

การประยุกต์ใช้ข้อมูลภูมิอากาศเพื่อประเมินค่าปัจจัยฤดูกาลของประเทศไทย

A modification of climate data to the seasonal factor (Zhang constant) of Thailand

*ธรรมณูญ เต็มไชย และ สว่างพงษ์ วรรณมณี

ศูนย์วิจัยและพัฒนานวัตกรรมการอุทยานแห่งชาติ จังหวัดเพชรบุรี, สำนักอุทยานแห่งชาติ, กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช

Thammanoon Temchai and Swangpong Wanmanee

National Parks Research Center (Petchburi)

National Parks Office, Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation

*Corresponding Author, Email: dhamma57@gmail.com

บทคัดย่อ : การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินค่าปัจจัยฤดูกาล ในบริเวณต่าง ๆ ของประเทศไทย โดยการหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลปริมาณน้ำฝนของ Fick and Hijmans (2017) และค่าปัจจัยฤดูกาล (seasonal factor หรือ Zhang constant) ที่ประยุกต์จากสมการของ Donohue *et al.* (2012) ด้วยข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีตรวจวัดอากาศทั่วประเทศ ผลการศึกษาพบว่าพื้นที่ประเทศไทยมีค่าปัจจัยฤดูกาลระหว่าง 1.8 - 12.5 โดยสามารถสร้างแผนที่ค่าคงที่ของฤดูกาลในภูมิภาคต่าง ๆ และในพื้นที่อนุรักษ์สำคัญทั่วประเทศเพื่อนำไปใช้งานต่อไปได้

คำสำคัญ : ค่าคงที่ของฤดูกาล ปริมาณน้ำท่า แบบจำลอง InVEST

ABSTRACT : This study aims to evaluate climate data to seasonal factor (Z-Constant) in various areas of Thailand by finding the relationship between rainfall data of Fick and Hijmans (2017) and seasonal factor (Zhang constant) which applied from the equation of Donohue *et al.* (2012) with rainfall data from Air Quality Monitoring Stations. The study found that the area of Thailand has seasonal factors between 1.8 – 12.5, which can create seasonal constant maps in different regions and in conservation areas in Thailand for further utilization.

Keywords: Seasonal Factor, Zhang - constant, InVEST model, Water yield

คำนำ

ปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่งสำหรับการคำนวณปริมาณน้ำท่า ด้วยแบบจำลองปริมาณน้ำท่า (water yield model) คือ ค่าคงที่ของฤดูกาล (Seasonal factor หรือ Zhang constant) ซึ่งเป็นค่าคงที่เชิงประจักษ์ที่บ่งบอกถึงรูปแบบและลักษณะทางกายภาพของน้ำในแต่ละพื้นที่ มีค่าเป็นตัวเลขตั้งแต่ 0 – 20 (sharp *et al.* 2016) โดยที่

$$Z = \frac{(\omega - 1.25)P}{AWC}$$

เมื่อ P คือ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี และ AWC คือ (Available Water Capacity) โดย

$$\omega = \frac{AWC \times N}{P}$$

การประมาณค่า Z ด้วยสมการดังกล่าว มีความยุ่งยากบางประการ Donohue *et al.* (2012) จึงได้ทำการศึกษาเงื่อนไขแห่งภูมิอากาศในประเทศออสเตรเลีย โดยกล่าวว่า ค่า Z สามารถประมาณโดยค่า $0.2 \times N$ เมื่อ N คือ จำนวนครั้งที่ฝนตกติดต่อกันอย่างน้อย 6 ชั่วโมง

ใน 1 ปี แต่การบันทึกข้อมูลปริมาณน้ำฝนในประเทศไทยเป็นการวัดข้อมูลทุกวัน (รอบ 24 ชั่วโมง) ดังนั้นจึงไม่อาจนำจำนวนวันที่มีเหตุการณ์ฝนตกมาใช้ในการประมาณค่าดังกล่าวได้โดยตรง

ธรรมบุญ และคณะ (2560) ได้ทำการประมาณค่า Z สำหรับการคำนวณปริมาณน้ำท่าในระบบนิเวศ โดยใช้จำนวนเหตุการณ์ที่มีฝนตกมากกว่า 24 มิลลิเมตรต่อวันแทนในค่า N ตามสมการของ Donohue *et al.* (2012) และพบว่าให้ผลการประมาณปริมาณน้ำท่าที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงได้มาก อย่างไรก็ตาม การใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีตรวจวัดอากาศ ซึ่งส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในพื้นที่ที่เป็นเมือง นำมาประมาณค่า Z สำหรับพื้นที่ที่มีสภาพป่าไม้ปกคลุมเป็นบริเวณกว้าง มีโอกาสให้ค่าที่ผิดพลาดได้ เนื่องจากปริมาณน้ำฝนย่อมแตกต่างกันตามสภาพปัจจัยแวดล้อม ในการศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งเน้นที่การประมาณค่า Z สำหรับพื้นที่อื่น ๆ ที่ไม่มีสถานีตรวจวัดอากาศ เช่น ตามพื้นที่อนุรักษ์ที่เป็นสภาพป่าปกคลุม เป็นต้น

วิธีการศึกษา

ในการศึกษานี้ได้ใช้วิธีการประมาณค่า Z ตามสมการของ Donohue *et al.* (2012) โดยใช้สมการ $Z = 0.2 \times N$ เมื่อกำหนดให้ N คือ จำนวนเหตุการณ์ฝนตกหนักในแต่ละปี ซึ่งเกณฑ์การพิจารณาปริมาณฝนตกหนักมาก หมายถึง มีปริมาณน้ำฝนมากกว่า 90 มิลลิเมตรต่อ 24 ชั่วโมง (สัญญา, 2555) และค่าเฉลี่ยฐานนิยมปริมาณน้ำฝนสูงสุด ในปี พ.ศ. 2560 ของสถานีตรวจวัดน้ำฝน ของกรมอุตุนิยมวิทยา 152 สถานีทั่วประเทศไทย นำมาหารด้วย 6 (ชั่วโมง) เป็นค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนรายวันต่ำสุด คือ 24 มิลลิเมตรต่อวัน นำมานับเป็นจำนวนครั้งที่ฝนตกติดต่อกันอย่างน้อย 6 ชั่วโมง

