الفصل الحادي عشر

الإدارة العقلية للري الآلي

(١١,١) مفهوم نظام الري الآلي لترشيد مياه الري

يمكن تعريف الري الآلي أو الري الذكي بأنه القيام بعملية إضافة مياه الري المطلوبة في الوقت المناسب للمحصول المزروع كل رية أثناء الموسم. للقيام بعملية الري الذكي يتطلب استخدام مجسات وأجهزة إلكترونية والتي تساعد في اتخاذ ذلك القرار لتحديد زمن الري وكمية مياه الري المطلوب إضافتها كل رية.

تعتمد نظرية التحكم الآلي على مجموعة من الأساليب الرياضية والتي تنظم تحكم جزء أو مكون ما في فاعلية وعمل جزء آخر في نظام أو حلقة تربط بين تلك الأجزاء. وتعد عملية التشغيل الآلي من الأمور المعروفة والمتناسقة مع نظم الري الحديثة رغم أن استخدامها على نطاق واسع لا يزال محدود. وتتم آلية النظام بواسطة أجهزة تحكم إلكترونية وقد يستخدم الحاسب الآلي، ولا تتوقف وظيفتها على إغلاق أو فتح الصمامات بل تتعدى ذلك لتؤدي وظائف تحكم كثيرة أخرى تشمل: تشغيل نظام الري عند ظروف مختلفة، حقن المخصبات والمواد الكيميائية، غسل المرشحات، تشغيل المضخات، وغيرها. كما تشمل وظائف التحكم الآلي إيقاف النظام عند حصول خلل طارئ أو عند الحاجة إلى الصيانة.

تطورت في السنوات الأخيرة طرق تشغيل نظم الري الحديثة آلياً بدلاً من الطريقة التقليدية التي تعتمد على الأيدي العاملة في تشغيل وإيقاف نظام الري يدوياً. حيث يوجد عدة طرق في تشغيل نظام الري حسب حاجة النباتات إلى مياه الري آلياً بحيث يمكن التحكم الآلي في كمية ووقت الري بواسطة أجهزة التحكم وأجهزة قياس رطوبة التربة الموجودة بالحقل. وتختلف طرق التشغيل الذاتي حسب الأجهزة الموجودة فقد يوجد طرق تعتمد على قياس رطوبة التربة أو عناصر المناخ ثم حساب كمية مياه الري المطلوبة ووقت الري ثم التشغيل يدوياً. وهناك بعض الطرق التي يتم فيها حساب جدولة الري ثم التشغيل والإيقاف آليا بدون تدخل الإنسان بواسطة دوائر

مغلقة يتم عن طريقها نقل المعلومات إلى الحاسب الآلي أو جهاز التحكم الإلكتروني الذي بدوره يقوم بعملية التشغيل والإيقاف لنظام الري آلياً بواسطة برنامج موجود بالحاسب الآلي.

وتتضمن نظم التحكم الآلي الحديثة مميزات اختزان وتحليل المعلومات التي تتلقاها مباشرة من الحقل خلال عملية التشغيل مثل معدل التصرف، سرعة الرياح، ضغط التشغيل، حجم الماء، رطوبة التربة، درجة الحرارة، كمية الأمطار وغيرها، ويمكن استعمال هذه المعلومات للجدولة المثلى للري.

يوفر التشغيل الآلي، بصفة عامة، برنامج مرن للري فيزيد من كفاءة الري وانتظامية وتجانس توزيع المياه. إن تكلفة التشغيل الآلي الكامل ليست عالية في الوقت الحاضر، كما أن المميزات في اتباع تقنية التشغيل الآلي المتمثلة في توفير الماء والطاقة والعمالة تبرر أهمية اتباع التشغيل الآلي. وتفيد دراسات الجدوى الاقتصادية حول التشغيل الآلي للنظم الكبيرة أنه يمكن توفير ما بين ١٠٪ و ٣٠٪ من الماء وبين ١٥٪ إلى ٣٥٪ من الطاقة. كما لوحظ أن الإنتاج يمكن أن يزيد بمقدار لا يقل عن ٥٪ باستخدام التشغيل الآلي.

(١١,٢) مميزات نظام الري الآلي

توفر نظم الري الآلية ونصف الآلية احتمالات تشغيل عديدة، فهي تحتوي على أجهزة تحكم كثيرة تتراوح بين عدادات المياه التي تغلق بعد تصريف حجم معين من الماء إلى نظام آلي متكامل يتحكم في تشغيل الري بالكامل في الحقل. كما توفر نظم التحكم الآلي المميزات التالية:

١- التحكم السليم في الكمية المحددة والوقت المناسب للري والتي تنعكس نتائجها على جودة ووفرة الإنتاج وتوفير المياه.

٢- توفير في عدد ساعات تشغيل نظم الري والعمالة والنقل وجميع التكاليف التي تتعلق بفتح أو غلق أنابيب الري في الحقل.

٣ - يوفر مرونة ويلائم التخطيط لبرامج العمل في المزرعة، فلا يحتاج المشغل أو العامل إلى الذهاب إلى الحقل في الليل أو أي وقت غير مناسب مثل نهاية الأسبوع.

٤- عند تصميم المزارع التي تستخدم التحكم الآلي يمكن توفير جزء من تكلفة المشروع حيث تستعمل أنابيب ذات أقطار أصغر ومحطات ضخ ذات قدرة أقل وعدد أقل من الصمامات.

(٣, ١١) الري الذكي ووحدات التحكم الذكية

الري الذكي هو إضافة مياه الري المطلوبة في الوقت المناسب للمحصول المزروع باستخدام مجسات وأجهزة اليكترونية التي تساعد في اتخاذ ذلك القرار. ويعتمد الري الذكي على أنظمة ومجسات إلكترونية حديثة لها القدرة على جمع البيانات وتحليلها واتخاذ قرارات بدء الري أو إيقافه وإرسالها إلى أجهزة تحكم آلية تتحكم بأجزاء نظام الرش أو نظام الري بالتنقيط، وهذه الأجزاء تمثل الجزء الذكي من النظام لها القدرة على إضافة المياه إلى الحقل بالكميات اللازمة في الأوقات المناسبة لديمومة الإنتاج الزراعي لتحقيق مستويات عالية في كفاءة الري والإنتاج والطاقة وإضافة الأسمدة.

أما وحدات التحكم الذكية فهي التكنولوجيا الناشئة لتعديل تطبيقات الري على أساس عناصر الطقس الفعلية وظروف التربة. مفهوم ضبط زمن الري وكمية الري تلقائياً لتلبية احتياجات الطلب للنبات حسب المناخ والظروف الجوية السائدة بدأت حديثاً مع هذه التكنولوجيا. ظهرت ما يسمى وحدات التحكم الذكية في الري للاستخدام في التطبيقات السكنية والتجارية منذ عام ٢٠٠٠ في وقت مبكر ثم بعد ذلك بدأ استخدامها في الحقول الزراعية ولكن على نطاق أقل. وتم تعريف هذه الوحدات من قبل جمعية الري الأمريكية بأنها وحدات تحكم ذكية تقلل من استخدام مياه الري من خلال رصد واستخدام المعلومات حول ظروف الموقع (مثل الرطوبة في التربة، الأمطار، الرياح، نوع التربة والنبات، الخ)، وإضافة مياه الري المطلوبة على أساس تلك العوامل. وهذه الوحدات الذكية ستحدد زمن الري والكمية المضافة من مياه الري وفترة الري أثناء الموسم وفقاً للبيانات المناخية أو رطوبة التربة في منطقة المجموع الجذري أثناء كل رية. فهي ستخفض زمن الري في الأشهر الباردة وتزيد زمن الري في الأشهر الحارة والجافة.

باختصار، وحدة التحكم الذكية تكون "ذكية" نظرا لردود الفعل التي وردت من نظام الري سواء كانت قياسات المناخ أو قياسات رطوبة التربة. ثم يتم استخدام هذه البيانات لضبط تطبيق الري لتتناسب مع احتياجات النبات. وفي المقابل وحدة التحكم "غير الذكية" مثل ضبط الري على زمن ساعة ري محدة هي ببساطة تضيف مياه الري حسب البرمجة المحددة بغض النظر عن احتياجات النبات المروي الفعلية.

وبالتالي يعتمد الري الذكي في اتخاذ قرارات الري أي وقت الري ومدته على إحدى طرق التحكم التالية:

١ – مجسات رطوبة التربة Soil moisture sensors

وفي هذه الطريقة يتم القياس المباشر لرطوبة التربة باستخدام مجسات رطوبة التربة مثل التنشيوميترات أو وترمارك watermark التي تقوم بقياس الشد الرطوبي خلال قطاع التربة، ومن ثم تحويلها إلى إشارة كهربائية

بواسطة محول transducer مثبت على المجس يقوم بنقل هذه الإشارات (عبر نظام نقل المعلومات الذي قد يكون بالراديو أو نظام الأشعة تحت الحمراء أو عبر أسلاك كهربائية تصل بين جامع البيانات والحاسب الآلي) إلى جهاز التحكم الرئيس الذي يعطي أمر التشغيل والإيقاف لنظام الري.

٢- محطة الأرصاد الآلية Automatic weather station

تشتمل المحطة على عدة مجسات لقياس عناصر المناخ مثل درجة الحرارة الجوية والرطوبة النسبية وسرعة واتجاه الرياح والإشعاع الشمسي وكمية المطر. ويتم قياس قيم هذه العناصر كل فترة محددة مثل ٣٠ دقيقة (يتم تحديد هذا الزمن من قبل القائم بعملية الري) في جهاز لجمع البيانات مثبت في المحطة الذي يقوم أيضاً بتخزين ونقل البيانات إلى الحاسب الآلي الذي يقوم بتحديد كمية مياه الري وزمن الري ثم إصدار أمر التشغيل أو الأيقاف لعملية الري. الحاسب الآلي قد تكون مجهزة به محطة الأرصاد أو موجود في مكان آخر مثل غرفة التحكم القريبة من محطة الأرصاد ونظام الري. تتم عملية نقل البيانات من خلال موجات (إشارات) بالراديو أو عبر أسلاك كهربائية تصل بين جامع البيانات والحاسب الآلي.

هناك العديد من الطرق التي تستخدمها وحدات التحكم لتحديد مقدار زمن الري، عموماً هناك نوعان من وحدات التحكم الذكية:

أولاً: وحدات تحكم مناخية Climatologically

وتعرف هذه الوحدات كذلك بوحدات التحكم للبخر-نتح (Evapotranspiration Controllers). وتعتمد هذه المجسات الذكية على قياس عناصر المناخ مثل درجة الحرارة والرطوبة النسبية والاشعاع الشمسي وسرعة واتجاه الرياح وكمية المطر أثناء فترة زمنية محددة يتم اختيارها من قبل المشغل أو القائم بعملية الري الحقلي. ثم استخدام هذه القياسات لعناصر المناخ في معادلات مثل معادلة بنمان لحساب البخر-نتح للمحصول المزروع والمراد ريه.

هذه الوحدات أو المجسات وظيفتها قياس العناصر المناخية في الحقل لإيجاد البخر-نتح للنبات المروي. ومن المعروف أن البخر-نتح Evapotranspiration (ET) هو عملية النتح من النباتات جنباً إلى جنب مع التبخر الذي يحدث من سطوح النبات والتربة. ويبين الشكل رقم (١١,١) بعض وحدات التحكم الذكية المتوفرة في الأسواق والتي تستخدم في الري.

الشكل رقم (١ , ١١) ثلاث صور لوحدات التحكم المناخية (ET controllers) لشركات تجارية مختلفة يتم استخدامها في الري الذكي.

عموما هناك ثلاث طرق من حيث الحصول على قيم عناصر أو بيانات المناخ ثم استخدامها بواسطة وحدات التحكم المناخية لحساب البخر-نتح للمحصول المزروع والمراد ريه وهي:

١ - بيانات بواسطة الإشارة

في هذه الحالة يتم الحصول على البيانات المناخية من شبكة أرصاد جوية رئيسة أو من محطات الطقس في مناطق مختلفة. يتم الحصول على البيانات المناخية من خلال استلام وحدة التحكم إشارة من وحدات الأتصال المتعددة (الراديو، التليفون، جوال، بيجر ... الخ). ويتم حساب ET نظريا لمحصول مرجعي مثل البرسيم أو العشب لذلك الموقع أو الحقل، بعد ذلك يتم ارسال قيم ET إلى وحدات التحكم المحيطة في مواقع متنوعة من خلال إشارة لاسلكية، في بعض الحالات يتم تعديل قيمة ET المرسلة للمحصول المراد ريه إذا كان وحدة التحكم ليست قريبة من محطة الارصاد، لذلك نجد أن وحدة التحكم بناءاً على قيم ET المرسلة تضبط أوقات تشغيل الري أو أيام الري وكمية مياه الري وفقاً لحالات المناخ على مدار الموسم.

٢ - بيانات تاريخية لقيم ET

هذا النهج للتحكم يستخدم منحنى الاستهلاك المائي للمحاصيل المبرمج مسبقاً لمختلف المناطق. ويمكن تعديل قيمة ET عند وجود مجسات استشعار تقيس ظروف المناخ مثل درجة الحرارة أو الإشعاع عند وجودها في الحقل.

٣- بيانات مناخية مقاسة في الحقل

في هذا النوع تكون وحدة التحكم الذكية في الحقل مزودة بمجسات تقيس عناصر المناخ في الموقع وبالتالي يتم حساب ET آليًا باستمرار وضبط عدد مرات الري وزمن الري وكمية المياه المضافة كل رية وفقاً لظروف الطقس.

