بسم الله الرحمن الرحيم

هندسة الصرف الزراعي

بين النظرية والتطبيق

تأليف

أ. د. فوزي سعيد محمد عواد

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 دار جامعة الملك سعود للنشر، ١٤٣٧هـ (٢٠١٦م)

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

عواد ، فوزي سعيد محمد.

هندسة الصرف الزراعي بين النظرية والتطبيق / فوزي سعيد محمد عواد - الرياض، ١٤٣٦هـ.

٦٦٨ ص؛ ١٧سم × ٢٤ سم

ردمك: ٣ - ٣٧٨ - ٥٠٧ - ٦٠٣ - ٩٧٨

١- صرف الأراضي ٢- هندسة الري ٣- الهندسة الزراعية أ. العنوان

ديوي ٦, ٦٣١ ١٤٣٦/٤٦٦١

رقم الإيداع: ١٤٣٦/٤٦٦١

ردمك: ٣ - ٣٧٨ - ٥٠٧ - ٦٠٣ - ٩٧٨

نشر هذا الكتاب بناء على موافقة المجلس العلمي في اجتماعه الخامس عشر للعام الدراسي ١٤٣٥/ ١٤٣٦هـ المعقود بتاريخ ١٠/ ١/ ١٤٣٦هـ الموافق ٣/ ١١/ ٢٠١٤م، بعد استيفائه شروط التحكيم العلمي بالجامعة.

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

الشكر والتقدير

لا يختلف هذا الكتاب عن مثيله من الأعمال العلمية الأخرى، من حيث إن المؤلف مدين في إخراج هذا الكتاب لوجود شخصيات مميزة قد أثرت وشجعت على إخراجه إلى حيز الوجود، فإني خلال عملي في جامعة الملك سعود مَدِين إلى قسم الهندسة الزراعية، المتمثل في جميع منسوبيه من أعضاء هيئة تدريس، ومعيدين، ومحاضرين ومهندسين، لما قدموه لي من عون، وتعاون، في شتى الأمور التعليمية، والبحثية، طيلة وجودي في هذه المؤسسة العريقة. كما يمتد الشكر والامتنان إلى الأستاذ المهندس محمد سليمان، الذي عمل معي طيلة عقدين من الزمن في تدريس الجزء العملي لمادة الصرف الزراعي لطلبة البكالوريوس، وطلبة الدراسات العليا. وإني لأثمن له جميع جهوده المميزة التي قدمها، وبذلها أثناء فترة عمله بيننا. ولن أنسى الدور الكبير للمهندس محمد السمحان في قسم الهندسة الزراعية الذي ساهم أيضاً بإخلاص في تدريس الجزء العملي من المقرر للعقد الأخير.

وواجب عليَّ أيضاً أن أشكر بإخلاص كافة طلابي بجامعة الملك سعود، الذين لولا وجودهم لما تم القيام بتنفيذ هذا العمل، كما لا يفوتني أن أخص بالشكر والتقدير أخي المهندس فواز عواد على مراجعته نصوص هذا الكتاب، وإبداء التصويبات

القيمة، والاقتراحات التي بدونها لما ظهر الكتاب بشكله الحالي، وكذلك إلى أخي عادل عواد على جهوده المضنية التي بذلها في تنسيق جميع فصول الكتاب، كما يمتد شكري وخالص امتناني إلى ابنتي هبة التي أسهمت بشكل فعَّال في طباعة النصوص، وإعادة رسم الكثير من رسومات الأشكال، وشكري الخالص للأساتذة المحكمين الذين تحملوا عناء مراجعة نصوص الكتاب وفصوله، وتفضلوا مشكورين بتصويبه للأفضل، أدام الله عليهم فضله وجازاهم خيراً.

لا شك أن مهنة التدريس تتيح فرصاً كثيرة للتعلُّم والمعرفة. وأنا علّمت وتعلمت وتعاملت مع الكثير، ومارست الصبر، وحب الآخرين الذين منحوني حبهم، ورحابة، ووسع صدورهم أكثر مما منحت.

وأخيراً فإن هذا العمل لا يمكن إنجازه لولا صبر أفراد عائلتي، الذين افتقدوا متعة الجلوس مع والدهم خلال عطل نهاية الأسابيع، بل كل يوم، وانشغاله عنهم بالجلوس أمام جهاز الحاسب الآلي منهمكاً في إنجاز هذا العمل. وفقنا الله لعمل الخير.

المؤلف

تقديم

الصرف الزراعي جزء لا يتجزأ من الأنشطة الزراعية في جميع أنحاء العالم، بل يعد من أهم أدوات إدارة المياه المستخدمة في استدامة إنتاجية النظم الزراعية. علاوة على أنه مكمل للري الذي يعتبر عنصراً أساسياً في الزراعة المروية. كما أن صرف الأراضي الزراعية الرديئة يهدف إلى زيادة كفاءة إنتاجية المحاصيل الزراعية وربحيتها. من هذا المنطلق تم التأكيد على دراسة جميع جوانب هذا العلم في معظم الجامعات التي تهتم في الجوانب الهندسية.

