รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การเปรียบเทียบความสัมพันธ์เชิงระยะทางจากข้อมูลฝนระหว่างประเทศญี่ปุ่นและไทย

Comparison of Spatial Correlation between Japan and Thailand

ประเภททุน ทุนวิจัยเริ่มต้นสำหรับอาจารย์ใหม่ รหัสโครงการ KREF186001

นายพีระเมศร์ โชติกวิกัยกาล

ได้รับการสนับสนุนเงินวิจัยจาก กองทุนวิจัย ประจำปี พ.ศ. 2560

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only. Not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การเปรียบเทียบความสัมพันธ์เชิงระยะทางจากข้อมูลฝนระหว่างประเทศญี่ปุ่นและไทย
แหล่งเงิน กองทุนวิจัยสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประจำปีงบประมาณ 2560 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 100,000 บาท
ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 1 ส.ค. 60 ถึง 31 ก.ค. 61
ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการ และผู้ร่วมโครงการวิจัย พร้อมระบุ หน่วยงานต้นสังกัด
ดร.พีระเมศร์ โชติกวีกิจญาดา คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาโทรคมนาคม

บทคัดย่อ

วิธีการแบบไซด์ไดเวอร์ซิตี้ถูกใช้เป็นวิธีการลดผลกระทบจากการลดทอนของฝนในการสื่อสารผ่านดาวเทียมมาเป็นเวลานาน ในอดีตวิธีการแบบไซด์ไดเวอร์ซิตี้นั้น คือ จะตั้งสถานีหลักและสถานีย่อยให้อยู่ห่างกันพอสมควรเพื่อที่จะสามารถหลีกเลี่ยงการลดทอนของฝน แต่ในความเป็นจริงกลับ ไม่เป็นอย่างนั้น ดังนั้นเพื่อที่จะปรับปรุงและพัฒนาวิธีการนี้ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น งานวิจัยนี้จะนำเสนอตัวแปรเพิ่มเติมในการวิเคราะห์เพื่อที่จะใช้ในการออกแบบวิธีการแบบไซด์ไดเวอร์ซิตี้ให้มีความละเอียดมากยิ่งขึ้น โดยการหาค่าความสัมพันธ์เชิงพื้นที่จากข้อมูลน้ำฝนจากประเทศญี่ปุ่นและประเทศไทยเปรียบเทียบกัน เพื่อที่จะยืนยันถึงความสำคัญของตัวแปรใหม่ที่ได้นำเสนอ และจะได้นำไปใช้ในการพัฒนาการออกแบบไซด์ไดเวอร์ซิตี้ในพื้นที่ต่างๆต่อไป

คำสำคัญ : ไซด์ไดเวอร์ซิตี้, ความสัมพันธ์เชิงระยะทาง, ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is copyrighted for education use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Research Title: Comparison of Spatial Correlation between Japan and Thailand

Researcher: Dr.Peeramed Chodkaveekityada

Faculty: Engineering **Department:** Telecommunication

ABSTRACT

Site diversity is the one technique that has been used to reduce the rain attenuation effect for long time ago. Since the past, we just located the site diversity far away from the main site and thought that can be completely reduced the rainfall effect, but it does not. To improve this idea, in this paper, we propose another factor as call spatial correlation in order to design the location of site diversity more accuracy. We evaluate the spatial correlation for Japan and Thailand to confirm that the spatial correlation is totally different in each area and we should include this factor into the site diversity gain formula.

Keywords : Site diversity, Spatial correlation pattern, Direction dependence

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is copyrighted for educational use only. Not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากทุนวิจัยเริ่มต้นสำหรับอาจารย์ใหม่ กองทุนวิจัยสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560

ดร.พีระเมศร์ โชติกวีกิจญาดา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is restricted for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญภาพ VI

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 1

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย 2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 4

3.1 วิธีการดำเนินการวิจัย 4

3.2 ตารางการวิจัย 4

3.3 ตารางผลงานในแต่ละช่วงเวลา 5

บทที่ 4 ผลการวิจัย 6

4.1 บทนำ 6

4.2 เครือข่ายเครื่องเก็บปริมาณน้ำฝนของประเทศญี่ปุ่นและประเทศไทย 6

4.3 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ในรูปแบบ 2 มิติ 8

4.4 การพิจารณาเพิ่มประสิทธิภาพของวิธีการแบบไซด์ไดเวอร์ซิตี้ 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is copyrighted for educational use only. Commercial use, adaptation, or derivative works are not permitted. Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	12
5.1 สรุปผลการวิจัย	12
5.2 ข้อเสนอแนะ	12
บทที่ 6 สรุปผลผลิตงานวิจัย	13
เอกสารอ้างอิง	14
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก เอกสารผลงานวิจัย	15
ภาคผนวก ข สรุปค่าใช้จ่ายการดำเนินโครงการวิจัย	18
ประวัตินักวิจัย	20

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is copyrighted for education use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

4.1 แผนที่แสดงสถานที่ตั้งของเครื่องเก็บปริมาณน้ำฝนในภูมิภาคคันโต ประเทศญี่ปุ่น 7
4.2 แผนที่แสดงสถานที่ตั้งของเครื่องเก็บปริมาณน้ำฝนในบริเวณภาคกลางของประเทศไทย 8
4.3 แผนภาพ 2 มิติ แสดงความสัมพันธ์ของฝนในภูมิภาคคันโต ประเทศญี่ปุ่น 9
4.4 แผนภาพ 2 มิติ แสดงความสัมพันธ์ของฝนในบริเวณภาคกลางของประเทศไทย 10

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is copyrighted for educational use only and not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปฏิเสธไม่ได้เลยว่า ในปัจจุบันเทคโนโลยีการสื่อสารผ่านดาวเทียมมีความสำคัญอย่างมากในการเชื่อมโยงข้อมูลข่าวสารทั้งโลกเข้าหากัน ในอีก 5 ปีข้างใน บริษัทชั้นนำของโลกในเครือข่ายอินเตอร์เน็ต เช่น facebook และ SpaceX มีแพลนที่จะส่งดาวเทียมกว่า 4,000 ดวงขึ้นสู่วงโคจร เพื่อให้ในทุกพื้นที่บนโลกนี้สามารถติดต่อถึงกันและกันได้ ด้วยเหตุนี้ทำให้ปริมาณข่าวสารข้อมูลจะเพิ่มขึ้นอย่างทวีคูณในอนาคตอันใกล้ นอกเหนือจากข้อมูลที่เยอะขึ้นนั้นความมีเสถียรภาพของระบบจึงจำเป็นที่ต้องมีการพัฒนาควบคู่ไปด้วย

ความถี่ที่ใช้งานอยู่ในการสื่อสารผ่านดาวเทียมในปัจจุบันนั้น ไม่เพียงพอกับการขยายตัวของข้อมูลที่เพิ่มขึ้น จึงจำเป็นที่ต้องมีการใช้งานความถี่ที่สูงขึ้นไปจากเดิม ใช้งานที่ย่านความถี่ C-band 6/4 GHz และ Ku-band 14/12 GHz โดยใน 2 ย่านความถี่ที่ใช้นี้ มีการลดทอนจากฝนในปริมาณที่น้อยมาก แต่สำหรับย่านความถี่ที่จะถูกนำมาใช้งานในอนาคตเพื่อรองรับข้อมูลอัตราเร็วสูง คือ ความถี่ในย่าน Ka-band ในช่วงความถี่ 26.5-40 GHz จากงานวิจัยพบว่า ช่วงความยาวคลื่นในย่านนี้มีขนาดใกล้เคียงกับหยดฝนมาก ทำให้ถูกลดทอนจากฝนอย่างมากเช่นกัน