ثانياً: مجسات التحكم لرطوبة التربة Soil Moisture Sensor Controllers

تستخدم نوعين من مجسات التحكم لرطوبة التربة هما:

١- وحدات التحكم الالتفافية Bypass Controllers

إن وحدات تحكم الالتفافية أو التجاوز هي الأكثر استخداماً في المساحات الصغيرة بما في ذلك معظم المواقع السكنية. هذا النوع من وحدات التحكم في الري يستخدم قيمتان أو نقطتان لرطوبة التربة (دنيا وعليا)، مثل جافة وهي التي يبدأ عندها الري ورطبة والتي يتوقف عندها الري للنبات. إن وحدات التحكم في رطوبة التربة تستخدم معلومات المحتوى الرطوبي من مجسات استشعار رطوبة التربة بحيث يمكن السماح باستخدام هذه المعلومات أو تجاوزها بدون استخدام جهاز توقيت الري irrigation timer وبالتالي عدم الري. إن أكثر الحالات للتجاوز أو الالتفاف تحدث عند سقوط المطر أثناء الري أو قبل الري، لذلك فإن وحدة التحكم الذكية مزودة بإعداد قيمة محددة مسبقاً قابلة للتعديل أو التجاوز، فإذا تجاوز المحتوى المائي بالتربة القيمة المحددة مسبقاً نتيجة سقوط مطر أثناء الري فبذلك يتم تجاوزها ويتم إيقاف الري، هذه القيم المحددة مسبقاً لوحدات التحكم لرطوبة التربة يتم استخدامها من قبل مجسات الرطوبة أثناء مراقبة المحتوى الرطوبي للتربة وعند الوصول إلى القيمة المحددة مسبقاً يبدأ الري أو عدم الري بناءاً على حالة رطوبة التربة وقراءة المجس الرطوبي. يمكن تحديد هذه القيمة أو تغييرها في بداية الموسم الزراعي حسب نوع المحصول والتربة من قبل المستخدم.

ويتم دفن المجس الرطوبي تحت سطح التربة حسب العمق المطلوب من منطقة الجذور. وقد يوجد أكثر من مجس رطوبي في أعماق مختلفة يتم توصيلها جميعاً إلى وحدة التحكم الذكية التي تعطي التشغيل أو الإيقاف لنظام الري بناءاً على حالة رطوبة التربة المحددة مسبقاً.

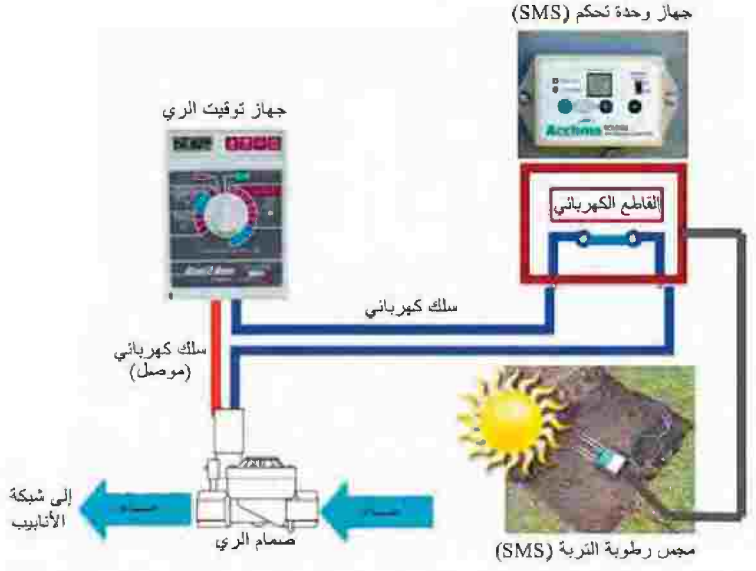
٢- عند الطلب on-demand

عند الطلب هو نوع آخر من تقنية التحكم بالأجهزة الذكية للري الآلي بحيث يتم تحديد قيمة دنيا للمحتوى الرطوبي في التربة عند الوصول إليها يتم الري وقيمة عليا يتم إيقاف الري عند الوصول إليها. وفي هذه الحالة لا تتم عملية الالتفاف أو التجاوز لإيقاف الري في حالة سقوط أمطار أثناء الري بل يستمر الري حتى يتم إضافة الكمية المحسوبة مسبقاً.

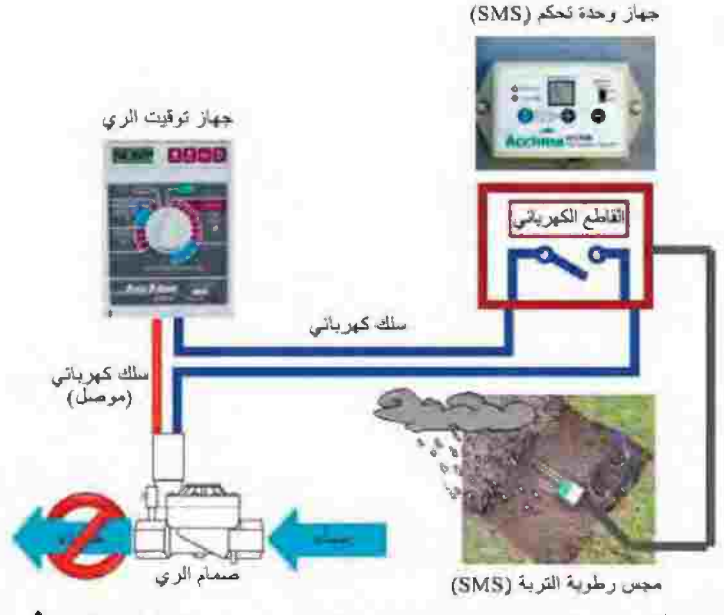
كيفية عمل نظام وحدة التحكم الذكية

يبين الشكلان رقما (١١,٢) و (١١,٣) رسم تخطيطي مبسط لكيفية توصيل مجس رطوبة التربة (Soil Moisture Sensor) إلى وحدة التحكم لنظام الري الآلي SMS (Irrigation Controller Smart)، وكذلك توصيل جهاز

توقيت الري irrigation timer مع صمام الري الكهربائي solenoid valve بواسطة سلك كهربائي دائم التوصيل. كما أن جهاز توقيت الري موصل مع وحدة التحكم SMS ومجس رطوبة التربة وصمام الري مع وجود مفتاح القاطع الكهربائي أسفل وحدة التحكم.



الشكل رقم (٢ ,١١). جهاز التحكم يغلق قاطع كهربائي حتى يتم الري لوجود حالة جفاف في التربة المحيطة بالمجس الرطوبي.



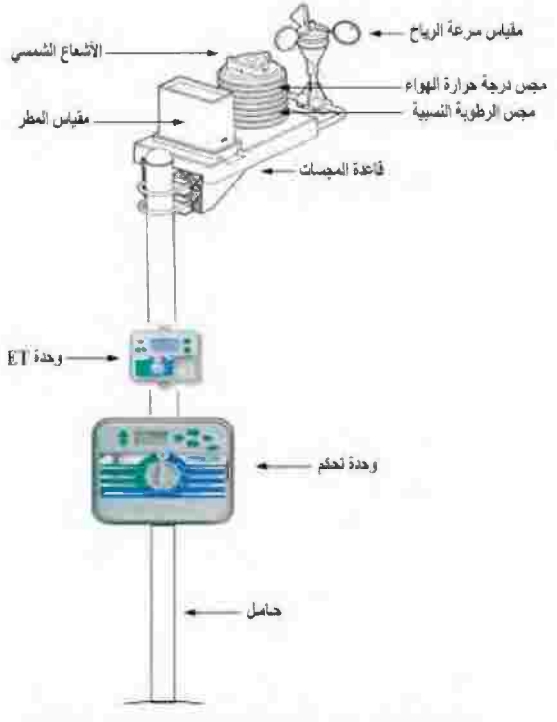
الشكل رقم (٣ ,١١). جهاز التحكم يفتح قاطع كهربائي لتجاوز حالة الري بسبب سقوط المطر الذي أدى إلى زيادة المحتوى الرطوبي للتربة المحيطة بالمجس الرطوبي.

يعمل القاطع الكهربائي كمفتاح موصل للكهرباء عند طلب الري (عند الوصول إلى الجفاف أو القيمة الدنيا المحددة مسبقاً) أو قاطع للكهرباء عند إيقاف الري (عند الوصول إلى القيمة العليا أو في حالة تجاوز الري عند سقوط أمطار أثناء الري). يتم معرفة حالة رطوبة التربة عن طريق مجس الرطوبة المدفون تحت سطح التربة والذي يقيس المحتوى المائي في التربة كما يوضح الشكل رقم (٢ , ١١). يعمل نظام SMS على قراءة المحتوى المائي في التربة من المجس الرطوبي ثم يستخدم هذه البيانات في فتح أو أغلاق القاطع switch لتشغيل أو إيقاف الري. وبالتالي إذا كان المحتوى الرطوبي للتربة أقل من القيمة الدنيا المحددة بواسطة المستخدم، فإن جهاز التحكم سوف يغلق القاطع لتوصيل الكهرباء مع مؤقت الري وصمام الري وبالتالي تشغيل نظام الري، كما في الشكل رقم (٢ , ١١). أما عند وصول رطوبة التربة إلى القيمة العليا المحددة من قبل المستخدم نتيجة الري أو بسبب سقوط المطر الذي يؤدي إلى زيادة المحتوى الرطوبي للتربة المحيطة بالمجس الرطوبي فإن جهاز التحكم سوف يفتح القاطع (قطع الدائرة الكهربائية) لإيقاف عملية الري، كما في الشكل رقم (٣ , ١١). أما الشكل رقم (٤ , ١١) يوضح صور لإنواع من وحدات التحكم لنظام الري الذكي (Smart Irrigation Controllers) المتوفرة في الأسواق لشركات تجارية مختلفة مع مؤقت للري مزود بساعة توقيت إليكترونية.

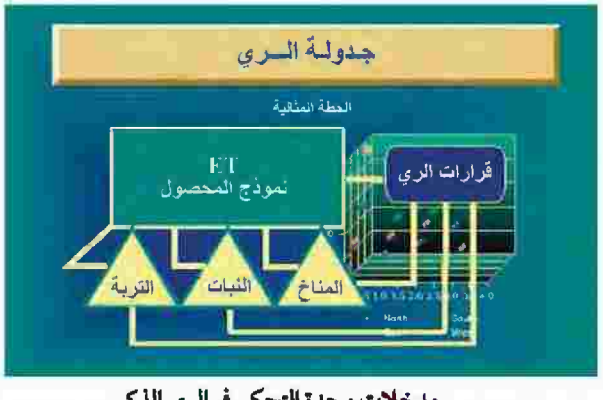
الشكل رقم (٤ , ١١). صور لبعض أنواع وحدات التحكم لنظام الري الذكي لشركات تجارية مختلفة مع مؤقت مزود بساعة توقيت إلكترونية.

(١ , ٣ , ١١) مكونات نظام الري الذكي

يتكون نظام الري الذكي من وحدات تحكم حسب نوع البيانات التي تحدد كمية مياه الري المطلوبة وزمن الري. فإذا كانت البيانات التي تحدد جدولة الري لعناصر مناخية وليست المحتوى الرطوبي للتربة فإن نظام الذكي يتكون من وحدات التحكم التالية كما مبين في الشكلين رقمي (٥ , ١١) و (٦ , ١١).



الشكل رقم (٥ , ١١). مكونات نظام الري الذكي.



مدخلات وحدة التحكم في الري الذكي

وحدة التحكم في المدخلات والمخرجات في الري الذكي.

الشكل رقم (٦ , ١١). أجزاء وفكرة عمل جهاز الري الذكي.

١ - مجسات استشعار العناصر المناخية ET sensors

يتم بواسطة هذه المجسات قياس البيانات المناخية لعناصر الطقس مثل درجة الحرارة، الاشعاع الشمسي، سرعة واتجاه الرياح، كمية المطر والرطوبة النسبية للموقع الموجودة فيه المجسات. ثم يتم نقلها إلى وحدة تحكم حساب البخر-نتح.

٢- وحدة تحكم لحساب البخر-نتح ET module

تقوم هذه الوحدة باستلام البيانات المناخية من مجسات استشعار العناصر المناخية ثم استخدامها لحساب قيمة البخر نتح للمحصول المروي باستخدام معادلة البخر نتح المبرمجة مسبقاً في الوحدة ثم تحديد الاحتياجات المائية للنبات وزمن الري. ويتم نقل هذه المعلومات والأوامر إلى وحدة مراقبة الري.

٣- وحدة تحكم مراقبة الري Irrigation Controller

وهي تقوم بتشغيل وإيقاف نظام الري وكذلك المضخة والصمامات حسب حاجة النبات للري مع التحكم في معدل إضافة مياه الري مع الأخذ في الأعتبار معدل تسرب التربة حتى يتم تجنب الجريان السطحي.

