บทที่ 5

ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 ข้อสรุป

งานวิจัยของวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ได้นำปัญหาในเรื่องของการประมาณค่าทิศทางการมาถึงของแหล่งกำเนิดสัญญาณอีกประเภทหนึ่งที่น่าสนใจ เป็นรูปแบบของสัญญาณที่เกิดขึ้นทางทหาร คือ สัญญาณที่เกิดขึ้นจากการทดสอบยิงปืนใหญ่สนามขนาด 155 มิลลิเมตร และได้กำหนดให้เป็น สัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์ มีรูปแบบของสัญญาณในทางคณิตสตร์ที่แตกต่างกันจากสัญญาณไซนูซอยด์มาพิจารณา โดยได้นำเสนอแบ่งสัญญาณได้เป็น 3 รูปแบบหลัก คือ

1) กรณีแหล่งกำเนิดสัญญาณไซนูซอยด์ เป็นสัญญาณมาตรฐาน
2) กรณีแหล่งกำเนิดสัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์ ลักษณะที่ 1 เป็นสัญญาณที่เกิดขึ้นทางทหาร
3) กรณีแหล่งกำเนิดสัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์ ลักษณะที่ 2 เป็นสัญญาณที่เกิดขึ้นทางทหาร

ในกรณีแหล่งกำเนิดสัญญาณไซนูซอยด์ จะเป็นรูปแบบของสัญญาณมาตรฐานที่นำมาใช้ทดสอบเป็นกรณีศึกษาเปรียบเทียบกับ กรณีแหล่งกำเนิดสัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์ ทั้ง 2 ลักษณะ ซึ่งเป็นสัญญาณที่เกิดขึ้นทางทหารที่มีรูปสัญญาณใกล้เคียงกัน แต่สร้างจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ต่างกัน เพื่อนำมาใช้ในการทดสอบประมาณค่าทิศทางการมาถึงของแหล่งกำเนิดสัญญาณ ด้วยวิธีการที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ที่เป็นการนำเอาวิธีที่ใช้ในการประมาณสเปกตรัม (Spectral Estimation) และได้ทำการศึกษา วิธีผลการแปลงฮิลแบร์ต มาพัฒนาใช้ในการประมาณค่าทิศทางการมาถึงของแหล่งกำเนิดสัญญาณต่อไป โดยวิธีการที่งานวิจัยนี้ได้นำเสนอคือ

1) วิธีบีมฟอร์เมอร์ (Beamformer Method)
2) วิธีการประมาณพันธะเชิงเส้น (Linear Prediction Method) จะแบ่งได้ตามอัลกอริทึมที่นำมาใช้ในการหาค่าสัมประสิทธิ์ของการประมาณพันธะเชิงเส้น คือ
   - การหาค่าสัมประสิทธิ์ของการประมาณพันธะเชิงเส้นด้วย Levinson Algorithm
   - การหาค่าสัมประสิทธิ์ของการประมาณพันธะเชิงเส้นด้วย Burg Algorithm
3) วิธีผลการแปลงฮิลแบร์ต (Hilbert Transform Method)

สำหรับวิธีการที่กล่าวมา ได้นำมาทดสอบในการประมาณค่าทิศทางการมาถึงของแหล่งกำเนิดสัญญาณของสัญญาณทั้ง 3 รูปแบบ โดยทำการศึกษา และ พิจารณาถึงแนวทางการปฏิบัติในการนำมาใช้ในการออกแบบระบบเครื่องหาทิศทางสัญญาณ และสัญญาณที่วัดค่าได้สำหรับนำมาทดสอบจะต้องมีค่าของสัญญาณรบกวนปะปนเข้ามาด้วย ในที่นี้จะพิจารณาเฉพาะสัญญาณรบกวนที่จะเกิดขึ้นในระบบเครื่องหาทิศทางสัญญาณ โดยกำหนดให้เกิดขึ้นที่สายอากาศ และมีลักษณะการกระจายให้มีการแจกแจงแบบเกาส์ (Guassian Distribution) ส่วนกรณีต่างๆที่นำไปใช้ทดสอบ เมื่อแหล่งกำเนิดสัญญาณเกิดขึ้นในทิศทางที่แตกต่างกันออกไป ก็จะพิจารณาให้ใช้มุมทิศที่เกิดขึ้นจริงในทางปฏิบัติ โดยจะอยู่ในช่วงระหว่าง –90 องศา ถึง 90 องศา แบ่งกลุ่มปัญหาที่นำมาทดสอบได้ดังนี้

