بسم الله الرحمن الرحيم

هيدروليكا القنوات المائية المكشوفة

تأليف

VEN TE CHOW

ترجمة

د. عبد الرحمن بن علي العذبه

قسم الهندسة الزراعية- كلية علوم الأغذية والزراعة

جامعة الملك سعود

دار جامعة الملك سعود للنشر
KING SAUD UNIVERSITY PRESS

ص.ب ٦٨٩٥٣ - الرياض ١١٥٣٧ المملكة العربية السعودية

ح جامعة الملك سعود، ١٤٣٦هـ (٢٠١٥م)

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

تشاو، فين

هيدروليكا القنوات المائية المكشوفة/ فين تشاو؛ عبد الرحمن بن علي العذبه.- الرياض، ١٤٣٦هـ

٧٢٠ص؛ ٢١×٢٨سم

ردمك: ٤-٣٨٤-٥٠٧-٦٠٣-٩٧٨

١- علم المياه ٢- الهيدروليكا أ. العذبه، عبد الرحمن علي (مترجم) ب. العنوان

ديوي ٤٨, ٥٥١ ١٤٣٦/٤٩٣٨

رقم الإيداع: ١٤٣٦/٤٩٣٨

ردمك: ٤-٣٨٤-٥٠٧-٦٠٣-٩٧٨

هذه ترجمة عربية محكمة صادرة عن مركز الترجمة بالجامعة لكتاب:

Open –Channel Hydraulics
By: Ven Te Chow
© SAGE, 2010
وقد وافق المجلس العلمي على نشرها في اجتماعه الخامس للعام الدراسي ١٤٣٥/١٤٣٦هـ المعقود بتاريخ ١٠/١/١٤٣٦هـ الموافق ٣/١١/٢٠١٤م.

جميع حقوق النشر محفوظة. لا يسمح بإعادة نشر أي جزء من الكتاب بأي شكل وبأي وسيلة سواء كانت إلكترونية أو آلية بما في ذلك التصوير والتسجيل أو الإدخال في أي نظام حفظ معلومات أو استعادتها بدون الحصول على موافقة كتابية من دار جامعة الملك سعود للنشر.

دار جامعة الملك سعود للنشر
KING SAUD UNIVERSITY PRESS

إهداء

أهدي هذا العمل المتواضع

إلى والدي وزوجي وذريتي وعائلتي

وإلى كل طالب وطالبة وزميل وزميلة

وإلى كل مواطن ومواطنة

وإلى كل عربي وعربية ومسلم مسلمة

شكر وتقدير

يتقدم المترجم بجزيل الشكر وجميل العرفان لجامعة الملك سعود ttp://www.ksu.edu.sa، ممثلة في مركز الترجمة بالجامعة http://tc.ksu.edu.sa على دعمه وتمويله لترجمة هذا الكتاب القيم علمياً ومعرفياً.

كما يود المترجم التعبير عن خالص الشكر والتقدير للمهندس محمد سيد عبدالجيد المعيد بقسم الهندسة الزراعية http://ageng.ksu.edu.sa على جهوده المضنية والتي بذلها في تنسيق الكتاب ونسخه كتابةً على الحاسب الآلي وإخراجه بالصورة المشرفة، فله مني أجمل الثناء وأثمن العطايا.

المترجم

مقدمة المترجم

يعاني الوطن العربي من عجز في مصادره المائية لوقوعه ضمن المناطق الجافة وشبه الجافة، علاوة على الاستنزاف الجائر لمياهه المتاحة نتيجة الممارسات الخاطئة في تطبيقاته وغياب وسوء إدارته، أضف إلى ذلك السلب الذي يتعرض له هذا المصدر الحيوي أو جزء منه من بعض الدول المجاورة دون مراعاة القوانين الدولية أو حسن الجوار مما زاد من مشاكل شح المياه. لذا أصبح لزاماً علينا كأمة بكافة شرائحها الاجتماعية والمهنية العمل على ترشيد استخدام المياه في كافة المجالات الصناعية والبلدية والزراعية واتباع كافة الوسائل والتقنيات الحديثة لتحقيق هذه الغايات.

وبما أن العالم اليوم سريع التطور في كافة العلوم، خاصة في المجالات العلمية والهندسية النظرية والتطبيقية، فحاجتنا إلى نقل هذه العلوم وترجمتها إلى لغتنا العربية بسرعة تواكب سرعة تقدم العالم من حولنا أمر ضروري تتطلبه تداعيات كثيرة. ولقد أهتم العديد من الأساتذة الأكاديميين والباحثين بترجمة الكتب العلمية النظرية والتطبيقية ونقلها من لغاتها الأم إلى العربية إدراكاً منهم لأهمية إيصال المعرفة من مواردها، للاستفادة من خبرات الآخرين الذين استغلوا كافة الإمكانيات المتاحة في تطوير العلوم التطبيقية، خاصة الهندسية ذات العلاقة بمجال المياه، وذلك من أجل تطويع وتوطين التقنيات الحديثة بما يتلاءم مع بيئتنا المحلية.

وترجمة هذا الكتاب الذي يعد، إلى جانب كتاب هندرسون، أحد أفضل كتابين تم تأليفهما في مجال الهندسة الهيدروليكية، ما هو إلا ثمرة جهد متواضع يصب في أحد روافد المعرفة، ليساهم مع إنجازات الآخرين التي سبقته في توفير الأسس العلمية النظرية والتطبيقيات العملية الهندسية. ويحتوي هذا الكتاب معلومات علمية أساسية ترتبط بالهندسة المتخصصة في التصميم الهيدروليكي في أغلب أجزائه بالإضافة إلى تغطيته الجزئية للجوانب الهيدروليجية التي يحتاجها مهندس المياه.

