



(12) **PATENT**

(11) **344523**

(13) **B1**

NORGE

(19) **NO**

(51) **Int Cl.**

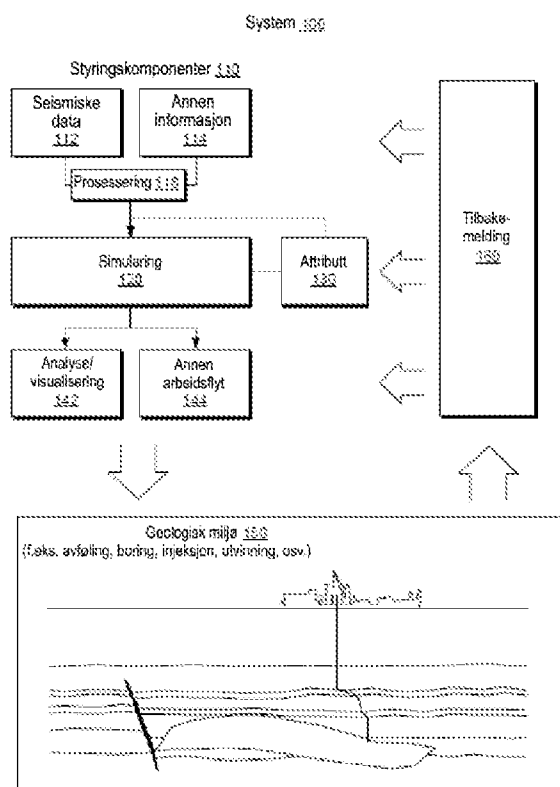
G01V 1/30 (2006.01)

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20120514	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	
(22)	Inng.dag	2012.05.04	(85)	Videreføringsdag	2011.05.06, US, 61/483,081
(24)	Løpedag	2012.05.04	(30)	Prioritet	2011.12.14, US, 13/325,708
(41)	Alm.tilgj	2012.11.07			
(45)	Meddelt	2020.01.20			
(73)	Innehaver	Logined BV, Gevers Deynootweg 61, 2586BJ S GRAVENHAGE, Nederland			
(72)	Oppfinner	Trond Hellem Bø, Fjellprydveien 27, 4070 RANDABERG, Norge			
(74)	Fullmektig	BRYN AARFLOT AS, Stortingsgata 8, 0161 OSLO, Norge			

(54)	Benevnelse	Fremgangsmåte, datamaskinlesbare media og system for prosessering av seismiske data for deteksjon av linjer og kanter
(56)	Anførte publikasjoner	US 4648120 A COOPER, G.R.J. ET AL.: Edge enhancement of potential-field data using normalized statistics. GEOPHYSICS, Vol. 73, 2008. Sider H1 - H4.
(57)	Sammendrag	

Utførelsesformer av foreliggende oppfinnelse innbefatter én eller flere av en fremgangsmåte, en databehandlingsanordning, et datamaskinlesbart medium og systemer for statistisk linje- og kantdeteksjon og/eller -fremheving. Et utførelsesseksempel av foreliggende oppfinnelse kan innbefatte en fremgangsmåte som omfatter å identifisere et antall dataverdier relatert til et første objekt definert av et første antall punkter i volumet, hvor det første objektet skjærer et annet objekt definert av et annet antall punkter i volumet; å beregne en statistisk signifikansstatistikk relatert til det andre objektet; å interpolere en P-verdi relatert til den statistiske signifikansstatistikken; og å bestemme en signifikant P-verdi tatt over det andre objektet, hvor den signifikante P-verdien omfatter en minste P-verdi som tilveiebringer en maksimalt negativ verdi av $\log(P(\text{statistisk signifikansstatistikk}))$.



BAKGRUNN

5 **[0001]** En Radon- og Houg-transformasjon søker gjennom et bilde etter bevis på kanter/rygger ved å ta integralet over en linje som passerer gjennom bildet (f.eks. for 2D). Ved å teste mange forskjellige linjer gjennom bildet, finner fremgangsmåtene hvilken, om noen, imaginær linje som har den sterkeste støtten ved å sammenligne integraler. En fremgangsmåte for kantdeteksjon som benytter en Radon-transformasjon kan finne integralet, f.eks. summen av verdier langs "alle mulige linjer", og rapporterer den maksimale summen av verdier.

10 **[0002]** US 4648120 beskriver en maskinprosess for identifisering og utvinning av størrelsen og retningen av kanter og linjer i støyende flerdimensjonale bildedata. En digital bildefunksjon blir sett på som en sampling av den underliggende refleksjonsfunksjonen til objektene i scenen eller mønsteret med støy lagt til de sanne funksjonsverdiene. Kantene eller linjene relaterer seg til de stedene i bildet der det er hopp i verdiene til refleksjonsfunksjonen eller dets derivater. Ved å
15 uttrykke funksjonen i noen parametrisk form i det lokale nabolaget av pikselet under vurdering, kan kantene eller linjene og typer kanter eller linjer utledes av verdiene av parameterne. Cooper, G.R.J. et al. i artikkelen "Edge enhancement of potential-field data using normalized statistics" i tidsskriftet Geophysics volum 73 i 2008 på sider H1 - H4 beskriver kantforbedring i potensielle felldata som hjelp for
20 geologisk tolkning. Det er mange metoder for å forbedre kantene, hvorav de fleste er høypassfiltre basert på horisontale eller vertikale derivater av feltet. Normalisert standardavvik (NSTD), et nytt kantdeteksjonsfilter, er basert på forhold av vindustandardavvik til derivater av feltet.

25 OPPSUMMERING

[0003] Utførelsesformer av foreliggende oppfinnelse innbefatter én eller flere av en fremgangsmåte, en databehandlingsanordning, datamaskinlesbare media og et system for deteksjon og fremhevelse av linjer og kanter. Et eksempel på en utførelsesform av foreliggende oppfinnelse kan omfatte en fremgangsmåte som
30 innbefatter å identifisere et antall dataverdier relatert til et første objekt definert av et første antall punkter innenfor volumet, hvor det første objektet skjærer et annet objekt definert av et annet antall punkter innenfor volumet; å beregne en statistisk signifikans-statistikk relatert til det andre objektet; å interpolere en P-verdi relatert

til den statistiske signifikans-statistikken; og å bestemme en signifikant P-verdi tatt over det andre objektet, hvor den signifikante P-verdien omfatter en minste P-verdi som tilveiebringer en maksimal negativ $\log(P(\text{statistisk signifikans-statistikk}))$.

5 KORT BESKRIVELSE AV TEGNINGENE

[0004] Implementeringer av forskjellige teknologier vil heretter bli beskrevet under henvisning til de vedføyde tegningene. Det skal imidlertid bemerkes at de vedføyde tegningene illustrerer de forskjellige implementeringene som er beskrevet her, og er ikke ment å begrense omfanget av forskjellige teknologier som blir beskrevet her.

[0005] Fig. 1 viser et prosessflytskjema i henhold til en utførelsesform av foreliggende oppfinnelse.

[0006] Fig. 2 viser et flytskjema som representerer en fremgangsmåte i henhold til en utførelsesform av foreliggende oppfinnelse.

[0007] Fig. 3 viser eksempler på resultater oppnådd ved anvendelse av et eksempel på en algoritme med forskjellige parameterinnstillinger (f.eks. linjesegmentlengde).

[0008] Fig. 4a viser et eksempel på et forkastningsbilde før utførelse av en fremgangsmåte i henhold til en utførelsesform av foreliggende oppfinnelse.

[0009] Fig. 4b viser et eksempel på et forkastningsbilde etter utførelse av en fremgangsmåte i henhold til en utførelsesform av foreliggende oppfinnelse.

[0010] Fig. 5 viser en forenklet illustrasjon av et plan i henhold til en utførelsesform av foreliggende oppfinnelse.

[0011] Fig. 6 viser en forenklet illustrasjon av et plan med sampeleverdier i henhold til en utførelsesform av foreliggende oppfinnelse.

[0012] Fig. 7 viser en forenklet illustrasjon av et plan med eksempler på resultatverdier i henhold til en utførelsesform av foreliggende oppfinnelse.

[0013] Figurene 8 og 9 viser plottinger som illustrerer effektivitet relatert til estimering av en verdi $-\log(P(z))$ kan utføres i henhold til en utførelsesform av foreliggende oppfinnelse.

[0014] Fig. 10 illustrerer et datasystem for implementeringer av forskjellige teknologier og teknikker som er beskrevet her.

DETALJERT BESKRIVELSE

[0015] Fig. 1 viser et eksempel på et system 100 som innbefatter forskjellige styringskomponenter 110 for å styre forskjellige aspekter ved et geologisk miljø 150. Styringskomponentene 110 kan f.eks. muliggjøre direkte eller indirekte styring av avføling, boring, injeksjon, utvinning, osv. i forbindelse med det geologiske miljøet 150. Ytterligere informasjon om det geologiske miljøet 150 kan videre bli tilgjengelig som tilbakemelding 160 (f.eks. eventuelt som innmating til én eller flere av styringskomponentene 110).

