บทความวิจัย

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของการวัดผลิตภาพแรงงานก่อสร้างถนนแอสฟัลต์ติกคอนกรีตด้วยนาฬิกาอัจฉริยะ

ณัฐชยา หันไชยศรี และ กอปร ศรีนาวิน*
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 08 9417 7357 อีเมล: korbsri@kku.ac.th
DOI: 10.14416/j.kmutnb.2024.10.004
รับเมื่อ 9 มีนาคม 2566 แก้ไขเมื่อ 21 กรกฎาคม 2566 ตอบรับเมื่อ 7 กันยายน 2566 เผยแพร่ออนไลน์ 1 ตุลาคม 2567
© 2024 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันผลิตภาพแรงงานของไทยมีการขยายตัวที่ค่อนข้างต่ำ ซึ่งเป็นผลกระทบกับเจ้าของโครงการ โดยอุตสาหกรรมการก่อสร้างต้นทุนของแรงงานคิดเป็น 30–50% ของต้นทุนทั้งหมด จึงทำให้ผลิตภาพของแรงงานก่อสร้างนั้นเป็นตัวกำหนดความสำเร็จของโครงการ ซึ่งการวัดผลิตภาพของแรงงานก่อสร้างนั้นสามารถทำได้โดยการรวบรวมข้อมูลจากหน้างาน โดยจะต้องไม่ไปรบกวนการทำงานของแรงงานก่อสร้างขณะที่แรงงานดำเนินงานอยู่ แต่ภายในโครงการก่อสร้างมีความซับซ้อนทำให้การเก็บข้อมูลเป็นเรื่องยาก ในการศึกษานี้จึงประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการเก็บรวบรวมข้อมูลของแรงงานก่อสร้างในงานก่อสร้างถนนแอสฟัลต์ติกคอนกรีต โดยใช้นาฬิกาอัจฉริยะรวบรวมข้อมูลของแรงงาน ดังนี้ อัตราการเต้นของหัวใจ ระยะทางในการเดินแต่ละวัน พลังงานที่ใช้ไป สภาพอากาศระหว่างการทำงาน ความชื้นระหว่างการทำงาน ระยะเวลาการทำงานในแต่ละวัน และในส่วนที่เก็บเพิ่มเติม คือ อายุ ประสบการณ์ทำงาน และปริมาณงานที่แรงงานทำได้ในแต่ละวัน และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียรสัน (Pearson Correlation Coefficient) ผลการวิเคราะห์ได้ความว่า ระยะเวลาการทำงานในแต่ละวัน อุณหภูมิระหว่างการทำงาน และความชื้นระหว่างการทำงานมีค่าความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อผลิตภาพการทำงานของแรงงานในโครงการก่อสร้างถนนแอสฟัลต์ติกคอนกรีตสูงสุดไปในทิศทางเดียวกัน 3 อันดับแรก

คำสำคัญ: แรงงานก่อสร้าง ผลิตภาพแรงงาน นาฬิกาอัจฉริยะ

การอ้างอิงบทความ: ณัฐชยา หันไชยศรี และ กอปร ศรีนาวิน, "ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของการวัดผลิตภาพแรงงานก่อสร้างถนนแอสฟัลต์ติกคอน กรีตด้วยนาฬิกาอัจฉริยะ," *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, ปีที่ 35, ฉบับที่ 2, หน้า 1–9, เลขที่บทความ 252-046817, เม.ย.–มิ.ย. 2568.

Research Article

The Correlation Coefficient of Productivity Construction Labor in Asphaltic Concrete Road with Smartwatch

Natchaya Hunchaisree and Korb Srinavin*
Department of Civil Engineering, Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand

* Corresponding Author, Tel. 08 9417 7357, E–mail: korbsri@kku.ac.th
DOI: 10.14416/j.kmutnb.2024.10.004
Received 9 March 2022 ; Revised 21 July 2023 ; Accepted 7 September 2023; Published online: 1 October 2024
© 2024 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

Abstract

Currently, the workforce productivity in Thailand has been relatively low, which has had an impact on project owners. The construction industry incurs labor costs that account for 30–50% of the total costs. Therefore, the productivity of construction labor becomes a determining factor for project success. Measuring the productivity of construction labor can be done by collecting data from the worksite without disrupting the ongoing work. However, the complexity of construction projects makes data collection challenging. In this study, technology is being applied to assist in the data collection of construction labor in asphalt and concrete road construction projects. Smartwatches are used to collect data, including heart rate, distance walked per day, Kcal, weather conditions during work, humidity during work, and work hours. Additional data collected includes age, work experience, and the quantity of work performed each day. The correlation between these parameters and labor productivity in the construction of high-performance asphalt concrete roads is analyzed using the Pearson correlation coefficient. The analysis reveals that work hours weather and humidity have statistically significant correlations with labor productivity in the construction of high-performance asphalt concrete roads; those are the top three parameters that have the highest correlation with labor productivity.

