

Cost Comparison of Blood Product Transportation and Distribution between Ambulance and Unmanned Aerial Vehicles

Kittikhun Panaim^{1*} Nattanicha Chairassamee² and Kanokwan Chancharoenchai²

¹ Master Student, Business economics, Faculty of Economics, Kasetsart University, Thailand

² Department of Economics, Faculty of Economics, Kasetsart University, Thailand

* Corresponding author. E-mail: Kittikhun.pa@ku.th

ABSTRACT

This quantitative research aims to analyze the cost of transporting and distributing blood by ambulance, comparing it with the use of unmanned aerial vehicles (UAVs) in hospitals within the service area of the 10th Regional Blood Center in northern Thailand. The service area encompasses three provinces: Chiang Mai, Lampang, and Lamphun, covering a total of 24 hospitals. The hospitals are classified based on their proximity to the 10th Regional Blood Center in Chiang Mai. The Cost-Effectiveness Analysis (CEA) method is employed to study the service provision of ambulances, comparing the cost per trip with that of UAVs. The study reveals that the average cost per trip for blood transportation and distribution by ambulance is 641.76 Thai Baht in the near group, 11,226.07 Thai Baht in the intermediate group, and 22,208.91 Thai Baht in the distant group. The cost breakdown includes average depreciation costs (61.70%), fuel costs (23.62%), maintenance costs (4.58%), and driver labor costs (3.74%). In contrast, the cost per trip for UAVs remains constant at 805.00 Thai Baht. The cost-effectiveness analysis indicates that the cost-effectiveness of ambulance transportation and blood distribution is 13.68 Thai Baht per minute, while the cost-effectiveness of UAV transportation and blood distribution is 46.98 Thai Baht per minute. This study serves as preliminary research, utilizing a cost-effectiveness framework in the healthcare transportation system, and provides a comparative view of UAV integration into blood transportation logistics, aiding in nuanced evaluations of investment returns and policy planning for efficient public health transportation systems in the future.

Keywords: Ambulance, Unmanned Aerial Vehicles, Blood

การเปรียบเทียบต้นทุนของการขนส่งและกระจายโลหิต ระหว่างรพพยาบาลและอากาศยานไร้คนขับ

กิตติคุณ ปานเอม^{1*} ณัฐธินิชา ฉายรัมย์² และ กนกวรรณ จันทร์เจริญชัย²

¹ นิติปรัชญาโท สาขาเศรษฐศาสตร์ธุรกิจ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประเทศไทย

² ภาควิชาเศรษฐศาสตร์ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประเทศไทย

* Corresponding author. E-mail: kittikhun.pa@ku.th

บทคัดย่อ

บทความวิจัยเชิงปริมาณนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ต้นทุนของการขนส่งและกระจายโลหิตโดยรพพยาบาลเปรียบเทียบกับการใช้อากาศยานไร้คนขับในโรงพยาบาลที่อยู่ในพื้นที่รับผิดชอบของภาคบริการโลหิตที่ 10 สภากาชาดไทย พื้นที่รับผิดชอบของภาคบริการโลหิตที่ 10 สภากาชาดไทย ครอบคลุม 3 จังหวัด ได้แก่ เชียงใหม่ ลำปาง และ ลำพูน ทั้งหมด 24 โรงพยาบาลโดยแบ่งกลุ่มตามเกณฑ์ระยะเวลาการเดินทางจากภาคบริการโลหิตที่ 10 เชียงใหม่ ทำการวิเคราะห์ในมุมมองของผู้ให้บริการ โดยใช้วิธีการต้นทุน-ผลตอบแทน (Cost-Effectiveness Analysis :CEA) ศึกษาการให้บริการของรพพยาบาลจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยวิเคราะห์ต้นทุนต่อเที่ยวของการให้บริการเปรียบเทียบกับต้นทุนต่อเที่ยวของอากาศยานไร้คนขับ ผลการศึกษาพบว่า ต้นทุนของการขนส่งและกระจายโลหิตโดยรพพยาบาล กลุ่มโรงพยาบาลระยะใกล้มีต้นทุนต่อเที่ยวเฉลี่ย 641.76 บาท โรงพยาบาลที่ตั้งในระยะกลางมีต้นทุนเฉลี่ย 11,226.07 บาท และในระยะไกลมีต้นทุนเฉลี่ย 22,208.91 บาท โดยจำแนกเป็นต้นทุนค่าเสื่อมราคาเฉลี่ยร้อยละ 61.70 ต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ยร้อยละ 23.62 ต้นทุนค่าซ่อมบำรุงเฉลี่ยร้อยละ 4.58 และ ต้นทุนค่าแรงงานคนขับรถเฉลี่ยร้อยละ 3.74 ในขณะที่ต้นทุนต่อเที่ยวของอากาศยานไร้คนขับมีต้นทุนคงที่ที่ร้อยละ 805.00 บาท การวิเคราะห์ต้นทุน-ผลตอบแทนของการขนส่งและกระจายโลหิตโดยรพพยาบาลมีค่าเท่ากับ 13.68 บาทต่อนาที และต้นทุน-ผลตอบแทนของการขนส่งและกระจายโลหิตโดยอากาศยานไร้คนขับมีค่าเท่ากับ 46.98 บาทต่อนาที ซึ่งการศึกษานี้เน้นเป็นการศึกษาเบื้องต้นและเป็นงานชิ้นแรกๆ ที่ใช้แนวคิดเกี่ยวกับต้นทุน-ผลตอบแทนกับการขนส่งและกระจายโลหิตโดยรพพยาบาลเปรียบเทียบกับการใช้อากาศยานไร้คนขับ ผลการศึกษานี้เป็นข้อมูลเบื้องต้นเพื่อประกอบการตัดสินใจ ช่วยพัฒนาระบบการขนส่งด้านสาธารณสุข และสามารถช่วยในการหาทางเลือกอื่นในการนำอากาศยานไร้คนขับมาใช้ในการขนส่งและประเมินผลตอบแทนจากการลงทุน ซึ่งจะนำไปสู่การวางแผนนโยบายสาธารณะที่มีประสิทธิภาพในอนาคต