[0016] I eksempelet på fig. 1, innbefatter styringskomponentene 110 en data-komponent 112, en informasjonskomponent 114, en behandlingskomponent 116, en simuleringskomponent 120, en attributtkomponent 130, en analyse- / visualiserings-komponent 142 og en arbeidsflytkomponent 144. Under drift, kan seismiske data og annen informasjon levert til komponentene 112 og 114 mates til simuleringskomponenten 120, eventuelt etter behandling via beregningskomponenten 116, som kan være konfigurert for å implementere en Radon-transformasjon for behandling av seismiske data.

[0017] Simuleringskomponenten 120 kan behandle informasjon for tilpasning til ett eller flere attributter, for eksempel som spesifisert av attributtkomponenten 130, som kan være et bibliotek over attributter. En slik behandling kan skje forut for innmating til simuleringskomponenten 120 (f.eks. over behandlingskomponenten 116). Alternativt eller i stedet for, kan simuleringskomponenten 120 utføre operasjoner på innmatet informasjon basert på det ene eller de flere attributtene som er spesifisert av attributtkomponenten 130. Som beskrevet her, kan simuleringskomponenten 120 konstruere én eller flere modeller av det geologiske miljøet 150 som kan benyttes for å simulere oppførselen til det geologiske miljøet 150 (f.eks. som reaksjon på én eller flere handlinger uansett om de er naturlige eller kunstige). I eksempelet på fig. 1, kan analyse/visualiserings-komponenten 142 muliggjøre vekselvirkning med en modell eller modellbaserte resultater. Utmating fra simuleringskomponenten 120 kan være matet inn til én eller flere andre arbeidsflyter, som indikert ved hjelp av en arbeidsflytkomponent 144.

[0018] Som beskrevet her, kan styringskomponentene 110 innbefatte trekk ved et kommersielt tilgjengelig simuleringsrammeverk slik som PETREL®-seismikk/ simulerings-programrammeverket (Schlumberger Limited, Houston, Texas).

PETREL®-rammeverket tilveiebringer komponenter som muliggjør optimalisering av undersøkelses- og utviklingsoperasjoner. PETREL®-rammeverket innbefatter seismikk/simulerings-programkomponenter som kan mate ut informasjon for bruk ved økning av reservoarytelse, f.eks. ved å forbedre aktiv gruppeproduktivitet. Ved bruk av et slikt rammeverk, kan forskjellige profesjonelle (f.eks. geofysikere, geologer og reservoaringeniører) utvikle samvirkende arbeidsflyter og integrere operasjoner for å strømlinjeforme prosesser.

[0019] Som beskrevet her, kan styringskomponentene 110 innbefatte trekk for geologi og geologisk modellering for å generere geologiske modeller med høy oppløsning av reservoarstruktur og stratigrafi (f.eks. klassifisering og estimering, facies-modellering, brønnkorrelasjon, overflateavbildning, struktur- og forkastningsanalyse, brønnbaneutforming, dataanalyse, sprekkmodellering, arbeidsflyt-redigering, usikkerhets- og optimaliseringsmodellering, Petrofysisk modellering, osv.). Spesielle trekk kan muliggjøre utførelse av to-dimensjonal (2D og tre-dimensjonal (3D) seismisk tolkning, eventuelt for integrasjon med geologiske og tekniske verktøy (f.eks. klassifikasjon og estimering, brønnbaneutforming, seismisk tolkning, seismisk attributtanalyse, seismisk prøvetakning, seismisk volumgjengivelse, geolegeme-ekstraksjon, domeneomforming, osv.). Når det gjelder reservoarkonstruksjon for en generert modell kan ett eller flere trekk sørge for simuleringsarbeidsflyt for å utføre strømlinjeformet simulering, redusere usikkerhet og bidra til fremtidig brønnplanlegging (f.eks. usikkerhetsanalyse og optimaliseringsarbeidsflyt, brønnbaneutforming, avansert gitterlegging og oppskalering, historisk tilpasningsanalyse, osv.). Styringskomponentene 110 kan innbefatte trekk for boringsarbeidsflyter som innbefatter brønnbaneutforming, borevisualisering og sanntids modelloppdatering (f.eks. via sanntids dataforbindelser).

[0020] Som beskrevet her, kan forskjellige aspekter ved styringskomponentene 110 innbefatte påbyggings- eller innpluggingsenheter som opererer i henhold til spesifikasjoner for et rammeverkmiljø. Et kommersielt tilgjengelig rammeverkmiljø, markedsført som OCEAN®-rammeverkmiljøet (Schlumberger Limited) muliggjør f.eks. sømløs integrasjon av påbyggingsenheter (eller innpluggingsenheter) i et PETREL®-rammeverk. OCEAN®-rammeverket understøtter .NET®-verktøyene (Microsoft Corporation, Redmond, Washington) og tilbyr stabile, brukervennlige

grensesnittanordninger for effektiv utvikling. Som beskrevet her, kan forskjellige komponenter implementeres som påbygningsenheter (eller innpluggingsenheter) som passer til og opererer i henhold til spesifikasjoner for et rammeverkmiljø (f.eks. i henhold til spesifikasjoner for brukerprogrammerings-grensesnitt (API), osv.). Forskjellige teknologier som er beskrevet her, kan fortrinnsvis implementeres som komponenter i et attributtbibliotek.

[0021] På det seismiske analysefeltet, kan aspekter ved et geologisk miljø defineres som attributter. Seismiske attributter bidrar generelt til å tilpasse konvensjonelle seismiske amplitudedata for forbedrede strukturelle tolkningsoppgaver slik som bestemmelse av den nøyaktige posisjonen for litologiske termineringer og bidra til å isolere skjulte, seismiske stratigrafiske trekk ved et geologisk miljø. Attributtanalyse kan være nyttig når det gjelder å definere en felle ved undersøkelser eller å avgrense og karakterisere et reservoar ved vurderings- og utviklingsfasen. En attributt-genereringsprosess (f.eks. i PETREL®-rammeverket eller andre rammeverk) kan bero på et bibliotek over forskjellige seismiske attributter (f.eks. for visning og bruk med arbeidsflyter for bruk med seismisk tolkning og reservoarkarakterisering). Noen ganger kan det være et behov for eller et ønske om å generere attributter på sparket for hurtig analyse. Til andre tider kan attributtgenerering inntreffe som en bakgrunnsprosess (f.eks. en tråd med lavere prioritet i et flertrådet databehandlingsmiljø), som kan muliggjøre én eller flere forgrunnsprosesser (f.eks. for å gjøre det mulig for en bruker å bruke forskjellige komponenter kontinuerlig).

[0022] Attributter kan bidra til å ekstrahere verdifull informasjon fra seismiske og andre data, f.eks. ved å tilveiebringe detaljer relatert til litologiske variasjoner i et geologisk miljø (f.eks. et miljø som innbefatter ett eller flere reservoarer).

[0023] I olje- og gassindustrien, kan eksisterende løsninger for deteksjon av forkastninger, sprekker og estimering av mulige spenninger i lag nær overflaten innbefatte analyse av attributter basert på lokal fallvinkel for overflaten, attributter basert på lokal asimutvinkel for overflaten og attributter basert på krumming av en enkelt flate.

[0024] Detektering og ekstrahering av kanter i seismiske volumer som svarer til forkastninger, kan være et vanskelig problem å håndtere på en automatisk måte. En arbeidsflyt kan innbefatte å ta et seismisk volum, anvende en kantdeteksjon

eller et indikatorattributt for seismikken, og kjøre en kantfremheving eller ekstraheringsmetode på kantvolumet. PETREL®-seismikk/simulerings-programvare (Schlumberger Limited, Houston, Texas) (referert til her som "PETREL®"-programmet), kan innbefatte seismiske attributter slik som "kaos" og "varians" som kan brukes til å detektere kanter. Visse versjoner av PETREL®-programmet kan også understøtte "ant-tracking" som en fremhevingsmetode, som beskrevet i US-patent nr. 7,203,342. Visse versjoner av PETREL®-programmet kan videre understøtte vindusstyrt Radon-transformasjon som beskrevet i en US-patentsøknad nr. 12/940,469.

[0025] Et utførelseseksempel av foreliggende oppfinnelse kan benytte en statistisk test til å detektere én eller flere kanter som er tilstede i en visualisering av seismiske data. En utførelsesform kan f.eks. innbefatte en punktsentrert løsning som innbærer bruk av en statistisk test i stedet for et integral (f.eks. testing statistisk etter bevis for en linje som passerer gjennom et antall punkter i et 2D-bilde). Slike statistiske tester kan innebære bestemmelse av en statistisk signifikansstatistikk ("SSS"), slik som en z-statistikk, f.eks. En statistisk løsning skiller seg fra en fremgangsmåte som bruker Radon- og Hough-transformasjon, fordi slike Radon- og Hough-transformasjoner er integralbaserte og betrakter linjer som går gjennom et bilde eller et delbilde.