وإذ اقدم هذا الكتاب المترجم للمكتبة العربية آمل أن يمثل إضافة مهمة في هذه المسيرة، وأسأل الله أن ينفع به الجميع.

المترجم

تمهيد

تطورت مشروعات المصادر المائية وأعمال الهندسة الهيدروليكية خلال السنوات الأخيرة على نحو متسارع في شتى أنحاء العالم. فعلم هيدروليكا القنوات المائية المكشوفة، وهو أحد جوانب التصميم الحيوية لكثير من المنشأت الهيدروليكية تقدم بقفزات ووثبات. وفيما يتعلق بالطلاب والمهندسين المهتمين بمجال الهندسة الهيدروليكية، فإن مثل هذه المعرفة القيّمة الجديدة يجب أن تكون متاحة في شكل كتاب مناسب. وبالتالي فليس من المثير للدهشة أن ظهرت بالفعل بعض الكتب الجديدة المتعلقة بهذا المجال. ولكن معظم هذه الكتب يتم عرضها في نطاق محدود وكلها مكتوبة بلغات أجنبية.[١] وباللغة الإنجليزية، هناك الكتابان المشهوران، اللذان قام بكتابتهما على التوالي Bakhmeteff وWoodward and Posey، واللذان تم نشرهما منذ عقدين من الزمان تقريباً.[٢]

ويقوم هذا الكتاب بتغطية واسعة للتطورات الحديثة، ولهذا فهو يعمل على تلبية الاحتياجات الحالية. وتم تصميمه ككتاب تدريس لكل من الطلبة الجامعيين والدراسات العليا وكذلك كمرجع للمهندسين الممارسين للهندسة. وهناك اهتمام خلال الكتاب بخصائص "إمكانية التدريس" و"إمكانية التطبيق العملي"، وتم القيام بمحاولات لعرض المادة العلمية لملء الفجوة التي من المعروف وجودها بوجه عام بين النظرية والتطبيق. ولتحقيق هذه الأهداف، فقد تم تجنب استخدام قوانين الرياضيات المتطورة عن عمد بقدر الإمكان، وتم كذلك تبسيط شرح النظريات الهيدروليكية إلى ما أمكن. وهناك عرض للأمثلة التوضيحية المستخدمة لشرح تطبيق

---

(١) مثلاً: Etienne Crausse، "هيدروليكا القنوات المكشوفة ذات التدفق المستقر"، طبعة إيرولي، باريس، ١٩٥١ وR. Silber، "دراسة ووصف التدفقات المستقرة في الترع والأنهار"، دونود، باريس، ١٩٥٤، وMartin Schmidt، "هيدروليكا القنوات المائية المكشوفة"، دار GMBH للكتب التقنية، برلين وفايزبادين، ١٩٥٧، وN. N. Pavlovskil، "القنوات المكشوفة وتعديلات مناسيب المياه"، في "الأعمال المجمعة"، الجزء ١، صفحة ٣٠٩-٥٤٣، أكاديمية العلوم بالاتحاد السوفيتي، موسكو ولينينجراد، ١٩٥٥، والطبعة الجديدة لكتاب M. D. Chertousov، "الهيدروليكيات"، ..... ، موسكو ولينينجراد، ١٩٥٧.

(٢) Boris A. Bakhmeteff، "هيدروليكا القنوات المكشوفة"، مؤسسة ماكجرو-هيل، نيويورك، ١٩٣٢، وSherman M. Woodward وChesley J. Psey، "هيدروليكا التدفق المستقر في القنوات المائية المكشوفة"، مؤسسة جون وايلي وأولاده، نيويورك، ١٩٤١.

النظريات، وعرض للمسائل العملية للتدريب. وعلاوة على هذا، هناك توضيح لنبذات تاريخية في الهوامش أسفل الصفحات لإشباع اهتمام القارئ، وتقديم وفرة من المراجع للمساعدة في القيام بدراسات أخرى مستقلة. وبعض المراجع، مع هذا، يمكن ألا تكون متاحة بسهولة للقارئ، ولكنها مذكورة لتغطية الجانب الأكاديمي والتاريخي.

وفي الأساس، يعد الكتاب نتاج خبرة المؤلف التي تصل إلى ٢٠ عاماً كطالب، ومعلم، ومهندس، وباحث، ومستشار في مجال الهندسة الهيدروليكية. وأعدت مسودة الكتاب للمرة الأولى في السنة الأكاديمية ١٩٥١-١٩٥٢ للاستخدام في التدريس لطلاب الهندسة المدنية، والزراعية، والميكانيكية وفي النظريات الميكانيكية وتطبيقاتها بجامعة إلينيوى. ومنذ ذلك الحين تم القيام بالعديد من المراجعات للكتاب. وفي البداية، تم إعداد مادة الكتاب فقط لطلاب الدراسات العليا. ونتيجة للاحتياج العام للكتاب في مجال تصميم المنشآت الهيدروليكية للطلاب الجامعيين، فقد تمت توسعة مادة الكتاب بحيث تشمل المزيد من المبادئ الأساسية وخطوات التصميم. وفي ذات الوقت، فقد تم حذف أغلب المعادلات الرياضية والنظريات المتقدمة أو استبدالها بمزيد من المناهج العملية باستخدام العمليات الرياضية التي لا يزيد مستواها عن الحساب.