คำสำคัญ: รพพยาบาล, อากาศยานไร้คนขับ, โลหิต

© 2024 JSSP: Journal of Social Science Panyapat

บทนำ

ศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติสภากาชาดไทย (National Blood Center; The Thai Red Cross Society) เป็นองค์กรอิสระซึ่งได้รับมอบหมายหน้าที่จากรัฐบาลในการจัดหาโลหิตให้มีปริมาณเพียงพอต่อความต้องการ มีความปลอดภัย และมีคุณภาพสูงสุดจากผู้บริจาคโลหิต เพื่อนำไปใช้รักษาผู้ป่วยทั่วประเทศ ทั้งในรูปโลหิต ส่วนประกอบโลหิต และผลิตภัณฑ์โลหิต ตลอดระยะเวลาที่ผ่านมาได้มีการดำเนินการโดยยึดมั่นในนโยบายคุณภาพ คือ บริการประทับใจ โลหิตและผลิตภัณฑ์มีคุณภาพ ได้มาตรฐาน ปลอดภัยทั้งผู้ให้และผู้รับ (สภากาชาดไทย, 2564)

การขนส่งโลหิตเป็นหน้าที่ของโรงพยาบาลที่ร้องขอใช้โลหิต โดยทางโรงพยาบาลจะต้องเป็นผู้จัดรถมารับโลหิตที่ศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติฯ เอง โดยเฉลี่ยแล้วนั้นประเทศไทย มีโรงพยาบาลขอใช้โลหิตจากศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติฯ

ประมาณ 100 แห่งต่อวัน (สมชาย ปฐมศิริ และ ประภัสสร สุชาบุรณ์, 2554) ซึ่งความต้องการโลหิตนั้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ดังเช่นในพื้นที่ภาคเหนือที่ ภาคบริการโลหิตแห่งชาติที่ 10 จังหวัดเชียงใหม่ให้บริการอยู่ มีการจ่ายโลหิตจริงในพื้นที่ดังกล่าวโดยเฉลี่ยถึง 70,000 ยูนิต ต่อปี (ภาคบริการโลหิตแห่งชาติที่ 10 เชียงใหม่, 2565)

เมื่อก้าวถึงอากาศยานไร้คนขับนั้น การรับรู้ของบุคคลทั่วไปอาจจะหมายถึงอากาศยานไร้คนขับที่ใช้ในการถ่ายภาพมุมสูง วิดีโอในมุมมองที่ไม่สามารถถ่ายทำได้ในการถ่ายทำทั่วไป หรือทำการบินผาดแผลง บินเพื่องานอดิเรก แต่ในความเป็นจริงนั้น เทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับได้มีการพัฒนาไปอย่างมาก และหนึ่งในเทคโนโลยีที่ถูกพัฒนาขึ้น และประสบความสำเร็จในหลายพื้นที่ทั่วโลก นั่นคือ อากาศยานไร้คนขับที่ใช้ในการขนส่งสินค้าไม่ว่าจะเป็นสินค้าทั่วไป ไปจนถึงอุปกรณ์และเวชภัณฑ์ทางการแพทย์ ซึ่งในปัจจุบันนั้นประเทศไทยได้มีการจัดตั้งพื้นที่ที่มีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับการพัฒนาเทคโนโลยี หรือ sandbox ขึ้นที่วังจันทร์วัลเลย์ จ.ระยอง เพื่อขับเคลื่อนการพัฒนานวัตกรรมอย่างยั่งยืนในอุตสาหกรรมอากาศยานไร้คนขับ

งานวิจัยนี้สามารถเติมเต็มวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องในส่วนของมุมมองการใช้งานอากาศยานไร้คนขับด้านสาธารณสุข และการเข้าถึงพื้นที่ห่างไกลสามารถส่งพัสดุได้โดยไม่ต้องทำการลงจอด และสะท้อนถึงต้นทุนต่างๆ ในการขนส่ง หรือกระจายโลหิตในรูปแบบนั้นคือ รถพยาบาล เทียบกับการขนส่ง หรือกระจายโลหิตในรูปแบบใหม่โดยอากาศยานไร้คนขับ ซึ่งการศึกษาในประเทศไทยยังไม่มีการศึกษาในประเด็นข้างต้น งานศึกษาครั้งนี้จึงนำตัวอย่างที่ประสบความสำเร็จแล้วในต่างประเทศเพื่อนำมาศึกษาในบริบทของประเทศไทย เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ต้นทุน-ผลตอบแทน เพื่อพัฒนาการขนส่งและกระจายโลหิตในพื้นที่ภาคเหนือ และเสนอนโยบาย เพื่อจัดทำแผนยุทธศาสตร์ในการขับเคลื่อนนวัตกรรม และสาธารณสุขของภาครัฐ

เมื่อพิจารณาจากปัจจัยต่างๆ แล้วพบว่าการนำเทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับ (Unmanned aerial Vehicle) นั้นอาจจะสามารถเติมเต็มช่องว่างความต้องการเลือดในภาวะฉุกเฉินในพื้นที่ห่างไกลที่การคมนาคมเข้าถึงยากลำบาก ซึ่งส่งผลต่อโอกาสการรอดชีวิตของผู้ป่วยฉุกเฉินที่อยู่ในภาวะวิกฤติ กรณีศึกษาของงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นไปที่การศึกษากำหนดเทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับ (Unmanned aerial Vehicle) เพื่อการวิเคราะห์ต้นทุน-ผลตอบแทน (Cost-Effectiveness Analysis :CEA) เมื่อเปรียบเทียบกับรูปแบบการขนส่งโดยรถพยาบาลในพื้นที่ บริเวณภาคเหนือของประเทศไทยเพื่อรองรับความต้องการเลือดของโรงพยาบาลของเขตภาคเหนือตอนบน ซึ่งเป็นที่ตั้งของภาคบริการโลหิตแห่งชาติที่ 10 จังหวัดเชียงใหม่

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อวิเคราะห์ต้นทุนของการขนส่งและกระจายโลหิตโดยรถพยาบาลเปรียบเทียบกับการใช้อากาศยานไร้คนขับ

ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษานี้เป็นการวิจัยแบบเป็นการศึกษาวิจัยเชิงปริมาณ เพื่อทำการวิเคราะห์ต้นทุน-ผลตอบแทนของรูปแบบการขนส่งโลหิตในรูปแบบปัจจุบัน กับ การใช้งานอากาศยานไร้คนขับ โดยมีวิธีการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. เก็บรวบรวมข้อมูล