يقدم هذا الكتاب مفاهيم أساسية نظرية وعملية يحتاجها طلبة الهندسة الزراعية على وجه الخصوص، بالإضافة إلى مهندسي تخطيط وتصميم نظم الصرف الزراعي. جميع هؤلاء سيجدون فيه خير مرجع ذي قيمة علمية مميزة. الكتاب شامل في فحواه ومحتواه، فهو يشتمل على عدة فصول متنوعة، خصصت لمراجعة المبادئ الأساسية في دراسة نظم صرف المياه واستصلاح الأراضي المتضررة من جراء التغدق وتراكم الأملاح. واستدامة الزراعة الحديثة تتطلب السيطرة على تغدق وملوحة التربة في منطقة جذور المحاصيل وإزالتها والتخلص من المياه الزائدة عن حاجة النبات

باستخدام طرق صرف صناعية أو طبيعية بغرض استصلاح التربة وتحسين بيئتها، وجعلها أكثر قابلية للاستخدام البشري لكافة الأغراض.

يمتاز هذا الكتاب عن غيره بمحتوياته الشمولية المتنوعة بكل ما يتعلق بموضوع الصرف، حيث إنه يركز أيضاً على نظريات حركة المياه في الوسط المسامي تحت الظروف المشبعة وغير المشبعة.

تعتمد المفاهيم الأساسية في تصميم نظم الصرف في الأساس على متطلبات المحاصيل المائية وتحملها للوسط الملحي، وتقدير الاحتياجات الغسيلية ومعامل الصرف بالإضافة إلى مبادئ الهيدروليكا. وعليه قد خصص الفصل الأول لشرح نبذة تاريخية عن الصرف عبر التاريخ الحديث وعلاقته بعمق جذور النباتات وأغراضه في المناطق الرطبة والجافة وآثاره على بيئة الأنسان والحيوان والتربة. أما الفصل الثاني فإنه يهتم في مصدر وطبيعة مشاكل الصرف الناشئة عن تراكم الأملاح وتغدق التربة، وتحديد دلائل هذه المشاكل وأبعادها على الأراضي المتأثرة بمشاكل الصرف. كذلك انفرد الفصل الثالث بالتركيز على الدراسات الأولية لتخطيط وتصميم نظم الصرف عبر مراحل دراسات استكشافية أولية واستطلاعية إضافة إلى الدراسات التصميمية.

كما خصص الفصل الرابع لمناقشة ملوحة التربة وتملحها وطرق معالجتها مع شرح وافٍ لمعظم المصطلحات المستخدمة في هذا الموضوع، وكيفية إدارة استصلاح الأراضي المتأثرة بالملوحة وتحسين خواص تربتها الفيزيائية بعد غسلها وإزالة الأملاح منها، والتعرض لطرق غسل الأراضي المتأثرة بالملوحة. أما الفصلان الخامس والسادس فإنهما خصصا لشرح خواص الماء الطبيعية وعلاقته بالتربة، إضافة إلى نظرية الماء الشعري والشد الرطوبي في داخل المسافات البينية لجزيئات التربة، والتركيز على نظرية الماء في الأنابيب الشعرية ومنحنى الشد الرطوبي وطرق قياسه مع توضيح لظاهرة التخلف.

يناقش الفصل السابع قياس وتقدير الإيصالية المائية، والعوامل المؤثرة فيها، والتركيز على الإيصالية المائية المشبعة، وطرق قياسها في التربة المشبعة، وغير المشبعة، إضافة إلى شرح طرق التقدير الحسابي للإيصالية المائية غير المشبعة، ومدى تأثير تغير درجة الحرارة عليها. كما تطرق الفصل الثامن إلى عملية رشح الماء في التربة وعلاقته بصرف الأراضي الزراعية، والعوامل المؤثرة عليه، والطرق التقريبية لتقدير الرشح، وطرق قياسه، والقوى المتحكمة فيه، إضافة للعوامل المساعدة في عملية الرشح.

تناول الفصل التاسع سريان الماء في التربة المشبعة، وغير المشبعة، وكيفية تدفق السوائل في الوسط المسامي، وأهم القوانين التي تصف حركة الماء مثل قانون دارسي، الذي يوضح حركة الماء الأرضي داخل التربة، أسهب هذا الفصل في كيفية استنتاج هذا القانون المهم، والمعادلات الأخرى التي تبين كيفية حركة الماء في التربة، منها معادلة الاستمرارية، ومعادلة ريتشارد، معادلة بوسينسك.

