بدء
بسم الله الرحمن الرحيم

تصميم وتشغيل
نظم الري المزرعي

الجزء الأول

تحرير

جلين ج. هوفمان **روبرت ج. إيفانز**

مارفن إ. جنسن **ديريل ل. مارتن**

رونالد ل. إيليوت

ترجمة

أ. د. عبد الرحمن علي العذبه **د. محمد نبيل النسر**

قسم الهندسة الزراعية – كلية علوم الأغذية والزراعة – جامعة الملك سعود

النشر العلمي والمطابع - جامعة الملك سعود

ص.ب ٦٨٩٥٣ - الرياض ١١٥٣٧ - المملكة العربية السعودية

ح جامعة الملك سعود، ١٤٣٣هـ (٢٠١٢م)

هذه ترجمة عربية مصرح بها من مركز الترجمة بالجامعة لكتاب:

Design and Operation of Farm Irrigation Systems
By: Glenn J. Hoffman, Robert G. Evans, Marvin E. Jensen, Derrel L. Martin, Ronald L. Elliott
©The American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2007

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

ج. هوفمان، جلين.

تصميم وتشغيل نظم الري المزرعي / جلين ج. هوفمان؛ عبد الرحمن علي العذبه؛ محمد نبيل النسر - الرياض، ١٤٣٣هـ.

٢مج.

٨٣٩ ص؛ ١٧سم × ٢٤ سم

ردمك: ٤ - ٠٢٩ - ٥٠٧ - ٦٠٣ - ٩٧٨ (مجموعة)

٠-٠٣٠-٥٠٧-٦٠٣-٩٧٨ (ج١)

١- هندسة الري ٢- الهندسة الزراعية أ. العذبه، عبدالرحمن علي(مترجم)

ب. النسر، محمد نبيل (مترجم) ج. العنوان

ديوي ٦٣١,٥٨٧ ١٤٣٣/٥٦٥٢

رقم الإيداع: ١٤٣٣/٥٦٥٢

ردمك: ٤ - ٠٢٩ - ٥٠٧ - ٦٠٣ - ٩٧٨ (مجموعة)

٠-٠٣٠-٥٠٧-٦٠٣-٩٧٨ (ج١)

حكمت هذا الكتاب لجنة متخصصة، وقد وافق المجلس العلمي على نشره في اجتماعه الثاني عشر للعام الدراسي ١٤٣٣/١٤٣٢هـ، المعقود بتاريخ ١٤٣٣/٣/٣٠هـ، الموافق ٢٠١٢/٢/١٢م.

النشر العلمي والمطابع ١٤٣٣هـ

إهداء المترجمين

نهدي هذا العمل المتواضع

إلى خير الأنام

وإلى خير الأمم.

المترجمان

شكر وتقدير

يود المترجمان تقديم جزيل الشكر إلى كل من ساندهم في إتمام هذا العمل، كما يعربان عن خالص الشكر والتقدير للمهندس محمد سيد عبدالجيد المعيد بقسم الهندسة الزراعية على جهوده المضنية التي بذلها في نسخ الكتاب وتنسيقه على الحاسب الآلي وإخراجه بالصورة المشرفة، فله منا أجمل الثناء وأثمن العطاء.

المترجمان

مقدمة المترجمين

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 والزراعية العمل على ترشيد استخدام المياه خاصة في المجال الزراعي واتباع كافة الوسائل والتقنيات الحديثة لتحقيق هذه الغايات.