ด้วยเหตุนี้จึงต้องมีการออกแบบวิธีการลดผลกระทบจากฝนต่างๆ เพื่อที่จะเพิ่มประสิทธิภาพในการส่งข้อมูลให้ดียิ่งขึ้น ซึ่งในโครงการวิจัยนี้ ทางผู้วิจัยจะพัฒนาและปรับปรุงการออกแบบไซด์ไดเวอร์ซิตี้ซึ่งเป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้มาอย่างยาวนานและเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพวิธีหนึ่งในการลดผลกระทบจากฝนและเพิ่มศักยภาพในการใช้งานดาวเทียม ในอดีตการตั้งไซด์ไดเวอร์ซิตี้นั้นไม่ได้มีการวิเคราะห์ข้อมูลในเชิงวิศวกรรมในการลดผลกระทบของฝนมากนัก จึงทำให้พื้นที่ในการตั้งไซด์ไดเวอร์ซิตี้ไม่ได้มีประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งในงานวิจัยนี้จะทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของฝนในแต่ละพื้นที่ที่มีความสำคัญ เช่น ภูมิภาคคันโตประเทศญี่ปุ่น และ พื้นที่ในภาคกลางของประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนของพื้นที่นั้นๆมาหาความสัมพันธ์ในเชิงระยะทางและทิศทาง ซึ่งจะทำให้สมารถวิเคราะห์หาพื้นที่ที่เหมาะสมในการตั้งไซด์ไดเวอร์ซิตี้ได้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

(1). เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของฝนในประเทศไทยและญี่ปุ่น

(2). เพื่อศึกษาพารามิเตอร์อื่นๆจากความสัมพันธ์ของฝนจากสภาพแวดล้อมและพื้นที่ที่ต่างกันของทั้งสองประเทศ

(3). เพื่อประยุกต์ใช้งานไซด์เวอร์ซิตี้ในการใช้งานการสื่อสารผ่านดาวเทียมให้ดียิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is copyrighted for educational use only. Commercial use, adaptation, or modification is prohibited. Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

(1). วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของฝนแต่ละคู่สถานี

(2). วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ในเชิงระยะทางและทิศทางในแต่ละคู่สถานี

(3). เปรียบเทียบความสัมพันธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งในประเทศไทยและญี่ปุ่น

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

(1). ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

(2). รวบรวมข้อมูลฝนในประเทศไทย

(3). วิเคราะห์และเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างประเทศไทยและญี่ปุ่น

(4). จัดทำบทความวิจัย

(5). นำเสนอบทความวิจัยในงานสัมมนาระดับนานาชาติ

(6). ทำการประเมิน, สรุปผล และหาแนวทางพัฒนาต่อยอดงานวิจัย

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

(1). สามารถหาความสัมพันธ์ของฝนแต่ละคู่สถานี

(2). สามารถวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ในเชิงระยะทางและทิศทางเป็นแผนภาพ 2 มิติ

(3). เปรียบเทียบพฤติกรรมของฝนระหว่างประเทศไทยและญี่ปุ่นเพื่อใช้พัฒนาโมเดลไซด์ไดเวอร์ซิตี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is copyrighted for educational use only. Commercial use, adaptation, or derivation is prohibited. Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

แนวความคิดของโครงการวิจัยนี้คือการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของฝนระหว่างข้อมูลในประเทศไทยและประเทศญี่ปุ่น โดยวิเคราะห์จากเครื่องมือเก็บค่าปริมาณน้ำฝนของภูมิภาคคันโตประเทศญี่ปุ่นและข้อมูลปริมาณฝนในบริเวณภาคกลางของประเทศไทย เนื่องจากเครื่องมือที่ประเทศญี่ปุ่นมีความละเอียดสูงซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้ทุกๆ 1 นาที และมีจำนวนมากกว่า 1300 สถานีทั่วประเทศญี่ปุ่น ทำให้หลังจากวิเคราะห์ข้อมูลแล้วจะได้แพทเทิร์นความสัมพันธ์ของฝนที่มีความละเอียดสูงและน่าเชื่อถือมาก เมื่อทำการเปรียบเทียบกับปริมาณข้อมูลของสถานีเก็บปริมาณน้ำฝนในประเทศไทย ซึ่งมีเพียง 250 กว่าสถานีทั่วประเทศ และเก็บข้อมูลทุกๆ 3 ชั่วโมง ทำให้ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ในประเทศไทยนั้นจะมีความคลาดเคลื่อนสูงมาก ด้วยเหตุนี้ทางผู้วิจัยจึงมีความประสงค์ที่จะเปรียบเทียบข้อมูลของทั้งสองประเทศเพื่อที่จะหาวิธีในการประมาณค่าข้อมูลน้ำเชื่อถือต่ำจากประเทศไทยให้มีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ไซด์ไดเวอร์ซิตี้ [1]-[7] เป็นหนึ่งในวิธีการลดผลกระทบจากการลดทอนของฝนในการสื่อสารผ่านดาวเทียม เนื่องจากในการสื่อสารผ่านดาวเทียมนั้นจะต้องส่งข้อมูลขึ้นไปยังดาวเทียมซึ่งอยู่สูงจากพื้นโลกประมาณ 36,000 กิโลเมตร ซึ่งจะพบว่าข้อมูลจะต้องผ่านทุกชั้นบรรยากาศที่ปกคลุมพื้นโลก แต่ชั้นที่มีอิทธิพลต่อการสื่อสารผ่านดาวเทียมมากที่สุดคือชั้น Troposphere หรือชั้นที่มีการการเมฆและฝนนั้นเอง ชั้นนี้จะสูงอยู่ราวๆ ไม่เกิน 20 กิโลเมตรเหนือพื้นโลก อย่างไรก็ตาม ในการสื่อสารผ่านดาวเทียมนั้นจะมี 2 ขา คือ ขาขึ้นกลับขาลง ขาขึ้น คือ การส่งสัญญาณขึ้นดาวเทียมจากสถานีภาคพื้นดิน ขาลง คือ ดาวเทียมส่งสัญญาณให้กับผู้ใช้บริการทั่วไป ถ้าการลดทอนของฝนมีผลกระทบกับทางฝั่งภาคส่งสัญญาณขึ้นดาวเทียม วิธีไซด์ไดเวอร์ซิตี้จะถูกนำมาใช้ โดยการย้ายไปทำการส่งสัญญาณอีกสถานีหนึ่ง ซึ่งจะอยู่ห่างจากสถานีหลักพอสมควร แต่ถ้าการลดทอนของฝนเกิดขึ้นที่ฝั่งของผู้ใช้บริการทั่วไป ในกรณีนี้ยังไม่มีวิธีที่จะช่วยให้รับสัญญาณให้ดีขึ้นได้

ในความเป็นจริงการตั้งสถานีที่ทำเป็นไซด์ไดเวอร์ซิตี้นั้น ไม่ได้มีการพิสูจน์ในเชิงวิศวกรรมมากนัก ว่า ณ พื้นที่นั้นจะสามารถแก้ปัญหาการลดทอนของฝนได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากในสมัยก่อนเครื่องมือหรือข้อมูลที่จะเป็นข้อพิสูจน์นั้นยังไม่ทันสมัยเท่าปัจจุบัน ซึ่งได้เริ่มมีงานวิจัย [8]-[10] ที่สามารถจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้กับวิธีไซด์ไดเวอร์ซิตี้ได้มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is copyrighted. Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วิธีการดำเนินการวิจัย

(1). ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

(2). รวบรวมข้อมูลฝนในประเทศไทย

(3). วิเคราะห์และเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างประเทศไทยและญี่ปุ่น