Keywords: Labor, Labor Productivity, Smartwatch

Please cite this article as: N. Hunchaisree and K. Srinavin, "The correlation coefficient of productivity construction labor in asphaltic concrete road with smartwatch," *The Journal of KMUTNB*, vol. 35, no. 2, pp. 1–9, ID. 252-046817, Apr.–Jun. 2025 (in Thai).

1. บทนำ

ผลิตภาพงานก่อสร้าง (Construction Productivity) หมายถึงคำว่าผลิตภาพในอุตสาหกรรมการก่อสร้างนั้นไม่มีคำนิยามที่เป็นมาตรฐานในอุตสาหกรรมการก่อสร้าง เนื่องจากบริษัทต่างใช้ระบบในการวัดผลิตภาพการทำงานของตนเอง [1] ในการก่อสร้างผลิตภาพ มักหมายถึงผลิตภาพของแรงงานก่อสร้าง คือ หน่วยของผลงานหรือผลผลิตต่อชั่วโมง เทียบกับชั่วโมงการทำงานต่อหน่วย [2]

ในช่วงเกือบ 10 ปีที่ผ่านมาผลิตภาพแรงงานของไทยขยายตัวอยู่ในระดับที่ค่อนข้างต่ำและมีแนวโน้มที่จะลดลงเรื่อย ๆ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้เห็นว่าประเทศไทยนั้นไปมุ่งเน้นปัจจัยทางด้านอื่น ๆ เช่น ด้านเงินทุน หรือ ด้านปริมาณแรงงาน มากกว่าการพัฒนาคุณภาพแรงงาน [3] เจ้าของโครงการในเศรษฐกิจของสหรัฐอเมริกาได้รับความเดือดร้อนจากผลิตภาพที่ต่ำและการขาดประสิทธิภาพสูง เนื่องจากการจัดสรรทรัพยากรที่ไม่ถูกต้องทำให้เกิดการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรที่น้อยหรือใช้ประโยชน์เกินขนาดของโครงการ [4] ซึ่งการสังเกตและวิเคราะห์กิจกรรมเพื่อติดตามผลิตภาพในการก่อสร้างสามารถปรับปรุงผลิตภาพของโครงการก่อสร้างได้ [5]

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า การปรับปรุงผลิตภาพแรงงานก่อสร้างต้องมีการวัดผลิตภาพ ทำได้โดยการรวบรวมข้อมูลจากหน้างานและติดตามการใช้ทรัพยากร เพื่อนำมาจัดทำมาตรการการเพิ่มประสิทธิภาพ ซึ่งสิ่งสำคัญในการเก็บรวบรวมข้อมูลไม่ควรที่จะไปรบกวนการทำงานของแรงงานขณะที่กำลังดำเนินการอยู่ [6] และการตรวจสอบผลิตภาพในการทำงานของแรงงานนั้นทำได้โดยการพิจารณาจากลักษณะของโครงการที่มีกิจกรรมที่ซับซ้อน ซึ่งการใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยทำให้สามารถจัดการทรัพยากร และสามารถแสดงถึงแนวโน้มการเติบโตของผลิตภาพได้ [7], [8] จึงเป็นที่มาของการศึกษาความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้จากนาฬิกาอัจฉริยะ (Smartwatch) กับผลิตภาพการทำงานของแรงงานก่อสร้าง ซึ่งนาฬิกาอัจฉริยะมีเซนเซอร์วัดความเร่ง 3 แกน ไจโรสโคป 3 แกน และไบโอเซนเซอร์ ทำให้นาฬิกาอัจฉริยะสามารถตรวจจับกิจกรรมของแรงงานในขณะที่แรงงานกำลังดำเนินงานภายในโครงการก่อสร้าง

