

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **041023**(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2022.08.30

(51) Int. Cl. **A01G 25/00** (2006.01)
A01G 25/16 (2006.01)

(21) Номер заявки
202090498

(22) Дата подачи заявки
2018.08.14

(54) СПОСОБ И СИСТЕМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ

(31) 2017903250; 2018901564

(56) US-A1-20160048135
US-A1-20150272017
US-A1-20160088807
WO-A1-2016070195

(32) 2017.08.14; 2018.05.08

(33) AU

(43) 2020.07.06

(86) PCT/AU2018/050858

(87) WO 2019/033158 2019.02.21

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**РУБИКОН РЕСЁРЧ ПТИ ЛТД; ДЕ
ЮНИВЕРСИТИ ОФ МЕЛЬБУРН
(AU)**

(72) Изобретатель:
**Отон Девид Джон, Чой Сумит, Мэрилз
Ивен Мишель Ивонн, Рю Донрёль,
Уэстерн Эндрю (AU)**

(74) Представитель:
**Поликарпов А.В., Соколова М.В.,
Путинцев А.И., Черкас Д.А., Игнатъев
А.В., Билык А.В., Дмитриев А.В. (RU)**

(57) Способ пространственного определения влажности почвы в выбранном месте в ирригационном округе, причем упомянутый способ включает в себя этапы использования методик идентификации системы для создания алгоритма эвапотранспирации, основанного на заранее заданном выборе из следующих измеряемых параметров: спектра солнечного излучения, скорости ветра, температуры, влажности, коэффициента водопотребления культуры, типа почвы, атмосферного давления, данных орошения за прошлые периоды и измерения энергии от солнечных батарей в каждом из множества репрезентативных мест; калибровку упомянутого алгоритма путем непосредственного измерения влажности почвы в каждом из репрезентативных мест соответствующими датчиками влажности почвы и использование измеренных параметров осадков, типа почвы, данных орошения за прошлые периоды и коэффициента водопотребления культуры с упомянутым алгоритмом для определения или интерполяции влажности почвы в упомянутом выбранном месте в ирригационном округе.

B1**041023****041023****B1**

Настоящая заявка испрашивает приоритет на основании предварительной заявки на патент Австралии № 2017903250, поданной 14 августа 2017 г., и предварительной заявки на патент Австралии № 2018901564, поданной 8 мая 2018 г., полное содержание которых включено в настоящий документ посредством ссылки.

Область техники, к которой относится изобретение

Некоторые аспекты настоящего изобретения относятся к способам и системам для орошения и/или иного распределения воды. Некоторые из этих способов и систем основаны на оценках уровня влажности почвы. Другие аспекты изобретения относятся к оценке влажности почвы. Некоторые из этих других аспектов основаны на индикации интенсивности солнечного излучения. Дополнительные аспекты изобретения относятся к получению индикации интенсивности солнечного света.

Изобретение описано здесь в отношении орошения только в качестве примера. Другие примеры могут быть применены в других контекстах, например раскрытые способы распределения воды могут применяться для борьбы с наводнением. Аналогичным образом, оценки влажности почвы и солнечной интенсивности могут быть полезны для других целей помимо распределения воды.

Предпосылки создания изобретения

Орошение обычно является крупнейшим потребителем пресной воды на суше. Оно также является одной из причин потерь наибольшего объема воды. Существующие системы орошения обычно имеют эффективность доставки воды в диапазоне от 35 до 50%. То есть при доставке воды из водосбора только менее половины объема воды достигнет своего конечного пункта назначения.

В типичной системе орошения около 30% воды теряется от плотины до затвора на канале. Потери могут быть вызваны эксплуатационными разливами, плохими измерениями, утечками, просачиванием и испарением. От затвора до фермерского хозяйства происходит дальнейшая потеря 50% воды. Потери на этом этапе могут быть связаны с плохим техническим обслуживанием, медленной доставкой, потоками с переменной скоростью течения и плохим управлением. Еще имеются потери воды от фермерского хозяйства до растений/посевов, которые могут быть связаны с неточными сроками подачи воды и отсутствием измерений сельскохозяйственных культур (для определения, нуждается ли культура в воде). Как правило, только 35% воды, забираемой из водосбора, достигает культуры.

Кроме того, существующие системы орошения не обеспечивают соответствующие расходы воды в фермерских хозяйствах. Существующие способы расчета эвапотранспирации (Evapotranspiration, ET) используют спутниковые данные. Однако данные ET, полученные этими существующими способами, не точны из-за расстояния между полем и спутником.

Формы осуществления настоящего изобретения направлены на улучшение распределения воды, определение влажности почвы, ET и/или индикации солнечной интенсивности или, по меньшей мере, на предоставление обществу полезного выбора.

Не следует считать, что какая-либо информация в данном разделе описания является общеизвестной, или что специалист в данной области смог бы выяснить или понять ее как релевантную, или объединить ее каким-либо образом до даты приоритета.

Сущность изобретения

Согласно одному аспекту настоящее изобретение предлагает способ пространственного определения влаги в почве в выбранном месте в ирригационном округе, причем упомянутый способ включает в себя этапы, на которых

используют методики идентификации системы для создания алгоритма для эвапотранспирации, основанного на заранее заданном выборе из следующих измеряемых параметров: спектра солнечного излучения, скорости ветра, температуры, влажности, коэффициента водопотребления культуры, типа почвы, атмосферного давления, данных орошения за прошлые периоды и измерения энергии от солнечных батарей в каждом из множества репрезентативных мест;

калибруют упомянутый алгоритм путем непосредственного измерения влажности в почве в каждом из репрезентативных мест соответствующими датчиками влажности почвы и

используют измеренные параметры осадков, типа почвы, данных орошения за прошлые периоды и коэффициента водопотребления культуры с упомянутым алгоритмом для определения или интерполяции влажности почвы в упомянутом выбранном месте в ирригационном округе.

В одной из форм осуществления изобретения тип почвы определяют с помощью радиолокационного зондирования почвы для установления взаимосвязи между сигналом радара и водоудерживающей способностью почвы.

В другой форме осуществления изобретения упомянутые данные орошения за прошлые периоды основаны на времени и объеме орошения для получения данных о насыщенности почвы влагой и/или спектре солнечного излучения, включающем видимую область и ближнюю инфракрасную область.

В еще одну форму осуществления изобретения дополнительно включена система управления орошением для орошения заданных участков в ирригационном округе, причем упомянутая система управления орошением осуществляет мониторинг выводимой или интерполируемой влажности почвы для заданных участков, наличия оросительной воды для заданных участков и запросов на своевременное орошение от конечных пользователей для заданных участков; и позволяет происходить запрашиваемому

орошению для заданных участков на основании мониторинга.

В еще одной форме осуществления изобретения система управления орошением осуществляет мониторинг проводящей оросительной сети от водосборов для подачи воды на участки, которые должны орошаться по требованию упомянутых конечных пользователей. Система управления орошением осуществляет мониторинг влажности почвы в упомянутом множестве репрезентативных мест и осуществляет мониторинг по меньшей мере одного или более из климатических прогнозов, заказов воды от конечных пользователей, подробностей культуры, уровней воды и измерений открытия затвора регулирования расхода в ирригационном округе.

В соответствии с другим аспектом настоящее изобретение предлагает систему определения влажности почвы для пространственного определения влажности почвы в выбранном месте в ирригационном округе, причем упомянутая система включает в себя сетевую компьютерную систему, подключенную к множеству метеорологических станций в ирригационном округе, для измерения параметров, выбираемых из следующего набора: спектра солнечного излучения, скорости ветра, осадков, температуры, влажности, атмосферного давления и измерения энергии от солнечных панелей в каждом из множества репрезентативных мест, при этом упомянутая сетевая компьютерная система имеет доступ к данным о коэффициенте водопотребления культуры, типе почвы и данным орошения за прошлые периоды в упомянутых репрезентативных местах, и использует методики идентификации системы для создания алгоритма для эвапотранспирации на основе заранее заданного выбора из данных измерений метеорологической станции и доступа к данным о коэффициенте водопотребления культуры, типе почвы и данным орошения за прошлые периоды в упомянутых репрезентативных местах; причем упомянутая сетевая компьютерная система калибрует упомянутый алгоритм путем непосредственного измерения влажности в почве в каждом из репрезентативных мест соответствующими датчиками влажности почвы; и использует измеренные параметры осадков, типа почвы, данных орошения за прошлые периоды и коэффициента водопотребления культуры с упомянутым алгоритмом для определения или интерполяции влажности почвы в упомянутом выбранном месте в ирригационном округе.

В одной из форм осуществления изобретения тип почвы определяют с помощью радиолокационного зондирования почвы для формирования взаимосвязи между сигналом радара и водоудерживающей способностью почвы. Данные орошения за прошлые периоды основаны на времени и объеме орошения для предоставления данных о насыщении почвы влагой.