ค่า N ที่ได้นำมาใช้กับสมการของ Donohue *et al.* (2012) เป็นค่า Z ของแต่ละสถานี

นำค่า Z ของแต่ละสถานีนำมาหาความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี ระหว่าง ปี พ.ศ. 2513 - 2543 ของ Fick and Hijmans (2017) แล้วทำการประมวลผลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีตามข้อมูลดังกล่าวด้วยสมการความสัมพันธ์ เป็นค่า Z

ระยะเวลาทำการศึกษา

พฤศจิกายน 2560 - เมษายน 2561

สถานที่ทำการศึกษา

ประเทศไทย

ผลและวิจารณ์

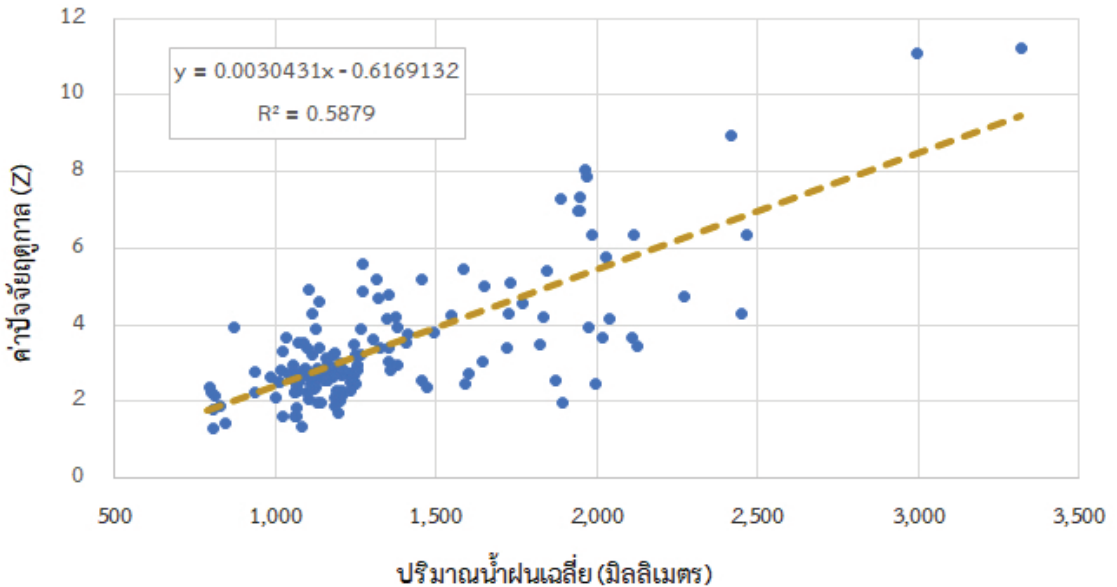
1. ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Z และปริมาณน้ำฝน

พบว่า ค่าปัจจัยฤดูกาลที่คำนวณด้วยสมการของ Donohue *et al.* (2012) โดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนของกรมอุตุนิยมวิทยา จำนวน 152 สถานี และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยระหว่างปี พ.ศ. 2513 - 2543 ของ Fick and Hijmans (2017) มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติที่ระดับ $R^2 = 58.79$ โดยมีสมการความสัมพันธ์แบบเส้นตรง (Linear regression) คือ

$$Z = 0.0030431P - 0.6169132$$

เมื่อ P คือ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี (มิลลิเมตร) สมการนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อหาค่า Z สำหรับพื้นที่เฉพาะที่ทราบปริมาณน้ำฝนในปีที่ทำการศึกษได้ด้วย



ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าปัจจัยฤดูกาลที่คำนวณด้วยสมการของ Donohue *et al.* (2012) โดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝน ของกรมอุตุนิยมวิทยา 152 สถานี และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยระหว่างปี พ.ศ. 2513 - 2543 ของ Fick and Hijmans (2017)

2. ค่าปัจจัยฤดูกาลของประเทศไทย

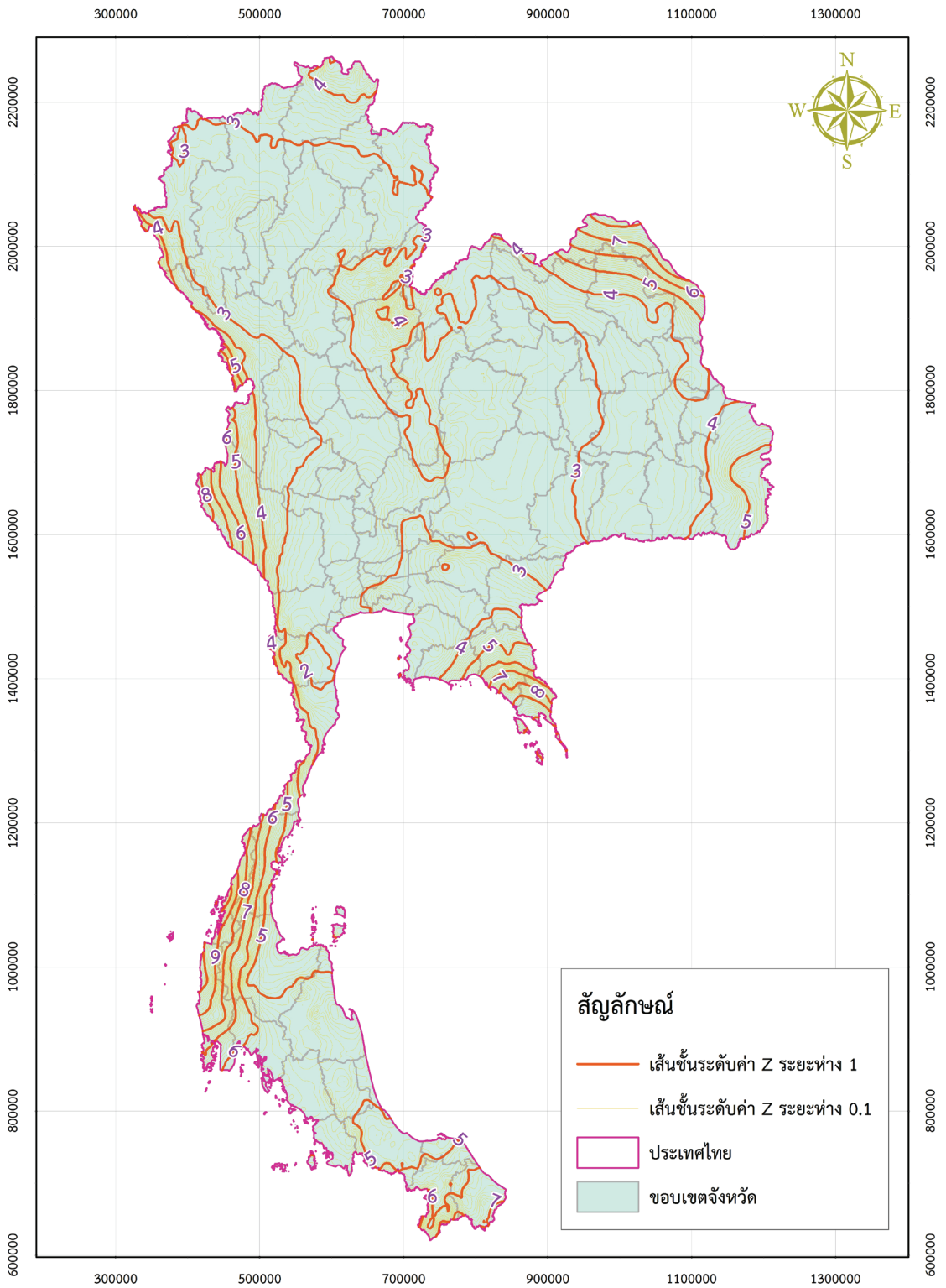
พบว่าค่าปัจจัยฤดูกาลของประเทศไทยมีค่าระหว่าง 1.8 (บริเวณจังหวัดเพชรบุรี) ถึง 12.5 (บริเวณเกาะในทะเลอ่าวไทย จังหวัดตราด และภาคใต้ฝั่งอันดามัน) แสดงดังภาพที่ 2