จากการศึกษาทฤษฎีที่ผ่านมาได้ความว่า เทคโนโลยีที่สามารถใช้ติดตามแรงงานก่อสร้างเพื่อวัดผลิตภาพการทำงานของแรงงานได้ แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ 1) วิธีการที่ใช้จลนศาสตร์ (Kinematic-based methods) 2) วิธีการใช้ภาพ (Vision–based Methods) และ 3) วิธีการใช้เสียง (Audio-based Methods) [9] โดยในการศึกษานี้จึงใช้เซ็นเซอร์ที่มีอยู่ในนาฬิกาอัจฉริยะสำหรับการรวบรวมข้อมูลของแรงงานก่อสร้าง โดยมีพารามิเตอร์ที่เก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้ 1) อัตราการเต้นของหัวใจ 2) ระยะทางในการเดินแต่ละวัน 3) สภาพอากาศระหว่างการทำงาน 4) ความชื้นระหว่างการทำงาน 5) ระยะเวลาการทำงานในแต่ละวัน และ 6) พลังงานที่ใช้ เนื่องจากวิธีการใช้เซนเซอร์จากนาฬิกาอัจฉริยะไม่เป็นการรบกวนการดำเนินงานของแรงงาน จากนั้นจะนำข้อมูลที่ได้จากนาฬิกาอัจฉริยะนำมาวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่เก็บรวบรวมจากนาฬิกาอัจฉริยะ กับผลิตภาพของแรงงานก่อสร้างถนนแอสฟัลต์คอนกรีต ซึ่งทางผู้จัดทำได้มีการเก็บข้อมูลของแรงงานก่อสร้างเพิ่มเติม คือ อายุ และประสบการณ์ทำงาน เพื่อนำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์กับผลิตภาพของแรงงานก่อสร้างถนนแอสฟัลต์คอนกรีต

ในการวัดผลิตภาพการทำงานของแรงงานทำได้โดยใช้ข้อมูลแรงงานต่อหน่วยกับผลผลิตของงาน ซึ่งการวัดผลผลิตมีหลากหลายเนื่องจากกิจกรรมการก่อสร้างที่แตกต่างกันออกไปตามลักษณะของโครงการ [10] โดยสามารถคำนวณหาผลิตภาพของแรงงานก่อสร้างได้ดังนี้

$$Productivity = \frac{Output}{Input} \quad (1)$$

จากสมการที่ (1) ผลิตผล หรือ Output คือผลที่ได้จากการผลิตซึ่งในงานก่อสร้างคือ ผลงานการก่อสร้างต่าง ๆ อาจจะวัดเป็น

1) หน่วยในการใช้งาน เช่น กิโลเมตรในโครงการก่อสร้างถนน

2) หน่วยของผลงาน เช่น ปริมาณคอนกรีตที่เทได้เป็น

ลูกบาศก์เมตร

3) หน่วยเป็นค่าเงิน เช่น จำนวนเงินบาท

ในด้านของปัจจัยการผลิตหรือ Input นั้นได้แก่ ทรัพยากรต่าง ๆ ที่จำเป็นในการใช้ดำเนินการผลิต ได้แก่ แรงงาน วัสดุ เครื่องจักร เครื่องมือ เงิน และการจัดการ [11] ในการศึกษานี้ใช้ Output เป็นหน่วยของผลงาน คือปริมาณยางแอสฟัลต์ติกคอนกรีตที่เทได้ในแต่ละวันมีหน่วยเป็นตารางเมตร

การพัฒนาล่าสุดของเทคโนโลยีที่ใช้เซ็นเซอร์เข้ามาช่วยให้ผู้จัดการโครงการนั้นสามารถสร้างปฏิสัมพันธ์กับฝ่ายต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพิ่มผลผลิตและประสิทธิภาพด้านความปลอดภัย [12]–[16] ซึ่งขึ้นอยู่กับประเภทของเซ็นเซอร์ที่นำมาใช้การตรวจจับและจดจำกิจกรรมอัตโนมัติ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ ได้แก่ 1) วิธีการที่ใช้จลนศาสตร์ (Kinematic-based Methods) วิธีการที่ใช้จลนศาสตร์ (Kinematic-based Methods) เป็นวิธีที่ใช้เซ็นเซอร์หลายตัว ยกตัวอย่างเช่น Accelerometers และ Gyroscopes เพื่อจดจำรูปแบบการเคลื่อนที่ที่แตกต่างกันของแต่ละกิจกรรมที่ดำเนินการโดยแรงงาน [17]–[19] 2) วิธีการใช้ภาพ (Vision–based Methods) วิธีการใช้ภาพทำโดยการใช้ภาพ 2 มิติ รูปภาพ/วีดีโอ กล้องถ่ายรูป และกล้องถ่ายภาพ 3 มิติ เช่น Flash LiDAR เพื่อที่จะเก็บข้อมูลภาพจากสถานที่ทำงานก่อสร้างเพื่อการประมวลผลต่อไป [9] และ 3) วิธีการใช้เสียง (Audio-based Methods) การใช้เสียงโดยส่วนใหญ่แล้วจะใช้การบันทึกรูปแบบเสียงของอุปกรณ์ ซึ่งวิธีนี้ถูกนำมาใช้ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมาและเป็นทางเลือกที่จะนำมาใช้ควบคู่กับวิธีการที่ใช้จลนศาสตร์ (Kinematic-based Methods) เพื่อประมวลผลต่อไป [9]