В другой форме осуществления изобретения спектр солнечного излучения включает в себя видимую область и ближнюю инфракрасную область.

В еще одном аспекте изобретения предложена система управления орошением для орошения заданных участков в ирригационном округе, включающая систему определения влажности почвы, как описано выше, причем система управления орошением осуществляет мониторинг: выводимой или интерполируемой влажности почвы для заданных участков, наличия оросительной воды для заданных участков и запросов на своевременное орошение от конечных пользователей для заданных участков и позволяет запрашиваемому орошению происходить для заданных участков на основании упомянутого мониторинга.

В одной из форм осуществления изобретения система управления орошением осуществляет мониторинг проводящей оросительной сети от водосборов для подачи воды в районы, которые должны орошаться по требованию упомянутых конечных пользователей. Система управления орошением осуществляет мониторинг влажности почвы в упомянутом множестве репрезентативных мест и осуществляет мониторинг по меньшей мере одного или более из климатических прогнозов, заказов воды от конечных пользователей, подробностей культур, уровней воды и измерений открытия затвора регулирования расхода в ирригационном округе.

В еще одной форме осуществления изобретения метеорологические станции включены в множество затворов регулирования расхода.

В соответствии с одним аспектом настоящее изобретение предлагает способ управления системой распределения воды, причем система имеет по меньшей мере один по меньшей мере преимущественно открытый водоток, из которого вода доставляется в почву, и способ включает управление системой на основе по меньшей мере уровня влажности почвы и по меньшей мере одного индикатора подачи, причем по меньшей мере один индикатор подачи является индикатором по меньшей мере одного из следующего:

- по меньшей мере одного объема воды в системе,
- притока воды в систему и
- будущего притока воды в систему.

В одной из форм осуществления изобретения управление включает в себя обеспечение подачи воды в почву для использования способности почвы принимать воду по меньшей мере в одном из случаев: а) в ответ на избыток воды и б) в ожидании избытка воды. Система предпочтительно содержит часть, из которой вода доставляется таким образом. Способ предпочтительно включает в себя уменьшение объема воды в этой части системы, чтобы сделать вместимость части системы доступной для сбора избыточной воды.

В соответствии с другим аспектом настоящее изобретение предлагает способ управления системой

распределения воды, причем система имеет по меньшей мере один по меньшей мере преимущественно открытый водоток, и способ включает доставку воды из водотока в соответствии с графиком доставки; причем по меньшей мере одного индикатора подачи, являющегося индикатором по меньшей мере одного из

по меньшей мере одного объема воды в системе,
притока воды в систему и будущего притока воды в систему, и
по меньшей мере влияние на график доставки на основе по меньшей мере одного индикатора подачи.

В одной из форм осуществления изобретения длина водотока составляет по меньшей мере 100 км.

В одной из форм осуществления изобретения по меньшей мере один индикатор подачи является индикатором по меньшей мере

одного из объема воды в системе выше по водотоку;
притока воды в систему выше по водотоку и
будущего притока воды в систему выше по водотоку.

В одной из форм осуществления изобретения управление включает в себя управление подачей воды в водоток.

В соответствии с другим аспектом настоящее изобретение предлагает способ, включающий использование в качестве показателя интенсивности солнечного излучения выходной мощности по меньшей мере одной фотоэлектрической батареи, питающей устройства.

В одной из форм осуществления изобретения упомянутое устройство представляет собой электро-механическое устройство. Устройство может представлять собой, например, одно или более из затвора регулирования расхода воды, насоса, расходомера и датчика уровня воды.

В соответствии с еще одним аспектом настоящее изобретение предлагает способ оценки по меньшей мере одного из уровня влажности почвы и эвапотранспирации из почвы, причем способ включает в себя применение логики к выходной мощности по меньшей мере одной фотоэлектрической батареи для питания устройства.

В одной из форм осуществления изобретения упомянутое устройство представляет собой электро-механическое устройство. Устройство может представлять собой, например, одно или более из затвора для регулирования расхода воды, насоса, расходомера и датчика уровня воды.

В соответствии с еще одним аспектом настоящее изобретение предлагает способ оценивания пространственно-переменной оценки уровня влажности почвы в сельскохозяйственном районе, включающий применение логики к данным, указывающим, по меньшей мере,

температуру воздуха,
осадки,
скорость ветра,
относительную влажность,
солнечную интенсивность и
одно из природных свойств почвы.

В одной из форм осуществления изобретения данные указывают на историю орошения, связанную с сельскохозяйственным районом.

В одной из форм осуществления изобретения данные указывают температуру воздуха по меньшей мере в двух точках по меньшей мере вблизи сельскохозяйственного района.

В одной из форм осуществления изобретения данные указывают на количество осадков по меньшей мере в двух точках по меньшей мере вблизи сельскохозяйственного района.

В одной из форм осуществления изобретения данные указывают скорость ветра по меньшей мере в двух точках по меньшей мере вблизи сельскохозяйственного района.

В одной из форм осуществления изобретения данные указывают относительную влажность по меньшей мере в двух точках по меньшей мере вблизи сельскохозяйственного района.

В одной из форм осуществления изобретения данные указывают плотность энергии видимого света.

В одной из форм осуществления изобретения данные указывают плотность энергии излучения ближней инфракрасной области спектра.

В одной из форм осуществления изобретения данные указывают по меньшей мере одно природное свойство почвы по меньшей мере в двух точках по меньшей мере вблизи сельскохозяйственного района.

В одной из форм осуществления изобретения данные включают в себя выходной сигнал по меньшей мере от одного датчика влажности почвы по меньшей мере вблизи сельскохозяйственного района.

В соответствии с другим аспектом настоящее изобретение предлагает способ оценивания пространственно-переменной оценки уровня влажности почвы в сельскохозяйственном районе, причем этот способ включает применение логики к данным, указывающим по меньшей мере выходной сигнал по меньшей мере от одного датчика влажности почвы по меньшей мере вблизи сельскохозяйственного района, и пространственно-переменные спутниковые данные.

В одной из форм осуществления изобретения данные указывают плотность энергии видимого света.

В одной из форм осуществления изобретения данные указывают плотность энергии излучения

ближней инфракрасной области спектра.

В одной из форм осуществления изобретения способ включает в себя применение логики к выходной мощности по меньшей мере одной фотоэлектрической батареи для питания устройства. Упомянутое устройство предпочтительно представляет собой электромеханическое устройство. Устройство может представлять собой, например, одно или более из затвора для регулирования расхода воды, насоса, расходомера и датчика уровня воды.

В одной из форм осуществления изобретения применение логики заключается в применении модели, имеющей параметры, корректируемые в соответствии с сельскохозяйственным районом.

В одной из форм осуществления изобретения применение логики заключается в применении модели, полученной из идентификации системы.

Краткое описание чертежей

Форма осуществления изобретения теперь будет описана только в качестве примера со ссылкой на прилагаемые чертежи, на которых

на фиг. 1 показана типичная система распределения воды или орошения известного уровня техники в упрощенном графическом представлении,

на фиг. 2 - блок-схема системы комплексного управления водными ресурсами водосбора в соответствии с настоящим изобретением,

на фиг. 3 - график зависимости влажности почвы от времени на временной шкале,

на фиг. 4 - увеличенный вид модифицированного затвора или регулятора, описанного со ссылкой на фиг. 1,

на фиг. 5 - форма осуществления системы распределения воды или орошения в упрощенном графическом представлении,

на фиг. 6 показан автоматизированный процесс подачи воды для орошения.

Описание форм осуществления изобретения

Предпочтительные формы осуществления изобретения относятся к системе распределения воды (или проводящей оросительной сети), использующей пространственно очень большие сети систем с открытыми каналами для подачи воды. Помимо орошения система распределения воды может использоваться, например, для промышленных применений и для городского сектора. Эти проводящие системы в основном работают под действием силы тяжести (самотеком) на равнинной местности и, как таковые, транспортируют воду относительно медленно (по сравнению с почти мгновенным срабатыванием трубопровода под давлением).

В контексте реки (или другого, по меньшей мере, преимущественно открытого водотока), длина которой составляет 500 км, может потребоваться несколько дней, чтобы приток выше по течению (например, в случае ливня) распространился и привел к повышению уровней воды ниже по течению. Согласно различным существующим способам распространяющийся избыток может превышать имеющийся запас высоты в дамбах, что приводит к переполнению и потерям. Избыток также может проходить через закрытые выпуски воды для подачи ее в почву или затворы на пути к морю, где он также теряется.