ومن عام ١٩٥١ إلى عام ١٩٥٥، قام المؤلف بالعديد من الزيارات الخاصة لكثير من الوكالات والشركات الهندسية الرائدة بالولايات المتحدة لمناقشة المشاكل مع مهندسي هذه الوكالات والشركات. ونتيجة لهذا، تم جمع كم هائل من المعلومات المتعلقة بممارسات التصميم الهيدروليكي وتم دمجها في الكتاب. ولاحقاً، قام المؤلف بزيارة كثير من المعاهد والمختبرات الهيدروليكية في دول أخرى وتبادل المعلومات مع أعضاء فرق العمل بها. وفي عام ١٩٥٦ قام بزيارة إنجلترا، وفرنسا، وبلجيكا، وهولندا، وألمانيا، وإيطاليا، وسويسرا. وفي عام ١٩٥٨ قام بزيارة النمسا، وتركيا، والهند، واليابان، ومرة أخرى قام بزيارة إنجلترا، وفرنسا، وبلجيكا. والمعلومات التي تم الحصول عليها من هذه الدول ومن دول أخرى من خلال الاطلاع على المنشورات والمراسلات تم في النهاية إضافتها إلى المسودة النهائية من الكتاب كمواد تكميلية للممارسة الأمريكية.

وتم تنظيم الكتاب في خمسة أبواب- بالتحديد، المبادئ الرئيسية، والتدفق المنتظم، والتدفق المتغير تدريجياً، والتدفق المتغير سريعاً، والتدفق غير المستقر. وتغطي الأبواب الثلاثة الأولى المادة التي سيتم التعامل معها في الأحوال الطبيعية في مكرر تدريبي يعطى في فصل دراسي واحد حول هيدروليكا القنوات المائية المكشوفة. ولإعداد مقررٍ لفصل دراسي واحد حول تصميم المنشآت الهيدروليكية، سيكون الفصلان السابع والحادي عشر، والباب الرابع مصدراً لأغلب المادة العلمية اللازمة لتحقيق الغرض من التدريس، ويستخدم الباب الخامس الخاص بالتدفق غير المستقر إما للدراسات المتقدمة أو كمادة علمية تكميلية لمقرر الفصل الدراسي الواحد، بناءً إلى حد كبير على رؤية المدرس مع الرجوع إلى الزمن المتاح والاهتمام الذي يبديه الطلاب.

وفي الباب الأول الخاص بالمبادئ الأساسية، يصنف نوع التدفق المار في القنوات المائية المكشوفة تبعاً للتغير في معاملات التدفق نسبة إلى الزمان والمكان. وللتبسيط، يستخدم عمق التدفق كمعامل التدفق في التصنيف. وتصنف حالة التدفق تبعاً لمدى ثوابت التدفق للزوجة والجاذبية، وثوابت التدفق المستخدمة هي رقم رينولد ورقم فرود. وحيث إن تأثير التوتر السطحي للمياه ليس له مغزى كبير في غالبية المسائل الهندسية، فإن رقم فيبر كأحد ثوابت التدفق لم يتم عرضه. وفي الحقيقة، يمكن تصنيف حالة التدفق أكثر نسبة إلى ثباته تبعاً لرقم فيدرنيكوف أو لمعايير مناسبة أخرى. ولكن، مثل هذه المعايير لم يتم تقريرها بشكل جيد في الممارسة الهندسة، وبالتالي سيرد ذكرها على نحو موجز فقط في الفصل الثامن.

وهناك أربع معاملات يتم تقديمها وهي تمثل توزيع السرعة والضغط، وعلى وجه التحديد، يتم تقديم معامل الطاقة عبر الكتاب، ويتم في العادة إهمال هذا المعامل في أغلب الكتب التي تدور حَول الهيدروليكا. وفي التطبيقات العملية، يكون تأثير معامل الطاقة على الحسابات ومن ثم على التصاميم كبيراً جداً، وبالتالي لا يجب أن نتغاضى عنه، حتى بالرغم من أن قيمة المعامل يمكن ألا يتم حسابها على نحو دقيق على الدوام.

وتعمل مبادئ الطاقة وكمية الحركة على تكوين الأساس لتفسير معظم الظواهر الهيدروليكية، وهناك معالجة شاملة لاثنين من هذه المبادئ مقدمة في الفصل الثالث. وحيث إن الغرض من الكتاب هو أن يستخدمه المهندسون الممارسون، فإن معالجة المسألة تكون في أغلب الحالات قائمة على التدفق أحادي البعد أو ثنائي الأبعاد.

وفي الباب الثاني الذي يدور عن التدفق المنتظم، تم تقديم العديد من معادلات التدفق المنتظم، وبالرغم من الكثير من الاقتراحات الجديدة للمعادلات التي لها خلفية نظرية، فإن معادلة ماننق لا تزال تحتل موقعها الذي لا يتزعزع على قمة مجال التطبيقات العملية، وبالتالي تستخدم هذه المعادلة بشكل مكثف عبر الكتاب. ومع ذلك، تستخدم معادلة تشيزي بين الحين والآخر لمسائل محددة بشكل خاص.

