ได้ทำการศึกษาระบุเพศจากกระดูกต้นขาโดยใช้การวัดกระดูกต้นขาจากสองตำแหน่งคือ ความยาวสูงสุดของเส้นผ่าศูนย์กลางของหัวกระดูกต้นขา (Maximum Diameter of the Femur Head (DF)) และความกว้างของ Intercondylar ของกระดูกต้นขา (Intercondylar Breadth of Femur (IF)) พนมไพร [4] ได้ทำการศึกษาระบุเพศจากกระดูกสันอกระหว่างเพศหญิงและเพศชาย ชูติมา [5] ได้ทำการศึกษาระบุเพศจากกระดูกปลายแขนด้านใน (Ulna) และกระดูกหน้าแข้ง (Tibia) ในประชากรไทยโดยใช้การวิเคราะห์จำแนก กุสุมา และคณะ [6] ได้ทำการศึกษาระบุเพศจากกระดูกสะบักในประชากรไทย สุภาวรรณ [7] ได้ทำการศึกษาระบุเพศจากกระดูกเชิงกราน (Pelvis) เป็นต้น ส่วนตัวอย่างงานวิจัยในต่างประเทศ เช่น Akhalaghi และคณะ [8] ได้ทำการศึกษาระบุเพศจากกระดูกไหปลาร้า Balseven-Odabasi และคณะ [9] ได้ทำการศึกษาระบุเพศจากกระดูกไฮออยด์ในประชากร Motawei และคณะ [10] ได้ทำการศึกษาระบุเพศจากกระดูกขากรรไกรล่าง

ในการศึกษครั้งนี้ ผู้วิจัยมีความสนใจในการศึกษาระบุเพศจากขนาดของกระดูกและขนาดของร่างกาย เช่น เส้นผ่านศูนย์กลางไหล่ เส้นผ่านศูนย์กลางกระดูกเชิงกราน เส้นผ่านศูนย์กลางศอก เส้นรอบวงหน้าอก เส้นรอบวงเอว เส้นรอบวงสะโพก เป็นต้น โดยใช้ตัวแบบการถดถอยลอจิสติก (Logistic Regression Model)

## 2. วัตถุประสงค์และวิธีการวิจัย

### 2.1 ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

ในการศึกษครั้งนี้ใช้ข้อมูลทุติยภูมิจากงานวิจัยเรื่อง Exploring Relationships in Body Dimensions [11] โดย Behnke และ Wilmore [12] และนักเทคนิคที่ถูกฝึกอบรมโดยนักวิจัยทั้ง 2 ท่าน ได้ทำการวัดค่าต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยจากตัวอย่างผู้ชายและผู้หญิงในวัยยี่สิบและสามสิบตอนต้น (มีผู้สูงอายุปะปนมาจำนวนเล็กน้อย) จำนวน 247 คน

และ 260 คน ตามลำดับ โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ที่ออกกำลังกายเป็นประจำหลายชั่วโมงต่อสัปดาห์ การวัดค่าในครั้งแรกดำเนินการโดย A. R. Behnke และ J. H. Wilmore ที่ San Jose State University และที่ U.S. Naval Postgraduate School ในเมือง Monterey รัฐ California จากนั้นนักเทคนิคได้ทำการวัดค่าต่าง ๆ เพิ่มเติมในคลัสสุขภาพและฟิตเนสต่าง ๆ ของแคลิฟอร์เนีย

## 2.2 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ตัวแปรที่ A. R. Behnke และ J. H. Wilmore. และนักเทคนิคได้ทำการวัดค่ามีทั้งหมด 25 ตัวแปร โดยจำแนกเป็นตัวแปรที่วัดเส้นผ่าศูนย์กลาง (หน่วยเซนติเมตร) ของกระดูก 9 ตัวแปร ตัวแปรที่วัดเส้นรอบวง (หน่วยเซนติเมตร) จากส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย 12 ตัวแปร และตัวแปรอื่น ๆ ได้แก่ อายุ (ปี) น้ำหนัก (กิโลกรัม) ส่วนสูง (เซนติเมตร) และเพศ (1 แทนเพศชาย และ 2 แทนเพศหญิง)

ในการศึกษาครั้งนี้พิจารณาเฉพาะตัวแปรที่วัดเส้นผ่าศูนย์กลางของกระดูกและตัวแปรที่วัดเส้นรอบวงจากส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย [12] ดังนี้

เส้นผ่านศูนย์กลางกระดูกไหปลาร้า (Biacromial Diameter) คือ ความยาวระหว่างปลายนอกของกระดูกไหปลาร้าด้านซ้ายและด้านขวา (รูปที่ 1)

เส้นผ่านศูนย์กลางกระดูกเชิงกราน (Biiliac Diameter) คือ ความยาวระหว่างกระดูกเชิงกรานด้านซ้ายและด้านขวา (รูปที่ 1)

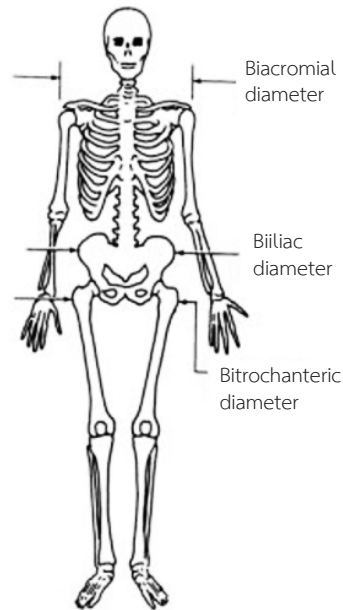
เส้นผ่านศูนย์กลางแนวปุ่มบนกระดูกต้นขา (Bitrochanteric Diameter) คือ ความยาวระหว่างแนวปุ่มบนกระดูกต้นขา ด้านซ้ายและด้านขวา (รูปที่ 1)