3. ค่าปัจจัยฤดูกาลสำหรับพื้นที่อนุรักษ์

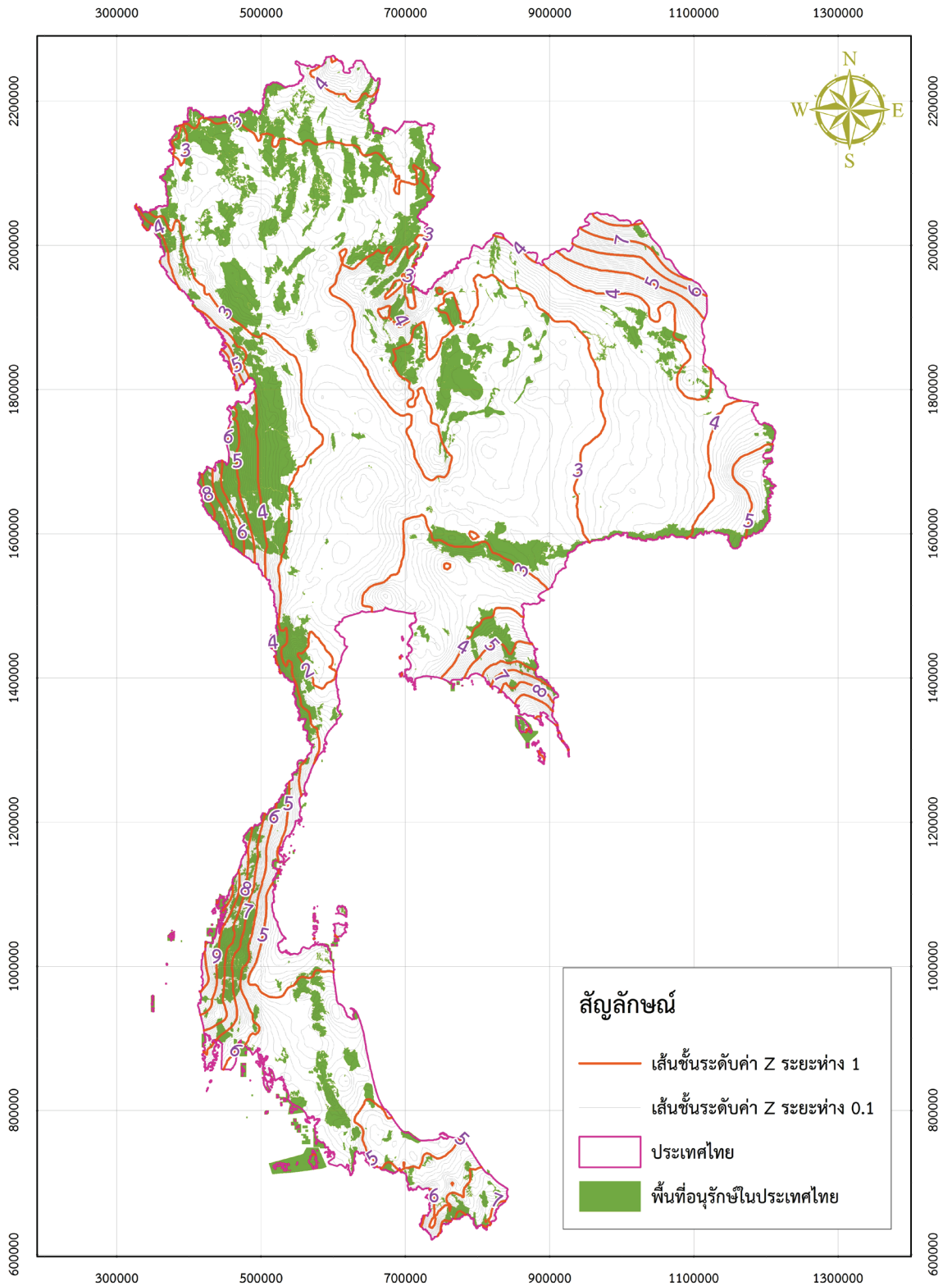
พบว่าค่าปัจจัยฤดูกาล (seasonal factor) ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติและเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าในประเทศไทยมีค่าที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับภูมิประเทศที่ตั้ง และความแตกต่างระหว่างค่าต่ำสุดและค่าสูงสุด

ของค่าปัจจัยฤดูกาลในแต่ละอุทยานแห่งชาติ และเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า แสดงในภาพที่ 3 ถึงภาพที่ 7 ตารางที่ 1 และตารางที่ 2