ويغطي تصميم التدفق المنتظم القنوات المائية غير القابلة للانجراف، والقابلة للانجراف، والمعشبة. ويمكن بوجه عام تصنيف القنوات المائية القابلة للانجراف إلى ثلاثة أنواع: القنوات المائية التي تتآكل ولكنها لا تنجرف، والقنوات المائية التي تنجرف ولكنها لا تتآكل، والقنوات المائية التي تتآكل وتنجرف تزامنياً، ومن الضروري في القنوات المائية التي تندرج تحت النوعين الثاني والثالث أن تقوم المياه بحمل الرواسب. وكما سيتم ذكره لاحقاً، يعد نقل الرواسب هو الموضوع السائد في هيدروليكا الأنهار، وبالتالي، فإن القنوات المائية التي تنتمي للنوع الأول، والتي تحمل مياه نظيفة نسبياً في الظروف المستقرة، هي التي سيتم معالجتها فقط في هذا الكتاب.

وفي الباب الثالث الذي عن التدفق تدريجي التغير، سيتم مناقشة العديد من الطرق المستخدمة لحساب شكل التدفق. وهناك طريقة جديدة للتكامل المباشر يتم تقديمها وهي تتطلب استخدام جدول دالة التدفق المتغير

الذي تم إعداده للمرة الأولى من قبل البروفيسور Boris A. Bakhmeteff في عام ١٩١٢.[٣] وتم عرض الجدول في الملحق "د" من هذا الكتاب كامتداد للجدول الذي يبلغ تقريباً ثلاثة أضعاف حجمه في الأصل. وهذا الجدول الممتد والجدول المعطى لقيم الميل السالبة تم إعداده في أثناء العام ١٩٥٢ إلى العام ١٩٥٤ من قِبَل المؤلف لأغراض التدريس بجامعة إلينوي.[٤] ولحساب شكل التدفق في القنوات الدائرية، يتم أيضاً عرض جدول دالة التدفق المتغير في الملحق "هـ".

إن طريقة النقاط الفردية تعد أداة قوية لتحليل شكل التدفق. وحيث إن هذه الطريقة تتطلب استخدام قوانين الرياضيات المتطورة، فقد تم وصفها بشكل موجز فقط في الفصل التاسع بغرض إثارة مزيد من الاهتمام بالدراسة النظرية لمسائل التدفق.

وفي الباب الرابع للتدفق المتغير سريعاً، يتم إلى حد كبير تدعيم معالجة المسائل عن طريق البيانات التجريبية، لأن هذا النوع من التدفق معقد للغاية بحيث إن التحليل النظري المجرد في معظم الحالات لن يؤدي إلى بيانات كافية تحقق غرض التصميم العملي. فاستخدام طريقة صافي التدفق وطريقة الخصائص مذكورة ولكن بدون تفاصيل، لأن الطريقة الأولى شائعة ويمكن إيجادها في أغلب الكتب الهيدروليكية، في حين أن الطريقة الثانية تتطلب معرفة قوانين الرياضيات المتطورة التي تقع خارج نطاق هذا الكتاب.

وفي الباب الخامس للتدفق غير المستقر، يتم تقديم معالجة عامة ولكنها عملية، ولابد من معرفة أن هذا النوع من التدفق يقع تحت الموضوعات عالية التخصص.[٥] ومعرفة قوانين الرياضيات المتطورة سيكون مطلوباً إذا ما تم عرض معالجة شاملة لهذا الموضوع.

ويجدر ملاحظة أن مادة موضوع هذا الكتاب تنصب في الأساس على تدفق المياه في القنوات المائية التي تحتوي المياه فيها على القليل من المواد الغريبة، ونتيجة لهذا، فإن المسائل المرتبطة بانتقال الرواسب وحمل الهواء لن يتم مناقشتها بالكامل. وخلال السنوات الأخيرة، أصبح انتقال الرواسب في القنوات المائية موضوعاً موسعاً يتم

---

(٣) Boris A. Bakhmeteff، "التدفق المتغير في القنوات المائية المكشوفة"، سانت بطرسبورج، روسيا، ١٩١٢.

(٤) Ven Te Chow، تكامل معادلة التدفق المتغير تدريجياً، البحث رقم ٨٣٨، الإجراءات، الجمعية الأمريكية للهندسة المدنية، الجزء ٨١، صفحة ١-٣٢، نوفمبر، ١٩٥٥. المناقشة الختامية التى قام بها المؤلف في جريدة قسم الهيدروليكا، الجزء ٨٣، العدد HY1، البحث رقم ١١٧٧، صفحة ٩-٢٢، فبراير، ١٩٥٧.

(٥) من المراجع الخاصة لهذا الموضوع: J. J. StokerK، "الموجات المائية"، الجزء ٤ من "الرياضيات البحتة والتطبيقية"، Inter-science Publishers، نيويورك، ١٩٥٧، وV. A. Arkhangelskii، "حساب التدفق غير المستقر في القنوات المائية المكشوفة"، أكاديمية العلوم، الاتحاد السوفيتي، ١٩٤٧، وS. A. Khristianovich، "الحركة غير المستقرة في القنوات المائية والأنهار"، في "المعالادت العديدة لرياضيات الوسط المستمر"، أكاديمية العلوم، الاتحاد السوفيتي، ١٩٣٨، صفحة ١٣-١٥٤.

تغطيته بوجه عام في دراسة هيدروليكا الأنهار، والتي يتم في الغالب معالجتها بشكل مستقل.[٦] وبالمثل، يكون التدفق الانتقالي عرضة لتأثير موجات المد وهو ما يمثل موضوعاً خاصاً في المجالات متسارعة التطور للهيدروليكا المدية والهندسة الساحلية وبالتالي فهو يقع خارج نطاق هذا الكتاب.