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ในการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพื่อทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่เก็บได้จากนาฬิกาอัจฉริยะกับผลิตภาพการทำงานของแรงงานก่อสร้างถนนแอสฟัลต์คอนกรีต มีผลต่อผลิตภาพของแรงงานอย่างไร ซึ่งผลการศึกษาจะช่วยให้ เจ้าของโครงการสามารถบริหารจัดการโครงการก่อสร้างให้บรรลุถึงเป้าหมายของโครงการได้

รูปที่ 1 อุปกรณ์เก็บข้อมูล

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การดำเนินการวิจัยครั้งนี้แบ่งออกเป็น 4 กระบวนการ ได้แก่ การกำหนดกลุ่มตัวอย่าง เครื่องมือในงานวิจัย การเก็บข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 การกำหนดกลุ่มตัวอย่าง (Sampling)

กลุ่มตัวอย่าง คือ พนักงานตำแหน่งความรับผิดชอบอยู่ที่หน้างานก่อสร้างโครงการก่อสร้างทางจำนวน 5 คน ซึ่งมากกว่าการศึกษาที่ผ่านมาโดยภาพรวม คุณสมบัติของพนักงานจะต้องมีสุขภาพร่างกายแข็งแรง และยินยอมให้เก็บข้อมูลเพื่อที่จะนำมาดำเนินงานในการทำวิจัย

2.2 เครื่องมือในงานวิจัย (Research tool)

นาฬิกาอัจฉริยะยี่ห้อ Mi รุ่น Smart Band 5 ดังรูปที่ 1 โดยจะให้แรงงานก่อสร้างสวมใส่นาฬิกาอัจฉริยะที่ข้อมือซ้ายของแรงงาน และจะใช้สมาร์ทโฟนยี่ห้อ A-ONE by AIS ดังรูปที่ 1 สำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลจากนาฬิกาอัจฉริยะ โดยจะใช้ Application จำนวน 2 Application คือ

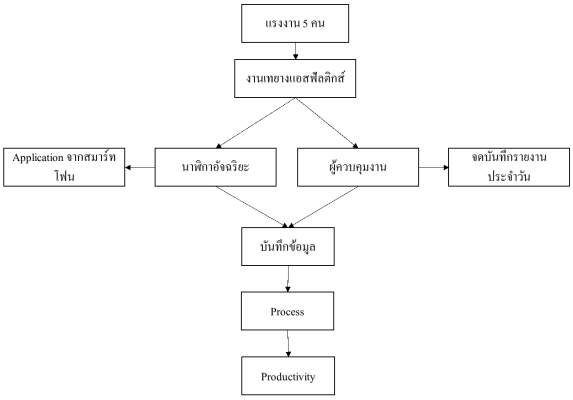
1) Mi FIT และ 2) Google FIT ในการเก็บรวบรวมข้อมูลและดึงข้อมูลออกมาจากสมาร์ทโฟน

2.3 การเก็บข้อมูล (Collect Data)

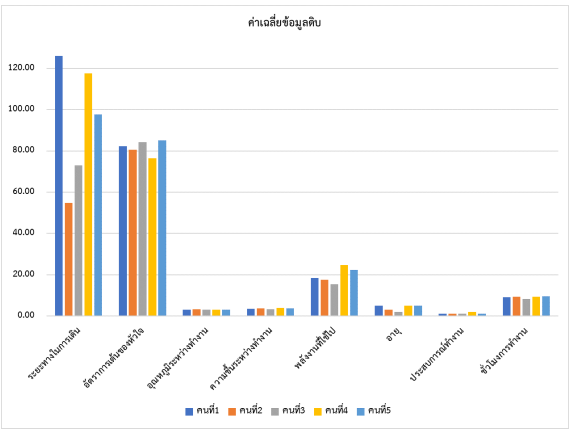
ในการศึกษานี้เก็บรวบรวมจากแรงงานจำนวน 5 คน คนละ 30 วันโดยเป็นแรงงานที่ดำเนินงานในโครงการก่อสร้างถนนแอสฟัลต์ติกคอนกรีต ซึ่งกิจกรรมที่ต้องการเก็บข้อมูลแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 1 คือ เก็บรวบรวมข้อมูลของแรงงานในงานเทยางแอสฟัลต์ติกคอนกรีตมีกิจกรรมดังนี้ 1) ทำความสะอาดถนน 2) วัดระยะ และ 3) เทยางแอสฟัลต์ติกคอนกรีต

