



República Federativa do Brasil

Ministério do Desenvolvimento, Indústria,
Comércio e Serviços

Instituto Nacional da Propriedade Industrial



(11) BR 112018000552-5 B1

(22) Data do Depósito: 26/04/2016

(45) Data de Concessão: 01/08/2023

(54) Título: MÉTODO DE REPRESENTAÇÃO DE PRECIPITAÇÃO BASEADA EM COMPUTADOR

(51) Int.Cl.: G01W 1/10; G06F 17/18.

(30) Prioridade Unionista: 13/07/2015 US 14/798,256.

(73) Titular(es): CLIMATE LLC.

(72) Inventor(es): ALEX KLEEMAN; TODD SMALL.

(86) Pedido PCT: PCT US2016029388 de 26/04/2016

(87) Publicação PCT: WO 2017/011054 de 19/01/2017

(85) Data do Início da Fase Nacional: 10/01/2018

(57) Resumo: MÉTODO, UM OU MAIS MEIOS DE ARMAZENAMENTO LEGÍVEIS POR COMPUTADOR NÃO TRANSITÓRIOS E SISTEMA DE COMPUTADOR METEOROLÓGICO Um método para estimar valores de precipitação e incertezas associadas é fornecido. Em uma modalidade, registros de precipitação que indicam a ocorrência e a intensidade de precipitação em locais específicos são recebidos por um sistema de computação meteorológico. O sistema de computador meteorológico usa a informação de medidor para criar separadamente múltiplas realizações de campos de ocorrência de precipitação e campos de intensidade de precipitação. O sistema de computação meteorológico pode modelar a ocorrência de precipitação por propor um valor para cada ponto independentemente e utilizar o valor proposto para atualizar todas as propostas anteriores. O sistema de computação meteorológico pode modelar a intensidade de precipitação por modelar a correlação espacial da intensidade de precipitação e amostragem a partir de distribuições em cada local para determinar a intensidade de precipitação em cada local. O sistema de computação meteorológico pode então combinar os campos de intensidade e ocorrência de precipitação em um ou mais campos de estimativa final.

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para “**MÉTODO DE REPRESENTAÇÃO DE PRECIPITAÇÃO BASEADA EM COMPUTADOR**”.

CAMPO DA DIVULGAÇÃO

[001] A presente divulgação refere-se geralmente a sistemas de computador úteis em climatologia e agricultura. A divulgação se refere mais especificamente aos sistemas de computador que são programados para fornecer estimativas probabilísticas em larga escala da precipitação em locais precisos.

FUNDAMENTOS

[002] A ocorrência e a intensidade das chuvas podem ter um impacto significativo para os produtores agrícolas. Os dados relativos à precipitação podem ser extremamente valiosos para os produtores agrícolas em tomar decisões estratégicas. Os modelos agronômicos baseados em computador podem confiar em observações históricas de precipitação para criar previsões para futuras precipitações.

[003] Enquanto dados de precipitação são extremamente valiosos, nem sempre estão prontamente disponíveis. Enquanto muitas áreas são atualmente monitoradas por satélite ou radar, algumas áreas apenas recebem dados de precipitação atuais através de pluviômetros em locais específicos. Outras áreas são atualmente monitoradas por satélite ou radar, mas historicamente só receberam dados de precipitação através de pluviômetros.

[004] Devido à falta de dados históricos e dados atuais em alguns locais, torna-se importante criar estimativas confiáveis para chuvas em locais precisos. As técnicas de modelagem atuais podem ser usadas para estimar a precipitação em determinados pontos com base em observações de medidor. Vários problemas existem com as modernas técnicas de modelagem. Em primeiro lugar, muitas técnicas de modelagem não levam em conta a correlação espacial das chuvas, de

modo que a probabilidade de chuva em um determinado local aumentará drasticamente se medidores vizinhos observaram chuvas. Em segundo lugar, enquanto modelos atuais podem estimar chuvas em locais determinados, criar modelos em grande escala com base em uma ampla gama de observações torna-se computacionalmente proibitivo. Finalmente, embora muitas técnicas de modelagem possam estimar chuvas em um determinado local, elas são incapazes de propagar estimativas probabilísticas. Ao criar um campo de grande escala, a criação de estimativas precisas torna-se ainda mais difícil, pois as estimativas pontuais não incluem o erro de propagação que existiria em uma estimativa probabilística.

SUMÁRIO DA DIVULGAÇÃO

[005] As reivindicações anexas podem servir como um sumário da divulgação.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[006] Nos desenhos:

a figura 1 ilustra um exemplo de sistema de computador configurado para estimar os valores de precipitação de histórico;

a figura 2 ilustra um método para criar um campo de ocorrência de precipitação computacionalmente eficiente;

a figura 3 ilustra um método para criar um campo de intensidade de precipitação computacionalmente eficiente;

a figura 4A representa um exemplo de mapa gráfico dos Estados Unidos que ilustra as técnicas implementadas por computador de usar locais de medição para estimar a probabilidade de ocorrência de precipitação em um primeiro local;

a figura 4B representa um segundo mapa gráfico de exemplo que ilustra técnicas implementadas por computador de atualização de locais de medição baseadas na proposta no primeiro local;

a figura 4C representa um terceiro mapa gráfico de exemplo

que ilustra técnicas implementadas por computador de propagação de expectativa de FITC; e

a figura 5 ilustra um sistema de computador sobre o qual as modalidades podem ser implementadas.

DESCRIÇÃO DETALHADA

[007] Na descrição que segue, para fins de explicação, numerosos detalhes específicos são apresentados de modo a fornecer uma compreensão completa da presente divulgação. Contudo, será evidente que as modalidades podem ser praticadas sem esses detalhes específicos. Em outros casos, estruturas e dispositivos bem conhecidos são mostrados na forma de diagrama de blocos de modo a evitar obscurecer desnecessariamente a presente divulgação. A descrição é fornecida de acordo com o seguinte esquema:

Visão geral

Visão geral estrutural

Modelo de dois estágios

Ocorrência de precipitação

Propagação de expectativa

Condicional de treinamento totalmente independente

Intensidade de precipitação

Afunilamento

Campos combinados

Uso de dados

Previsão do tempo

Aplicação agronômica

Visão geral de hardware

Benefícios de certas modalidades

Extensões e alternativas

VISÃO GERAL

[008] Os aspectos da divulgação geralmente se relacionam com

técnicas implementadas por computador para criar estimativas probabilísticas de ocorrência e intensidade de precipitação a nível granular e em grande escala. Em uma modalidade, um sistema de computação meteorológico recebe dados de chuva que indicam a ocorrência de precipitação e a intensidade de precipitação em uma pluralidade de locais. O sistema de computação meteorológico estima separadamente a probabilidade de ocorrência de precipitação e a distribuição de probabilidade para a intensidade de precipitação em locais precisos para uma área grande. O sistema de computação meteorológico cria primeiro um campo de ocorrência que modela a probabilidade de ocorrência de precipitação com base nas medições na pluralidade de locais. O sistema de computador meteorológico cria uma distribuição de probabilidade que modela a intensidade de precipitação com base nas intensidades em locais vizinhos. O sistema de computação meteorológico, em seguida, constrói estimativas probabilísticas para a ocorrência e intensidade de precipitação em grande escala. As estimativas são formadas como dados digitais armazenados eletronicamente e cada um dos passos de processo anteriores pode ser executado usando lógica de computador programada.

[009] Em uma modalidade, um método de processamento de dados compreende receber, através de uma rede de computador, um ou mais registros de precipitação digitais compreendendo uma pluralidade de valores de dados digitais representando uma ocorrência de precipitação em uma primeira pluralidade de locais e uma intensidade de precipitação na primeira pluralidade de locais; utilizar lógica programada digitalmente em um módulo de estimativa de ocorrência de um computador meteorológico eletrônico digital, criar e armazenar em um banco de dados de precipitação um ou mais campos de ocorrência de precipitação; utilizar lógica programada digitalmente

em um módulo de estimativa de intensidade do computador meteorológico, criar e armazenar no banco de dados de precipitação um ou campos de intensidade de precipitação; utilizar lógica programada digitalmente no módulo de estimativa climática, criar e armazenar digitalmente estimativas finais para ocorrência e intensidade de precipitação em um ou mais locais da segunda pluralidade de locais com base em um ou mais campos de ocorrência de precipitação e o um ou mais campos de intensidade de precipitação.

[010] Em uma modalidade, o módulo de estimativa de ocorrência cria o um ou mais campos de ocorrência de precipitação por: para um primeiro local de uma segunda pluralidade de locais, criar uma estimativa probabilística da ocorrência de precipitação no primeiro local com base na pluralidade de valores de dados representando a ocorrência de precipitação na primeira pluralidade de locais; para cada local subsequente da segunda pluralidade de locais: criar uma estimativa probabilística da ocorrência de precipitação no local subsequente com base nas ocorrências de precipitação na primeira pluralidade de locais e uma ou mais estimativas probabilísticas descrevendo a ocorrência de precipitação em um ou mais outros locais da segunda pluralidade de locais; atualizar uma ou mais estimativas probabilísticas da ocorrência de precipitação em um ou mais outros locais da segunda pluralidade de locais com base na estimativa probabilística da ocorrência de precipitação no local subsequente

[011] Em uma modalidade, o módulo de estimativa de intensidade cria o um ou mais campos de intensidade de precipitação por: para cada local da segunda pluralidade de locais: criar e armazenar um ou mais valores de dados que descrevem relações entre uma intensidade de precipitação no local e uma intensidade de precipitação em um ou mais outros locais da segunda pluralidade de locais; criar e armazenar uma ou mais distribuições da intensidade de precipitação no local, incluindo

restringir digitalmente as distribuições pela intensidade de precipitação no um ou mais outros locais da segunda pluralidade de locais e/ou os valores de dados representando a intensidade de precipitação na primeira pluralidade de locais; extrair um ou mais valores de dados representando estimativas probabilísticas de intensidade com base em um ou mais valores de dados que descrevem relações e a uma ou mais distribuições da intensidade de precipitação no local; agregar o um ou mais valores de dados extraídos para um ou mais campos de intensidade de precipitação.

[012] Outras características e aspectos da divulgação se tornarão evidentes nos desenhos, descrição e reivindicações.

VISÃO GERAL ESTRUTURAL

[013] A Figura 1 é um exemplo de sistema de computador que é configurado para estimar os valores de precipitação de histórico utilizar um sistema de computação meteorológico.

[014] Em uma modalidade, um computador de servidor de precipitação 102 armazena ou pode acessar ocorrências de precipitação 104 e intensidades de precipitação 106 e é acoplado comunicativamente a um computador meteorológico 120 que é programado ou configurado para gerar modelos agrônômicos 150 e previsões meteorológicas 152 para comunicar com um dispositivo de computação móvel 154. O computador 102, o sistema 120 e o dispositivo 154 podem ser acoplados comunicativamente, direta ou indiretamente, por meio de uma ou mais redes ou redes internas. O computador de servidor de precipitação 102 é configurado para enviar valores de dados representando as ocorrências de precipitação 104 e as intensidades de precipitação 106 para uma pluralidade de locais para o sistema de computação meteorológico 120. O sistema de computação meteorológico 120 é configurado para interagir com o dispositivo de computação móvel 154 que pode estar associado a um usuário 156. Em

modalidades adicionais, o sistema de computação meteorológico 120 também pode ser configurado para interagir com um ou mais outros dispositivos, tais como um servidor de aplicação, outros sistemas de computação de climatologia ou outros dispositivos de terceiros.

[015] Em uma modalidade, o sistema de computação meteorológico 120 é programado com ou compreende módulos de estimativa meteorológica 122, componente de comunicação 130, módulo de modelo agrônômico 132, módulo de previsão meteorológica 134 e banco de dados de precipitação 136. Os módulos de estimativa meteorológica 122 incluem o módulo de estimativa climática 124, módulo de estimativa de ocorrência 126 e módulo de estimativa de intensidade 128. Cada um dos elementos anteriores é ainda descrito em estrutura e função em outras seções aqui contidas. O sistema de computador meteorológico 120 também pode incluir outros dispositivos, componentes ou elementos de um sistema de computador, como memória volátil ou não volátil, armazenamento não volátil, como disco e dispositivos ou interfaces de I/O, conforme visto e descrito, por exemplo, em conexão com a Figura 5.