وبما أن العالم اليوم سريع التطور في كافة العلوم، خاصة في المجالات العلمية التطبيقية والتقنية، كل ذلك يزيد من حاجتنا إلى نقل هذه العلوم وترجمتها إلى لغتنا العربية بسرعة متناسقة مع سرعة تقدم العالم من حولنا. لقد اهتم العديد من الأساتذة الأكاديميين والباحثين بترجمة الكتب العلمية والتطبيقية ونقلها من لغاتها الأم إلى العربية إدراكاً منهم بأهمية إيصال المعرفة من مواردها، للاستفادة من خبرات الآخرين الذين استغلوا كافة الإمكانيات المتاحة في تطوير العلوم التطبيقية، خاصة الهندسية ذات العلاقة بمجال الزراعة والري، وذلك من أجل تطويع وتوطين التقنيات الحديثة بما يتلاءم مع بيئتنا المحلية.

وترجمة هذا الكتاب ما هي إلا ثمرة جهد متواضع ليصب في أحد روافد المعرفة، وليساهم مع إنجازات الآخرين التي سبقته في توفير الأسس العلمية والتطبيقية والهندسية المتخصصة في تصميم نظم الري، ولتعم فائدته على كافة القطاعات المهتمة بالزراعة من أجل استغلال كل قطرة ماء متاحة في استثمار الأراضي الزراعية، وذلك باتباع كافة الوسائل والمبتكرات الحديثة والعمل على تطويرها. وهذا الكتاب يحتوي أيضاً على معلومات علمية أساسية تكميلية ترتبط بهندسة الري وإدارته.

وإذ نقدم هذا الكتاب المترجم للمكتبة العربية نأمل أن يمثل إضافة مهمة في هذه المسيرة، ونسأل الله أن ينفع به الجميع.

المترجمان

مقدمة المحررين

لعبت الزراعة المروية دوراً هاماً في إنتاج الغذاء عبر القرن الماضي، وسوف تصبح أكثر أهمية في ظل استمرار تزايد الكثافة السكانية العالمية. وقد سارع الإنترنت من انتشار تقنيات الري الحديثة والطرق الإرشادية لإدارة المياه التي طورها الخبراء المتخصصون. وقد عملت أجهزة الحاسب الآلي الشخصية على تسهيل الحسابات المعقدة والتحكم في نظم الري الآلية. ومع ذلك، لا تزال هناك حاجة لمصممي نظم الري ومن مشغلي النظم أن يكون لديهم كتاب شامل حول نظم الري في المزارع وأن يكون متاحاً لهم بيسر. وقد تم نشر هذه الدراسة بشكل موسع منذ أن تمت طباعتها لأول مرة عام ١٩٨٠ وعند إعادة طباعتها عام ١٩٨٢. ومن المتوقع أن تقوم هذه الطبعة الثانية بتلبية الحاجة الهامة لعدة عقود في المستقبل.

نشر هذا الكتاب يتوج عقدًا من الجهد. وقد بدأ التخطيط للطبعة الثانية لأول مرة عام ١٩٩٤ عندما اجتمع فريق من الجمعية الأمريكية للمهندسين الزراعيين بشكل غير رسمي لمناقشة الحاجة إلى نسخة محدثة من كتاب الري الأولى. وقد شرع رونالد إيليوت ومارفن جنسن في العمليات التنظيمية والتحريرية. وقد تم توجيه طلب إلى الخبراء الكبار كل في مجاله للقيام بكتابة الفصول المختلفة. وفي عام ٢٠٠٠، بسبب مهمة إيليوت الجديدة التي حددت وقته المخصص لهذا العمل ولأن وقت جنسن كان محدوداً بسبب اشتراكه في العديد من دراسات استخدام المياه، تأجل العمل في هذه الطبعة. وفي عام

٢٠٠٢، قامت مجموعة SW-24 برئاسة روبرت إيفانز بتشكيل لجنة تحرير جديدة مكونة من جلين هوفمان، وروبرت إيفانز، وجاري كلارك، وديريل مارتن للمشاركة في حمل هذه المهمة الضخمة. وقد اجتمعت اللجنة في دنفر في نوفمبر ٢٠٠٢، لاستعراض وضع الفصول التي تم تنقيحها، ولإضافة فصول جديدة، وتحديد مواعيد مستهدفة جديدة، ولعرض المهام. وقد أوضح إيليوت أنه لا يرغب في الاستمرار بدور نشط. وفي أغسطس من عام ٢٠٠٥، تبوأ جاري كلاك منصباً جديداً ولم يعد لديه وقت للاستمرار في العمل كمحرر. وقد تم إعادة توزيع عبء العمل على إيفانز، وهوفما، وجنسن، ومارتن.