เป็นการรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิโดยใช้ข้อมูลสถิติความต้องการโลหิต และการเบิก-จ่าย จริงในพื้นที่ภาคบริการโลหิตที่ 10 ย้อนหลังตั้งแต่ปี พ.ศ. 2560 – 2564 โดยได้รับความอนุเคราะห์จากภาคบริการโลหิตที่ 10 สภาภษาชาติไทย เชียงใหม่ในการให้ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง อาทิ รูปแบบการขนส่ง และกระจายโลหิตของภาคบริการโลหิตที่ 10 โดยกลุ่มตัวอย่างของการวิจัยจะใช้โรงพยาบาลซึ่งอยู่ในพื้นที่รับผิดชอบของภาคบริการโลหิตที่ 10 สภาภษาชาติไทย ครอบคลุม 3 จังหวัด ได้แก่ เชียงใหม่ ลำปาง และ ลำพูน ทั้งหมด 24 โรงพยาบาล ในรัศมีทำการบินของอากาศยานไร้คนขับ 80 กิโลเมตร อีกทั้งได้ทำการรวบรวมข้อมูลการนำอากาศยานไร้คนขับมาปรับใช้ในทางการแพทย์ ซึ่งอากาศยานไร้คนขับที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ บริษัท Zipline จากฐานข้อมูลสาธารณะและสัมภาษณ์ตัวแทนจากบริษัทอากาศยานไร้คนขับ Zipline เกี่ยวกับประเด็นที่เกี่ยวข้องกับต้นทุนโดยรวม ต้นทุนต่อเที่ยวในการขนส่ง และเทคโนโลยีของอากาศยานไร้คนขับ

2. การวิเคราะห์ข้อมูล

เพื่อตอบวัตถุประสงค์ในการศึกษาในการวิเคราะห์ต้นทุนผลตอบแทน และการเปรียบเทียบความคุ้มค่าของการลงทุน ซึ่งเป็นผลมาจากรูปแบบการขนส่งที่แตกต่างกัน โดยวิธีการวิเคราะห์มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การวิเคราะห์ต้นทุน-ผลตอบแทน (Cost-Benefit Analysis: CBA) โดยการวิเคราะห์ต้นทุน-ผลตอบแทน เป็นวิธีการวิเคราะห์ที่ใช้กับโครงการที่ประสบปัญหาการประเมินมูลค่าผลประโยชน์ทำได้ยาก หรือทำได้ไม่สมบูรณ์พอ หรือมีค่าใช้จ่ายในการประเมินที่สูง ซึ่งการวิเคราะห์ดังกล่าวเป็นการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างการใช้เงินทุนเปรียบเทียบกับผลตอบแทนที่ได้รับของโครงการ (ไกรนรา, 2555) โดยกำหนดทางเทคนิคของอากาศยานไร้คนขับมาใช้ในการคำนวณซึ่งส่งผลต่อการวิเคราะห์ข้อมูล คือ น้ำหนักบรรทุกของอากาศยานไร้คนขับ ซึ่งสามารถบรรทุกได้ 1.8 กิโลกรัม หรือ 1,800 กรัม ส่งผลให้ต้องอนุมานน้ำหนักบรรทุกนี้ใช้กับการขนส่งโดยรถพยาบาลเช่นเดียวกัน โดยจะส่งผลถึงการคำนวณจำนวนรอบการขนส่งโลหิตโดยรถพยาบาล ระยะทางการขนส่ง จำนวนน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้งาน ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ส่งผลถึงการคำนวณต้นทุนของรถพยาบาล ซึ่งในงานวิจัยนี้ยังไม่ได้้นำการประเมิน site selection หรือ พื้นที่จุดปล่อยอากาศยานไร้คนขับที่เหมาะสม และแบ่งกลุ่มของโรงพยาบาลออกเป็น 3 กลุ่ม โดยใช้เกณฑ์ระยะเวลาการเดินทางของรถพยาบาลในการขนส่งเพื่อแบ่งกลุ่มโรงพยาบาลในการวิเคราะห์ โดยใช้ระยะเวลาในการขนส่งจากโรงพยาบาลปลายทางไปยังภาคบริการโลหิตที่ 10 เชียงใหม่ 1) โรงพยาบาลระยะใกล้ใช้เวลาเดินทางน้อยกว่า 1 ชั่วโมง 2) โรงพยาบาลระยะกลางใช้เวลาเดินทางมากกว่า 1 ชั่วโมงแต่ไม่เกิน 2 ชั่วโมง 3) โรงพยาบาลระยะไกลใช้เวลาเดินทางมากกว่า 2 ชั่วโมง

ในบริบทของงานวิจัยนี้เป็นการวัดผลตอบแทนในการขนส่งโลหิตเปรียบเทียบระหว่างการใช้อากาศยานไร้คนขับกับ รถพยาบาล โดยจะใช้วิธีการคำนวณดังนี้ ซึ่ง Zailani (2021) ได้ทำการสร้างแนวทางการคำนวณต้นทุนในบริบทของงานวิจัยนี้ไว้ดังนี้

ต้นทุนรวมการขนส่งโดยรถพยาบาล = ต้นทุนทางการเงินของยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่ง (Vehicle cost) + ต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิง (fuel cost) + ต้นทุนการซ่อมบำรุง (Maintenance cost) + ต้นทุนค่าแรงคนขับรถ (Labor Cost)

ต้นทุนรวมการขนส่งโดยอากาศยานไร้คนขับ = ต้นทุนของยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่ง (Vehicle cost) + ต้นทุนอรรถประโยชน์ (Utility cost) + ต้นทุนการซ่อมบำรุง (Maintenance cost) + ต้นทุนค่าแรงงาน (Labor Cost)

Cost-Effectiveness ของการขนส่งแต่ละรูปแบบ =
$$\frac{\text{ต้นทุนรวมที่ได้จากของแต่ละรูปแบบการขนส่งโลหิต}}{\text{ระยะเวลาที่ใช้ในการขนส่ง}}$$

หลังจากนั้นนำผลตอบแทน และต้นทุนของแต่ละรูปแบบการขนส่งมาเปรียบเทียบกับค่าอัตราส่วนต้นทุนผลตอบแทนส่วนเพิ่ม (Incremental Cost Effectiveness Ratio : ICER) โดยมีแบบจำลองดังนี้