[016] Em uma modalidade, os módulos de estimativa meteorológica 122 são geralmente configurados ou programados para realizar a tradução e armazenamento de dados, agregação de dados e estimativa de precipitação. O módulo de estimativa climática 124 é geralmente configurado ou programado para receber campos de ocorrência de precipitação do módulo de estimativa de ocorrência 126 e campos de intensidade de precipitação do módulo de estimativa de intensidade 128. O módulo de estimativa climática 124 é ainda configurado ou programado para construir estimativas finais com base, pelo menos em parte, nos campos de ocorrência de precipitação e campos de intensidade de precipitação recebidos. Em modalidades, o módulo de estimativa climática envia as estimativas finais ao módulo de

modelo agronômico 132, ao módulo de previsão meteorológica 134 ou ao banco de dados de precipitação 136. O módulo de estimativa de ocorrência 126 é geralmente configurado ou programado para receber ocorrências de precipitação 104, construir um ou mais campos de ocorrência de precipitação com base em ocorrências de precipitação 104 e enviar um ou mais campos de ocorrência de precipitação para o módulo de estimativa climática 124, módulo de modelo agronômico 132, módulo de previsão meteorológica 134 ou banco de dados de precipitação 136. O módulo de estimativa de intensidade 128 é geralmente configurado ou programado para receber as intensidades de precipitação 106, construir um ou mais campos de intensidade de precipitação com base nas intensidades de precipitação 106 e enviar um ou mais campos de intensidade de precipitação para o módulo de estimativa climática 124, módulo de modelo agronômico, 132, módulo de previsão meteorológica 134, ou banco de dados de precipitação 136.

[017] O componente de comunicação 130 é geralmente configurado ou programado para enviar e receber dados para um ou mais dispositivos de computação. Em uma modalidade, o componente de comunicação é configurado ou programado para solicitar e receber as ocorrências de precipitação 104 e as intensidades de precipitação 106 do computador de servidor de precipitação 102. O componente de comunicação 130 também pode ser geralmente configurado ou programado para receber solicitações para modelos agronômicos 150 e previsões meteorológicas 152 a partir de dispositivo de computação móvel 154 e enviar modelos agronômicos 150 e previsões meteorológicas 152 ao dispositivo de computação móvel 154. Além disso, o componente de comunicação 130 pode geralmente ser configurado ou programado para se comunicar com um ou mais outros dispositivos de computação, como um servidor de aplicação, outros sistemas de computação de climatologia, ou outros dispositivos de

terceiros.

[018] O módulo de modelo agronômico 132 é geralmente configurado ou programado para estimar e armazenar dados agronômicos relativos a um ou mais campos físicos. O módulo de modelo agronômico 132 pode ser configurado ou programado para receber campos de ocorrência de precipitação do módulo de estimativa de ocorrência 126, campos de intensidade de precipitação do módulo de estimativa de intensidade 128 e estimativas finais do módulo de estimativa climática 124. O módulo de modelo agronômico 132 pode ainda ser configurado para calcular um ou mais valores de dados agronômicos para um ou mais campos físicos com base, pelo menos em parte, nos campos de ocorrência de precipitação, nos campos de intensidade de precipitação ou nas estimativas finais. Além disso, o módulo de modelo agronômico 132 pode ser configurado ou programado para receber previsões meteorológicas a partir do módulo de previsão meteorológica 134 e para calcular um ou mais valores de dados agronômicos com base, pelo menos em parte, nas previsões meteorológicas. O módulo de modelo agronômico 132 pode criar um ou mais modelos agronômicos 150 compreendendo um ou mais valores de dados agronômicos para um ou mais campos físicos e enviar um ou mais modelos agronômicos 150 para o dispositivo de computação móvel 154.

[019] O módulo de previsão meteorológica 134 é geralmente configurado ou programado para estimar dados de precipitação atuais ou futuros. O módulo de previsão meteorológica 134 pode ser configurado ou programado para receber campos de ocorrência de precipitação do módulo de estimativa de ocorrência 126, campos de intensidade de precipitação do módulo de estimativa de intensidade 128 e estimativas finais do módulo de estimativa climática 124. O módulo de previsão meteorológica 134 pode estimar os dados de precipitação

atuais ou futuros com base, pelo menos em parte, nos campos de intensidade de precipitação, nos campos de ocorrência de precipitação ou nas estimativas finais. O módulo de previsão meteorológica 134 pode agregar os dados de precipitação atuais ou futuros estimados nas previsões meteorológicas 152. O módulo de previsão meteorológica 134 pode enviar as previsões meteorológicas 152 ao módulo de modelo agrônomo 132 ou ao dispositivo de computação móvel 154. O módulo de previsão meteorológica 134 também pode armazenar as previsões meteorológicas 152, a fim de testar a confiabilidade dos métodos de modelagem utilizados para criar os campos de ocorrência de precipitação, os campos de intensidade de precipitação, ou as estimativas finais.

[020] A banco de dados de chuva 136 pode ser configurado ou programado para armazenar dados relacionados com a precipitação. O banco de dados de precipitação 136 pode armazenar ocorrências de precipitação 104, intensidades de precipitação 106, campos de intensidade de precipitação, campos de ocorrência de precipitação e estimativas finais. Os dados de precipitação no banco de dados de chuva 136 podem ser agrupados por tempo, local e/ou se os dados de precipitação se referem a ocorrência ou intensidade para facilidade de acesso. Conforme usado aqui, o termo "banco de dados" pode se referir a um conjunto de dados, a um sistema de gerenciamento de banco de dados relacional (RDBMS), ou a ambos. Tal como aqui utilizado, um banco de dados pode incluir qualquer coleção de dados incluindo bancos de dados hierárquicos, bancos de dados relacionais, bancos de dados de arquivos simples, bancos de dados de objetos-relacionais, bancos de dados orientados a objetos e qualquer outra coleção estruturada de registros ou dados armazenados em um sistema de computador. Exemplos de RDBMS incluem, mas não estão limitados a incluir, Oracle® Database, MySQL, IBM® DB2, Microsoft® SQL Server,

Sybase® e PostgreSQL. No entanto, qualquer banco de dados pode ser usado que permite os sistemas e métodos aqui descritos.

[021] Para efeitos de ilustrar um exemplo claro, a Figura 1 mostra um número limitado de instâncias de certos elementos funcionais. Contudo, em outras modalidades, pode haver qualquer número de tais elementos. Por exemplo, as modalidades podem usar milhares ou milhões de diferentes dispositivos de computação móvel 154 associados a diferentes usuários. Além disso, o sistema 120 e o computador servidor 102 podem ser implementados utilizando dois ou mais processadores, núcleos, agrupamentos ou instâncias de máquinas físicas ou máquinas virtuais, configurados em um local discreto ou colocalizados com outros elementos em um centro de dados, instalações de computação compartilhadas ou instalações de computação em nuvem.

[022] Cada um dos módulos de estimativa meteorológica 122, módulo de modelo agronômico 132 e módulo de previsão meteorológica 134 pode ser implementado utilizando um ou mais programas de computador ou outros elementos de software que são carregados e executados utilizando um ou mais computadores de propósito geral, lógica implementada em conjuntos de portas de campos programáveis (FPGAs) ou circuitos integrados de aplicação específica (ASICs). Enquanto a Figura 1 representa os módulos de estimativa meteorológica 122, o módulo de modelo agronômico 132 e o módulo de previsão meteorológica 134 em um sistema de computação, em várias modalidades, os módulos 122, 132 e 134 operam em vários sistemas de computação.

[023] Em uma modalidade, a implementação das funções aqui descritas para módulos de estimativa meteorológica 122, módulo de modelo agronômico 132 e módulo de previsão meteorológica 134 utilizam um ou mais programas de computador ou outros elementos de

software que são carregados e executados utilizando um ou mais computadores de propósito geral fará com que os computadores de propósito geral sejam configurados como uma máquina específica ou como um computador especialmente adaptado para executar as funções descritas neste documento. Além disso, cada um dos fluxogramas que são descritos aqui pode servir como algoritmos, planos ou direções que podem ser usados para programar um computador ou lógica para implementar as funções que são descritas.

[024] O sistema de computação meteorológico 120 pode comunicar com o dispositivo de computação móvel 154 e o computador de servidor de precipitação 102 através do componente de comunicação 130 sobre uma ou mais redes de computador. A (s) rede (s) pode ser implementada por qualquer meio ou mecanismo que forneça a troca de dados entre os vários elementos da Figura 1. Exemplos incluem uma ou mais Redes de Área Local (LANs), Redes de Área Ampla (WANs) ou redes internas utilizando enlaces terrestres, via satélite ou sem fio. Os vários elementos da Figura 1 também podem ter enlaces diretos (com ou sem fio).

[025] Em uma modalidade, o usuário 156 interage com o sistema de computação meteorológico 120 utilizando o dispositivo de computação móvel 154 configurado com um sistema operacional e um ou mais programas de aplicação ou apps. O dispositivo de computação móvel 154 pode ser um telefone inteligente, PDA, dispositivo de computação tablet, laptop ou qualquer outro dispositivo de computação capaz de transmitir e receber informações e executar as funções aqui descritas. O dispositivo de computação móvel 154 pode comunicar através de uma rede utilizando um método de interação adequado, incluindo uma aplicação de usuário armazenada no dispositivo de computação móvel 154.

[026] O aplicativo de usuário pode fornecer funcionalidade de lado

de servidor, através da rede para um ou mais dispositivos de computação móvel. Em uma modalidade de exemplo, o dispositivo de computação móvel 154 pode acessar a aplicação de usuário através de um cliente de internet ou de um cliente programático. O dispositivo de computação móvel 154 pode transmitir dados para e receber dados de um ou mais servidores de terminal frontal. Em uma modalidade de exemplo, os dados podem assumir a forma de solicitações e entrada de informações de usuário, como dados específicos de campo, para o dispositivo de computação móvel. Em algumas modalidades, a aplicação de usuário interage com o software de rastreamento no dispositivo de computação móvel 154 que determina o local do dispositivo de computação móvel 154 utilizando técnicas de rastreamento padrão, tais como a multilateração de sinais de rádio, o sistema de posicionamento global (GPS), sistemas de posicionamento WiFi ou outros métodos de posicionamento móvel.

[027] Em uma modalidade, o computador de servidor de precipitação 102 contém ocorrências de precipitação 104 e intensidades de precipitação 106. As ocorrências de precipitação 104 e as intensidades de precipitação 106 podem ser representadas por um único valor de dados ou por múltiplos valores de dados para uma pluralidade de locais ao longo de um período de tempo. Por exemplo, um único valor de dados pode indicar que, em 14 de março de 2015, San Francisco recebeu 9 milímetros de chuva. Neste caso, o valor de dados de intensidade de precipitação pode ser de 9 mm, enquanto o valor de ocorrência de precipitação pode ser 1, onde um valor de dados 0 não representaria chuva e um valor de dados 1 representaria chuva. O computador de servidor de precipitação 102 pode receber dados de chuva de uma pluralidade de sensores, dispositivos ou computadores em uma pluralidade de locais.

USO DO MODELO DE DOIS ESTÁGIOS

[028] As abordagens aqui descritas podem ser usadas para criar estimativas de grande escala de precipitação para locais que não possuem dados de precipitação, para melhorar as estimativas de precipitação para locais que não possuem dados de precipitação e/ou para criar estimativas de grande escala por períodos de tempo onde dados de precipitação avançados não estão disponíveis.

[029] Em uma modalidade, uma abordagem de modelagem de dois estágios implementada por computador é usada para estimar separadamente a probabilidade de ocorrência de precipitação e a intensidade provável de precipitação em uma área grande. Estimar a ocorrência de precipitação separadamente da intensidade de precipitação permite que o sistema de computação meteorológico 120 crie estimativas mais precisas e computacionalmente mais eficientes. Por exemplo, as estimativas de intensidade com base em locais vizinhos são mais propensas a mostrar intensidade não-zero se qualquer um dos locais vizinhos mostrar intensidade de chuva não-zero. Isso levaria a um modelo que sobre-prevê a ocorrência de chuvas. Além disso, separar a estimativa de ocorrência da estimativa de intensidade permite que o sistema de computação meteorológico 120 leve em consideração as variáveis explicativas que têm um efeito maior em um modelo sobre o outro. Por exemplo, a elevação pode ter um efeito menor na estimativa da ocorrência de precipitação do que na estimativa da intensidade de precipitação. Assim, o modelo de ocorrência de precipitação teria uma menor dependência da variável de elevação do que a estimativa de intensidade. Cada dos dois estágios pode ser implementado ou programado utilizando os módulos funcionais da Figura 1 e/ou programas que executam os processos da Figura 2, Figura 3 e como descrito adicionalmente aqui.

OCORRÊNCIA

[030] A Figura 2 é um fluxograma de um método para criar um

campo de ocorrência de precipitação computacionalmente eficiente. A Figura 2 pode representar um algoritmo ou guia de programação para programar o módulo de estimativa de ocorrência 126, como exemplo.

