

Abstract

Project code: RSA5680038

Project title: Numerical simulation of shallow water flows with source terms

Investigator: Montri Maleewong, Department of Mathematics, Faculty of Science, Kasetsart University

Email address: montri.m@ku.ac.th, maleewong@gmail.com

Project period: 3 years, June 17, 2013 - June 16, 2016

Shallow water model is the set of hyperbolic partial differential equations that has very widely applications, for instance, tsunami wave propagation, flooding in both wet and dry area, open channel flow, or etc. The objectives of this research project are two folds: numerical method development, and the applications of this model to real life problem as well as in water wave theory.

To develop accurate and efficient numerical method, we study in both one and two dimensional problems. For problem in one dimension, we develop the method based on discontinuous Galerkin approach. We try to improve the consistency and accuracy of the numerical method by applying weighted average flux (WAF). Various test cases and applications have been shown in chapter 1. The results from one dimensional problem then become the solid background to extend our study in two dimensions. Details of these studies are shown in chapter 2 where we have develop an accurate and efficient finite volume method for solving the shallow water equations in two dimensions including bottom slope and frictions. The outcome is a computer program enabling us to apply the developed method to solve real life problem. We have tested our numerical scheme to solve great flood in 2011 of Chaopraya river basin, Thailand. The prediction and satellite image are in good agreement. This shows the accuracy and robustness of our scheme that can be applied to other problems, and we hope this would be some important basic knowledges in this research field that should save the budget to buy expensive software to do shallow water simulations in Thailand.

After we obtain the computer program of shallow water simulations, we apply the method to study in deep of shallow water flows over two obstacles. Main objective is to develop water wave theories for shock-shock interactions between the first and the second obstacle. We have found a new feature of contact discontinuities over the first obstacle, and the second obstacle always control flow criticality when the obstacle heights are equal. Full details are given in chapter 3, or published paper in 2015 of Journal of Fluid Mechanics.

The results of shallow water flows over two obstacles motivate us to study

further. One point of view is to study the same problem but different water wave model. So, we try to study by applying the force Korteweg de Vries (fKdV) model to investigate the interaction between weakly nonlinear dispersive and nonlinear terms over two obstacles. The flow is restricted only transcritical flows. Full details are given in chapter 4. It have shown the agreement and difference between the shallow water and the fKdV model. This study provides a big picture and theoretical results for connecting among water water theories.

Keywords: shallow water; open channel; flow; flood

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ RSA5680038

ชื่อโครงการ การจำลองเชิงตัวเลขของการไหลน้ำตื้นที่มีพจน์แรงต้านและความชันจากท้องน้ำ
นักวิจัย มนตรี มาลีวงศ์ ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Email address: montri.m@ku.ac.th, maleewong@gmail.com

ระยะเวลาโครงการ 3 ปี 17 มิ.ย. 56 ถึง 16 มิ.ย. 59

แบบจำลองการไหลของน้ำตื้นอยู่ในรูปของสมการเชิงอนุพันธ์ย่อยแบบไฮเพอร์บอลิกซึ่งมีบท
ประยุกต์มากมายหลายรูปแบบ เช่น ใช้ในการศึกษาการเคลื่อนที่ของคลื่นสึนามิ การจำลอง
ปัญหาการไหลในสภาพน้ำท่วมบนพื้นที่ที่มีน้ำและพื้นที่แห้ง หรืออาจใช้อธิบายปัญหาการไหล
ในช่องทางน้ำเปิดได้ เป็นต้น วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้มีสองส่วนหลักๆ คือ การพัฒนา
ระเบียบวิธีเชิงตัวเลขของสมการการไหลน้ำตื้นและการนำแบบจำลองเชิงตัวเลขที่ได้ไปประยุกต์
ใช้อธิบายปัญหาจริง รวมถึงการนำไปใช้ในการศึกษาทางด้านทฤษฎีคลื่นน้ำเพื่อหาผลเชิง
วิเคราะห์ใหม่