[0026] Et eksempel på en fremgangsmåte kan også anvendes for å søke etter plan i 3D – imidlertid kan 3D-anvendelser medføre høyere beregningskostnader enn 2D-anvendelser. For å begrense de tilhørende beregningskostnadene, kan det defineres et vindu omkring et punkt av interesse, og en statistisk test kan brukes med hensyn til data inne i vinduet for å bestemme om det er noe som tyder på et linjesegment som passerer gjennom punktet av interesse.

[0027] Ifølge et utførelseseksempel kan en statistisk test brukes til å minimalisere effekten av sterkt avvikende verdier på resultatene. En ikke-parametrisk statistisk test slik som en "Wilcoxon-Mann-Whitney-rangeringssumtest" eller en "fortegnstest", kan f.eks. brukes.

[0028] I et annet utførelseseksempel, kan statistiske tjenester som ikke bruker rangeringer eller fortegn, benyttes. Ifølge et implementeringseksempel kan en hvilken som helst ikke-parametrisk statistisk test brukes til å sammenligne en relativ rekkefølge av verdier. I noen tilfeller, behøver en ikke-parametrisk test ikke

å foreta visse antagelser om fordelingen av verdier, og kan derfor være mer robuste i noen tilfeller enn en parametrisk test mot ekstremverdier.

[0029] Ifølge et annet utførelseseksempel, kan den statistiske testen innbefatte en parametrisk test slik som, uten noen begrensning, en "t-test". I en slik utførelsesform, kan imidlertid beregningen av $-\log(P(SSS))$ (dvs. at den negative $\log(P(SSS)))$ kan bli vanskeligere og dyrere siden antallet frihetsgrader kan avhenge av innstillingene av radius, osv. I noen utførelsesformer, hvor en parametrisk test blir brukt, kan normalfordelte data antas.

[0030] Fig. 2 viser et utførelseseksempel på en fremgangsmåte 200 for prosessering av et seismisk volum. Fremgangsmåten 200 kan innbefatte minst én eller flere av følgende:

- For et antall sampler i et seismisk volum (f.eks. en del av samplene eller alle samplene):
 - o Blokk 205: Identifiser et første objekt definert av et første antall punkter i volumet (f.eks. et plan, et volum eller en sektor med dataverdier omkring samplene)
 - o Bokk 210: For et annet objekt som skjærer det første objektet, hvor det andre objektet er definert av et andre antall punkter (f.eks. en linje eller et plan gjennom det første objektet), gjør følgende:
 - Blokk 210a: Beregn en SSS, hvor en SSS kan innbefatte en z-statistikk beregnet fra bruk av en statistisk test (f.eks. en parametrisk statistisk test (f.eks. en t-test) eller en ikke-parametrisk statistisk test (f.eks. en U-test eller en fortegnstest):
 - 210b: Interpoler en P-verdi relatert til SSS (f.eks. hvori P-verdien blir bestemt ved å bruke følgende: $-\log(P(SSS))$) (se det etterfølgende avsnittet med tittel "Beregning av P-verdier på en effektiv måte"):
 - 210c: Gjenta blokkene 210a-b for i det minste en del av alle linjene og/eller planene som skjærer det første objektet.
- 220: Mat ut en signifikant P-verdi tatt over den andre formen (f.eks. kan den andre signifikante P-verdien være en minste P-verdi som tilveiebringer en maksimal $-\log(P(SSS))$).

- [0031]** Resultatet av den foregående fremgangsmåten kan brukes til å fremskaffe et direkte signifikansmål som utgang, hvor $P(SSS)$ kan være den en-halede P -verdien av SSS . I et utførelseseksempel kan SSS representere en rangeringssum, en standard normaltilnærming, og P -verdien kan tilnærmes for ekstremverdier av SSS -verdien ved hjelp av lineær interpolasjon. For eksempel kan
- 5 $\sqrt{-\log(P(SSS))}$ være lineær for SSS -verdier under 0 (én-hale P -verdi, her er $\sqrt{}$ kvadratrotfunksjonen). Hvis inngangsdataene blir justert slik at det vi ser etter, kan gi en liten SSS -verdi, f.eks. i den negative halen til normalfordelingen, så kan vi bruke en forutbestemt tabell og lineær interpolering til hurtig å bestemme
- 10 $\sqrt{-\log(P(SSS))}$. Utgangsverdiene kan så kvadreres for å oppnå resultater.
- [0032]** En volumversjon av det foregående eksempel på en fremgangsmåte kan være å beregne ressurs/intensiv-verdien. Det kan imidlertid være mulig å tilnærme volumfremgangsmåten ved å bruke et forutbestemt antall vertikale plan som går gjennom et punkt (f.eks. fra ett til fire), og ta de maksimale $-\log(P(SSS))$ -verdiene
- 15 fra linjer i disse planene. For N plan kan fremgangsmåten ta N linjer mer enn ett plan. Itererte av søkinger som veksler mellom de vertikale og horisontale planene, kan tilnærme seg volummetoden.
- [0033]** Som beskrevet her, innbefatter et utførelseseksempel en fremgangsmåte for å utføre i det minste en del av en arbeidsflyt for kant-deteksjon/ekstraksjon. En
- 20 slik utførelsesform kan tjene som en komplementær fremgangsmåte eller en alternativ fremgangsmåte med hensyn til eksisterende kantdeteksjonsmetoder, innbefattende, uten noen begrensning, "ant-tracking"-teknologi.

Eksempler på anvendelser – kant-deteksjon/fremheving

- 25 **[0033]** Siden de eksemplene på fremgangsmåter som beskrives her, kan brukes til å fremheve kanter, kan disse fremgangsmåtene benyttes direkte som en fremgangsmåte for kant-deteksjon/fremheving med hensyn til seismiske data. I et utførelseseksempel, kan fremgangsmåtene som er beskrevet her anvendes flere ganger horisontalt og vertikalt i rekkefølge for å fremskaffe en pseudo-
- 30 tredimensjonal fremgangsmåte.

Anvendelseseksempler – kantvolum-blanding

[0034] Siden utgangen representerer tegn på nærvær av en kant i et volum, kan utgangen videre brukes til å bestemme vektene for blanding av volumer. Hvis f.eks. volum A indikerer en kant ved en gitt posisjon (dvs. i, j, k) i den innmatede seismikken (for eksempel P-verdi 0,01), men volum B ikke har sterke indikasjoner på en kant i den samme posisjonen (P-verdi 0,25), så kan volumene A og B blandes ved en posisjon (i, j, k) ved å ta den inverse verdi av P-verdiene 0,01 og 0,25. Vektene for $A(i, j, k)$ og $B(i, j, k)$ blir så: $1 / 0,01 = 100$ og $1 / 0,25 = 4$. Normalisering av vektene slik at de blir oppsummert til 1, gir:

$$C(i,j,k) = 0,9615A(i,j,k) + 0,0385B(i,j,k)$$

Eksempel på kantfremhevelse

[0035] Et utførelseseksempel av fremgangsmåtene som er beskrevet her, kan implementeres som et volumattributt, som vist på fig. 3. Et utførelseseksempel kan f.eks. implementeres i en seismikk/simulerings-arbeidsflyt, slik som PETREL®-programmet. Utgangen fra en fremgangsmåte i henhold til foreliggende oppfinnelse kan innbefatte forskjellige parameterinnstillinger (linjesegmentlengde). Fig. 3 viser et antall bilder 300a-f som illustrerer en mulig progresjon i linje-deteksjonsforbedringer som kan oppnås når et eksempel på en fremgangsmåte blir anvendt på et horisontalt plan (tid/snitt).

[0036] En fremgangsmåte i henhold til foreliggende oppfinnelse kan identifisere forskjellige elementer i et bilde som ser ut som en linje, uansett om slike elementer opptrer som svake eller sterke i et ubehandlet bilde. Ved å kjøre et antall iterasjoner, kan det være mulig å få sterkere og/eller lengre linjer til å bli fremhevet ytterligere. Det kan også være mulig å filtrere på visse signifikansverdier for derved å etterlate linjer med spesielt sterke indikasjoner i dataene. Med inkremental avsøking etter linjer som veksler mellom vertikale og horisontale avsøkinger, kan det være mulig å ekstrahere forkastninger, innbefattende, uten noen begrensning, store forkastninger. I et eksempel på en fremgangsmåte, når man ser etter forkastninger, kan en bruker ønske å glatte en innmating slik at de største forkastningene fremstår tydeligere sammenlignet med mindre trekk.

[0037] Figurene 4a-4b viser eksempler på forkastninger indikert ved gjentatte kjøringar på et glattet volum. Fig. 4a viser et forkastningsbilde 410 forut for kjøring av en fremgangsmåte i henhold til en utførelsesform av foreliggende oppfinnelse, og fig. 4b viser et forkastningsbilde 420 etter utførelse av en fremgangsmåte i henhold til en utførelsesform av foreliggende oppfinnelse. Som vist på figurene 4a-4b, kan varians brukes som et kantindikator-attributt.