وفي العلم الذي وصل إلى مرحلة غاية في التقدم، فإن جُزءًا كبيراً من الكتاب يعد بالضرورة واحدةً من محاولات التنسيق بين الإسهامات الموجودة. ومن خلال الكتاب، حاول المؤلف ذكر امتنانه لمصدر المادة المستخدمة، وأي إخفاق في ذلك فهو غير متعمد.

وخلال إعداد هذا الكتاب، قام الكثير من المهندسين والإداريين في كثير من الوكالات الهندسية بحماس بتقديم سيل من المعلومات وقدموا الكثير من التعاون، ويشعر المؤلف بأنه مدين بشكل خاص للعاملين في مصلحة الاستصلاح الأمريكية، ومؤسسة المساحة الجيولوجية الأمريكية، والهيئة الأمريكية لخدمة المحافظة على التربة، والهيئة الأمريكية لخدمة الأبحاث الزراعية، ومحطة تجارب مسارات المياه الهندسية بالجيش الأمريكي، ومصلحة الأحوال الجوية الأمريكية، وإدارة الطرق العامة الأمريكية، وهيئة وادي تينيسي. وأيضاً، قام الكثير من الأصدقاء والزملاء متفضلين بتقديم المعلومات وقدموا اقتراحاتهم بسخاء. وبشكل خاص، يود المؤلف أن يتقدم بالشكر إلى الدكتور هانتر راوز، أستاذ ميكانيكا الموائع ومدير معهد أيوا للأبحاث الهيدروليكية، جامعة ولاية أيوا، والدكتور أرثر ت. إيبين، أستاذ الهيدروليكا ومدير مختبر الهيدروديناميكا، معهد ماستشوستس للتكنولوجيا، والدكتور جيوليو دي مارشي، أستاذ الهيدروليكا ومدير المختبر الهيدروليكي، معهد الهيدروليكا والإنشاءات الهيدروليكية، معهد ميلان للعلوم التطبيقية، بإيطاليا، والدكتور رومان ر. تشوجيف، أستاذ ورئيس قسم الإنشاءات الهيدروليكية، معهد الأبحاث العلمية للهندسة الهيدروليكية، معهد لينينجراد للعلوام التطبيقية، بالاتحاد السوفيتي، والسيد بيري دانيل، الجمعية العامة لدراسات الهيدروليكا التطبيقية، بفرنسا، رئيس المعهد الدولي للأبحاث الهيدروليكية، والدكتور تشارلز جايجر، المحاضر المتخصص في الكلية الملكية للعلوم والتكنولوجيا، جامعة لندن، والمهندس الاستشاري لشركة الكهرباء الانجليزية، المحدودة، بانجلترا، والبروفيسور ل. ج. تيسون، مدير المعهد الهيدروليكي، جامعة جنت، ببلجيكا، والدكتور توجيرو إيشيهارا، أستاذ الهيدروليكا وعميد كلية الهندسة، جامعة كويوتو، باليابان، والدكتور أوتو كيرشمر، أستاذ الهيدروليكا والإنشاءات الهيدروليكية، معهد دارمشتات التقني، بألمانيا.

---

(٦) من المراجع الخاصة التى تتعلق بموضوع هيدروليكا الأنهار: Serge Leliavsky، "مقدمة إلى الهيدروليكا النهريـة"، Constable and Co., ltd، لندن، ١٩٥٥، وT. Blench، "السلوك النظامي للترع والأنهار"، Butterworth & Co (Publishers) Ltd، لندن، ١٩٥٧.

ولابد من تقديم الشكر والامتنان لكل من الدكتور ناثان نيومارك، أستاذ ورئيس قسم الهندسة المدنية، جامعة إلينوي، لتشجيعه ودعمه غير المتواني لهذا المشروع، والدكتور جيمس م. روبرتسون، أستاذ الميكانيكا النظرية والتطبيقية، جامعة إلينوي، لمراجعته وتعليقاته التي أبداها حول الفصل الثامن عن المفاهيم النظرية، والدكتور ستبونتس كولوبال، أستاذ الهندسة المدنية، جامعة نوتردام، لقراءته لمخطوط الكتاب بأكمله وتقديم اقتراحاته التي لا تُقدر بثمن. وقد ساعد الدكتور كولوبال أيضاً في شرح وجمع المعلومات من المراجع الهيدروليكية التي تمت كتابتها باللغة الروسية، والبولندية، والليتوانية، والعديد من اللغات الأخرى التي لا علم لمؤلف الكتاب بها. ويود المؤلف أيضاً أن يعبر عن عظيم امتنانه لهؤلاء الذي أظهروا على الدوام اهتماماً حقيقياً بعمله، حيث دعم هذا الاهتمام الحماسة القوية لدى المؤلف نحو إتمام هذا الكتاب.