ตารางที่ 1 แสดงกิจกรรมที่ต้องการเก็บข้อมูลในแต่ละประเภทงาน

ประเภทงาน	กิจกรรมที่ต้องการเก็บข้อมูล	เก็บตัวอย่าง	ระยะเวลา
งานก่อสร้างใหม่	วัดระยะ	5 คน	คนละ 30 วัน
	เทยางแอสฟัลติกส์		
งาน Over Lay	ทำความสะอาดถนน		
	วัดระยะ		
	เทยางแอสฟัลติกส์		



รูปที่ 2 แสดงขั้นตอนการดำเนินงาน



รูปที่ 3 ค่าเฉลี่ยข้อมูลดิบ

ข้อมูลที่ได้จากนาฬิกาอัจฉริยะ ประกอบไปด้วยระยะทางในการเดินแต่ละวัน (X_1), อัตราการเต้นของหัวใจ (X_2) สภาพอากาศระหว่างการทำงาน (X_3) ความชื้นระหว่างการทำงาน (X_4) พลังงานที่ใช้ไป (X_6) ระยะเวลาการทำงานในแต่ละวัน (X_8) และในส่วนที่เก็บจากผู้ควบคุมงาน ได้แก่ อายุ (X_5) ประสบการณ์ทำงาน (X_7) และปริมาณงานที่ทำได้ในแต่ละวัน (Y) [20] โดยการศึกษานี้นำข้อมูลทั้งหมดมาจัดเรียงในรูปแบบ Excel Sheet เพื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป ดังรูปที่ 2

จากการเก็บข้อมูลทำให้ได้ข้อมูลจากคนที่ 1 จำนวน 426 ข้อมูล คนที่ 2 จำนวน 381 ข้อมูล คนที่ 3 จำนวน 185 ข้อมูล คนที่ 4 จำนวน 477 ข้อมูล และคนที่ 5 จำนวน 421 ข้อมูล หลังจากนั้นจะนำข้อมูลไปจัดเรียงและทำการตัดข้อมูลที่ไม่สามารถนำไปวิเคราะห์ได้ออกไป เนื่องจากความผิดพลาดของการเก็บข้อมูลจากนาฬิกาอัจฉริยะ ซึ่งได้ข้อมูลที่ทำการจัดเรียงแล้วนำไปวิเคราะห์ผล คือ 958 ข้อมูล และทางผู้ศึกษาได้นำข้อมูลดิบไปหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่เก็บมาได้ผลการศึกษาดังรูปที่ 3

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis)

เมื่อผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลของแรงงานก่อสร้างด้วยนาฬิกาอัจฉริยะ จากนั้นผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ทั้งหมดที่เก็บรวบรวมได้จากนาฬิกาอัจฉริยะกับผลิตภาพการทำงานของแรงงาน

เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน เพื่อทำให้ทราบว่าพารามิเตอร์ที่เก็บรวบรวมได้จากนาฬิกาอัจฉริยะมีความสัมพันธ์อย่างไรกับผลิตภาพแรงงานก่อสร้าง โดยแปลตามเกณฑ์พิจารณาค่าความสัมพันธ์รายละเอียด ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เกณฑ์พิจารณาค่าความสัมพันธ์ [21]

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์	ระดับความสัมพันธ์
0.81–1.00	มีความสัมพันธ์กันมาก
0.51–0.80	มีความสัมพันธ์กันปานกลาง
0.21–0.50	มีความสัมพันธ์กันน้อยหรือต่ำ
0.01–0.20	มีความสัมพันธ์กันน้อยมาก
0.00	มีไม่มีความสัมพันธ์กัน

หลังจากการวิเคราะห์ผลจะทำการอภิปรายผลลัพธ์เพื่อเปรียบเทียบ หรืออธิบายเพิ่มเติมจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ [21] เนื่องจากผลลัพธ์จากการวิเคราะห์อัตโนมัติของโปรแกรมสำเร็จรูปอาจมีข้อจำกัดในการให้เหตุผลหรือที่มาของชุดตัวเลขผลลัพธ์ ซึ่งจะแตกต่างจากการวิเคราะห์ทางสถิติที่ใช้เครื่องมือในการเก็บข้อมูลในรูปของแบบสอบถาม ดังนั้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับผลการทดลองจึงนำวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องมาอธิบายเพิ่มเติม