ความลึกของทรวงอก (Chest Depth) คือ ความยาวระหว่างกระดูกสันหลังและกระดูกสันอกที่ระดับหัวนม

เส้นผ่านศูนย์กลางหน้าอก (Chest Diameter) คือ ความยาวระหว่างหัวนมทั้ง 2 ข้าง

เส้นผ่านศูนย์กลางข้อศอก (Elbow Diameter) คือ ผลรวมความยาวของข้อศอกทั้ง 2 ข้าง

เส้นผ่านศูนย์กลางข้อมือ (Wrist Diameter) คือ



รูปที่ 1 ตำแหน่งการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางกระดูกไหปลาร้า เส้นผ่านศูนย์กลางกระดูกเชิงกราน และเส้นผ่านศูนย์กลางแนวปุ่มบนกระดูกต้นขา ([11] รูปที่ 2)

ผลรวมความยาวของข้อมือทั้ง 2 ข้าง

เส้นผ่านศูนย์กลางเข่า (Knee Diameter) คือ ผลรวมความยาวของเข่าทั้ง 2 ข้าง

เส้นผ่านศูนย์กลางข้อเท้า (Ankle Diameter) คือ ผลรวมความยาวของข้อเท้าทั้ง 2 ข้าง

เส้นรอบวงไหล่ (Shoulder Girth) คือ เส้นรอบวงไหล่เหนือกล้ามเนื้อเดลทอยด์ (Deltoid)

เส้นรอบวงหน้าอก (Chest Girth) คือ เส้นรอบวงที่ตำแหน่งหัวนมในเพศชายและเหนือเต้านมในเพศหญิง

เส้นรอบวงเอว (Waist Girth) คือ เส้นรอบวงของส่วนที่แคบที่สุดของลำตัวด้านล่างซี่โครง

เส้นรอบวงสะดือ (Navel girth) คือ เส้นรอบวงของลำตัวที่ตำแหน่งสะดือ

เส้นรอบวงสะโพก (Hip Girth) คือ เส้นรอบวงของสะโพกที่ตำแหน่งแนวปุ่มบนกระดูกต้นขา

เส้นรอบวงต้นขา (Thigh Girth) คือ เส้นรอบวงเฉลี่ยของต้นขาด้านซ้ายและด้านขวาที่ต่ำกว่าสะโพก

เส้นรอบวงแขนท่อนบน (Bicep Girth) คือ เส้นรอบวงเฉลี่ยของแขนท่อนบนด้านซ้ายและด้านขวาในขณะงอแขน

เส้นรอบวงแขนท่อนล่าง (Forearm Girth) คือ เส้นรอบวงเฉลี่ยของแขนท่อนล่างด้านซ้ายและด้านขวา

เส้นรอบวงเข่า (Knee Girth) คือ เส้นรอบวงเฉลี่ยของเข่าเหนือกระดูกสะบ้าด้านซ้ายและด้านขวา

เส้นรอบวงที่ยาวที่สุดของน่อง (Calf Maximum Girth) คือ เส้นรอบวงเฉลี่ยของน่องด้านซ้ายและด้านขวาในตำแหน่งที่ใหญ่ที่สุด

เส้นรอบวงที่สั้นที่สุดของข้อเท้า (Ankle Minimum Girth) คือ เส้นรอบวงเฉลี่ยของข้อเท้าด้านซ้ายและด้านขวาในตำแหน่งที่เล็กที่สุด

เส้นรอบวงที่สั้นที่สุดของข้อมือ (Wrist Minimum Girth) คือ เส้นรอบวงเฉลี่ยของข้อมือด้านซ้ายและด้านขวาในตำแหน่งที่เล็กที่สุด

## 2.3 วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาเรื่องการจำแนกเพศจากโครงกระดูกและขนาดร่างกายโดยใช้ตัวแบบการถดถอยลอจิสติกมีขั้นตอนดำเนินการวิจัยดังนี้

1) ตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ (Multicollinearity) โดยพิจารณาจากค่า Variance Inflation Factor (VIF) และทำการตัดตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระอื่น ๆ สูง ( $VIF > 10$ ) [13] ออกจากการพิจารณา

2) สร้างตัวแบบการถดถอยลอจิสติกพหุคูณจากตัวแปรอิสระที่เหลือจากข้อ 1 โดยใช้ตัวแปรอิสระทั้งหมดและใช้วิธีการคัดเลือกตัวแปรอิสระด้วยวิธี Backward Forward และ Stepwise

3) ตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบที่ได้ในข้อ 2 ว่ามีความเหมาะสมกับข้อมูลหรือไม่ โดยการใช้การทดสอบภาวะสารูปดีของ Hosmer และ Lemeshow (Hosmer and Lemeshow Goodness-of-Fit Test)

4) เปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวแบบ (เฉพาะ

ตัวแบบที่มีความเหมาะสมกับข้อมูล) และเลือกตัวแบบที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดในข้อ 4 โดยพิจารณาจากค่าร้อยละของการทำนายเพศได้ถูกต้อง

5) ตรวจสอบความแม่นยำในการทำนายเพศของตัวแบบที่ได้ในข้อ 4 โดยพิจารณาจากค่าร้อยละของการทำนายเพศได้ถูกต้อง

6) โปรแกรมที่ใช้ในการประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูล คือ โปรแกรม SAS (SAS® OnDemand for Academics)

## 3. ผลการทดลอง

ผลการศึกษาเรื่องการจำแนกเพศจากโครงกระดูกและขนาดร่างกายโดยใช้ตัวแบบการถดถอยลอจิสติก (Logistic Regression Analysis) มีดังต่อไปนี้