Beregning av en z-statistikk fra rangering

[0038] I et utførelseseksempel, kan SSS-verdien være en z-statistikk. Gitt et søk etter linjer gjennom et plan (2D-versjon) med forkastninger r , kan z-statistikken beregnes ved å sortere verdiene i planet (f.eks. alle verdiene i planet), og de sorterte verdiene kan brukes til å beregne rangeringer. Verdiene av en linje som passerer gjennom planet, kan så sammenlignes med andre verdier i planet (f.eks. ved minst en del av alle verdiene i planet). Fra rangeringene kan rangeringssumstatistikk beregnes, som igjen kan brukes til å beregne z-tilnærmelsen.

[0039] En sektor av planet omkring hver linje kan brukes til beregning av rangeringene. Dette kan være gunstig i tilfellet med kryssende linjer siden sammenligning mot verdier fra hele planet kan innbefatte verdiene fra en annen linje, noe som kan forskyve bakgrunnsfordelingen.

[0040] Fig. 5 viser en forenklet illustrasjon av et plan 500 med en linje som passerer gjennom senteret (linjen passer gjennom punktene merket med en (x)). De skraverte boksene representerer sampler som kan være droppet for å definere en sektor omkring linjen. I en annen utførelsesform kan sektorene også innbefatte en parameter som et antall grader tatt fra senteret i planet.

Beregning av en z-statistikk fra fortegn

[0041] En annen måte å beregne en z-statistikk på, kan innbefatte å sammenligne nabopunkter og bruke fortegnene til sammenligningene til å bestemme signifikansen. For en linje som passerer gjennom et plan, kan vi sammenligne hvert punkt på linjen med nabopunkter (f.eks. perpendikulære til linjen) og samle fortegnene til sammenligningene. Fra fortegnene kan vi beregne fortegnsteststatistikken, og den tilsvarende z-statistikken. En parameter i fremgangsmåten kan være hvor mange nabopunkter det er å sammenligne med. Denne måten å måle

evidensen for en linje på, kan være maken til den sektorbaserte løsningen som er beskrevet tidligere, men benytter færre sammenligninger. Dette eksempelet på en fremgangsmåte kan potensielt detektere kanter som faller ut fra sterke til svake, bedre enn fremgangsmåten med rangeringer, siden sammenligningene er lokale i planet.

[0042] Her er et eksempel som innebærer sammenligning av naboceller: hver diagonal sampel kan sammenlignes med naboer i planet, og resultatene kan registreres som antall ganger da den diagonale cellen er større enn nabocellene. Denne statistikken kan ventes å følge en binominal fordeling med sannsynlighet 0,5. Fig. 6a viser en forenklet illustrasjon av et plan 600 med sampelverdier i henhold til et utførelseseksempel. Fig. 7 viser en forenklet illustrasjon av et plan 700 med resulterende verdier i henhold til et utførelseseksempel. I det eksempelet som er vist på figurene 6 og 7, er summen av de diagonale verdiene større enn naboverdiene i 19 av 22 sammenligninger. Bruk av den normale tilnærmelsen til normalfordelingen, er den forventede verdien 11, og det estimerte standardavviket er 2,345. Vi oppnår følgelig en statistisk z-verdi lik 3,411 (P-verdi $3,24e-4$).

Beregning av P-verdier

[0043] Beregning av P-verdier kan være en kostbar operasjon i noen situasjoner, og kan innbefatte å et integral over en sannsynlighetsfordelingsfunksjon for teststatistikken. En egenskap ved den vanlige normalfordelingen kan benyttes til å estimere P-verdien for z-statistikken. I et eksempel på en fremgangsmåte, kan for lave verdier av z, si mindre enn -1, uttrykket $\sqrt{-\log(P(z))}$ være nesten lineær. Tilpasning av inngangsverdiene for å gi lave verdier av z for de type kanter som er av interesse, gjør at verdien $-\log(P(z))$ kan beregnes basert på en oppslagstabell og lineær interpolering med stor nøyaktighet.

[0044] Figurene 8 og 9 viser plottinger som illustrerer det punktet over omtrent der hvor estimeringen av verdien $-\log(P(z))$ kan gjøres effektivt. Som man kan se fra figurene 8 og 9, opptrer den maksimale estimeringsfeilen omkring $z=0$, noe som ikke kan være de verdiene som er av interesse med hensyn til en utførelsesform av foreliggende oppfinnelse. I en utførelsesform, kan ekstreme verdier av z være interessante ($z < -2$, minst). Den plottingen som er vist på fig. 9, representerer

maksimal estimeringsfeil med tabellinkrement 1 for en lineær interpolasjon. Bruk av mindre tabellinkremerter kan avdekke høyere nøyaktighet på estimatene.

Datasystem for anvendelse på et oljefelt

5 **[0045]** Fig. 10 illustrerer et datasystem 1000 for implementeringer av forskjellige teknologier og teknikker som er beskrevet her, kan implementeres. I en implementering, kan databehandlingssystemet 1000 være en konvensjonell bord-datamaskin, men det skal bemerkes at andre datasystem-konfigurasjoner kan brukes.

10 **[0046]** Databehandlingssystemet 1000 kan innbefatte en sentralenhet (CPU) 1021, et systemlager 1022 og en systembuss 1023 som kopler sammen forskjellige systemkomponenter, innbefattende systemlageret 1022, med CPU 1021. Selv om en CPU er illustrert på fig. 10, vil man forstå at i noen implementeringer kan databehandlingssystemet 1000 innbefatte mer enn én CPU. Systembussen 1023 kan
15 være én av flere typer buss-strukturer, innbefattende en lagerbuss eller en lagerstyringsenhet, en periferibuss og en lokalbuss ved å bruke én av en lang rekke bussarkitekturer. Som et eksempel, og ikke som noen begrensning, kan slike arkitekturer innbefatte industristandard-arkitekturbuss (ISA-buss), mikrokanalarkitektur-buss (MCA-buss) en forsterket ISA-buss (EISA-buss), Video
20 Electronic Standards Association (VESA-lokalbuss) og en periferikomponent-sammenkoplingsbuss (PCI-buss) som også er kjent som Mezzanine-buss. Systemlageret 1022 kan innbefatte et leselager (ROM) 1024 og et direktelager (RAM) 1025. Et grunnleggende inn/ut-system (BIOS) 1026, som inneholder de grunnleggende rutinene som bidrar til å overføre informasjon mellom elementene i
25 databehandlingssystemet 1000, slik som under oppstart, kan være lagret i ROM 1024.

30 **[0047]** Databehandlingssystemet 1000 kan videre innbefatte en harddisk-stasjon 1027 for lesing fra og skrivning til en harddisk, en magnetplatestasjon 1028 for lesing fra og skrivning til en fjernbar magnetisk plate 1029, og en optisk platestasjon 1030 for lesing fra og skrivning til en fjernbar optisk plate 1031, slik som et CD-ROM eller et annet optisk medium. Harddisk-stasjonen 1027, den magnetiske platestasjonen 1028 og den optiske platestasjonen 1030 kan være forbundet med systembussen 1023 ved hjelp av et harddiskstasjons-grensesnitt 1032, et

magnetisk platestasjonsgrensesnitt 1033 og et optisk stasjonsgrensesnitt 1034, respektivt. Drivstasjonene og deres tilhørende datamaskinlesbare media kan tilveiebringe ikke-flyktig lagring av datamaskinlesbare instruksjoner, datastrukturer, programmoduler og andre data for databehandlingssystemet 1000.

5 **[0048]** Selv om databehandlingssystemet 1000 er beskrevet her med en harddisk, en fjernbar magnetisk plate 1029 og en fjernbar optisk plate 1031, vil fagkyndige på området forstå at databehandlingssystemet 1000 også kan innbefatte andre typer datamaskinlesbare media som kan aksesseres av en datamaskin. Et slikt datamaskinlesbart medium kan f.eks. innbefatte datamaskinlesbare lagringsmedia
10 og kommunikasjonsmedia. Datalagringsmedia kan innbefatte flyktige og ikke-flyktige og fjernbare og ikke-fjernbare media implementert i en hvilken som helst fremgangsmåte eller teknologi for lagring av informasjon, slik som datamaskinlesbare instruksjoner, datastrukturer, programmoduler eller andre data. Datalagringsmedia kan videre innbefatte RAM, ROM, slettbare programmerbare leselagre
15 (EPROM), elektrisk slettbare, programmerbare leselagre (EEPROM), flash-lagre eller annen faststoff-lagringsteknologi, CD-ROM, digitale, versatile plater (DVD) eller andre optiske lagre, magnetiske kassetter, magnetbånd, magnetplatelagre eller andre magnetiske lagringsanordninger, eller et hvilket som helst annet medium som kan brukes til å lagre den ønskede informasjon, og som kan
20 aksesseres av databehandlingssystemet 1000. Kommunikasjonsmedia kan omfatte datamaskinlesbare instruksjoner, datastrukturer, programmoduler eller andre data i et modulert datasignal slik som en bæreølge eller en annen transportmekanisme, og kan innbefatte et hvilket som helst informasjonsleveringsmedium. Som et eksempel, og ikke som noen begrensning, kan
25 kommunikasjonsmedia innbefatte ledningsførte media slik som ledningsnett eller direkte ledningsforbindelser, og trådløse media slik som akustiske, RF, infrarøde og andre trådløse media. Kombinasjoner av noen av de ovennevnte kan også være innbefattet innenfor rammen for datamaskinlesbare media.