تقدم هذه الطبعة أحدث التقنيات في نظم الري السطحي، ونظم الري بالرش، ونظم الري الموضعي إلى جانب المعلومات الأساسية عن أنواع التربة والمعلومات الحديثة عن تقدير الاحتياجات المائية للمحصول. وقد تم إضافة فصول جديدة لنظام التخطيط، والقضايا البيئية، والكفاءة والانتظامية، والري الكيميائي، واستخدام مياه الصرف للري.

وكما هو الحال في كل دراسات الجمعية الأمريكية للمهندسين البيولوجيين والزراعيين ASABE، فإن الجمعية مدينة لكثير من الأفراد الذين ساهموا بشكل كبير في تخطيط، وكتابة، ومراجعة، وتحرير، ونشر هذا الكتاب. فمشاركتهم بمعرفتهم ووقتهم وصبرهم لإنتاج هذا الكتاب أمر له عظيم التقدير. وكل المحررين ممتنون للغاية لإتاحة الفرصة لهم للعمل مع هذا العدد الكبير من المهندسين والعلماء المتخصصين المخلصين والمتحمسين لإكمال هذا المشروع. ومساعدة فريق عمل ASABE، وبوجه خاص بيج ما كين، في تحرير وإخراج هذه الدراسة أمر له تقدير خاص.

المحررون

جلين ج. هوفمان روبرت ج. إيفانز

مارفن إ. جنسن ديريل ل. مارتن

دونالد ل. إيليوت

المؤلفون

Richard G. Allen, University of Idaho Research and Extension Center, 3793 North 3600 East, Kimberly, ID 8334.

James E. Ayars, USDA-ARS Water Management Research Laboratory, 9611 South Riverbend Ave., Parlier, CA 93648.

Evan W. Christen, CSIRO Land and Water, Griffith, New South Wales 2680, Australia Allan W. Clark, Clark Brothers, Inc., 19772 South Elgin, Dos Palos, CA 93620.

Albert J. Clemmens, USDA-ARS Arid-Land Agricultural Research Center, 21881 North Cardon Lane, Maricopa, AZ 8523.

Allen R. Dedrick, USDA-ARS National Program Staff, Beltsville, MD (retired). Current address: 608 West Villa Rita Dr., Phoenix, AZ 85023.

Harold R. Duke, USDA-ARS Water Management Research, Fort Collins, CO (retired). Current address: 1047 Greenfield Court, Fort Collins, CO 80524.

Keith O. Eggleston, Water Quality, U.S. Bureau of Reclamation, Denver Federal Center, P.O. Box 25007 (D-5724), Denver, CO 80225 (retired).

Dean E. Eisenhauer, Department of Biological Systems Engineering, 232 Chase Hall, Univer¬sity of Nebraska, Lincoln, NE 68583.

Abd El-Ghani M. El-Gindy, Agricultural Mechanization Department, Faculty of Agriculture, Ain-Shams University, Cairo, Egypt.

Ronald L. Elliott, Biosystems and Agricultural Engineering Department, 111 Ag Hall, Okla¬homa State University, Stillwater, OK 74078.

Robert G. Evans, USDA-ARS Northern Plains Agricultural Research Laboratory, 1500 North Central Avenue, Sidney, MN 59270.

Robert O. Evans, Biological and Agricultural Engineering Department, P.O. Box 7625, North Carolina State University, Raleigh, NC 27695.