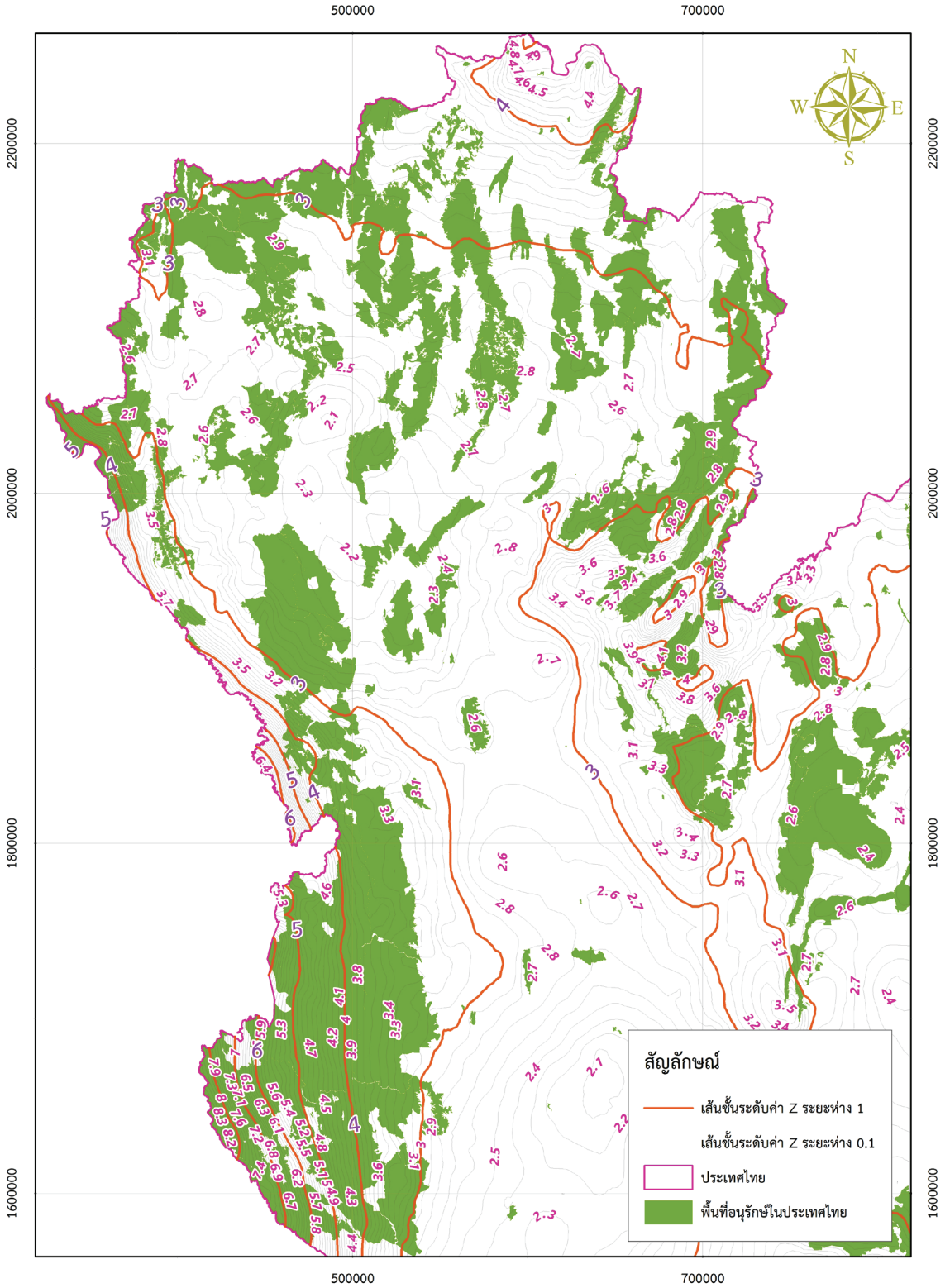
การประมาณค่า Z จากแผนที่และตารางดังกล่าวของแต่ละบริเวณเพื่อนำมาใช้ในแบบจำลองปริมาณน้ำท่า สามารถใช้ค่าเฉลี่ย หรืออาจตัดสินใจจากแผนที่ว่าค่าตัวเลขใดที่เป็นค่ากลางเป็นตัวแทนพื้นที่ได้มากที่สุด นอกจากนี้อาจใช้การปรับแก้ตัวเลขโดยการเทียบเคียงผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองและที่ได้จริงจากการตรวจวัดด้วย



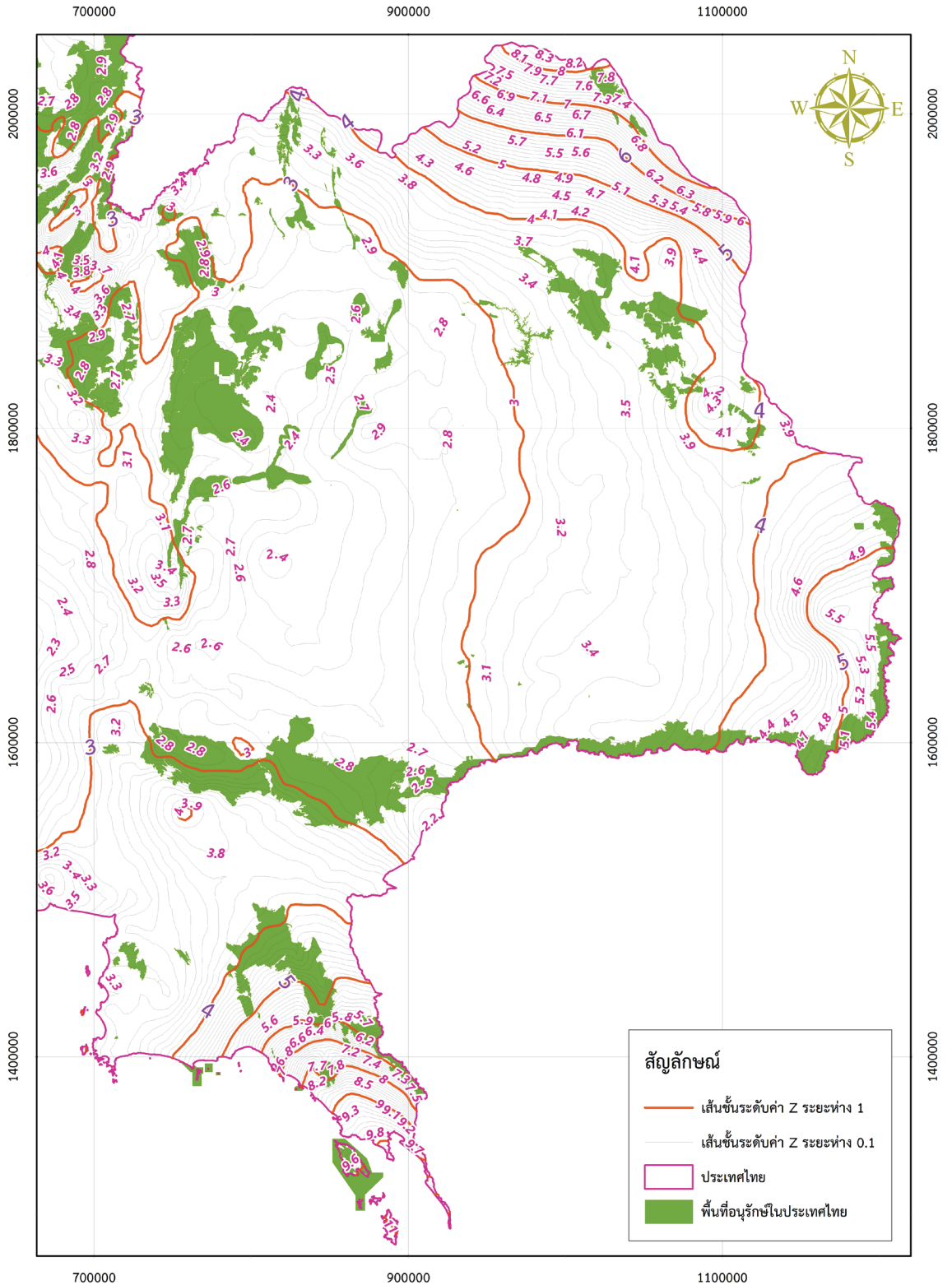
ภาพที่ 2 ค่าปัจจัยฤดูกาล (seasonal factor) ของประเทศไทย