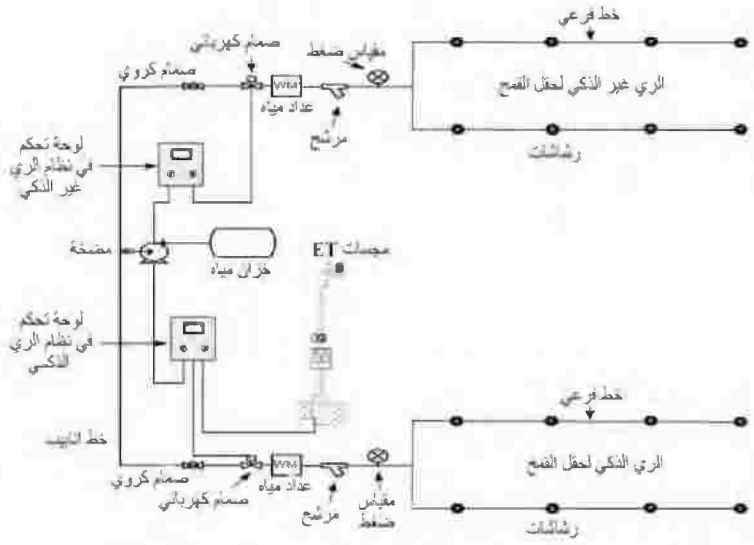
ويمكن استخدام وحدات التحكم الذكية مع نظم الري بالرش كما في الشكل رقم (١١,٧) أو مع نظام الري بالتنقيط كما في الشكل رقم (١١,٨) على مساحات زراعية مختلفة. وقد تم مقارنة نظام الري الذكي باستخدام هذه الوحدات مع نفس نظم الري (الرش والتنقيط) بدون وحدات تحكم ذكية، في مزرعة كلية علوم الأغذية والزراعة بجامعة الملك سعود لموسمين زراعيين ٢٠١٠-٢٠١١ (الغباري، حسين وآخرون، ٢٠١٠) لمحصولي القمح والطماطم كما يوضح ذلك الشكلان رقما (١١,٧) و (١١,٨). وقد أظهرت نتائج التجارب عند مقارنة نتائج نظام الري الذكي وغير الذكي، أن هناك زيادة بالنسبة لنظام الري الذكي في إنتاجية المحصولين وصلت إلى حوالي ١٥٪ وكذلك توفير في مياه الري وصلت إلى حوالي ٣٢٪.

(١١,٣,٢) نظم التحكم في الري الذكي

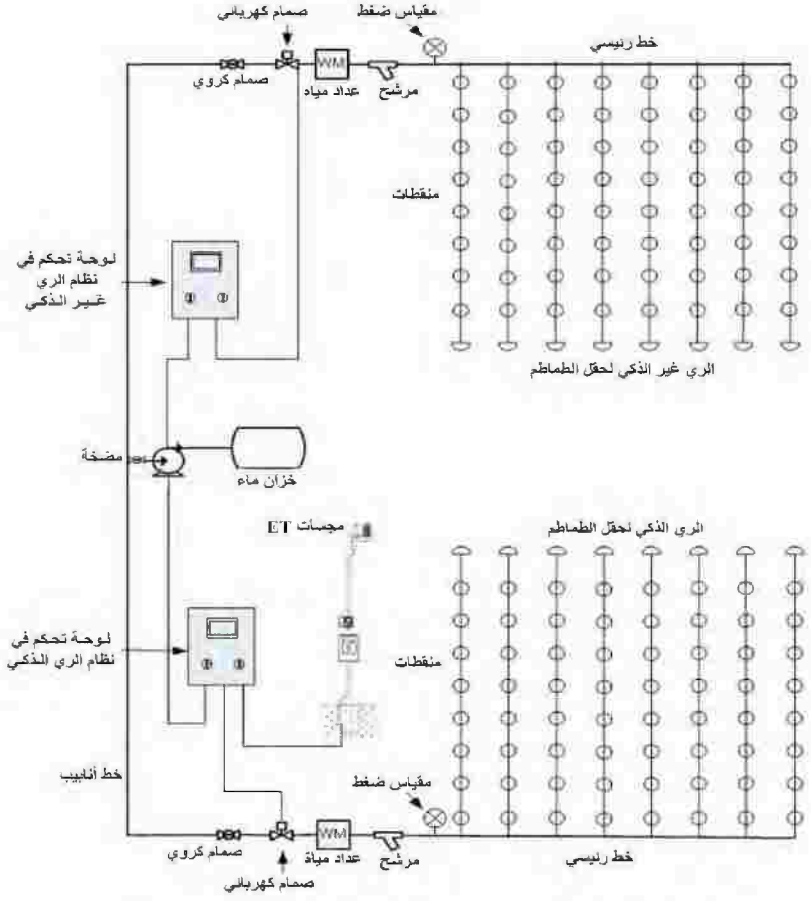
يستخدم في نظام الري الذكي نوعين من أنظمة التحكم الإلكترونية هما:

١ - نظام الدائرة المغلقة

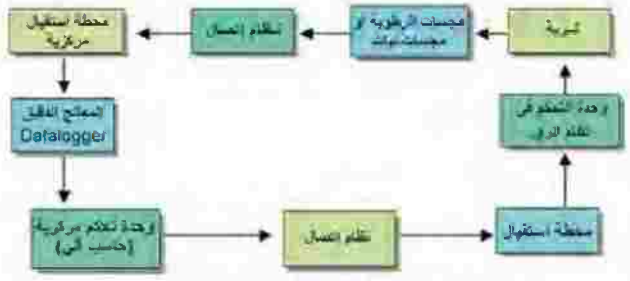
في هذا النظام يتم الري آلياً حيث تبدأ عملية الري وتتوقف بناءاً على الاحتياجات المائية الفعلية للنبات المزروع. وهي نظم التحكم الآلي التي تكون فيها المدخلات التي يزود بها النظام تعتمد اعتماداً مباشراً على نتائج التشغيل من خلال آلية استرجاع من النتائج إلى المعلومات الداخلة (الشكل رقم ١١,٩)، وهذه النظم لا تحتاج إلى مشغل.



الشكل رقم (٧ , ١١). وحدة التحكم الذكية مع نظام الري بالرش.

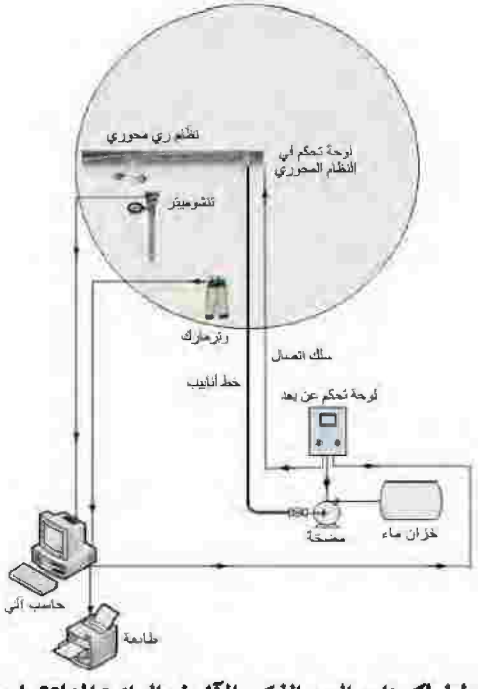


الشكل رقم (٨ , ١١). وحدة التحكم الذكية مع نظام الري بالتنقيط.



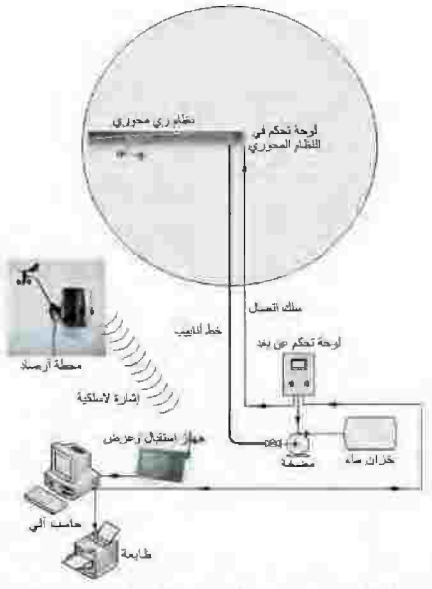
الشكل رقم (٩ , ١١). نظم الدائرة المغلقة.

ويعمل نظام الدائرة المغلقة كالتالي: عند استخدام مجسات الشد الرطوبي مثلاً التي تشير إلى رطوبة التربة باستمرار ثم تنقل إلى الحاسب الآلي. يقوم الحاسب بمقارنة قياسات الشد الرطوبي بالحد الأقصى والأدنى السابق برمجتها فيه حسب نوع التربة وعمر المحصول، ثم يرسل الحاسب الآلي إشارة البدء بالري. عندما يتم إضافة مياه الري يزداد محتوى الرطوبة في التربة تدريجيًا وعندما تصل إلى فوق الحد الأقصى المحدد مسبقًا يصدر الحاسب أمر إيقاف الري إلى جهاز التحكم الآلي الذي يقوم بإرسال أوامر التشغيل أو الإيقاف لعملية الري، كما يوضح ذلك الشكل رقم (١٠ , ١١). وفي حالة وجود جهاز الري المحوري في الحقل فيتم الأمر بإيقاف الجهاز عن الري عندما يستكمل الخط المحوري دورته بالكامل. وهناك أجهزة أمان عند حدوث عطل مفاجئ أو توقف مفاجئ مزود بها جهاز التحكم الآلي حيث يقوم بالإيقاف الكلي للنظام في حالة الطوارئ.



الشكل رقم (١٠ , ١١). مخطط لمكونات الري الذكي الآلي ذو الدائرة المغلقة باستخدام مجسات الشد الرطوبي.

أما في حالة استخدام محطة الأرصاد الآلية في نظام الدائرة المغلقة فيتم تقدير الاستهلاك المائي للمحصول عن طريق تحليل البيانات المناخية الموجودة بالقرب من الحقل ثم معالجتها بالحاسب الآلي من خلال برنامج معد خصيصاً لهذا الغرض بما يتلاءم مع الظروف الحقلية. وعند الحاجة إلى الري يرسل الحاسب الآلي إشارة البدء بالري آلياً إلى جهاز التحكم الآلي الذي يقوم بإرسال أوامر التشغيل لعملية الري، بتشغيل المضخة وفتح الصمامات الكهربائية، بواسطة الأسلاك أو الهواتف أو الأشعة تحت الحمراء أو غيرها. وعند إضافة كمية معينة من مياه الري في فترة زمنية محددة مسبقًا من قبل الحاسب يتم إرسال أوامر الإيقاف لعملية الري آلياً، كما يوضح ذلك الشكل رقم (١١ , ١١).



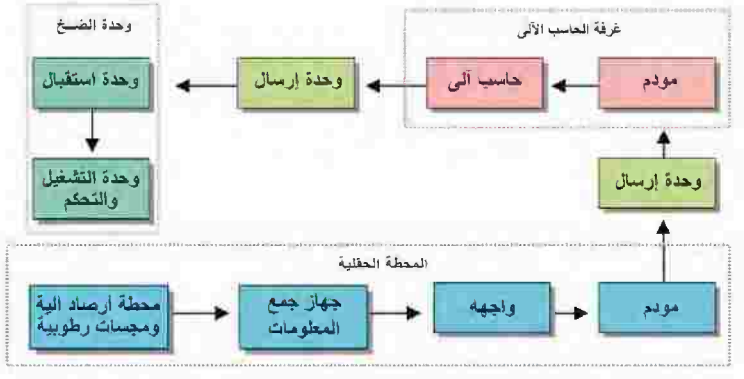
الشكل رقم (١١ , ١١). مخطط لمكونات الري الذكي الآلي ذو الدائرة المغلقة باستخدام محطة الأرصاد.

٢- نظام الدائرة المفتوحة

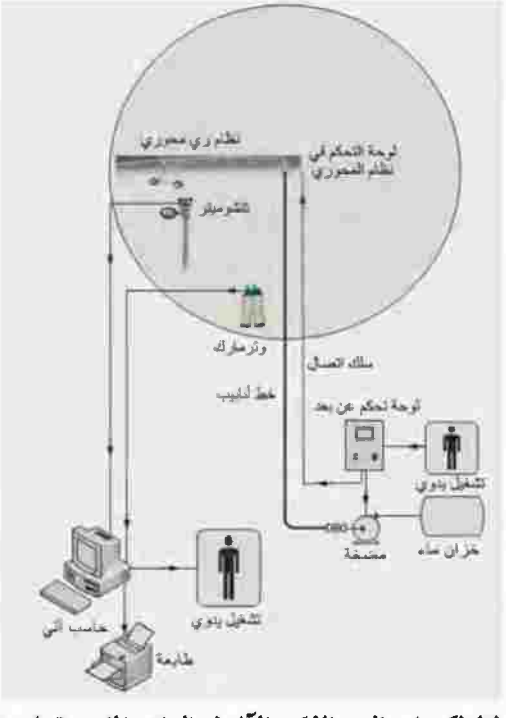
وهي نظم التحكم الآلي التي تكون فيها نتائج التشغيل مستقلة عن المدخلات أي البيانات والمعلومات التي يزود بها النظام (الشكل رقم ١٢ , ١١)، ويختلف نظام الدائرة المفتوحة عن نظام الدائرة المغلقة بأن نظام الدائرة المغلقة يكون الري آلياً بدون تدخل أحد أو بمعنى آخر تكون جدولة الري آلية عند كل رية للمحصول المزروع في الحقل طوال فترة الموسم. بينما نظام الدائرة المفتوحة يتم تشغيل نظام الري يدوياً بحيث يعطي المشغل أو القائم بعملية الري أمراً عبر الحاسب الآلي إلى جهاز التحكم للبدء بعملية الري، ثم بعد ذلك أمراً بإيقاف عملية الري.

ويمكن استخدام مجسات الشد الرطوبي كما يوضح ذلك الشكل رقم (١٣ , ١١) أو مجسات محطة الأرصاد الآلية كما يوضح ذلك الشكل رقم (١٤ , ١١).

نظام الدائرة المفتوحة أقل تكلفة من نظام الدائرة المغلقة، كذلك قد يحتوي على معظم الأجهزة أو مكونات نظام الدائرة المغلقة، وقد يمكن تقليل عدد هذه المكونات عندما يكون الري يدوياً. وهذا النظام يحتاج إلى مشغل لاتخاذ قرارات تتعلق بزمن وكمية الري (الشكلان رقما ١٣ , ١١ و ١٤ , ١١).



