จิกมิ เทนซิน : การวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าจากการละลายของหิมะและการประเมินผลกระทบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในลุ่มน้ำภูนานชางชูตอนบน ประเทศภูฏาน (SNOWMELT RUNOFF ANALYSIS AND IMPACT ASSESSMENT OF TEMPERATURE CHANGE IN THE UPPER PUNATSANG CHU BASIN) อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.สุวิทย์ อ๋องสมหวัง, 129 หน้า

การประเมินผลและติดตามการละลายของหิมะและธารน้ำแข็งในพื้นที่ของประเทศภูฏานสามารถดำเนินการได้ยากลำบาก เนื่องจากสภาพพื้นที่ไม่เอื้ออำนวยและสูงชัน ฉะนั้น การประยุกต์แบบจำลอง Snowmelt Runoff Model (SRM) และข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลจึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับการได้มาของสารสนเทศที่สมบูรณ์เพื่อใช้ปรับปรุงรูปแบบการจัดการและการตัดสินใจทางด้านทรัพยากรน้ำ วัตถุประสงค์หลักของการศึกษาคือ เพื่อประมาณปริมาณน้ำท่าในฤดูกาลหลอมละลายของหิมะและผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสมมุติต่อปริมาณน้ำท่า ในการนี้ ข้อมูลนำเข้าซึ่งประกอบด้วย คุณลักษณะของพื้นที่ลุ่มน้ำ ตัวแปร และพารามิเตอร์ต่างๆ จะถูกประมวลผลด้วยแบบจำลอง ในการประมวลผลจะปฏิบัติการแบบวนซ้ำโดยอาศัยกระบวนการการปรับเทียบและการทดสอบความสมเหตุสมผล พร้อมกับการประเมินความถูกต้องด้วยวิธีการวัดแบบมาตรฐาน (NSE, PBIAS และ $D_V$) ผลลัพธ์ที่ได้รับจะประกอบด้วย ปริมาณน้ำท่าและปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยพร้อมกับกราฟน้ำท่า (hydrograph) สำหรับฤดูการหลอมละลายของหิมะ (เดือนเมษายน –สิงหาคม) ของปี พ.ศ. 2548-2552 รวมทั้ง การตรวจสอบผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่มีต่อปริมาณน้ำท่าโดยอาศัยภาพเหตุการณ์สมมุติที่แตกต่างกันสามรูปแบบ คือ (1) เพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียส (2) เพิ่มขึ้น 2 องศาเซลเซียส และ (3) เพิ่มขึ้น 3 องศาเซลเซียส

ผลการศึกษา พบว่า ปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลองในปีอุทกศาสตร์ พ.ศ. 2548-2552 มีปริมาณเท่ากับ 5,713.29, 5,719.19, 5,750.92, 6,516.85 และ 5,400.42 ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และในประเมินความถูกต้องจากความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองกับปริมาณน้ำท่าที่ตรวจวัดได้ในแต่ปีอุทกศาสตร์ พ.ศ. 2548-2552 พบว่า พิสัยค่าความถูกต้องจากการวัดด้วย NSE มีค่าอยู่ระหว่าง 70 ถึง 91 เปอร์เซ็นต์ ค่าสัมบูรณ์ของ PBIAS มีค่าอยู่ระหว่าง 0.36 ถึง 3.04 เปอร์เซ็นต์ และค่า Dv มีค่าพิสัยอยู่ระหว่าง -3.09 ถึง 3.04 เปอร์เซ็นต์

จากกราฟน้ำท่าที่ได้รับ พบว่า แบบจำลอง SRM สามารถจำลองสถานการณ์ปริมาณการไหลของน้ำรายวันได้อย่างสมเหตุสมผล ซึ่งแสดงถึงความความสอดคล้องของปริมาณการไหลของน้ำรายวันที่ได้จากแบบจำลองและการตรวจวัดจริง ยกเว้นค่ายอดสูงสุดบางตำแหน่ง แต่อย่างไรก็ตาม พบว่า แบบจำลอง SRM มีข้อจำกัดในการจำลองสถานการณ์น้ำท่าสำหรับช่วงเวลาที่มีสภาพภูมิอากาศแบบผิดปกติ เช่น พายุหมุน พายุ และฝนตกหนัก ในกรณีศึกษาผลกระทบของการ

เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่อปริมาณน้ำท่า พบว่า การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ย 1 องศาเซลเซียส จะส่งผลทำให้ปริมาณน้ำท่าเพิ่มขึ้น 14.36 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ พบว่า พารามิเตอร์ที่มีความอ่อนไหวในการจำลองสถานการณ์น้ำท่าจากแบบจำลอง SRM ได้แก่ อัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ (temperature lapse rate, $\gamma$) และ ปัจจัยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิรายวันที่ส่งผลต่อการละลายหิมะ (degree day factor, $\alpha$)

จากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า ผลลัพธ์ที่ได้รับจากแบบจำลอง SRM ในพื้นที่ลุ่มน้ำมีความถูกต้องสูง และนับว่าเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสำหรับใช้จำลองสถานการณ์ปริมาณน้ำท่าจากการหลอมละลายของหิมะและการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่อปริมาณน้ำท่า ผลลัพธ์ที่ได้รับจากการศึกษาสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางสำหรับการจัดการทรัพยากรน้ำ การออกแบบระบบชลศาสตร์ และแผนบรรเทาภัยเพื่อแก้ไขผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชาการรับรู้จากระยะไกล ลายมือชื่อนักศึกษา_____

ปีการศึกษา 2557 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา_____

JIGME TENZIN : SNOWMELT RUNOFF ANALYSIS AND IMPACT ASSESSMENT OF TEMPERATURE CHANGE IN THE UPPER PUNATSANG CHU BASIN, BHUTAN. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. SUWIT ONGSOMWANG, Dr. rer. Nat. 129 PP.

SNOWMELT RUNOFF ANALYSIS / SRM MODEL / IMPACT OF TEMPERATURE CHANGE / PUNATSANG CHU BASIN / BHUTAN

In the area like Bhutan, accessing and monitoring of glacier and snow melt is difficult due to its unfriendly and rugged terrain, thus SRM modeling with remote sensing data offers the potential for furnishing information to improve water resources management and decision making. The main objective of the study is to estimate runoff during snowmelt period and impact of hypothetical temperature change on streamflow. Herewith input data include basin characteristic, variables and parameters to execute the model. The processes are routinely operated by calibration and validation process and accuracy assessment with standard measurement (NSE, PBIAS and $D_V$). The output include runoff volume and average runoff with hydrograph for a melting season (April- August) of year 2005-2009. Besides, the impact of temperature change on the streamflow are investigated using three different hypothetical scenarios: (1). T + 1˚C, (2) T + 2˚C and (3) T + 3˚C.

The simulated runoff volume were 5,713.29, 5,719.19, 5,750.92, 6,516.85 and 5,400.42 million $m^3$, respectively for hydrological year 2005-2009.The simulated discharge is then correlated with measured discharge for all hydrological years, it was

found that NSE ranging 70 – 91%, |PBIAS| ranging 0.36 to 3.04% and $D_v$: ranging -3.09 to 3.04%.

Based on hydrographs and NSE values, it has been observed that the SRM model has simulated the daily flows reasonably well showing generally a good agreement with the daily observed flows except few peaks. However, it was found that SRM model has limitation to model the period when there is occurrence of extreme weather condition like cyclone, storm and heavy rainfall. In case of impact of temperature change on the streamflow, it was observed that with increase in every 1˚C of average temperature, runoff increases by 14.36%. In addition, it was observed that temperature lapse rate ($\gamma$) and degree day factor ($\alpha$) are the most sensitive parameters of the SRM simulation.

In conclusion, the results achieved by SRM model for the basin display considerably good agreement and proved to be an efficient tool to simulate snowmelt runoff and study impact of temperature change on streamflow. The output can be used as guideline for water resources management, hydraulic system design and mitigation plan to combat climate change effect.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Remote Sensing Student's Signature_____

Academic Year 2014 Advisor's Signature_____