1) กลุ่มที่ 1 ปัญหากรณีมุมทิศที่มาตกกระทบมีค่าเป็นบวก แบ่งเป็น 3 กรณี
   1.1) กรณีที่ 1 มุมทิศต่ำ มีค่าระหว่าง 0 องศา ถึง 30 องศา
   1.2) กรณีที่ 2 มุมทิศปานกลาง มีค่าระหว่าง 30 องศา ถึง 60 องศา
   1.3) กรณีที่ 3 มุมทิศสูง มีค่าระหว่าง 60 องศา ถึง 90 องศา

2) กลุ่มที่ 2 ปัญหากรณีมุมทิศที่มาตกกระทบมีค่าเป็นลบ แบ่งเป็น 3 กรณี
   2.1) กรณีที่ 1 มุมทิศต่ำ มีค่าระหว่าง 0 องศา ถึง -30 องศา
   2.2) กรณีที่ 2 มุมทิศปานกลาง มีค่าระหว่าง -30 องศา ถึง -60 องศา
   2.3) กรณีที่ 3 มุมทิศสูง มีค่าระหว่าง -60 องศา -90 องศา

การทดสอบประมาณค่าทิศทางการมาถึงของแหล่งกำเนิดสัญญาณในรูปแบบต่างๆนั้น ได้พิจารณาตั้งสมมุติฐานแล้วกำหนดให้ เครื่องหาทิศทางสัญญาณ จะต้องมีตำแหน่งที่ตั้ง หันหน้าเข้าหาแหล่งกำเนิดสัญญาณ ดังนั้น ในการจำลองแหล่งกำเนิดสัญญาณที่เกิดขึ้น จึงได้ทำการทดสอบประมาณค่าทิศทางการมาถึงของแหล่งกำเนิดสัญญาณ ในกรณีที่มุมทิศมีค่าต่ำ , มุมทิศมีค่าปานกลาง และมุมทิศมีค่าสูง ทั้งกรณีที่เป็น บวก และ ลบ ในช่วงระหว่าง –90 องศา ถึง 90 องศา เกณฑ์มาตรฐานสำหรับนำมาใช้ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ค่ามุมทิศที่คำนวณได้มานั้นจะยอมให้เกิดข้อผิดพลาดได้ไม่เกิน 1 องศา เพื่อที่จะนำมาใช้เป็นกรณีศึกษาเปรียบเทียบในการออกแบบระบบเครื่องหาทิศทางสัญญาณ

จากการทดสอบเมื่อพิจารณาจากแหล่งกำเนิดสัญญาณทั้ง 3 รูปแบบ จำนวนสายอากาศ m = 16 ชุด ค่าอัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน SNR = 30 dB ที่มุมทิศที่เกิดขึ้นในกรณีต่างๆ ได้นำมาสรุปเพื่อจัดลำดับความแม่นยำจากแม่นยำมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด ของแต่ละวิธีการ ซึ่งจะเรียงด้วยตัวเลขน้อยไปหามาก เพื่อให้ง่ายต่อการเปรียบเทียบ ดังสรุปไว้ในตารางที่ 5.1 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5.1 ลำดับความแม่นยำในการประมาณค่าทิศทางการมาถึงของแหล่งกำเนิดสัญญาณของทุกวิธีการ