الشكل رقم (١٢ , ١١). نظم الدائرة المفتوحة.



الشكل رقم (١٣ , ١١). مخطط لمكونات الري الذكي الآلي ذو الدائرة المفتوحة باستخدام مجسات الشد الرطوبي.

الشكل رقم (١٤ , ١١). مخطط لمكونات الري الذكي الآلي ذو الدائرة المفتوحة باستخدام محطة الأرصاد.

(٤ , ١١) فوائد جدولة الري بالتحكم الآلي

تعتبر جدولة الري الآلية من الطرق الحديثة الإستعمال والتي يؤدي تطبيقها إلى توفير الكمية اللازمة من الرطوبة بمنطقة جذور النبات وبكفاءة عالية الأمر الذي يجعل استخدامها مفضلاً تحت ظروف المملكة، حيث يمكن بهذه الطريقة السيطرة على كمية مياه الري المضافة بما يتلائم مع حاجة المحصول لضمان إنتاجية عالية والحد من مقدار الفواقد المائية نتيجة للتبخر والتسرب العميق، فترشيد استخدام مياه الري في الأراضي الزراعية بواسطة الجدولة الآلية توفر المياه التي تفقد نتيجة الإسراف في عملية الري، ومياه الري المتوفرة يمكن إستغلالها لزيادة الرقعة الزراعية على أن يتم اختيار هذه المساحات على أساس مقدرتها الإنتاجية على المدى البعيد وتوصيل مياه الري إليها على أساس اقتصادي.

(١ , ٤ , ١١) كيفية قياس رطوبة التربة آلياً

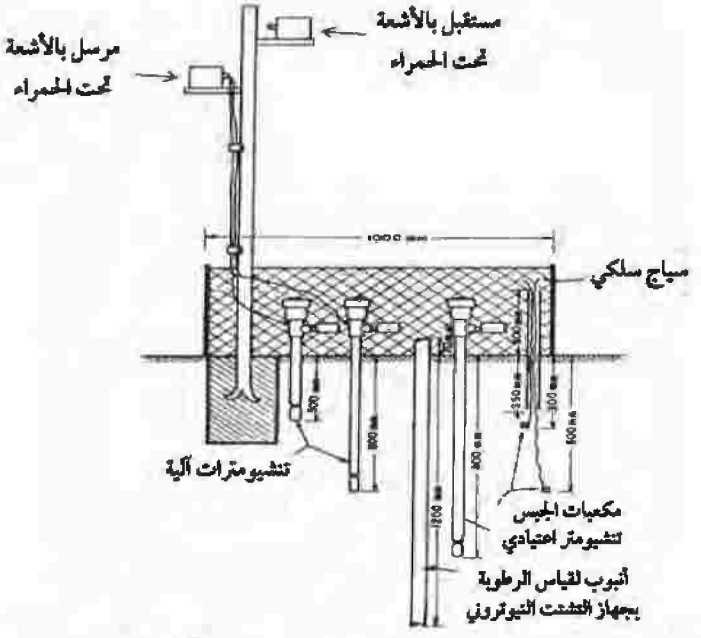
تعتمد هذه الطريقة على مراقبة وقياس رطوبة التربة بطريقة آلية مباشرة وعلى فترات مناسبة يتم تحديدها من قبل القائم بعملية الري حسب نوع التربة والنبات. وتستخدم أجهزة قياس أو مجسات مختلفة مثل جهاز تشتت النيوترونات أو التنشيومترات أو المكعبات الجبسية أو مجسات التوصيل الحراري أو المجسات الإلكترونية المختلفة

مثل الوتر مارك Watermarks أو انفيروسكان Enviroscan. راجع الفصل السابع. ويبين الشكل رقم (١٥ , ١١) تجميع لبعض أجهزة قياس الرطوبة في التربة.

وتبدأ عملية الري الآلي في هذه الطريقة عندما ينخفض المحتوى الرطوبي بالتربة في الحقل والمقاس بالأجهزة الحساسة للرطوبة عن مستوى محدد، ويتوقف الري عندما تصل الرطوبة في العمق الجذري من التربة إلى مستوى معين غالباً السعة الحقلية للتربة. ولا تحتاج الجدولة في هذه الطريقة لتقدير عمق أو زمن الري.

وتعتبر مجسات الرطوبة المعروفة بالتنشيومترات أكثر الأجهزة استعمالاً للجدولة الآلية، وتتميز بوجود وحدة صغيرة مثبتة بالجهاز تسمى بمحول الطاقة، حيث تقوم هذه الوحدة بتحويل الشد الرطوبي إلى جهد كهربائي لتسهيل عملية نقل المعلومات من المجس الرطوبي إلى الحاسب الآلي أو جهاز التحكم أو إلى الصمام الآلي مباشرة. وتتميز هذه المجسات بالمتانة والسهولة في التركيب والتكلفة المناسبة، راجع الفصل السابع الجزء الخاص "بقياس المحتوى الرطوبي للتربة".

وفي كل الطرق، للتحكم الآلي الكامل يتم وضع الأجهزة الحساسة في التربة وتتصل بجهاز حاسب آلي لجمع المعلومات من الحقل وتحليلها، ويتصل الحاسب الآلي بجهاز تحكم يمكن من خلاله فتح أو غلق تيار كهربائي يفتح بدوره صمامات كهربائية تكون في بداية الخطوط الفرعية وتتحكم في كمية الماء أو وقته.



الشكل رقم (١٥ , ١١). قطاع يبين أجهزة قياس الرطوبة الأرضية في الحقل.

(٢, ٤, ١١) قياس رطوبة النبات

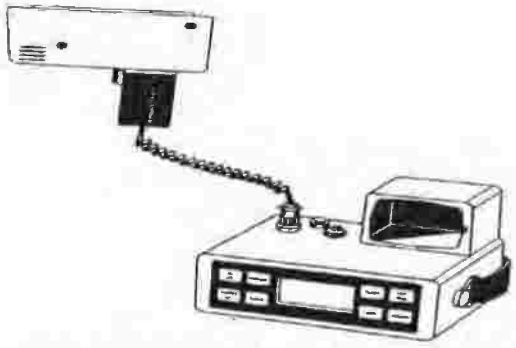
هناك العديد من الطرق لتقدير الرطوبة في النبات منها إيجاد المحتوى المائي النسبي في الأوراق، والجهد المائي في الأوراق، ودرجة حرارة النبات. وتعتبر طريقة قياس الجهد المائي في الأوراق من أفضل الطرق لتقدير الشد المائي في النبات. ورغم أن هذه الطريقة لا تستخدم مباشرة للجدولة الآلية، إلا أن التحكم الآلي يمكن أن يتم باستخدام الشد المائي للنبات بطريقة غير مباشرة من خلال قياس قطر ساق النبات، حيث هناك علاقة بين قطر ساق النبات والشد المائي. وهكذا يمكن من خلال قياس التغير في قطر ساق النبات مراقبة نمو النبات ورصد مستوى الرطوبة في النبات بصورة مستمرة ولفترة طويلة. ويوجد طريقتين لتقدير التغير في الجهد المائي للنبات من خلال قياس قطر ساق النبات، الأولى هي طريقة معامل التقلص وتتم بإيجاد علاقة بين التغير في قطر الساق من خلال معامل تقلص معاير، وربط ذلك بالتغير في الجهد المائي للنبات (الشكل رقم ١٦, ١١أ). والطريقة الثانية هي طريقة الذوبان الحركي وتتم بها محاكاة حركة الماء بين الجزء الخشبي من النبات والأنسجة المحيطة والناتجة عن الفرق في الجهد المائي داخل النبات، ويفترض أن هذا الفرق يحث على الحركة القطرية للماء عبر الطبقات مما يسبب تقلص أو تمدد في ساق النبات (الشكل رقم ١٦, ١١ب).

(أ) قياس قطر ساق النبات (ب) طريقة الذوبان الحركي

الشكل رقم (١٦, ١١). تقدير التغير في الجهد المائي للنبات.

وهناك طرق أخرى لتقدير الرطوبة في النبات مثل طريقة الجهد المائي للأوراق، وتتم باستخدام مقياس الرطوبة الحراري المزدوج لأوراق النبات، ولكن تعتبر هذه الطريقة غير دقيقة وذات تكلفة عالية بسبب غلو سعر

جهاز القياس ولذا هي نادرة الاستخدام. والطريقة الثانية هي درجة حرارة الغطاء النباتي، وتتم بقياس درجة حرارة أوراق النبات وإيجاد علاقة تجريبية للنسبة بين الفرق في درجة الحرارة للنبات والجو إلى النقص في ضغط بخار الماء ومعايرة العلاقة للنبات، ويتم قياس درجة حرارة أوراق النبات باستخدام مقياس حراري يعمل بالأشعة تحت الحمراء (الشكل رقم ١٧ , ١١).



الشكل رقم (١٧ , ١١). المقياس الحراري ذو الأشعة تحت الحمراء لقياس درجة حرارة النبات.

(٣ , ٤ , ١١) خطوات تطبيق جدولة الري باستخدام محطة الأرصاد الآلية

في هذه الطريقة يتم تقدير الأستهلاك المائي للمحصول عن طريق تحليل البيانات المناخية المحلية المسجلة بواسطة محطة أرصاد آلية ثم معالجتها بالحاسب الآلي من خلال برنامج معد خصيصاً لهذا الغرض بما يتلائم مع الظروف الحقلية، ويقوم البرنامج في تشغيل نظام الري وإيقافه بناءا على بيانات الرطوبة الموجودة في التربة عند منطقة جذور النبات والتي تقيسها الأجهزة السابق ذكرها والمسجلة من محطة الارصاد بصورة آلية. ويبين الشكل رقم (١٨ , ١١) رسم تخطيطي لخطوات جدولة الري بناءاً على المعلومات المناخية.

وتتكون جدولة نظم الري الحديثة بالتحكم الآلي من مجموعة من الأجهزة والبرامج التي تقوم بإجراء الجدولة الآلية بناء على الرطوبة. ولبناء مثل هذا النظام فإنه لابد من توفر الآتي:

١- مجسات الرطوبة.

٢- وحدات إرسال عن بعد لقراءات مجسات الرطوبة مثل استخدام الأشعة تحت الحمراء.

٣- وحدة تخزين ومعالجة المعلومات.

٤- البرامج الخاصة بتحليل المعلومات.

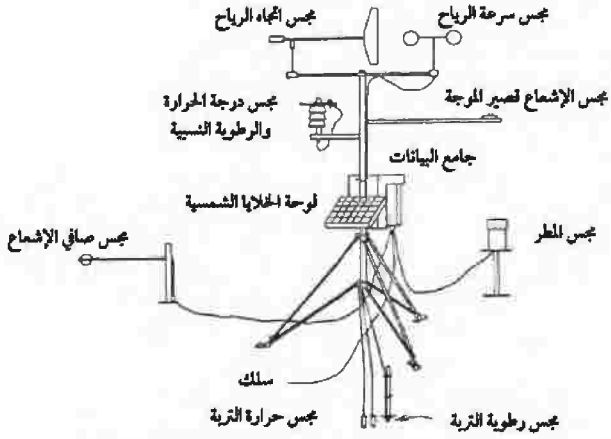
٥- وحدة التحكم الآلي.

٦- وحدات إستقبال عن بعد للأوامر التي ترسلها وحدة التحكم الآلي مثل استخدام الأشعة تحت الحمراء.

٧- نظام الري بالرش أو التنقيط.

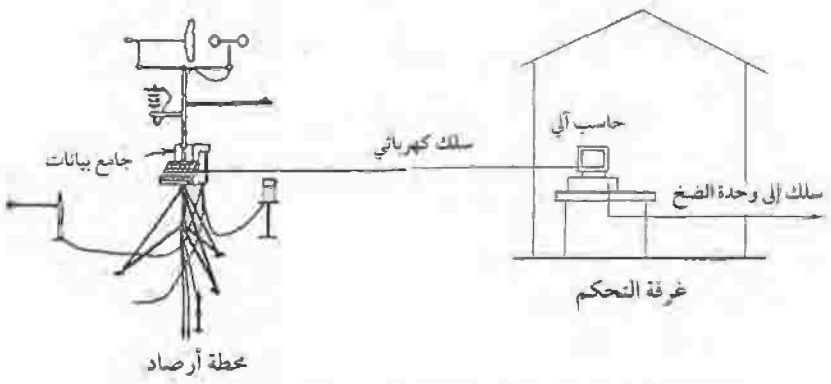
الشكل رقم (١٨ , ١١). رسم تخطيطي يوضح خطوات جدولة الري باستخدام محطة الأرصاد الآلية.

وتتكون محطة الأرصاد الآلية (الشكل رقم ١٩ , ١١)، من مجموعة مجسات حساسة لقياس العوامل الجوية اللازمة في عملية تقدير البخر-نتح مثل درجات الحرارة والرطوبة النسبية وسرعة واتجاه الرياح والإشعاع الشمسي وكمية المطر، وجامع بيانات دقيق، وموائم، وجهاز حاسب آلي. تثبت المحطة في موقع مناسب يمثل طبيعة المنطقة السائدة وتحاط بسياج سلكي لا تقل أبعاده عن ٦م × ٦م (الشكل رقم ٢٠ , ١١)، وتكون المحطة بعيدة عن أي مؤثرات مثل عملية الري والمكنة الزراعية، وتتم عملية نقل البيانات عبر أسلاك كهربائية تصل بين جامع البيانات والحاسب الآلي في غرفة التحكم (الشكل رقم ٢١ , ١١)، وقد تتم نقل البيانات عبر وحدات إرسال عن بعد باستخدام الأشعة تحت الحمراء.