Система сконфигурирована так, чтобы избежать таких потерь. Путем открывания выпусков воды для подачи ее в почву ниже по течению или затворов подачи в ожидании такого избытка, уровни воды в нижележащих частях водотока (из которых выпуски воды для подачи в почву или затворы подают воду) могут быть понижены, чтобы сделать имеющийся запас высоты в дамбах пригодным для задержания избытка.

Открывание водовыпусков или затворов в ожидании избытка эффективно использует аккумулирующую способность почвы. Принимая во внимание также имеющуюся аккумулирующую способность почвы можно достичь оптимального компромисса между задержанием излишков и чрезмерным расходом воды. "Имеющаяся аккумулирующая способность почвы" и аналогичная терминология используются здесь в качестве понятия для разницы между аккумулирующей способностью почвы (природным свойством почвы) и уровнем влажности почвы; т.е. сколько дополнительной воды почва может аккумулировать до насыщения. Аналогичным образом можно рассмотреть функцию издержек, связанную с потребностью культур в воде или их устойчивостью к воде.

Уровень воды (например, заданное значение) в верхней части водотока также может быть понижен в ожидании притока, например, в ответ на прогноз дождя в зоне водосбора или в ответ на прогнозы температуры, предвещающие приток талой воды.

Фиг. 1 представляет собой чрезвычайно упрощенное графическое представление системы распределения воды или проводящей оросительной сети 100, которая включает в себя верхний водосбор или водохранилище 120 у плотины, питаемое реками или ручьями (не показаны); естественные носители (например, реки) 130 и бьефы 140 канала; каналы 160, которые отходят от этих естественных носителей 130 и/или бьефов 140 канала; и каналы 170 для доставки воды к культурам 190 в фермерских хозяйствах 180.

Система 100 распределяет воду для сельскохозяйственных культур 190 и фермерских хозяйств 180 (например, в ответ на заказы на воду и/или как часть графика доставки). Вода последовательно подается из верхнего водосбора 120 через реки 130 и бьефы 140 канала и каналы 160 в фермерские хозяйства 180. Вода подается к сельскохозяйственным культурам 190 и фермерским хозяйствам 180 на основе одного

или более из требования клиента, графика орошения и подачи воды, имеющейся в распределительной сети 100.

Расход воды регулируется затворами или регуляторами 132, как правило, но не ограничиваясь ими, переливными затворами. Примеры таких затворов или регуляторов 132 показаны в заявке заявителя PCT/AU 2001/001036 под названием "CONTROL GATES" (опубликованной как WO 2002/016698, содержание этой публикации включено в настоящий документ посредством ссылки). Управление водой в реках 130 и бьефах 140 канала может регулироваться множеством затворов или регуляторов 132, как показано на фиг. 1, с учетом подачи из них. В заявке заявителя PCT/AU 2002/000230 под названием "FLUID REGULATION" (опубликованной как WO 2002/071163 A1, содержание этой публикации включено в настоящий документ посредством ссылки) описываются способы и системы для обеспечения поддержки принятия решений в отношении доставки воды или фактической физической доставки воды из бассейна к культурам.

Каждый затвор или регулятор 132 приводится в действие электродвигателем, встроенным в его конструкцию и питаемым от перезаряжаемой батареи, соединенной с солнечным элементом 134, расположенным на подставке 136. Подставки 136 содержат необходимую электронику и системы связи, позволяющие каждому затвору или регулятору 132 работать и собирать данные о положении открытия затвора и объеме воды, протекающей через затворы или регуляторы 132. Данные могут приниматься и передаваться без проводов с использованием антенн 138 посредством радио или другого протокола связи для формирования сети с удаленной компьютерной системой.

Система 100 распределения воды обеспечивает, по меньшей мере, преимущественно открытый водоток между водосбором 120 и каналами 160. В отношении терминологии и подобной технологии здесь используются

открытые оросительные каналы и/или реки, которые являются примерами открытых водотоков; и длинный открытый оросительный канал, прерываемый коротким трубопроводным участком под проезжей частью, который является примером преимущественно открытого водотока.

Как показано на фиг. 2, предлагается система 200 комплексного управления водными ресурсами водосбора. Система 200 комплексного управления водными ресурсами водосбора учитывает пространственные и временные характеристики, связанные с системой 100 распределения воды, для того чтобы согласовывать подачу в системе водоснабжения с потребностью у фермерского хозяйства/культур 180. Система 200 комплексного управления водными ресурсами водосбора обеспечивает возможность прогнозировать и упреждать как условия потребности, так и подачи, чтобы обеспечить лучшие эксплуатационные результаты, такие как своевременная подача воды в соответствии с требованиями культур, без потери (или с минимальной потерей) воды при доставке. Кроме того, система комплексного управления водными ресурсами водосбора учитывает (и использует в своих интересах) запас воды, когда он доступен. Сопоставляя подачу с потребностью, система комплексного управления водными ресурсами водосбора способна снизить вероятность избыточной подачи (нерационального использования) воды или недостаточной поставки воды пользователям.

Система 200 комплексного управления водными ресурсами водосбора включает в себя устройство управления, такое как один или более компьютерных процессоров, для приема и обработки информации, относящейся к системе 100 распределения воды. Один или более процессоров системы распределения воды дополнительно сконфигурированы для управления эксплуатацией системы распределения воды или предоставления отчета оператору/фермеру. Один или более процессоров могут дополнительно реализовывать алгоритмы обучения и автоматизации для управления системой распределения воды. Система комплексного управления водными ресурсами водосбора дополнительно снабжена модулем связи для связи с датчиками и исполнительными механизмами, распределенными по системе 100 распределения воды. Модуль связи предпочтительно поддерживает беспроводную связь, например, посредством радиопередачи, Wi-Fi, Bluetooth и/или любого другого стандарта из набора стандартов связи Института инженеров по электротехнике и радиоэлектронике (Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE) IEEE 802.11.

Используя данные и модели для представления уровней на стороне потребления и на стороне подачи в системе распределения воды, система 200 комплексного управления водными ресурсами водосбора стремится согласовать потребление с подачей. Путем моделирования и анализа каждого отдельного уровня системы распределения воды система 200 способна прогнозировать условия подачи и потребления на том и другом конце системы распределения воды, чтобы обеспечить оптимальные решения и результаты для достижения эксплуатационных целей. Таким образом, система 200 комплексного управления водными ресурсами водосбора сводит к минимуму риск избыточной или недостаточной подачи воды для культур 190 и фермерских хозяйств 180.

Комплексное управление водными ресурсами водосбора связывает все аспекты и заинтересованные стороны, от уровня корня культуры до более широкого уровня бассейна, и использует измерения в реальном времени (например, по меньшей мере, ежедневно или, по меньшей мере, ежечасно) и обмен информацией в реальном времени, и обеспечивает принятие решения для поддержки ирригационного округа и фермеров, а также везде, где есть инфраструктура. Кроме того, комплексное управление водными

ресурсами водосбора способно принимать автономные меры управления, чтобы согласовывать подачу с потребностью.

Комплексное управление 200 водными ресурсами водосбора обеспечивает модель 220 распределения воды, состоящую из следующих подмоделей для представления различных уровней системы распределения воды:

модель 222 для верхнего водосбора 120;
модель 224 для естественных носителей (например, рек) 130 и водохранилищ 140;
модель 226 для оросительных каналов 160 и каналов 170, которые отводят воду от этих естественных носителей/водохранилищ.

Модель 220 распределения воды дополнительно включает в себя график 228 доставки, относящийся к планированию орошения и заказам воды, которые соотносятся с сельскохозяйственными культурами/фермерскими хозяйствами. Система 200 комплексного управления водными ресурсами водосбора может влиять на график доставки посредством подсказки (или иным образом обеспечивая поддержку принятия решений) фермерам (или другим получателям воды). В качестве альтернативы график может быть реализован путем корректировки модели ценообразования на воду. Другие варианты системы 200 комплексного управления водными ресурсами водосбора могут просто автоматически изменять время доставки.

Система 200 комплексного управления водными ресурсами водосбора охватывает территорию от водосбора до сельскохозяйственных культур/фермерских хозяйств и учитывает пространственные и временные изменения вдоль водотока, которые являются входными данными 240 для модели 220 системы, чтобы оптимально согласовывать потребность и подачу по всему водосбору, предотвращая потери воды. Входные данные 240 для подачи и потребления воды могут включать в себя

- 1) климатический прогноз,
- 2) официальные заказы воды,
- 3) данные по влажности почвы,
- 4) данные по эвапотранспирации (ЕТ),
- 5) детали культуры,
- 6) информация о почве,
- 7) измерения уровня воды, расхода и открытия затвора от уровня фермерского хозяйства до уровня водосбора.