تطرق الفصلين العاشر والحادي عشر إلى موضوع السريان نحو المصارف، والحلول العددية لتصميم نظم الصرف مثل طريقة الفروق المنتهية، وطريقة العناصر المنتهية، ناقش الفصل الثاني عشر تقدير المسافة بين المصارف المثلى، منها المسافة البينية للمصارف المتوازية، وتحديد عمقها، وعمق المياه الأرضية. وتطبيق للمعادلات المستخدمة في تقدير هذه المسافات التي تعتمد بالأساس على فرضية ديبوي-فورشايمر، وتقدير العمق المكافئ للطبقة الصماء، وتطرق هذا الفصل إلى أهم المعادلات المستخدمة في تقدير المسافات البينية في حالة التدفق المستقر، وغير المستقر.

تناول الفصل الثالث عشر تصميم وتخطيط المصارف، بنوعيها المكشوفة، والمغطاة، وناقش ايضاً التشريعات المعمول بها محلياً لتنفيذ مشاريع صرف جديدة، وبين تصنيف المصارف كالصـرف المغطى، والصرف السطحية وسعته، مع شرح لمواصفات أنابيب الصرف المغطى، وتصميم المرشحات والمنشآت اللازمة لشبكة

الصرف المغطى، وتصميم قطاعات المصارف المفتوحة، مع شرح لخطوات تصميم شبكات الصرف، والصيانة الدورية لكلا النوعين من المصارف المفتوحة والمغطاة. وتطرق هذا الفصل ايضاً إلى المصارف الفراغية (الديدانية)، الصـرف العمودي (الآبار)، ومصارف التخفيف، والمصارف القاطعة، بالإضافة إلى دراسة أنماط شبكات صرف التخفيف، وأثار الصرف البيئية، وتوضيح أهمية الجدوى الاقتصادية للمصارف، وأخيراً استنتج هذا الفصل بأن عملية التخطيط لأي نظام صرف جيد تستغرق بعض الوقت، مع الأخذ بالاعتبار عدة عناصر مهمة منها التشريعات والقوانين المحلية، ومعلومات عن تربة الموقع، والجدوى الاقتصادية.

يمتاز هذا الكتاب باحتوائه على كم الكبير من الأمثلة التوضيحية لتساهم في تفسير النظريات والمفاهيم الأساسية، مما يتيح فرصة للقارئ لأن يتابع عن كثب كيفية تطبيق وتوظيف المبادئ الأساسية الموجزة للوصول إلى الحلول الكاملة اللازمة لتصميم النظام. وعليه فإن هذه الأمثلة التطبيقية ما هي إلا جزء مكمل للكتاب. تنتهي جميع فصول الكتاب – ما عدا الفصل الثالث عشر – بمجموعة من الأمثلة والتمارين، وضعت لتساعد القارئ على ممارسة مهاراته التي اكتسبها خلال دراسته واستيعابه للمادة العلمية في كل فصل. أما طبيعة المسائل فهي من النوع الحسابي التي يتوقع أن يتعامل معها المهندسون بشكل عام، وهذه قد تعالج حالة واحدة، أو جزء من نظام، وأحياناً أخرى قد تطرح بعض المقترحات، أو الاستفسارات التي لا تزال بحاجة إلى مزيدٍ من البحث والتقصي.

كثير من الحالات ضمن هذا المرجع قد وُضِعت بطريقة تعتمد على استنباط المادة التعليمية الحديثة وتوفيرها للطلبة، والمقصود هنا طلبة الهندسة في المراحل التعليمية المتقدمة المتخصصين بتصميم نظم الصرف الزراعي.

المقدمة

يواجه المهندس الزراعي خلال أعماله الميدانية والمكتبية عدة مشاكل، منها ما هي تصميمية، أو تنفيذية تتعلق بدراسة وتصميم مشاريع الصرف المختلفة، ولا شك أن هذه المشاكل قد تكون متقاربة، أو متباينة الطبيعة. تم جمع هذه المشاكل وحصرها في هذا المؤلف الذي يقدِّم نبذة عن هندسة الصرف مع كم زاخرٍ بالأمثلة التوضيحية المحلولة، وبعض من التمارين لتساعد المهندس، وطالب الهندسة الزراعية على الإدراك الوافي والأساسي في تصميم نُظم الصرف، والدراسات اللازمة لإدارة هذا النوع من المشاريع، ووضع الخطط والاستراتجيات اللازمة لها. يعتمد التصميم عادةً على مدى دقة المعادلة، والبيانات المستخدمة في حسابات تباعد المصارف، وأعماقها، وسعتها. لقد اجتهد الباحثون في هذا المجال، ووفروا العديد من المعادلات المتباينة في فروضها، وخلفياتها النظرية، لاستخدامها في التصميم، وشهد التقدم العلمي والبحثي خلال العقود الأخيرة من القرن الماضي تسارعاً كبيراً وتطوراً هائلاً في جميع مجالات العلوم النظرية والتطبيقية بما فيها مجال الهندسة الزراعية بكافة مساراتها، خاصة ما يتعلق بالصرف الزراعي، ومياه الري، وترشيد استخداماته لما تشكله هذه العنصر من أهمية حيوية، وحياتية، لسائر الكائنات الحية في كوكب الأرض.