รูปแบบสัญญาณ	กลุ่มปัญหาที่พิจารณา	Beamfomer Method	Linear Prediction Method		Hilbert Transform Method
			Levinson Algorithm	Burg Algorithm	
สัญญาณไซนูซอยด์	กลุ่มที่ 1 กรณี 1	1	2	3	4
	กลุ่มที่ 1 กรณี 2	1	2	3	4
	กลุ่มที่ 1 กรณี 3	1	2	3	4
	กลุ่มที่ 2 กรณี 1	1	2	3	4
	กลุ่มที่ 2 กรณี 2	1	2	3	4
	กลุ่มที่ 2 กรณี 3	1	2	3	4
สัญญาณไซนูซอยด์แบบพัลส์ลักษณะที่ 1	กลุ่มที่ 1 กรณี 1	1	3	2	4
	กลุ่มที่ 1 กรณี 2	1	2	3	4
	กลุ่มที่ 1 กรณี 3	1	2	3	4
	กลุ่มที่ 2 กรณี 1	1	3	2	4
	กลุ่มที่ 2 กรณี 2	1	2	3	4
	กลุ่มที่ 2 กรณี 3	1	2	3	4
สัญญาณไซนูซอยด์แบบพัลส์ลักษณะที่ 2	กลุ่มที่ 1 กรณี 1	1	3	2	4
	กลุ่มที่ 1 กรณี 2	1	2	3	4
	กลุ่มที่ 1 กรณี 3	1	2	3	4
	กลุ่มที่ 2 กรณี 1	1	3	2	4
	กลุ่มที่ 2 กรณี 2	1	2	3	4
	กลุ่มที่ 2 กรณี 3	1	2	3	4

จากการศึกษาวิจัยพบว่า แหล่งกำเนิดสัญญาณที่เกิดขึ้นในกรณีที่มุมทิศมีค่าเป็น บวก สัญญาณจะแพร่กระจายผ่านสายอากาศทางด้านขวาของเครื่องหาทิศทางสัญญาณก่อน จึงต้องกำหนดให้สายอากาศทางด้านขวาตัวแรก เป็นสายอากาศอ้างอิง (reference antenna) ในทำนองเดียวกันเมื่อพิจารณาแหล่งกำเนิดสัญญาณที่เกิดขึ้นในกรณีที่มุมทิศมีค่าเป็น ลบ สัญญาณจะแพร่กระจายผ่านสายอากาศทางด้านซ้ายของเครื่องหาทิศทางสัญญาณก่อน จึงต้องกำหนดให้สายอากาศทางด้านซ้ายตัวแรก เป็นสายอากาศอ้างอิง ดังนั้น ในการจำลองผลการทดสอบจะพบว่า เมื่อค่าที่วัดได้จากการประมาณหาทิศทางการมาถึงของแหล่งกำเนิดสัญญาณ ในกรณีที่มุมทิศมีค่าเท่ากัน แต่มีทิศทางแตกต่างกัน เป็น บวก และ ลบ จะมีค่ามุมทิศที่เกิดขึ้นใกล้เคียงกัน และความผิดพลาดจะไม่แตกต่างกันมากนัก เนื่องจากคุณสมบัติสมมาตร (symmetry property) ของสัญญาณที่แพร่กระจายผ่านสายอากาศ

จากการทดสอบการประมาณค่าทิศทางการมาถึงของแหล่งกำเนิดสัญญาณรูปแบบต่างๆ ด้วยวิธีการที่ต่างกัน ในกรณีที่มุมทิศมีค่าต่ำ , กรณีที่มุมทิศมีค่าปานกลาง และกรณีที่มุมทิศมีค่าสูง โดยทั่วไปจะพบว่า กรณีที่มุมทิศที่มีค่าต่ำกว่า จะมีโอกาสเกิดความผิดพลาดของมุมทิศน้อยกว่า กรณีมุมทิศที่มีค่าปานกลาง และสำหรับกรณีที่มุมทิศมีค่าสูง จะมีโอกาสเกิดความผิดพลาดของมุมทิศมากที่สุด

สำหรับในการเลือกจำนวนสายอากาศ เมื่อพิจารณาจำนวนสายอากาศที่นำมาทดสอบสำหรับการออกแบบเครื่องหาทิศทางให้ได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ จากการศึกษางานทางด้านการประมวลผลของสัญญาณในลักษณะของ Array จะใช้การหาค่า ผลต่างของเฟส ที่วัดได้จากสายอากาศ ดังนั้นจะเห็นได้ว่า ข้อจำกัดในการประมาณค่าทิศทางการมาถึงของแหล่งกำเนิดสัญญาณด้วยวิธีการที่กล่าวมาแล้ว จะต้องออกแบบเครื่องหาทิศให้ใช้สายอากาศ จำนวนอย่างน้อยที่สุด 2 ตัว จึงจะสามารถนำมาหาค่า ผลต่างของเฟส เพื่อหาค่ามุมทิศได้