$$ICER = \frac{(C_1 - C_0)}{(E_1 - E_0)}$$

C_1 = ต้นทุนรวมต่อเที่ยวของการขนส่งโลหิตโดยอากาศยานไร้คนขับ

C_0 = ต้นทุนรวมต่อเที่ยวของการขนส่งโลหิตโดยรถพยาบาล

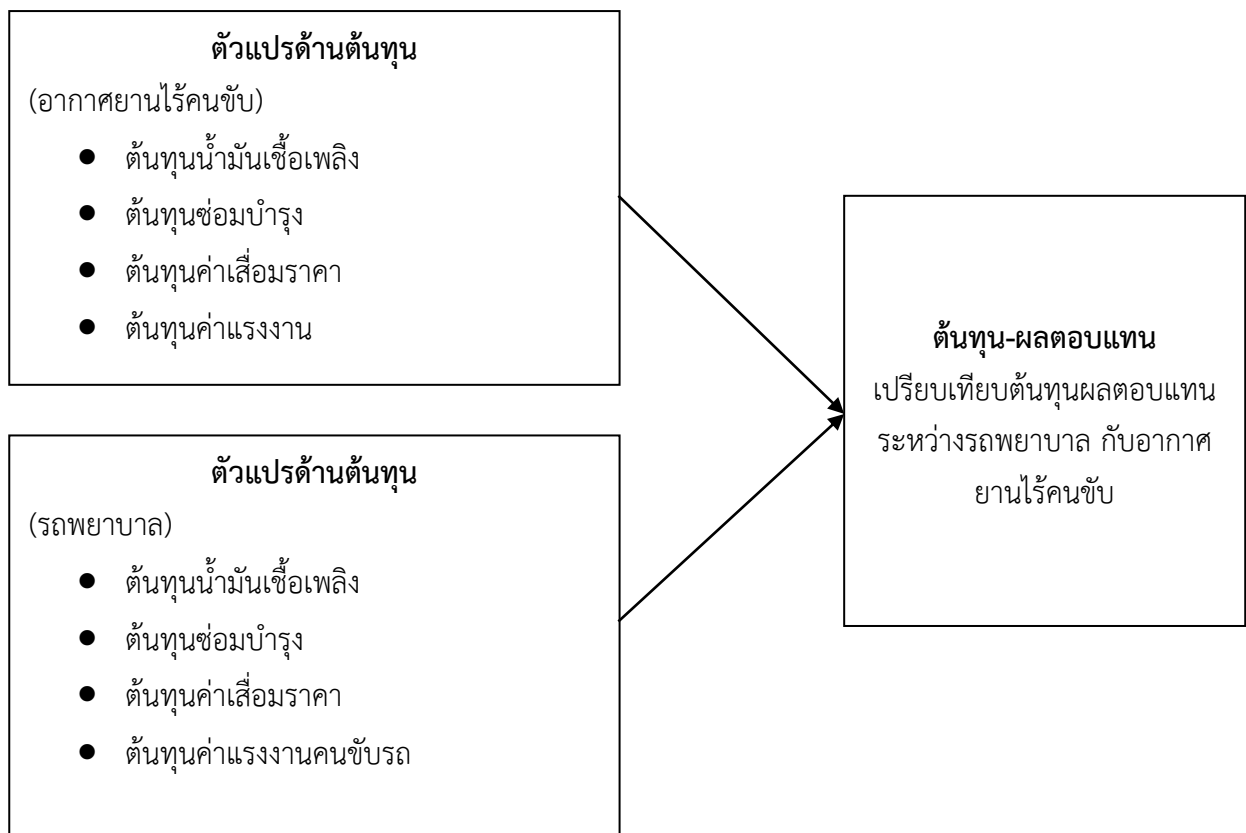
E_1 = ระยะเวลาเดินทางของอากาศยานไร้คนขับในการขนส่งโลหิต

E_0 = ระยะเวลาเดินทางของรถพยาบาลในการขนส่งโลหิต

ในการวิเคราะห์นี้จึงกำหนดให้อัตราแลกเปลี่ยนมีค่าคงที่ค่าหนึ่งตลอดการพิจารณา โดยกำหนดให้ 1 ดอลลาร์สหรัฐ มีค่าเท่ากับ 33.386 บาท ซึ่งได้มาจากค่าเฉลี่ยสถิติย้อนหลังของอัตราแลกเปลี่ยนในช่วงเวลาเฉลี่ย 5 ปี ย้อนหลังในช่วงปี 2557 – 2562 และราคาน้ำมันเชื้อเพลิงที่ราคาดุลยภาพ 36.72 บาท ตลอดการพิจารณาโดยใช้ข้อมูลเฉลี่ยในช่วงเวลาเดียวกัน เนื่องจาก เป็นช่วงปีที่ไม่เกิดการผันผวนของราคาน้ำมันเชื้อเพลิงอย่างรุนแรงจากสถานการณ์โรคระบาดโควิด-19 และสงครามรัสเซียยูเครน

กรอบแนวคิดในการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้ใช้ข้อมูลต้นทุนของรถพยาบาลซึ่งประกอบด้วย (1) ต้นทุนค่าเสื่อมราคา โดยคิดอัตราค่าเสื่อมอยู่ที่ 5 ปี ในอัตราร้อยละ 20 (กรมบัญชีกลาง, 2562) (2) ต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิง (3) ต้นทุนซ่อมบำรุง (4) ต้นทุนค่าแรงงานคนขับรถ และต้นทุนของการใช้อากาศยานไร้คนขับ โดยทำการรวบรวมจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อวิเคราะห์ต้นทุนของทั้งสองทางเลือกในการขนส่งโดยมีสมมติฐานว่าการขนส่งในรูปแบบของอากาศยานไร้คนขับสามารถเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งในการขนส่งและกระจายโลหิตเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุน อาทิ Zailani (2021) ได้ศึกษาการประเมินความคุ้มค่าระหว่างรถพยาบาลฉุกเฉิน และอากาศยานไร้คนขับ ในการขนส่งโลหิตระหว่างโรงพยาบาล โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ต้นทุน-ผลตอบแทน ประกอบกับต้นทุนบริการยานพาหนะของโรงพยาบาลที่ได้ทำการรวบรวมมาในงานศึกษาครั้งนี้ ทั้งนี้ การศึกษาไม่ได้รวมต้นทุนค่าเสียโอกาสของการใช้รถพยาบาลไว้เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านข้อมูลที่น่ามาใช้ในการวิเคราะห์ อย่างไรก็ตาม วัตถุประสงค์ของรถพยาบาลนั้นสามารถประเมินได้จากหลากหลายกิจกรรม เช่น ส่งผู้ป่วยไปรักษาต่อที่โรงพยาบาลศูนย์ รถพยาบาลฉุกเฉิน ออกหน่วยแพทย์เคลื่อนที่ หรือบริจาคโลหิต เป็นต้น และอาจมีมูลค่าสูง ดังนั้น การศึกษาในครั้งต่อไปควรพิจารณาประเด็นดังกล่าวด้วย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

ผลการวิจัย

จากการศึกษาวิจัย พบว่า

1. ผลการวิเคราะห์ต้นทุน ในการขนส่งและกระจายโลหิตโดยเปรียบเทียบระหว่างรพพยาบาล และอากาศยานไร้คนขับ