[031] No passo 202, o módulo de estimativa de ocorrência 126 recebe observações históricas para ocorrência de precipitação em uma pluralidade de locais. As observações históricas podem ser recebidas consultando um ou mais bancos de dados, repositórios ou outros computadores que possuem ocorrências de precipitação 104 em uma base histórica, e podem ser recebidas sob a forma de registros de dados digitais em mensagens eletrônicas. As observações históricas podem ter uma forma binária que representa a ocorrência de chuvas ou a falta de chuva. Alternativamente, as observações históricas só podem assumir a forma de intensidade de precipitação. O módulo de estimativa de ocorrência 126 pode ser configurado ou programado para converter os valores de dados de intensidade em uma forma binária que representa a ocorrência de chuvas ou a falta de chuva. Por exemplo, todos os valores não-zero para a intensidade de precipitação podem ser convertidos em uns. Em outras modalidades, as intensidades de precipitação também são usadas para determinar a probabilidade de ocorrência de chuvas em vários locais.

[032] O módulo de estimativa de ocorrência 126 pode inicialmente determinar que a precipitação depende de um campo de processo gaussiano latente que é parametrizado por um vetor médio e uma matriz de covariância. O campo suave pode conter um valor de limiar, de modo que quaisquer valores acima do valor de limiar indicam chuvas e quaisquer valores abaixo do valor de limiar indicam a ausência de chuvas. Em uma modalidade, uma função de resposta sigmoide é aplicada à distribuição Gaussiana suave para transformar os valores da distribuição para situar-se entre zero e um, criar assim uma estimativa probabilística da ocorrência de chuva. Por exemplo, se a estimativa de

campo gaussiano latente para São Francisco tiver uma média de 0,6 com uma incerteza de desvio padrão de 0,1, então, depois de transformar a distribuição Gaussiana com uma função sigmoide, como a função Gaussiana cumulativa, a probabilidade estimada da precipitação é de 73% com um intervalo de confiança de 95% de 66% a 79%. Este mesmo processo pode ser repetido para cada ponto dentro do campo de ocorrência de precipitação. Os valores resultantes podem ser armazenados na memória principal do sistema 120 ou nos registros no banco de dados de precipitação 136.

[033] A probabilidade de chuvas em um local pode depender em grande parte da probabilidade de precipitação em qualquer outro local. Em vez de usar, como uma base da probabilidade de precipitação, as ocorrências de precipitação observadas que existem em locais específicos, em uma modalidade, a probabilidade de chuvas em qualquer outro local é levada em consideração.

PROPAGAÇÃO DE EXPECTATIVA

[034] Em uma modalidade, o módulo de estimativa de ocorrência 126 é programado utilizando técnicas de propagação de expectativa para construir uma aproximação do campo de grande escala que descreve a probabilidade de chuva em um determinado local com base em todos os locais vizinhos. A propagação de expectativa é uma aproximação da possibilidade, a probabilidade da observação dada o modelo e os parâmetros, do campo gaussiano latente subjacente que depende da aproximação iterativa da possibilidade em cada local observado.

[035] No passo 204, estima-se a aproximação da probabilidade de ocorrência de precipitação em um primeiro local, com base na probabilidade de precipitação no campo gaussiano no primeiro local e nas observações de precipitação nos locais de observação. Por exemplo, o campo gaussiano latente pode ser iniciado com uma

probabilidade de 50% de precipitação em cada local. No primeiro local, todas as observações de precipitação são usadas para atualizar a estimativa. Como exemplo, se o primeiro local estiver cercado por postes de observação que receberam uma observação de precipitação, a estimativa da probabilidade de chuvas no primeiro local pode aumentar. Se o primeiro local estiver cercado por postes de observação que receberam uma observação sem precipitação, a estimativa da probabilidade de chuvas no primeiro local pode diminuir.

[036] A Figura 4A descreve um exemplo de usar locais de medição para estimar a probabilidade de ocorrência de precipitação em um primeiro local. Um mapa gráfico 400 dos Estados Unidos, por exemplo, pode representar a distribuição geográfica das ocorrências de precipitação para as quais os dados foram recebidos no sistema 102. O Mapa 400 contém o local proposto 402, locais de ocorrência de precipitação 404 e locais de não ocorrência de precipitação 406, como exemplos. Os locais de ocorrência de precipitação 404 representam locais que observaram precipitação. Os locais de não ocorrência de precipitação 406 representam locais que não observaram precipitação. Em uma modalidade, a probabilidade de precipitação no local proposto 402 é proposta com base nos locais de ocorrência de precipitação 404 e locais de não ocorrência de precipitação 406. Por exemplo, na Figura 4A, a probabilidade é proposta como 85% de chance de precipitação com base nas proximidades relativas dos locais de ocorrência 404 e locais de não-ocorrência 406. "Proposto", neste contexto, significa um valor calculado que é armazenado digitalmente na memória pelo menos temporariamente e possivelmente atualizado, revisado ou refinado em outros passos.

[037] A Figura 4A, Figura 4B e Figura 4C retratam representações gráficas de mapas para fins de ilustração. Em modalidades, os mapas representam dados em tabelas de banco de dados e manipulações

programadas. Por exemplo, cada local do Mapa 400 pode ser representado por uma série de valores em um banco de dados que representa a latitude e longitude do local, as distâncias entre o local e todos os outros locais e quaisquer valores estimados no local, como a probabilidade de precipitação ou a intensidade provável da precipitação.

[038] Em uma modalidade, a computação da probabilidade de ocorrência de precipitação em um primeiro local faz com que as atualizações dos valores de dados representem a probabilidade de ocorrência de precipitação nos locais de medição. A Figura 4B descreve atualizar os valores de dados nos locais de medição com base no proposto no primeiro local. O Mapa 410 ilustra graficamente posições geográficas de locais de exemplo que poderiam ser representados por dados no banco de dados 136 ou para os quais os dados foram recebidos nos sistemas 102, 120. O Mapa 410 contém o local proposto 402, locais de ocorrência de precipitação 404 e locais de não ocorrência de precipitação 406. Local proposto 402 contém uma probabilidade de ocorrência de precipitação determinada no passo 204 com base nos locais de ocorrência de precipitação 404 e locais de não ocorrência de precipitação 406. Para cada registro de banco de dados no banco de dados 136 que transporta dados representando um local não observado dentro do campo gaussiano latente, a probabilidade proposta no local proposto 402 é usada para atualizar a probabilidade de ocorrência nesse registro do banco de dados. Ao atualizar os valores de dados em todos os locais representados no banco de dados com cada proposta, os valores de dados nos locais representados no banco de dados começam a se assemelhar ao campo de probabilidade subjacente real.

[039] Em uma modalidade, o primeiro local é um local que tem uma medida de pluviômetro representada no banco de dados. O módulo de estimativa de ocorrência 126 pode ignorar a medição de medidor do primeiro local na determinação de uma proposta inicial para a

probabilidade de precipitação no primeiro local. Desta forma, o módulo de estimativa de ocorrência 126 pode moldar o campo latente para representar a probabilidade de precipitação em todos os pontos com base nas observações em locais discretos.

[040] Voltando novamente à Figura 2, no passo 206, o módulo de estimativa de ocorrência 126 atualiza todas as outras estimativas de precipitação com base na proposta atual de precipitação. Nos estágios iniciais do processo descrito no passo 206, a probabilidade de precipitação proposta nos primeiros locais pode ser imprecisa, já que o método não atingiu a convergência. Com cada proposta, módulo de estimativa de ocorrência 126 pode retornar e atualizar as propostas anteriores com base nas novas propostas nos novos locais. Ao longo do tempo, as propostas da probabilidade de ocorrência de precipitação nos locais com observações gradualmente convergem para um modelo que descreve com precisão a probabilidade de ocorrência de precipitação nesses locais.

[041] No passo 208, módulo de estimativa de ocorrência 126 determina se o método atingiu convergência. O método atinge convergência quando as iterações atuais de atualização não levam a mudanças significativas no produto dos valores dos fatores aproximados. Um valor de limiar pode ser definido como um valor mínimo para atualizações nos valores aproximados. Por exemplo, se uma alteração no logaritmo do produto dos valores dos fatores aproximados cai abaixo de 0,001, módulo de estimativa de ocorrência 126 pode determinar que a convergência foi atingida. Módulo de estimativa de ocorrência 126 pode estimar e atualizar valores para cada local através de uma pluralidade de iterações antes de convergência ser atingida.

[042] No passo 210, módulo de estimativa de ocorrência 126 agrega todas as propostas para um campo de ocorrência de

precipitação. O campo de ocorrência de precipitação indica a probabilidade de ocorrência de precipitação através de uma região de larga escala por um período de tempo específico. Por exemplo, se as medições de medidor exibem a precipitação observada ao longo de um dia, o campo de ocorrência de precipitação iria indicar a probabilidade de ocorrência de precipitação de toda a região de grande escala para aquele dia. Assim, o método acima descrito pode ser usado para criar campos de ocorrência de precipitação que cobrem pequenos períodos de tempo, tal como horas ou grandes períodos de tempo, tais como meses ou anos, dependendo dos dados recebidos. "Grande escala", neste contexto, significa tipicamente que cobre uma grande área geográfica em uma elevada granularidade, de tal forma que a região contém um número substancial de locais. Por exemplo, uma região de grande escala pode compreender os Estados Unidos continentais com locais estimados em intervalos de duas milhas.

APROXIMAÇÃO DE CONDICIONAL DE TREINAMENTO

COMPLETAMENTE INDEPENDENTE

[043] Em uma modalidade, a propagação da expectativa utilizando uma suposição de condicional de treinamento totalmente independente (FITC) cria um segundo nível de aproximação. Geralmente, cada ponto no campo de ocorrência de precipitação depende de todos os outros pontos no campo. Em propagação de expectativa, cada local com uma observação é proposto de forma independente e usado para causar atualizações para cada outro local com uma observação. Na propagação de expectativa de FITC, a probabilidade de precipitação em cada local, incluindo locais com observações e locais sem observações, é presumida dependente apenas de um número menor de locais definidos, denominados "locais de indução". Ao assumir que cada um dos locais com observações depende apenas dos locais de indução, a classificação da matriz de covariância é reduzida ao número de pontos

de indução, reduzindo assim a complexidade dos cálculos necessários para o modelo.

[044] A Figura 4C representa um exemplo de mapa gráfico que pode ilustrar o uso da propagação de expectativa de FITC. Pontos no mapa representam dados armazenados no banco de dados. O Mapa 420 contém o local proposto 402, grade grosseira 422 e posições de grade grosseira 424, que correspondem aos locais de indução. Na modalidade representada na Figura 4C, a grade grosseira 422 é sobreposta no mapa 420 para fornecer locais de grade grosseira 424. A grade 422 e os locais 424 são representados no sistema por dados digitais armazenados ou utilizando técnicas de programação que causam processamento com base na grade e locais. A probabilidade de ocorrência de precipitação em cada local é presumida dependente somente da probabilidade de ocorrência de precipitação em cada um dos locais de grade grosseira 424.

[045] Referindo novamente à Figura 2, no passo 204, uma estimativa da probabilidade de ocorrência de precipitação no local proposto 402 é proposta. Em vez de atualizar propostas anteriores, como no passo 206, o módulo de estimativa de ocorrência atualiza as estimativas para a probabilidade de ocorrência de precipitação em cada uma das localizações de grade grosseira 424 em uma representação na memória ou no banco de dados. O módulo de estimativa de ocorrência 126 pode então propor a probabilidade de ocorrência de precipitação em um segundo local. A proposta no segundo local pode ser usada para atualizar uma representação de grade grosseira na memória ou no banco de dados. Em uma modalidade, o módulo de estimativa de ocorrência 126 pode aplicar a propagação de expectativa sem a aproximação de FITC em locais com observações. Esse método pode continuar até o aumento da possibilidade com cada iteração cair abaixo de um limiar específico.

[046] Em uma modalidade, o uso da propagação de expectativa de FITC envolve a criação de uma troca entre precisão e eficiência computacional. Por exemplo, uma grade grosseira que é projetada para incluir três mil locais teria mais variação por mil km do que um campo grosseiro que é projetado para incluir cem locais. Por outro lado, uma grade grosseira com cem locais exigiria menos computação pelo módulo de estimativa de ocorrência 126 porque a classificação da matriz de covariância é reduzida.