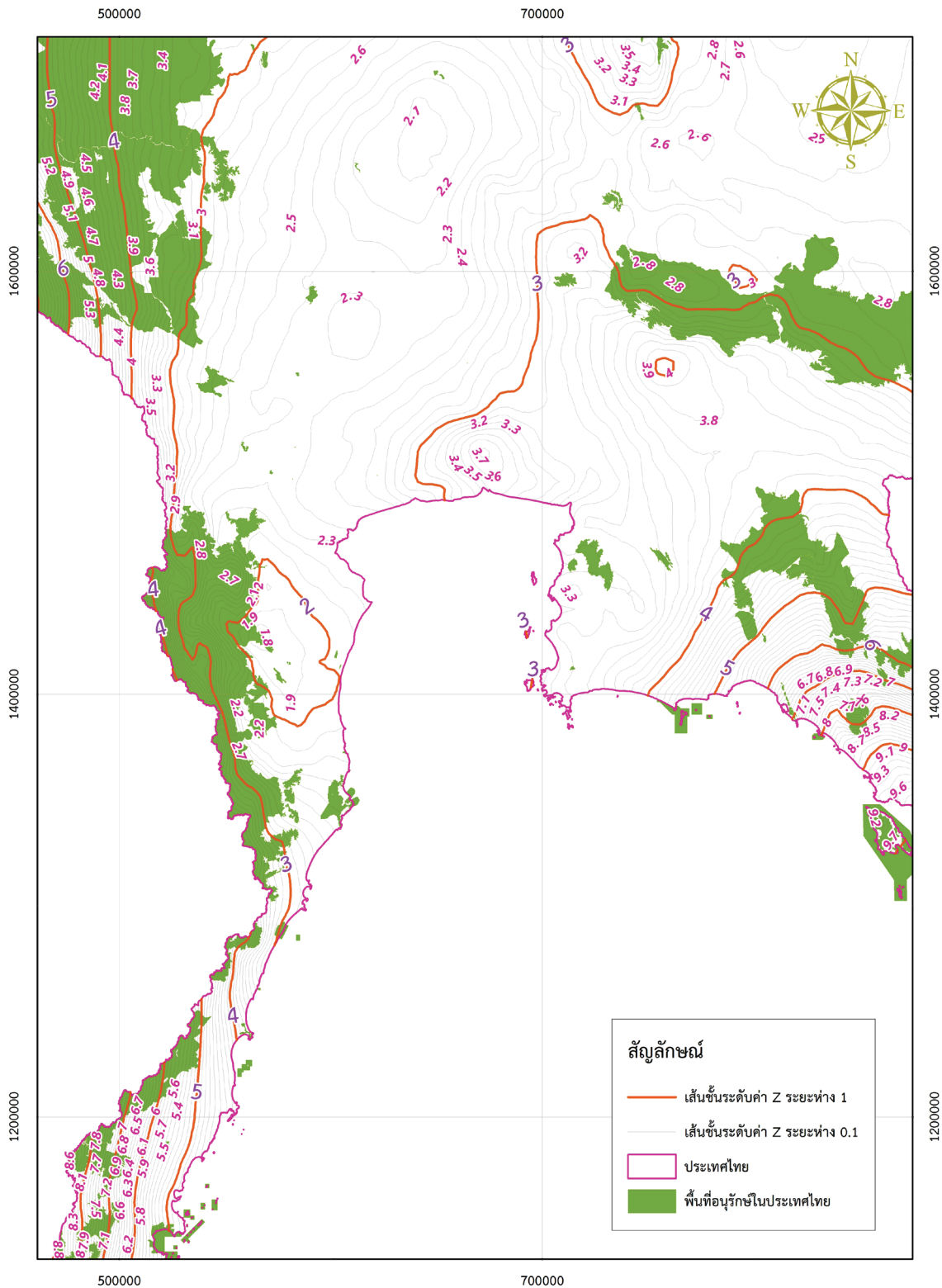
ภาพที่ 3 ค่าปัจจัยฤดูกาล (seasonal factor) ในพื้นที่อนุรักษ์ของประเทศไทย