في مجال هندسة الري والصرف اهتمت الدراسات بتحديث المعادلات الخاصة بالتصاميم، والتوصل إلى أفضل وأسهل الطرق في التطبيق، وهذا الكتاب ما هو إلا باكورة نتاج جهد يسير نقدمه لينتفع به ذوو الاهتمام بهندسة الصرف، خاصة لطلبة العلم، والباحثين، والمهندسين في بلادنا الواسعة الأرجاء، التي تعاني معظمها من شح في مصادرها المائية، والإفراط في استخداماته.

إنجاز هذا الكتاب بصورته الحالية كان أمراً غير ممكن لولا فضل الله ثم إتاحة التسهيلات وتوفير الإمكانيات من قبل جامعة الملك سعود، لذا نتقدم بالشكر والعرفان للجامعة ممثلة في مركز البحوث الزراعية ومطابع الجامعة، ويتواصل الشكر والتقدير للمُحكِّمين الذين حَكَّموا هذا العمل، وأثروه بملاحظاتهم القيمة، آملين أن نكون قد وُفِّقنا في مسعانا، وحققنا الهدف المرجو من وراء تأليف هذا الكتاب.

المؤلف

المحتويات

الشكر والتقدير ..... هـ
تقديم ..... ز
المقدمة ..... ك

الفصل الأول: الصرف الزراعي واهدافه ١
(١ , ١) مقدمة ١
(٢ , ١) الصرف الزراعي ٢
(٣ , ١) الصرف عبر التاريخ ٣
(٤ , ١) الصرف في المملكة وأقطار العالم ٤
(٥ , ١) الصرف وعمق الجذور ٧
(٦ , ١) مراحل تطور معادلات الصرف ١٢
(٧ , ١) فوائد الصرف ١٣
(٨ , ١) أهداف الصرف وأغراضه ١٩
(١ , ٨ , ١) الصرف في المناطق الرطبة ٢٠

(٢ , ٨ , ١) الصرف في المناطق الجافة وشبه الجافة ٢١
(٩ , ١) الصرف والبيئة والمجتمع ٢٢
(١٠ , ١) تمارين ٢٥
(١١ , ١) المراجع ٢٦

الفصل الثاني: مصدر وطبيعة مشاكل الصرف ٢٧
(١ , ٢) مقدمة ٢٧
(٢ , ٢) التغدق ٢٨
(٣ , ٢) التغدق وعلاقته بالملوحة ٢٨
(٤ , ٢) أضرار التغدق ٣٢
(١ , ٤ , ٢) صحة وبيئة الإنسان ٣٢
(٢ , ٤ , ٢) حالة الحيوان ٣٢
(٣ , ٤ , ٢) أمراض النبات ٣٣
(٤ , ٤ , ٢) تأثير التغدق على التربة ٣٤
(٥ , ٤ , ٢) تأثير ارتفاع الماء الأرضي على الإنتاجية ٣٥
(٥ , ٢) مسببات التغدق ٣٦
(٦ , ٢) السيطرة على التغدق ٣٧
(٧ , ٢) دلائل مشاكل الصرف ٣٨
(٨ , ٢) أبعاد مشاكل الصرف ٣٩
(٩ , ٢) الأراضي المتأثرة بمشاكل الصرف ٤٠
(١٠ , ٢) الصرف السطحي والصرف الباطني ٤٢

(١١ , ٢) مساحة الأراضي الزراعية ٤٢
(١٢ , ٢) حاجة الأراضي المروية للصرف ٤٦
(١٣ , ٢) أمثلة ٤٨
(١٤ , ٢) تمارين ٤٩
(١٥ , ٢) المراجع ٥١

الفصل الثالث: الدراسات اللازمة لتخطيط وتصميم نظم الصرف ٥٣
(١ , ٣) مقدمة ٥٣
(٢ , ٣) تخطيط وتصميم مشاريع الصرف ٥٤
(٣ , ٣) الدراسات الاستطلاعية ٥٦
(١ , ٣ , ٣) مراحل الدراسات الاستطلاعية ٥٦
(٢ , ٣ , ٣) أهمية نتائج الدراسات الاستطلاعية ٥٨
(٣ , ٣ , ٣) تحديد منشآت المشروع ٥٩
(٤ , ٣ , ٣) جمع البيانات الأساسية ٥٩
(٥ , ٣ , ٣) استطلاع مشاكل الصرف ٦٦
(٤ , ٣) الدراسات التصميمية ٦٩
(١ , ٤ , ٣) نتائج الدراسات التصميمية ٧٠
(٢ , ٤ , ٣) كثافة أخذ النماذج ٧٠
(٢ , ٤ , ٣) طريقة المسح ٧١
(٥ , ٣) دراسات المياه الأرضية والجوفية ٧٢
(١ , ٥ , ٣) أهداف مسح الماء الأرضي ٧٢