[0049] Et antall programmoduler kan være lagret på harddisken 1027, den
30 magnetiske platen 1029, den optiske platen 1031, ROM 1024 eller RAM 1025, innbefattende et operativsystem 1035, ett eller flere brukerprogrammer 1036, programdata 1038 og et databasesystem 1055. Operativsystemet 1035 kan være et hvilket som helst egnet operativsystem som kan styre driften av en nett-tilkople

personlig eller server-datamaskin, slik som Windows® XP, Mac OS® X, Unix-
varianter (f.eks. Linux® og BSD®), og lignende. I en implementering, kan innplug-
gingsstyringen 420, oljefeltapplikasjonen 410, innpluggingskvalitet-applikasjonen
og innpluggings-fordelingsapplikasjonen som er beskrevet på figurene 4-9 i av-
snittene ovenfor, være lagret som brukerprogrammer 1036 på fig. 10.

[0050] En bruker kan innføre kommandoer og informasjon i databehandlings-
systemet 1000 gjennom innmatingsanordninger slik som et tastatur 1040 og en
pekeranordning 1042. Andre innmatingsanordninger kan innbefatte en mikrofon,
en styrestikke, et spillkonsoll, en satellittantenne, en skanner eller lignende. Disse
og andre innmatingsanordninger kan være forbundet med CPU 1021 gjennom et
serieport-grensesnitt 1046 koplet til systembussen 1023, men kan være tilkoplet
ved hjelp av andre grensesnitt, slik som en parallellport, en spilleport eller en
universell seriebuss (USB). En monitor 1047 eller en annen type fremvisnings-
anordning kan også være forbundet med systembussen 1023 via en grensesnitt-
anordning, slik som et videoadapter 1048. I tillegg til monitoren 1047 kan data-
behandlingssystemet 1000 videre innbefatte andre perifere utmatingsanordninger
slik som høyttalere og skrivere.

[0051] Databehandlingssystemet 1000 kan videre operere i et nett-tilkoplet miljø
ved bruk av logiske forbindelser til én eller flere fjerntliggende datamaskiner 1049.
De logiske forbindelsene kan være en hvilken som helst forbindelse som er vanlig
i kontorer, bedriftsomfattende datanett, intranett og internett, slik som lokalnett
(LAN) 1051 og et regionnett (WAN) 1052. De fjerntliggende datamaskinene 1049
kan hver innbefatte brukerprogrammer 1036 maken til de som er beskrevet oven-
for. I en implementering, kan den innpluggede kvalitetsapplikasjonen (dvs. for å
utføre fremgangsmåten 500) som er lagret i innpluggings-kvalitetssenteret 460,
være lagret som brukerprogrammer 1036 i systemlageret 1022. Den innpluggede
fordelingsapplikasjonen (dvs. for å utføre fremgangsmåten 600) som er laget i
innpluggings-fordelingssenteret 470, kan likeledes være lagret som bruker-
programmer 1036 i de fjerntliggende datamaskinene 1049.

[0052] Når det brukes et LAN-nettmiljø, kan databehandlingssystemet 1000 være
forbundet med lokalnettet 1051 gjennom et nettgrensesnitt eller en adapter 1043.
Brukt i et LAN-nettmiljø kan databehandlingssystemet 1000 innbefatte et modem
1054, en trådløs ruter eller andre midler for å opprette kommunikasjon over et

regionnett 1052, slik som internett. Modemet 1054, som kan være internt eller eksternt, kan være forbundet med systembussen 1023 via serieport-grensesnittet 1046. I et nettmiljø kan programmodulene som er skissert i forhold til data-behandlingssystemet 1000, eller deler av disse, være lagret i en fjerntliggende lagringsanordning 1050. Man vil forstå at de netttforbindelsene som er vist, bare er eksempler og at andre midler for etablering av en kommunikasjonsforbindelse mellom datamaskinene kan brukes.

[0053] Det skal bemerkes at de forskjellige teknologiene som er beskrevet her, kan implementeres i forbindelse med maskinvare, programvare eller en kombinasjon av begge. Forskjellige teknologier eller visse aspekter eller deler av disse, kan dermed være i form av programkode (dvs. instruksjoner) utført i rørbare media slik som disketter, CD-ROM, harddisk-stasjoner eller andre maskinlesbare lagrings-media hvor, når programkoden blir lastet inn i og utført av en maskin slik som en datamaskin, blir maskinen en anordning for praktisering av de forskjellige teknologiene. I tilfellet med programkode-utførelse på programmerbare datamaskiner, kan innmatingsanordningen innbefatte en prosessor, et lagringsmedium som kan leses av prosessoren (innbefattende flyktige og ikke-flyktige lagre og/eller lagrings-elementer), minst én innmatingsanordning og minst én utmatingsanordning. Ett eller flere programmer som kan implementere eller benytte de forskjellige teknologiene som er beskrevet her, kan bruke et brukerprogrammerings-grensesnitt (API), gjenbruke styringer og lignende. Slike programmer kan være implementert i et høynivå-prosedyrespråk eller et objektorientert programmeringsspråk for å kommunisere med et databehandlingssystem. Det ene eller de flere programmene kan imidlertid være implementert i assembler- eller maskinspråk om ønsket. I alle fall, kan språket være et kompilert eller tolket språk og kombinert med maskinvare-implementeringer.

[0054] Selv om det foregående er rettet mot implementeringer av forskjellige teknologier som er beskrevet her, kan andre og ytterligere implementeringer tenkes uten å avvike fra oppfinnelsens grunnleggende ramme som er bestemt av de etterfølgende patentkravene. Utførelsesformer av foreliggende oppfinnelse kan f.eks. også være rettet mot markedet for "ant-tracking"-applikasjoner. Selv om stoffet er blitt beskrevet i et språk som er spesifikt for strukturelle trekk og/eller metodologiske handlinger, vil man forstå at det innholdet som er definert i de

vedføyde patentkravene, ikke nødvendigvis er begrenset til de spesielle trekkene eller handlingene som er beskrevet ovenfor. De spesielle trekkene og handlingene som er beskrevet ovenfor, er i stedet gitt som utførelseseksempler for implementering av kravene. Selv om forskjellige fremgangsmåter, anordninger, systemer, osv. er blitt beskrevet i et språk som er spesielt for strukturelle trekk og/eller metodologiske handlinger, skal det merkes at det innholdet som er definert i de vedføyde patentkravene, ikke nødvendigvis er begrenset til de spesielle trekkene eller handlingene som er beskrevet. De spesielle trekkene og handlingene er i stedet beskrevet som eksempler på utførelsesformer av de patentsøkte fremgangsmåtene, anordningene, systemene, osv.

P A T E N T K R A V

1. Fremgangsmåte for behandling av seismiske data, omfattende:
 - å identifisere et antall dataverdier relatert til et første objekt definert av et
 - 5 første antall punkter innenfor et volum, hvor det første objektet skjærer et annet objekt definert av et annet antall punkter inne i volumet;
 - å beregne en statistisk signifikans-statistikk relatert til det andre objektet;
 - å interpolere en P-verdi relatert til den statistiske signifikans-statistikk;
 - å bestemme en signifikant P-verdi tatt over det andre objektet, hvor den
 - 10 signifikante P-verdien omfatter en minste P-verdi som tilveiebringer en maksimal negativ $\log(P(\text{statistisk signifikans-statistikk}))$; og
 - å bruke den signifikante P-verdien til å identifisere en kant representert av de seismiske dataene.
- 15 2. Fremgangsmåte ifølge krav 1, hvor det første objektet er et plan, et volum eller en sektor med dataverdier omkring samplene, og hvor det andre objektet er en linje eller et plan gjennom det første objektet.
3. Fremgangsmåte ifølge krav 1, hvor de seismiske dataene omfatter et første
- 20 sett med seismiske data, og videre omfatter bruk av den signifikante P-verdien til å bestemme en vekt for blanding av et første volum representert ved de seismiske dataene med et annet volum representert av et annet sett med seismiske data.
4. Fremgangsmåte ifølge krav 1, hvor den statistiske signifikans-statistikken
- 25 blir bestemt ved å bruke minst én av en parametrisk test og en ikke-parametrisk test.
5. Fremgangsmåte ifølge krav 1, hvor den statistiske signifikans-statistikken blir bestemt ved å bruke minst én av en Wilcoxon-Mann-Whitney-
- 30 rangeringssumtest, en t-test, en U-test og en fortegnstest.
6. Fremgangsmåte ifølge krav 1, hvor den statistiske signifikans-statistikken omfatter en z-statistikk.