(4). จัดทำบทความวิจัย

(5). นำเสนอบทความวิจัยในงานสัมนาระดับนานาชาติ

(6). ทำการประเมิน, สรุปผล และหาแนวทางพัฒนาต่อยอดงานวิจัย

3.2 ตารางแผนการวิจัย

กิจกรรม	เดือนที่ 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ผู้รับผิดชอบ
1. ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง													พีระเมศร์
2. รวบรวมข้อมูลฝนในประเทศไทย													พีระเมศร์
3. วิเคราะห์และเปรียบเทียบข้อมูล													พีระเมศร์
4. จัดทำบทความวิจัย													พีระเมศร์
5. เดินทางไปนำเสนอบทความ													พีระเมศร์
6. ทำการประเมินและสรุปผล													พีระเมศร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is copyrighted for educational use only. Commercial use, adaptation, or derivation is prohibited. Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.3 ตารางผลงานในแต่ละช่วงเวลา

ปีที่	เดือนที่	ผลงานที่คาดว่าจะสำเร็จ
1	1-2	ได้องค์ความรู้จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
	3-7	วิเคราะห์ข้อมูลและเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของฝนเชิงระยะทางระหว่างญี่ปุ่นและไทย
	8-10	นำเสนอผลงานในงานสัมมนาระดับนานาชาติ
	11-12	สรุปผลและพัฒนาต่อยอดงานวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is available for educational use only. Not to be used for commercial purposes.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 4
ผลการวิจัย

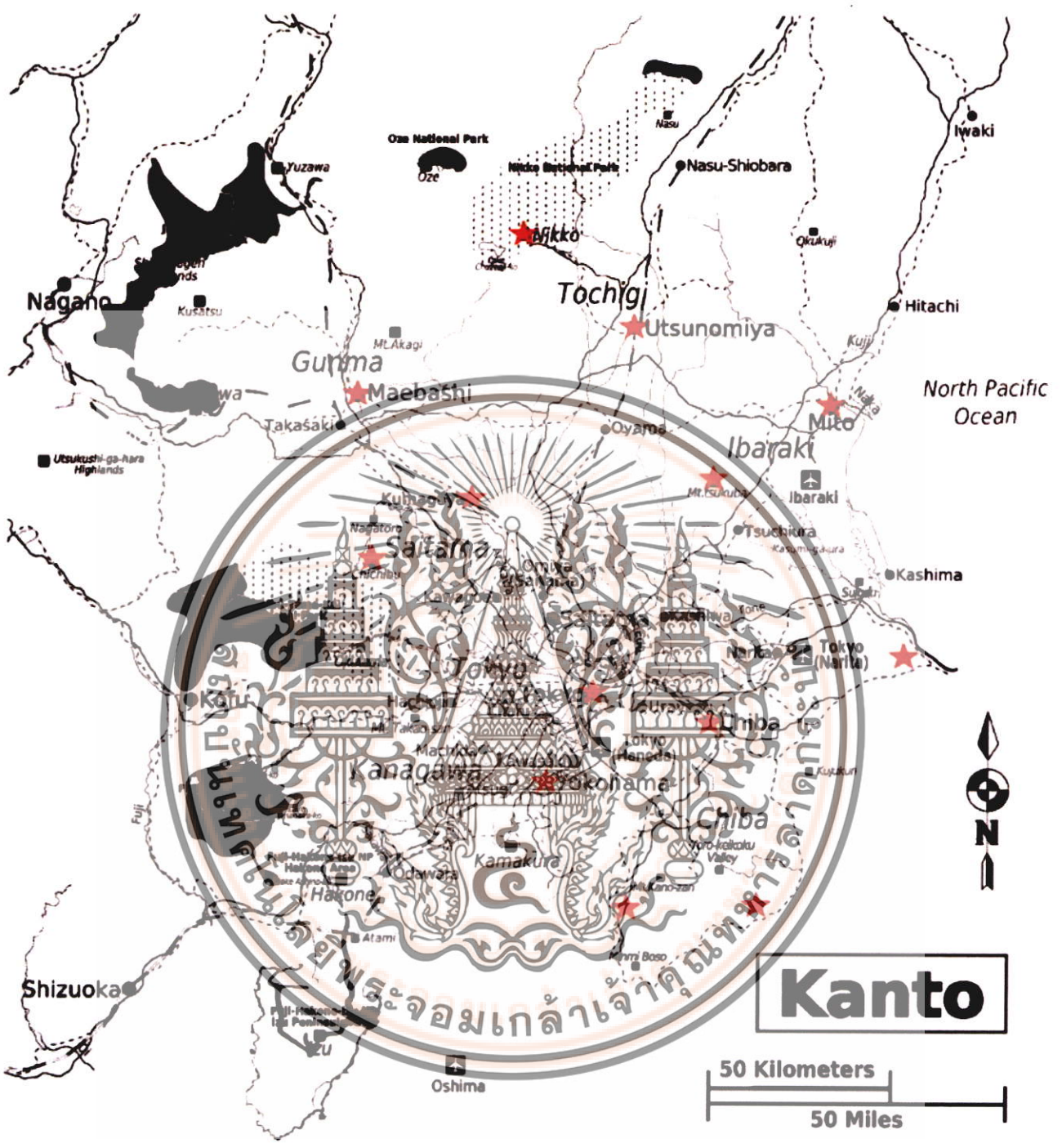
4.1 บทนำ

อย่างที่เป็นที่ทราบกันดี วิธีการแบบไซด์ไดเวอร์ซิตี้ คือเป็นการตั้งสถานี 2 สถานีขึ้นไป โดยกำหนดให้สถานีแรกเป็นสถานีหลักที่ใช้ควบคุมและดูแลการสื่อสารผ่านดาวเทียมอย่างเต็มกำลัง และสถานีที่สองขึ้นไปเป็นสถานีย่อยซึ่งมีหน้าที่เป็นสถานีสำรองเวลาที่สถานีหลักเกิดปัญหา โดยเฉพาะการลดทอนสัญญาณจากฝน โดยทั่วไปแล้วการตั้งสถานีหลักกับสถานีย่อยจะมีระยะห่างกันพอสมควรเพื่อให้สามารถสื่อสารกันในช่องทางอื่น เช่น สื่อสารผ่านระบบไมโครเวฟ ตัวอย่างเช่นในประเทศไทย สถานีหลักและสถานีย่อยจะอยู่ห่างกันประมาณ 40 กิโลเมตร ซึ่งจากประสบการณ์ตรงที่ได้ทำงานในส่วนนี้พบว่า เมื่อใดที่มีเมฆหรือฝนเกิดขึ้นพร้อมกันทั้งสองพื้นที่ จะทำให้การสื่อสารผ่านดาวเทียมที่ความถี่สูงนั้นจะ ไม่สามารถรับข้อมูลได้ จากข้อมูลดังกล่าวทำให้พบว่า แท้จริงแล้วระยะทางระหว่างสถานีหลักและสถานีย่อยที่ใช้งานกันอยู่ในปัจจุบันอาจจะไม่ใช่ระยะทางที่ถูกต้องในการออกแบบวิธีการแบบไซด์ไดเวอร์ซิตี้สำหรับประเทศไทย ดังนั้นเพื่อที่จะพัฒนาวิธีการแบบไซด์ไดเวอร์ซิตี้ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ผู้วิจัยจึงขอนำเสนอพารามิเตอร์ความสัมพันธ์เชิงระยะทางเพื่อที่จะนำมาวิเคราะห์ในการออกแบบวิธีการแบบ ไซด์ไดเวอร์ซิตี้ต่อไปในอนาคต โดยที่พารามิเตอร์ความสัมพันธ์เชิงระยะทางสามารถหาได้จาก ข้อมูลเรดาร์ตรวจปริมาณน้ำฝน เครือข่ายเครื่องเก็บปริมาณน้ำฝน เป็นต้น

