

Thesis Title Spatial Water Productivity for Irrigated Agricultural Systems in Chiang Mai Valley

Author Mr. Wattana Pattanathaworn

Degree Master of Science (Agriculture) Agricultural Systems

Thesis Advisory Committee

Lect. Dr. Methi Ekasingh	Chairperson
Assoc. Prof. Dr. Benchaphun Ekasingh	Member
Asst. Prof. Dr. Chanchai Sangchyoswat	Member

ABSTRACT

In any irrigation system, land and water management for high level of water productivity or net return per unit volume of water use is an important goal to achieve. The study aims to investigate on the spatial distribution of water productivity for irrigated agricultural systems in Chiang Mai - Lamphun valley. This task was carried out by employing a geographic information system (GIS) in order to 1) develop a geodatabase of land and water resources for water productivity assessment, 2) determine spatial variability of crop water requirement and water productivity and 3) develop a customized spatial modeling tools for assessing water productivity in the study area.

The geodatabase was designed by using the Unified Modeling Language (UML) to define its data structure of land and water resources and relationships between object classes. The core class of this geodatabase was land mapping unit (LMU), a homogeneous polygon land unit from which land use type, climatic, soil, irrigation, and economic data can be accessed for estimating water balance and water

productivity of LMUs, irrigation zones and irrigation projects. The components of irrigation layer were also designed to describe the irrigation project structure.

The customized tools were developed with a user interface in Thai and English language by using ArcObjects software components and Visual Basic programming to facilitate the analysis and displaying the results of water productivity assessment and their components in four large irrigation projects in the study area. These tools were developed as the extension modules of ArcMap in the ArcGIS system.

Spatial distribution of water requirement in the irrigation projects were estimated for each LMU following the FAO Penman-Monteith equation. The Mae Kuang irrigation project required highest amount of water supply expressed as m^3 due to its extent of the cultivated areas, followed by Mae Ping Kao, Mae Taeng, and Mae Feag-Mae Ngad irrigation project. However, in the dry season, Mae Kuang irrigation project required lowest quantity of irrigation water because most land was used for single crop of rice due to the unfilled reservoir at the time of this study. Although Mae Ping Kao irrigation project covered smallest irrigated areas but water requirement in the dry season was higher than other projects since longan was extensively planted, they covered about 75 percent of irrigated areas. The Mae Feag-Mae Ngad was another irrigation project that required relatively high yearly water requirement expressed in mm. because of its intensive cropping systems. Water requirement for agriculture was greatly reduced in the central zone of Mae Taeng irrigation project due to conversion of crop land to urban areas.

The results of this study suggest that water productivity on the annual basis of Mae Ping Kao was the highest ($3.87 \text{ baht}/m^3$) among four major irrigation projects, partly from high productivity of longan production and better irrigation efficiency, followed by Mae Kuang ($2.76 \text{ baht}/m^3$), Mae Taeng ($1.31 \text{ baht}/m^3$), and Mae Feag-Mae Ngad ($1.23 \text{ baht}/m^3$) irrigation projects. Relatively high water productivity in Mae Kuang irrigation project was also contributed by the net return from orchard particularly mango and longan. Relatively low water productivity in Mae Taeng irrigation project was caused by the unproductive vacant land in the middle part of the

project and low irrigation water efficiency. Although Mae Feag-Mae Ngad irrigation project generated higher net return from cropping activities than Mae Taeng irrigation project but during the study period the project overly supplied irrigation water hence reducing its water productivity.

The comparison of water productivity for rice growing areas in the rainy season among different irrigation projects suggested that Mae Kuang irrigation project had highest water productivity (2.50 baht/m³) followed by Mae Ping Kao (2.01 baht/m³) because of higher irrigation efficiency in both irrigation projects consequently low water consumption. Although Mae Taeng and Mae Feag-Mae Ngad irrigation projects generated higher average net return per area but irrigation water was over supplied resulting in water productivity of about 1.01 and 0.97 baht/m³. Water productivity assessment in rice cropping areas in the dry season revealed that most irrigation projects yielded higher water productivity than that of the rainy period as the consequence of increasing yield and net return, couple with effective water use. Water productivity for this condition in Mae Ping Kao, Mae Taeng, Mae Kuang, and Mae Feag-Mae Ngad irrigation projects were 2.31, 1.88, 1.66, and 1.03 baht/m³ respectively.