الشكل رقم (١٩ , ١١). أجزاء محطة الأرصاد الآلية.

الشكل رقم (٢٠ , ١١). صورة لمحطة الأرصاد الآلية مبين بها أجهزة القياس.



الشكل رقم (٢١, ١١). محطة أرصاد وغرفة تحكم آلي للري.

وتقوم مجسات محطة الأرصاد بقياس العوامل الجوية اللازمة لتقدير البخر-نتح من معادلة بنمان أو أي معادلة أخرى مناسبة، وهذه المجسات هي:

١- **مجس الحرارة والرطوبة:** يتكون المجس من شريحة لقياس الرطوبة النسبية ومقياس حراري لقياس درجة حرارة الجو بالنظام المئوي. وللحصول على ضغط البخار المشبع والعادي يقوم جامع البيانات بحسابه باستخدام بيانات درجات الحرارة والرطوبة النسبية بواسطة برنامج خاص مخزن فيه.

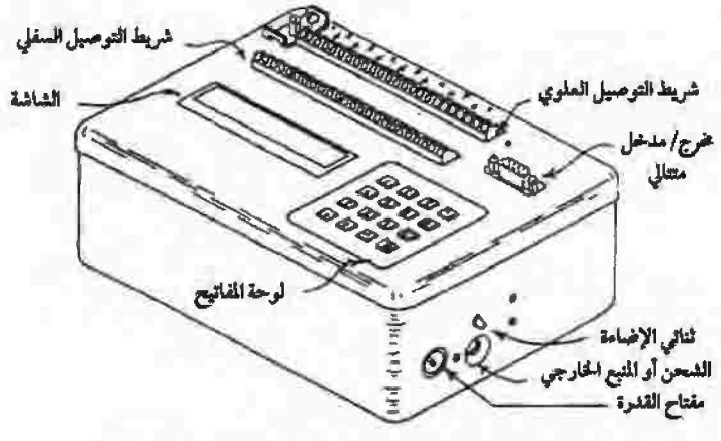
٢- **مجس سرعة واتجاه الرياح:** يتكون مجس سرعة الرياح من ثلاث أوعية صغيرة نصف كروية "أنومومیتر" مع مقطع ضوئي الذي ينتج نبضات تتناسب مع سرعة دوران الأوعية، ويقوم جامع البيانات بتحويل هذه النبضات إلى سرعة بوحدات م/ث أو كم/ساعة. ومجس اتجاه الرياح عبارة عن زعنفة مثبتة على عمود متصل بمقاومة تتغير طبقا لاتجاه الرياح ويقوم جامع البيانات بتحويل المقاومة إلى اتجاه من صفر إلى ٣٦٠ درجة، ويتم تركيب كلا المجسين على ارتفاع ٢ م فوق سطح الأرض.

٣- **مجس الإشعاع الشمسي:** يوجد نوعين من المجسات لقياس الإشعاع الشمسي، الأول يسمى بمجس الإشعاع الكمي، وهو يقيس الأشعة قصيرة الموجة في نطاق ٤٠٠ إلى ٧٠٠ نانومتر، وهو عبارة عن ثنائي ضوئي سيلكوني ووحدة القياس فيه هي "ميكرومول" لكل ثانية لكل مترمربع لكل "ميكروأمبير". أما المجس الثاني فهو مجس صافي الإشعاع، وهو عبارة عن عمود الحرارة "ثيرموبيل" الذي يحول الإشعاع إلى جهد كهربي، ويقوم جامع البيانات بعملية التحويل إلى إشعاع.

٤- مجس درجة حرارة التربة: وهو عبارة عن مقياس حراري مزدوج الذي يحول حرارة أي ميلي فولت ثم يقوم جامع البيانات بتحويله إلى درجة حرارة طبقا لمعايرة المقياس الحراري المزدوج.

٥- مجس المطر: وهو عبارة عن إناء لتجميع مياه الأمطار التي تقوم بدفع رافعة داخل الإناء والتي تقوم بفتح وغلق مفتاح لانتاج نبضات تتناسب مع عمق المطر بالمم.

٦- جامع البيانات: وهو يستقبل إشارات المجسات المختلفة ثم يعالجها بناءا على البرنامج الخاص به، وملحق به لوحة مفاتيح تستعمل لإدخال البرامج والأوامر والتي تظهر على شاشة البيانات. ويتحكم في عملياته معالج ٦٣٠٢ له ذاكرة "ROM" ٢٤ كيلو بايت و "RAM" ٤٠ كيلو بايت (الشكل رقم ٢٢ , ١١).



الشكل رقم (٢٢ , ١١). جامع البيانات Data logger.

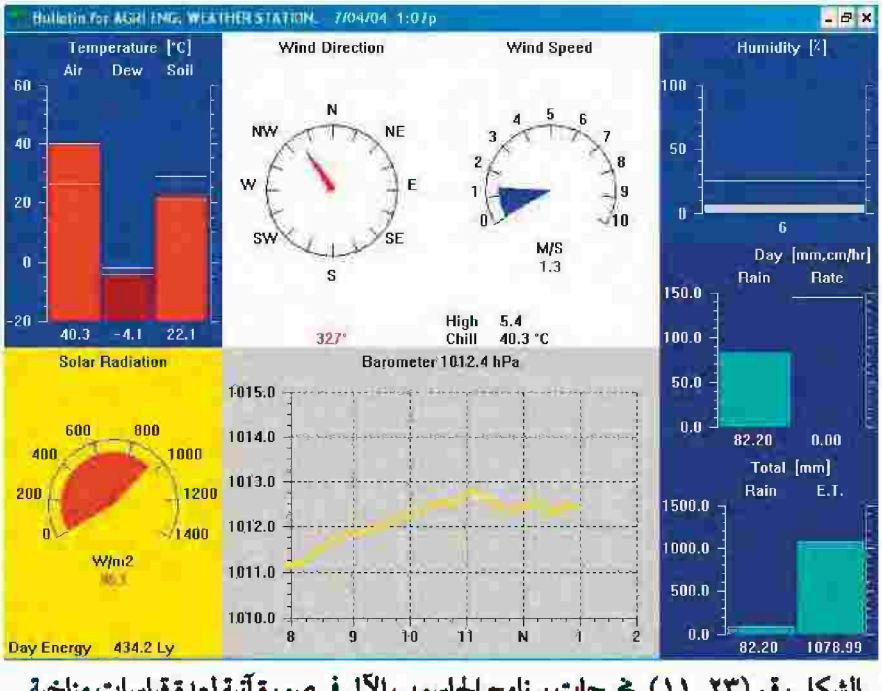
٧- الحاسب الآلي: يعد الوحدة المركزية في النظام كله حيث يتلقى البيانات من محطة الأرصاد ثم يقوم بحساب الاستهلاك المائي للنبات حسب البرامج الموضوعة له وبالتالي تقرير متى يتم الري وكذا كمية المياه المطلوب إضافتها، ويتصل بنظام الري ليعطي الأمر بفتح وغلق المضخة وصمامات الوحدات المختلفة في النظام.

٨- البرامج الحاسوبية للاستهلاك المائي للمحاصيل: في الآونة الأخيرة بدأ الاعتماد على النماذج الرياضية باستخدام المعادلات في تقدير البخر- نتح كتلك التي صممت لتقدير الاستهلاك المائي للنبات، ومن هذه البرامج SWATRE و EPIC والبرامج المصممة لجدولة الري مثل برنامج Crop Water for Windows المطور بواسطة منظمة الأغذية والزراعة العالمية FAO، وبرنامج Oklahoma Evapotranspiration Model الذي يستخدم

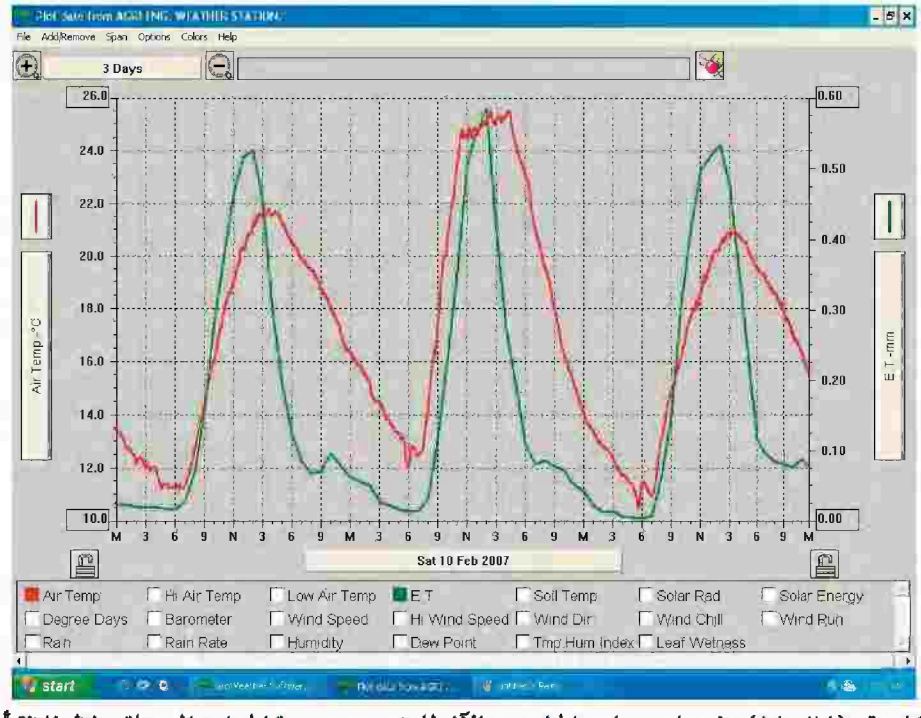
العشب بارتفاع ١٢ سم كنبات مرجعي في تقدير البخر-نتح اليومي، ويعتمد أيضا على معادلة بنمان-مونتيث الموصى بها من قبل الفاو.

وتستقبل هذه البرامج القياسات التي تسجلها المجسات المتصلة بمحطة الأرصاد الآلية وتحويلها إلى بيانات رقمية حتى يمكن تخزينها في قاعدة البيانات في الحاسب الآلي. وتقوم هذه البرامج بحساب وتخزين متوسط القراءات المختلفة على مدار كل ساعة من ساعات اليوم والليلية على مدار الموسم الزراعي كله في قاعدة البيانات، ويمكن مشاهدة مخرجات البرنامج في عدة صور ولكل أو لبعض المجسات، كما موضح بالشكلين رقمي (٢٣ , ١١ و ٢٤ , ١١).

كما استخدمت أيضا في الآونة الأخيرة تقنات الاستشعار عن بعد في تقدير الاحتياجات المائية خاصة للطرق التي تعتمد على قياس التغيرات الفسيولوجية في النبات. فمنذ إطلاق أول التوابع الاصطناعية لمراقبة سطح الأرض في عام ١٩٧٢م، انتقلت فكرة استخدام تقنية الاستشعار عن بعد لتقويم التوزيع المكاني لمعدل التبخر أو البخر-نتح من الإطار النظري إلى الإطار التطبيقي. هذه الطريقة تعتمد في الأساس على قياس الطاقة الحرارية المنبعثة من النبات، إما باستخدام الأشعة تحت الحمراء أو استخدام الميكروويف.



الشكل رقم (٢٣ , ١١). مخرجات برنامج الحاسوب الآلي في صورة آنية لعدة قياسات مناخية.



الشكل رقم (٢٤, ١١). مخرجات برنامج الحاسوب الآلي للبخر نتح ودرجة الحرارة المسجلة خلال ثلاثة أيام.

والبخر-نتح يتم حسابه مرة واحدة في اليوم صباحاً بواسطة البرنامج الذي يقوم باستخدام القراءات التي تم قياسها على مدار اليوم السابق لتقدير ما تم استنفاذه من المخزون المائي في التربة، ويعتمد هذا البرنامج على إحدى معادلات حساب البخر-نتح المرجعي وغالباً تستخدم معادلة بنمان مونتيث المعدلة من قبل الفاو لتقدير البخر-نتح اليومي للمحصول. وتمتاز هذه المعادلة بانتشار استعمالها وملائمتها للمناطق الرطبة والجافة وتقديرها الجيد للبخر-نتح للنباتات حتى للفترات الزمنية القصيرة. ولحساب البخر-نتح بهذه المعادلة يتطلب توفير بيانات خاصة بدرجات الحرارة وضغط بخار الهواء وسرعة الرياح وعدد ساعات شروق الشمس والإشعاع. وللحصول على الاستهلاك المائي للنبات يتم حساب معامل المحصول من معادلات خاصة حسب الظروف الحقلية ويضرب بمقدار البخر-نتح المرجعي لتلك الفترة.

وتحتوي قاعدة البيانات على البيانات المناخية التي تجمع آلياً وعلى بيانات لكل المتغيرات التي يتم إدخالها مثل منسوب المكان بالنسبة لسطح البحر، ونوع المحصول، ونوع التربة، ونسبة الاستنفاذ، وكفاءة الري. ويسجل جميع هذه المتغيرات ويخزنها، وأيضاً أوقات بدء وإيقاف الري، وكمية المياه التي تم ريها فعلا، وأيضاً

على كمية المياه الموجودة في الخزان المائي للتربة. ويمكن طباعة العديد من التقارير باستخدام قاعدة البيانات وذلك مثل تقرير خاص بالاحتياجات المائية للنبات خلال الموسم وأيضاً تقرير عن عدد مرات الري وكمية المياه التي اضيفت في كل مرة.