[047] Em uma modalidade, uma versão da propagação de expectativa é escolhida pelo módulo de estimativa de ocorrência 126 com base em requisitos mínimos para eficiência ou precisão computacional. Por exemplo, o sistema de computação meteorológico 120 pode determinar que um erro máximo para a probabilidade de ocorrência de precipitação em um dia específico não pode exceder 4% para permitir uma previsão do tempo precisa. O módulo de estimativa de ocorrência 126 pode determinar que uma grade grosseira com cento e cinquenta e nove locais é necessária para reduzir o erro para 4%. O módulo de estimativa de ocorrência pode, portanto, usar uma grade grosseira com cento e cinquenta e nove locais para maximizar a eficiência computacional enquanto ainda cumpre os requisitos de precisão. Em outro exemplo, o sistema de computação meteorológico 120 pode determinar que uma estimativa é necessária dentro de um período de tempo definido ou que uma quantidade máxima de memória pode ser dedicada à criação de uma estimativa. O módulo de estimativa de ocorrência pode então determinar que a estimativa mais precisa dentro dos requisitos de eficiência computacional envolve o uso, no máximo, de uma grade de dois mil seiscentos e cinquenta e três locais. O módulo de estimativa de ocorrência 126 pode então usar a grade de dois mil seiscentos e cinquenta e três locais para maximizar a precisão do campo de ocorrência de precipitação estimado dentro das restrições

computacionais.

[048] Em outras modalidades, para determinar qual versão da propagação de expectativa usar, a precisão pode ser sacrificada para eficiência computacional até o módulo de estimativa de ocorrência 126 determinar que atingiu um nível de retornos decrescentes. O módulo de estimativa de ocorrência 126 pode ser programado ou configurado com uma tolerância definida para retornos decrescentes. Assim, se o módulo de estimativa de ocorrência 126 receber uma gama para precisão permitida e uma gama para eficiência computacional permitida, o módulo de estimativa de ocorrência 126 pode determinar um ponto de retornos decrescentes que é englobado em ambos os intervalos. Do mesmo modo, se o módulo de estimativa de ocorrência 126 receber uma solicitação para priorizar a precisão sobre a eficiência, o módulo de estimativa de ocorrência 126 pode aumentar o número de pontos dentro da grade grosseira até atingir um ponto de retornos decrescentes abaixo da tolerância definida.

INTENSIDADE DE PRECIPITAÇÃO

[049] A Figura 3 é um fluxograma de um método de exemplo para criar um campo de intensidade de precipitação computacionalmente eficiente.

[050] No passo 302, observações históricas são recebidas para intensidade de precipitação em uma pluralidade de locais. Por exemplo, o módulo de estimativa de intensidade 128 pode receber intensidades de precipitação 106 do computador de servidor de precipitação 102 relativas a medições tomadas por um ou mais medidores na pluralidade de locais. As intensidades de precipitação 106 podem incluir uma quantidade de chuva recebida em um local específico por um período de tempo específico, como três centímetros de chuva dentro de catorze horas. As intensidades de precipitação 106 podem ser recebidas eletronicamente através de consultas, mensagens ou outras operações

de recuperação de dados e armazenadas em registros, colunas ou tabelas na memória ou no banco de dados 136.

[051] No passo 304, é calculada uma correlação espacial da precipitação. Por exemplo, utilizando o computador meteorológico 120, uma função de cópula Gaussiana, conforme descrito abaixo, pode ser usada para modelar a correlação espacial da precipitação, mantendo a distribuição da intensidade de precipitação provável em cada local.

[052] No passo 306, a correlação espacial da intensidade é calculada. Por exemplo, um campo gaussiano com uma função de covariância pode ser usado para representar a intensidade de precipitação em todo o mapa. Como o campo é presumido para variar espacialmente com uma dependência adicional de elevação, um modelo computacional pode usar como covariáveis latitude, longitude e altitude. As matrizes de covariância podem ser usadas para modelar os efeitos das intensidades de precipitação em todos os outros locais em função da distância de um único local. Assim, para cada local, a intensidade de precipitação provável é dependente da intensidade de precipitação dos locais vizinhos.

[053] A função de cópula Gaussiana permite que a modelagem da estrutura espacial do campo de intensidade de precipitação seja separada a partir da modelagem da intensidade em um local particular. Por exemplo, um campo gaussiano é adequado para modelar a correlação espacial entre os pontos do campo de intensidade de precipitação. No entanto, uma distribuição Gaussiana não é apropriada para modelar a intensidade em um ponto particular, uma vez que a intensidade não pode ser negativa e a probabilidade de pequenas quantidades de chuva é muito maior do que a probabilidade de grandes quantidades de chuva. Assim, as distribuições que descartam intensidades negativas e aumentam as probabilidades de valores baixos e diminuem as probabilidades de valores elevados, como uma

distribuição gama, podem ser mais apropriadas para modelar intensidade.

[054] Em uma modalidade, o campo subjacente para o modelo de intensidade de precipitação é observável e estima a intensidade provável da precipitação em cada local. A função de probabilidade para o modelo de intensidade de precipitação é analiticamente tratável; portanto, em uma modalidade, um passo de aproximação de propagação de expectativa, usado para o modelo de ocorrência, não é usado no modelo de intensidade de precipitação.

AFUNILAMENTO

[055] Em uma modalidade, a determinação das intensidades de precipitação prováveis em cada local envolve a inversão da matriz de covariância. Devido ao grande número de pontos na matriz de covariância, cada inversão agrega complexidade ao cálculo. Durante as estimativas da intensidade de precipitação, as matrizes de covariáveis exigem múltiplas inversões, criando uma complexidade ainda maior.

[056] Em uma modalidade, uma função de afunilamento, tal como a função de Wendland de primeira ordem, pode ser usada para simplificar a matriz de covariância. A função de afunilamento pode criar uma distância específica além da qual a intensidade de precipitação é considerada independente. A função de afunilamento faz com que os valores após a distância especificada sejam convertidos em zeros, preservando a definição positiva da matriz. Por exemplo, pode escolher-se uma função de afunilamento que pressupõe que a intensidade de precipitação em qualquer local além de trezentos e catorze quilômetros do local de estimativa não afeta o local de estimativa.

[057] No passo 308, a matriz de covariância é multiplicada pela função de afunilamento. Multiplicar a matriz de covariância pela função de afunilamento cria uma matriz esparsamente populada, onde um grande número de valores é reduzido a zeros. No exemplo acima, os

valores representando os efeitos de locais além de trezentos e catorze quilômetros serão substituídos por zero, enquanto os valores restantes serão modificados pela função de afunilamento.

[058] No passo 310, é criado um modelo de correlação espacial de intensidade. Por exemplo, o módulo de estimativa de intensidade 128 pode usar algoritmos computacionalmente eficientes para modelar a correlação espacial de intensidade através de inversões repetidas da matriz de covariância. Inverter uma matriz grande pode ser computacionalmente ineficiente, mas existem funções que podem inverter eficientemente uma matriz que é principalmente preenchida com zeros. Ao introduzir a característica esparsa na matriz, o módulo de estimativa de intensidade 128 cria matrizes que podem ser facilmente invertidas usando funções computacionalmente eficientes, como decomposições de Cholesky esparsas.

[059] No passo 312, é criado um campo de intensidade. Por exemplo, o módulo de estimativa de intensidade 128 pode extrair as intensidades prováveis das distribuições em cada local para criar um campo de intensidade. Em cada ponto individual, um valor para a intensidade de precipitação é extraído de uma distribuição de gama cujos parâmetros são inferidos a partir do modelo espacial gaussiano. Os amostradores padrão, como amostradores de fatias univariadas ou “*emcee*”, podem ser empregados para amostrar a partir das distribuições de probabilidade de parâmetros da distribuição de gama e do modelo espacial gaussiano. A distribuição de gama é então usada para criar estimativas probabilísticas para a intensidade de precipitação em um determinado ponto.

[060] Em uma modalidade, a distância especificada para a função de afunilamento é determinada pelo módulo de estimativa de intensidade 128 com base em um ou mais fatores. O módulo de estimativa de intensidade 128 pode selecionar uma distância

especificada com base no local, tempo do ano, eficiência computacional e/ou elevação circundante. Por exemplo, o módulo de estimativa de intensidade 128 pode determinar que a correlação espacial da intensidade de precipitação em Pittsburgh é relativamente baixa enquanto a correlação espacial da intensidade de precipitação no Mississippi é relativamente alta. Uma distância específica maior pode ser aplicada no Mississippi do que em Pittsburgh. Como outro exemplo, o comprimento de correlação espacial pode aumentar no inverno e diminuir no verão. Assim, um valor maior para a distância especificada pode ser escolhido em janeiro e um valor menor pode ser escolhido em maio. Em outro exemplo, o módulo de estimativa de intensidade 128 pode selecionar uma distância especificada inferior para aumentar a eficiência computacional ao custo da precisão. Semelhante à troca com propagação de expectativa, o módulo de estimativa de intensidade 128 pode fazer a troca com base em requisitos para um nível de eficiência ou precisão computacional, com base na maximização de um nível de eficiência ou precisão computacional até um ponto de retornos decrescentes, e/ou com base em um pedido para equilibrar a precisão e eficiência computacional dentro de intervalos especificados.

[061] Em uma modalidade, FITC pode ser adicionalmente aplicada à estimativa de intensidade para aumentar ainda mais a eficiência de computação. Tal como acontece com a propagação de expectativa de FITC, a aplicação da FITC às estimativas de intensidade pode envolver a sobreposição de uma grade grosseira sobre o mapa. A intensidade de precipitação em cada local pode ser presumida dependente apenas dos vários pontos da grade grosseira, diminuindo desse modo o número de valores na matriz de covariância. Ao contrário da propagação de expectativa, o campo de intensidade subjacente é observável para a estimativa de intensidade. Assim, a grade grosseira pode não ser atualizada após cada medição. Além disso, a grade grosseira pode

incluir um subconjunto dos locais de medidor que correspondem ao campo de intensidade subjacente. As variações de FITC podem ser aplicadas de forma semelhante com a estimativa de intensidade como com a estimativa de ocorrência. Assim, uma grade com um grande número de locais pode ser usada para aumentar a precisão, enquanto uma grade com um pequeno número de locais pode ser usada para aumentar a eficiência computacional.

[062] Em uma modalidade, FITC é combinada com a função de afunilamento para aumentar ainda mais a eficiência computacional. A aplicação de FITC pode envolver a criação de uma grade grosseira com um número limitado de locais, enquanto a aplicação da função de afunilamento pode libertar pontos da grade grosseira que estão além de uma distância específica do local de estimativa. Por exemplo, uma grade grosseira sobreposta no mapa pode conter novecentos e vinte e seis locais. A aplicação de uma função de afunilamento para a grade grosseira pode excluir todos, exceto cinquenta e três locais. Em modalidades adicionais, uma grade grosseira pode ser aplicada apenas à área dentro da distância especificada. A aplicação da função de afunilamento e da FITC pode basear-se em uma troca entre precisão e eficiência de computação conforme descrito acima. Além disso, o módulo de estimativa de intensidade 128 pode mudar dinamicamente entre aumentar/diminuir a distância especificada da função de afunilamento e aumentar/diminuir o número de pontos na grade grosseira de modo a maximizar os ganhos, minimizando a perda. Por exemplo, o módulo de estimativa de intensidade 128 pode receber uma solicitação para maximizar a precisão sobre a eficiência computacional até um ponto específico, como requisitos de memória máximos. O módulo de estimativa de intensidade 128 pode começar aumentando o número de pontos na grade grosseira até determinar que um aumento na distância especificada para a função de afunilamento adicionaria

maior precisão ao diminuir a eficiência computacional do sistema a uma taxa mais baixa. O módulo de estimativa de intensidade 128 pode então aumentar a distância especificada até determinar que o aumento do número de pontos na grade grosseira seria mais eficiente.

CAMPOS COMBINADOS

[063] Em uma modalidade, o módulo de estimativa climática 124 recebe amostras do campo de ocorrência de precipitação do módulo de estimativa de ocorrência 126 e campo de intensidade de precipitação do módulo de estimativa de intensidade 128. O módulo de estimativa climática 124 pode combinar campos para sobrepor períodos de tempo para criar campos de precipitação finais. Conforme descrito acima, as amostras do campo de ocorrência de precipitação, após serem transformadas para o intervalo de 0 a 1 com função sigmoide, indicam a probabilidade de ocorrência de chuva em todos os locais. As amostras do campo de ocorrência de precipitação podem ser usadas como uma máscara quando aplicadas nas amostras do campo de intensidade de precipitação. Assim, qualquer local para o qual a amostra a partir do campo de intensidade de precipitação indica uma chuva zero pode ter as intensidades reduzidas a zero na amostra correspondente do campo de intensidade de precipitação.

[064] Em uma modalidade, são criados múltiplos campos de precipitação para cada período de tempo com base em incertezas na estimativa de ocorrência e intensidade de precipitação.

[065] Em uma modalidade, os campos de precipitação finais incluem estimativas de incerteza quanto à intensidade de precipitação. Onde a ocorrência de precipitação inclui pouca incerteza, a incerteza total pode compreender apenas as incertezas da intensidade de precipitação capturadas pelos campos de intensidade de precipitação. Onde a ocorrência ou ausência de precipitação contém incerteza significativa, a incerteza total pode incluir uma combinação das

incertezas nos campos de intensidade de precipitação com uma incerteza adicional criada por uma probabilidade de que a intensidade real da precipitação seja zero.