### 3.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไป

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้แสดงดังตารางที่ 1-2

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย ( $\bar{x}$ ) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (s.d.) ของอายุ น้ำหนัก และส่วนสูงของตัวอย่างจำแนกตามเพศ

ตัวแปร	เพศชาย		เพศหญิง	
	$\bar{x}$	s.d.	$\bar{x}$	s.d.
อายุ (ปี)	32	10	29	9
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	78.15	10.51	60.60	9.61
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	177.75	7.18	164.87	6.54

จากตารางที่ 1 พบว่า เป็นเพศหญิง จำนวน 260 คน (ร้อยละ 51.3) มีอายุเฉลี่ย 29 ปี ส่วนสูงเฉลี่ย 164.87 ซม. และมีน้ำหนักเฉลี่ย 60.60 กิโลกรัม เป็นเพศชาย จำนวน 247 คน (ร้อยละ 48.7) มีอายุเฉลี่ย 32 ปี ส่วนสูงเฉลี่ย 177.75 ซม. และมีน้ำหนักเฉลี่ย 78.15 กิโลกรัม ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าที่วัดจากกระดูกส่วนต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 2



ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย ( $\bar{x}$ ) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (s.d.) ของค่าที่วัดจากกระดูกส่วนต่าง ๆ จำแนกตามเพศ

ตัวแปร	เพศชาย		เพศหญิง	
	$\bar{x}$	s.d.	$\bar{x}$	s.d.
เส้นผ่านศูนย์กลางกระดูกไหปลาร้า ( $X_1$ )	41.24	2.09	36.50	1.78
เส้นผ่านศูนย์กลางกระดูกเชิงกราน ( $X_2$ )	28.09	2.07	27.58	2.31
เส้นผ่านศูนย์กลางแนวปุ่มบนกระดูกต้นขา ( $X_3$ )	32.53	1.87	31.46	2.05
ความลึกของทรวงอก ( $X_4$ )	20.81	2.14	17.73	1.83
เส้นผ่านศูนย์กลางหน้าอก ( $X_5$ )	29.95	2.08	26.10	1.82
เส้นผ่านศูนย์กลางข้อศอก ( $X_6$ )	14.46	0.88	12.37	0.84
เส้นผ่านศูนย์กลางข้อมือ ( $X_7$ )	11.25	0.64	9.87	0.66
เส้นผ่านศูนย์กลางเข่า ( $X_8$ )	19.56	1.07	18.10	1.19
เส้นผ่านศูนย์กลางข้อเท้า ( $X_9$ )	14.74	0.94	13.03	0.87
เส้นรอบวงไหล่ ( $X_{10}$ )	116.50	6.50	100.30	6.47
เส้นรอบวงหน้าอก ( $X_{11}$ )	100.99	7.21	86.06	6.17
เส้นรอบวงเอว ( $X_{12}$ )	84.53	8.78	69.80	7.59
เส้นรอบวงสะตือ ( $X_{13}$ )	87.66	8.38	83.75	9.96
เส้นรอบวงสะโพก ( $X_{14}$ )	97.76	6.23	95.65	6.94
เส้นรอบวงต้นขา ( $X_{15}$ )	56.50	4.25	57.20	4.64
เส้นรอบวงแขนท่อนบน ( $X_{16}$ )	34.40	2.98	28.10	2.71
เส้นรอบวงแขนท่อนล่าง ( $X_{17}$ )	28.24	1.78	23.76	1.68
เส้นรอบวงเข่า ( $X_{18}$ )	37.20	2.27	35.26	2.58
เส้นรอบวงที่ยาวที่สุดของน่อง ( $X_{19}$ )	37.21	2.65	35.01	2.61
เส้นรอบวงที่สั้นที่สุดของข้อเท้า ( $X_{20}$ )	23.16	1.73	21.21	1.44
เส้นรอบวงที่สั้นที่สุดของข้อมือ ( $X_{21}$ )	17.19	0.91	15.06	0.85

ตารางที่ 3 การตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ

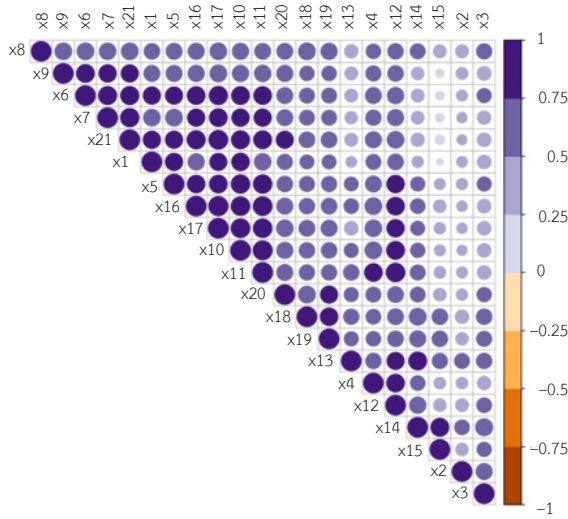
ตัวแปรอิสระ	Collinearity Statistics	
	Tolerance	VIF
เส้นผ่านศูนย์กลางกระดูกไหปลาร้า ( $X_1$ )	0.238	4.196
เส้นผ่านศูนย์กลางกระดูกเชิงกราน ( $X_2$ )	0.444	2.251
เส้นผ่านศูนย์กลางแนวปุ่มบนกระดูกต้นขา ( $X_3$ )	0.259	3.868
ความลึกของทรวงอก ( $X_4$ )	0.290	3.446
เส้นผ่านศูนย์กลางหน้าอก ( $X_5$ )	0.174	5.755
เส้นผ่านศูนย์กลางข้อศอก ( $X_6$ )	0.143	6.995
เส้นผ่านศูนย์กลางข้อมือ ( $X_7$ )	0.196	5.113
เส้นผ่านศูนย์กลางเข่า ( $X_8$ )	0.257	3.897
เส้นผ่านศูนย์กลางข้อเท้า ( $X_9$ )	0.238	4.195
เส้นรอบวงไหล่ ( $X_{10}$ )	0.085	11.783*
เส้นรอบวงหน้าอก ( $X_{11}$ )	0.060	16.709*
เส้นรอบวงเอว ( $X_{12}$ )	0.119	8.380
เส้นรอบวงสะตือ ( $X_{13}$ )	0.180	5.559
เส้นรอบวงสะโพก ( $X_{14}$ )	0.087	11.458*
เส้นรอบวงต้นขา ( $X_{15}$ )	0.170	5.894
เส้นรอบวงแขนท่อนบน ( $X_{16}$ )	0.071	14.046*
เส้นรอบวงแขนท่อนล่าง ( $X_{17}$ )	0.060	16.800*
เส้นรอบวงเข่า ( $X_{18}$ )	0.217	4.614
เส้นรอบวงที่ยาวที่สุดของน่อง ( $X_{19}$ )	0.235	4.249
เส้นรอบวงที่สั้นที่สุดของข้อเท้า ( $X_{20}$ )	0.252	3.967
เส้นรอบวงที่สั้นที่สุดของข้อมือ ( $X_{21}$ )	0.106	9.416