تقوم محطة الأرصاد الآلية بجمع البيانات لحظياً ثم تقوم بإرسالها إلى الحاسب الآلي الذي يقوم بحساب المعدلات لكل ساعة ولكل يوم ثم يقوم بحساب الإستهلاك المائي للمحصول خلال الأربعة والعشرون ساعة السابقة، ويقارن ذلك مع مخزون ماء التربة، فإذا كان مقدار الإستهلاك المائي يساوي أو أكبر من الحد الأدنى المسموح باستنفاذه من التربة فالحاسب الآلي عندئذ يصدر أمر لبدء عملية الري، أما إذا كان مقدار الإستهلاك المائي أقل من الحد الأدنى، فالحاسب الآلي يحتفظ بهذه المعلومات ليضيفها إلى مقدار الإستهلاك المائي لليوم التالي ثم يقارنها في حينه مع مقدار ما استنفذ من التربة مرة أخرى. وتحقق هذه العملية الهدف الأول من الجدولة وهو تحديد وقت الري. كذلك يقوم البرنامج بحساب مجموع ما استنفذه المحصول من مياه التربة بين كل ريتين متعاقبتين لتقدير كمية المياه اللازم إضافتها للحقل لملء منطقة الجذور، ويقوم البرنامج ببيان المعلومات الخاصة بمقدار الإستهلاك المائي للمحصول والمعلومات المناخية، وبهذا يتحقق الهدف الثاني من الجدولة حيث يتم تحديد كمية مياه الري الواجب إضافتها للمحصول.

ولقد ازداد الاهتمام بتشغيل أنظمة الري آليا لزيادة كفاءة تشغيلها ولترشيد استهلاك مياه الري، ولتقليل تكاليف التشغيل مثل أجرة الأيدي العاملة، وتوفير الوقود اللازم لتشغيل هذه الأنظمة. ولقد قامت الشركات باستغلال الاختراعات الحديثة وانتجت صناديق مغلقة مجهزة بنظم تحكم آلية وعن بعد مما أدى ذلك إلى تغيير جذري في عملية جدولة الري.

(١١,٥) مكونات وحدات التحكم لنظم الري الآلي

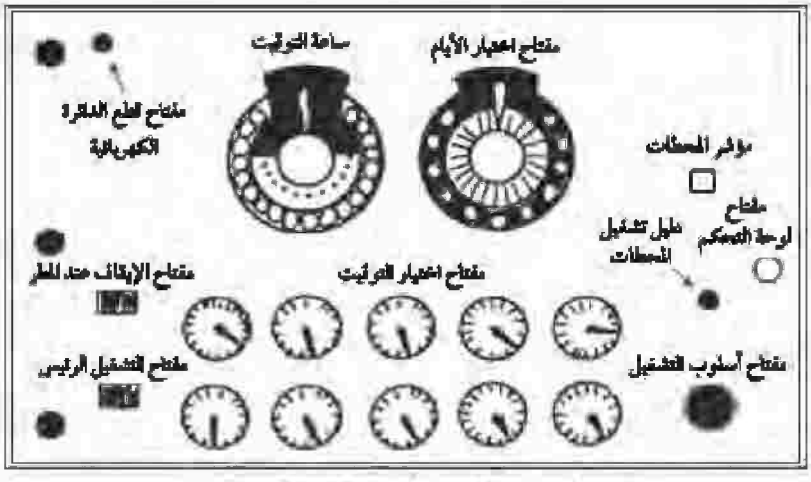
يعتبر نظام الري الآلي سواء نظام ري بالرش أو ري بالتنقيط هو المنفذ للأوامر التي يتلقاها من جهاز الحاسب الآلي والذي يحتوي على البرامج والمعلومات اللازمة لتشغيل النظام، ولذا يجب تجهيز نظام الري للعمل آلياً وللاستجابة لأوامر تشغيل وإيقاف النظام، ويتم هذا من خلال استخدام مكونات للنظام تعمل بالدوائر الكهربائية والتي يتم تشغيلها آلياً بواسطة نظام التحكم.

تجهيز نظام الري للعمل آلياً

يقسم الحقل إلى عدة وحدات (محطات) عن طريق صمامات تعمل كهربائياً وتتصل كل وحدة من الوحدات بصمام كهربائي، وعندما يبدأ ري الوحدة تقفل دائرة كهربائية بينها وبين الصمام فيفتح الماء ويتم الري حتى ينتهي وقت تلك الوحدة فتفتح الدائرة الكهربائية التي بدورها تقفل الصمام الكهربائي، ثم يبدأ ري الوحدة التالية بنفس الطريقة حتى تنتهي جميع وحدات الري، تبعاً لجهاز توقيت يعمل بفتح وإغلاق الصمامات بالتتابع عند أوقات مضبوطة مسبقاً (الشكل رقم ٢٥ , ١١). حيث يشغل جهاز التوقيت بدوره مجموعة من الوحدات أحداها بعد الآخر بالترتيب، وتسمى حركة الوحدات من الأولى وحتى الأخيرة بدورة الري. وعند نهاية كل دورة يضبط جهاز التحكم نفسه آليا لعملية الري التالية. والمضخة تتصل بأسلاك بوحدة التحكم لتشغيلها في بداية ري الوحدات وإيقافها عند ري جميع الوحدات. وجهاز التحكم يرسل بعض الإشارات لتشغيل صمامات الماء ووحدة الضخ وجهاز التسميد ووحدة الترشيح وعدادت قياس التصرف ومقاييس الضغط التي تعمل جميها كهربائياً.

محطة الضخ

وهي تتكون من مضخة أو أكثر من المضخات الطاردة المركزية تتصل بدائرة كهربائية تفتح عند بدأ الري بناءاً على حسابات برنامج جدولة الري في الحاسب الآلي وتغلق عند الانتهاء من ري جميع الوحدات، ويرفق مها المرشحات الخاصة بتنقية المياه (الشكل رقم ٢٦ , ١١).



الشكل رقم (٢٥ , ١١). جهاز التحكم الآلي.

الشكل رقم (٢٦ , ١١). محطة ضخ تعمل آلياً.

الصمامات الكهربائية

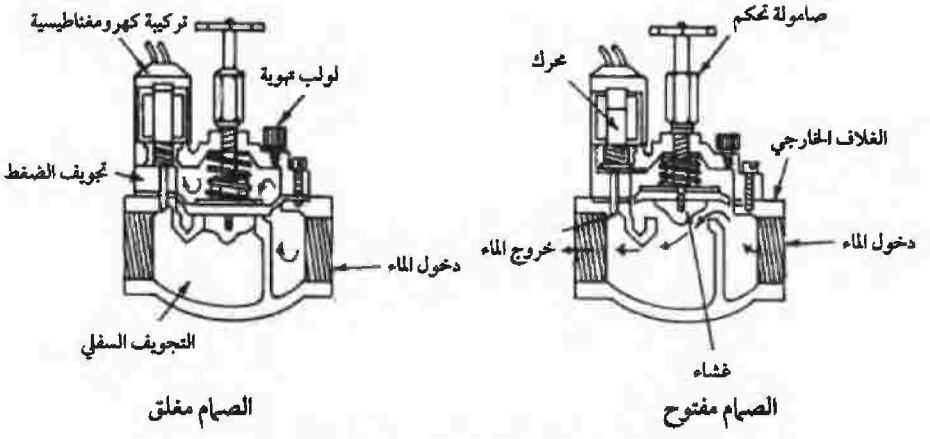
يتم تشغيل الصمامات كهربائياً وتكمن وظيفتها الأساسية في فتح أو غلق الماء عن وحدات الري، والمرشحات، وشبكة الأنابيب. وتعمل على ترتيب خروج الماء للوحدات المختلفة للري. وتعمل على التحكم في التدفق والضغط في شبكة الأنابيب، وتتصل بأجهزة التحكم والتي عن طريقها يتم تشغيلها ولكنها أيضا تحتوي على رأس يمكن من خلاله تشغليها يدويا (الشكل رقم ٢٧ , ١١).

الشكل رقم (٢٧ , ١١). صمام كهربائي يعمل بالتحكم الآلي.

طريقة عمل الصمام الكهربائي

في حالة عدم التشغيل يكون الصمام مغلق حيث يؤثر ضغط الماء في الأنبوب على غشاء رقيق يفصل بين التجويف السفلي والجزء العلوي من الصمام فيجعل الصمام مغلقاً، وعند التشغيل يحرك جهاز التحكم الصمام عن

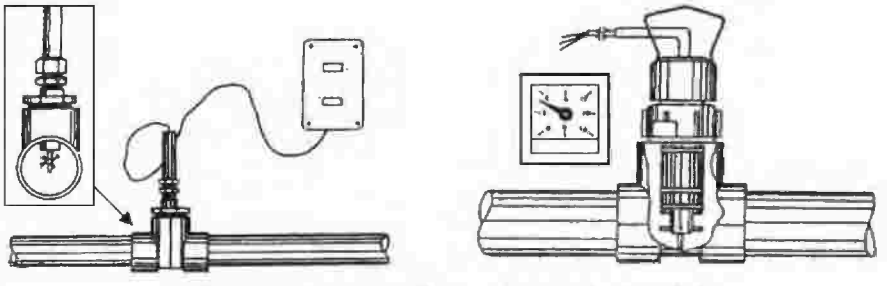
طريق توصيل الدائرة الكهربائية فتولد قوة مغناطيسية ترفع المشغل الآلي من الجسم الأسطواني العلوي والذي يؤثر بدوره على الضغط في الجزء العلوي والذي يسمح للضغط في الأنبوب أن يرفع الغشاء الرقيق إلى الأعلى فيفتح الصمام (الشكل رقم ٢٨ , ١١).



الشكل رقم (٢٨ , ١١). عمل الصمام الكهربائي.

عدادات التدفق

وهي الأجهزة التي تسمح لجهاز التحكم أن يحدد حجم ومعدل الماء المطلوب إضافته. وهناك نوعان شائعان من تلك العدادات وهما المروحي والتربيني، ويمكن تحديد كمية المياه التي تمر من خلال العداد باستخدام تدريج معين بواسطة عداد تراكمي لحجم الماء المار أو عداد للتصرف اللحظي، ويوضح الشكل رقم (٢٩ , ١١) بعض أنواع عدادات التدفق الآلية.



الشكل رقم (٢٩ , ١١). بعض أنواع عدادات التدفق الآلية.

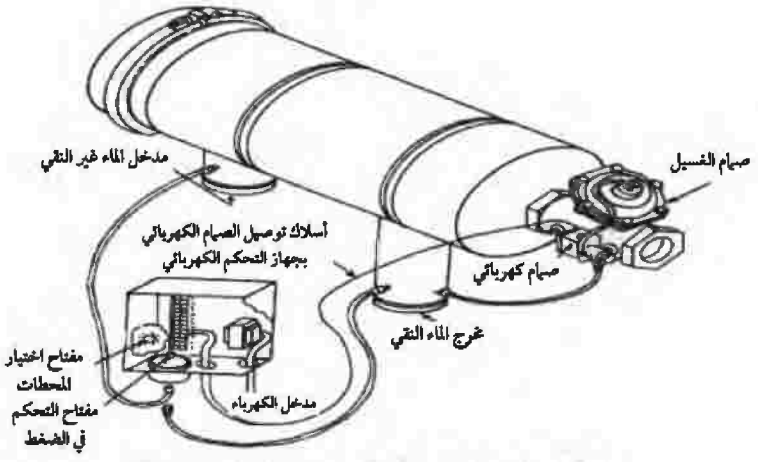
مجسات المناخ والتربة والنبات

وتشمل أنواعا مختلفة من المجسات مثل مجسات رطوبة التربة كالتنشيومترات والانفيرسكان، ومجسات النبات مثل مقياس الرطوبة الحراري المزدوج ومقياس الأشعة تحت الحمراء. كما تشمل أجهزة رصد المناخ مثل أجهزة قياس سرعة واتجاه الرياح ومجسات درجات الحرارة والرطوبة النسبية ووعاء البخر الآلي وغيرها.

أجهزة الترشيح

المرشحات هي جزء هام من مكونات نظم الري، وفي النظم الآلية تتصل هذه المرشحات بوحدة التحكم الرئيسة لفتح الصمامات الخاصة بهذه الأجهزة عند تشغيل النظام (الشكل رقم ١١,٣٠). وتحتاج المرشحات من فترة إلى أخرى لإزالة الشوائب التي تقوم بحجزها والمتجمعة داخل المرشح فيما يعرف بغسيل المرشحات، وتزود المرشحات غالباً بنظام للغسيل الآلي يتكون من مقياس ضغط قبل وبعد المرشح وصمام آلي لتصريف مياه الغسيل المحتوية على الشوائب، وعندما يصل فرق الضغط قبل وبعد المرشح إلى قيمة معينة يتم عكس اتجاه تدفق الماء داخل المرشح آلياً ويفتح في نفس الوقت صمام الغسيل للتخلص من الشوائب (الشكل رقم ١١,٣١).