จากการทดสอบในกรณีที่เป็นแหล่งกำเนิดสัญญาณไซนูซอยด์ ในกรณีที่เลือกใช้สายอากาศในการออกแบบเครื่องหาทิศทางจำนวนน้อย เวลาที่ใช้ในการคำนวณหามุมทิศจะน้อย สเปกตรัมที่แสดงทิศทางการมาถึงของแหล่งกำเนิดสัญญาณก็จะมีความละเอียดต่ำ และจะมีโอกาสเกิดความผิดพลาดของมุมทิศในประมาณค่าทิศทางการมาถึงของแหล่งกำเนิดสัญญาณมากขึ้น สำหรับในกรณีที่เลือกใช้สายอากาศในการออกแบบเครื่องหาทิศทางจำนวนมาก เวลาที่ใช้ในการคำนวณหามุมทิศจะมากกว่า สเปกตรัมที่แสดงทิศทางการมาถึงของแหล่งกำเนิดสัญญาณก็จะมีความละเอียดสูงกว่า และจะมีโอกาสเกิดความผิดพลาดของมุมทิศน้อยกว่า เมื่อเปรียบเทียบกัน นอกจากนั้นแล้ว ข้อพิจารณาที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือ ถ้าเลือกใช้จำนวนสายอากาศที่มากเกินไปในทางปฏิบัติในการนำไปใช้งานจะมีความยุ่งยาก และเกิดความสิ้นเปลืองในการออกแบบเครื่องหาทิศทางมากกว่า

สำหรับในการเลือกใช้สายอากาศในการออกแบบเครื่องหาทิศทาง กรณีที่เป็นแหล่งกำเนิดสัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์ ก็จะมีข้อพิจารณาเช่นเดียวกับ กรณีที่เป็นแหล่งกำเนิดสัญญาณไซนูซอยด์ แต่จะมีข้อแตกต่าง คือ ในกรณีที่เลือกใช้สายอากาศจำนวนมากๆ จะมีโอกาสเกิดความผิดพลาดของมุมทิศ ในการประมาณค่าทิศทางการมาถึงของแหล่งกำเนิดสัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์ได้ โดยเฉพาะค่าทิศทางการมาถึงของแหล่งกำเนิดสัญญาณในกรณีที่มุมทิศมีค่าสูง เนื่องจากคุณลักษณะรูปแบบของสัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์จะเกิดขึ้นเพียงช่วงเวลาสั้น ๆ เท่านั้น

จากที่กล่าวมาแล้วนั้น การประมาณค่าทิศทางแหล่งกำเนิดสัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์ เมื่อพิจารณาจากรูปแบบสัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์ที่ต้องการนำมาใช้งานทางทหาร และ สร้างขึ้นจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จะพบว่า คุณลักษณะของสัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์จะเกิดพัลส์ขึ้นเพียงชั่วขณะในช่วงเริ่มต้นเท่านั้น และพัลส์ของสัญญาณจะจางหายไปเนื่องจากเกิดการลดทอนของสัญญาณ จากการทดสอบพบว่า การนำสัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์ มาใช้ในการประมาณค่าทิศทางการมาถึงของแหล่งกำเนิดสัญญาณนั้นต้องพิจารณานำมาใช้ในช่วงเวลาสั้น ๆ ดังนั้น การชักตัวอย่าง (snapshot) ของสัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์ จะต้องใช้ค่าที่ทำการชักตัวอย่างในช่วงที่สัญญาณเกิดพัลส์ขึ้นเท่านั้นมาใช้งาน มุมทิศที่เกิดขึ้นจึงจะมีค่าถูกต้อง ใกล้เคียงกับแหล่งกำเนิดสัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์ที่เกิดขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับ ค่ามุมทิศที่เกิดขึ้นในกรณีแหล่งกำเนิดสัญญาณไซนูซอยด์