หมายเหตุ: \*ตัวแปรอิสระที่มีค่า VIF > 10

### 3.2 ผลการวิเคราะห์ตัวแบบการถดถอยลอจิสติกพหุคูณ (Multiple Logistic Regression Model)

#### 3.2.1 ผลการตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ (Multicollinearity)

จากตารางที่ 3 พบว่า ตัวแปรอิสระที่มีค่า VIF (Variance Inflation Factor) สูง (VIF > 10) ได้แก่ เส้นรอบวงไหล่ ( $X_{10}$ )



รูปที่ 2 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ

เส้นรอบวงหน้าอก ( $X_{11}$ ) เส้นรอบวงสะโพก ( $X_{14}$ ) เส้นรอบวงแขนท่อนบน ( $X_{16}$ ) และเส้นรอบวงแขนท่อนล่าง ( $X_{17}$ ) และเมื่อพิจารณาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรดังกล่าวกับตัวแปรอื่น ๆ จะเห็นว่ามีความสัมพันธ์สูง (รูปที่ 2) ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้จะนำตัวแปรทั้ง 5 ตัว ออกจากการศึกษาศึกษาและทำการสร้างตัวแบบการถดถอยลอจิสติกพหุคูณจากตัวแปรอิสระที่เหลือ

3.2.2 ตัวแบบการถดถอยลอจิสติกสำหรับทำนายเพศ

ในการศึกษาคครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการสร้างตัวแบบสำหรับทำนายเพศจากความยาวของกระดูกส่วนต่าง ๆ ทั้งหมด 4 ตัวแบบ ด้วยกันคือ

ตัวแบบที่ 1: ตัวแบบการถดถอยลอจิสติกที่ประกอบด้วยตัวแปรอิสระทุกตัวหรือวิธี Enter

ตัวแบบที่ 2: ตัวแบบการถดถอยลอจิสติกที่ใช้วิธีการคัดเลือกตัวแปรอิสระด้วยวิธี Backward

ตัวแบบที่ 3: ตัวแบบการถดถอยลอจิสติกที่ใช้วิธีการคัดเลือกตัวแปรอิสระด้วยวิธี Forward

ตัวแบบที่ 4: ตัวแบบการถดถอยลอจิสติกที่ใช้วิธีการคัดเลือกตัวแปรอิสระด้วยวิธี Stepwise

จากการตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบการถดถอยลอจิสติกกับข้อมูลด้วยสถิติ Hosmer and Lemeshow

Test พบว่า ตัวแบบการถดถอยลอจิสติกทั้ง 4 ตัวแบบ มีความเหมาะสมกับข้อมูล ( $p > 0.05$ ) และเมื่อพิจารณา ค่า AIC พบว่า ตัวแบบการถดถอยลอจิสติกที่ใช้วิธีการคัดเลือกตัวแปรอิสระด้วยวิธี Forward (ตัวแบบที่ 3) เป็นตัวแบบที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดเนื่องจากให้ค่า AIC ต่ำสุด (ตารางที่ 4) สำหรับรายละเอียดของตัวแบบการถดถอยลอจิสติกที่ใช้วิธีการคัดเลือกตัวแปรอิสระด้วยวิธี Forward แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 4 Hosmer and Lemeshow Test และค่า AIC ของตัวแบบ

ตัวแบบ	Hosmer and Lemeshow Test		AIC
	Chi-square	p-value	
ตัวแบบที่ 1	0.0066	0.9999	40.499
ตัวแบบที่ 2	6.1221	0.4096	46.125
ตัวแบบที่ 3	0.0123	0.9996	31.825
ตัวแบบที่ 4	2.5824	0.7640	42.277

ตารางที่ 5 ค่าประมาณพารามิเตอร์ ( $\beta$ ) ค่าสถิติทดสอบของ Wald และค่า  $p$  ของตัวแบบการถดถอยลอจิสติกที่ใช้วิธีการคัดเลือกตัวแปรอิสระด้วยวิธี Forward