На основе этих входных данных 240 комплексное управление 200 водными ресурсами водосбора обеспечивает выходные данные 260 для автономной координации и эксплуатации полевого оборудования для управления всей системой распределения воды от водосбора до каждой культуры/фермерского хозяйства, чтобы оптимально согласовывать потребность (ниже по течению) и подачу (выше по течению) как в пространстве, так и во времени. Полевое оборудование включает в себя, например, затвор и/или насос в системе распределения воды. Автономное действие может включать в себя одно или более из следующего:

управление подачей воды в водоток (например, путем сброса воды из водохранилища 120 или других водохранилищ 130, 140, 160 выше по потоку);

управление подачей воды к почве для использования способности почвы принимать воду в ответ на избыток воды и/или в ожидании избытка воды в системе распределения воды (например, путем открытия выпусков или затворов из водотока) и

уменьшение объема воды в бьефе 140 с помощью регулирующих затворов для освобождения вместимости с целью сбора избыточной воды (например, путем регулирования выпусков или затворов из водотока).

Водовыпуски или затворы могут быть клапанами на низовых выходах каналов 160.

Кроме того, комплексное управление 200 водными ресурсами водосбора обеспечивает выходные данные в форме поддержки принятия решений для оператора (или фермера), чтобы помочь работе всей системы распределения воды от водосбора до каждого фермерского хозяйства, для оптимального согласования потребности (ниже по течению) и подачи (выше по течению) как в пространственном, так и во временном отношении.

Комплексный характер управления 200 водными ресурсами водосбора (которое учитывает множество входных данных вдоль системы распределения воды и обеспечивает одни или более выходных данных для управления системой распределения воды) согласует подачу с потребностью и, как результат, увеличивает общую эффективность системы распределения воды.

Упор на заказы на орошение для прогнозирования потребности хорошо работает в жестко управляемой системе распределения воды, которая может мгновенно и локально реагировать на эту потребность. Наличие информации "ожидаемого" прогноза о потребности с помощью таких инструментов, как влажность почвы, моделей потребления (способов орошения) или прогнозы погоды, позволяет принимать оперативные меры, которые будут предотвращать возможные состояния. В оперативном смысле могут быть предприняты действия, которые используют в системе "гибкость" или "взаимные уступки", а не полагаются только на реальные события. Эта гибкость обычно связана с природным накоплением в

системах, будь-то сами каналы или водохранилища, такие как у дамб или водосливных плотин в проводящей сети. Используя данные прогноза, можно предпринять упреждающие оперативные действия, чтобы увеличить или уменьшить объем накопления в системе и лучше реагировать на прогнозируемые события. Вероятность прогнозов и риск, связанный с действиями, являются ключевыми параметрами в этих моделях, предлагаемых для управления водосбором.

Система непрерывно осуществляет мониторинг данных и гарантирует, что задержки транспортировки и емкости в проводящих системах, а также хранилища в фермерских хозяйствах и в корневой зоне сельскохозяйственных культур используются для буферизации несоответствий прогнозирования и реальности, а также непрерывно оптимизирует свой прогноз посредством алгоритмов обучения.

Водоток системы распределения воды, к которой применяется комплексное управление 200 водными ресурсами водосбора, может иметь длину примерно до 100 км. Она ограничена разрешением измерений погодных условий и влажности почвы, спутниковых снимков и данных эвапотранспирации. По мере увеличения разрешения или с увеличением количества приборов для измерения эвапотранспирации, дождя и засухи, а также влажности почвы возрастает и способность программных средств работать на небольших водосборах и фермерских хозяйствах. Прогнозы погоды могут быть интегрированы в систему, чтобы обеспечить дополнительно выводимое предварительное уведомление о дополнительной потребности, которая рассчитывается по заказам на воду, как показано на фиг. 1.

Определение уровня воды, расхода и открытия затвора.

Входные данные, относящиеся к измерениям уровня воды, расхода и открытия затвора, могут предоставляться одним или несколькими индикаторами подачи. Индикатором подачи является, например, расходомер или датчик уровня. Индикаторы подачи могут предоставлять информацию, касающуюся

одного или более объемов воды в системе распределения воды; или
притока воды в систему распределения воды; или
будущего притока воды в систему.

В примере, описанном выше, в случае дождя (или прогнозируемого события дождя) индикатор(ы) подачи будет обеспечивать указание одного или более из объема воды в верхней части потока, притока воды в верхнюю часть и прогнозируемого притока воды в верхнюю часть.

На основании указания текущих уровней воды при текущем и прогнозируемом притоках в верхнюю часть система распределения воды используется для выпуска воды из верхней части потока в одну или более частей ниже по потоку, если необходимо, чтобы верхняя часть могла вместить дополнительный приток воды.

Определение влажности почвы.

Насколько известно авторам, в настоящее время нет подходов для точной экстраполяции локализованных точных локальных измерений влажности в пространственном масштабе.

Существуют датчики влажности, способные измерять уровень влажности в почве вблизи корневой зоны растения, который может указывать, когда воду следует подавать растениям. Однако для более крупных плантаций культур эти датчики обеспечивают только точечное или локализованное измерение влажности почвы. Может быть большая пространственная изменчивость, связанная с влажностью почвы, потому что есть несколько факторов, которые делают измерение влажности в почве специфическим для данного участка, такие как

- 1) тип почвы, в частности ее водоудерживающая способность,
- 2) вид культуры,
- 3) состояние культуры и стадия роста растений,
- 4) микроклимат.

Стоимость этих датчиков и передача связанных с ними данных исключают возможность широкого распределения этих приборов по плантации сельскохозяйственной культуры.

Существуют датчики (приборы), которые могут измерять эти параметры при требуемой необходимой пространственной плотности, чтобы обеспечить более рентабельный расчет влаги в почве для более крупномасштабной плантации сельскохозяйственной культуры. Этот способ также может быть дорогостоящим для общего уровня точности, который он обеспечивает.

Существующие подходы к определению дефицита влаги в почве с помощью спутниковых снимков и нормализованного относительного индекса растительности (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI) не могут обеспечить гарантии точности оценки дефицита влаги, поскольку уравнения для определения дефицита с помощью подходов эвапотранспирации (ET) основаны на эмпирических уравнениях, которые калибруются вокруг определенного набора данных, и имеется много приближений, связанных с вычислением ET.

Вычисление эвапотранспирации E_{TC} культуры рассматривается ниже, чтобы подчеркнуть его недостатки.

Коэффициент водопотребления культуры

$$(K_C) = f(NDVI), \quad (1)$$

$$E_{TC} = E_{TO} \cdot K_C, \quad (2)$$

где E_{TC} - эвапотранспирация на требуемой поверхности,

E_{TO} - эталонная эвапотранспирация культуры.

Эталонная эвапотранспирация культуры E_{TO} может быть рассчитана с использованием следующего уравнения, известного как уравнение Пенмана-Монтейта:

$$\tau E_{TO} = \frac{[\Delta(Rn - G)] + (\gamma \tau E_a)}{(\Delta + \tau)},$$

где Δ - уклон кривой давления пара насыщения $\left[\frac{\delta e}{\delta T}\right]$;

e - давление пара насыщения (кПа);

T - среднесуточная температура ($^{\circ}\text{C}$);

R_n - чистая радиация ($\text{МДж}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{сут}^{-1}$);

G - плотность теплового потока почвы ($\text{МДж}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{сут}^{-1}$);

γ - психрометрическая постоянная ($\text{кПа}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$);

τ - скрытая теплота испарения (МДж/кг);

E_a - перенос паров потока ($\text{мм}\cdot\text{сут}^{-1}$).

Данное уравнение является несовершенным по следующим причинам:

среднесуточная температура T является средним значением максимальной и минимальной температуры $((T_{\max} + T_{\min})/2)$. Тем не менее, эта информация не отражает точное распределение температурных изменений за день;

требуется измерение скорости ветра на высоте 2 м над уровнем земли; показания на высоте, отличной от 2 м, обычно корректируются с помощью эмпирических уравнений;

уклон кривой давления пара насыщения также использует среднесуточную температуру T ;

психрометрическая постоянная γ требует атмосферного давления в качестве входных данных. Атмосферное давление на возвышении измеряется с использованием эмпирической формулы, предполагающей температуру 20°C , что не всегда верно. По меньшей мере, по этим причинам не может быть гарантирована установленная точность оценки E_t (и, следовательно, дефицита влаги в почве) с помощью спутников и метеорологических измерений. Ирригационные административные районы обычно занимают большую площадь (например, 27000 км^2).

Следовательно, накопленная погрешность как в пространственном, так и во временном масштабе, при оценке влажности почвы может привести к огромным несоответствиям подачи и потребности, которые не могут быть буферизированы в системе, что приведет либо к потерям из-за избыточной подачи, либо к голоданию растений на фермах из-за недостаточной подачи воды.