4.2 เครือข่ายเครื่องเก็บปริมาณน้ำฝนของประเทศญี่ปุ่นและประเทศไทย

ในงานวิจัยนี้จะทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนจากเครื่องเก็บปริมาณน้ำฝนจากทั้งประเทศญี่ปุ่นและประเทศไทยเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบพฤติกรรมของฝนจากทั้งสองประเทศ โดยได้รับข้อมูลจากกรมอุตุประเทศญี่ปุ่นและกรมอุตุประเทศไทย ในงานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลจาก 13 สถานีในภูมิภาคคันโต ประเทศญี่ปุ่น ดังแสดงในรูปที่ 4.1 โดยเครื่องเก็บปริมาณน้ำฝนในประเทศญี่ปุ่นสามารถเก็บข้อมูลได้ทุกๆ 1 นาที ซึ่งมีความละเอียดสูงมาก ข้อมูลที่ได้มาจากกรมอุตุของประเทศญี่ปุ่นมีปริมาณมากถึง 4 ปี ตั้งแต่ เดือนกรกฎาคม 2009 ถึง เดือนมิถุนายน 2013 โดยเครื่องเก็บปริมาณน้ำฝนเหล่านี้กระจายตัวอยู่ในภูมิภาคคันโต ประเทศญี่ปุ่น ในส่วนข้อมูลของประเทศไทยมีทั้งหมด 12 สถานี บริเวณพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย โดยให้กรุงเทพเป็นจุดศูนย์กลางหลัก ดังแสดงในรูปที่ 4.2 แต่เครื่องเก็บปริมาณน้ำฝนในประเทศไทยนั้นสามารถเก็บข้อมูลได้ทุกๆ 3 ชั่วโมง ซึ่งมีความละเอียดสูงต่ำมากและใช้ข้อมูลจากปี 2010 ถึง 2013 เป็นเวลา 3 ปี ในการวิเคราะห์ ซึ่งหลังจากวิเคราะห์ข้อมูลแล้วก็จะเห็นถึงความต่างของพฤติกรรมของฝนในทั้ง 2 ประเทศได้เป็นอย่างดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is copyrighted for educational use only. Commercial use, adaptation, or reproduction is prohibited.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



ภาพที่ 4.1 แผนที่แสดงสถานที่ตั้งของเครื่องเก็บปริมาณน้ำฝนในภูมิภาคคันโตของประเทศญี่ปุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only. Commercial use in any form is prohibited. Modification of the content is not allowed, and the author must be cited when using this material.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ภาพที่ 4.2 แผนที่แสดงสถานที่ตั้งของเครื่องเก็บปริมาณน้ำฝน ในบริเวณภาคกลางของประเทศไทย

4.3 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ในรูปแบบ 2 มิติ

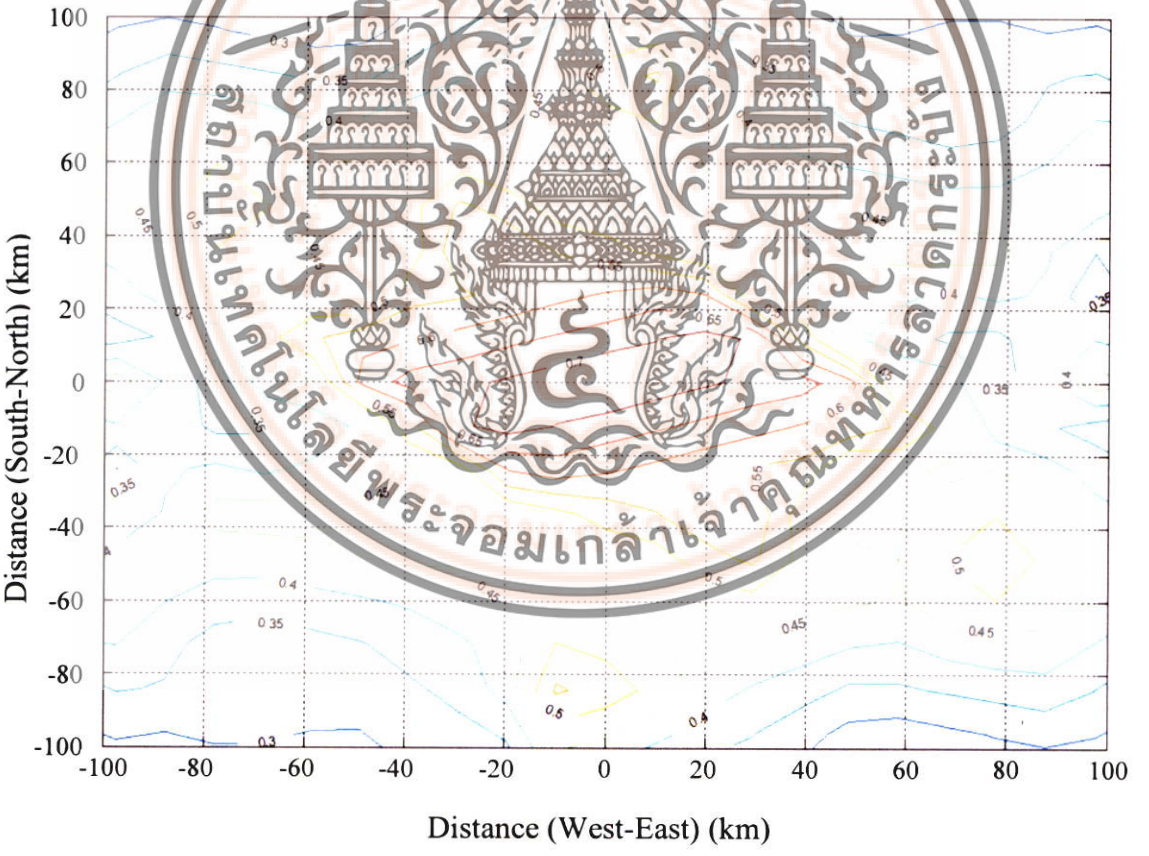
ในหัวข้อนี้ได้ทำการพล็อตกราฟ 2 มิติ จากพารามิเตอร์ทั้ง 3 ได้แก่ระยะทาง ค่าความสัมพันธ์ และ มุม ของแต่ละคู่สถานี โดยผลลัพท์ที่แสดงเป็นแบบ 2 มิตินั้นจะมีความสมมาตร เนื่องจากข้อมูลระยะทางและความสัมพันธ์จะเป็นค่าเดียวกัน แต่มุมของแต่ละสถานีจะมี 2 ค่าซึ่งตรงกันข้าม ดังนั้นจากข้อมูลฝนของประเทศญี่ปุ่นเมื่อวิเคราะห์ในรูปแบบ 2 มิติ จะได้ทั้งหมด 156 กรณี และข้อมูลฝนของประเทศไทยเมื่อวิเคราะห์ในรูปแบบ 2 มิติ จะได้ทั้งหมด 132 กรณี

จากรูปที่ 4.3 แสดงถึงความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ต่างๆของฝนในรูปแบบ 2 มิติ ที่วิเคราะห์มาจากเครื่องเก็บปริมาณน้ำฝนทั่วทั้งภูมิภาคคันโต ประเทศญี่ปุ่น โดยในแกน x คือ ระยะทาง หน่วยกิโลเมตร ซึ่งจุด 0 กิโลเมตรจะอยู่ตรงกลางของกราฟ และไปทางทิศตะวันออกและทิศตะวันตกด้านละ 100 กิโลเมตร ในส่วนของแกน y แสดงระยะทาง ในหน่วยกิโลเมตรเช่นกัน โดยจุด 0 กิโลเมตรจะอยู่กึ่งกลางและไปทางทิศเหนือและทิศใต้ด้านละ 100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is restricted for educational purposes only and is not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