Parameter	$\beta$	Wald	p	Exp( $\beta$ )
ค่าคงที่	-151.2	8.01	0.005*	-
เส้นผ่านศูนย์กลางกระดูกไหปลาร้า ( $X_1$ )	1.11	1.97	0.160	3.02
เส้นผ่านศูนย์กลางกระดูกเชิงกราน ( $X_2$ )	-0.34	0.70	0.405	0.72
ความลึกของทรวงอก ( $X_4$ )	1.27	2.67	0.102	3.55
เส้นผ่านศูนย์กลางหน้าอก ( $X_5$ )	1.27	2.27	0.132	3.55
เส้นผ่านศูนย์กลางข้อศอก ( $X_6$ )	4.87	4.13	0.042*	130.19
เส้นผ่านศูนย์กลางเข่า ( $X_8$ )	-3.60	4.07	0.044*	0.03
เส้นผ่านศูนย์กลางข้อเท้า ( $X_9$ )	7.19	6.46	0.011*	1324.78
เส้นรอบวงเอว ( $X_{12}$ )	1.03	7.72	0.006*	2.80
เส้นรอบวงสะตือ ( $X_{13}$ )	-0.92	6.23	0.013*	0.40
เส้นรอบวงต้นขา ( $X_{15}$ )	-1.31	6.27	0.012*	0.27
เส้นรอบวงที่สั้นที่สุดของข้อมือ ( $X_{21}$ )	2.37	1.23	0.268	10.69

หมายเหตุ: \*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05



จากตารางที่ 5 สามารถเขียนตัวแบบการถดถอยลอจิสติก โดยประมาณ (Fitted Logistic Regression Model) ได้ดังนี้

$$\ln\left(\frac{\hat{\pi}}{1-\hat{\pi}}\right) = -151.20 + 1.11X_1 - 0.34X_2 + 1.27X_4 + 1.27X_5 + 4.87X_6 - 3.60X_8 + 7.19X_9 + 1.03X_{12} - 0.92X_{13} - 1.31X_{15} + 2.37X_{21} \quad (1)$$

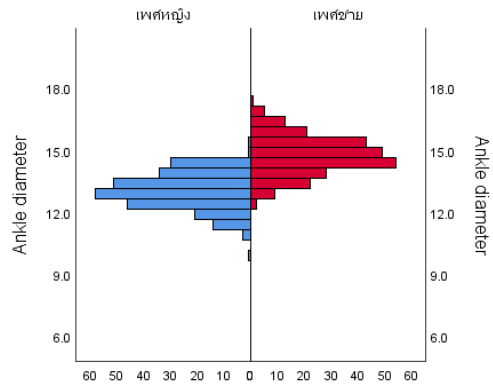
หรือ

$$\hat{\pi} = \frac{\exp(-151.20 + 1.11X_1 - 0.34X_2 + 1.27X_4 + 1.27X_5 + 4.87X_6 - 3.60X_8 + 7.19X_9 + 1.03X_{12} - 0.92X_{13} - 1.31X_{15} + 2.37X_{21})}{1 + \exp(-151.20 + 1.11X_1 - 0.34X_2 + 1.27X_4 + 1.27X_5 + 4.87X_6 - 3.60X_8 + 7.19X_9 + 1.03X_{12} - 0.92X_{13} - 1.31X_{15} + 2.37X_{21})} \quad (2)$$

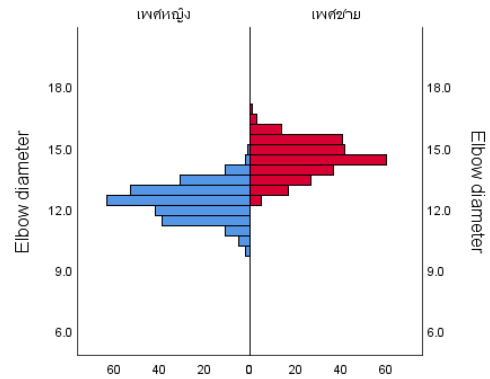
เมื่อ  $\hat{\pi}$  คือ ความน่าจะเป็นที่กระดูกหรือศพที่พบจะเป็นเพศชาย

เมื่อพิจารณาค่าอัตราส่วนออดส์ (Odds Ratio) ของตัวแปรอิสระที่อยู่ในตัวแบบพบว่า ถ้าเส้นผ่านศูนย์กลางกระดูกไหปลาร้า ความลึกของทรวงอก เส้นผ่านศูนย์กลางหน้าอก เส้นผ่านศูนย์กลางข้อศอก เส้นผ่านศูนย์กลางข้อเท้า เส้นรอบวงเอว และเส้นรอบวงที่สั้นที่สุดของข้อมือเพิ่มขึ้น 1 ซม. ความน่าจะเป็นที่กระดูกที่พบจะเป็นเพศชายจะเพิ่มขึ้นร้อยละ 202, 255, 255, 12919, 132378, 180 และ 969 ตามลำดับ ( $\text{Exp}(\hat{\beta})$  เท่ากับ 3.02, 3.55, 3.55, 130.19, 1324.78, 2.80 และ 10.69) ในทางตรงข้าม ถ้าเส้นผ่านศูนย์กลางกระดูกเชิงกราน เส้นผ่านศูนย์กลางเข้าเส้นรอบวงสะดือ และเส้นรอบวงต้นขา เพิ่มขึ้น 1 ซม. ความน่าจะเป็นที่กระดูกที่พบจะเป็นเพศชายจะลดลงร้อยละ 28, 97, 60 และ 73 ตามลำดับ ( $\text{Exp}(\hat{\beta})$  เท่ากับ 0.72, 0.03, 0.40 และ 0.27)

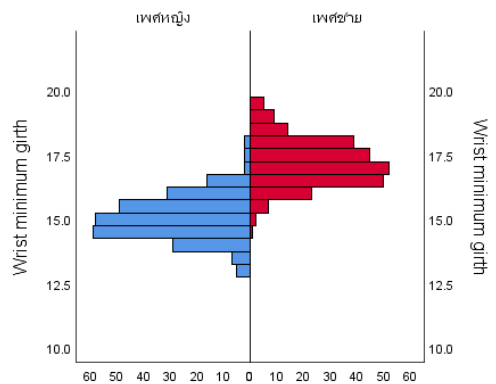
ดังนั้น จะเห็นว่าตัวแปรที่มีอิทธิพลสูงต่อการจำแนกเพศ คือ เส้นผ่าศูนย์กลางข้อเท้า เส้นผ่าศูนย์กลางข้อศอก และเส้นรอบวงที่สั้นที่สุดของข้อมือ ตามลำดับ