Важность определения влажности почвы и текущих воздействий, которые она оказывает на сельскохозяйственные культуры, показана на фиг. 3. На фиг. 3 показан график зависимости влажности почвы от времени на временной шкале образца. При уровне 10 влажности почва достаточно сухая, так что требует орошения для обеспечения здоровой культуры. Орошение продолжается по линии 12 и прекращается, когда влажность почвы достигает уровня 14 влажности, где орошение больше не требуется. Предполагая, что дождя нет, почва высохнет, как показано уклоном 16. Влажность почвы упадет до уровня 10 влажности, и орошение потребует снова. Орошение снова продолжается по линии 18 и прекращается, когда влажность почвы снова достигает уровня 14 влажности, где орошение больше не требуется. Почва высохнет, как показано уклоном 20. Если выпадет дождь, как показано линией 22, влажность почвы увеличится. При прекращении осадков почва снова высохнет, как показано уклоном 24. Соответственно, между циклами 28, 30 орошения больше времени, чем между циклами 26, 28 орошения. Если это изменение не учитывается при запросе орошения культур, почва будет переувлажнена, что приведет к ненужному орошению культур и потере воды.

Для устранения недостатков, выявленных выше и ранее, должен быть улучшен способ определения уровня влажности в почве в пространственном масштабе на орошаемом участке. Способ согласно настоящему изобретению является улучшением по сравнению с заявкой заявителя PCT/AU 2012/000907 под названием "DEMAND MANAGEMENT SYSTEM FOR FLUID NETWORKS" (опубликованной как WO 2013/016769 A1, содержание которой включено в настоящий документ посредством ссылки), и заявкой заявителя PCT/AU 2014/050208 под названием "METHOD OF DEMAND MANAGEMENT AND CONTROL OF FLUID PIPE NETWORKS" (опубликованной как WO 2015/031954 A1, содержание которой включено в настоящий документ посредством ссылки).

Уровень влажности определяется на основе данных, указывающих один или более параметров, изложенных ниже.

Температура воздуха (например, температура воздуха по меньшей мере в двух точках по меньшей мере в непосредственной близости от сельскохозяйственного района). Данные о температуре могут быть получены с использованием датчиков температуры на оборудовании, установленном как часть системы управления орошением.

Осадки (например, осадки по меньшей мере в двух точках по меньшей мере в непосредственной близости от сельскохозяйственного района). Данные об осадках могут быть получены с использованием

датчиков дождя, включающих в себя необходимую плотность датчиков дождя на оборудовании, развернутом как часть системы управления орошением. Дождевые осадки имеют сильную пространственную изменчивость (т.е. в данной области количество осадков не является равномерным в пространственном отношении).

Скорость ветра (например, скорость ветра по меньшей мере в двух точках по меньшей мере в непосредственной близости от сельскохозяйственного района). Данные о скорости ветра могут быть получены с использованием датчиков скорости ветра на оборудовании, установленном как часть системы управления орошением. Скорость ветра имеет среднюю пространственную изменчивость.

Относительная влажность (например, относительная влажность по меньшей мере в двух точках по меньшей мере вблизи сельскохозяйственного района). Данные об относительной влажности могут быть получены путем включения необходимой плотности датчиков дождя на оборудовании, установленном как часть системы управления орошением. Относительная влажность имеет низкую пространственную изменчивость.

Атмосферное давление по меньшей мере в двух точках по меньшей мере в непосредственной близости от сельскохозяйственного района.

Ближайшая солнечная интенсивность. Интенсивность солнечного излучения может быть определена по выходной мощности солнечной панели (т.е. как измерения энергии), установленной как часть системы управления орошением.

Природное свойство почвы, включая типы почвы и водоудерживающую способность (например, природные свойства почвы по меньшей мере в двух точках по меньшей мере в непосредственной близости от сельскохозяйственного района). Тип почвы можно определить с помощью радиолокационного зондирования для установления взаимосвязи между сигналом радара и водоудерживающей способностью почвы.

История орошения, связанная с сельскохозяйственным районом (например, история, связанная с каждым орошением, поданным в фермерское хозяйство: сколько воды было подано, когда было подано, была ли влажность почвы максимальной или насыщенной после подачи воды).

Спутниковые данные (например, плотность энергии видимого света или плотность энергии излучения ближней инфракрасной области). Спутниковые данные могут обеспечить пространственно-переменные результаты измерения интенсивности (Вт/м^2) спектров солнечного излучения для видимой области (имеющего длины волн от 0,4 до 0,7 мкм) и ближней инфракрасной области (имеющего длины волн от 0,7 до 1,1 мкм).

На фиг. 4 показан увеличенный вид модифицированного затвора или регулятора 132, описанного со ссылкой на фиг. 1. Удаленная компьютерная система 150 изображена в виде ноутбука, который обменивается данными со всеми затворами или регуляторами 132 и датчиками 500 влажности (фиг. 5). Метеорологическая станция 152 установлена на подставке 136 и получает питание от солнечной панели 134 в каждом месте. Имеются подходящие метеорологические станции 152, которые могут обеспечивать измерения температуры, осадков, скорости ветра, относительной влажности, прогноза погоды и ультрафиолетового (Ultra-Violet, UV) излучения. Метеорологические станции 152 могут быть легко встроены в конструкцию затворов или регуляторов 132 или могут быть модифицированы для уже существующих затворов или регуляторов 132. Сеть метеорологических станций улучшает измерение и прогнозирование погоды для метеорологов и фермеров. Сеть обеспечивает концепцию сети метеорологических станций, используемых фермерами индивидуально, но являющейся частью более широкой общей сети посредством концепции кластера подключенных к сети метеорологических станций. Это достигается за счет возможности интерполировать информацию в сети метеорологических станций.

Некоторые из датчиков, описанных выше, могут находиться в сельскохозяйственном районе.

Данные могут быть получены, например, от фотоэлектрической батареи для питания барьера управления водой или затвора, насоса, расходомера и датчика уровня воды или любого электромеханического устройства.

На фиг. 5 показан вид, аналогичный виду на фиг. 1, и те же самые ссылочные позиции использованы, чтобы избежать дублирования описания. Каждый затвор или регулятор 132 или группа затворов или регуляторов 132 включают в себя метеорологическую станцию 152 (фиг. 4), связанную с удаленной компьютерной системой, обозначенной позицией 502. Датчик 500 влажности почвы расположен среди культур 190. Датчик 500 влажности почвы проводным или беспроводным образом соединен с компьютерной сетью с затворами и регуляторами 132 и метеорологическими станциями 152. Датчики 500 влажности почвы распределены по всему ирригационному району, и их количество значительно меньше, чем количество затворов или регуляторов 132. Подходящие датчики влажности почвы продаются под торговыми марками AQUASPY или SENTEK.

При определении данных влажности способ включает определение и применение модели, имеющей параметры, скорректированные в соответствии с сельскохозяйственным районом.

При применении логики способ (дополнительно/альтернативно) включает в себя применение модели, выводимой из идентификации системы. Методики идентификации системы используются для создания алгоритма, определяющего эвапотранспирацию в пространственно-переменном масштабе, которую

можно использовать для определения влажности почвы в одном и том же пространственно-переменном масштабе. Калибровка алгоритма будет достигнута путем непосредственного измерения влажности в почве с использованием датчиков 500, распределенных по всему орошаемому участку и обеспечивающих хорошее представление о пространственной изменчивости входных данных.

Пространственная плотность измерений будет зависеть от пространственной изменчивости конкретных входных параметров. Измерения точечного источника, например влажности почвы, могут использоваться для обоснования истинности или калибровки данных измерений со спутников, которые обеспечивают высокую пространственную изменчивость, но не имеют высоких уровней точности.

Существуют два способа определения/вычисления влажности почвы на непрерывной/контурной основе для участка земли.

1. Определение влажности почвы из выбора исходных данных (количества осадков, температуры, влажности, солнечного излучения, скорости ветра, коэффициента водопотребления культуры, типа почвы, атмосферного давления, данных орошения за прошлые периоды и энергии от солнечных панелей) для каждой отдельной метеорологической станции 152, а затем интерполяция влажности почвы, основанная на том факте, что метеорологические станции 152 находятся в решетчатой сети (плотность, расстояние и т.д.), которая обеспечивает хорошее пространственное представление влажности почвы.

2. Сначала интерполяция исходных данных, основанных на решетчатой сети метеорологических станций 152 (плюс спутниковое пространственное определение коэффициента водопотребления культуры), а затем вычисление пространственной влажности почвы.

Эта информация также будет использоваться в качестве помощи фермерам, ведущим орошаемое хозяйство, при определении наилучшего времени для орошения их культур.

Программные средства будут подсказывать ирригаторам в режиме реального времени о любых изменениях предлагаемого времени орошения. Система будет интегрирована с программными средствами для заказа воды, описанными в заявке заявителя PCT/AU 2012/000907 (опубликованной как WO 2013/016769 A1, содержание этой публикации включено в настоящий документ посредством ссылки), чтобы способствовать эффективной практике орошения и простоте использования системы.