(٢ , ٥ , ٣) الدراسات التمهيدية للماء الأرضي ٧٢
(٣ , ٥ , ٣) منسوب الماء الأرضي ٧٣
(٤ , ٥ , ٣) نوعية المياه..... ٧٣
(٦ , ٣) وسائل رصد الماء الأرضي ٧٤
(١ , ٦ , ٣) طرق قياس الماء الأرضي ٧٤
(٢ , ٦ , ٣) أجهزة قياس منسوب الماء..... ٧٧
(٧ , ٣) أمثلة..... ٨١
(٨ , ٣) تمارين..... ٨٥
(٩ , ٣) المراجع ٨٦

الفصل الرابع: الملوحة والتملح وطرق المعالجة ٨٧
(١ , ٤) مقدمة ٨٧
(٢ , ٤) مصطلحات الملوحة..... ٨٩
(١ , ٢ , ٤) التوصيل الكهربائي..... ٨٩
(٢ , ٢ , ٤) الأملاح الكلية الذائبة..... ٩٢
(٣ , ٢ , ٤) نسبة ادمصاص الصوديوم ٩٢
(٤ , ٢ , ٤) كربونات الصوديوم المتبقية..... ٩٥
(٥ , ٢ , ٤) الأس الهيدروجيني (درجة الحموضة)..... ٩٥
(٣ , ٤) تكوين الأملاح في التربة..... ٩٦
(٤ , ٤) تأثير الأملاح على النبات والتربة..... ٩٧
(٥ , ٤) مسببات تراكم الأملاح..... ٩٩

(٤ , ٦) تصنيف الترب المتأثرة بالملوحة ١٠٠
(٤ , ٦ , ١) الترية الملحية..... ١٠١
(٤ , ٦ , ٢) الترية الملحية- الصودية..... ١٠٣
(٤ , ٦ , ٣) الترية الصودية..... ١٠٣
(٤ , ٧) إدارة واستصلاح الأراضي ١٠٤
(٤ , ٧ , ١) استصلاح الأراضي المتأثرة بالملوحة ١٠٤
(٤ , ٧ , ٢) استصلاح الأراضي الملحية- الصودية..... ١٠٨
(٤ , ٧ , ٣) استصلاح الأراضي الصودية..... ١١١
(٤ , ٨) تأثير مياه الآبار..... ١١٢
(٤ , ٩) تحسين خواص الترية الفيزيائية..... ١١٣
(٤ , ١٠) الطرق العامة لاستصلاح الأراضي..... ١١٣
(٤ , ١١) غسل الأراضي لإزالة الأملاح ١١٥
(٤ , ١١ , ١) خطوات غسل الترية ١١٦
(٤ , ١١ , ٢) طرق الغسل ١٢٠
(٤ , ١١ , ٣) عيوب عملية الغسل ١٢١
(٤ , ١١ , ٤) الاحتياجات الغسيلية ١٢٢
(٤ , ١١ , ٤ , ١) العوامل المؤثرة على مقدار الاحتياجات الغسيلية ١٢٢
(٤ , ١١ , ٤ , ٢) الاحتياجات الغسيلية لحالات خاصة ١٢٥
(٤ , ١١ , ٥) درجة تحمل النباتات للملوحة..... ١٢٥
(٤ , ١٢) تحليل الترية ١٣٠
(٤ , ١٣) أمثلة ١٣٢

(١٤ , ٤) تمارين ١٤٠
(١٥ , ٤) المراجع ١٤٣

الفصل الخامس: الماء وخواصه الطبيعية وعلاقته بالتربة ١٤٥
(١ , ٥) مقدمة ١٤٥
(٢ , ٥) صفات الماء الطبيعية ١٤٧
(١ , ٢ , ٥) كثافة الماء ١٤٧
(٢ , ٢ , ٥) لزوجة الماء ١٤٨
(٣ , ٢ , ٥) الوزن النوعي ١٥١
(٣ , ٥) طاقة المياه ١٥٢
(١ , ٣ , ٥) الطاقة الحركية ١٥٢
(٢ , ٣ , ٥) الطاقة الكامنة ١٥٣
(٤ , ٥) التداخل بين مكونات التربة ١٥٦
(٥ , ٥) علاقات التربة بالماء ١٥٨
(٦ , ٥) علاقات إضافية ١٦٣
(٧ , ٥) أمثلة ١٦٧
(٨ , ٥) تمارين ١٨١
(٩ , ٥) المراجع ١٨٦