รูปที่ 3 ฮิสโทแกรมแสดงเส้นผ่านศูนย์กลางข้อเท้า จำแนกตามเพศ



รูปที่ 4 ฮิสโทแกรมแสดงเส้นผ่านศูนย์กลางข้อศอก จำแนกตามเพศ



รูปที่ 5 ฮิสโทแกรมแสดงเส้นรอบวงที่สั้นที่สุดของข้อมือ จำแนกตามเพศ



### 3.2.3 ผลการตรวจสอบความแม่นยำของตัวแบบการถดถอยลอจิสติกในการทำนายเพศ

ผลการตรวจสอบความแม่นยำของตัวแบบการถดถอยลอจิสติกในการทำนายเพศโดยพิจารณาจากร้อยละของการทำนายเพศในกลุ่มตัวอย่างได้ถูกต้องที่จุดตัดความน่าจะเป็น 0.5 แสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 การจำแนกเพศจากตัวแบบการถดถอยลอจิสติกที่จุดตัดความน่าจะเป็น 0.5

ค่าที่สังเกต	ค่าที่ทำนาย		ร้อยละของการทำนายถูกต้อง	
	หญิง	ชาย		
เพศ	หญิง	258	2	99.23
	ชาย	5	242	97.98
ร้อยละของการทำนายเพศได้ถูกต้อง				98.62

จากตารางที่ 6 สามารถอธิบายได้ดังนี้ จากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นเพศหญิงจำนวนทั้งหมด 260 คน พบว่า ตัวแบบการถดถอยลอจิสติกที่สร้างขึ้นสามารถทำนายกลุ่มตัวอย่างที่เป็นเพศหญิงได้ถูกต้องจำนวน 258 คน คิดเป็นร้อยละ 99.23 จากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นเพศชายจำนวนทั้งหมด 247 คน พบว่า ตัวแบบการถดถอยลอจิสติกที่สร้างขึ้นสามารถทำนายกลุ่มตัวอย่างที่เป็นเพศชายได้ถูกต้องจำนวน 242 คน คิดเป็นร้อยละ 97.98 และจากกลุ่มตัวอย่างจำนวนทั้งหมด 507 คน พบว่า ตัวแบบการถดถอยลอจิสติกที่สร้างขึ้นสามารถทำนายเพศของกลุ่มตัวอย่างได้ถูกต้องจำนวน 500 คน คิดเป็นร้อยละ 98.62

### 3.2 การประยุกต์ใช้ตัวแบบการถดถอยลอจิสติกในการจำแนกเพศ

ในกรณีที่ศัพทไฟฟ้าใหม่จนไม่สามารถระบุเพศได้ แต่ยังสามารถวัดค่าต่าง ๆ จากศฟได้ ดังนี้ เส้นผ่านศูนย์กลางกระดูกไหปลาร้า ( $X_1$ ) เท่ากับ 38 ซม. เส้นผ่านศูนย์กลางกระดูกเชิงกราน ( $X_2$ ) เท่ากับ 28 ซม. ความลึกของทรวงอก ( $X_4$ ) เท่ากับ 19 ซม. เส้นผ่านศูนย์กลางหน้าอก ( $X_5$ ) เท่ากับ 27 ซม. เส้นผ่านศูนย์กลางข้อศอก ( $X_6$ ) เท่ากับ 14 ซม.

เส้นผ่านศูนย์กลางเข่า ( $X_7$ ) เท่ากับ 18 ซม. เส้นผ่านศูนย์กลางข้อเท้า ( $X_8$ ) เท่ากับ 13.5 ซม. เส้นรอบวงเอว ( $X_{12}$ ) เท่ากับ 72 ซม. เส้นรอบวงสะตือ ( $X_{13}$ ) เท่ากับ 83 ซม. เส้นรอบวงต้นขา ( $X_{15}$ ) เท่ากับ 55 ซม. และเส้นรอบวงที่สั้นที่สุดของข้อมือ ( $X_{21}$ ) เท่ากับ 15 ซม. ดังนั้น จากสมการที่ (2) จะได้  $\hat{x} = 0.84$  จึงสรุปได้ว่า ศฟไฟฟ้าใหม่ที่พบเป็นเพศชาย (ที่จุดตัดความน่าจะเป็น 0.5) เนื่องจากความน่าจะเป็นที่คำนวณโดยใช้ตัวแบบการถดถอยลอจิสติกที่สร้างขึ้นค่อนข้างสูง

### 4. อภิปรายผลและสรุป

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของกระดูกส่วนต่าง ๆ และขนาดของร่างกายกับเพศและเพื่อสร้างตัวแบบในการทำนายเพศโดยใช้ความยาวของกระดูกส่วนต่าง ๆ และขนาดของร่างกาย ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างพบว่า ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 260 คน (ร้อยละ 51.3) ส่วนสูงเฉลี่ย 164.87 ซม. และมีน้ำหนักเฉลี่ย 60.60 กก. เพศชาย จำนวน 247 คน (ร้อยละ 48.7) มีอายุเฉลี่ย 27 ปี ส่วนสูงเฉลี่ย 177.75 ซม. และมีน้ำหนักเฉลี่ย 78.15 กก.