3. ผลการทดลอง

จากการเก็บข้อมูลของแรงงานก่อสร้างในงานเทยางแอสฟัลติกส์คอนกรีตและวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมด 958 ชุด โดยหาค่าความสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างตัวแปรที่เก็บได้จากนาฬิกาอัจฉริยะกับผลิตภาพของแรงงานก่อสร้างจากปริมาณงานที่แรงงานก่อสร้างที่ทำได้ในแต่ละวัน คิดเป็นตารางเมตรต่อวัน รายละเอียดดังตารางที่ 3

จากตารางที่ 3 พบว่า ตัวแปรมีค่าความสัมพันธ์กับผลิตภาพของแรงงานก่อสร้างดังนี้ ระยะทางในการเดินในแต่ละวัน มีค่าความสัมพันธ์เท่ากับ 0.185 ซึ่งอยู่ในระดับความสัมพันธ์น้อยมากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อัตราการเต้นของหัวใจ มีค่าความสัมพันธ์เท่ากับ 0.125 ซึ่งอยู่ในระดับความสัมพันธ์น้อยมากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สภาพอากาศระหว่างการทำงาน มีค่าความสัมพันธ์เท่ากับ –0.590 ซึ่งอยู่ในระดับความสัมพันธ์ปานกลางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ความชื้นอากาศระหว่างการทำงาน มีค่าความสัมพันธ์เท่ากับ –0.460 ซึ่งอยู่ในระดับความสัมพันธ์น้อยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พลังงานที่ใช้ไป มีค่าความสัมพันธ์เท่ากับ –0.136 ซึ่งอยู่ในระดับความสัมพันธ์น้อยมากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อายุ มีค่าความสัมพันธ์เท่ากับ –0.272 ซึ่งอยู่ในระดับความสัมพันธ์น้อยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ประสบการณ์การทำงาน มีค่าความสัมพันธ์เท่ากับ 0.326 ซึ่งอยู่ในระดับความสัมพันธ์น้อยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ ชั่วโมงการทำงาน มีค่าความสัมพันธ์เท่ากับ 0.616 ซึ่งอยู่ในระดับความสัมพันธ์ปานกลางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4. อภิปรายผลและสรุป

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการศึกษาในครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมา พบว่าชั่วโมงการทำงานเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลิตภาพการทำงานของแรงงานก่อสร้าง [22] และยังพบว่าระดับความเหนื่อยล้ามีความสัมพันธ์กับอัตราการเต้นของหัวใจซึ่งผู้จัดการโครงการอาจจะต้องมีการวางแผนการตรวจสอบสถานะทางสรีรวิทยา (PSM การตรวจสอบสถานะทางสรีรวิทยา เช่น การวัดอัตราการเต้นของหัวใจ) ซึ่งทำให้สามารถรับรู้ถึงของผิดปกติของแรงงานได้ และสามารถเพิ่มผลิตภาพของแรงงานได้อีกด้วย [23] ซึ่งการวิจัยก่อนหน้านี้ค้นพบว่า การติดตามสถานะทางสรีรวิทยา (PSM) หรือใช้ข้อมูลจากการทำงานของร่างกายอาจวัดสถานะทางจิต (Psychological Status) และสถานะทางร่างกายของแรงงาน ในการทำงาน และพบว่าอัตราการเต้นของหัวใจ เกี่ยวข้องกับสุขภาพจิตและสถานะทางร่างกาย ของแรงงานซึ่งพิจารณาจากข้อมูลทางกายภาพมีผลเสียโดยตรงต่อการจัดการความปลอดภัยในการก่อสร้างมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมของแรงงานก่อสร้างที่เป็นอันตรายและผลิตภาพการทำงานของแรงงานก่อสร้างได้รับผลกระทบเช่นกัน [23], [24] และประสบการณ์ทำงานของแรงงานยังถูกจัดอันดับ 1 ใน 10 ว่าเป็นปัจจัยหลักที่