الفصل السادس: حركة الماء وتوزيعه في التربة ١٨٧
(١ , ٦) مقدمة ١٨٧

(٦,٢) القوى المسببة لحركة الماء في التربة ١٨٨
(٦,٣) سرعة التدفق الظاهرية والحقيقية ١٨٩
(٦,٤) حركة الماء في التربة متعددة الطبقات ١٩٠
(٦,٤,١) حركة الماء الأفقية ١٩٣
(٦,٤,٢) حركة الماء الرأسية ١٩٥
(٦,٥) ماء التربة في حالة السكون ١٩٨
(٦,٦) الطبقات الحاملة للمياه الأرضية ٢٠٠
(٦,٧) تصنيف ماء التربة ٢٠١
(٦,٧,١) ماء التربة السطحي ٢٠١
(٦,٧,٢) الماء الهيجروسكوبي ٢٠٢
(٦,٧,٣) الماء المجتذب ٢٠٣
(٦,٧,٤) الماء الأرضي ٢٠٤
(٦,٧,٥) الماء الشعري ٢٠٥
(٦,٨) نظرية الماء الشعري والشد الرطوبي ٢٠٥
(٦,٩) قوى الخاصية الشعرية ٢٠٥
(٦,١٠) نظرية الماء في الأنابيب الشعرية ٢٠٨
(٦,١١) خواص ماء التربة ٢١٣
(٦,١٢) منحنى الشد الرطوبي ٢١٥
(٦,١٣) قياس الشد الرطوبي ٢١٧
(٦,١٤) ظاهرة التخلف ٢٢٢
(٦,١٥) أمثلة ٢٢٥

(٦,١٦) تمارين ٢٥٥
(٦,١٧) المراجع ٢٦١

الفصل السابع: قياس وتقدير الإيصالية المائية ٢٦٣
(٧,١) مقدمة ٢٦٣
(٧,٢) الايصالية المائية وعلاقتها بقانون دارسي ٢٦٤
(٧,٣) العوامل المؤثرة في الإيصالية المائية ٢٦٥
(٧,٤) الايصالية المائية المشبعة ٢٦٨
(٧,٤,١) مدى ملاءمة طرق القياس ٢٦٩
(٧,٤,٢) طرق قياس الإيصالية المشبعة ٢٧١
(٧,٤,٢,١) مقياس الضاغط الثابت ٢٧١
(٧,٤,٢,٢) مقياس الضاغط المتغير ٢٧٢
(٧,٤,٢,٣) طريقة الرشح ٢٧٥
(٧,٤,٢,٤) طريقة حفرة البريمة للتربة المتجانسة ٢٧٧
(٧,٤,٢,٥) طريقة حفرة البريمة الواحدة للترب الطبقية ٢٨٨
(٧,٤,٢,٦) طريقة الحفرتين ٢٩٢
(٧,٤,٢,٧) طريقة البيزومتر ٢٩٣
(٧,٤,٢,٨) الطريقة المعكوسة لحفرة البريمة ٢٩٦
(٧,٥) الإيصالية المائية غير المشبعة ٢٩٧
(٧,٦) طرق قياس الموصلية المائية غير المشبعة ٢٩٨
(٧,٦,١) أجهزة التسرب ٢٩٩

(٢ ,٦ ,٧) أجهزة قياس معدل الرشح ٢٩٩
(٣ ,٦ ,٧) اختبارات ضخ المياه الجوفية ٢٩٩
(٤ ,٦ ,٧) تحليل حبيبات التربة ٣٠٠
(٥ ,٦ ,٧) التقدير الحسابي للإيصالية المائية غير المشبعة ٣٠٠
(٧ ,٧) تأثير تغير درجة الحرارة على الموصلية المائية..... ٣٠٢
(٨ ,٧) تأثير تغيير نسبة الفراغات على الموصلية المائية ٣٠٣
(٩ ,٧) تشابه وتباين خواص التربة ٣٠٣
(١٠ ,٧) النفادية..... ٣٠٥
(١١ ,٧) أمثلة ٣٠٨
(١٢ ,٧) تمارين ٣١٧
(١٣ ,٧) المراجع..... ٣٢٠

الفصل الثامن: رشح الماء في التربة ٣٢١
(١ ,٨) مقدمة ٣٢١
(٢ ,٨) تعريف الرشح ٣٢٢
(٣ ,٨) سعة الرشح ٣٢٣
(٤ ,٨) القوى المتحكمة في الرشح..... ٣٢٤
(٥ ,٨) العوامل المساعدة في عملية الرشح ٣٢٥
(٦ ,٨) أهمية الرشح ٣٢٨
(٧ ,٨) أسباب انخفاض معدل الرشح ٣٣٠
(٨ ,٨) توزيع المياه في التربة أثناء الرشح ٣٣٢