[066] À medida que os campos de ocorrência e os campos de intensidade são modelados separadamente, combinar os dois campos pode às vezes criar regiões fisicamente não realistas de alta intensidade de precipitação cercadas por regiões sem ocorrência de precipitação. Por exemplo, medidores que relatam uma ausência de precipitação podem ser usados para restringir o módulo de ocorrência de precipitação, mas não podem ser usados para restringir os modelos de intensidade de precipitação porque não há valor de intensidade. Em algumas modalidades, em vez de remover os medidores que não incluem chuva a partir da estimativa da intensidade de precipitação, os medidores que não incluem chuva são tratados como incluindo uma quantidade traço de chuva, assim, restringindo as localidades vizinhas para estimar uma menor intensidade de precipitação. Isso reduz o risco de locais isolados com altas intensidades de precipitação cercadas por locais sem precipitação.

USO DE DADOS

[067] A abordagem de modelagem de dois estágios descrita acima cria campos de precipitação estimados utilizando dados observados, como dados de medidor. Os dados resultantes podem ser exibidos em vários formatos. Um primeiro formato inclui estimativas pontuais para precipitação em locais determinados. O módulo de estimativa climática 124 pode produzir distribuições de chuvas em locais determinados em resposta a uma solicitação de dados nos dados locais. Por exemplo, o módulo de modelo agrônômico 132 ou módulo de previsão meteorológica 134 pode solicitar dados probabilísticos em um local específico para criar modelos agrônômicos ou previsões meteorológicas. Múltiplas estimativas pontuais para precipitação em um

determinado local podem ser agregadas em uma única estimativa. Por exemplo, múltiplas distribuições que compreendem estimativas de precipitação para um único dia podem ser agregadas em uma estimativa da chuva recebida por um ano inteiro.

[068] O módulo de estimativa climática 124 também pode produzir estatísticas espaciais físicas, tais como estimativas de precipitação em um domínio espacial. As estatísticas espaciais físicas podem ser exibidas como um mapa com vários dados de chuva exibidos no mapa. Por exemplo, uma legenda pode exibir uma gama de cores representando intensidades de precipitação em cada local. Múltiplos mapas para um período de tempo podem ser agregados em um único mapa. Por exemplo, vários mapas que exibem precipitação para um único dia podem ser agregados em um mapa que exibe precipitação durante um período de 30 dias. Múltiplos mapas também podem ser agregados em uma série de imagens que podem ser exibidas sequencialmente. A exibição sequencial pode ser útil para descrever as mudanças na precipitação ao longo de um período de tempo. Os mapas também podem ser usados para rastrear ou registrar dados a partir de eventos climáticos específicos, como tempestades ou secas. As informações sobre como as tempestades ou as secas evoluíram ao longo do tempo podem ser obtidas através da visualização dos vários mapas das intensidades de precipitação.

[069] A abordagem de modelagem de dois estágios descrita acima permite que o módulo de estimativa climática 124 preencha plausivelmente os dados onde os dados não estão disponíveis. Os dados podem estar indisponíveis em determinados locais onde os dados de satélite ou de radar não estão disponíveis. O preenchimento de dados nesses locais pode permitir a criação de uma melhor análise das condições climáticas históricas, melhores previsões meteorológicas ou melhores modelos agrônômicos. Além disso, dados históricos para

um campo inteiro só podem estar disponíveis por um breve período de tempo. Os modelos descritos acima podem ser usados para criar estimativas históricas de precipitação durante períodos de tempo onde os dados de precipitação só estão disponíveis em locais de medição. Os dados históricos podem ser usados para analisar a mudança dos padrões climáticos, prever o clima futuro ou descrever os principais eventos climáticos.

PREVISÕES METEOROLÓGICAS

[070] Em uma modalidade, o módulo de estimativa climática 124 envia as estimativas finais para a intensidade e ocorrência de precipitação para módulo de previsão meteorológica 134. O módulo de previsão meteorológica 134 pode usar as estimativas finais da intensidade e ocorrência de precipitação para criar previsões meteorológicas. Por exemplo, o módulo de previsão meteorológica 134 pode determinar um ou mais padrões climáticos associados à intensidade de precipitação nas estimativas finais. Os padrões climáticos podem ser aplicados a condições iniciais semelhantes para criar previsões de precipitação, como no Pedido Não Provisório 14/681.886, cujo conteúdo inteiro é incorporado por referência como se fosse totalmente estabelecido aqui.

[071] Além disso, informações meteorológicas históricas podem ser usadas para corrigir métodos de previsão. Por exemplo, um método de previsão específico pode conter previsões passadas para a precipitação em um ou mais dias. As estimativas finais para um ou mais dias podem ser comparadas com as previsões para um ou mais dias para determinar se as previsões tendem a ser altas ou baixas. A diferença entre previsões de precipitação e estimativas de precipitação pode ser usada para corrigir previsões de precipitação atuais. Por exemplo, se um método de previsão específico tende a superestimar a precipitação durante uma determinada época do ano, as diferenças

passadas entre as estimativas finais e as previsões podem ser usadas para modificar as previsões de precipitação para uma previsão atual ou futura.

[072] Em uma modalidade, o sistema de computação meteorológico 120 envia as previsões meteorológicas 152 para o dispositivo de computação móvel 154. Em outras modalidades, o sistema de computação meteorológico 120 cria recomendações utilizando as previsões meteorológicas 152 e envia as recomendações para o dispositivo de computação móvel 154. O sistema de computação meteorológico 120 pode também armazenar as previsões meteorológicas 152 na memória. As previsões meteorológicas armazenadas podem ser usadas mais tarde para melhorar os métodos usados pelo módulo de previsão meteorológica 134 ou para avaliar os vários métodos de modelagem. Além disso, o módulo de previsão meteorológica 134 pode enviar previsões meteorológicas para o módulo de modelo agronômico 132 para ser usado na criação de modelos agronômicos.

MODELOS AGRONÔMICOS

[073] Em uma modalidade, o módulo de estimativa climática 124 envia as estimativas finais para a intensidade e ocorrência de precipitação para o módulo de modelo agronômico 132. O módulo de modelo agronômico 132 pode usar as estimativas finais da intensidade e da ocorrência de precipitação para criar um modelo agronômico. Além disso, o módulo de modelo agronômico 132 pode usar as previsões meteorológicas recebidas do módulo de previsão meteorológica 134 para criar os modelos agronômicos. Em uma modalidade, um modelo agronômico é uma estrutura de dados em memória do sistema de computação meteorológico 120 que contém informações de local e de cultura para um ou mais campos. Um modelo agronômico também pode conter fatores agronômicos descrevendo condições que podem afetar o

crescimento de uma ou mais culturas em um campo. Além disso, um modelo agronômico pode conter recomendações baseadas em fatores agronômicos, tais como recomendações de cultura, recomendações de rega, recomendações de plantio e recomendações de colheita. Os fatores agronômicos também podem ser usados para estimar um ou mais resultados relacionados à cultura, como o rendimento agronômico. O rendimento agronômico de uma cultura é uma estimativa de quantidade da cultura que é produzida.

[074] Em uma modalidade, o sistema de computação meteorológico 120 usa as estimativas de precipitação para criar um modelo agronômico na memória ou em armazenamento persistente em resposta a uma solicitação do dispositivo de computação móvel 154 para um modelo agronômico. Em outras modalidades, o sistema de computação meteorológico 120 recebe uma solicitação a partir de um terceiro para um modelo agronômico. Por exemplo, uma companhia de seguros pode solicitar um modelo agronômico para um campo do cliente segurado para determinar os riscos associados à cultura plantada pelo cliente. Em outro exemplo, um servidor de aplicação pode enviar uma solicitação ao sistema de computação meteorológico 120 para criar um modelo agronômico para um campo do usuário específico. Alternativamente, o sistema de computação meteorológico 120 pode gerar modelos agronômicos 150 periodicamente. O sistema de computação meteorológico 120 também pode gerar modelos agronômicos 150 em resposta a receber observações de precipitação atualizadas ou em resposta à criação de estimativas de precipitação atualizadas.

[075] As previsões meteorológicas recebidas do módulo de previsão meteorológica 134 podem ser fatoradas para modelos agronômicos 150 pelo módulo de modelo agronômico 132. A quantidade de água que uma cultura recebe pode afetar o ciclo de

desenvolvimento da cultura. O módulo de modelo agronômico 132 pode estimar a quantidade de água que uma cultura precisa e determinar a quantidade provável de água que a cultura receberá de precipitação natural com base nas previsões meteorológicas. O módulo de modelo agronômico 132 pode usar essa informação para afetar a estimativa de rendimento agronômico. Além disso, o módulo de modelo agronômico 132 pode usar as previsões meteorológicas para gerar recomendações para agricultores. Por exemplo, o módulo de modelo agronômico 132 pode recomendar que uma cultura não seja regada em um dia que tenha uma alta probabilidade de grandes quantidades de precipitação. Alternativamente, o módulo de modelo agronômico 132 pode recomendar que uma cultura receba água extra se as chances de precipitação forem extremamente baixas no futuro previsível.

[076] Em uma modalidade, incertezas nas estimativas são propagadas nos modelos agronômicos e previsões meteorológicas. Por exemplo, se a precipitação estimada para um determinado campo em um dia específico contiver uma incerteza sobre a quantidade de água que o campo recebeu, o modelo agronômico para o campo específico pode incluir uma incerteza sobre a quantidade de água que a cultura recebeu. Além disso, se uma estimativa de precipitação contém uma incerteza quanto ao aumento da precipitação durante um período de tempo, as previsões meteorológicas podem incluir a incerteza na previsão de aumentos similares. As incertezas na previsão meteorológica também podem ser propagadas nos modelos agronômicos. Por exemplo, a incerteza na quantidade de água que uma colheita recebeu e a incerteza na quantidade de água que uma colheita receberá pode ser propagada para recomendações de rega e plantio, de modo que uma recomendação seja menor ou mais definida com base nas incertezas na precipitação passada e futura.

[077] Em uma modalidade, o sistema de computação

meteorológico 120 envia modelos agronômicos 150 para o dispositivo de computação móvel 154. Em outras modalidades, o sistema de computação meteorológico 120 cria recomendações utilizando modelos agronômicos 150 e envia as recomendações ao dispositivo de computação móvel 154. Em algumas modalidades, sistema de computação de climatologia pode gerar alertas com base em informações em modelos agronômicos 150. Por exemplo, o sistema de computação meteorológico 120 pode gerar um alerta a ser enviado para o dispositivo de computação móvel 154 em resposta a determinar que uma cultura específica está prestes a chegar ao final de seu desenvolvimento baseado no número estimado de dias de grau de crescimento desde que a cultura foi plantada. O sistema de computação meteorológico 120 também pode armazenar modelos agronômicos 150 na memória. Os modelos agronômicos armazenados podem ser usados mais tarde para melhorar os métodos utilizados pelo módulo de modelo agronômico 132 ou para avaliar os vários métodos de modelagem.

VISÃO GERAL DE HARDWARE

[078] De acordo com uma modalidade, as técnicas aqui descritas são implementadas por um ou mais dispositivos de computação de propósito especial. Os dispositivos de computação de propósito especial podem ser com fio para executar as técnicas, ou podem incluir dispositivos eletrônicos digitais, como um ou mais circuitos integrados de aplicação específica (ASICs) ou conjuntos de portas de campos programáveis (FPGAs) que são persistentemente programados para executar as técnicas, ou podem incluir um ou mais processadores de hardware de propósito geral programados para executar as técnicas de acordo com as instruções de programa em firmware, memória, outro armazenamento, ou uma combinação. Tais dispositivos de computação de propósito especial também podem combinar lógica com fio personalizada, ASICs ou FPGAs com programação personalizada para

realizar as técnicas. Os dispositivos de computação de propósito especial podem ser sistemas de computador de mesa, sistemas de computadores portáteis, dispositivos de mão, dispositivos de rede ou qualquer outro dispositivo que incorpore a lógica com fio e/ou programa para implementar as técnicas.

[079] Por exemplo, a Figura 5 é um diagrama de blocos que ilustra um sistema de computador 500 sobre o qual modalidades podem ser implementadas. O sistema de computador 500 inclui um barramento 502 ou outro mecanismo de comunicação para comunicar informação, e um processador de hardware 504 acoplado com o barramento 502 para processamento de informação. O processador de hardware 504 pode ser, por exemplo, um microprocessador de propósito geral.