7. Fremgangsmåte ifølge krav 1, hvor den maksimalt negative $\log(P(\text{statistiske signifikans-statistikken}))$ blir beregnet basert på en oppslagstabell og lineær interpolasjon.

5

8. Ett eller flere datamaskinlesbare media for behandling av seismiske data, hvor de datamaskinlesbare media omfatter datamaskinutførbare instruksjoner for å instruere en databehandlingsanordning om å utføre en prosess, hvor prosessen omfatter:

10

å identifisere et antall dataverdier relatert til et første objekt definert av et første antall punkter i et volum, hvor det første objektet skjærer et annet objekt definert av et annet antall punkter i volumet;

å beregne en statistisk signifikans-statistikk relatert til det andre objektet;

å interpolere en P-verdi relatert til den statistiske signifikans-statistikken;

15

å bestemme en signifikant P-verdi tatt over det andre objektet, hvor den signifikante P-verdien omfatter en minste P-verdi som tilveiebringer en maksimal negativ $\log(P(\text{statistisk signifikans-statistikk}))$; og

å bruke den signifikante P-verdien til å identifisere en kant representert av de seismiske dataene.

20

9. Datamaskinlesbare media ifølge krav 8, hvor det første objektet er et plan, et volum eller en sektor med dataverdier omkring samplene, og hvor det andre objektet er en linje eller et plan gjennom det første objektet.

25

10. Datamaskinlesbare media ifølge krav 8, hvor de seismiske dataene omfatter et første sett med seismiske data og videre omfatter bruk av den signifikante P-verdien til å bestemme en vekt for blanding av et første volum representert av de seismiske dataene, med et annet volum representert av et annet sett med seismiske data.

30

11. Datamaskinlesbare media ifølge krav 8, hvor den statistiske signifikans-statistikken blir bestemt ved å bruke minst én av en parametrisk test og en ikke-parametrisk test.

12. Datamaskinlesbare media ifølge krav 8, hvor den statistiske signifikansstatistikken blir bestemt ved å bruke minst én av Wilcoxon-Mann-Whitney-rangeringssumtest, en t-test, en U-test og en fortegnstest.
- 5
13. Datamaskinlesbare media ifølge krav 8, hvor den statistiske signifikansstatistikken omfatter en z-statistikk.
14. Datamaskinlesbare media ifølge krav 8, hvor den maksimalt negative
10 $\log(P(\text{statistiske signifikansstatistikken}))$ blir beregnet basert på en oppslagstabell og en lineær interpolasjon.
15. System for behandling av seismiske data, omfattende:
- 15 en prosessor;
et minne;
et lagringsmedium;
et antall datamaskinlesbare instruksjoner som befinner seg i lagringsmediet for å instruere prosessoren om å utføre en prosess, hvor prosessen omfatter:
- 20 å identifisere et antall dataverdier relatert til et første objekt definert av et første antall punkter i et volum, hvor det første objektet skjærer et annet objekt definert av et annet antall punkter i volumet;
- 25 å beregne en statistisk signifikansstatistikk relatert til det andre objektet;
å interpolere en P-verdi relatert til den statistiske signifikansstatistikken;
å bestemme en signifikant P-verdi tatt over det andre objektet, hvor den signifikante P-verdien omfatter en minste P-verdi som gir en maksimalt negativ
25 $\log(P(\text{statistisk signifikansstatistikk}))$; og
- å bruke den signifikante P-verdien til å identifisere en kant representert av de seismiske dataene.
- 30 16. System ifølge krav 15, hvor det første objektet er et plan, et volum eller en sektor med dataverdier omkring samplene, og hvor det andre objektet er en linje eller et plan gjennom det første objektet.

17. System ifølge krav 15, hvor de seismiske dataene omfatter et første sett med seismiske data, og videre omfatter bruk av den signifikante P-verdien til å bestemme en vekt for blanding av et første volum representert ved de seismiske dataene, med et annet volum representert ved et annet sett med seismiske data.
18. System ifølge krav 15, hvor den statistiske signifikans-statistikken blir bestemt ved å bruke minst én av en parametrisk test og en ikke-parametrisk test.
19. System ifølge krav 15, hvor den statistiske signifikans-statistikken omfatter en z-statistikk.
20. System ifølge krav 15, hvor den maksimalt negative $\log(P(\text{statistiske signifikans-statistikken}))$ blir beregnet basert på en oppslagstabell og en lineær interpolasjon.