จากการวิเคราะห์ต้นทุนค่าใช้จ่ายทั้งหมดต่อการเดินทางไปกลับสำหรับการขนส่งโลหิตโดยรพพยาบาล ประกอบด้วย ต้นทุนค่าเสื่อมราคา ต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิง ต้นทุนซ่อมบำรุง และต้นทุนค่าแรงงานคนขับรถ พบว่า ต้นทุนค่าเสื่อมราคานั้น เป็นต้นทุนที่มีสัดส่วนมากที่สุดอยู่ระหว่าง 420.86 - 1297.10 บาทต่อเที่ยว เฉลี่ยร้อยละ 61.70 รองลงมา คือ ต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิงอยู่ระหว่าง 176.25 - 707.85 บาทต่อเที่ยว เฉลี่ยร้อยละ 23.62 ต้นทุนซ่อมบำรุงอยู่ระหว่าง 83.58 - 107.95 บาทต่อเที่ยว เฉลี่ยร้อยละ 4.58 และต้นทุนค่าแรงงานคนขับรถอยู่ระหว่าง 57.53 - 96.10 บาทต่อเที่ยว เฉลี่ยร้อยละ 3.74 ตามลำดับโดยจากผลการคำนวณ พบว่าปัจจัยหลักที่มีผลต่อผลการคำนวณและเป็นสัดส่วนที่มากนั้นคือระยะทาง ซึ่งส่งผลให้ต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิงสูงขึ้นตามไปด้วย โดยในขั้นตอนต่อไปจะนำต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิงไปวิเคราะห์ความไวเพื่อดูต้นทุนผลตอบแทนที่เปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากเป็นต้นทุนที่มีความผันผวนตามช่วงเวลา ขึ้นอยู่กับกลุ่มโรงพยาบาลที่ได้ใช้เกณฑ์ระยะเวลาในการขนส่งในการแบ่งกลุ่ม พบว่าต้นทุนต่อเที่ยวของโรงพยาบาลกลุ่มระยะกลาง และไกลนั้นสูงกว่าเมื่อเทียบกับอากาศยานไร้คนขับ

ในขั้นตอนต่อไปจะนำต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิงไปวิเคราะห์ความไวเพื่อดูต้นทุนผลตอบแทนที่เปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากเป็นต้นทุนที่มีความผันผวนตามช่วงเวลา โดยการใช้รพพยาบาลนั้นมีค่าใช้จ่ายประมาณอยู่ระหว่าง 468.97 - 3,452.15 บาท ขึ้นอยู่กับกลุ่มโรงพยาบาลที่ได้ใช้เกณฑ์ระยะเวลาในการขนส่งในการแบ่งกลุ่มพบว่าต้นทุนต่อเที่ยวของโรงพยาบาลกลุ่มระยะกลาง และไกลนั้นสูงกว่าเมื่อเทียบกับอากาศยานไร้คนขับ ในขณะที่อากาศยานไร้คนขับนั้นรูปแบบของสัญญาการใช้งานอากาศยานไร้คนขับเป็นการเหมาจ่าย Zipline จะทำการก่อสร้าง และบริหารการปฏิบัติงานให้ทั้งหมด ซึ่งหมายความว่าไม่มีต้นทุนในส่วนของการซ่อมบำรุง และค่าใช้จ่ายอื่นๆ นอกเหนือจากสัญญา (ACKERMAN, 2019) โดยคำนวณตามสัญญาที่การขนส่ง 15 รอบต่อวัน หรือ 5,475 เที่ยวบินต่อปี ค่าบริการต่อเดือนอยู่ที่ 367,246 บาทต่อเดือน หรือ 4,406,952 บาทต่อปี (กำหนดให้อัตราแลกเปลี่ยน 1 ดอลลาร์สหรัฐ มีค่าเท่ากับ 33.386 บาท ซึ่งได้มาจากค่าเฉลี่ยสถิติย้อนหลังของอัตราแลกเปลี่ยนในช่วงเวลาเฉลี่ย 5 ปี ย้อนหลังในช่วงปี 2557 - 2562 เนื่องจากเป็นช่วงปีที่ไม่เกิดการผันผวนของราคาน้ำมันเชื้อเพลิงอย่างรุนแรงจากสถานการณ์โรคระบาดโควิด-19 และสงครามรัสเซียยูเครน) ดังนั้น จึงทำให้ต้นทุนต่อเที่ยวของอากาศยานไร้คนขับคงที่ คือ 805 บาทต่อเที่ยว

จากการวิเคราะห์พบว่า การใช้อากาศยานไร้คนขับในการขนส่งโลหิตในกลุ่มโรงพยาบาลระยะไกลนั้น จำเป็นต้องมีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมสูงกว่ากลุ่มโรงพยาบาลอื่นๆ อย่างมีนัยยะสำคัญ เพื่อลดเวลาเดินทาง ต่อ 1 นาที โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ -4.40 หมายความว่าหากโรงพยาบาลในกลุ่มระยะไกลมีความต้องการใช้อากาศยานไร้คนขับในการขนส่งโลหิต จะมีต้นทุนส่วนเพิ่มอยู่ที่ 4.40 บาทต่อนาที ส่งผลให้อนุมานได้ว่า ระหว่าง โรงพยาบาลกลุ่มตัวอย่างระยะไกล และ ภาคบริการโลหิตที่ 10 นั้น มีต้นทุนผลตอบแทน น้อยกว่าโรงพยาบาลกลุ่มอื่น และไม่คุ้มค่าต่อการนำมาใช้งานแต่ด้วยการชดเชยด้วยระยะเวลาเดินทางที่สั้นลง ซึ่งอาจช่วยชีวิตในกรณีฉุกเฉิน อาจทำให้ต้นทุนผลตอบแทนที่เพิ่มขึ้น และจากการจากการวิเคราะห์พบว่าอัตราส่วนต้นทุนต่อผลตอบแทนส่วนเพิ่ม (ICER) ในกลุ่มโรงพยาบาลระยะกลาง และไกลนั้นมี อัตราส่วนต้นทุนต่อผลตอบแทนส่วนเพิ่มที่ดีกว่าในกลุ่มโรงพยาบาลระยะใกล้ เนื่องจากมีค่าเฉลี่ยอัตราส่วนอยู่ที่ 7.46 และ 10.55 ตามลำดับแสดงให้เห็นว่าในกลุ่มโรงพยาบาลดังกล่าวมีความคุ้มค่าในการใช้อากาศยานไร้คนขับในการขนส่งโลหิตมากกว่าการใช้รพพยาบาลในการขนส่งโดยเฉพาะโรงพยาบาลในกลุ่มโรงพยาบาลระยะไกล ที่มีอัตราส่วนมากที่สุด