Delmar D. Fangmeier, University of Arizona, Tucson (retired). Current address: 848 West Sa¬fari Dr., Tucson, AZ 85704.

James L. Fouss, USDA-ARS Soil and Water Research Unit, 4115 Gourrier Ave., Baton Rouge, LA 70808.

Ronald J. Gaddis, A B Consulting Co., Inc., Lincoln, NE (retired). Current address: 8100 Sanborn Dr., Lincoln, NE 68505.

Leland A. Hardy, H & R Engineering, Inc., 690 Loring Dr. NW, Salem, OR 97304.

Dale F. Heermann, USDA-ARS Water Management Research, Natural Resources Research Center, 2150 Centre Ave., Building D, Suite 320, Fort Collins, CO 80526 (retired).

Glenn J. Hoffman, Department of Biological Systems Engineering, University of Nebraska, Lincoln, NE (retired). Current address: 9203 N. Crown Ridge, Fountain Hills, AZ 85268.

Sagit R. Ibatullin, Water Economy Research Institute, 12 Kolbasshy Koygeldy Str., 480022 Taraz City, Kazakhstan.

Marvin E. Jensen, USDA-ARS National Program Staff, Fort Collins, CO (retired). Current address: 1207 Springwood Dr., Fort Collins, CO 80525.

Dennis C. Kincaid, USDA-ARS, Kimberly, ID (retired). Current address: 3849B North 3700 East, Hansen, ID 83334.

Larry G. King, Department Agricultural and Biological Systems Engineering, Washington State University, Pullman, WA (retired). Current address: 19855 East Silver Creek Lane, Queen Creek, AZ 85242.

E. Gordon Kruse, USDA-ARS Water Management Research, Fort Collins, CO (retired). Current address: 4740 Player Dr., Fort Collins, CO 80525.

Joseph M. Lord, Jr., JMLord, Inc., 267 North Fulton St., Fresno, CA 93701.

William M. Lyle, Texas A&M University, Lubbock, TX (retired). Current address: BoX 1679, Hilltop Lakes, TX 77871.

Mark Madison, CH2M Hill, 2020 SW 4th Ave., Portland, OR 97201 .

Derrel L. Martin, Department of Biological Systems Engineering, 243 Chase Hall, University of Nebraska, Lincoln, NE 68583.

Anne M. S. McFarland, Texas Institute for Applied Environmental Research, Tarleton State University, 201 S1, Felix Street, Stephenville, TX 76401.

Marshall 1. McFarland, Agricultural Research and Extension Center, Stephenville, TX (retired) Current address: 1025 Darren Drive, Stephenville, TX 76401.

Alan W. Moore, Cameron County Drainage District 5, 301 East Pierce St., Harlingen, TX 78550.

Luis S. Pereira, Technical University of Lisbon, Lisbon, Portugal. Current address: Institute Superior de Agronomia, Departmento Engenharia Rural, Tapada da Ajuda, Lisboa Codex 1399, Portugal.

William O. Pruitt, University of California, Davis, CA (retired). Current address: 804 West 8th St., Davis, CA 95616.

John A. Replogle, USDA-ARS Arid-Land Agricultural Research Center, 21881 North Cardon Lane, Maricopa, AZ 85238.

Matt A. Sanderson, USDA-ARS Pasture Systems and Watershed Management Research Unit, Building 3702, Curtin Rd., University Park, P A 16802.

Joseph Shalhevet, Institute of Soil, Water and Environmental Science, Agricultural Research Organization, Bet Dagan, Israel (retired). Current address: 14 Einstein Street, Rehovot 76470, Israel.

Allen G. Smajstrala, Department of Agricultural and Biological Engineering, University of Flor¬ida, Gainesville, FL (deceased).

Roger E. Smith, UDSA-ARS, Fort Collins, CO. Current address: Colorado State University, 2150 Centre Ave., Building D, Fort Collins, CO 80526.