นอกจากนั้นแล้วโดยทั่วไปจะพบว่า การชักตัวอย่างในช่วงที่สัญญาณเกิดพัลส์มีค่าแอมพลิจูดสูง จะนำมาใช้ในการประมาณค่าทิศทางการมาถึงของแหล่งกำเนิดสัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์ได้ดีกว่าการชักตัวอย่างในช่วงที่สัญญาณเกิดพัลส์มีค่าแอมพลิจูดต่ำและในช่วงที่พัลส์ของสัญญาณจางหายไป มุมทิศที่เกิดขึ้นจะมีค่าคลาดเคลื่อนกับแหล่งสัญญาณที่เกิดขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองของสัญญาณมาตรฐานกรณีแหล่งกำเนิดสัญญาณไซนูซอยด์แล้ว การชักตัวอย่างของสัญญาณในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน มุมทิศที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงจะมีค่าถูกต้องใกล้เคียงกันทุกช่วงที่ทำการชักตัวอย่าง เนื่องจากสัญญาณไซนูซอยด์มีคุณลักษณะของสัญญาณ ที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา

ในส่วนสัญญาณรบกวน (noise) ที่เกิดขึ้น ได้กำหนดให้เกิดขึ้นที่สายอากาศแต่ละตัวในระบบเครื่องหาทิศทางสัญญาณ และกำหนดลักษณะการกระจายให้มีการแจกแจงแบบเกาส์ (Guassian Distribution) ในการประมาณค่าทิศทางการมาถึงของแหล่งกำเนิดสัญญาณเมื่อสัญญาณรบกวนมีค่าที่แตกต่างกัน ด้วยการทดสอบสร้างรูปแบบจำลองของสัญญาณขึ้นที่สัญญาณรบกวนมีค่าต่างๆ จากการทดสอบจะพบว่า เมื่อกรณีที่สัญญาณรบกวนเกิดขึ้นในระบบมีน้อย หรือ ค่า SNR สูง สัญญาณที่วัดได้จากสายอากาศก็จะมีรูปแบบใกล้เคียงกับสัญญาณที่ต้องการ และเมื่อกรณีที่สัญญาณรบกวนเกิดขึ้นในระบบมีมาก หรือ ค่า SNR ต่ำ สัญญาณที่วัดได้จากสายอากาศก็จะมีรูปแบบที่แตกต่างกับสัญญาณที่ต้องการ ทำให้เมื่อนำไปใช้ในการประมาณค่าทิศทางการมาถึงของแหล่งกำเนิดสัญญาณด้วยวิธีการต่างๆ ก็จะเกิดค่าความคลาดเคลื่อนของมุมทิศมากขึ้น

จากที่กล่าวมาแล้ว ในการนำรูปสัญญาณดังกล่าว มาทำการประมาณค่าทิศทางการมาถึงของแหล่งกำเนิดสัญญาณด้วยวิธีการต่างๆที่นำเสนอ จากการทดสอบโดยทั่วไปจะพบว่า กรณีที่สัญญาณรบกวนเกิดขึ้นในระบบมีน้อย หรือ ค่า SNR สูง ในการหาทิศทางการมาถึงของแหล่งกำเนิดสัญญาณ จะมีโอกาสเกิดความผิดพลาดของมุมทิศมีมากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่สัญญาณรบกวนเกิดขึ้นในระบบมีมาก หรือ ค่า SNR ต่ำ

5.2 การนำไปใช้งาน

ในการปฏิบัติงานในภารกิจทางการทหารจริงๆแล้ว จะมีปัจจัยต่างๆที่มีผลกระทบต่อระบบหลายประการ เช่น สภาพทางภูมิศาสตร์ของตำแหน่งที่ตั้งของแหล่งกำเนิดสัญญาณ, ระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดสัญญาณกับเครื่องหาทิศทาง, สัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นในสภาพแวดล้อม และ จำนวนแหล่งกำเนิดสัญญาณที่เกิดขึ้น เป็นต้น แต่สำหรับในงานวิจัยนี้ การนำไปประยุกต์ใช้ในงานการประมาณค่าทิศทางการมาถึงของแหล่งกำเนิดสัญญาณทางทหาร หรือแหล่งกำเนิดสัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์นั้น จะพิจารณาถึงนำไปใช้ในการออกแบบระบบเครื่องหาทิศทางสัญญาณแบบดิจิตอลเป็นหลัก ซึ่งมีข้อพิจารณาถึงปัจจัยที่ผลกระทบต่อการนำไปใช้งาน คือ