When comparing water productivity of longan cropping system across all irrigation projects, it was found that water productivity of Mae Ping Kao irrigation project was the highest (4.11 baht/m³) due to high irrigation efficiency and high crop productivity followed by Mae Kuang (2.16 baht/m³) Mae Taeng (1.56 baht/m³) and Mae Feag-Mae Ngad (1.33 baht/m³).

A simple scenario analysis can be achieved using a customized tool developed in this study. The tool facilitates the user to change some key factors such as land use pattern, water supply, production costs and prices, apart from water allocation strategies. These tools will be useful to develop a guideline for planning and improving the water productivity in irrigation project.

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ ผลผลิตภาพน้ำเชิงพื้นที่ของระบบเกษตรชลประทานในที่ราบลุ่มเชิงใหม่

ผู้เขียน นายวัฒนา พัฒนถาวร

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) เกษตรศาสตร์เชิงระบบ

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

อาจารย์ ดร. เมธี เอกะสิงห์	ประธานกรรมการ
รองศาสตราจารย์ ดร. เบญจพรรณ เอกะสิงห์	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชาญชัย แสงชโยสวัสดิ์	กรรมการ

บทคัดย่อ

การจัดการที่ดินและน้ำชลประทานเพื่อให้ได้ผลผลิตของน้ำหรือผลตอบแทนที่ได้รับจากปริมาณการใช้น้ำหนึ่งหน่วยในระดับสูง ถือเป็นเป้าหมายสำคัญของระบบชลประทานโดยทั่วไป การศึกษานี้มีจุดมุ่งหมายในการค้นคว้าหาการกระจายตัวของผลผลิตของการใช้น้ำในแต่ละพื้นที่ของระบบเกษตรในพื้นที่รับน้ำชลประทานในที่ราบลุ่มเชิงใหม่-ลำพูน เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าว จึงได้นำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาใช้ในการ 1) พัฒนาระบบฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ด้านทรัพยากรดินและน้ำ สำหรับการประเมินผลผลิตของน้ำ 2) ระบุความแตกต่างในแต่ละพื้นที่ด้านความต้องการน้ำและผลผลิตของน้ำ และ 3) พัฒนาเครื่องมือในการจำลองเชิงพื้นที่ สำหรับการประเมินผลผลิตของน้ำในพื้นที่ศึกษา

ฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศได้รับการออกแบบโดยใช้แผนภาพเชิงวัตถุ ในการกำหนดโครงสร้างของข้อมูลทรัพยากรดินและน้ำและความสัมพันธ์ระหว่างชั้นข้อมูลเชิงวัตถุ โดยหน่วยแผนที่ดินเป็นชั้นข้อมูลหลักที่ใช้ในการวิเคราะห์ ซึ่งอยู่ในลักษณะรูปเหลี่ยมปิดครอบคลุมพื้นที่ที่มีคุณลักษณะเหมือนกัน ได้แก่ ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน ระบบภูมิอากาศ ลักษณะดิน ระบบชลประทาน และ คุณสมบัติเชิงเศรษฐกิจของที่ดิน ที่ใช้ในการวิเคราะห์สมดุลของน้ำและผลผลิตของน้ำในแต่ละพื้นที่

เครื่องมือสำหรับการจำลองเชิงพื้นที่ที่ได้รับการพัฒนาให้มีหน้าตาต่างโต้ตอบสำหรับผู้ใช้งานที่เป็นภาษาไทยและภาษาอังกฤษ โดยอาศัยโปรแกรมย่อย ArcObjects และ ภาษา Visual Basic เป็นพื้นฐานในการพัฒนาให้สามารถวิเคราะห์และแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมินผลผลิตภาพของน้ำและองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องอื่นๆ สำหรับ 4 โครงการชลประทานที่มีขนาดใหญ่ภายในพื้นที่ศึกษา โดยเครื่องมือดังกล่าว สามารถเรียกใช้งานได้เช่นเดียวกับโปรแกรมย่อย ที่ใช้สำหรับเสริมการทำงานให้กับโปรแกรม ArcMap ในระบบ ArcGIS