Kenneth H. Solomon, BioResource and Agricultural Engineering Department, California Polytechnic State University, San Luis Obispo, CA (retired). Current address: 190 Kodiak St., Morro Bay, CA 93442.

Dean D. Steele, Department of Agricultural and Biosystems Engineering, North Dakota State University, 1221 Albrecht Blvd., P.O. Box 5626, Fargo, ND 58105.

Theodor S. Strelkoff, USDA-ARS Arid-Land Agricultural Research Center, 21881 North Cardon Lane, Maricopa, AZ 85238.

Thomas J. Trout, USDA-ARS Water Management Research, Natural Resources Research Center, 2150 Centre Ave., Building D, Suite 320, Fort Collins, CO 80526.

Ted W. van der Gulik, Resource Management Branch, BC Ministry of Agriculture and Lands, 1767 Angus Campbell Rd., Abbotsford, BC V3G 2E5, Canada.

Wynn R. Walker, College of Engineering, Utah State University, Logan, UT 84322.

Arthur W. Warrick, Department of Soils, Water and Environmental Science, Shantz Building, P.O. Box 210038, University of Arizona, Tucson, AZ 85721.

Lyman S. Willardson, Utah State University, Logan, UT (deceased).

James L. :Vright, USDA-ARS Northwest Irrigation and Soils Research Laboratory, Kimberly, ID (retired).

I-Pai Wu, Department of Biosystems Engineering, University of Hawaii, Honolulu, HI (retired).

المحتويات

إهداء المترجمين ..... هـ
شكر وتقدير ..... ز
مقدمة المترجمين ..... ط
مقدمة المحررين ..... ك
المؤلفون ..... م

الفصل الأول: المقدمة ١
(١,١) نظرة عامة ١
(١,٢) تطور الري في أنحاء العالم ٣
(١,٣) تطور الري في الولايات المتحدة ١٣
(١,٤) القضايا التي تواجه الزراعة المروية ٢٣
(١,٥) الاتجاهات المستقبلية ٤٥
المراجع ٥٩

الفصل الثاني: الزراعة المروية المستدامة والمنتجة ٦٣
(٢,١) مقدمة ٦٣

(٢,٢) دور الري في إنتاج الغذاء والكساء..... ٧١
(٢,٣) إنتاجية المحصول واحتياجات مياه الري ٨٢
(٢,٤) تصميم النظام وزيادة المنافسة على مصادر المياه المتجددة ٨٨
(٢,٥) إدارة مياه الري أثناء الجفاف ٩٣
(٢,٦) الأغراض الزراعية الأخرى وفوائد الري..... ٩٤
(٢,٧) تصميم النظام وتحديات التشغيل ٩٦
(٢,٨) الملخص ٩٨
المراجع ٩٩

الفصل الثالث: التخطيط واختيار النظام..... ١٠٥
(٣,١) مقدمة..... ١٠٦
(٣,٢) التخطيط للري ١١١
(٣,٣) اختيار نظام الري..... ١٢٢
المراجع ١٤١

الفصل الرابع: الاعتبارات البيئية..... ١٤٣
(٤,١) مقدمة..... ١٤٤
(٤,٢) تخزين وتحويل واستهلاك المياه..... ١٥٠
(٤,٣) جودة المياه الجوفية..... ١٦١
(٤,٤) الجريان السطحي للمياه..... ١٧٧
المراجع ١٩٢

الفصل الخامس: الكفاءة والانتظامية ٢٠٣
(٥,١) مقدمة..... ٢٠٤
(٥,٢) النماذج الفيزيائية لتخطيط الري ٢٠٥

(٥,٣) تعريفات عوامل أداء الري ٢٠٩
(٥,٤) الملخص ٢٢٢
المراجع ٢٢٢

الفصل السادس: علاقات ماء التربة ٢٢٥
(٦,١) مقدمة ٢٢٥
(٦,٢) خصائص تخزين الماء في التربة ٢٢٦
(٦,٣) معامل التوصيل الهيدروليكي للتربة ٢٥٤
(٦,٤) حركة الماء في التربة ٢٦٢
(٦,٥) عوامل التعقيد ٢٨٢
قائمة الرموز ٢٩٠
المراجع ٢٩٢