จากผลการวิเคราะห์ตัวแบบการถดถอยลอจิสติกสำหรับจำแนกเพศจากโครงกระดูกและขนาดร่างกาย พบว่า ตัวแบบการถดถอยลอจิสติกที่ใช้วิธีการคัดเลือกตัวแปรอิสระด้วยวิธี Forward (ตัวแบบที่ 3) เป็นตัวแบบที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด โดยมีค่า AIC เท่ากับ 31.825 และสามารถทำนายเพศได้ถูกต้องถึงร้อยละ 98.62

เมื่อพิจารณาค่าอัตราส่วนออดส์ของเส้นผ่านศูนย์กลางกระดูกไหปลาร้า หรือตัวแปร  $X_1$  ที่ได้จากตัวแบบการถดถอยลอจิสติกพบว่า ถ้าเส้นผ่านศูนย์กลางกระดูกไหปลาร้าเพิ่มขึ้น 1 ซม. ความน่าจะเป็นที่กระดูกที่พบจะเป็นเพศชายจะเพิ่มขึ้นร้อยละ 202 ( $\text{Exp}(\beta) = 3.02$ ) ซึ่งผลการวิจัยที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Akhalaghi และคณะ [8] ที่ได้ทำการศึกษากำหนดเพศจากกระดูกไหปลาร้า โดยพบว่ากระดูกไหปลาร้าสามารถนำไปจำแนกเพศได้ถูกต้องถึงร้อยละ 73.3–88.3 และเมื่อพิจารณาค่าอัตราส่วนออดส์ของเส้นผ่านศูนย์กลางกระดูกเชิงกราน หรือตัวแปร  $X_2$



พบว่า ถ้าเส้นผ่านศูนย์กลางกระดูกเชิงกราน เพิ่มขึ้น 1 ซม. ความน่าจะเป็นที่กระดูกที่พบจะเป็นเพศชายจะลดลง ร้อยละ 28 ( $\text{Exp}(\beta) = 0.72$ ) ซึ่งผลการวิจัยที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของสุภาวรรณ [7] ที่ได้ทำการศึกษาค่าการจำแนกเพศจากกระดูกเชิงกราน และพบว่า กระดูกเชิงกรานสามารถนำไปวิเคราะห์และระบุเพศชายและเพศหญิงได้ชัดเจน โดยเพศชายมีความแม่นยำร้อยละ 77.6 และเพศหญิงมีความแม่นยำร้อยละ 78.8

อย่างไรก็ตาม การศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยใช้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องรวบรวมมาจากตัวอย่างเพศชายและเพศหญิงที่ยังมีชีวิตอยู่ ไม่ได้ทำการสร้างตัวแบบในการทำนายเพศจากโครงกระดูกหรือศพ ดังนั้น การเปรียบเทียบผลที่ได้กับงานวิจัยอื่น ๆ ในอดีตที่ใช้ข้อมูลจากศพหรือโครงกระดูกโดยตรงอาจมีความคลาดเคลื่อนซึ่งถือเป็นข้อจำกัดของงานวิจัยนี้

#### เอกสารอ้างอิง

- [1] P. Manwong, "Sex determination by discriminant analysis: an evaluation of the reliability of metacarpals measurements in Thai population," M.S. thesis, Faculty of Science, Silpakorn University, Nakhon Pathom, 2010 (in Thai).
- [2] S. Chuengkajohnkiat, "Sex determination by discriminant analysis: An evaluation of the reliability of Patella measurements in Thai population," *Veridian E-Journal, Silpakorn University (Humanities, Social Sciences and Arts)*, vol. 3, no. 1, pp. 285–295, 2010 (in Thai).
- [3] P. Putiwat and S. Duangchitra, "Gender determination of thais by measurements of adult femurs," *Journal of Science and Technology, Ubon Ratchathani University*, vol. 14, no. 2, pp. 65–70, 2012 (in Thai).
- [4] P. Sainara, "Sexdeterminationfrommeasurement of sternum in Thai population," *Veridian E-Journal, Silpakorn University (Humanities, Social Sciences and Arts)*, vol. 6, no. 2, pp. 913–924, 2013 (in Thai).
- [5] C. Sermduangprateep, "Sex determination of tibia and ulna in Thai skeletons," M.S. thesis, Forensic Science, Faculty of Science, Silpakorn University, Nakhon Pathom, 2013 (in Thai).
- [6] K. Suphakhong, C. Thothai, T. Permpoon, P. Paenkaew, P. Pliensai, W. Khantiwong, R. Chanasong, P. Putiwat, T. Phisonkunkasem, and S. Duangchitra, "Gender determination by using scapular measurement in Thai population," *Forensic Medicine Journal*, vol. 6, no. 1, pp. 26–32, 2014 (in Thai).
- [7] S. Latthitham, "Sex determination from greater sciatic notch and acetabulum in Thai population," *Veridian E-Journal, Science and Technology, Silpakorn University*, vol. 3, no. 4, pp. 124–134, 2016 (in Thai).
- [8] M. Akhlaghi, M. Hajibeygi, and B. Moradi, "Sex determination using anthropometric dimensions of the clavicle in Iranian population," *Journal of Forensic and Legal Medicine*, vol. 19, no. 7, pp. 381–385, 2012.
- [9] A. Balseven-Odabasi, E. Yalcinozan, A. Keten, R. Akçan, A. R. Tumer, A. Onan, N. Canturk, O. Odabasi, and A. Hakan, "Age and sex estimation by metric measurements and fusion of hyoid bone in a Turkish population," *Journal of Forensic and Legal Medicine*, vol. 20, no. 5, pp. 496–501, 2013.
- [10] S. M. Motawei, N. Helaly, W. M. Aboelmaaty, K. Elmahdy, O. A. Shabka, and H. Liu, "Length of the ramus of the mandible as an indicator of chronological age and sex: A study in a group of Egyptians," *Forensic Science International: Forensic Science and Arts*, vol. 6, no. 2, pp. 913–924, 2013 (in Thai).