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียรสัน

		X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	Y
X_1	Pearson Correlation	1	.095**	–.163**	–.073*	0.056	.117**	.129**	.138**	.185**
	Sig. (2-tailed)		0.003	0.000	0.024	0.082	0.000	0.000	0.000	0.000
	N	958	958	958	958	958	958	958	958	958
X_2	Pearson Correlation	.095**	1	–0.023	–.086**	–.072*	0.021	–.175**	.069*	.125**
	Sig. (2-tailed)	0.003		0.475	0.008	0.027	0.508	0.000	0.033	0.000
	N	958	958	958	958	958	958	958	958	958
X_3	Pearson Correlation	–.163**	–0.023	1	0.038	.177**	.113**	–.219**	–.432**	–.590**
	Sig. (2-tailed)	0.000	0.475		0.241	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	N	958	958	958	958	958	958	958	958	958
X_4	Pearson Correlation	–.073*	–.086**	0.038	1	.241**	.158**	–0.021	–.156**	–.460**
	Sig. (2-tailed)	0.024	0.008	0.241		0.000	0.000	0.508	0.000	0.000
	N	958	958	958	958	958	958	958	958	958
X_5	Pearson Correlation	0.056	–.072*	.177**	.241**	1	.209**	.323**	0.046	–.272**
	Sig. (2-tailed)	0.082	0.027	0.000	0.000		0.000	0.000	0.154	0.000
	N	958	958	958	958	958	958	958	958	958
X_6	Pearson Correlation	.117**	0.021	.113**	.158**	.209**	1	.099**	0.011	–.136**
	Sig. (2-tailed)	0.000	0.508	0.000	0.000	0.000		0.002	0.737	0.000
	N	958	958	958	958	958	958	958	958	958
X_7	Pearson Correlation	.129**	–.175**	–.219**	–0.021	.323**	.099**	1	.260**	.326**
	Sig. (2-tailed)	0.000	0.000	0.000	0.508	0.000	0.002		0.000	0.000
	N	958	958	958	958	958	958	958	958	958
X_8	Pearson Correlation	.138**	.069*	–.432**	–.156**	0.046	0.011	.260**	1	.616**
	Sig. (2-tailed)	0.000	0.033	0.000	0.000	0.154	0.737	0.000		0.000
	N	958	958	958	958	958	958	958	958	958
Y	Pearson Correlation	.185**	.125**	–.590**	–.460**	–.272**	–.136**	.326**	.616**	1
	Sig. (2-tailed)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	N	958	958	958	958	958	958	958	958	958

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

X_1 = ระยะทางในการเดิน X_2 = อัตราการเต้นของหัวใจ X_3 = อุณหภูมิระหว่างทำงาน X_4 = ความชื้นระหว่างทำงาน X_5 = พลังงานที่ใช้ไป X_6 = อายุ X_7 = ประสบการณ์ทำงาน X_8 = ชั่วโมงการทำงาน และ Y = ปริมาณงานที่ทำได้ในแต่ละวัน

ส่งผลเสียต่อผลิตภาพของแรงงานก่อสร้าง [25]

ในการศึกษานี้การวิเคราะห์หาค่าความสัมพันธ์ด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียรสัน (Pearson Correlation Coefficient)ตัวแปรที่มีความสำคัญกับผลิตภาพการทำงานของแรงงานก่อสร้างคือ ชั่วโมงการทำงานนั้น และจากการศึกษาที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่าชั่วโมงการทำงานส่งผลกับแรงงานก่อสร้างในหลาย ๆ ด้าน จากผลการศึกษาในครั้งนี้ช่วยทำให้เจ้าของโครงการตระหนักถึงความสำคัญของชั่วโมงการทำงานของแรงงานก่อสร้างมากขึ้น เพื่อเพิ่มผลิตภาพการทำงานของแรงงานก่อสร้างต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณรองศาสตราจารย์นายแพทย์สมเดช พินิจสุนทร (ประธานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ของมหาวิทยาลัยขอนแก่น คณะที่ 2) ที่กรุณาจัดทำ HE642231 สำหรับการวิจัยในมนุษย์ตามประกาศของเฮลซิงกิและแนวปฏิบัติทางคลินิกที่ดีของ ICH ผู้เขียนขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ ม.ขอนแก่น ที่ให้การสนับสนุนทุน และผู้เขียนขอขอบคุณห้างหุ้นส่วนจำกัดเคเอวิศวกรรมและการเกษตรสำหรับการให้เก็บข้อมูลในการทำการศึกษาในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] T. H. Randolph and M. C. Terrell, *An Analysis of the Methods for Measuring Construction Productivity. Pennsylvania State University*, 1986.

[2] D. W. Halligan, L. A. Demsetz, J. D. Brown, and C. B. Pace, “Action-response model and loss of productivity in construction,” *Journal of Construction Engineering and Management,* vol. 120, no. 1, pp. 47–64, 1994.

[3] A. Puttari, P. Supaamonkul, and P. lakpentum, “Labour Productivity Index in Thailand,” in Labour Productivity Index, Bangkok: Bank of Thailand, 2010, pp. 4–11(in thai).

[4] T. Cheng, J. Teizer, G. C. Migliaccio, and U. C. Gatti, “Automated task-level activity analysis through fusion of real time location sensors and worker’s thoracic posture data,” *Automation in Construction*, vol. 29, pp. 24–39, 2013.

[5] A. Pradhan, B. Akinci, and C. T. Haas, “Formalisms for query capture and data source identification to support data fusion for construction productivity monitoring,” *Automation in Construction,* vol. 20, no. 4, pp. 389–398, 2011.