[080] O sistema de computador 500 também inclui uma memória principal 506, tal como uma memória de acesso aleatório (RAM) ou outro dispositivo de armazenamento dinâmico, acoplado ao barramento 502 para armazenar informações e instruções a serem executadas pelo processador 504. A memória principal 506 também pode ser usada para armazenar variáveis temporárias ou outras informações intermediárias durante a execução de instruções a serem executadas pelo processador 504. Essas instruções, quando armazenadas em meios de armazenamento não transitórios acessíveis ao processador 504, tornam o sistema de computador 500 uma máquina de propósito especial que é personalizada para executar as operações especificadas nas instruções.

[081] O sistema de computador 500 inclui ainda uma memória somente de leitura (ROM) 508 ou outro dispositivo de armazenamento estático acoplado ao barramento 502 para armazenar informações e instruções estáticas para o processador 504. Um dispositivo de armazenamento 510, tal como um disco magnético, disco óptico ou unidade de estado sólido é fornecido e acoplado ao barramento 502

para armazenar informações e instruções.

[082] O sistema de computador 500 pode ser acoplado através do barramento 502 a uma exibição 512, tal como um tubo de raio catódico (CRT), para exibir informações para um usuário de computador. Um dispositivo de entrada 514, incluindo teclas alfanuméricas e outras, é acoplado ao barramento 502 para comunicar informações e seleções de comando para o processador 504. Outro tipo de dispositivo de entrada de usuário é o controle de cursor 516, como um mouse, uma “*trackball*” ou teclas de direção de cursor para comunicação de seleções de informação e comando de direção para o processador 504 e para controlar o movimento do cursor na exibição 512. Este dispositivo de entrada tipicamente tem dois graus de liberdade em dois eixos, um primeiro eixo, como x) e um segundo eixo, como y), que permitem o dispositivo especificar posições em um plano.

[083] O sistema de computador 500 pode implementar as técnicas aqui descritas utilizando lógica com fio personalizada, um ou mais ASICs ou FPGAs, firmware e/ou lógica de programa, que em combinação com o sistema de computador provoca ou programa sistema de computador 500 para ser uma máquina de propósito especial. De acordo com uma modalidade, as técnicas aqui são realizadas pelo sistema de computador 500 em resposta ao processador 504 executar uma ou mais sequências de uma ou mais instruções contidas na memória principal 506. Tais instruções podem ser lidas na memória principal 506 a partir de outro meio de armazenamento, tal como dispositivo de armazenamento 510. Execução das sequências de instruções contidas na memória principal 506 fazem o processador 504 executar os passos de processo aqui descritos. Em modalidades alternativas, circuitos com fio podem ser utilizados em lugar de ou em combinação com instruções de software.

[084] O termo "meios de armazenamento", tal como aqui utilizado,

refere-se a quaisquer meios não transitórios que armazenam dados e/ou instruções que fazem com que uma máquina funcione em uma forma específica. Tais meios de armazenamento podem compreender meios não voláteis e/ou meios voláteis. Meios não voláteis incluem, por exemplo, os discos ópticos, os discos magnéticos, ou unidades de estado sólido, tais como o dispositivo de armazenamento 510. Meios voláteis incluem a memória dinâmica, tal como a memória principal 506. As formas mais comuns de meios de armazenamento incluem, por exemplo, um disquete, um disco flexível, disco rígido, unidade de estado sólido, fita magnética ou qualquer outro meio de armazenamento de dados magnéticos, um CD-ROM, qualquer outro meio de armazenamento de dados ópticos, qualquer meio físico com padrões de furos, uma RAM, uma PROM e EPROM, uma FLASH-EPROM, NVRAM, qualquer outro chip de memória ou cartucho.

[085] Meios de armazenamento são diferentes de, mas podem ser utilizados em conjunto com meios de transmissão. Meios de transmissão participam na transferência de informação entre o meio de armazenamento. Por exemplo, meios de transmissão incluem os cabos coaxiais, fios de cobre e as fibras ópticas, incluindo os fios que compreendem barramento 502. Os meios de transmissão podem também assumir a forma de ondas acústicas ou de luz, tais como as geradas durante as comunicações de ondas de rádio e de dados de infravermelhos.

[086] Diversas formas de meios de comunicação podem estar envolvidas na execução de uma ou mais sequências de uma ou mais instruções para o processador 504 para execução. Por exemplo, as instruções podem inicialmente ser transportadas em um disco magnético ou unidade de estado sólido de um computador remoto. O computador remoto pode carregar as instruções em sua memória dinâmica e enviar as instruções através de uma linha telefônica

utilizando um modem. Um modem local para sistema de computador 500 pode receber os dados na linha telefônica e usar um transmissor de infravermelhos para converter os dados para um sinal de infravermelhos. Um detector de infravermelhos pode receber os dados transportados no sinal de infravermelhos e um circuito apropriado pode colocar os dados no barramento 502. Barramento 502 transporta os dados para a memória principal 506, a partir da qual processador 504 recupera e executa as instruções. As instruções recebidas pela memória principal 506 podem, opcionalmente, ser armazenadas no dispositivo de armazenamento 510 quer antes quer após a execução pelo processador 504.

[087] O sistema de computador 500 também inclui uma interface de comunicação 518 acoplada ao barramento 502. A interface de comunicação 518 fornece um acoplamento de comunicação de dados bidirecional para um enlace de rede 520 que é conectado a uma rede local 522. Por exemplo, a interface de comunicação 518 pode ser uma placa de rede digital de serviços integrados (ISDN), modem a cabo, um modem de satélite, ou um modem para fornecer uma conexão de comunicação de dados para um tipo correspondente de linha de telefone. Como outro exemplo, interface de comunicação 518 pode ser uma placa de rede de área local (LAN) para fornecer uma conexão de comunicação de dados para uma LAN compatível. Enlaces sem fio podem ser implementados. Em qualquer implementação, interface de comunicação 518 envia e recebe sinais elétricos, eletromagnéticos ou ópticos que transportam fluxos de dados digitais representando vários tipos de informação.

[088] Enlace de rede 520 normalmente fornece comunicação de dados através de uma ou mais redes para outros dispositivos de dados. Por exemplo, enlace de rede 520 pode fornecer uma conexão através de rede local 522 a um computador hospedeiro 524 ou para

equipamentos de dados operados por um Provedor de Serviços de Internet (ISP) 526. ISP 526, por sua vez fornece serviços de comunicação de dados através da rede de comunicação de dados de pacote de alcance mundial agora comumente referida como a "Internet" 528. Rede local 522 e Internet 528 ambas usam sinais elétricos, eletromagnéticos ou ópticos que carregam fluxos de dados digitais. Os sinais através das várias redes e os sinais no enlace de rede 520 e através de interface de comunicação 518, que transportam os dados digitais de e para o sistema de computador 500, são exemplos de formas de meio de transmissão.

[089] O sistema de computador 500 pode enviar mensagens e receber dados, incluindo o código de programa, através da rede (s), enlace de rede 520 e interface de comunicação 518. No exemplo de Internet, um servidor 530 pode transmitir um código solicitado para um programa de aplicação através de Internet 528, ISP 526, rede local 522 e interface de comunicação 518.

[090] O código recebido pode ser executado pelo processador 504, uma vez que é recebido, e/ou armazenado no dispositivo de armazenamento 510, ou outro tipo de armazenamento não volátil para execução posterior.

BENEFÍCIOS DE CERTAS MODALIDADES

[091] Utilizando as técnicas descritas aqui, um computador pode fornecer estimativas de precipitação e incertezas associadas em locais com falta de dados precisos de precipitação ou por períodos de tempo quando os dados de precipitação não estão disponíveis. Por exemplo, as técnicas aqui podem fornecer estimativas de precipitação probabilísticas a um nível de local de campo com base apenas em medições de medidor, o que de outro modo podem não estar disponíveis a partir de fontes de dados públicas e/ou comerciais. Os processos podem ser utilizados em implementações de computador

para fornecer a um dispositivo de computação de usuário, em resposta a uma solicitação, estimativas probabilísticas de valores de precipitação em campos de cultivo ou em outros locais, mesmo quando valores de precipitação observados são para áreas ou locais muito menos granulares, estão incompletos, estão faltando, e/ou não estão disponíveis. Por conseguinte, o desempenho do dispositivo de computação de terminal de usuário pode ser melhorado porque as aplicações de dispositivo podem receber e utilizar dados que de outro modo não estariam disponíveis, evitar erros que são introduzidos através da utilização de dados que estão incompletos, e/ou propagar incerteza sobre a ocorrência e intensidade de precipitação para melhorar a tomada de decisão.

EXTENSÕES E ALTERNATIVAS

[092] Na descrição anterior, modalidades foram descritas com referência a numerosos detalhes específicos que podem variar de implementação para implementação. A especificação e os desenhos devem, por conseguinte, ser considerados em um sentido ilustrativo em vez de em um sentido restritivo. O indicador único e exclusivo do âmbito da divulgação, e que é pretendido pelos requerentes para ser o âmbito da divulgação, é o escopo literal e equivalente do conjunto de reivindicações que surge a partir deste pedido, na forma específica em que tais reivindicações surgem, incluindo qualquer correção posterior.

REIVINDICAÇÕES

1. Método, CARACTERIZADO pelo fato de que compreende: receber, através de uma rede de computador, um ou mais registros de precipitação digitais compreendendo uma pluralidade de valores de dados digitais representando uma ocorrência de precipitação em uma primeira pluralidade de locais e uma intensidade de precipitação na primeira pluralidade de locais;

utilizar lógica programada digitalmente em um módulo de estimativa de ocorrência (126) de um computador meteorológico eletrônico digital (120), criar e armazenar em um banco de dados de precipitação (136) um ou mais campos de ocorrência de precipitação por:

repetir os seguintes passos para cada local de uma segunda pluralidade de locais para cada de qualquer número de iterações:

a) selecionar um local particular da segunda pluralidade de locais;

b) criar uma estimativa probabilística da ocorrência de precipitação no local específico com base nas ocorrências de precipitação na primeira pluralidade de locais;

c) se não for uma primeira iteração do número de iterações, atualizar uma ou mais estimativas probabilísticas da ocorrência de precipitação em um ou mais locais da segunda pluralidade de locais com base na estimativa probabilística da ocorrência de precipitação no local particular;

determinar se, durante uma iteração particular, um ou mais valores alterados por mais de um valor de limiar;

em resposta a determinar que um ou mais valores alterados por mais do que o valor de limiar, realizar uma próxima iteração;

em resposta a determinar que um ou mais valores não alteraram por mais do que o valor de limiar, agregar as estimativas probabilísticas da ocorrência de precipitação na segunda pluralidade de

locais em um ou mais campos de ocorrência de precipitação;

utilizar lógica programada digitalmente em um módulo de estimativa de intensidade (128) do computador meteorológico (120), criar e armazenar no banco de dados de precipitação (136) um ou mais campos de intensidade de precipitação por:

usar os valores de dados digitais representando intensidade de precipitação na primeira pluralidade de locais, criar e armazenar um modelo de correlação espacial de intensidade de precipitação para a segunda pluralidade de locais;

para cada local da segunda pluralidade de locais:

criar e armazenar uma ou mais distribuições da intensidade de precipitação no local, incluindo restringir digitalmente as distribuições pela intensidade de precipitação no um ou mais outros locais da segunda pluralidade de locais e/ou os valores de dados representando a intensidade de precipitação na primeira pluralidade de locais;

extrair um ou mais valores de dados representando estimativas probabilísticas de intensidade com base em um ou mais valores de dados que descrevem relações e a uma ou mais distribuições da intensidade de precipitação no local;

agregar o um ou mais valores de dados extraídos para um ou mais campos de intensidade de precipitação;

utilizar lógica programada digitalmente em um módulo de estimativa climática (124), criar e armazenar digitalmente estimativas finais para ocorrência e intensidade de precipitação em um ou mais locais da segunda pluralidade de locais com base em um ou mais campos de ocorrência de precipitação e um ou mais campos de intensidade de precipitação.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, CARACTERIZADO pelo fato de que criar e armazenar o um ou mais campos de ocorrência de precipitação compreendem ainda:

criar, na memória digital do computador meteorológico (120), uma grade grosseira (422) representando a ocorrência de precipitação em locais generalizados da segunda pluralidade de locais;

criar as estimativas probabilísticas da ocorrência de precipitação em cada uma da segunda pluralidade de locais com base, pelo menos em parte, em ocorrências estimadas a partir de um ou mais dos locais generalizados representados pela grade grosseira (422).

3. Método, de acordo com a reivindicação 1, CARACTERIZADO pelo fato de que compreende ainda gerar e armazenar um ou mais modelos agronômicos (150) em memória digital do computador meteorológico (120) com base, pelo menos em parte, nas estimativas finais da ocorrência e intensidade de precipitação.