(٨,٩) العوامل المؤثرة في الرشح ٣٣٣
(٨,١٠) طرق قياس الرشح ٣٣٩
(٨,١٠,١) طريقة الرش ٣٣٩
(٨,١٠,٢) طريقة الاسطوانة ٣٤٠
(٨,١٠,٣) عيوب طريقة الاسطوانة ٣٤٤
(٨,١١) الطرق التقريبية لتقدير الرشح ٣٤٥
(٨,١٢) معادلات تقدير الرشح ٣٤٧
(٨,١٣) أمثلة ٣٥٢
(٨,١٤) تمارين ٣٦٦
(٨,١٥) المراجع ٣٧١

الفصل التاسع: السريان في التربة المشبعة وغير المشبعة ٣٧٣
(٩,١) مقدمة ٣٧٣
(٩,٢) التماثل بين قانون دارسي وقوانين أخرى ٣٧٥
(٩,٣) صيغة قانون دارسي ٣٧٦
(٩,٤) استنتاج قانون دارسي ٣٧٩
(٩,٥) صحة قانون دارسي ٣٨٤
(٩,٦) تطبيقات على قانون دارسي ٣٨٣
(٩,٧) معادلة الاستمرارية ٣٨٩
(٩,٨) معادلة ريتشارد ٣٩٢
(٩,٩) معادلة بوسينسك ٣٩٨

(١ ,٩ ,٩) معادلة بوسينسك الخطية ٣٩٩
(٢ ,٩ ,٩) معادلة بوسينسك غير الخطية ٤٠٢
(١٠ ,٩) أمثلة ٤١٣
(١١ ,٩) تمارين ٤٢٩
(١٢ ,٩) المراجع ٤٣٣

الفصل العاشر: السريان نحو المصارف ٤٣٥
(١ ,١٠) مقدمة ٤٣٥
(٢ ,١٠) أهم الشروط الحدودية ٤٣٦
(٣ ,١٠) سطح الطبقة الصماء ٤٣٧
(٤ ,١٠) السطوح المتناظرة ٤٣٨
(٥ ,١٠) الشروط الحدودية للسطح الحر ٤٤٠
(١ ,٥ ,١٠) سطح التسرب ٤٤٠
(٢ ,٥ ,١٠) المعادلة التفاضلية الجزئية المتحكمة ٤٤٠
(٦ ,١٠) الجريان المستقر ٤٤١
(١ ,٦ ,١٠) التصرف ما بين الخزانات في حالة عدم وجود تغذية ٤٤٨
(٧ ,١٠) حل معادلة بوسينسك ٤٤٨
(١ ,٧ ,١٠) الحلول التحليلية ٤٤٩
(٢ ,٧ ,١٠) شبكة الجريان ٤٤٩
(٣ ,٧ ,١٠) الخطوات الرئيسية لاستخدام شبكة الجريان ٤٥٠
(٤ ,٧ ,١٠) حساب التصرف من شبكة الجريان ٤٥١

(٨, ١٠) أمثلة ٤٥٥
(٩, ١٠) تمارين ٤٥٧
(١٠, ١٠) المراجع ٤٦٠

الفصل الحادي عشر: مقدمة في الحلول العددية لتصميم نظم الصرف ٤٦٣
(١, ١١) مقدمة ٤٦٣
(٢, ١١) أجهزة الكمبيوتر ٤٦٤
(٣, ١١) طريقة الفروق المنتهية ٤٦٦
(١, ٣, ١١) ملخص الطريقة ٤٧٤
(٤, ١١) طريقة العناصر المنتهية ٤٧٥
(٥, ١١) **تمارين** ٤٧٧
(٦, ١١) المراجع ٤٨٠

الفصل الثاني عشر: المسافة بين المصارف ٤٨٣
(١, ١٢) مقدمة ٤٨٣
(٢, ١٢) معامل الصرف ٤٨٤
(١, ٢, ١٢) تقدير قيمة معامل الصرف ٤٨٦
(٣, ١٢) فرضية ديبوي فورشايمر ٤٨٧
(٤, ١٢) العوامل المؤثرة في المسافة بين المصارف ٤٨٩
(٥, ١٢) العمق المكافئ ٤٩٠
(٦, ١٢) المسافة بين المصارف في حالة الجريان المستقر ٤٩٤