ตารางที่ 1 ตารางสรุปผลการวิจัย

กลุ่ม รพ ตัวอย่าง	ระยะเวลาการ ขนส่งเฉลี่ย ของโรงพยาบาล (นาที)	ระยะเวลา การขนส่งเฉลี่ย ของอากาศยานไร้คนขับ (นาที)	CER of ambulance Transportation เฉลี่ย	CER of Drone Transportation เฉลี่ย	ICER
โรงพยาบาลกลุ่มตัวอย่าง ระยะใกล้	51	11	12.64	77.90	-4.40
โรงพยาบาลกลุ่มตัวอย่าง ระยะกลาง	82	21	15.19	39.43	7.46
โรงพยาบาลกลุ่มตัวอย่าง ระยะไกล	169	36	13.23	23.61	10.55
เฉลี่ย	100	23	13.69	46.98	4.54

จากการศึกษาต้นทุนต่อหน่วยของการให้บริการโรงพยาบาลในการขนส่งโลหิต เมื่อกำหนดการเปลี่ยนแปลง ต้นทุนค่าราคาน้ำมันเชื้อเพลิง มีผลทำให้เป็นต้นทุนต่อกิโลเมตรและต้นทุนต่อจำนวนครั้งเปลี่ยนแปลงตามไปด้วยซึ่งสำหรับการศึกษานี้คือการขนส่งด้วยอากาศยานไร้คนขับ สถานการณ์เป็นสถานการณ์พื้นฐานโดยกำหนดให้ราคาน้ำมันเชื้อเพลิงต่อ ลิตร มีค่าคงที่เท่ากับ 36.72 บาท ตลอดจนการพิจารณา โดยจะทำการวิเคราะห์ความไวโดยกำหนดการเปลี่ยนแปลงของราคา น้ำมันเชื้อเพลิงที่ลิตรละ 24 บาทและ 40 บาท จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า เมื่อต้นทุนค่าราคาน้ำมันเชื้อเพลิงที่ลดลงที่ราคา น้ำมันเชื้อเพลิง ที่ราคาต่อลิตร เท่ากับ 24 บาท พบว่าอัตราส่วนต้นทุนผลตอบแทนของกลุ่มโรงพยาบาลระยะใกล้ นั้น มี อัตราส่วนที่ลดลงร้อยละ 9 - 11 กลุ่มโรงพยาบาลระยะกลางนั้นมีอัตราส่วนต้นทุนผลตอบแทนลดลงร้อยละ 9 - 13 และใน กลุ่มโรงพยาบาลระยะไกลมีอัตราส่วนต้นทุนผลตอบแทนลดลงร้อยละ 10 - 14 โดยปัจจัยที่มีผลต่ออัตราส่วนมากที่สุดคือ ระยะทางที่ใช้งานโรงพยาบาล ซึ่งระยะทางขนส่งที่มากขึ้นทำให้ต้นทุนโดยรวมนั้นลดลงไปด้วย อย่างไรก็ตาม เมื่อกำหนดให้ ต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิงเปลี่ยนแปลงอยู่ที่ลิตรละ 40 บาท พบว่า อัตราส่วนต้นทุนผลตอบแทนของโรงพยาบาล ทั้ง 3 กลุ่มมีค่า เพิ่มขึ้นร้อยละ 2 - 3 และผลการวิเคราะห์ต้นทุนประสิทธิผล และต้นทุนส่วนเพิ่มแล้วผลลัพธ์ยังคงเดิมเหมือนราคาน้ำมันที่ ลิตรละ 36.72 บาท จึงอนุมานได้ว่าในกลุ่มโรงพยาบาลระยะกลาง และระยะไกลมีความคุ้มค่าในการใช้อากาศยานไร้คนขับ มาเป็นหนึ่งในทางเลือกของการขนส่ง และกระจายโลหิต

อภิปรายผล

ผลการวิเคราะห์ต้นทุน ในการขนส่งและกระจายโลหิตโดยเปรียบเทียบระหว่างโรงพยาบาล และอากาศยานไร้คนขับ พบว่า การใช้อากาศยานไร้คนขับในการขนส่งโลหิตจากภาคบริการโลหิตที่ 10 ไปยังกลุ่มโรงพยาบาลตัวอย่างนั้นมีระยะเวลา ในการขนส่งน้อยกว่าการขนส่งทางรถยนต์อย่างมีนัยยะสำคัญซึ่งเป็นข้อได้เปรียบอย่างหนึ่งของอากาศยานไร้คนขับ และจาก การคำนวณการขนส่งโลหิตด้วยอากาศยานไร้คนขับพบว่าถึงแม้ว่าต้นทุนการใช้อากาศยานไร้คนขับในการขนส่งโลหิตนั้นมี ต้นทุนที่สูงกว่าการใช้รถพยาบาลในการขนส่ง แต่ระยะเวลาการขนส่งที่ต่างกันมากอย่างมีนัยยะสำคัญสามารถชดเชยต้นทุน ที่มากกว่า ทั้งนี้อาจเป็นเพราะอากาศยานไร้คนขับนั้นไม่มีอุปสรรคจากภาคพื้นดิน เช่นการจราจรที่ติดขัด แต่จะมีต้นทุนที่สูง มากเมื่อเทียบกับการขนส่งในสถานการณ์ปกติ อย่างไรก็ตามหากสามารถเพิ่มจำนวนรอบการขนส่งที่มากพอก็จะทำให้ต้นทุน เฉลี่ยมีแนวโน้มที่ลดลงซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zailani (2021) ที่ได้ทำการศึกษาวเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน (Cost-Effectiveness Analysis) เช่นเดียวกัน โดยพบว่าต้นทุนการใช้อุบัติการณ์ฉุกเฉินในการขนส่งโลหิตมีต้นทุนอยู่ที่ 307.09 ดอลลาร์สหรัฐ และต้นทุนของอากาศยานไร้คนขับอยู่ที่ 319.36 ดอลลาร์สหรัฐ แต่อากาศยานไร้คนขับใช้เวลาใน การขนส่งน้อยกว่าถึง 16 นาที ทำให้สามารถสรุปได้ว่าการใช้อากาศยานไร้คนขับในการขนส่งโลหิตนั้น มีประสิทธิภาพ มากกว่ารถพยาบาลโดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาวะฉุกเฉิน ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Phillips (2016) ที่ทำการศึกษาวเคราะห์ ต้นทุนในการขนส่งตัวอย่างทางการแพทย์ที่ใช้ในการปฏิบัติการของห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ โดยเปรียบเทียบการขนส่ง