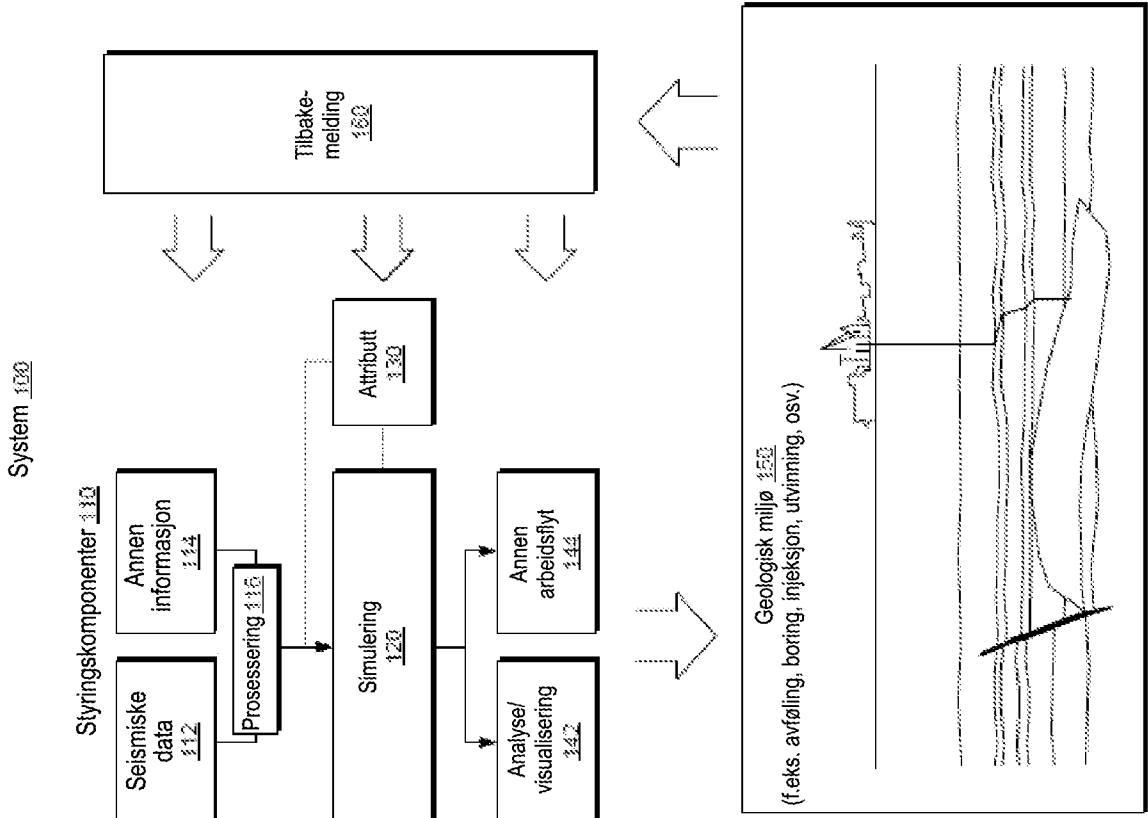
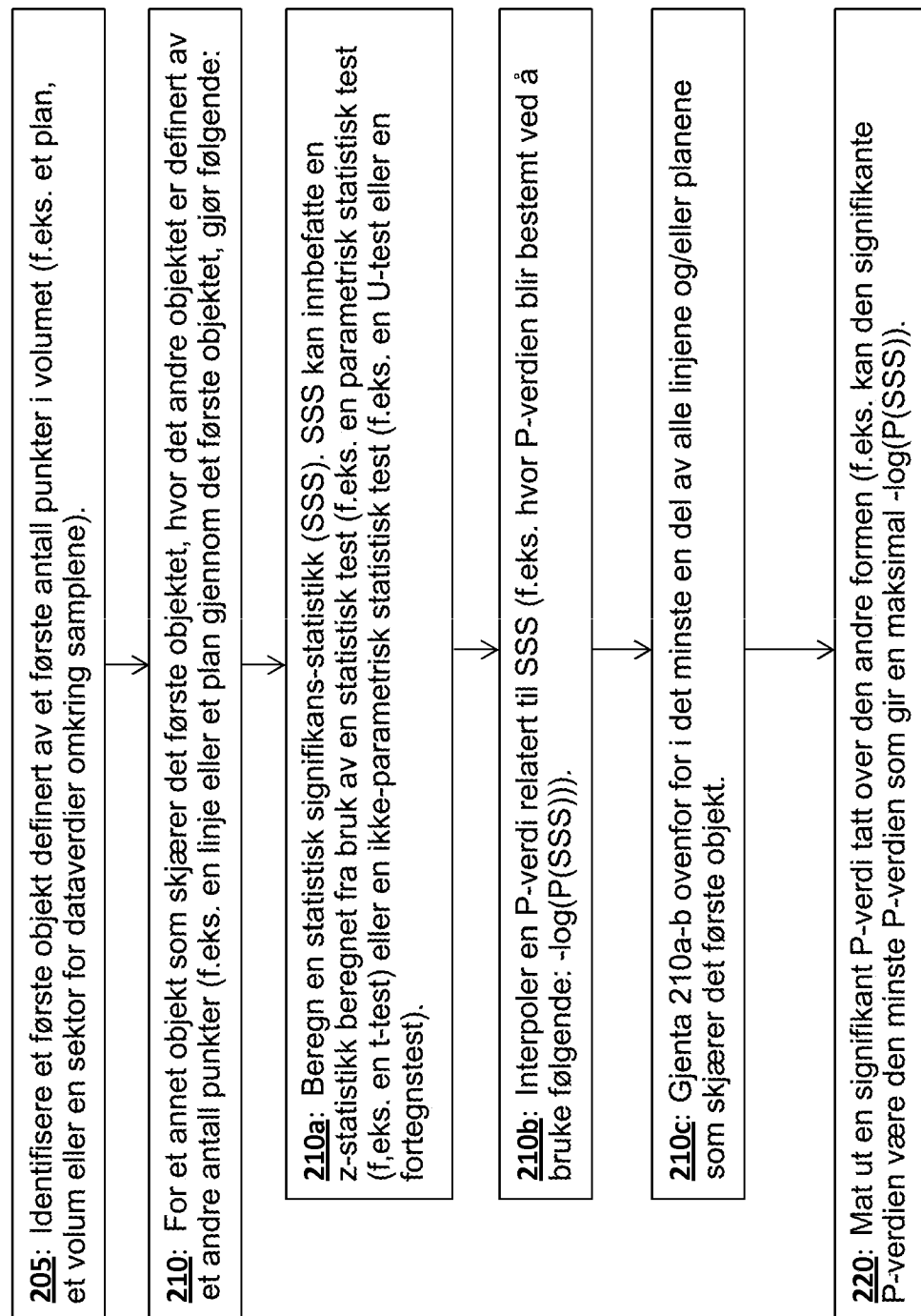
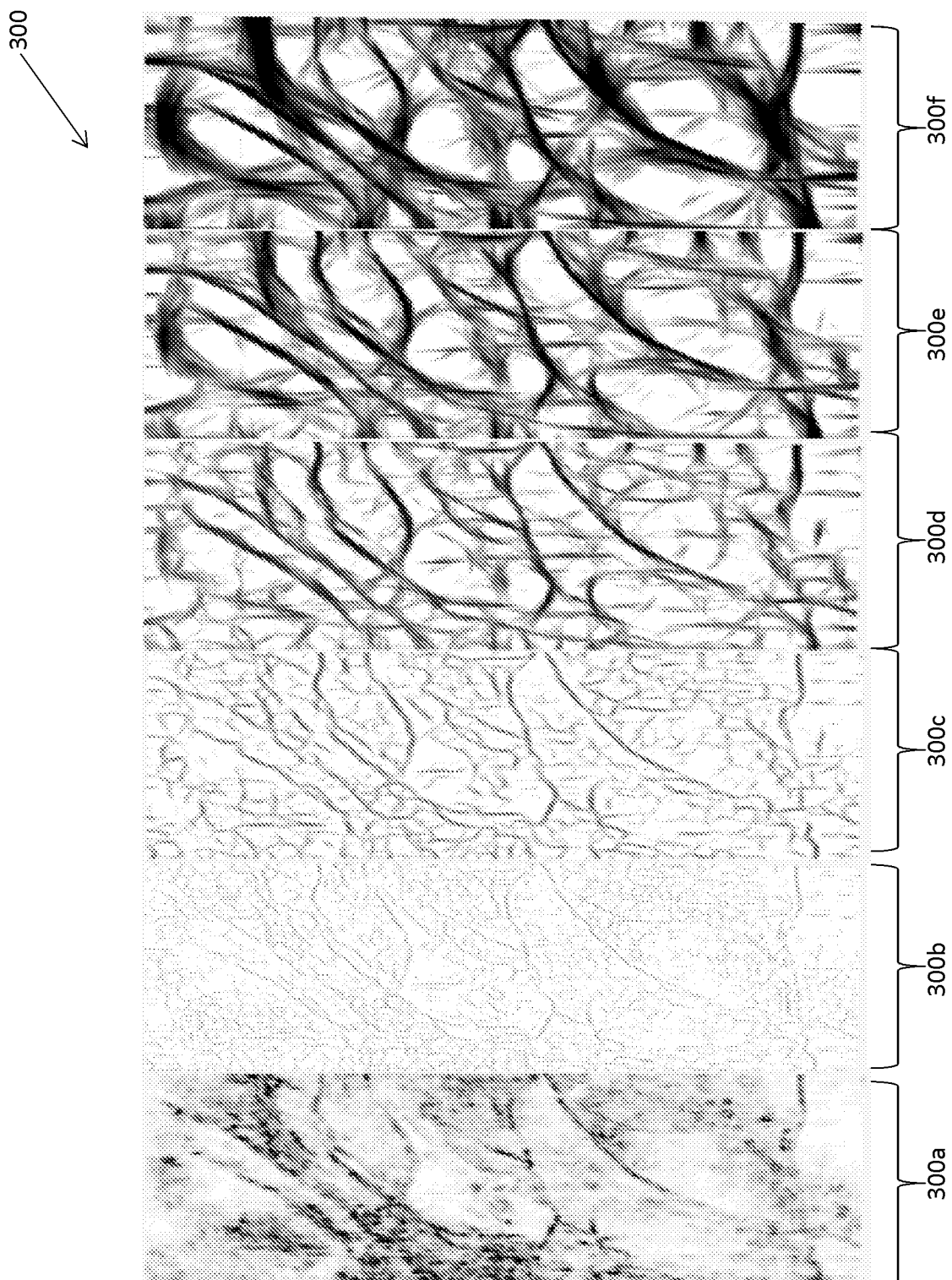