Влажность почвы при (x, y, t) = опорные станции измерения влажности почвы $\begin{pmatrix} [x1 & y1 \\ \vdots & \vdots \\ xn & yn] \end{pmatrix} \cdot f$ (солнечная радиация, спутниковые данные, тип почвы, количество осадков, скорость ветра, данные орошения за прошлые периоды, температура и влажность, t),

где x и y - географические координаты,
 t - время.

Параметры функции f будут откалиброваны и проверены с использованием точных данных в реальном времени, собранных с использованием полевых приборов, расположенных на орошаемом участке.

Влажность почвы на других участках фермерского хозяйства можно определить путем экстраполяции измерений влажности почвы, выполненных в любой другой точке фермерского хозяйства. При экстраполяции данных способ также учитывает одно или более из типов почв, типов культур, стадий роста культур и спутниковых измерений между точкой, в которой производится измерение, и точкой, в которой должна быть определена влажность почвы.

Определение эвапотранспирации.

Как показано на фиг. 4, настоящее изобретение предлагает систему 300 и способ оценки данных эвапотранспирации (ЕТ) с использованием косвенных измерений, доступных в удаленных районах. В частности, настоящее изобретение использует выходную мощность массива солнечных панелей 134, используемых для питания существующих устройств, применяемых в системе распределения воды, таких как затвор или регулятор. Устройства, работающие на солнечной энергии, могут также включать в себя ряд устройств, включая датчики (такие как датчики 500, которые ранее обсуждались для определения влажности почвы), барьер регулирования расхода воды, насос, расходомер, датчик уровня воды и любое электромеханическое устройство, используемое в системе подачи воды.

Существующие способы определения ЕТ основаны на спутниковых измерениях. Поскольку измерения в этом изобретении выполняются ближе к ферме, способ настоящего изобретения является более точным, чем существующие способы определения ЕТ.

Устройства, работающие на солнечной энергии, становятся все более распространенными в секторе сельского хозяйства и орошения. Эти устройства на солнечных батареях предоставляют огромную возможность использовать солнечные данные для других полезных целей, включая оценку ЕТ.

Солнечные элементы преобразуют энергию фотонов в солнечном свете в электроны в солнечном элементе. Чем больше фотонов солнечного света поглощается солнечным элементом, тем больше ток на выходе.

Ток на выходе фотоэлектрического элемента $\propto$ Интенсивность солнечного света.

Однако эвапотранспирация $\propto$ Интенсивность солнечного света.

Поэтому эвапотранспирация $\propto$ Ток на выходе фотоэлектрического элемента.

Можно рассмотреть ряд других факторов для улучшения расчета ЕТ, включая наработку фотоэлектрического элемента, температуру, тип культуры и стадию роста, тип почвы, события орошения, информацию о ветре. Следовательно, ЕТ может быть определена из следующего уравнения:

$$\begin{aligned} \text{Ток на выходе фотоэлектрического элемента,} \\ \text{Наработка фотоэлектрического элемента,} \\ \text{Температура,} \\ \text{Эвапотранспирация}(t) = f \quad \text{Тип культуры и стадия роста,} \\ \text{Тип почвы,} \\ \text{События орошения,} \\ \text{Информация о ветре,} \\ t, \end{aligned}$$

где t - время.

Параметры функции f будут откалиброваны на основе данных в реальном времени от фотоэлектрических элементов в полевых условиях, а также других входных данных о температуре, типе культуры, стадии ее роста и типе почвы.

Пример 1.

Пример работы управления водосбором сети согласно настоящему изобретению будет описан со ссылкой на фиг. 6. Система комплексного управления водными ресурсами водосбора согласно настоящему изобретению обеспечивает оптимальное сведение подачи и потребности и правомерное использование гибкости/буферного запаса в системе.

На этапе 510 система комплексного управления водными ресурсами водосбора использует спутниковые данные эвапотранспирации и/или данные влажности почвы в фермерском хозяйстве, прогнозируемые путем экстраполяции измерений влажности почвы, выполненных в любой другой точке фермерского хозяйства, чтобы

предсказать оптимальную дату следующего орошения фермерского хозяйства;

при желании сообщить клиенту оптимальную дату (текстовым сообщением или электронной почтой); и

прогнозировать будущие притоки в водный бассейн и водохранилище на основании данных о погоде и реальных измерений расходов и уровней воды.

Затем система устанавливает потребность и устанавливает подачу как в пространстве, так и во времени; и гарантирует, что потребление воды находится в пределах ограничений подачи. В этом примере "потребность" - это потребность в воде на уровне фермерского хозяйства, а "подача" - это наличие воды в бассейне. На этапе 520 система получает заявку от клиента на воду для орошения, которая затем обрабатывается на сервере водохозяйственного органа.

На этапе 530, если емкость в сети каналов имеется в запрошенное время, и клиент имеет достаточное количество воды на своем счете в банке данных о воде, заявка автоматически принимается. Если емкость недостаточна, система предложит клиенту альтернативное время. Система также будет непрерывно измерять запас в системе распределения воды (бьефах), запас вне системы и в корневой зоне сельскохозяйственной культуры в ожидании паводка или дефицита.

На этапе 540 система идентифицирует шлюзы-регуляторы и пункт обслуживания фермерского хозяйства, необходимые для доставки заказа. Кроме того, система идентифицирует бьефы или фермерские хозяйства с резервным запасом. Башни узлов радиосвязи получают эту информацию и передают команды соответствующим шлюзам-регуляторам с автоматическими затворами и пункту обслуживания клиентов.

В заявке заявителя PCT/AU 2012/000907 под названием "DEMAND MANAGEMENT SYSTEM FOR FLUID NETWORKS" (опубликованной как WO 2013/016769 A1, содержание этой публикации включено в настоящий документ посредством ссылки), а также в заявке заявителя PCT/AU 2014/050208 под названием "METHOD OF DEMAND MANAGEMENT AND CONTROL OF FLUID PIPE NETWORKS" (опубликованной как WO 2015/031954 A1, содержание этой публикации включено в настоящий документ посредством ссылки) описываются способы и система для обеспечения того, чтобы потребность не превышала подачу, и чтобы любые нарушения (т.е. заявки, которые превышают ограничения подачи) соответствующим образом переназначались в соответствии с бизнес-правилами, подходящими для эксплуатации каждого орошаемого региона, что может использоваться с формами осуществления настоящего изобретения.

Кроме того, система гарантирует, что вода транспортируется из ее источника в пункты назначения с высокой эффективностью (т.е. с минимальными потерями воды и/или с постоянным расходом). На этапе 550 система автоматически прерывает обслуживание шлюза-регулятора в канале и корректирует заданные значения параметров бьефа для буферизации любых несоответствий в подаче из источника воды.

Система снизит заданные значения параметров бьефа, чтобы создать дополнительный запас в ожидании избыточного притока (или паводков). В качестве альтернативы система будет дополнительно заполнять бьефы в пределах ограничений в случае прогноза краткосрочного понижения. Пункт обслуживания фермерского хозяйства клиента обычно автоматически открывается в запланированное время, доставляет запрошенный расход в течение срока действия заказа, а затем автоматически закрывается. В случае известного прогноза известного избыточного притока или кратковременного понижения оператору/фермеру будет разрешено перенести свой заказ, чтобы начать раньше, или отложить свой заказ, чтобы создать резервный запас в системе распределения воды и водохранилищах.

На этапе 560 автоматические затворы вдоль системы распределения воды немедленно корректируют свой расход потока, чтобы

- перевести бьефы на их новые заданные значения параметров;
- пополнить воду, забираемую по заказу клиента и по всем другим параллельным заказам;
- поддерживать постоянный уровень воды на новом заданном значении независимо от изменений расхода.

На этапе 570, когда орошение завершено, программное обеспечение использует счетчик пункта обслуживания и информацию о заказе для вычисления количества воды, доставленной клиенту, и вычитает его из счета клиента в банке данных о воде. Клиенту автоматически выставляется счет и при необходимости выдается выписка. Когда событие паводка или кратковременного понижения завершено, система автоматически подает команды шлюзам-регуляторам, чтобы привести их соответствующие бьефы к нормальным заданным значениям параметров.

В заявке заявителя PCT/AU 2002/000230 "FLUID REGULATION" (опубликованной как WO 2002/071163 A1, содержание этой публикации включено в настоящий документ посредством ссылки), патенте № 2011903084 и заявке заявителя PCT/AU 2013/000355 под названием "SUPERVISORY CONTROL OF AUTOMATED IRRIGATION CHANNELS" (опубликованной как WO 2013/149304 A1, содержание этой публикации включено в настоящий документ посредством ссылки) описываются способы и системы для обеспечения поддержки принятия решений в отношении доставки воды или фактической физической доставки воды из бассейна к культурам.