الفصل السابع: التحكم في الملوحة ٢٩٩
(٧,١) مقدمة ٢٩٩
(٧,٢) تقدير أخطار الملوحة ٣٠٧
(٧,٣) تحمل المحصول ٣١٦
(٧,٤) الغسيل ٣٣٨
(٧,٥) تأثير الملوحة على تصميم الري ٣٥٤
(٧,٦) ممارسات إدارة الملوحة ٣٦٥
(٧,٧) الخلاصة والخاتمة ٣٨٢
المراجع ٣٨٢

الفصل الثامن: الاحتياجات المائية ٣٩١
(٨,١) مقدمة ٣٩٢

(٨,٢) تعريفات ٣٩٤
(٨,٣) القياسات المباشرة ٣٩٨
(٨,٤) تقدير البخر-نتح المرجعي ٤٠٠
(٨,٥) تقدير البخر-نتح للمحاصيل ٤٣٢
(٨,٦) معاملات البخر-نتح للمسطحات الخضراء ٥٠٢
(٨,٧) تقدير معامل المحصول لجزء من الغطاء ٥١٦
(٨,٨) تأثير طريقة الري على معامل المحصول ٥١٧
(٨,٩) أثار تغطية سطح التربة بالمهاد على معامل المحصول ٥١٨
(٨,١٠) الجريان السطحي للتساقط ٥٢١
(٨,١١) الاحتياجات المائية الأخرى ٥٢٦
(٨,١٢) المطر الفعال ٥٣٠
(٨,١٣) متطلبات التصميم ٥٣١
(٨,١٤) احتياجات مياه الري السنوية ٥٤٠
قائمة الرموز ٥٤١
المراجع ٥٤٨

الفصل التاسع: نظم الصرف ٥٥٩
(٩,١) مقدمة ٥٦٠
(٩,٢) الاعتبارات البيئية ٥٦٢
(٩,٣) متطلبات نظام الصرف ٥٦٦
(٩,٤) مناهج تصميم نظم الصرف تحت السطحية ٥٦٨
(٩,٥) تحديد متغيرات التصميم ٦٠١
(٩,٦) مواد نظام الصرف ٦٠٥
(٩,٧) طرق ومعدات الإنشاء ٦١٠

(٩,٨) تشغيل وصيانة نظام الصرف..... ٦١٢
(٩,٩) تقييم أداء نظام الصرف ٦١٣
المراجع ٦١٣

الفصل العاشر: تهيئة الأراضي للري..... ٦١٥
(١٠,١) مقدمة ٦١٦
(١٠,٢) تخطيط النظام..... ٦١٩
(١٠,٣) مسح التربة والحفر المسموح به..... ٦٢٢
(١٠,٤) مسح التضاريس ٦٢٣
(١٠,٥) تحليلات العمل الأرضي ٦٣٣
(١٠,٦) أنواع المعدات ٦٤٣
(١٠,٧) إجراءات التشغيل الحقلية ٦٥٢
(١٠,٨) التكلفة والتعاقدات..... ٦٦١
(١٠,٩) السلامة..... ٦٦٢
المراجع ٦٦٣

الفصل الحادي عشر: نظم التوصيل والتوزيع..... ٦٦٧
(١١,١) مقدمة ٦٦٨
(١١,٢) توصيل مياه الري ٦٦٩
(١١,٣) نظم توزيع مياه المزرعة..... ٧١١
المراجع ٧٤٦