ในรูปแบบเดิมนั้นคือ จักรยานยนต์ กับอากาศยานไร้คนขับโดยมีพื้นที่ศึกษาคือ Malawi โดยพบว่าอากาศยานไร้คนขับนั้นมีต้นทุนน้อยกว่าการขนส่งในรูปแบบเดิมและอีกทั้งการเปลี่ยนแปลงของราคาแบตเตอรี่และต้นทุนอุปกรณ์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับอากาศยานไร้คนขับ ซึ่งคาดว่าจะลดลงเมื่อเวลาผ่านไปจะทำให้อากาศยานไร้คนขับ เป็นรูปแบบการขนส่งที่ดียิ่งขึ้นในอนาคต อย่างไรก็ตามวิจัยของ Mduduzi Mhlanga et al. (2021) ได้อธิบายว่า ระยะเวลาขนส่งที่ลดลงนั้นมีผลกระทบต่อระบบสาธารณสุขอย่างมากโดยเฉพาะในสถานการณ์ฉุกเฉินซึ่งสามารถเพิ่มโอกาสรอดชีวิตให้กับผู้ป่วยซึ่งหมายความว่าหากพิจารณาในส่วนของการฉุกเฉินการขนส่งโลหิตโดยใช้อากาศยานไร้คนขับจะสามารถเพิ่มโอกาสรอดชีวิตให้กับผู้ป่วยได้เนื่องจากใช้เวลาในการขนส่งที่สั้นกว่ามาก แต่ทั้งนี้การพิจารณานำอากาศยานไร้คนขับมาใช้งานนั้นควรคำนึงถึงของการลงทุนสร้างโครงสร้างพื้นฐาน อย่างเช่น ถนน เนื่องจากถนนนั้นมีอัตราประโยชน์ที่มากกว่า และผลประโยชน์ในระยะยาว

องค์ความรู้ใหม่

จากการวิจัยการศึกษาวิเคราะห์เกี่ยวกับมุมมองทางเศรษฐศาสตร์ของเทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับในการใช้งานด้านสาธารณสุขในประเทศไทยมีข้อมูลที่น้อย เพราะการใช้งานอากาศยานไร้คนขับเพื่อวัตถุประสงค์ทางด้านสาธารณสุขยังไม่แพร่หลายในประเทศไทย ดังนั้น งานศึกษานำร่องชิ้นนี้จึงเป็นครั้งแรกในการประเมินศักยภาพทางเศรษฐกิจของการใช้อากาศยานไร้คนขับเป็นช่องทางการขนส่งที่มีศักยภาพสำหรับการขนส่งโลหิตระหว่างโรงพยาบาลท้องถิ่น และภาคบริการโลหิตแห่งชาติที่ 10 สภากาชาดไทย ในพื้นที่จังหวัดที่มีความต้องการสูง จากการศึกษารายงานในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่อื่นๆ ของประเทศไทยได้

จากการวิจัยการศึกษาวิเคราะห์การใช้อากาศยานไร้คนขับในการขนส่งโลหิตนั้นอาจใช้เวลาแต่ต้นทุนที่สูง เนื่องจากยังเป็นเทคโนโลยีใหม่และต้องการโครงสร้างพื้นฐาน ประกอบกับต้องมีจำนวนเที่ยวที่มากพอเพื่อช่วยลดต้นทุน ทั้งนี้พบว่าระยะเวลาการขนส่งที่สั้นกว่าการใช้รถพยาบาลนั้นสามารถชดเชยต้นทุนที่สูงของการใช้อากาศยานไร้คนขับได้

สรุปผลการวิจัย

การวิเคราะห์หาต้นทุนต่อเที่ยวของการให้บริการรถพยาบาลในการขนส่ง และกระจายโลหิต ซึ่งการขนส่งและกระจายโลหิตเป็นหนึ่งในบริการที่มีความสำคัญมากในระบบการรักษาพยาบาลของประเทศ ซึ่ง ณ ปัจจุบันเป็นการใช้รถพยาบาลในการขนส่งเป็นหลัก ทำให้อาจเกิดค่าเสียโอกาสในการใช้งานรถพยาบาลในบริการอื่นๆ เช่น การส่งต่อผู้ป่วยหรือการตอบสนองในสถานะฉุกเฉิน และในบางกรณีพบว่าการเดินทางจากโรงพยาบาลมาที่ภาคบริการโลหิตที่ 10 สภากาชาดไทย เชียงใหม่ นั้นอาจใช้เวลาแต่ต้นทุนที่สูงเนื่องจากลักษณะภูมิประเทศในบางพื้นที่ที่ห่างไกล เส้นทางยากต่อการเดินทาง มีความคดเคี้ยวไม่เอื้ออำนวยต่อการเดินทาง ดังนั้นการนำอากาศยานไร้คนขับมาใช้ในการขนส่งและกระจายโลหิตนั้นจะสามารถช่วยแก้ปัญหาในการขนส่งต่างๆ เพื่อช่วยเหลือผู้ป่วย และ เพิ่มประสิทธิภาพของระบบสาธารณสุขของประเทศไทย ซึ่งจากผลการศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนระหว่างสองทางเลือกนั้น พบว่าการนำอากาศยานไร้คนขับมาใช้ในการขนส่งนั้นมีความคุ้มค่า

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

จากผลการศึกษาพบว่า พบว่าการนำอากาศยานไร้คนขับมาใช้ในการขนส่งและกระจายโลหิตนั้นมีความคุ้มค่ากว่าการใช้รถพยาบาลในการขนส่งและกระจายโลหิต หน่วยงานภาครัฐอาจพิจารณาดำเนินการโครงการนำร่องในเขตจังหวัดภาคเหนือ โดยเฉพาะโรงพยาบาลที่มีที่ตั้งระยะกลางที่ใช้เวลาเดินทางมากกว่า 1 ชั่วโมงแต่ไม่เกิน 2 ชั่วโมง และโรงพยาบาลระยะไกลที่ใช้เวลาเดินทางมากกว่า 2 ชั่วโมงจากศูนย์กระจายโลหิตภาคบริการโลหิตแห่งชาติที่ 10 จังหวัดเชียงใหม่

อย่างไรก็ตาม ด้วยข้อมูลต้นทุนของรถพยาบาลนั้นมีความแตกต่างกันไปตามพื้นที่ รัฐควรทำการศึกษาโดยละเอียดเพื่อให้เข้าใจถึงผลกระทบของการนำอากาศยานไร้คนขับมาใช้งานอย่างละเอียดถี่ถ้วน โดยการวิเคราะห์เชิงลึกควรคำนึงถึงประสิทธิภาพการดำเนินงานที่เพิ่มขึ้นจากอากาศยานไร้คนขับในประเด็นของเวลาตอบที่สามารถตอบสนองต่อความต้องการ