فين تي تشو

المحتويات

إهداء ..... هـ
تمهيدة ..... ز
شكر وتقدير ..... س
مقدمة المترجم ..... ف
المحتويات ..... ق
الباب الأول: المبادئ الأساسية ١
الفصل الأول: التدفق في القنوات المائية المكشوفة وخصائصه ٣
(١,١) الوصف ٣
(١,٢) أنواع التدفق ٥
(١,٣) حالة التدفق ٧
(١,٤) نظم التدفق ١٥
الفصل الثاني: القنوات المائية المكشوفة وخواصها ٢١
(٢,١) أنواع القنوات المائية المكشوفة ٢١
(٢,٢) الأبعاد الهندسية للقنوات المائية ٢٢
(٢,٣) عناصر الأبعاد الهندسية لمقطع القناة المائية ٢٥
(٢,٤) توزيع السرعة في مقطع القناة المائية ٢٧
(٢,٥) القناة المائية المكشوفة العريضة ٢٩
(٢,٦) قياس السرعة ٣٠
(٢,٧) معاملات توزيع السرعة ٣٠
(٢,٨) حساب معاملات توزيع السرعة ٣٢
(٢,٩) توزيع الضغط في مقطع القنوات المائية ٣٣
(٢,١٠) تأثير الميل على توزيع الضغط ٣٦
الفصل الثالث: مبادئ الطاقة وكمية الحركة ٤٣
(٣,١) الطاقة في تدفق القنوات المائية المكشوفة ٤٣

(٣,٢) الطاقة النوعية ٤٥
(٣,٣) معيار الحالة الحرجة للتدفق ٤٦
(٣,٤) تفسير الظواهر الموضعية ٤٧
(٣,٥) الطاقة في القنوات المائية غير المنشورية ٥٠
(٣,٦) كمية الحركة في تدفق القنوات المائية المكشوفة ٥٤
(٣,٧) القوة النوعية ٥٩
(٣,٨) مبدأ كمية الحركة المطبق على القنوات المائية غير المنشورية ٦٢
الفصل الرابع: التدفق الحرج: حسابه وتطبيقاته ٦٩
(٤,١) التدفق الحرج ٦٩
(٤,٢) معامل المقطع لحساب التدفق الحرج ٧٠
(٤,٣) الأس الهيدروليكي لحساب التدفق الحرج ٧١
(٤,٤) حساب التدفق الحرج ٧٥
(٤,٥) التحكم في التدفق ٧٧
(٤,٦) قياس التدفق ٨٠
الباب الثاني: التدفق المنتظم ٩٥
الفصل الخامس: تطور التدفق المنتظم وصيغه ٩٧
(٥,١) خصائص التدفق المنتظم ٩٧
(٥,٢) نشوء التدفق المنتظم ٩٨
(٥,٣) التعبير عن سرعة التدفق المنتظم ٩٩
(٥,٤) صيغة معادلة تشيزي ١٠١
(٥,٥) تقدير معامل تشيزي للمقاومة ١٠٣
(٥,٦) صيغة معادلة مانينق ١٠٧
(٥,٧) تقدير معامل مانينق للخشونة ١١٠
(٥,٨) العوامل المؤثرة على معامل مانينق للخشونة ١١٠
(٥,٩) جدول معامل مانينق للخشونة ١١٨
(٥,١٠) الرسوم التوضيحية للقنوات المائية ذات معاملات خشونة مختلفة ١٢٤
الفصل السادس: حساب التدفق المنتظم ١٣٥
(٦,١) الناقل لمقطع القناة ١٣٥
(٦,٢) معامل المقطع لحساب التدفق المنتظم ١٣٦
(٦,٣) الأس الهيدروليكي لحساب التدفق المنتظم ١٣٧
(٦,٤) خصائص التدفق في قناة مغلقة لها تدفق القنوات المائية المكشوفة ١٤١
(٦,٥) التدفق في مقطع قناة مركبة الخشونة ١٤٣
(٦,٦) حساب العمق العادي والسرعة العادية ١٤٨
(٦,٧) حساب الميل العادي والميل الحرج ١٥٠

(٦,٨) مسائل حساب التدفق المنتظم ١٥٣
(٦,٩) حساب تصرف الفيضان ١٥٥
(٦,١٠) التدفق السطحي المنتظم ١٥٨
الفصل السابع: تصميم القنوات المائية للتدفق المنتظم ١٦٧
أ. القنوات المائية غير القابلة للانجراف ١٦٧
(٧,١) القنوات المائية غير القابلة للانجراف ١٦٧
(٧,٢) المواد غير القابلة للتآكل والتبطين ١٦٨
(٧,٣) أقل سرعة مسموح بها ١٦٨
(٧,٤) ميول القناة المائية ١٦٨
(٧,٥) الحافة الحرة ١٦٩
(٧,٦) المقطع الهيدروليكي الأفضل ١٧١
(٧,٧) تحديد أبعاد المقطع ١٧٣
ب. القنوات المائية القابلة للانجراف والتي تتآكل ولكنها لا تجرف ١٧٥
(٧,٨) طرق المتابعة ١٧٥
(٧,٩) السرعة القصوى المسموح بها ١٧٦
(٧,١٠) طريقة السرعة المسموح بها ١٧٧
(٧,١١) قوة السحب ١٨٠
(٧,١٢) نسبة قوة السحب ١٨١
(٧,١٣) قوة السحب المسموح بها ١٨٤
(٧,١٤) طريقة قوة السحب ١٨٧
(٧,١٥) المقطع الهيدروليكي الثباتي ١٨٨
ج. القنوات المائية المعشبة ١٩٢
(٧,١٦) القناة المائية المعشبة ١٩٢
(٧,١٧) معامل المقاومة ١٩٣
(٧,١٨) السرعة المسموح بها ١٩٥
(٧,١٩) اختيار العشب ١٩٨
(٧,٢٠) خطوات التصميم ١٩٨
الفصل الثامن: المفاهيم النظرية للطبقة الحدية، وخشونة السطح، وتوزيع السرعة، والتدفق المنتظم اللاثباتي ٢٠٥
(٨,١) الطبقة الحدية ٢٠٥
(٨,٢) مفهوم خشونة السطح ٢٠٧
(٨,٣) حساب الطبقة الحدية ٢١١
(٨,٤) توزيع السرعة في التدفق المضطرب ٢١٤
(٨,٥) معادلات التدفق المنتظم النظرية ٢١٦
(٨,٦) التفسير النظري لمعامل مانق للخشونة ٢٢٠