- วิธีการที่นำไปใช้งาน
- จำนวนสายอากาศที่นำมาใช้ในการออกแบบระบบเครื่องหาทิศทาง
- ทิศทางการมาถึงของแหล่งกำเนิดสัญญาณ
- สัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นในระบบเครื่องหาทิศทาง
- ข้อมูลของสัญญาณในช่วงที่ต่างกัน

จากข้อพิจารณาถึงปัจจัยที่ผลกระทบต่อการนำไปใช้งานดังกล่าวและจากผลการทดสอบที่เกิดขึ้นตามจุดประสงค์ของการศึกษาเปรียบเทียบนั้น วิธีบีมฟอร์มเมอร์ เป็นวิธีที่เหมาะสมในการนำไปใช้งานการปฏิบัติภารกิจทางทหาร เนื่องจากเป็นวิธีที่มีการคำนวนที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อน เมื่อนำไปทำการทดสอบด้วยจำนวนสายอากาศที่แตกต่างกันจะมีความคลาดเคลื่อนของมุมทิศไม่แตกต่างกัน ดังนั้นสายอากาศที่จะนำไปใช้งานได้อย่างเหมาะสม คือ ที่จำนวนสายอากาศ m = 8 ชุด ซึ่งทำให้ลดความความยุ่งยากและความสิ้นเปลืองในการออกแบบระบบ

นอกจากนี้ในการทดสอบที่แหล่งกำเนิดสัญญาณเกิดขึ้นในทิศทางที่ต่างกัน ค่าความคลาดเคลื่อนของมุมทิศที่ได้จากการทดสอบในช่วงมุมทิศระหว่าง -80 องศา ถึง 80 องศา จะเกิดความผิดพลาดไม่เกิน 1 องศา ตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดขึ้นในวิทยานิพนธ์นี้ และเมื่อพิจารณาถึงสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นระบบเครื่องหาทิศทางจะเห็นได้ว่า วิธีบีมฟอร์มเมอร์ มีความทนทานต่อสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นในระบบมากกว่า โดยสังเกตได้จากค่าความแม่นยำของมุมทิศที่เกิดขึ้นในการประมาณค่าทิศทางการมาถึงของแหล่งกำเนิดสัญญาณเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่นๆ ที่ทำการทดสอบ

5.3 ข้อเสนอแนะ

การประมาณค่าทิศทางการมาถึงของแหล่งกำเนิดสัญญาณจากการวัดมุมทิศ กรณีที่แหล่งกำเนิดสัญญาณมีรูปแบบเป็นสัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์ ในวิทยานิพนธ์นี้ได้ใช้ วิธีบีมฟอร์มเมอร์ วิธีการประมาณพันธะเชิงเส้น และวิธีผลการแปลงฮิลแบร์ตอีกวิธีหนึ่ง วิธีการดังกล่าวนี้เป็นวิธีที่ใช้ในการประมาณความถี่สัญญาณ (Frequency Estimation) ในการวิเคราะห์อนุกรมเวลา (time series analysis) ในปัจจุบันได้มีการวิจัยเพื่อใช้ Wavelet Transforms ในการประมาณความถี่สัญญาณ ซึ่งในการใช้ Wavelet Transforms จะต้องเลือก Wavelet Basis Functions ให้เหมาะสมกับงานนั้นๆ ถ้าเลือก Wavelet Basis Functions ที่มีรูปลักษณะที่เหมือนกับสัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์ การใช้ Wavelet Transforms ดังกล่าว น่าจะเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่เหมาะสมในการนำมาประยุกต์ใช้ในงานทางด้านการประมาณค่าทิศทางการมาถึงของแหล่งกำเนิดสัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์ด้วย