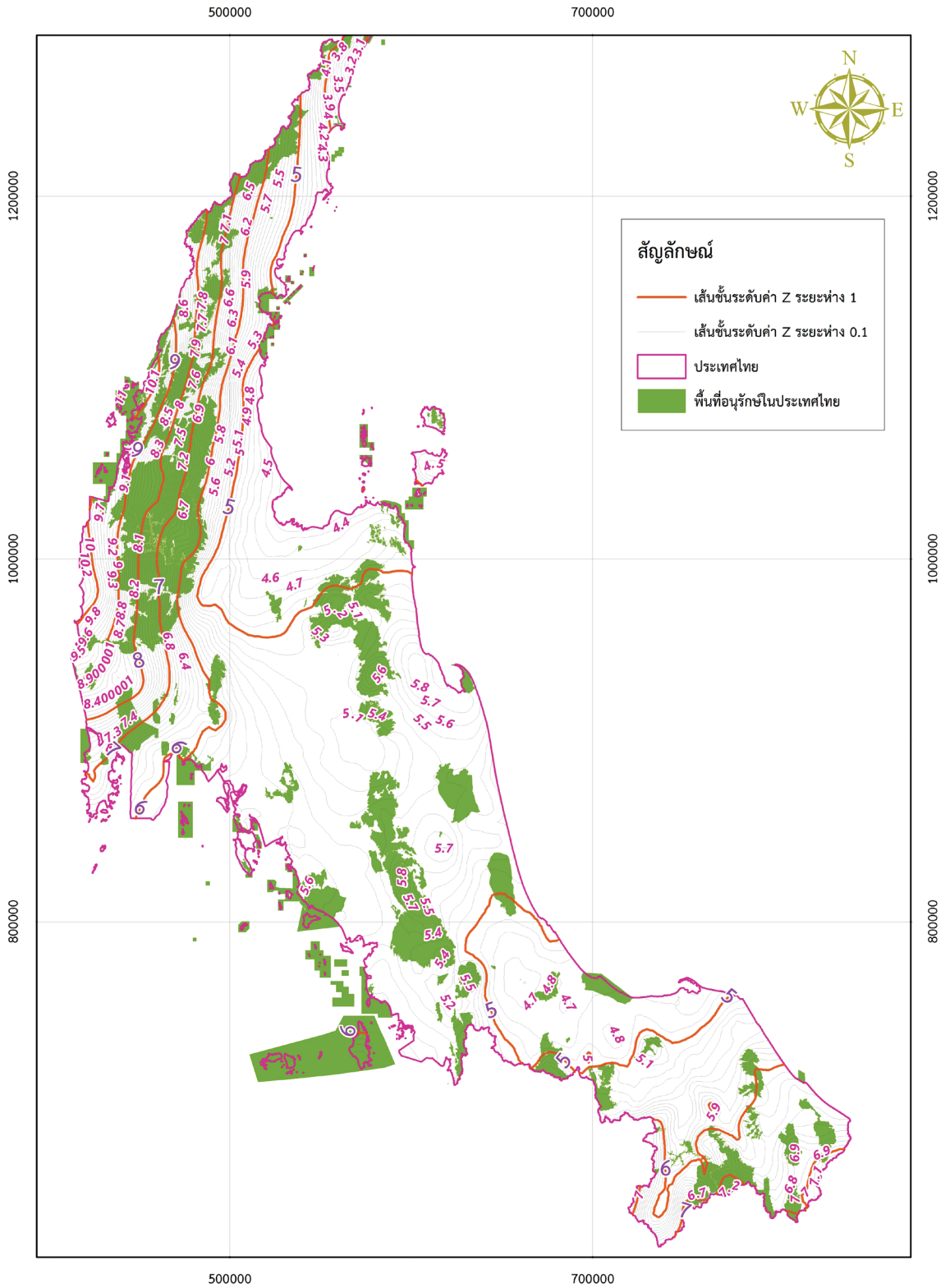
ภาพที่ 4 ค่าปัจจัยฤดูกาล (seasonal factor) ในพื้นที่อนุรักษ์ภาคเหนือของประเทศไทย



ภาพที่ 5 ค่าปัจจัยฤดูกาล (seasonal factor) ในพื้นที่อนุรักษ์ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคตะวันออกของประเทศไทย



ภาพที่ 6 ค่าปัจจัยฤดูกาล (seasonal factor) ในพื้นที่อนุรักษ์ภาคกลางของประเทศไทย



ภาพที่ 7 ค่าปัจจัยฤดูกาล (seasonal factor) ในพื้นที่อนุรักษ์ภาคใต้ของประเทศไทย

ตารางที่ 1 พื้นที่อนุรักษ์ประเภทอุทยานแห่งชาติและค่าปัจจัยฤดูกาล (seasonal factor)

อุทยานแห่งชาติ	seasonal factor		อุทยานแห่งชาติ	seasonal factor	
	ต่ำสุด	สูงสุด		ต่ำสุด	สูงสุด
กุยบุรี	2.3	3.8	เขาใหญ่	2.8	3.6
แก่งกระจาน	1.8	4.5	เขื่อนศรีนครินทร์	3.1	5.8
แก่งกรุง	5.9	7.4	คลองพนม	5.8	8.3
แก่งเจ็ดแคว	3.4	4.1	คลองลาน	3.3	3.4
แก่งตะนะ	5.4	5.5	คลองวังเจ้า	3.3	3.5
ขุนขาน	2.7	2.7	แจ้ซ็อน	2.8	2.8
ขุนแจ	2.9	2.9	เฉลิมพระเกียรติไทยประจัน	2.0	2.8
ขุนน้ำน่าน	3.1	3.2	เฉลิมรัตนโกสินทร์	3.2	3.4
ขุนพะวอ	3.1	4.6	ดอยขุนตาล	2.5	2.7
ขุนสถาน	2.6	3.0	ดอยจาง	2.2	2.3
เขลางค์บรรพต	2.6	2.8	ดอยผากลอง	2.7	2.8
เขาค้อ	2.7	2.9	ดอยผ้าห่มปก	3.2	3.5
เขาคิชฌกูฏ	5.5	6.4	ดอยภูคา	3.0	3.2
เขาชะเมา - เขาวง	4.4	5.2	ดอยภูนาง	2.7	2.8
เขานัน	5.0	5.5	ดอยเวียงผา	3.1	3.2
เขาน้ำค้าง	4.8	5.5	ดอยสุเทพ - ปุย	2.5	5.6
เขาปู่ - เขาย่า	5.2	5.6	ดอยหลวง	2.8	3.3
เขาพนมเบญจา	6.0	6.3	ดอยอินทนนท์	2.3	2.7
เขาพระวิหาร	4.3	4.6	ต้นสักใหญ่	2.8	3.7
เขาลำปี - หาดท้ายเหมือง	8.8	9.4	ตระรุเตา	5.8	6.3
เขาสก	5.2	8.9	ตากสินมหาราช	3.1	3.7
เขาสามร้อยยอด	2.3	2.5	ตาดโตน	2.4	2.5
เขาสิบห้าชั้น	4.4	4.8	ตาดหมอก	2.6	2.7
เขาหลวง	5.2	5.7	ตาพระยา	2.5	3.0
เขาหลัก - ลำรู่	8.0	9.6	ไต้ร่มเย็น	4.8	5.5
เขาแหลม	4.9	8.2	ถ้ำปลา - น้ำตกผาเสื่อ	3.0	3.1
เขาแหลมหญ้า - หมู่เกาะเสม็ด	4.2	5.2	ถ้ำผาไท	2.7	2.8