(٨,٧) طرق تقدير معامل مانق للخشونة ٢٢١
(٨,٨) التدفق المنتظم اللاثباتي ٢٢٣
الباب الثالث. التدفق المتغير تدريجياً ٢٢٩
الفصل التاسع: النظرية والتحليل ٢٣١
(٩,١) الفرضيات الأساسية ٢٣١
(٩,٢) المعادلة الديناميكية للتدفق المتغير تدريجياً ٢٣٢
(٩,٣) خصائص أشكال التدفق ٢٣٦
(٩,٤) تصنيف أشكال التدفق ٢٤١
(٩,٥) تحليل شكل التدفق ٢٤٥
(٩,٦) طريقة النقاط الفردية ٢٥٢
(٩,٧) العمق الانتقالي ٢٥٧
الفصل العاشر: طرق الحساب ٢٦٥
(١٠,١) طريقة التكامل البياني ٢٦٥
(١٠,٢) طريقة التكامل المباشر ٢٦٩
(١٠,٣) طريقة الخطوة المباشرة ٢٨١
(١٠,٤) طريقة الخطوة القياسية ٢٨٦
(١٠,٥) حساب عائلة أشكال التدفق ٢٩٠
(١٠,٦) طريقة الخطوة القياسية مع القنوات المائية الطبيعية ٢٩٥
(١٠,٧) طريقة المرحلة-الهبوط-التصرف للقنوات المائية الطبيعية ٣٠٢
(١٠,٨) طريقة إزرا للقنوات الطبيعية ٣٠٦
الفصل الحادي عشر: المسائل العملية ٣٢١
(١١,١) توصيل القناة للتدفق تحت الحرج ٣٢١
(١١,٢) توصيل القناة للتدفق فوق الحرج ٣٢٦
(١١,٣) المسائل المرتبطة بتصميم القناة ٣٢٧
(١١,٤) حساب شكل التدفق في القنوات غير المنشورية ٣٣١
(١١,٥) تصميم المقطع الانتقالي ٣٣٤
(١١,٦) المقاطع الانتقالية بين القناة والمسيل أو النفق ٣٣٥
(١١,٧) المقطع الانتقالي بين القناة والسيفون المقلوب ٣٤٢
(١١,٨) تأثير الماء العكسي للسد ٣٤٤
(١١,٩) التدفق المار بالجزر ٣٤٥
(١١,١٠) التقاء النهر ٣٤٦
الفصل الثاني عشر: التدفق المتغير مكانياً ٣٥٣
(١٢,١) المبادئ والفرضيات الأساسية ٣٥٣
(١٢,٢) المعادلة الديناميكية للتدفق المتغير مكانياً ٣٥٦

(١٢,٣) تحليل شكل التدفق ٣٥٩
(١٢,٤) طريقة التكامل العددي ٣٧٠
(١٢,٥) طريقة تساوي الميل ٣٧٦
(١٢,٦) التدفق السطحي المتغير مكانياً ٣٧٧
الباب الرابع. التدفق المتغير سريعاً ٣٨٥
الفصل الثالث عشر: مقدمة ٣٨٧
(١٣,١) خصائص التدفق ٣٨٧
(١٣,٢) تناول المسألة ٣٨٨
الفصل الرابع عشر: التدفق فوق المفايض ٣٩١
(١٤,١) الهدار حاد العتبة ٣٩١
(١٤,٢) تهوية ناب الطبقة المائية ٣٩٤
(١٤,٣) شكل عتبة المفايض للتدفق الزائد ٣٩٥
(١٤,٤) تصرف المفايض للتدفق الزائد ٣٩٧
(١٤,٥) تصنيف المفايض للتدفق الزائد ٤٠٠
(١٤,٦) شكل ناب الطبقة المائية العلوي للتدفق المار فوق المفايض ٤٠٢
(١٤,٧) تأثير الدعامات في بوابات المفايض ٤٠٧
(١٤,٨) الضغط على مفياض التدفق الزائد ٤٠٩
(١٤,٩) البوابات الطبلية ٤١٢
(١٤,١٠) التدفق عند إصبع قدم المفياض للتدفق الزائد ٤١٣
(١٤,١١) مفياض القفزة المنزلقة ٤١٦
(١٤,١٢) المفايض المغمورة ٤١٦
الفصل الخامس عشر: القفزة الهيدروليكية واستخدامها كمشتت للطاقة ٤٢٥
(١٥,١) القفزة الهيدروليكية ٤٢٥
(١٥,٢) القفزة في القنوات المائية المستطيلة الأفقية ٤٢٦
(١٥,٣) أنواع القفزات ٤٢٧
(١٥,٤) الخصائص الأساسية للقفزة ٤٢٩
(١٥,٥) طول القفزة ٤٣١
(١٥,٦) الشكل السطحي ٤٣٢
(١٥,٧) موقع القفزة ٤٣٣
(١٥,٨) القفزة وتشتيت الطاقة ٤٣٧
(١٥,٩) التحكم في القفزة بالعتبات ٤٤٢
(١٥,١٠) التحكم في القفزة بالهبوط الفجائي ٤٤٦
(١٥,١١) التصميم العام لأحواض التهدئة ٤٤٨
(١٥,١٢) حوض التهدئة SAF ٤٥٠