[6] R. Akhavian and A. H. Behzadan, "Productivity analysis of construction worker activities using smartphone sensors," in *Proceedings, 16th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering*, 2016, pp. 1067–1074.

[7] P. M. Goodrum, C. T. Haas, C. Caldas, D. Zhai, J. Yeiser, and D. Homm, “Model to predict the impact of a technology on construction productivity,” *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 137, no. 9, pp. 678–688, 2011.

[8] D. Grau, C. H. Caldas, C. T. Haas, P. M. Goodrum, and J. Gong, “Assessing the impact of materials tracking technologies on construction craft productivity,” *Automation in Construction,* vol. 18, no. 7, pp. 903–911, 2009.

[9] B.Sherafat, C. R. Ahn, R. Akhavian, A. H. Behzadan, M. Golparvar-Fard, H. Kim, Y.-C. Lee, A. Rashidi and E. R. Azar, “Automated methods for activity recognition of construction workers and equipment: State-of-the-art review,” *Journal of Construction Engineering and Management,* vol. 146, no. 6, pp. 03120002-1–03120002-19, 2020.

[10] L. Song and S. M. AbouRizk, “Measuring and modeling labor productivity using historical data,” *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 134, no. 10, pp. 786–794, 2008.

[11] W. Jiradamkerng, “Construction Productivity,” in *Productivity Improvement in Construction*, Pathum Thani: wankaweebook, 2016 (in Thai).

[12] G. J. A. O. Cezar, “Activity recognition in

construction sites using 3D accelerometer and gyrometer," vol. 10, pp. 1–6, 2012.

[13] K. K. Han and M. Golparvar-Fard, "Potential of big visual data and building information modeling for construction performance analytics: An exploratory study," *Automation in Construction*, vol. 73, pp. 184–198, 2017.

[14] A. Kamišalić, I. Fister, M. Turkanović, and S. Karakatič, "Sensors and functionalities of non-invasive wrist-wearable devices: A review," *Sensors*, vol. 18, no. 6, pp. 1714, 2018.

[15] T. Zhang, Y.-C. Lee, M. Scarpiniti, and A. Uncini, "A supervised machine learning-based sound identification for construction activity monitoring and performance evaluation,"in *Construction Research Congress 2018,* 2018, pp. 358–366.

[16] K. Yang, S. Aria, C. R. Ahn, and T. L. Stentz, "Automated detection of near-miss fall incidents in iron workers using inertial measurement units," in *Construction Research Congress 2014*, 2014, pp. 935–944.

[17] H. Hanna, *Quantifying the Cumulative Impact of Change Orders for Electrical and Mechanical Contractors: A Report to the Construction Industry Institute*, University of Wisconsin at Madison, WI: Madison.

[18] S. H. Khan and M. Sohail, "Activity monitoring of workers using single wearable inertial sensor," in *2013 International Conference on Open Source Systems and Technologies,* 2013, pp. 60–67.

[19] D. Kim, M. Liu, S. Lee, and V. R. Kamat, "Remote proximity monitoring between mobile construction resources using camera-mounted UAVs," *Automation in Construction*, vol. 99, pp. 168–182, 2019.

[20] P. O. Olomolaiye, A. K. W. Jayawardane, and F. C. Harris, "Construction productivity: Definition and Importance," in *Construction productivity management*, Berkshire: the Chartered Institute of Building, 1998, pp. 1–11.

[21] WL. Neuman, *Social work research methods: qualitative and quantitative approaches: with research navigator.* Boston: Pearson/Allyn and Bacon, 2006.

[22] A. Enshassi, S. Mohamed, Z. A. Mustafa, and P. E. Mayer, "Factors affecting labour productivity in building projects in the Gaza strip," *Journal of Civil Engineering and Management,* vol. 13, no. 4, pp. 245–254, 2010.

[23] W. Lee and G. C. Migliaccio, "Field use of physiological status monitoring (PSM) to identify construction workers' physiologically acceptable bounds and heart rate zones," in *Computing in Civil and Building Engineering (2014),* 2014.

[24] H. Guo, Y. Yu, T. Xiang, H. Li, and D. Zhang, "The availability of wearable-device-based physical data for the measurement of construction workers' psychological status on site: From the perspective of safety management," *Automation in Construction,* vol. 82, pp. 207–217, 2017.

[25] P. Ghoddousi and M. R. Hosseini , "A survey of the factors affecting the productivity of construction projects in Iran," *Technological and Economic Development of Economy*, vol. 18, no. 1, pp. 99–116, 2012.