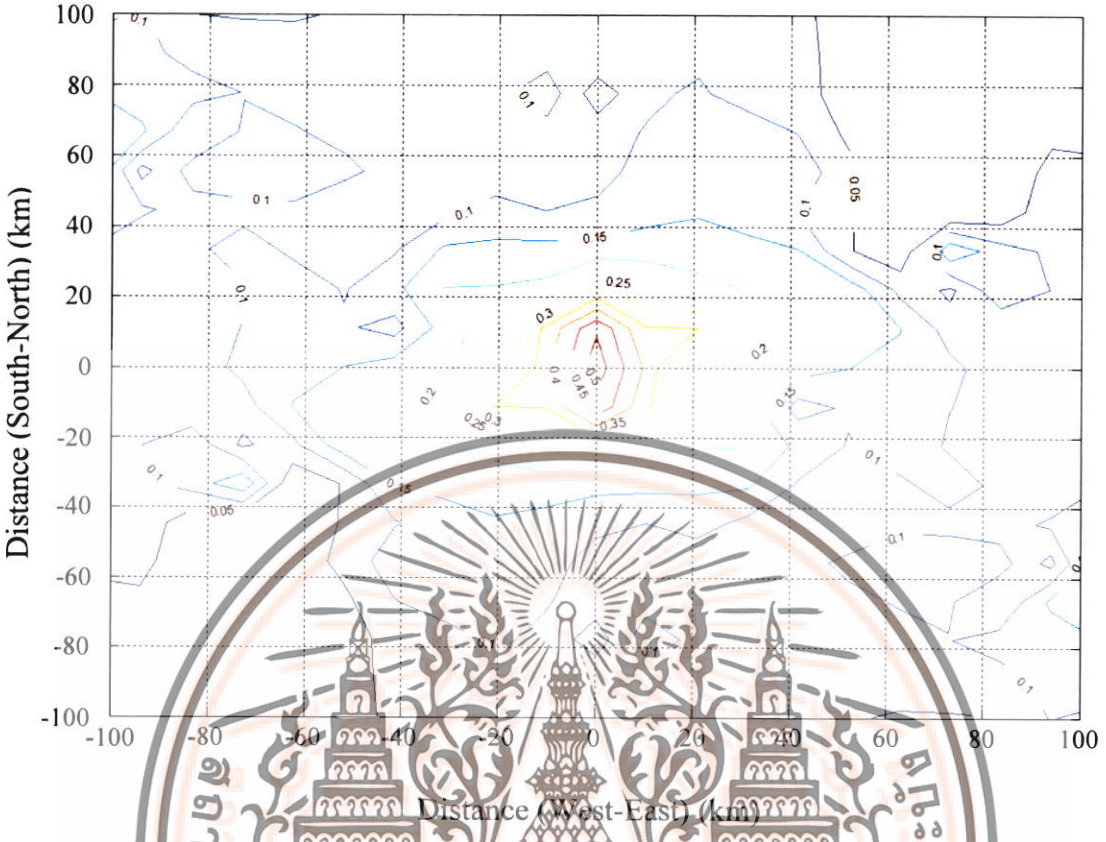
กิโลเมตร เพื่อให้กราฟมีลักษณะที่สมมาตร เพื่อให้ง่ายในงานวิเคราะห์ผลลัพท์ จะดูในช่วงที่ค่าระยะทางเป็นบวกเท่านั้น จากจุด 0 กิโลเมตรไปทางฝั่งด้านขวาบน จากการวิเคราะห์พบว่า ในช่วงระยะทางที่ความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ต่างๆมีค่าสูงจะอยู่ที่ประมาณ 10 – 30 กิโลเมตรจากจุด 0 กิโลเมตรของกราฟไปทางทิศตะวันออก เพราะฉะนั้น จากข้อมูลนี้ทำให้สามารถออกแบบพื้นที่ที่จะมีประสิทธิภาพสูงสุดในวิธีการแบบไซด์ไดเวอร์ซิตี้ได้ พบว่าสามารถวางสถานีย่อยไว้ที่ระยะทางประมาณ 20 กิโลเมตรในทิศเหนือจากจุด 0 กิโลเมตร สำหรับภูมิภาคคันโต ประเทศญี่ปุ่น

ในลักษณะเดียวกันกับข้อมูลฝนในพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทยโดยให้กรุงเทพเป็นจุดศูนย์กลางพบว่า ในช่วงระยะทางที่ความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ต่างๆมีค่าสูงจะเกิดขึ้นในพื้นที่เล็กๆเมื่อเปรียบกับข้อมูลจากประเทศญี่ปุ่น ซึ่งตรงกับพฤติกรรมของฝนที่ตกในประเทศแถบเส้นศูนย์สูตร เพราะฉะนั้น จากข้อมูลนี้ทำให้สามารถออกแบบพื้นที่ที่จะมีประสิทธิภาพสูงสุดในวิธีการแบบไซด์ไดเวอร์ซิตี้ได้โดยสามารถวางสถานีย่อยไว้ที่ระยะทางประมาณ 10 กิโลเมตรในทิศ 45 องศาจากจุด 0 กิโลเมตร สำหรับพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย



ภาพที่ 4.3 แผนภาพ 2 มิติ แสดงความสัมพันธ์ของฝนในภูมิภาคคันโต ประเทศญี่ปุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is copyrighted for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



ภาพที่ 4.4 แผนภาพ 2 มิติ แสดงความสัมพันธ์ของฝน ในบริเวณภาคกลางของประเทศไทย

4.4 การพิจารณาเพิ่มประสิทธิภาพของวิธีการแบบไนด์ไดเออร์ซิดี้

จากผลลัพท์จากหัวข้อที่ผ่านมา โดยเฉพาะการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของฝนในรูปแบบ 2 มิติ ทำให้สามารถพัฒนาและปรับปรุงสมการความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ได้ จากสมการเดิมพบว่าค่าความสัมพันธ์เชิงพื้นที่จะขึ้นอยู่กับระยะทางเป็นหลัก แต่จากข้อมูลที่วิเคราะห์ได้ พบว่า ค่าความสัมพันธ์ที่เดิมควรที่จะมีตัวแปรทิศทางเพิ่มเข้าด้วย ดังสมการที่ 1

$$\rho(D,\theta) = \exp\left[-\alpha(D,\theta)D^{\beta(D,\theta)}\right] \quad (1)$$

โดย θ คือ มุมของทิศทางในหน่วย องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only. It is prohibited for commercial use in any case. Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สามารถหาอัตราการขยายของไซด์ไดเวอร์ซิตี้จาก ITU R. P.618-12 ดังสมการที่ 2

$$G_d = k\left(1-\rho\right)^m \tag{2}$$

ดังนั้น จากสมการที่ 2 สามารถปรับปรุงการหาค่าอัตราขยายให้มีประสิทธิภาพมากอย่างขึ้นโดยค่าความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ต้องขึ้นอยู่กับทั้งพารามิเตอร์ระยะทางและพารามิเตอร์ทิศทาง เพราะฉะนั้น สมการเขียนสมการหาค่าอัตราขยายของไซด์ไดเวอร์ซิตี้ได้ดังสมการที่ 3

$$G_d = k\left(1-\exp\left[-\alpha(D,\theta)D^{\beta(D,\theta)}\right]\right)^m \tag{3}$$