الفصل الثاني عشر: نظم الضخ ٧٥٣
(١٢,١) مقدمة ٧٥٤
(١٢,٢) مكونات وخصائص المضخة ٧٥٧

(١٢,٣) اختيار المضخة ٧٧٨
(١٢,٤) وحدات القدرة ٨٠٥
(١٢,٥) التحكم في المضخة ٨١٨
(١٢,٦) الاعتبارات الاقتصادية ٨٢٢
(١٢,٧) أثر تعديل نظام الضخ ٨٣٠
(١٢,٨) الصيانة والاختبار ٨٣٣
قائمة الرموز ٨٣٧
المراجع ٨٣٨

الفصل الثالث عشر: هيدروليكا النظم السطحية ٨٤١
(١٣,١) مقدمة ٨٤٢
(١٣,٢) المفاهيم الأساسية لهيدروليكا الري السطحي ٨٤٥
(١٣,٣) العوامل التي تؤثر على عملية الري السطحي ٨٥١
(١٣,٤) قوانين حفظ الكتلة وكمية الحركة ٨٧٠
(١٣,٥) النمذجة الهيدرولوجية لعملية الري السطحي ٨٧٣
(١٣,٦) النمذجة الهيدروديناميكية لعملية الري السطحي ٨٨٨
(١٣,٧) تقدير المعاملات الحقلية ٩٢١
المراجع ٩٤٣

الفصل الرابع عشر: تصميم النظم السطحية ٩٥٣
(١٤,١) مقدمة ٩٥٤
(١٤,٢) اعتبارات ومناهج التصميم ٩٥٥
(١٤,٣) ري الخطوط المائلة ٩٧٢
(١٤,٤) الري بالشرائح ٩٩٢

(١٤,٥) ري الأحواض المستوية والخطوط المستوية ١٠٠٣
(١٤,٦) الأعمال الرئيسة في نظم الري السطحي وطرق التحكم في التدفق ١٠١٠
المراجع ١٠١٥

الفصل الخامس عشر: هيدروليكا نظم الري بالرش والري الدقيق ١٠١٩
(١٥,١) مقدمة ١٠٢٠
(١٥,٢) هيدروليكا نظم الأنابيب ١٠٢٠
(١٥,٣) صمامات نظام الري ١٠٤٥
(١٥,٤) توزيع المياه في التربة ١٠٥٩
(١٥,٥) إعادة توزيع المياه في التربة ١٠٥٩
(١٥,٦) ملخص ١٠٦٠
قائمة الرموز ١٠٦١
المراجع ١٠٦٣

الفصل السادس عشر: تصميم وتشغيل نظم الري بالرش ١٠٦٥
(١٦,١) مقدمة ١٠٦٥
(١٦,٢) مكونات نظم الري بالرش ١٠٦٧
(١٦,٣) أساسيات التصميم ١٠٧٠
(١٦,٤) انتظامية الإضافة ١٠٩٨
(١٦,٥) نظم الوضع الثابت ١١٠٥
(١٦,٦) الخطوط الفرعية المتنقلة دورياً ١١٢١
(١٦,٧) النظم المحورية ١١٣٦
(١٦,٨) نظم الحركة المستقيمة ١١٦٨
(١٦,٩) نظم الإضافة الدقيقة منخفضة الطاقة ١١٧٩
(١٦,١٠) النظام المتنقل ١١٨٤

(١٦,١١) الاستخدامات الإضافية لنظم الري بالرش ١١٩٣
(١٦,١٢) السلامة ١١٩٥
(١٦,١٣) ملخص ١١٩٥
قائمة الرموز ١١٩٥
المراجع ١١٩٨