4. Método, de acordo com a reivindicação 3, CARACTERIZADO pelo fato de que as estimativas finais para ocorrência e intensidade de precipitação incluem uma ou mais estimativas de incerteza, o método compreendendo ainda modificar os modelos agronômicos (150) e armazenar modelos agronômicos (150) modificados na memória digital por propagar uma ou mais estimativas de incerteza em um ou mais modelos agronômicos (150).

5. Método, de acordo com a reivindicação 1, CARACTERIZADO pelo fato de que compreende ainda:

criar uma ou mais variáveis dependentes da elevação na memória digital do computador meteorológico (120);

fatorar na uma ou mais variáveis dependentes da elevação na criação do um ou mais campos de ocorrência de precipitação;

fatorar na uma ou mais variáveis dependentes da elevação na criação de um ou mais campos de intensidade de precipitação.

6. Método, de acordo com a reivindicação 1, CARACTERIZADO pelo fato de que a extração de um ou mais valores de dados representando estimativas probabilísticas para intensidade

compreende:

amostrar valores a partir de uma ou mais distribuições da intensidade de precipitação em cada um dos locais para um ou mais parâmetros;

calcular uma ou mais intensidades prováveis para cada um dos locais da segunda pluralidade de locais com base no um ou mais parâmetros e em uma ou mais covariáveis.

7. Método, de acordo com a reivindicação 6, CARACTERIZADO pelo fato de que a uma ou mais covariáveis incluem a latitude, a longitude e a altitude.

8. Método, de acordo com a reivindicação 6, CARACTERIZADO pelo fato de que o cálculo da uma ou mais intensidades prováveis compreende:

criar uma ou mais matrizes de covariância que incluem distâncias de cada da segunda pluralidade de locais para cada da primeira pluralidade de locais;

aplicar uma função de afunilamento para a uma ou mais matrizes de covariância para criar uma ou mais matrizes de covariância computacionalmente eficientes;

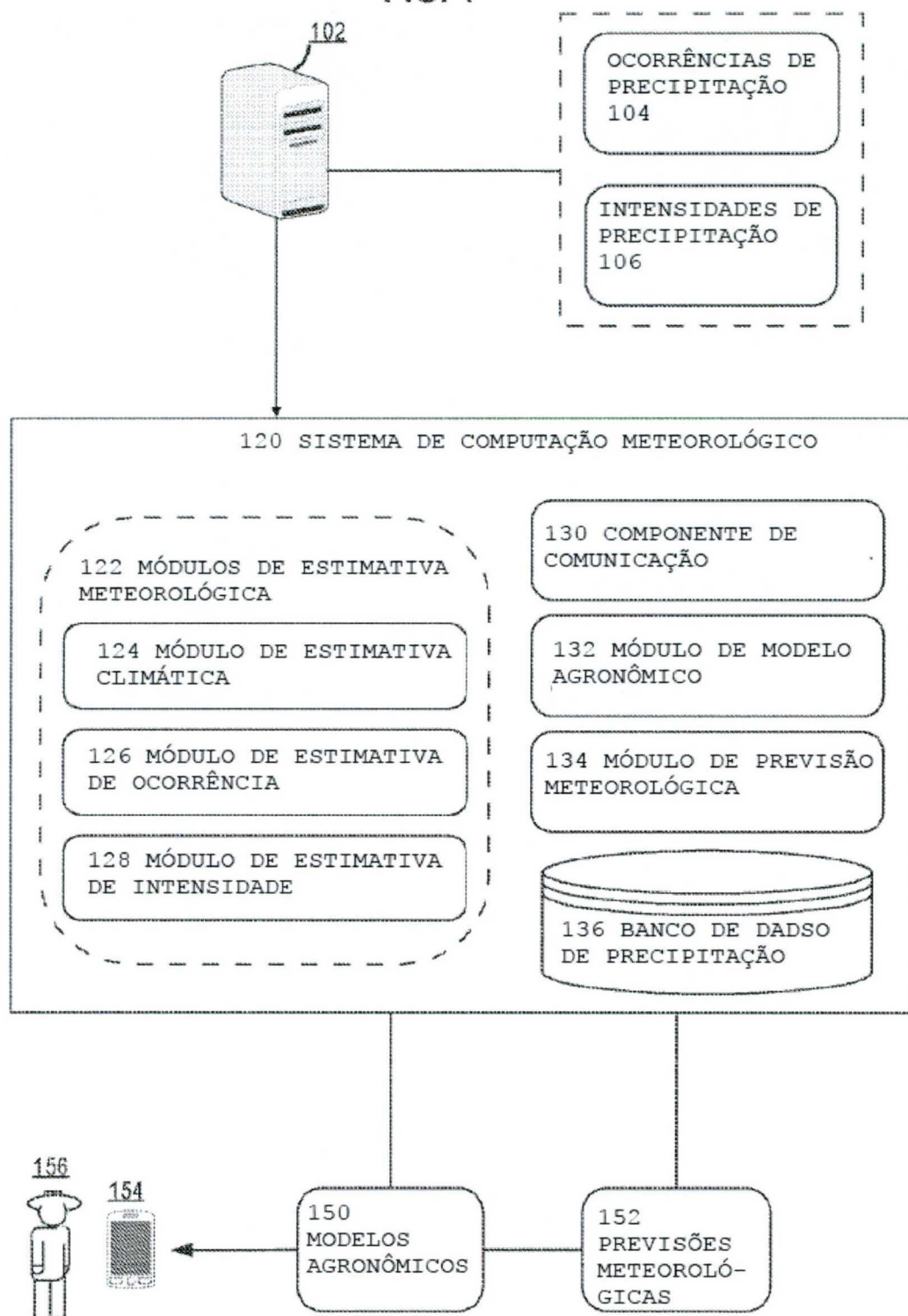
calcular a uma ou mais intensidades prováveis utilizando a uma ou mais matrizes de covariância computacionalmente eficientes.

9. Método, de acordo com a reivindicação 1, CARACTERIZADO pelo fato de que compreende ainda aumentar digitalmente o um ou mais campos de intensidade de precipitação utilizando o um ou mais campos de ocorrência de precipitação.

10. Método, de acordo com a reivindicação 1, CARACTERIZADO pelo fato de que compreende ainda:

utilizar lógica programada digitalmente, gerar e exibir uma ou mais previsões meteorológicas baseadas, pelo menos em parte, nas estimativas finais de ocorrência e intensidade de precipitação.