โดย G_d คือ ค่าอัตราขยาย

k และ m คือ ค่าคงที่ของอัตราการขยายของไซด์ไดเวอร์ซิตี้

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is copyrighted for educational use only and not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์พฤติกรรมของฝนเพื่อเปรียบเทียบกันใน 2 ประเทศ ระหว่างพื้นที่ในภูมิภาคคันโต ประเทศญี่ปุ่น และพื้นที่บริเวณภาคกลางของประเทศไทย โดยพบว่าการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่มีความสำคัญ มีลักษณะเฉพาะและควรจะนำมาพิจารณาในการออกแบบการลดผลกระทบจากฝนที่แตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ โดยวิธีการแบบไซด์ไดเวอร์ซิตี้ที่ได้นำเสนอในงานวิจัยนี้ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของสมการในการคาดคะเนของการลดทอนของฝนได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการใช้งานที่ความถี่สูง เช่น ในย่าน Ka ที่จะมีการใช้งานเพิ่มมากขึ้นในอนาคต

5.2 ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้ทำการเปรียบเทียบพฤติกรรมของฝนจาก 2 ประเทศ โดยใช้ข้อมูลปริมาณฝนจากประเทศญี่ปุ่นและประเทศไทยเพื่อศึกษาและวิเคราะห์การนำไปประยุกต์ใช้กับวิธีการแบบไซด์ไดเวอร์ซิตี้เพื่อลดผลกระทบจากการลดทอนของฝน ซึ่งจากผลลัพธ์ที่ได้พบว่าพารามิเตอร์ที่ได้นำเสนอไปมีนัยสำคัญอย่างมากในการออกแบบวิธีการแบบไซด์ไดเวอร์ซิตี้ในอนาคต ทางผู้วิจัยจึงมีแผนที่จะทำการรวบรวมข้อมูลทั่วประเทศไทย โดยจะวิเคราะห์ในแต่ละพื้นที่เพื่อให้การออกแบบมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is restricted for educational use only. Not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 6
สรุปผลผลิตงานวิจัย

การเผยแพร่งานวิจัย

P. Chodkaveekityada, "Comparison of Spatial Correlation between Japan and Thailand," *International Sysposium on Antennas and Propagation (ISAP)*, 30 Oct. - 2 Nov., 2017, Phuket, Thailand.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is restricted for education purpose only. It is not allowed for commercial use in any case. Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เอกสารอ้างอิง

[1] C. Kourogiogas, A. D. Panagopoulos, S. N. Livieratos and G. E. Chatzarakis, "Pico-Scale Dynamic Diversity Gain Evaluation in Broadband Satellite Communication System," Ka and Broadband Communication, Navigation and Earth Observation Conference, pp. 621-627, 2014.

[2] C. Nagaraja and I. Otung, "Statistical Prediction of Site Diversity Gain on Earth-Space Paths Based on Radar Measurements in the UK," IEEE Trans. Antennas Propag., vol. 60, no. 1, pp. 247-256, 2012.

[3] J. X. Yeo, Y. H. Lee and J. T. Ong, "Performance of Site Diversity Investigated Through RADAR Derived Results," IEEE Trans. Antennas Propag., vol. 62, no. 10, pp. 3890-3898, 2011.

[4] J. Poolsawat, T. Limpiti and N. Puttarak, "A study on Ka-band site switching using advance prediction for rain-induced attenuation," The International Symposium on Antenna and Propagation (ISAP), pp. 157-158, 2014.

[5] S. Begum, C. Nagaraja and I. Otung, "Analysis of Rain Cell Size Distribution for Application in Site Diversity," Proc. European Conference on Antennas and Propagation (EUCAP), 2006.

[6] J. X. Yeo, Y. H. Lee, and J. T. Ong, "Site Diversity Gain at the Equator: Radar-Derived Results Modeling in Singapore," Int. J. Satell. Commun. Network, 2015; 33:107–118. doi: 10.1002/sat.1074.

[7] B. Roy, A. K. Shukla and M. R. Sivaraman, "Micro Scale Site Diversity Over a Tropical Site in India and Evaluation of Diversity Gain with Synthetic Storm Technique," Indian Journal of Radio & Space Physics, vol. 40, pp.211-217, 2011.

[8] M. Akimoto and K. Watanabe, "Study on Rain Attenuation Considering Rainfall-Intensity Dependent Spatial Correlation Characteristics," Global Telecommunication Conference, pp. 2864-2868, 2004.

[4] P. Chodkaveekityada, Y. Inose and H. Fukuchi, "Modeling of Site Diversity Gain Using Rain Radar Data in Japan," 33rd AIAA International Communication Satellite Systems Conference (ICSSC), 2015.

[5] Recommendation ITU R P.618-12, "Propagation data and prediction methods required for the design of Earth-space telecommunication systems," 2015.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is available for educational use only, not to be used for commercial purposes.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ภาคผนวก ค
เอกสารผลงานวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only. Not approved for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Comparison of Spatial Correlation between Japan and Thailand

Peeramed Chodkaveekityada
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand

***Abstract*—Site diversity is the one technique that has been used to reduce the rain attenuation effect for long time ago. Since the past, we just located the site diversity far away from the main site and thought that can be completely reduced the rainfall effect, but it does not. To improve this idea, in this paper, we propose another factor as call spatial correlation in order to design the location of site diversity more accuracy. We evaluate the spatial correlation for Japan and Thailand to confirm that the spatial correlation is totally different in each area and we should include this factor into the site diversity gain formula.**

***Keywords*—Site diversity; Spatial correlation pattern; Direction dependence**

I. Introduction

As we know, the concept of site diversity [1]-[3] is to have more 2 station: one is use to be the main site with fully operation and equipment, other one is work as the backup site when the main station is down by the effect of rain attenuation. The distance between main and diversity site is normally in the range of microwave link can be operated. For example, the distance of main and diversity site of Thailand is almost 40 km. As experience, when the rainfall hits both main and diversity site in receiving Ku band, the contents are lost. It is express that the distance between two site should not be the only one factor that show in the site diversity gain formula. To solve this, the spatial correlation of rainfall [4] should be investigated in the target areas covering the main and diversity site. The spatial correlation can be derived from radar precipitation, rain gauge data network or low-earth satellite images. Finally, the site diversity gain formula from ITU should be improved dependence of distance and direction.

II. Japan and Thailand Rain Gauge Network

This paper analyzes the rain gauge data network both Japan and Thailand. For Japan, the data provided by Japan Meteorological Agency. We used 13 sites of rain gauge in Kanto area, as shown in Fig. 1. The rain gauge data were available at intervals of every 1 minute. The data considered were the span of four years from July 2009 to June 2013. For Thailand, the data provided by Thai Meteorological Department. We used 12 sites around the center of Bangkok, Thailand as shown in Fig. 2. The rain gauge data were available at intervals of every 3 hours. The data considered were the span of three years from 2010 to 2013. Both areas were considered to represent the rain behavior in each area by evaluating the spatial correlation between each combination.

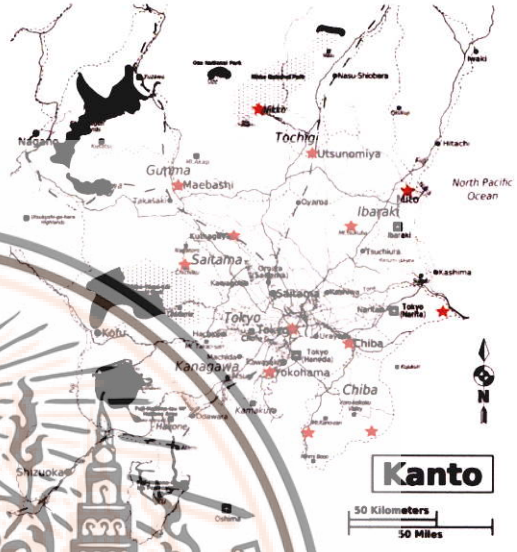


Fig. 1. Locations of Rain gauge in Kanto area.