الفصل السابع عشر: نظم الري الدقيق..... ١٢٠٣
(١٧,١) مقدمة ١٢٠٤
(١٧,٢) نظم الري الدقيق..... ١٢١٦
(١٧,٣) عوامل التصميم..... ١٢٢٥
(١٧,٤) هيدروليكا المنقطات واختلاف تصميم المنقطات..... ١٢٣٧
(١٧,٥) تصميم نظام الري الدقيق..... ١٢٤٨
(١٧,٦) تصميم وحدة التحكم في النظام..... ١٢٥٧
(١٧,٧) التركيب ١٢٦١
(١٧,٨) الصيانة..... ١٢٦٢
(١٧,٩) الإدارة..... ١٢٦٨
(١٧,١٠) جدولة نظام الري الدقيق..... ١٢٧٤
(١٧,١١) الانسداد في نظم الري الدقيق ١٢٨٠
(١٧,١٢) الري بالتنقيط تحت السطحي..... ١٢٨٤
(١٧,١٣) الري التحتي ١٢٩٩
(١٧,١٤) الري الدقيق في المشاتل والبيوت المحمية..... ١٣٠١
المراجع ١٣٠٥

الفصل الثامن عشر: نظم التحكم في منسوب الماء الأرضي..... ١٣١٥
(١٨,١) مقدمة ١٣١٧

(١٨,٢) إدارة مياه التربة بالتحكم في منسوب الماء الأرضي ١٣١٩
(١٨,٣) تصميم وتشغيل النظام في المناطق الرطبة..... ١٣٣٠
(١٨,٤) تصميم وتشغيل النظام في المناطق الجافة ١٣٥٣
(١٨,٥) توثيق تصميم وتركيب النظام ١٣٧٧
(١٨,٦) الملخص..... ١٣٧٩
المراجع ١٣٨١

الفصل التاسع عشر: الري الكيميائي ١٣٨٩
(١٩,١) مقدمة ١٣٩٠
(١٩,٢) السلامة ومنع التدفقات المرتدة ١٣٩٣
(١٩,٣) نظم الحقن ١٤٠٦
(١٩,٤) معايرة نظم الحقن..... ١٤٢٠
(١٩,٥) الاعتبارات الخاصة بنظام الري ١٤٢٤
(١٩,٦) حساب معدلات الحقن..... ١٤٤٢
المراجع ١٤٤٦

الفصل العشرون: الري بمياه الصرف الصحي والمياه المعالجة..... ١٤٤٩
(٢٠,١) مقدمة ١٤٥٠
(٢٠,٢) مكونات وخصائص مياه الصرف الصحي والمياه المعالجة ١٤٥٤
(٢٠,٣) العناصر المغذية في مياه الصرف الصحي والمياه المعالجة..... ١٤٦٩
(٢٠,٤) المخاوف الصحية ١٤٧٢
(٢٠,٥) المحاصيل المناسبة للري بمياه الصرف الصحي والمياه المعالجة..... ١٤٨١
(٢٠,٦) تصميم معدل تحميل النيتروجين ١٤٨٣
(٢٠,٧) نظم الري المستخدم بها مياه الصرف..... ١٤٩٢

(٢٠,٨) تصميم وتشغيل نظم لحماية صحة الإنسان ١٥٠٤
(٢٠,٩) المراقبة ١٥٠٨
المراجع ١٥١٣

الفصل الواحد والعشرون: تقييم الأداء ١٥٢١
(٢١,١) مقدمة ١٥٢٢
(٢١,٢) إدارة المتغيرات ١٥٢٤
(٢١,٣) مقاييس الأداء ١٥٢٩
(٢١,٤) طرق التقييم الحقلي ١٥٣٥
(٢١,٥) الاقتصاديات ١٥٣٨
(٢١,٦) التحليل والتفسير ١٥٤٠
(٢١,٧) المختبرات المتنقلة ١٥٤٢
(٢١,٨) الخطوط العريضة للتقييم ١٥٤٣
(٢١,٩) الاستنتاجات ١٥٤٤
المراجع ١٥٤٥

الملحق (أ) مسرد المصطلحات ١٥٤٧
الملحق (ب) القائمة الموجزة لمقاييس الري ١٦١١
كشاف الموضوعات ١٦٣٥