Reports, vol. 2, no. 3, pp. 100066, 2020.

[11] G. Heinz, L. J. Peterson, R. W. Johnson, and C. J. Kerk, "Exploring relationships in body dimensions," *Journal of Statistics Education*, vol. 11, no. 2, pp. 1-13, 2017.

[12] A. R. Behnke and J. H. Wilmore, *Evaluation and*

*Regulation of Body Build and Composition*, Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1974.

[13] E. Vittinghoff, D. V. Glidden, S. C. Shiboski, and C. E. McCulloch, *Regression Methods in Biostatistics: Linear, Logistic, Survival, and Repeated Measures Models*, New York, NY: Springer, 2011.

**ภาคผนวก**

**ตารางที่ 7** ค่าประมาณพารามิเตอร์ ( $\beta$ ) ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE) ค่าสถิติทดสอบของ Wald และค่า  $p$  ของตัวแบบที่ 1

Parameter	$\beta$	SE	Wald	$p$
ค่าคงที่	-138.0	52.49	6.92	0.009*
เส้นผ่านศูนย์กลางกระดูกไหปลาร้า ( $X_1$ )	1.06	1.06	1.00	0.317
เส้นผ่านศูนย์กลางกระดูกเชิงกราน ( $X_2$ )	-0.29	0.66	0.19	0.660
เส้นผ่านศูนย์กลางแนวปุ่มบนกระดูกต้นขา ( $X_3$ )	-0.25	0.88	0.08	0.779
ความลึกของทรงอก ( $X_4$ )	1.09	0.94	1.33	0.250
เส้นผ่านศูนย์กลางหน้าอก ( $X_5$ )	0.86	1.03	0.70	0.402
เส้นผ่านศูนย์กลางข้อศอก ( $X_6$ )	5.02	2.54	3.89	0.049*
เส้นผ่านศูนย์กลางข้อมือ ( $X_7$ )	-1.87	2.69	0.48	0.488
เส้นผ่านศูนย์กลางเท้า ( $X_8$ )	-3.15	2.11	2.23	0.136
เส้นผ่านศูนย์กลางข้อเท้า ( $X_9$ )	6.49	3.11	4.35	0.037*
เส้นรอบวงเอว ( $X_{12}$ )	1.06	0.42	6.45	0.011*
เส้นรอบวงสะตือ ( $X_{13}$ )	-0.92	0.43	4.64	0.031
เส้นรอบวงต้นขา ( $X_{15}$ )	-1.21	0.66	3.30	0.069
เส้นรอบวงเข่า ( $X_{18}$ )	0.21	0.92	0.05	0.818

**ตารางที่ 7** ค่าประมาณพารามิเตอร์ ( $\beta$ ) ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE) ค่าสถิติทดสอบของ Wald และค่า  $p$  ของตัวแบบที่ 1 (ต่อ)

Parameter	$\beta$	SE	Wald	$p$
เส้นรอบวงที่ยาวที่สุดของน่อง ( $X_{19}$ )	-0.77	0.90	0.73	0.394
เส้นรอบวงที่สั้นที่สุดของข้อเท้า ( $X_{20}$ )	1.11	1.40	0.62	0.429
เส้นรอบวงที่สั้นที่สุดของข้อมือ ( $X_{21}$ )	3.429	2.704	1.608	0.205

หมายเหตุ: \*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

**ตารางที่ 8** ค่าประมาณพารามิเตอร์ ( $\beta$ ) ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE) ค่าสถิติทดสอบของ Wald และค่า  $p$  ของตัวแบบที่ 2

Parameter	$\beta$	SE	Wald	$p$
ค่าคงที่	-90.67	22.12	16.81	<.0001*
เส้นผ่านศูนย์กลางกระดูกไหปลาร้า ( $X_1$ )	1.13	0.33	11.54	0.001*
ความลึกของทรงอก ( $X_4$ )	1.11	0.36	9.45	0.002*
เส้นผ่านศูนย์กลางข้อเท้า ( $X_9$ )	4.71	1.26	14.04	0.000*
เส้นรอบวงเอว ( $X_{12}$ )	0.69	0.18	15.30	<.0001*
เส้นรอบวงสะตือ ( $X_{13}$ )	-0.56	0.15	13.76	0.000*
เส้นรอบวงต้นขา ( $X_{15}$ )	-0.76	0.20	14.12	0.000*

หมายเหตุ: \*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05



ตารางที่ 9 ค่าประมาณพารามิเตอร์ ( $\hat{\beta}$ ) ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard Error; SE) ค่าสถิติทดสอบของ Wald และค่า  $p$  ของตัวแบบที่ 4

Parameter	$\hat{\beta}$	SE	Wald	$p$
ค่าคงที่	-97.51	28.89	11.40	0.001*
เส้นผ่านศูนย์กลางกระดูกไหลปลาร้า ( $X_1$ )	1.19	0.36	10.64	0.001*
เส้นผ่านศูนย์กลางกระดูกเชิงกราน ( $X_2$ )	-0.70	0.33	4.50	0.034*
ความลึกของทรวงอก ( $X_4$ )	1.26	0.43	8.54	0.004*
เส้นผ่านศูนย์กลางข้อเท้า ( $X_9$ )	5.91	1.94	9.32	0.002*
เส้นรอบวงเอว ( $X_{12}$ )	0.88	0.29	9.25	0.002*
เส้นรอบวงสะตือ ( $X_{13}$ )	-0.64	0.22	8.38	0.004*
เส้นรอบวงต้นขา ( $X_{15}$ )	-0.83	0.25	11.04	0.001*

หมายเหตุ: \*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05