การบริการที่รวดเร็วมากขึ้น และการเข้าถึงภูมิประเทศที่ทำทลายได้ดีมากยิ่งขึ้น เพื่อวางแผนนโยบายที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาระบบสาธารณสุขของประเทศและช่วยชีวิตผู้ป่วยที่มีความต้องการโลหิตทั้งในกรณีทั่วไปและเร่งด่วน และยังช่วยให้การจัดซื้อจัดจ้างรพยบาลมีความคุ้มค่าและได้ประโยชน์สูงสุด

2. ข้อเสนอแนะด้านการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ในส่วนของข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาวิจัยครั้งต่อไป เนื่องจากงานวิจัยในครั้งนี้ได้มีการพิจารณาเฉพาะต้นทุน-ผลตอบแทน ที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งโลหิต ซึ่งอาจยังไม่ครอบคลุมต้นทุนในส่วนอื่นๆ หรือครอบคลุมการใช้งานในรูปแบบอื่น อาทิ ประเภทของอากาศยานไร้คนขับ ระยะทาง ต้นทุนการดำเนินงานที่ครอบคลุมทั้งห่วงโซ่อุปทานโลหิตและตัวแปรอื่นๆ ที่มีผลกระทบกับต้นทุนเฉลี่ยต่อเที่ยว ในการวิจัยครั้งต่อไปอาจใช้พื้นที่อื่นที่มีความต้องการ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อระบบสาธารณสุขอย่างมากและก่อให้เกิดผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์ต่ออุตสาหกรรมอากาศยานไร้คนขับของประเทศไทย เป็นต้น นอกจากนี้ในการวิจัยครั้งต่อไปอาจพิจารณาถึงรูปแบบความคุ้มค่าในการลงทุนระยะยาวเปรียบเทียบกับการลงทุนโครงสร้างพื้นฐาน อย่างเช่น ถนน เนื่องจากการก่อสร้างถนนนั้นมีอัตราประโยชน์ที่มากกว่า และต้นทุนในเรื่องค่าเสียโอกาสด้วย

2.2 การวิเคราะห์ต้นทุนต่อหน่วยในงานบริการด้านอื่น เช่น ในศูนย์รถทั่วไป ในช่วงระยะเวลา เดียวกันอย่างต่อเนื่องอาจจะทำให้ทราบต้นทุนที่แท้จริงครอบคลุม และสามารถอ้างอิงได้มากขึ้น

2.3 ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการนำอากาศยานไร้คนขับมาใช้งานในด้านของต้นทุนที่ลดลง เช่น การลดจำนวนคนขับรถ หรือรถยนต์ได้ รวมไปถึงการปรับเปลี่ยนระบบการขนส่ง และ เพื่อขจัดความจำเป็นในการจัดเก็บโลหิตจำนวนมากสำหรับกรณีฉุกเฉินตามโรงพยาบาลต่างๆ ดังนั้นจึงช่วยลดการสูญเสียโลหิตอันเป็นผลมาจากการสำรองโลหิตไว้เป็นเวลานาน

2.4 การศึกษาวิจัยเพิ่มเติมโดยเน้นไปที่การใช้งานในกรณีฉุกเฉินเป็นหลักโดยเก็บข้อมูลจริง และกำหนดการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่งและกระจายโลหิตเป็นระยะจนนำไปสู่การใช้งานอากาศยานไร้คนขับอย่างเต็มรูปแบบในอนาคต และขยายขอบเขตการศึกษาไปที่ทางการแพทย์อื่นๆ เช่น การขนส่งเครื่องกระตุ้นไฟฟ้าหัวใจอัตโนมัติ (Automated External Defibrillator, AED) และใช้เป็นส่วนหนึ่งในการพัฒนาระบบโลจิสติกส์ทางการแพทย์เพื่อลดต้นทุนการขนส่ง ค่าเสียโอกาสในการใช้งานรพยบาล เพื่อประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้งานทรัพยากร รวมถึงส่งเสริมการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาระบบสาธารณสุข อีกทั้งภาคเอกชน และหน่วยงานด้านสาธารณสุขสามารถใช้เป็นเกณฑ์ในการประเมินความเป็นไปได้ของโครงการอื่นๆ ที่นำอากาศยานไร้คนขับมาใช้งานในการขนส่ง

เอกสารอ้างอิง

- กรมบัญชีกลาง. (2562). *คู่มือการบัญชีภาครัฐ เรื่องที่ดิน อาคาร และอุปกรณ์*. สืบค้น 2 กุมภาพันธ์ 2566. จาก <https://relink.asia/LvqkD>.
- ภาคบริการโลหิตแห่งชาติที่ 10. (2564). *ข้อมูลสถิติการเบิกจ่ายโลหิต ปี 2017–2021*. เชียงใหม่: ภาคบริการโลหิตแห่งชาติที่ 10.
- วันนิวัติ ไกรนรา. (2555). *การวิเคราะห์ต้นทุน-ประสิทธิผลของการจัดการคุณภาพอากาศในเขตกรุงเทพมหานคร*. เศรษฐศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ).
- สภากาชาดไทย. (2564). *คู่มือการใช้บริการภาคบริการโลหิตแห่งชาติ สภากาชาดไทย ปี 2564*. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: ศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ สภากาชาดไทย.
- สมชาย ปฐมศิริ และ ประภัสสร สุชาบุรณ์. (2554). การวิเคราะห์ออกแบบระบบการขนส่งโลหิตในพื้นที่กรุงเทพและปริมณฑล กรณีศึกษาสำหรับศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ สภากาชาดไทย. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี*, 9(2), 41-50.
- Ackerman, E., & Koziol, M. (2019). The blood is here: Zipline's medical delivery drones are changing the game in Rwanda. *IEEE Spectrum*, 56(5), 24-31.

- M. A. Zailani, R. Z. Azma, I. Aniza, A. R. Rahana, M. S. Ismail, I. S. Shahnaz, K. S. Chan, M. Jamaludin & Mahdy, Z. A. (2021). Drone versus ambulance for blood products transportation: an economic evaluation study. *BMC health services research*, 21, 1-10.
- Mhlanga, M. (2021). *From A to O-Positive: Blood Delivery Via Drones in Rwanda*. Retrieved 2 March 2023. from <https://reachalliance.org/wp-content/uploads/2021/03/Zipline-Rwanda-Final-April19.pdf>.
- Phillips, N., Blauvelt, C., Ziba, M., Sherman, J., Saka, E., Bancroft, E., & Wilcox, A. (2016). *Costs associated with the use of unmanned aerial vehicles for transportation of laboratory samples in Malawi*. Seattle: VillageReach.