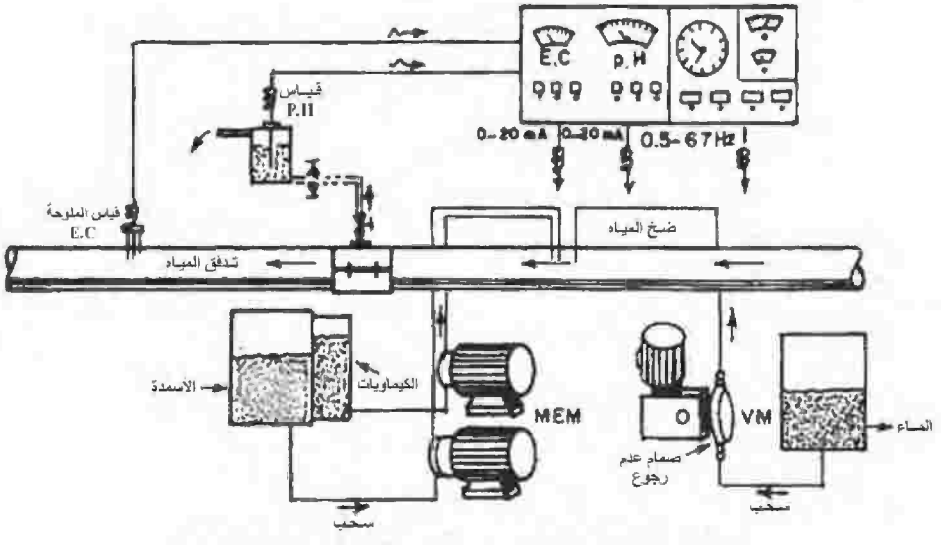
الشكل رقم (١١,٣٠). جهاز الترشيح الآلي.



الشكل رقم (٣١, ١١). مكونات جهاز الترشيح الآلي.

أجهزة حقن المواد الكيميائية والأسمدة الذائبة

حتى تعمل أجهزة حقن المواد الكيميائية آلياً مع نظام الري الآلي يتطلب إجراء بعض التعديلات على أجهزة الحقن وأيضاً إلى برنامج خاص بتشغيلها معد سلفا يحدد موعد بدء الحقن وفترة الحقن، كما يجب وضع في البرنامج الاحتياطات الخاصة بالأمان والمتعلقة بالمواد الكيميائية، فيجب أن لا تبدأ عملية الحقن إلا بعد فترة زمنية من الري بحيث تكون شبكة الأنابيب مملؤة بالمياه، وأيضاً تتوقف عملية الحقن قبل فترة زمنية من توقف عملية الري لا تقل عن ساعة حتى يمكن التخلص من بقايا المواد الكيميائية في النظام. وتتم عملية تشغيل وإيقاف مضخة الحقن أو الصمامات الآلية بإرسال إشارات كهربائية من جهاز التحكم في النظام (الشكل رقم ٣٢, ١١).



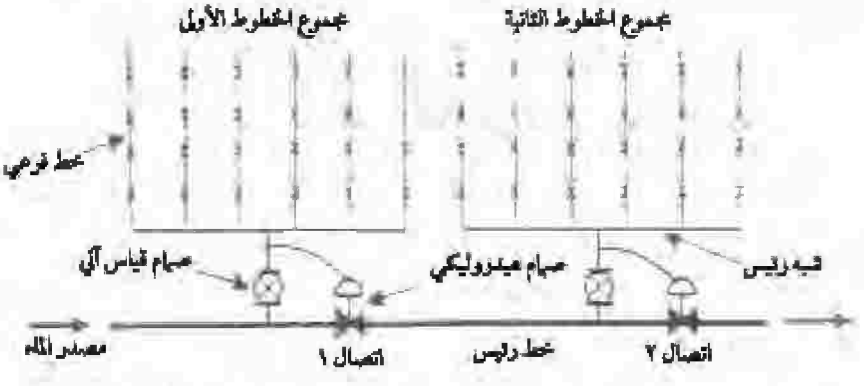
الشكل رقم (٣٢, ١١). جهاز الحقن الآلي للمواد الكيميائية.

(١١,٦) نظم التحكم في الري الآلي في الحقل

يمكن تقسيم نظم التحكم الآلي إلى عدة تقسيمات، فيمكن تصنيف أنواع نظم التحكم الآلي حسب طبيعة أو شكل دائرة النظام، كما سبق شرحه، إلى نوعين الأول نظم الدائرة المفتوحة والثاني نظم الدائرة المغلقة. كما يمكن تقسيم أنواع نظم التحكم الآلي حسب درجة التشغيل الآلي إلى نوعين أيضاً الأول تحكم نصف آلي والثاني تحكم آلي كامل. وتختلف عدد أجهزة التحكم في هذه النظم بناءاً على نوع دائرة نظام التحكم الآلي وحسب درجة التشغيل الآلي في الحقل.

(١١,٦,١) نظم التحكم نصف الآلية

من أسهل نظم التحكم نصف الآلية هي التي تحتوي على صمامات آلية لقياس كميات المياه المضافة مركبة على الخطوط شبه الرئيسة ويتم التحكم فيها بواسطة صمامات هيدروليكية مركبة على الخط الرئيس. يوضح الشكل رقم (١١,٣٣) طريقة الري في كل مجموعة من الخطوط الفرعية بطريقة تعاقبية. حيث إن هناك صمام لقياس المياه آلياً لكل مجموعة من الخطوط الفرعية يتم توصيله إلى صمام هيدروليكي موجود على الخط الرئيس بواسطة أنبوب صغير. عندما يتم تشغيل نظام الري ويتم إضافة كميات المياه المحسوبة مسبقًا إلى المجموعة الأولى من الخطوط الفرعية من خلال عداد صمام قياس المياه الأول. يتم غلق الصمام آلياً بعد ذلك يحدث تراكم وزيادة الضغط عند الصمام الهيدروليكي الأول وهذا يؤدي إلى فتح الصمام الهيدروليكي الأول وبالتالي مرور المياه إلى المجموعة الثانية من الخطوط الفرعية من خلال صمام قياس المياه الآلي الثاني، وهكذا تتكرر عملية الري بطريقة تعاقبية وعندما تنتهي عملية الري يتم إعداد صمامات قياس المياه مرة أخرى للرية القادمة. وبالتالي هذه النظم تحتاج إلى مشغل يتخذ قرارات تتعلق بزمن الري وكميته.



الشكل رقم (١١,٣٣). رسم تخطيطي لنظام تحكم نصف آلي.

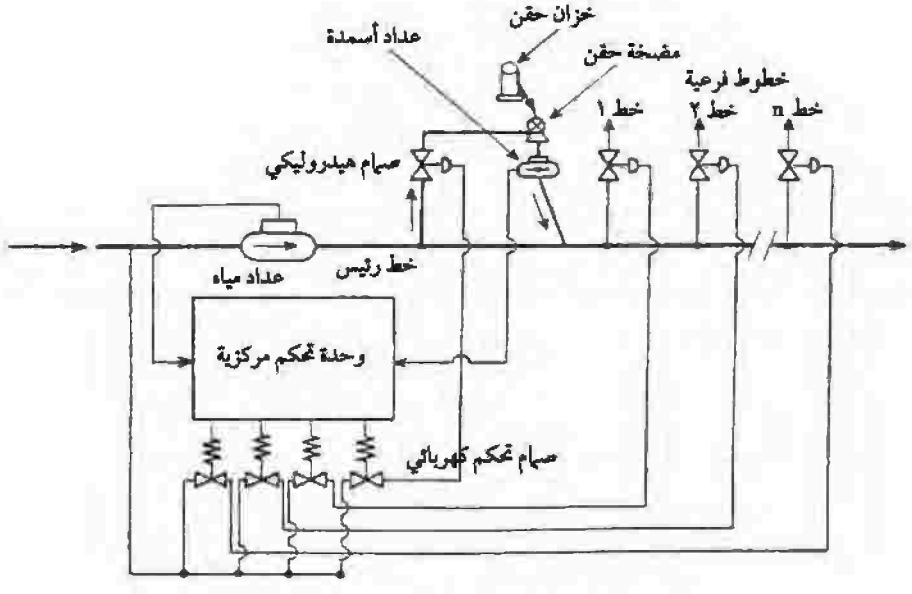
(١١,٦,٢) نظام التحكم كامل الآلية

تقوم نظم التحكم كاملة الآلية بعمل جدولة ري آلية كلياً وبمعرفة متى يتم الري وما هي الكمية المضافة، فهي لا تحتاج إلى مشغل ويمكن إنجاز القرارات وإجراء الحسابات بواسطة جهاز الحاسوب الذي يرتبط بمكونات نظام الري. وتتم عملية التشغيل أو الإيقاف بإرسال إشارات من الحاسوب إلى المضخة بواسطة أسلاك أو الهاتف أو الأشعة تحت الحمراء أو غيرها. إن تكاليف نظم الري سوف تزداد مع زيادة درجة التحكم الآلي في التشغيل. ويوضح الشكل رقم (١١,٣٤) مكونات النظام التحكم الآلي، ويوضح الشكل رقم (١١,٣٥) لوحة التحكم لنظام ري آلي مقسم إلى أربع وحدات ري.

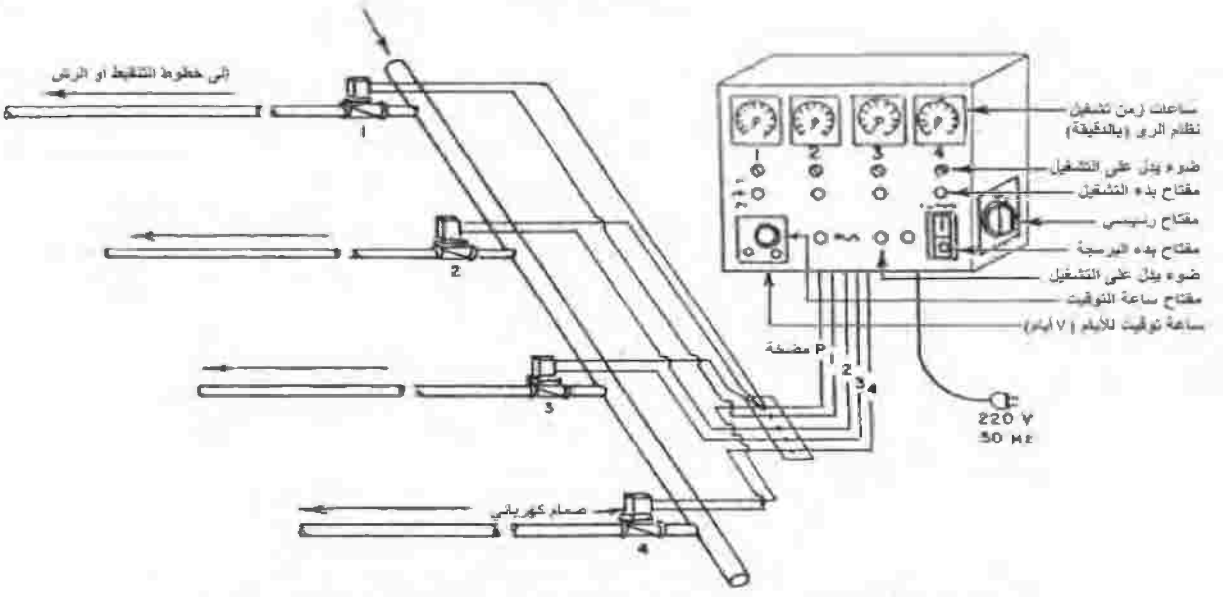
ويتكون نظام التحكم كامل الآلية من الوحدات الأساسية التالية (الشكل رقم ١١,٣٦):

١ - الوحدات الحقلية

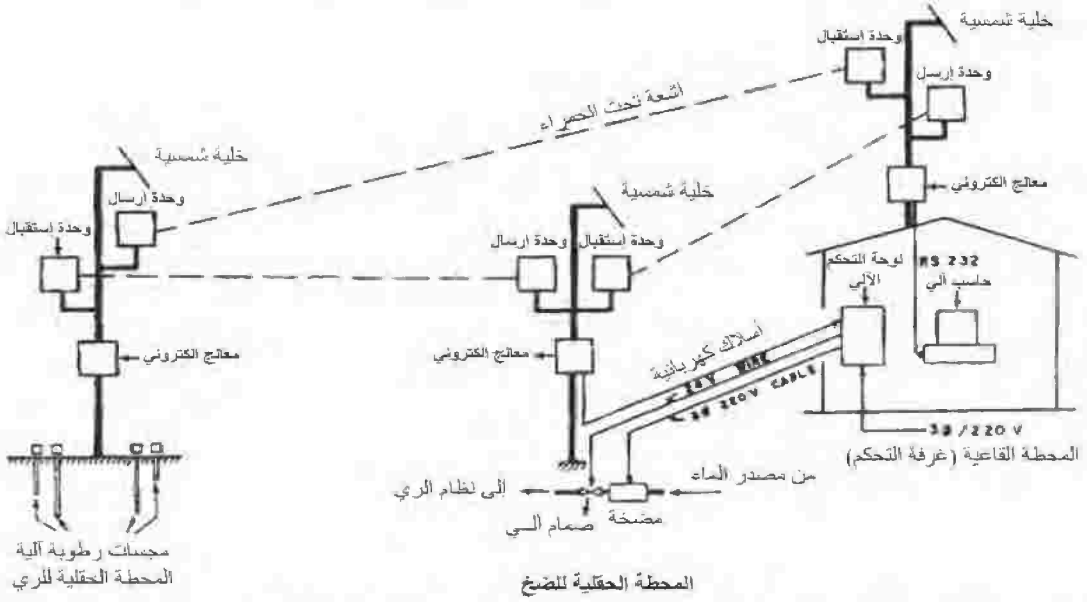
وهي تشمل الصمامات والمضخات وأجهزة حقن المواد الكيماوية والأسمدة والعديد من المقاييس مثل عدادات المياه ومقاييس الضغط والرياح وكذلك مجسات الرطوبة. هذه الوحدات تتصل بوحدة التحكم المركزية مباشرة وبالتالي يتم فتح أو إغلاق النظام أو الحصول على البيانات والمعلومات وخزنها باستمرار.



الشكل رقم (١١,٣٤). رسم تخطيطي لنظام تحكم آلي كامل.