Поскольку целостное представление о сети и ее состоянии доступно в реальном времени, задержки в транспортировке, резервные мощности в проводящих системах и водохранилища в фермерских хозяйствах и в корневой зоне сельскохозяйственных культур могут использоваться для буферизации несоответствий прогноза и реальности. Таким образом, система способна смягчить воздействие экстремальных явлений, таких как паводки и дефициты расхода.

Заблаговременное знание того, когда все фермерские хозяйства будут орошаться, также является важными входными данными для системы комплексного управления водными ресурсами водосбора и способности предвосхищать потребность, чтобы принимать оптимальную стратегию управления для водной сети в водосборе.

Локализованные точные показания экстраполируются пространственно посредством характеристических уравнений, которые являются функцией типов почвы (в частности, ее водоудерживающей способности), типа культуры, состояния культуры и стадии цикла роста растений, метеорологической информации (о ветре, температуре, давлении насыщенного пара) и спутниковых измерений.

Сроки, когда следует подавать воду культуре, являются ключевыми в процессе принятия решений в практике орошаемого сельского хозяйства. Определение того, когда необходимо подпитать культуру, может повлиять на итоговую урожайность посевной культуры, а также на общее количество используемой воды.

Изобретение отличается от предшествующего уровня техники тем, что оно раскрывает способы и системы, в которых интерполяция или получение данных основано на существенном сокращении дорогих датчиков влажности почвы. Определение влажности почвы в любом месте в ирригационном округе может быть выполнено без использования датчика влажности почвы в этом месте. Датчики влажности почвы используются для обеспечения постоянного уточнения и калибровки системы, определяющей влажность почвы с использованием климатических данных.

Формы осуществления изобретения были описаны выше только в качестве неограничивающего примера. Изменения и модификации форм осуществления изобретения могут быть выполнены в рамках его объема.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ пространственного определения влажности почвы в выбранном месте, подлежащем орошению, в ирригационном округе и орошения заданных участков в ирригационном округе, причем упомянутый способ включает

использование методик идентификации системы для создания алгоритма для эвапотранспирации, основанного по меньшей мере на одном из следующих измеряемых параметров: спектра солнечного излучения, скорости ветра, температуры, влажности, коэффициента водопотребления культуры, типа поч-

вы, атмосферного давления, данных орошения за прошлые периоды и измерения энергии от солнечных панелей в каждом из множества репрезентативных мест;

калибровку упомянутого алгоритма путем непосредственного измерения влажности в почве в каждом из репрезентативных мест соответствующими датчиками влажности почвы;

использование измеренных параметров осадков, типа почвы, данных орошения за прошлые периоды и коэффициента водопотребления культуры вместе с упомянутым алгоритмом для определения или интерполяции влажности почвы в упомянутом выбранном месте в ирригационном округе и

орошение заданных участков в ирригационном округе с помощью системы управления орошением на основе упомянутой определенной или интерполированной влажности почвы для заданных участков, наличия оросительной воды и запросов на своевременное орошение от конечных пользователей.

2. Способ по п.1, в котором тип почвы определяют с помощью радиолокационного зондирования почвы для установления взаимосвязи между сигналом радара и водоудерживающей способностью почвы.

3. Способ по п.1, в котором данные орошения за прошлые периоды основаны на времени и объеме орошения для предоставления данных о насыщении упомянутой почвы влагой.

4. Способ по п.1, в котором спектр солнечного излучения включает в себя видимую область и ближнюю инфракрасную область.

5. Способ по п.1, в котором система управления орошением осуществляет мониторинг проводящей оросительной сети, от водосборов для подачи воды на участки, которые должны орошаться по требованию конечных пользователей.

6. Способ по п.1, в котором система управления орошением осуществляет мониторинг влажности почвы в упомянутом множестве репрезентативных мест и осуществляет мониторинг по меньшей мере одного или более из климатического прогноза, заказов воды от конечных пользователей, подробностей культур, уровней воды и измерений открытия затвора регулирования расхода в ирригационном округе.

7. Способ по п.1, в котором наличие оросительной воды соответствует воде, доступной по меньшей мере из одного по меньшей мере преимущественно открытого водотока и подаваемой в почву; причем наличие оросительной воды включает по меньшей мере один индикатор подачи воды, являющийся индикатором по меньшей мере одного из объема воды, притока воды и будущего притока воды.

8. Способ по п.1, в котором по меньшей мере одна из солнечных панелей питает электромеханическое устройство, выбранное из группы, включающей затвор для регулирования расхода воды, насос, расходомер и датчик уровня воды.

9. Система орошения, содержащая систему определения влажности почвы для пространственного определения влажности почвы в выбранном месте, подлежащем орошению, в ирригационном округе, включающую сетевую компьютерную систему, подключенную к множеству метеорологических станций в ирригационном округе и сконфигурированную для

измерения параметров, выбираемых из следующего набора: спектра солнечного излучения, скорости ветра, осадков, температуры, влажности, атмосферного давления и измерения энергии от солнечных панелей в каждом из множества репрезентативных мест; при этом упомянутая сетевая компьютерная система имеет доступ к данным о коэффициенте водопотребления культуры, типе почвы и данным орошения за прошлые периоды в упомянутых репрезентативных местах,

использования методик идентификации системы для создания алгоритма для эвапотранспирации на основе заранее заданного выбора из результатов измерений метеорологических станций и доступа к данным о коэффициенте водопотребления культуры, типе почвы и данным орошения за прошлые периоды в упомянутых репрезентативных местах;

калибровки упомянутого алгоритма путем непосредственного измерения влажности в почве в каждом из репрезентативных мест соответствующими датчиками влажности почвы и

использования измеренных параметров осадков, типа почвы, данных орошения за прошлые периоды и коэффициента водопотребления культуры вместе с упомянутым алгоритмом для определения или интерполяции влажности почвы в упомянутом выбранном месте в ирригационном округе, и

систему управления орошением, сконфигурированную для орошения заданных участков ирригационного округа на основе упомянутой определенной или интерполированной влажности почвы для заданных участков, наличия оросительной воды и запросов на своевременное орошение от конечных пользователей.

10. Система по п.9, в которой тип почвы определяется с помощью радиолокационного зондирования почвы для формирования взаимосвязи между сигналом радара и водоудерживающей способностью почвы.

11. Система по п.9, в которой данные орошения за прошлые периоды основаны на времени и объеме орошения для предоставления данных о насыщении почвы влагой.

12. Система по п.9, в которой спектр солнечного излучения включает в себя видимую область и ближнюю инфракрасную область.

13. Система по п.9, в которой система управления орошением сконфигурирована для осуществле-

ния мониторинга проводящей оросительной сети, от водосборов до подачи воды на участки, которые должны орошаться по требованию конечных пользователей.

14. Система по п.9, в которой система управления орошением сконфигурирована для осуществления мониторинга влажности почвы в упомянутом множестве репрезентативных мест и осуществления мониторинга по меньшей мере одного или более из климатического прогноза, заказов воды от конечных пользователей, подробностей культуры, уровней воды и измерения открытия затвора регулирования расхода в ирригационном округе.

15. Система по п.14, в которой упомянутые метеорологические станции включены в множество упомянутых затворов регулирования расхода.

16. Система по п.9, в которой по меньшей мере одна из солнечных панелей питает электромеханическое устройство, выбранное из группы, включающей затвор для регулирования расхода воды, насос, расходомер и датчик уровня воды.

17. Способ управления системой распределения воды, которая имеет по меньшей мере один по меньшей мере преимущественно открытый водоток, из которого вода подается в почву, при этом способ включает

пространственное определение влажности почвы в выбранном месте, подлежащем орошению, в ирригационном округе, включающее

использование методик идентификации системы для создания алгоритма для эвапотранспирации, основанного по меньшей мере на одном из следующих измеряемых параметров: спектра солнечного излучения, скорости ветра, температуры, влажности, коэффициента водопотребления культуры, типа почвы, атмосферного давления, данных орошения за прошлые периоды и измерения энергии от солнечных панелей в каждом из множества репрезентативных мест;

калибровку упомянутого алгоритма путем непосредственного измерения влажности в почве в каждом из репрезентативных мест соответствующими датчиками влажности почвы;

использование измеренных параметров осадков, типа почвы, данных орошения за прошлые периоды и коэффициента водопотребления культуры вместе с упомянутым алгоритмом для определения или интерполяции влажности почвы в упомянутом выбранном месте в ирригационном округе и

орошение заданных участков в ирригационном округе с помощью системы управления орошением с использованием воды на основе упомянутой определенной или интерполированной влажности почвы для заданных участков, наличия оросительной воды и запросов на своевременное орошение от конечных пользователей,

причем наличие воды включает по меньшей мере один индикатор подачи, являющийся индикатором по меньшей мере одного по меньшей мере из одного объема воды в системе, притока воды в систему и будущего притока воды в систему.