ตารางที่ 1 (ต่อ)

อุทยานแห่งชาติ	seasonal factor		อุทยานแห่งชาติ	seasonal factor	
	ต่ำสุด	สูงสุด		ต่ำสุด	สูงสุด
ถ้ำสะเกิน	3.2	3.3	บูโด - สุโขทัย	5.7	6.9
ทองผาภูมิ	6.2	8.6	ปางสีดา	2.7	3.3
ทะเลบัน	5.2	5.7	ป่าหินงาม	2.7	3.4
ทับลาน	2.6	3.3	ผาแดง	3.0	3.1
ทุ่งแสลงหลวง	2.7	3.5	ผาแต้ม	4.4	5.2
ไทรทอง	2.6	2.8	พุเตย	2.8	3.2
ไทรโยค	4.0	7.3	ภูกระดึง	2.6	2.7
ธารโบกขรณี	6.1	7.3	ภูเก้า - ภูพานคำ	2.6	2.7
ธารเสด็จ - เกาะพะงัน	4.3	4.3	ภูจอง - นายอย	4.8	5.7
นันทบุรี	2.7	3.6	ภูชี้ฟ้า	3.7	4.6
นาเยือง - น้ำโสม	3.1	4.0	ภูซาง	3.2	3.6
น้ำตกคลองแก้ว	5.9	7.7	ภูผาม่าน	2.5	2.6
น้ำตกเจ็ดสาวน้อย	2.9	2.9	ภูผายล	3.8	4.1
น้ำตกชาติตระการ	3.0	4.2	ภูผายา	2.8	3.3
น้ำตกซีโป	6.0	6.3	ภูผาเหล็ก	3.5	3.6
น้ำตกทรายขาว	5.1	5.4	ภูพาน	3.6	3.9
น้ำตกบัวตอง - น้ำพุเจ็ดสี	2.8	2.8	ภูเรือ	2.9	3.2
น้ำตกพลิว	7.5	8.5	ภูลังกา	6.9	7.3
น้ำตกพาเจริญ	3.3	6.1	ภูแลนคา	2.4	2.6
น้ำตกแม่สุรินทร์	2.8	3.1	ภูเวียง	2.4	2.5
น้ำตกโยง	5.2	5.4	ภูสระดอกบัว	4.0	4.3
น้ำตกสี่ขีด	4.8	5.1	ภูสวนทราย	2.9	3.3
น้ำตกหงาว	6.2	9.9	ภูสอยดาว	2.8	3.1
น้ำตกห้วยยาง	3.5	4.8	ภูหินร่องกล้า	2.7	3.6
น้ำพอง	2.6	2.8	แม่เฒ่า	3.0	3.5
น้ำหนาว	2.5	2.9	แม่จริม	2.9	3.0
บางกลาง	5.7	7.3	แม่ตะไคร้	2.5	2.8

ตารางที่ 1 (ต่อ)

อุทยานแห่งชาติ	seasonal factor		อุทยานแห่งชาติ	seasonal factor	
	ต่ำสุด	สูงสุด		ต่ำสุด	สูงสุด
แม่เฒ่า	2.5	2.6	สาละวิน	2.9	4.8
แม่ปิง	2.2	2.5	สิรินาถ	7.2	7.8
แม่ปืม	2.9	3.5	หมู่เกาะช้าง	9.0	10.6
แม่เมย	3.2	4.1	หมู่เกาะชุมพร	4.4	5.5
แม่ยม	2.7	2.7	หมู่เกาะเกตรา	5.5	5.8
แม่ยวมฝั่งซ้าย	2.7	3.5	หมู่เกาะระนอง	9.3	11.0
แม่วังก์	3.3	3.6	หมู่เกาะลันตา	5.6	5.6
แม่วะ	2.3	2.4	หมู่เกาะลิมิอัน	10.2	11.6
แม่วาง	2.2	2.5	หมู่เกาะสุรินทร์	11.8	12.5
ไม้กลายเป็นหิน	2.5	3.2	หมู่เกาะอ่างทอง	3.4	3.5
รามคำแหง	2.6	2.8	ห้วยน้ำดัง	2.8	3.0
ลานสาง	3.3	3.3	หาดขนอม - หมู่เกาะทะเลใต้	3.6	4.9
ลำคลองงู	4.1	5.8	หาดเจ้าไหม	5.6	5.6
ลำน้ำกก	3.3	3.6	หาดนพรัตน์ธารา - หมู่เกาะพีพี	5.7	6.0
ลำน้ำกระบุงรี	8.6	10.5	หาดวนกร	2.8	3.0
ลำน้ำน่าน	2.6	3.6	แหลมสน	9.4	10.3
เวียงโกศัย	2.3	2.6	ออบขาน	2.4	2.6
ศรีน่าน	2.7	3.0	ออบหลวง	2.3	2.5
ศรีพังงา	8.4	9.4	อ่าวพังงา	6.3	8.3
ศรีลานนา	2.8	3.0	อ่าวมะนาว - เขาดันหยง	6.1	6.2
ศรีสัชชนาลัย	2.3	2.4	อ่าวสยาม	3.8	4.1
สันกาลาคีรี	5.0	5.3	เอราวัณ	3.2	4.8

ตารางที่ 2 พื้นที่อนุรักษ์ประเภทเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าและค่าปัจจัยฤดูกาล (seasonal factor)

เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า	seasonal factor		เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า	seasonal factor	
	ต่ำสุด	สูงสุด		ต่ำสุด	สูงสุด
เขาเขียว - เขาชมพู	3.2	3.2	ผาผึ้ง	2.5	2.5
เขาบรรทัด	5.2	5.8	พนมดงรัก	3.8	4.2
เขาพระ - บางคราม	5.4	5.5	ภูเขี้ยว	2.4	2.5
เขาสนามเพรียง	3.1	3.2	ภูผาแดง	2.6	2.9
เขาสอยดาว	4.3	5.8	ภูว้	7.4	8.0
เขาอ่างฤาไน	3.8	4.6	ภูสีฐาน	3.7	3.8
คลองเรือห้วยเฉลิมพระเกียรติ	5.5	7.2	ภูหลวง	2.8	3.1
คลองนาคา	7.4	9.1	แม่จรม	2.8	3.3
คลองพระยา	5.6	6.1	แม่ตื่น	2.4	3.1
คลองยัน	6.2	8.1	แม่น้ำภาชี	2.3	3.5
คลองแสง	6.1	8.6	แม่ยวมฝั่งขวา	2.6	3.0
ควนแม่ยายหมอน	6.1	9.1	แม่เลา - แม่สะ	2.8	2.8
เฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพฯ	6.4	7.1	ยอดโดม	4.7	4.9
ซับลังกา	2.8	3.4	ลำน้ำน่านฝั่งขวา	2.7	3.0
ดงใหญ่	2.5	2.7	ลุ่มน้ำปาย	2.9	3.1
ดอยผาช้าง	2.8	3.1	เวียงล่อ	2.8	3.2
ดอยผาเมือง	2.3	2.6	สลักพระ	2.8	3.6
ดอยเวียงหล้า	2.6	2.8	สะเมิง	2.7	2.7
ดอยหลวง	2.7	2.7	สันปันแดน	3.0	3.0
ตะเบาะ - ห้วยใหญ่	2.6	2.8	สาละวิน	2.6	5.1
โตนงาช้าง	5.2	5.5	ห้วยขาแข้ง	3.1	3.9
โตนปริวรรต	6.9	8.4	ห้วยทับทัน - ห้วยสำราญ	3.1	3.6
ถ้ำเจ้าราม	2.3	2.4	ห้วยศาลา	3.7	3.8
ทุ่งระยะ-นาสัก	6.6	8.7	อมก๋อย	2.3	2.9
ทุ่งใหญ่นเรศวร	3.7	5.3	อุทยานเสด็จในกรมฯ (ด้านทิศใต้)	6.4	8.6
ทุ่งใหญ่นเรศวร	3.9	6.5	อุทยานเสด็จในกรมฯ (ด้านทิศเหนือ)	4.7	7.9
น้ำปาด	2.9	3.6	อัมผาง	3.5	6.2
บุณฑริก - ยอดโดม	5.4	5.8	ฮาลา - บาลา	5.9	7.5

สรุปและข้อเสนอแนะ

ค่าปัจจัยฤดูกาล (seasonal factor หรือ Zhang constant) มีผลต่อปริมาณน้ำท่าที่วิเคราะห์ด้วยแบบจำลองปริมาณน้ำท่า (water yield) ซึ่งข้อมูลในแผนที่และตารางที่นำเสนอในการศึกษานี้ เป็นทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยลดความยุ่งยากในการหาค่าดังกล่าว ผู้ใช้เพียงประมาณค่าจากแผนที่และตารางดังกล่าว โดยสามารถใช้ค่าเฉลี่ย หรือประมาณจากแผนที่ว่าค่าใดที่เป็นค่ากลางและเป็นตัวแทนพื้นที่ได้มากที่สุด

หรือหากทราบปริมาณน้ำฝนในปีที่ทำการศึกษาและต้องการประมาณค่า Z เฉพาะของปีนั้น ๆ ก็อาจใช้สมการความสัมพันธ์ที่นำเสนอในผลการศึกษาข้อ 1 ได้ เพราะค่า Z ของพื้นที่หนึ่ง ๆ ในแต่ละปีไม่จำเป็นต้องเท่ากันเสมอไป นอกจากนี้อาจใช้การปรับแก้ตัวเลขโดยการเทียบเคียงผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองและที่ได้จริงจากการตรวจวัดด้วย

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2561. ข้อมูลปริมาณน้ำฝนประเทศไทย

ธรรมณู เต็มไชย ทรงธรรม สุขสว่าง พันธุ์ทิพาใจแก้ว และ เพชรรัตน์ ดีแก้ว. 2560. **ทุนธรรมชาติสำหรับวางแผนการจัดการอุทยานแห่งชาติ: กรณีสร้างเขื่อนแม่วงก์.** ศูนย์วิจัยและพัฒนาวัตกรรมอุทยานแห่งชาติ จังหวัดเพชรบุรี, สำนักอุทยานแห่งชาติ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช.

สัญญา มั่นทางกูร. 2555. **ความรู้ด้านทรัพยากรน้ำ ที่นักจัดการลุ่มน้ำมีอาชีพควรรู้.** เอกสารประกอบการฝึกอบรมเจ้าหน้าที่สำนักงานทรัพยากรน้ำภาค 10 กรมทรัพยากรน้ำ. 55 หน้า. แหล่งที่มา: http://www.dwr.go.th/contents/files/article/article_th-20032013-133453-644145.pdf, 2 มกราคม 2560

Donohue, R. J., M. L. Roderick, and T.R. McVicar. 2012. Roots, storms and soil pores: Incorporating key ecohydrological processes into Budyko's hydrological model, *Journal of Hydrology*, 436-437, 35-50

Fick, S.E. and R.J. Hijmans. 2017. *Worldclim 2: New 1-km spatial resolution climate*

surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* source available : <http://worldclim.org/>

Sharp R., H.T. Tallis Ricketts, A.D. Guerry, S.A. Wood, R. Chaplin-Kramer, E. Nelson, D. Ennaanay, S. Wolny, N. Olwero, K. Vigerstol, D. Pennington, G. Mendoza, J. Aukeema, J. Foster, J. Forrest, D. Cameron, K. Arkema, E. Lonsdorf, C. Kennedy, G. Verutes, C.K. Kim, G. Guannel, M. Papenfus, J. Toft, M. Marsik, J. Bernhardt, R. Griffin, K. Glowinski, N. Chaumont, A. Perelman, M. Lacayo, L. Mandle, P. Hamel, A.L. Vogl, L. Rogers and Bierbower W. 2016. **InVEST 3.3.2 User's Guide.** The Natural Capital Project, Stanford University, University of Minnesota, The Nature Conservancy, and World Wildlife Fund.

Xu X., Liu W., Scanlon B., Zhang L. and Pan M. 2013. **Local and global factors controlling water-energy balances within the Budyko framework.** *GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS*, VOL. 40, 6123–6129, doi:10.1002/2013GL058324, 2013.