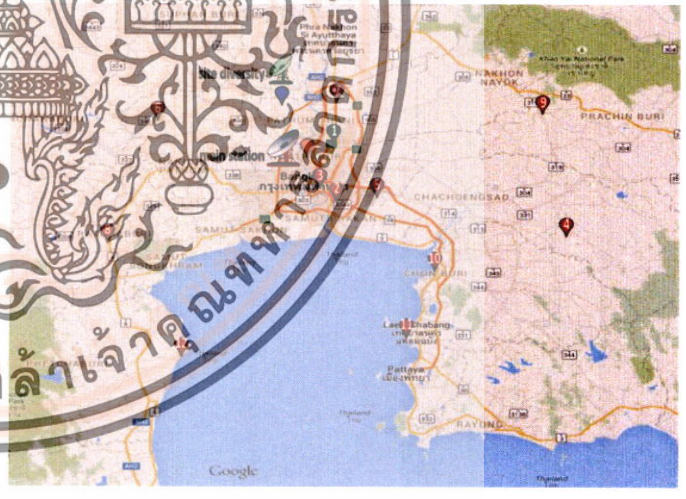


Fig. 2. Locations of Rain gauge in Bangkok, Thailand.

III. Spatial Correlation Pattern Analysis

We derive the spatial correlation pattern from distance, spatial correlation and bearing angle. For each parameter is calculated from between each 2 rain gauge data. Derivation of this pattern requires symmetrical information. However, the bearing angle can be calculated in both directions of each 2 rain gauge data and can use the same data of spatial correlation and

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is copyrighted for educational use only and cannot be altered for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

978-1-5386-0465-6/17/$31.00 ©2017 IEEE

distance. Finally, for Kanto area, we obtain 156 combinations and for Bangkok area, we obtain 132 combinations.

Fig. 3 express the spatial correlation pattern derived from rain gauge data in Kanto area, Japan. The y-axis is represented the distance in kilometers from South to North and the x-axis is represented the distance in kilometers as well from West to East. The pattern shows that a high correlation happens within 10-20 km of the center to the East. To most effectively locate the site diversity for distance of more than 20 km, the direction should be considered, especially of the North for Kanto area.

Similarly, Fig. 4 shows the spatial correlation pattern derived from rain gauge data network in Bangkok, Thailand. The y-axis is represented the distance in kilometers from South to North and the x-axis is represented the distance from West to East in kilometers as well. The pattern shows that a high correlation happens in the small area in comparison of Kanto area. The best effective area to design the site diversity location should be considered more than 10 km.

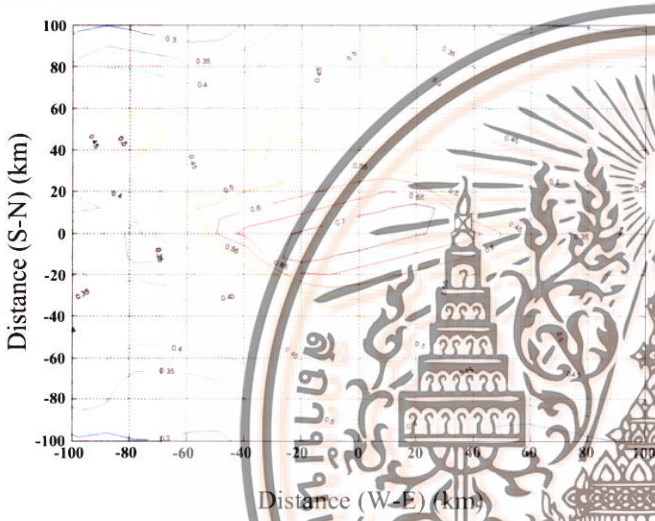


Fig. 3. Spatial correlation pattern in Kanto area.

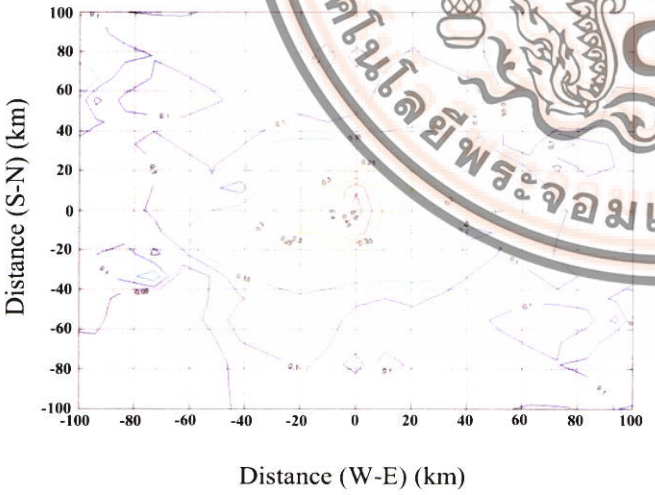


Fig. 4. Spatial correlation pattern in Bangkok, Thailand.

IV. Site Diversity Gain Consideration

Refer to the pattern analysis section results, the existing formula of site diversity should be considered. It is shown that the spatial correlation is not only depend on the distance but the direction should be involved. This dependence should be included, as shown in the following equation:

$$\rho(D,\theta) = \exp\left[-\alpha(D,\theta)D^{\beta(D,\theta)}\right] \quad (1)$$

where D is distance (km), θ is represented the direction factor in degree, and α and β are approximation coefficients of the model.

The site diversity gain formula is expressed by ITU-R P.618-12 [5] as the equation below.

$$G_d = k\left(1-\rho\right)^m \quad (2)$$

Then, Eq. 2 can be improved to estimate the site diversity gain more correctly by considering the spatial correlation that depends on both distance and direction. The new formula is rewritten as follow:

$$G_d = k\left(1-\exp\left[-\alpha(D,\theta)D^{\beta(D,\theta)}\right]\right)^m \quad (3)$$

where G_d is site diversity gain, k and m are the approximation coefficients of site diversity gain.

V. Conclusion

The distance and direction dependences of the spatial correlation factor are shown. The spatial correlation can be used to improve the rain fade countermeasure method in every target areas, such as site diversity, time diversity and adaptive power control. The improvement of site diversity gain contributes to a more accurately predictable formula. Moreover, to handle the rain fade in the near future of satellite communication at high frequency of Ka-band and above, the number of site diversity will be increased inversely to the size of diversity.

Acknowledgment

This paper is under the Research Seed Grant for New Lecturer supported by KMITL Research Fund.

References

[1] S. Begum, C. Nagaraja and I. Otung, "Analysis of Rain Cell Size Distribution for Application in Site Diversity," Proc. European Conference on Antennas and Propagation (EUCAP), 2006.

[2] B. Roy, A. K. Shukla and M. R. Sivaraman, "Micro Scale Site Diversity Over a Tropical Site in India and Evaluation of Diversity Gain with Synthetic Storm Technique," Indian Journal of Radio & Space Physics, vol. 40, pp.211-217, 2011.

[3] J. X. Yeo, Y. H. Lee, and J. T. Ong, "Site Diversity Gain at the Equator: Radar-Derived Results Modeling in Singapore," Int. J. Satell. Commu. Network, 2015; 33:107-118, doi:10.1002/sat.1074.