(١٥,١٣) حوض التهدئة USBR2 ..... ٤٥٢
(١٥,١٤) حوض التهدئة USBR5 ..... ٤٥٦
(١٥,١٥) مفياض السقوط المستقيم ٤٥٧
(١٥,١٦) القفزة في القنوات المائية المائلة ٤٥٩
(١٥,١٧) القفزة المائلة ٤٦٣
الفصل السادس عشر: التدفق في القنوات المائية غير خطية المحاذاة ٤٧٣
(١٦,١) طبيعة التدفق ٤٧٣
(١٦,٢) التدفق الحلزوني ٤٧٤
(١٦,٣) فاقد الطاقة ٤٧٦
(١٦,٤) الارتفاع الزائد ٤٧٩
(١٦,٥) الموجات المتقاطعة ٤٨٣
(١٦,٦) اعتبارات تصميم التدفق تحت الحرج ٤٩٠
(١٦,٧) اعتبارات تصميم التدفق فوق الحرج ٤٩١
الفصل السابع عشر: التدفق عبر مقاطع القنوات المائية غير المنشورية ٤٩٧
(١٧,١) التغيرات الفجائية ٤٩٧
(١٧,٢) التدفق تحت الحرج عبر التغيرات الفجائية ٥٠١
(١٧,٣) التقلصات مع التدفق فوق الحرج ٥٠٥
(١٧,٤) الاتساعات مع التدفق فوق الحرج ٥٠٧
(١٧,٥) الانقباضات ٥١١
(١٧,٦) الانقباضات مع التدفق تحت الحرج ٥١٣
(١٧,٧) تأثير المياه العكسية نتيجة الانقباض ٥٢٦
(١٧,٨) التدفق عبر القنوات تحت الأرضية ٥٢٨
(١٧,٩) العوائق ٥٣٥
(١٧,١٠) التدفق بين دعامات الجسر ٥٣٧
(١٧,١١) التدفق عبر حوامل الأعمدة ٥٤٢
(١٧,١٢) التدفق عبر حاويات النفاية ٥٤٣
(١٧,١٣) بوابات التدفق السفلي ٥٤٤
(١٧,١٤) تقاطعات القنوات المائية ٥٤٨
الباب الخامس. التدفق غير المستقر ٥٥٩
الفصل الثامن عشر: التدفق غير المستقر المتغير تدريجياً ٥٦١
(١٨,١) استمرارية التدفق غير المستقر ٥٦١
(١٨,٢) المعادلة الديناميكية للتدفق غير المستقر ٥٦٢
(١٨,٣) الموجة التقدمية أحادية الميل ٥٦٤
(١٨,٤) المعادلة الديناميكية للتدفق الانتظامي التقدم ٥٦٧

(١٨,٥) شكل موجة التدفق الانتظامي التقدم ٥٦٩
(١٨,٦) تقدم الموجة ٥٧٥
(١٨,٧) حل معادلات التدفق غير المستقر ٥٧٨
(١٨,٨) التدفق السطحي غير المستقر المتغير مكانياً ٥٨١
الفصل التاسع عشر: التدفق غير المستقر المتغير سريعاً ٥٩٣
(١٩,١) التدفق الانتظامي التقدم ٥٩٣
(١٩,٢) القفزة الهيدروليكية المتحركة ٥٩٦
(١٩,٣) الموجات النبضية الموجبة ٥٩٩
(١٩,٤) الموجات النبضية السالبة ٦٠٨
(١٩,٥) الموجات النبضية في قنوات قدرة ٦١١
(١٩,٦) الموجات النبضية في قنوات الملاحة ٦١٤
(١٩,٧) الموجة النبضية عبر المقاطع الانتقالية للقناة ٦١٨
(١٩,٨) الموجة النبضية عند تقاطعات القنوات ٦٢٢
(١٩,٩) التدفق النغمي ٦٢٤
الفصل العشرون: تتبع فيضان المياه ٦٢٩
(٢٠,١) تتبع فيضان المياه ٦٢٩
(٢٠,٢) طريقة الخصائص ٦٣٠
(٢٠,٣) طريقة التناظر الانتشاري ٦٤٦
(٢٠,٤) مبدأ التتبع الهيدرولوجي ٦٤٩
(٢٠,٥) طرق التتبع الهيدرولوجي ٦٥٣
(٢٠,٦) الطريقة الهيدرولوجية البسيطة للتتبع ٦٥٥
الباب السادس. الملاحق ٦٦٩
الملحق أ. العناصر الهندسية لمقاطع القنوات الدائرية ٦٧١
الملحق ب. العناصر الهندسية لمقاطع القنوات المائية شبه المنحرفة والمثلثة والتي على شكل قطع مكافئ ٦٧٥
الملحق جـ. الحل البياني لمعادلة مانتق ٦٨١
الملحق د. جدول دوال التدفق المتغير ٦٨٣
الملحق هـ. جدول دوال التدفق المتغير للمقاطع الدائرية ٦٩٧
كشاف الأسماء ٧٠٥
كشاف الموضوعات ٧١١