18. Способ по п.17, в котором орошение включает обеспечение подачи воды в почву для использования способности почвы принимать воду по меньшей мере в одном из следующих случаев: в ответ на избыток воды и в ожидании избытка воды.

19. Способ по п.18, в котором система включает в себя часть, из которой вода доставляется; и способ включает в себя уменьшение объема воды в этой части системы, чтобы сделать вместимость этой части системы доступной для сбора избыточной воды.

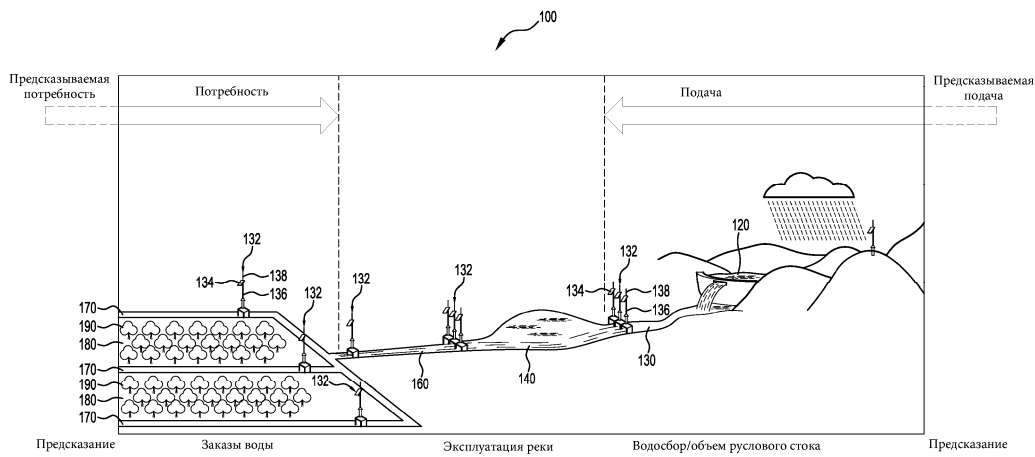
20. Способ по п.17, в котором по меньшей мере один индикатор подачи включает индикатор по меньшей мере одного из следующего:

по меньшей мере одного объема воды в системе выше по водотоку;

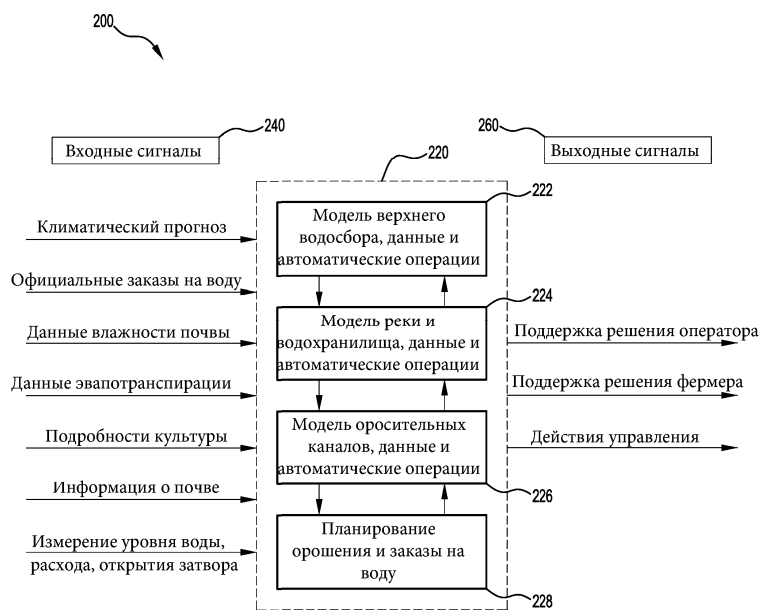
притока воды в систему выше по водотоку и

будущего притока воды в систему выше по водотоку.

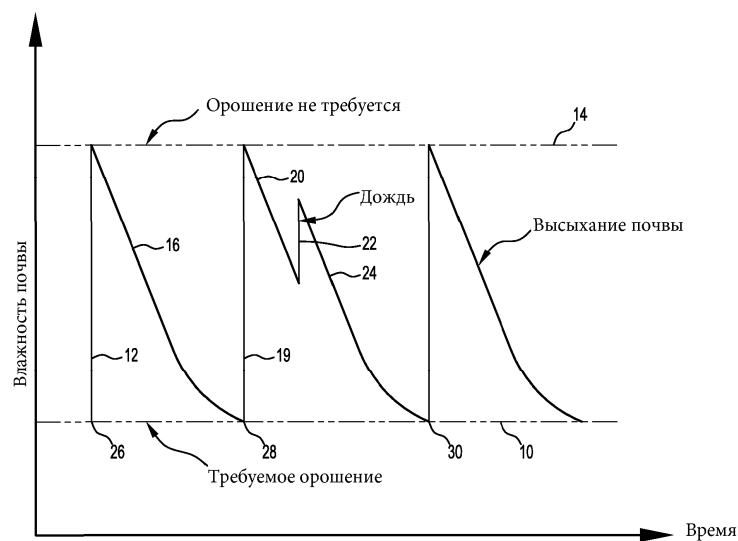
21. Способ по п.17, в котором орошение включает в себя управление подачей воды в водоток.



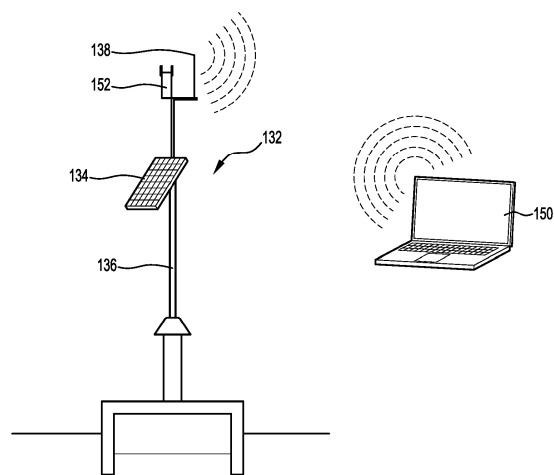
Фиг. 1



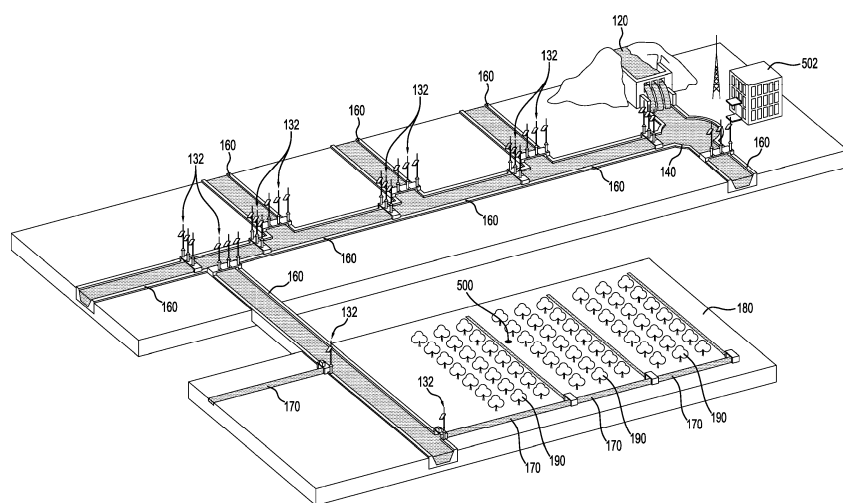
Фиг. 2



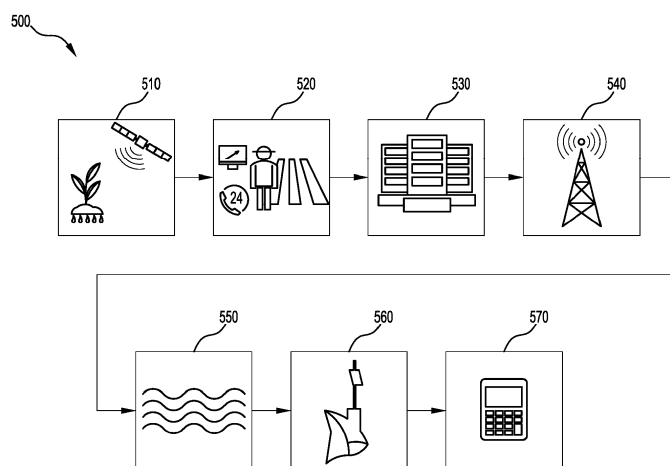
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6