(١ ,٦ ,١٢) معادلة دونان العامة ٤٩٧
(٢ ,٦ ,١٢) معادلة دونان للترب الطبقية..... ٥٠٢
(٣ ,٦ ,١٢) معادلة هوغاوت ٥٠٤
(٤ ,٦ ,١٢) معادلة كيركام..... ٥٠٨
(٥ ,٦ ,١٢) معادلة داكان ٥١٢
(٦ ,٦ ,١٢) معادلة فان بيرز ٥١٤
(٧ ,٦ ,١٢) معادلة إرنست ٥١٦
(١ ,٧ ,٦ ,١٢) حالات استخدام معادلة إرنست..... ٥١٧
(٢ ,٧ ,٦ ,١٢) ملخص خطوات معادلة إرنست..... ٥٢٢
(٧ ,١٢) المسافة بين المصارف في حالة الجريان غير المستقر..... ٥٢٥
(٨ ,١٢) التدفق المستقر للمياه الأرضية ما بين الخزانات المائية..... ٥٢٨
(١ ,٨ ,١٢) تدفق الماء الأرضي في حالة عدم وجود تغذية سطحية (R= 0)..... ٥٣٠
(٢ ,٨ ,١٢) تدفق الماء الأرضي في حالة وجود تغذية سطحية (R≠0) ٥٣١
(٣ ,٨ ,١٢) مقدار التصرف بين الخزانات ٥٣٢
(٩ ,١٢) أمثلة ٥٣٤
(١٠ ,١٢) تمارين ٥٧٥
(١١ ,١٢) المراجع ٥٨٥

الفصل الثالث عشر: تصميم وتخطيط المصارف ٥٨٧
(١ ,١٣) مقدمة..... ٥٨٧
(٢ ,١٣) تشريعات تنفيذ مشاريع جديدة ٥٨٨

(٣, ١٣) تصنيف المصارف.....٥٨٩
(٤, ١٣) الصرف المغطى.....٥٩١
(١, ٤, ١٣) سعة المصارف.....٥٩٢
(٢, ٤, ١٣) أنواع أنابيب الصرف.....٥٩٥
(٣, ٤, ١٣) مواصفات أنابيب الصرف المغطى.....٥٩٧
(٤, ٤, ١٣) اختبار الأنابيب.....٥٩٧
(٥, ٤, ١٣) موقع المصارف المغطاة.....٥٩٨
(٦, ٤, ١٣) تصميم المرشحات.....٥٩٨
(٧, ٤, ١٣) السرعة والميل.....٦٠٢
(٨, ٤, ١٣) إجراءات هامة عند التنفيذ.....٦٠٣
(٩, ٤, ١٣) تخطيط الصرف المغطى.....٦٠٣
(١٠, ٤, ١٣) تحديد أقطار الأنابيب.....٦٠٤
(١١, ٤, ١٣) المنشآت اللازمة لشبكة الصرف المغطى.....٦٠٦
(١٢, ٤, ١٣) صيانة المصارف.....٦١٢
(١, ١٢, ٤, ١٣) صيانة المصارف المغطاة.....٦١٢
(٢, ١٢, ٤, ١٣) صيانة الصرف السطحي.....٦١٣
(١٣, ٤, ١٣) المصارف الفراغية (الديدانية).....٦١٣
(٥, ١٣) الصرف السطحي.....٦١٦
(١, ٥, ١٣) ميل المصارف السطحية.....٦١٦
(٢, ٥, ١٣) قواعد عامة لاختيار الانحدار المناسب.....٦١٦
(٣, ٥, ١٣) تصميم قطاعات المصارف المفتوحة.....٦١٨

(٦, ١٣) الصرف العمودي (الآبار) ٦٢٢
(٧, ١٣) خطوات تصميم شبكات الصرف ٦٢٢
(١, ٧, ١٣) العمق والمسافة بين المصارف ٦٢٥
(٢, ٧, ١٣) مصارف التخفيف ٦٢٥
(١, ٢, ٧, ١٣) أنماط شبكات صرف التخفيف ٦٢٦
(٣, ٧, ١٣) المصارف القاطعة ٦٢٨
(١, ٣, ٧, ١٣) تصميم المصارف المتوازية المخففة ٦٣١
(٢, ٣, ٧, ١٣) تصميم المصارف القاطعة ٦٣٣
(٤, ٧, ١٣) تخطيط مواقع المصارف ٦٣٥
(٥, ٧, ١٣) مزايا وعيوب المصارف المفتوحة والمغطاة ٦٣٥
(٨, ١٣) جودة التنفيذ ٦٣٨
(٩, ١٣) الآثار البيئية ٦٣٨
(١٠, ١٣) الجدوى الاقتصادية ٦٣٨
(١١, ١٣) أمثلة ٦٤٠
(١٢, ١٣) تمارين ٦٥٠
(١٣, ١٣) المراجع ٦٥٣

ثبت المصطلحات ٦٥٥
أولاً: عربي - إنجليزي ٦٥٥
ثانياً: إنجليزي - عربي ٦٦٠
كشاف الموضوعات ٦٦٥