[4] P. Chodkaveekityada, Y. Inose and H. Fukuchi, "Modeling of Site Diversity Gain Using Rain Radar Data in Japan," 33rd AIAA International Communication Satellite Systems Conference, 2015.

[5] Recommendation ITU-R P.618-12, "Propagation data and prediction methods required for the design of Earth-space telecommunication system,"2015.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is available for educational use only, not allowed for commercial use. Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การแนวทาง
สรุปขั้นตอนการดำเนินงานโครงการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only. It is not allowed for commercial use in any case. Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สัญญาเลขที่ KREF186001

การเปรียบเทียบความสัมพันธ์เชิงระยะทางจากข้อมูลฝนระหว่างประเทศญี่ปุ่นและไทย

Comparison of Spatial Correlation between Japan and Thailand

รายงานสรุปการเงินรอบ 12 เดือน

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย ผู้รับทุน ดร. พีระเมศร์ โชติกวีกิจญาดา

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ 1 ส.ค. 60 ถึงวันที่ 31 ก.ค. 61

สรุปงบประมาณค่าใช้จ่ายที่ใช้นับตั้งแต่เริ่มทำการวิจัยถึงปัจจุบัน

หมวดค่าใช้จ่าย	งบประมาณรวมทั้งโครงการ	ค่าใช้จ่ายจากรายงานครั้งก่อน	ค่าใช้จ่ายงวดปัจจุบัน	รวมค่าใช้จ่ายสะสมถึงปัจจุบัน	คงเหลือ (หรือเกิน)
งบดำเนินงาน					
ค่าตอบแทน					
ค่าใช้สอย	50,000	50,000		50,000	0
ค่าวัสดุ	50,000	50,000		50,000	0
รวม	100,000	100,000		100,000	**0**

จำนวนเงินที่ได้รับและจำนวนเงินที่ใช้จ่าย

งวดเงินที่ได้รับ	จำนวนเงินที่ได้รับ(บาท)	เมื่อ (ระบุวัน เดือน ปี)
งวดที่ 1	95,000	15 ก.ย. 60
รวม	95,000	❶

งวดที่	จำนวนเงินที่ใช้จ่าย (บาท)	
งวดที่ 1	95,000	
งวดที่ 2		
รวม	95,000	❷

จำนวนเงินคงเหลือ ❶ - ❷ 0 **บาท**

ลงนามหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน **ลงนามเจ้าหน้าที่การเงินโครงการ**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is copyrighted for educational use only, commercial use is prohibited. Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only. It is prohibited for commercial use in any case. Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย

ประวัติส่วนตัว

ชื่อ-สกุล นาย พีระเมศร์ โชติกวีกิจญาดา

ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
Ph.D.	Aerospace Engineering	Tokyo Metropolitan University	2559
วศ.ม.	วิศวกรรมโทรคมนาคม	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2555
วศ.บ.	วิศวกรรมโทรคมนาคม	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2553

สาขาวิจัยที่มีความชำนาญพิเศษ ระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียม

ทุนการศึกษาและทุนวิจัยที่เคยได้รับ

ปี พ.ศ.	ทุนการศึกษาและทุนวิจัย	สถาบันที่ให้
2555	โครงการวิจัยและพัฒนาระบบเรดาร์ระยะสั้นด้วยวงจรแบบออโต้ ไดน์	สถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ (องค์การมหาชน) กระทรวงกลาโหม
2556	Asian Human Resource Fund	Tokyo Government

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is available for educational use only. Not to be used for commercial purposes.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์ที่ตีพิมพ์เผยแพร่ (ระดับชาติและนานาชาติ)

ผลงานตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับนานาชาติ (ปี 2012 – ปัจจุบัน)

[1] P. Chodkaveekityada and H. Fukuchi, " Prediction Model of Time Diversity Using Rain Radar Data," International journal of satellite communication and networking, 2016, DOI: 10.1002/sat. 1182.

[2] P. Chodkaveekityada and H. Fukuchi, "Time Diversity Evaluation for Attenuation Mitigation Method Using Attenuation Data in Thailand and Japan," International journal of satellite communication and networking, 2016, DOI: 10.1002/sat. 1184.

[3] P. Chodkaveekityada and H. Fukuchi, "Evaluation of Adaptive Satellite Power Control Method Using Rain Radar Data," IEICE Transaction on Communication, Vol. E99-B, No. 11, Nov 2016.

[4] P. Chodkaveekityada and H. Fukuchi, "Effect of Raindrop Size Distribution and Rain Rate Inhomogeneity on the Relationship between Attenuation and Depolarization," International journal of satellite communication and networking, 2016.

[5] P. Chodkaveekityada and H. Fukuchi, "Differences in the Dynamic Properties of Rain Fade between Temperate and Tropical Regions," Advances in Space Research, 2016, DOI: 10.1016/j.asr.2016.11.038.

ผลงานตีพิมพ์ในการประชุมวิชาการระดับนานาชาติ (ปี 2012 – ปัจจุบัน)

[1] P. Chodkaveekityada and H. Fukuchi, "On-board Adaptive Attenuation Compensation Technique for Future Satellite Communication," International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP), Kaohsiung, Taiwan, December 2 – 5, 2014.

[2] H. Fukuchi and P. Chodkaveekityada, "Spatial Correlation Property Derived from Radar Rain Map and Site-Diversity Effect Evaluation," International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP), Kaohsiung, Taiwan, December 2 – 5, 2014.

[3] P. Chodkaveekityada and H. Fukuchi, "Improvement of Depolarization Formula Using Gamma Raindrop Size Distribution Up to 1 0 0 GHz," Asia-Pacific Conference on Antennas and Propagation (APCAP), Bali Island, Indonesia, June 30 – July 3, 2015.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is copyrighted and is for educational purposes only. It is not to be used for commercial purposes. Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

[4] H. Fukuchi and P. Chodkaveekityada, " Propagation Impairments Along Satellite-To-Earth Path and Their Mitigation Technologies," Asia-Pacific Conference on Antennas and Propagation (APCAP), Bali Island, Indonesia, June 30 – July 3, 2015.

[5] P. Chodkaveekityada, H. Fukuchi, T. Limpiti and P. Supnithi, " Time Diversity Evaluation for Attenuation Mitigation Method Using Attenuation Data in Thailand and Japan," International Symposium on Space Technology and Science (ISTS), Kobe-Hyogo, Japan, July 4 – 10, 2015.

[6] P. Chodkaveekityada, Y. Inose and H. Fukuchi, "Modeling of Site Diversity Gain Using Rain Radar Data in Japan," 33rd AIAA International Communications Satellite Systems Conference (ICSSC), Gold Coast, Australia, September 7 – 10, 2015.

[7] P. Chodkaveekityada and H. Fukuchi, "Combination Benefits of Short-Time Diversity and Adaptive Satellite Power Control," International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP), Hobart, Tasmania, Australia, November 9 – 12, 2015.

[8] P. Chodkaveekityada and H. Fukuchi, " Variation of Boost Constants Effects for Adaptive Satellite Power Control," 10th International Conference on Information, Communication and Signal Processing (ICICS), Singapore, December 2 – 4, 2015.

[9] P. Chodkaveekityada and H. Fukuchi, "Spatial Correlation Property Using Rain Gauge Network in Thailand to Improve Site Diversity Effect," International Conference on Electrical Engineering Electronic, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON), Chiang Mai, Thailand, June 28 – July 1, 2016.

[10] P. Chodkaveekityada and H. Fukuchi, "Fade Slope Comparison between Thailand and Japan for Ka band Rain Attenuation," International Technical Conference on Circuits/ Systems, Computer and Communication (ITC-CSCC), Okinawa, Japan, July 10 – 13, 2016.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is available for educational use only, not approved for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.