ในการที่จะพัฒนาระเบียบวิธีเชิงตัวเลขให้มีความถูกต้องและมีประสิทธิภาพนั้น เราจะ
ศึกษาและพัฒนาแก้ปัญหาทั้งในหนึ่งและสองมิติ โดยที่ในปัญหาแบบหนึ่งมิติเราจะพัฒนา
ระเบียบวิธีที่อยู่บนพื้นฐานของวิธีการเลอร์ดินแบบไม่ต่อเนื่อง เราจะปรับปรุงความสอดคล้อง
และความถูกต้องโดยใช้ระเบียบวิธีค่าเฉลี่ยน้ำหนักของฟลักซ์ร่วมด้วย จากนั้นจะนำระเบียบ
วิธีเชิงตัวเลขที่ได้พัฒนาขึ้นไปทดสอบกับปัญหาการไหลต่างๆ รายละเอียดและผลที่ได้
จากส่วนนี้จะแสดงไว้ในบทที่หนึ่ง จากนั้นเราจะขยายผลการศึกษาไปยังปัญหาการไหล
ในสองมิติซึ่งจะรวมปัจจัยของความชัน และความเสียดทานที่ท้องน้ำไว้ด้วยซึ่งจะมีรายละเอียด
แสดงไว้ในบทที่สอง ผลที่ได้จากการศึกษาในส่วนนี้จะทำให้เราได้โปรแกรมคอมพิวเตอร์
สำหรับใช้ในการศึกษาปัญหาจริงได้และเราได้ทดสอบโปรแกรมที่ได้กับการจำลองปัญหาน้ำท่วม
ใหญ่ในลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาที่เกิดขึ้นในปี 2554 พบว่าผลที่ได้จากการทำนายมีความใกล้เคียง
กับภาพถ่ายดาวเทียมในขณะนั้น ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความถูกต้องและการนำไปใช้ได้จริงของ
ระเบียบวิธีและโปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้น โดยหวังว่าผลที่ได้จากงานวิจัยนี้จะก่อให้เกิดองค์ความ
รู้พื้นฐานที่จำเป็นต่องานวิจัยในด้านนี้ และอาจจะช่วยลดการพึ่งพาโปรแกรมสำเร็จรูปราคาแพง
ที่จะใช้ในการศึกษาและจำลองการไหลน้ำตื้นในพื้นที่อื่นๆ ในประเทศไทย

หลังจากที่เราได้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ของการจำลองการไหลน้ำตื้นแล้ว เราได้นำ
ระเบียบวิธีที่ได้ไปใช้ศึกษาปัญหาการไหลทางทฤษฎีคลื่นน้ำ โดยได้ศึกษาปัญหาการไหลน้ำตื้น
ที่ผ่านสิ่งกีดขวางสองสิ่งกีดขวางที่ท้องน้ำ วัตถุประสงค์หลักคือเพื่อพัฒนาผลเชิงวิเคราะห์ที่ได้ในทาง
ทฤษฎีคลื่นน้ำของการชนกันระหว่างคลื่นกระแทกที่เกิดขึ้นจากสิ่งกีดขวางแรกและสิ่งกีดขวางที่
สอง ผลที่ได้คือเราทราบถึงองค์ความรู้ใหม่ของการเชื่อมต่อที่ไม่ต่อเนื่องของคำตอบบนสิ่งกีด
ขวางแรก และยังพบอีกว่าสิ่งกีดขวางที่สองจะเป็นตัวควบคุมการไหลในสภาพวิกฤตอยู่เสมอ
เมื่อความสูงของสิ่งกีดขวางทั้งสองมีค่าเท่ากัน รายละเอียดของการศึกษาในส่วนนี้จะอยู่ในบทที่
สาม และผลที่ได้ได้ถูกตีพิมพ์ในวารสารวิชาการในปี 2015

ผลที่ได้จากการศึกษาปัญหาการไหลน้ำตื้นผ่านสิ่งกีดขวางสองสิ่งได้กระตุ้นให้เกิดการศึกษาต่อโดยประเด็นที่ได้ศึกษาคือ เป็นปัญหาการไหลผ่านสิ่งกีดขวางเดิม แต่เปลี่ยนแบบจำลองที่ใช้อธิบาย โดยที่เราจะใช้แบบจำลองของเอฟเคดีวีเพื่อศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างการแพร่กระจายแบบไม่เชิงเส้นอย่างอ่อนกับความไม่เชิงเส้นที่เกิดขึ้นบนสิ่งกีดขวางทั้งสอง รายละเอียดของการศึกษาในส่วนนี้ได้แสดงไว้ในบทที่สี่ ซึ่งได้แสดงผลของทั้งความสอดคล้องและความแตกต่างระหว่างผลที่ได้จากแบบจำลองการไหลน้ำตื้นและแบบจำลองของเอฟเคดีวี ผลการศึกษาทั้งสองส่วนนี้ช่วยให้เราเห็นภาพของการสร้างทฤษฎี เข้าใจพฤติกรรมการไหลและเชื่อมโยงผลที่ได้ศึกษาต่างๆ ทางด้านทฤษฎีคลื่นน้ำ ได้ดียิ่งขึ้น

คำหลัก การไหล น้ำตื้น ระเบียบวิธีเชิงตัวเลข ช่องทางน้ำเปิด