ข้อมูลการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของความต้องการน้ำในพื้นที่โครงการชลประทาน ได้จากการประมาณค่าความต้องการน้ำของแต่ละหน่วยที่ดิน ตามสมการของ FAO Penman-Monteith ผลการประเมินพบว่า โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาแม่กวัง มีความต้องการปริมาณน้ำคิดเป็นลูกบาศก์เมตรสูงที่สุด เนื่องจากครอบคลุมพื้นที่เพาะปลูกที่กว้างขวางกว่าโครงการอื่นๆ ตามมาด้วยโครงการฯ แม่ปึงเกล้า โครงการฯ แม่แตงและโครงการฯ แม่แฝก-แม่จัด อย่างไรก็ตามในช่วงฤดูร้อนโครงการฯ แม่กวัง มีความต้องการปริมาณน้ำชลประทานต่ำที่สุด เนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่ทำการเพาะปลูกพืชเพียงครั้งเดียว ทั้งนี้มีสาเหตุจากปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำในช่วงเวลาที่ศึกษา ยังมีไม่เต็มความจุน้ำสูงสุดของเขื่อน ถึงแม้ว่าโครงการฯ แม่ปึงเกล้าจะครอบคลุมพื้นที่ส่งน้ำน้อยที่สุด แต่มีความต้องการน้ำในฤดูแล้งสูงกว่าโครงการฯ อื่นๆ ทั้งนี้เนื่องจาก พื้นที่ประมาณร้อยละ 75 ทำการเพาะปลูกลำไย ซึ่งมีความต้องการใช้น้ำมาก ส่วนโครงการฯ แม่แฝก-แม่จัด เป็นอีกโครงการหนึ่งที่มีความต้องการน้ำตลอดทั้งปีค่อนข้างสูง เมื่อคิดเป็นความสูงของน้ำซึ่งมีหน่วยเป็นมิลลิเมตร เพราะว่าภายในโครงการฯ พื้นที่ส่วนใหญ่มีระบบการเพาะปลูกพืชแบบเข้มข้น ความต้องการน้ำสำหรับการเกษตรได้ลดลงเป็นอย่างมากในพื้นที่ตอนกลางของโครงการฯ แม่แตง สืบเนื่องมาจากพื้นที่ส่วนใหญ่ได้ถูกเปลี่ยนจากพื้นที่เพาะปลูกพืชเป็นพื้นที่ชุมชนเมือง

จากผลของการศึกษาในครั้งนี้ พบว่า ผลผลิตภาพของน้ำทั้งปีของโครงการฯ แม่ปึงเกล้ามีค่าสูงที่สุดคือประมาณ 3.87 บาท/ลบ.ม. เมื่อเทียบระหว่าง 4 โครงการขนาดใหญ่ด้วยกัน ทั้งนี้เป็นผลจากการผลิตลำไยที่มีผลผลิตภาพสูง ตามมาด้วยโครงการฯ แม่กวัง (2.76 บาท/ลบ.ม.) โครงการฯ แม่แตง (1.31 บาท/ลบ.ม.) และโครงการฯ แม่แฝก-แม่จัด (1.23 บาท/ลบ.ม.) ทั้งนี้ผลผลิตภาพของน้ำในโครงการฯ แม่กวังที่สูง เนื่องด้วยผลตอบแทนที่ได้รับจากการเพาะปลูกไม้ผล โดยเฉพาะมะม่วงและลำไย ในหลายพื้นที่ ส่วนมูลค่าของผลผลิตภาพของน้ำที่ต่ำในโครงการฯ แม่แตง มีเหตุผลมาจากการที่มีพื้นที่ที่ไม่ได้ทำให้เกิดผลผลิตภาพในเชิงการเกษตร ทางตอนกลางของพื้นที่โครงการ และประสิทธิภาพการส่งน้ำของโครงการชลประทานที่ค่อนข้างต่ำ แม้ว่าโครงการฯ แม่แฝก-แม่จัด จะ