FIG. 1



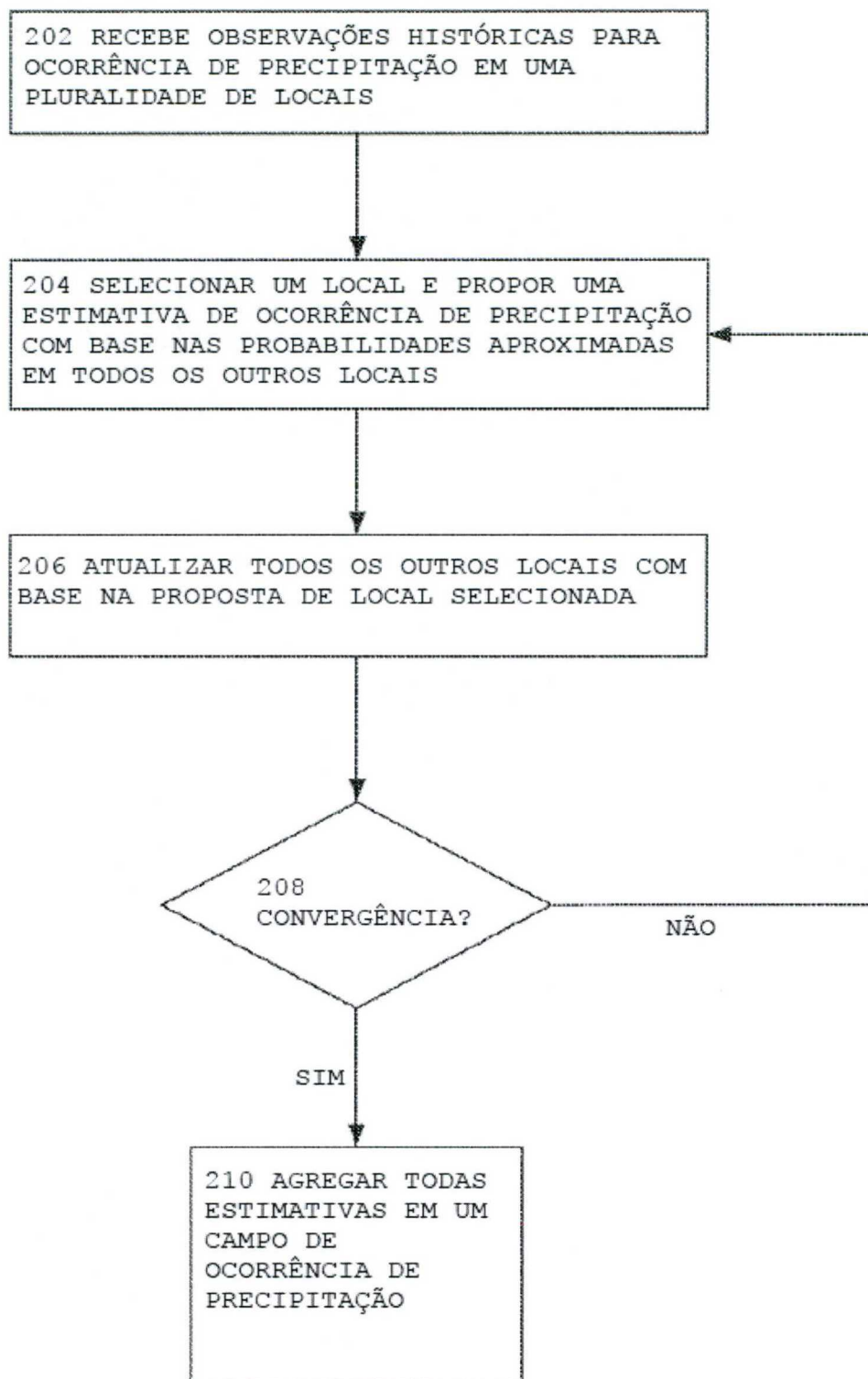


FIG. 2

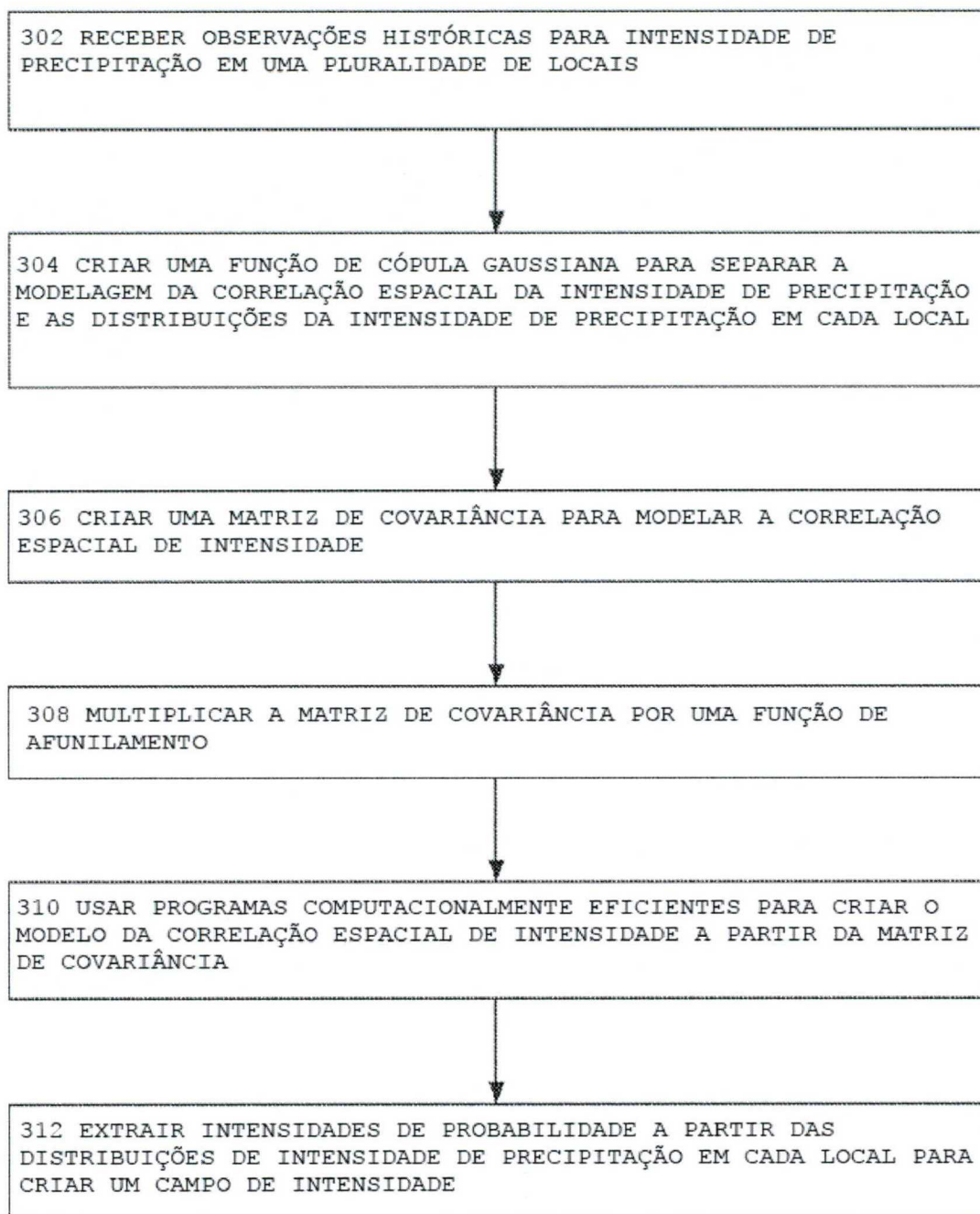


FIG. 3

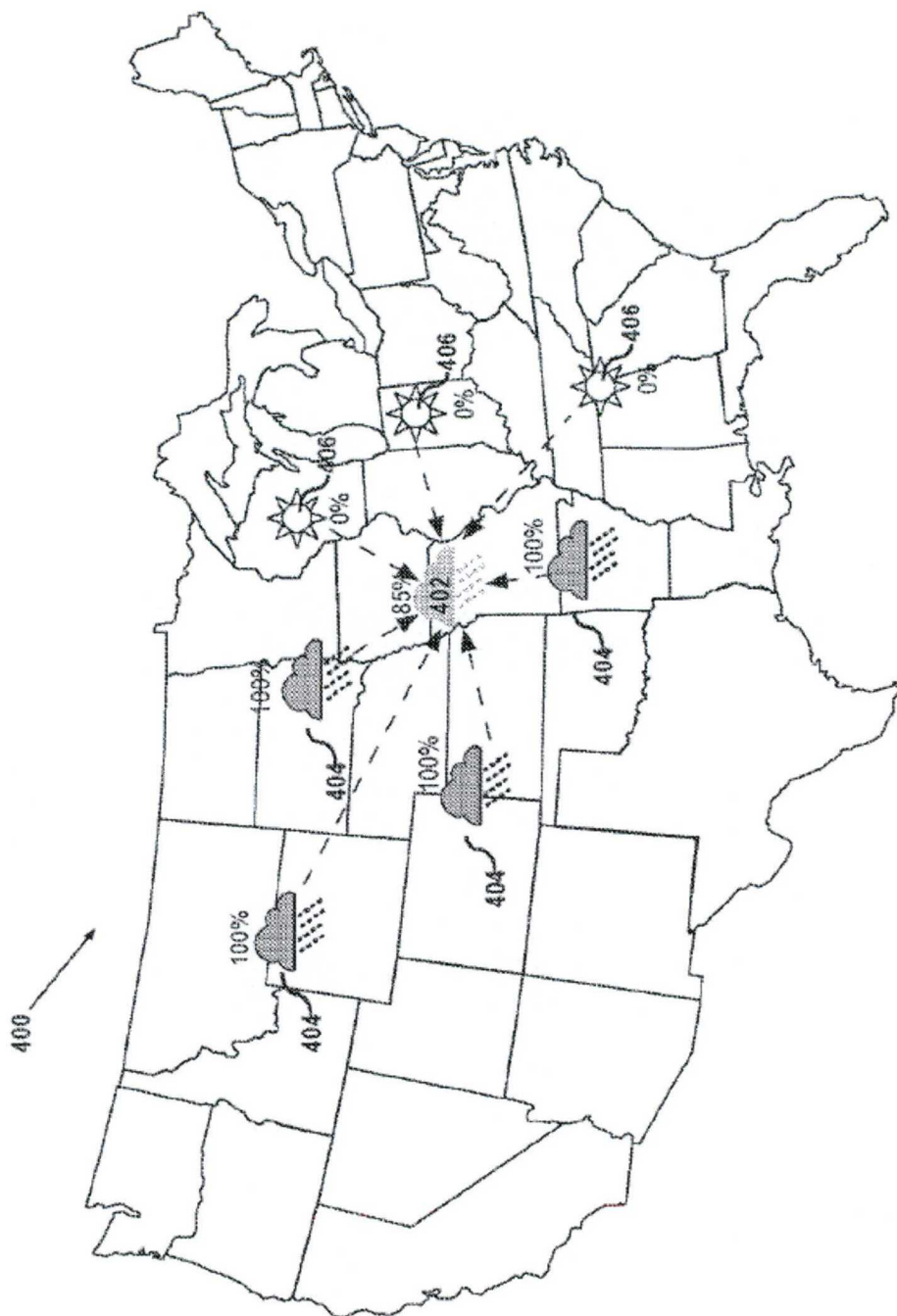


FIG. 4A

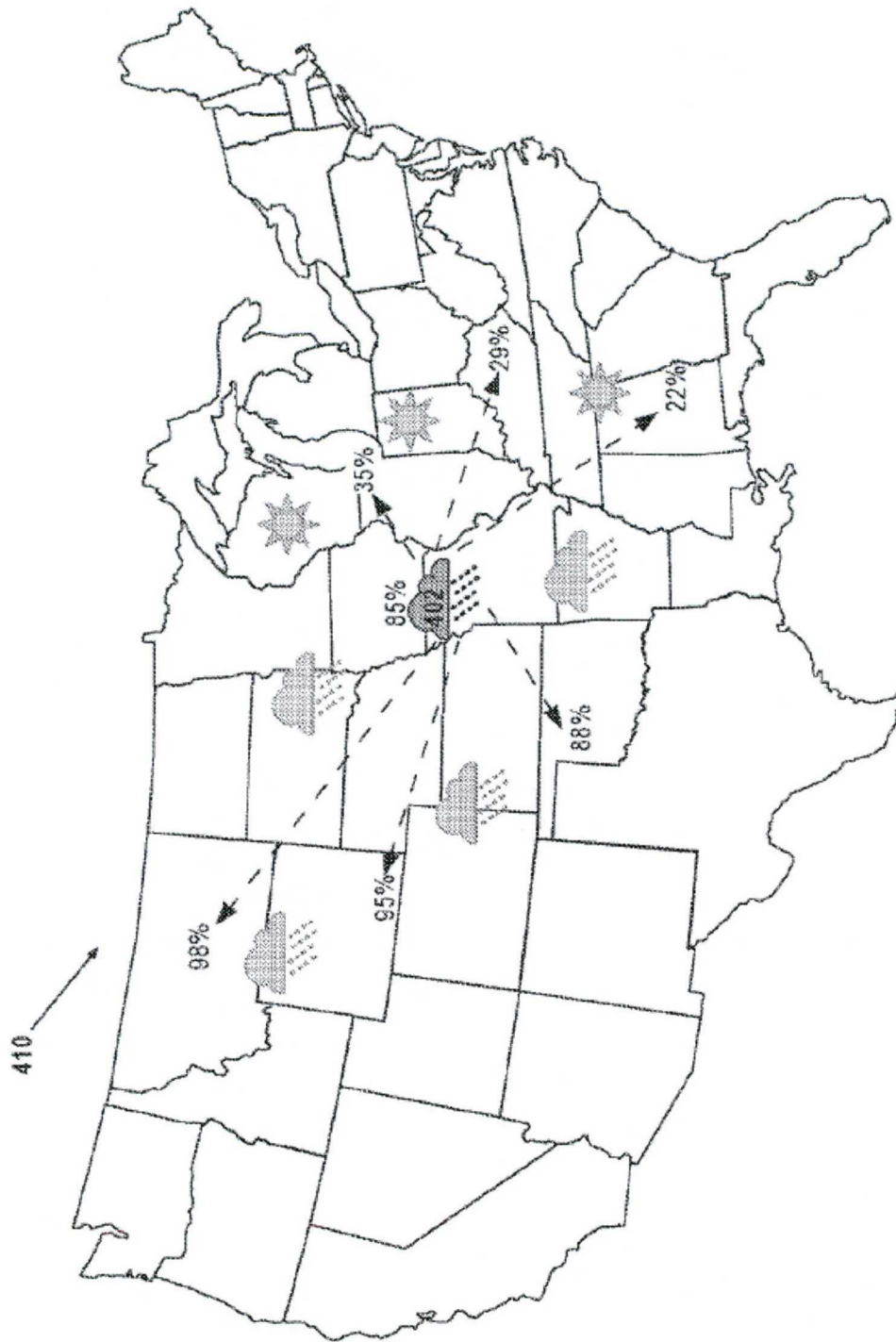


FIG. 4B

DIRAD/CL/DIGED/SEPC
 80
 Rub

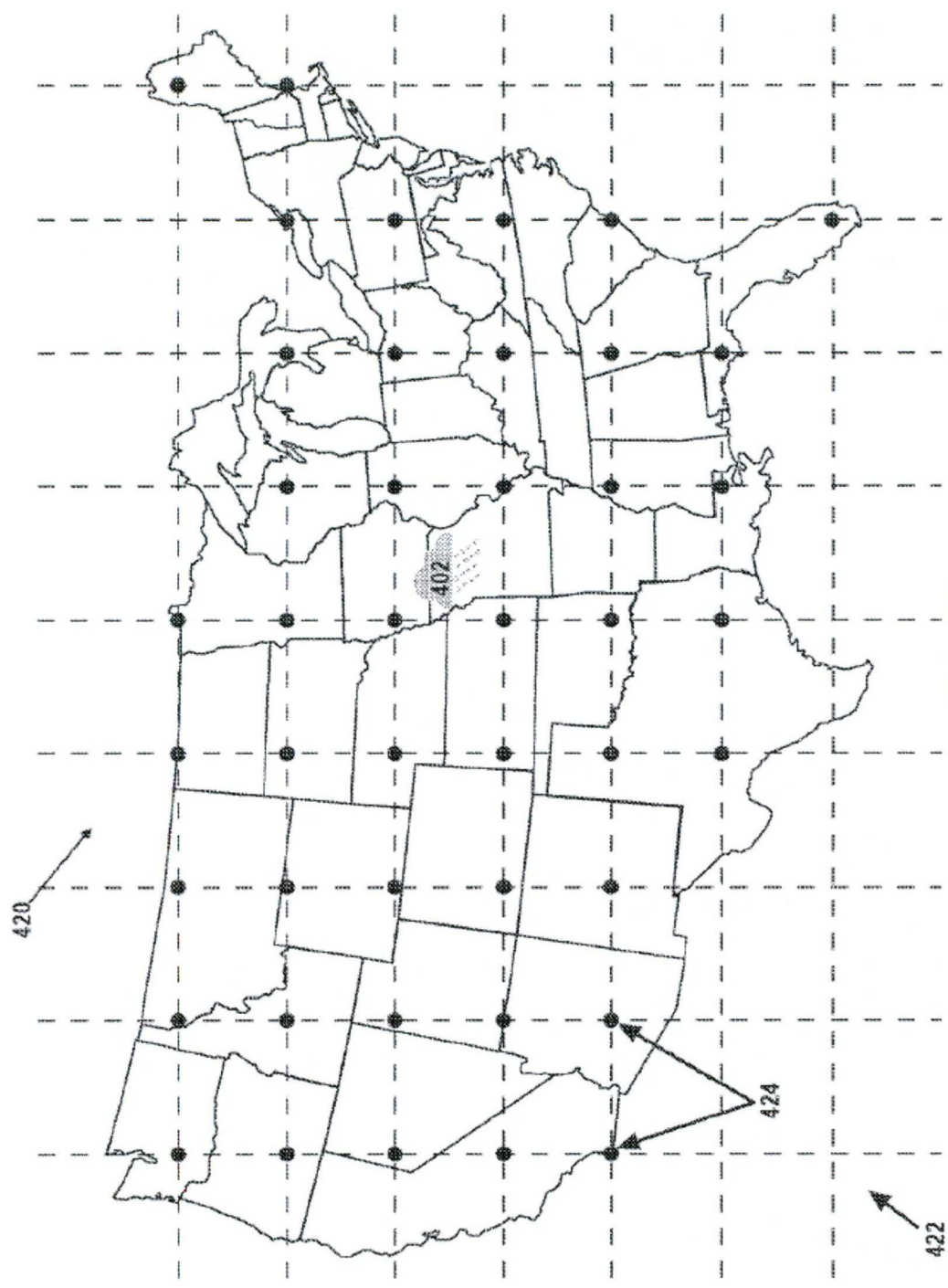


FIG. 4C

FIG. 5