الشكل رقم (١١,٣٥). رسم يوضح لوحة التحكم لنظام ري آلي مقسم إلى أربع وحدات ري.



الشكل رقم (١١,٣٦). استقبال وإرسال المعلومات من محطة التحكم إلى المحطة الحقلية بواسطة الأشعة تحت الحمراء.

٢- وحدة التحكم المركزية

وهي تشمل جهاز حاسب آلي متصل بشاشة عرض البيانات وطابعة لطباعة المعلومات والنتائج، والحاسب الآلي مزود ببرامج حاسوبية تتعلق بجدولة الري وإضافة الكيماويات والمعلومات المناخية وغيرها. وتمثل وحدة

التحكم الآلي التي تدار بالحاسب الآلي جهاز يقوم بتشغيل أو إدارة عناصر متعددة في نظام الري مثل الصمامات والمضخات وأجهزة حقن الكيماويات والمحركات والصمامات الآلية ووحدات غسل المرشحات وغيرها، بناءاً على البرنامج المعد لذلك. وقد يختلف حجم الوحدة كثيراً بناءاً على حجم نظام الري وعدد ونوع الوحدات الملحقة به. ومن خلال هذه الوحدة يستطيع المشغل متابعة أداء الوظائف المختلفة للتشغيل الآلي واتخاذ بعض القرارات أو تعديل بعض الأوامر. وشكل مخرجات البيانات التي تعرض على الشاشة تتوقف على طبيعة البرنامج، وهي بصفة عامة يمكنها عرض تصرف النظام، وكميات مياه الري، وتصرف وحجم الأسمدة والكيماويات المضافة في النظام، وزمن الري ووقت حدوثه، والفترة بين الريات، والضغوط في مواقع مختلفة في شبكة الري، ومعلومات المناخ مثل درجة الحرارة والرطوبة وسرعة الرياح والاشعاع الشمسي وغيرها، بالإضافة إلى رسم خريطة كنتورية للحقل وتحديد الأجزاء المختلفة للتشغيل. كما يمكن لهذه الوحدة طبع المعلومات للمراجعة أو الحفظ.

٣- وحدة الاتصال

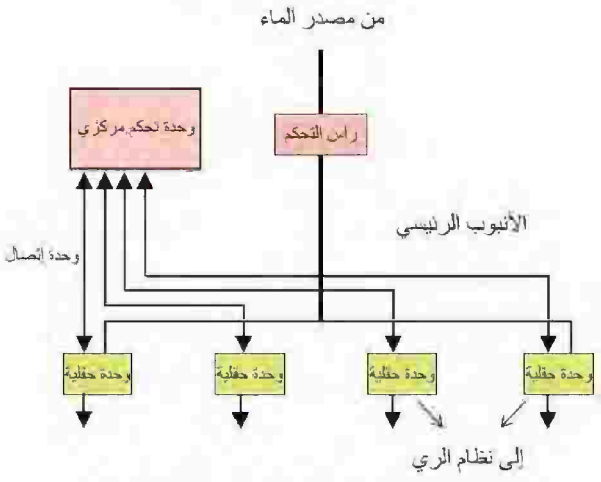
تقوم هذه الوحدة بعملية الاتصال بين الوحدات الحقلية ووحدة التحكم المركزية، وبين الوحدات الحقلية والأجزاء المختلفة من النظام، بواسطة أسلاك كهربائية أو الهاتف أو الراديو أو الأشعة تحت الحمراء.

(١١,٧) طرق تركيب وتشغيل وحدات التحكم الآلي

يتم تركيب الوحدات الأساسية للتحكم الآلي بطريقتين بناءاً على عمل الوحدات الحقلية وهما نظام التحكم المركزي ونظام التحكم الفلكي، كما يمكن تقسيم تركيب نظم الري الآلية إلى ثلاث مجموعات بناءاً على طريقة التشغيل وهي النظم المشغلة مائياً بالتتابع والنظم المشغلة كهربائياً أو كهربائياً ومائياً بالتتابع والنظم غير المتعاقبة.

(١١,٧,١) نظام التحكم المركزي

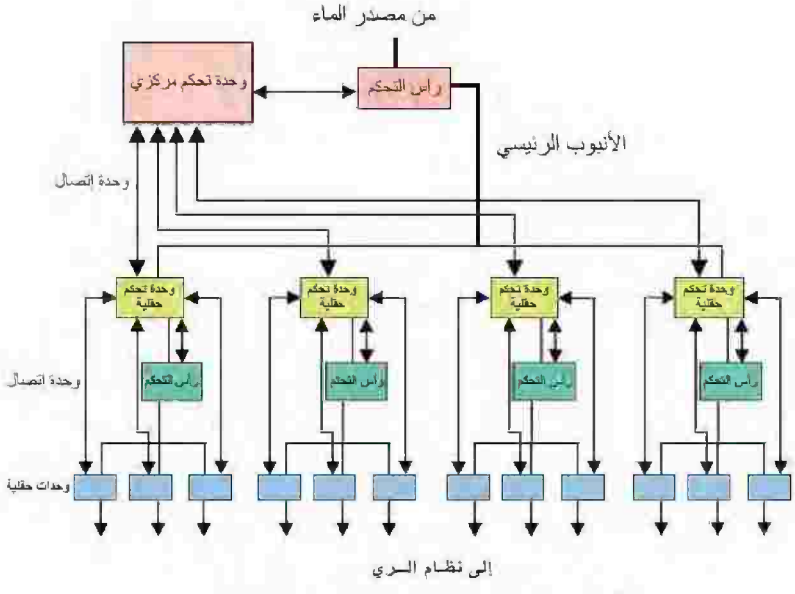
حيث تستخدم الوحدات الحقلية لإرسال المعلومات إلى الوحدة المركزية والأوامر إلى الأجزاء المختلفة في نظام الري فهي بذلك تعمل كحلقة وصل بين وحدة التحكم ونظام الري. وتتم في هذه الطريقة برمجة وعرض المعلومات بواسطة وحدة التحكم المركزية والتي تتصل بجميع الوحدات الحقلية (الشكل رقم ١١,٣٧).



الشكل رقم (٣٧, ١١). نظام التحكم المركزي.

(٢, ٧, ١١) نظام التحكم الفلكي أو المستقل

في هذه الطريقة تتصل الوحدة الحقلية بوحدة تحكم في الموقع، وتبرمج الوحدات الحقلية لتعمل كأجهزة تحكم مستقلة ويمكن إذا دعت الحاجة أن ترسل أوامر إلى أجزاء عديدة من نظام الري. وبالإضافة إلى ذلك يمكن ربط وحدات التحكم الفلكية بوحدة تحكم مركزية، ويكون للأوامر التي تصدر من وحدة التحكم المركزية الأولوية على الأوامر التي تصدر من الوحدة الفلكية مما يضمن تنفيذ برنامج الري الرئيس من محطة مركزية واحدة (الشكل رقم ٣٨, ١١).



الشكل رقم (٣٨, ١١). نظام التحكم الفلكي.

(١١,٧,٣) النظم المشغلة مائياً بالتعاقب

وهي نظم يتم فيها التحكم بالصمامات بقوة التدفق المائي وبالتعاقب، ويحتاج النظام إلى جزئين هامين هما جهاز تحكم وصمام هيدروليكي، ويتم فتح أو غلق الصمامات الهيدروليكية نتيجة لزيادة أو خفض ضغط الماء، ويصل الضغط إلى الصمام عن طريق أنابيب بلاستيكية مرنة ذات أقطار صغيرة (أقل من ١٢ مم)، وتتحمل الضغط فيصل أحد طرفيها بالصمام والطرف الآخر بجهاز التحكم. ويتم التحكم بناء على كمية محددة مسبقاً من الماء والتي يمكن تحديدها على منظم مركب على الصمام.

(١١,٧,٤) النظم المشغلة كهربائياً أو كهربائياً ومائياً بالتعاقب

وهي نظم يتم فيها إرسال تيار كهربائي خلال أسلاك إلى صمامات كهربائية متفرقة، ويتم تحويل تيار الكهربائي متردد (٢٤ فولت) عن طريق محول من صندوق التحكم إلى الصمامات، ويجب عدم استخدام التيار العالي ٢٢٠ فولت كدواعي آمن وسلامة. ويعمل هذا النظام من خلال إرسال إشارة كهربائية من عداد مائي إلى عدادات كهربائية مثبتة على صندوق التحكم، وتكون تلك العدادات معايرة مسبقا لتعطي حجم الماء المطلوب فإذا تم تدفق ذلك الحجم ترسل إشارة من العداد إلى جهاز التحكم ومنه إلى الصمام الكهربائي لغلق الماء.

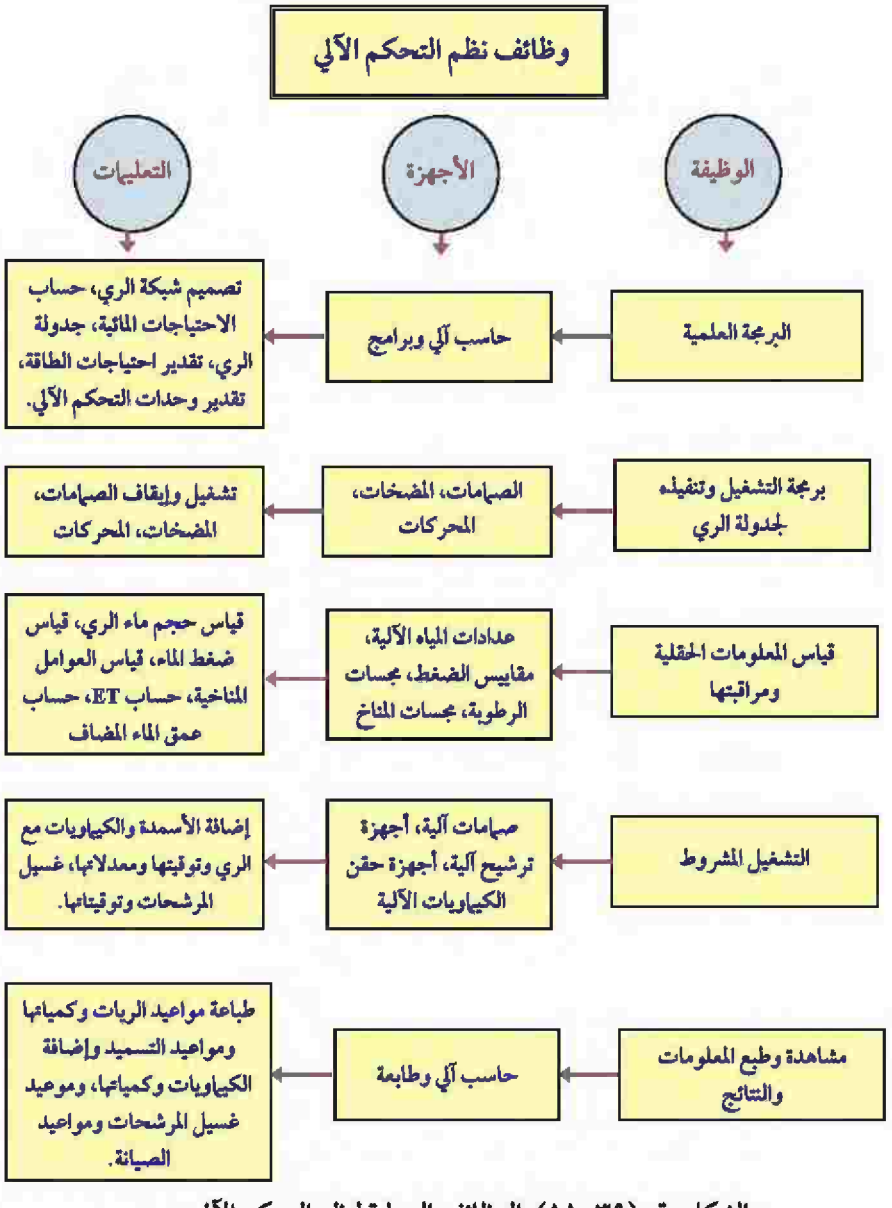
(١١,٧,٥) النظم غير المتعاقبة

وهي نظم يتم التحكم فيها بطريقة آلية مائياً أو كهربائياً بصمامات يعمل كل منها على حدة فيمكن بذلك التحكم في كميات مختلفة من الماء وفي أوقات مختلفة بطريقة البرمجة باستخدام الحاسب الآلي أو بغيرها (عداد مائي مثلا) كما يمكن استخدام الاسترجاع من الحقل لتحديد كمية الماء.

(١١,٨) وظائف نظم التحكم الآلي

يوجد عدة وظائف أو أهداف لنظم التحكم الآلي، فمنها السهل والمباشر مثل تشغيل أو إيقاف عملية الري من خلال صمامات كهربائية تعمل آلي، ومنها الذي يختص بقياس ومراقبة أداء بعض الوحدات التابعة لنظام الري من خلال الرصد المستمر للبيانات والمعلومات المقاسة من هذه الوحدات. كما تشمل وظائف نظم التحكم الآلي تحليل البيانات المقاسة والمسجلة، بواسطة برامج معينة للقيام بالتصميم الأمثل وتقدير الاحتياجات المائية وعمل جدولة للري، وأيضاً تقدير احتياجات الطاقة والتشغيل وحساب التكاليف المترتبة على ذلك. ويوضح الشكل رقم

(١١,٣٩) بعض وظائف نظم التحكم الآلي والأجهزة أو المجسات المطلوبة لتنفيذ هذه الوظائف والأهداف وكذلك تعليمات تنفيذ هذه الوظائف.



الشكل رقم (١١,٣٩). الوظائف العملية لنظم التحكم الآلي.