ได้รับผลตอบแทนสุทธิจากกิจกรรมการผลิตพืชที่สูงกว่าโครงการฯ แม่แตง แต่ในปีที่ทำการศึกษามีการส่งน้ำเกินความต้องการค่อนข้างมากทำให้ผลิตภาพของน้ำในพื้นที่โครงการฯ ลดลง

เมื่อเปรียบเทียบผลิตภาพของน้ำ ในพื้นที่ปลูกข้าวนาปี ระหว่างโครงการฯ ต่างๆ พบว่าโครงการฯ แม่แก้ว มีผลิตภาพของน้ำสูงสุด คือ 2.50 บาท/ลบ.ม. รองลงมาได้แก่ โครงการฯ แม่ปิงเก่า (2.01 บาท/ลบ.ม.) เนื่องจากทั้งสองโครงการฯ มีประสิทธิภาพชลประทานที่สูงกว่า ทำให้น้ำที่ใช้ในการผลิตข้าวนาปีทั้งหมดมีปริมาณน้อยกว่าโครงการอื่น ถึงแม้ว่าโครงการฯ แม่แตงและแม่แฝก-แม่จัด จะได้รับผลตอบแทนสุทธิเฉลี่ยต่อพื้นที่ที่สูงกว่าแต่มีปริมาณการใช้น้ำมาก ทำให้มีค่าผลิตภาพเท่ากับ 1.01 และ 0.97 บาท/ลบ.ม. ตามลำดับ ในการศึกษาพื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปีของแต่ละโครงการฯ ในพื้นที่ศึกษา พบว่า โครงการฯ ส่วนใหญ่มีผลิตภาพของน้ำสูงกว่าในช่วงฤดูฝน เนื่องมาจากผลผลิตและผลตอบแทนต่อพื้นที่ที่สูงขึ้นประกอบกับประสิทธิภาพในการส่งน้ำสูงกว่าในฤดูฝน พบว่า โครงการฯ แม่ปิงเก่า โครงการฯ แม่แตง โครงการฯ แม่แก้ว และโครงการฯ แม่แฝก-แม่จัด มีผลิตภาพของน้ำ ประมาณ 2.31, 1.88, 1.66 และ 1.03 บาท/ลบ.ม. ตามลำดับ

ผลการศึกษาเปรียบเทียบผลิตภาพของน้ำในพื้นที่ปลูกลำไย ระหว่างโครงการฯ ต่างๆ พบว่า ผลิตภาพของน้ำในโครงการฯ แม่ปิงเก่ามีค่าสูงที่สุด (4.11 บาท/ลบ.ม.) เนื่องจากมีประสิทธิภาพของระบบชลประทานและผลิตภาพของที่ดินในการผลิตลำไยสูง ลำดับรองลงมา คือโครงการฯ แม่แก้ว (2.16 บาท/ลบ.ม.) โครงการฯ แม่แตง (1.56 บาท/ลบ.ม.) และโครงการฯ แม่แฝก-แม่จัด (1.33 บาท/ลบ.ม.)

เครื่องมือที่ได้พัฒนาขึ้นนี้ สามารถใช้สำหรับการวิเคราะห์สถานการณ์การจำลองอย่างง่ายได้ โดยเครื่องมือจะอำนวยความสะดวกให้ผู้ใช้ สามารถเปลี่ยนแปลงปัจจัยหลักบางปัจจัย ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตภาพของน้ำ เช่น รูปแบบการใช้น้ำ ประโยชน์ที่ดิน ปริมาณการส่งน้ำ ต้นทุนการผลิต และราคาผลผลิต นอกจากนี้ยังสามารถจำลองผลของการปรับกลยุทธ์ในการจัดสรรน้ำ ทำให้เครื่องมือนี้จะมีประโยชน์สำหรับใช้เป็นแนวทางในการวางแผนและปรับปรุงผลิตภาพของน้ำในโครงการชลประทานต่อไป