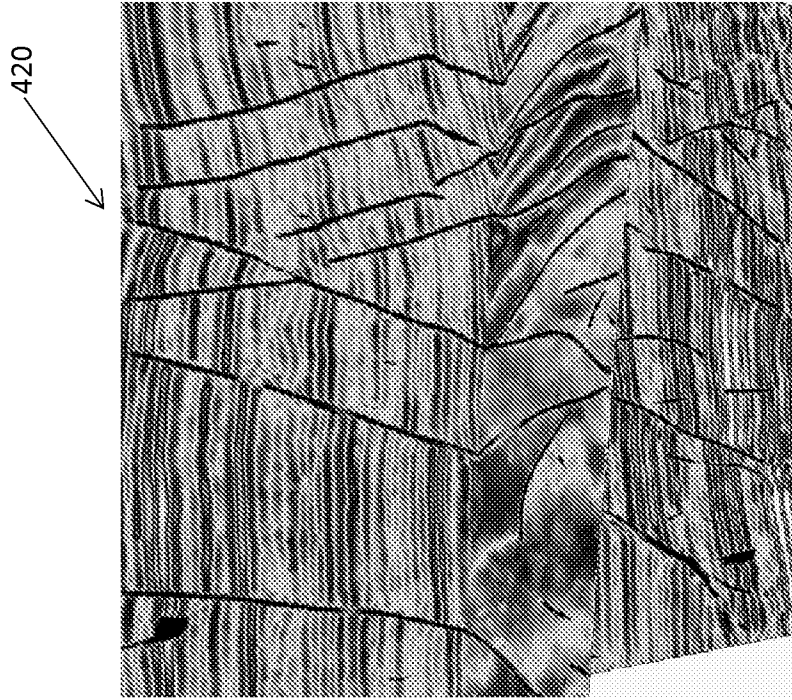
Fig. 1



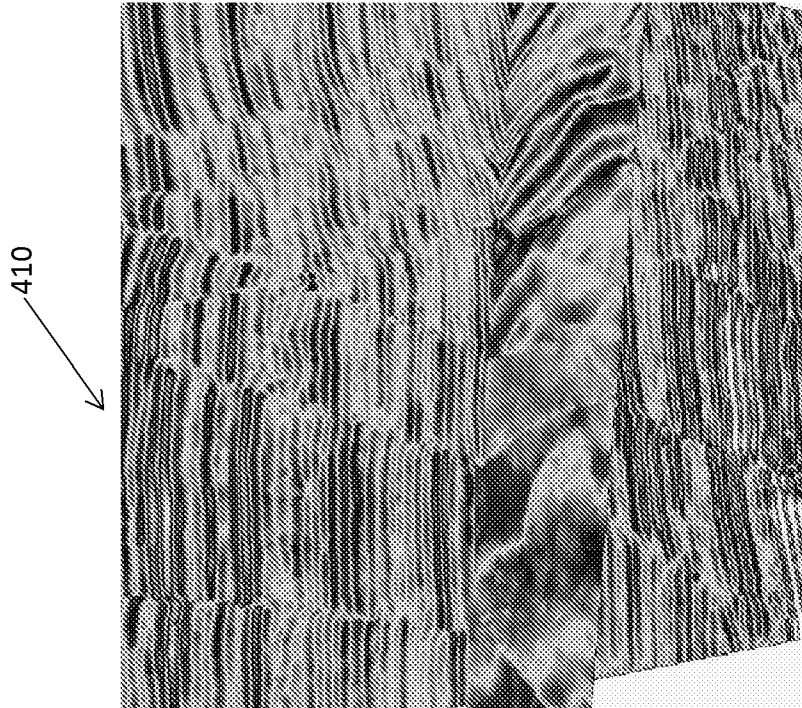
FIGUR 2



Figur 3



Figur 4b



Figur 4a

500

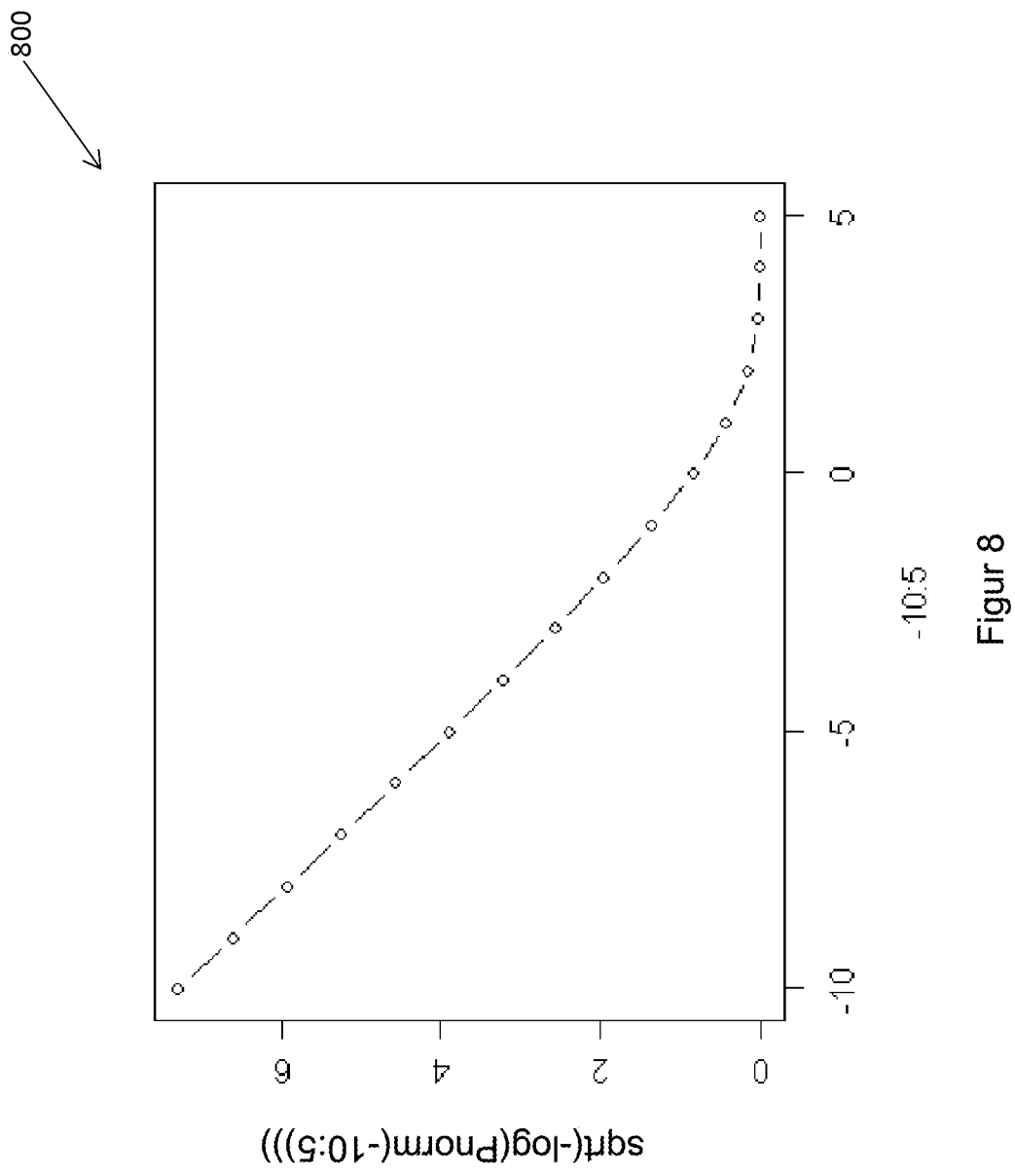
x					
	x				
		x			
			x		
				x	
					x

Figur 5

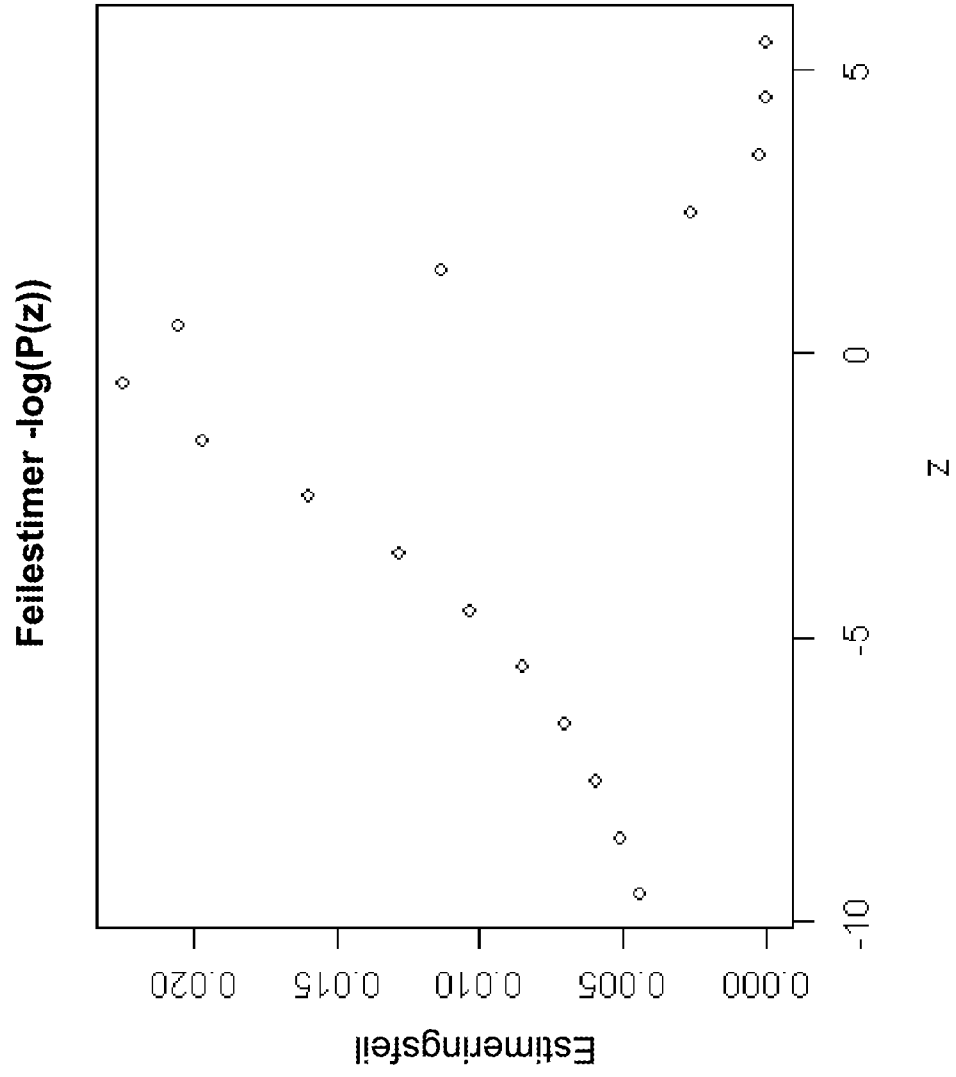
600 ↘

		13	8	10
	11	13	15	9
10	10	12	9	10
11	14	6	8	
9	10	7		

Figur 6



900 ↘



Figur 9

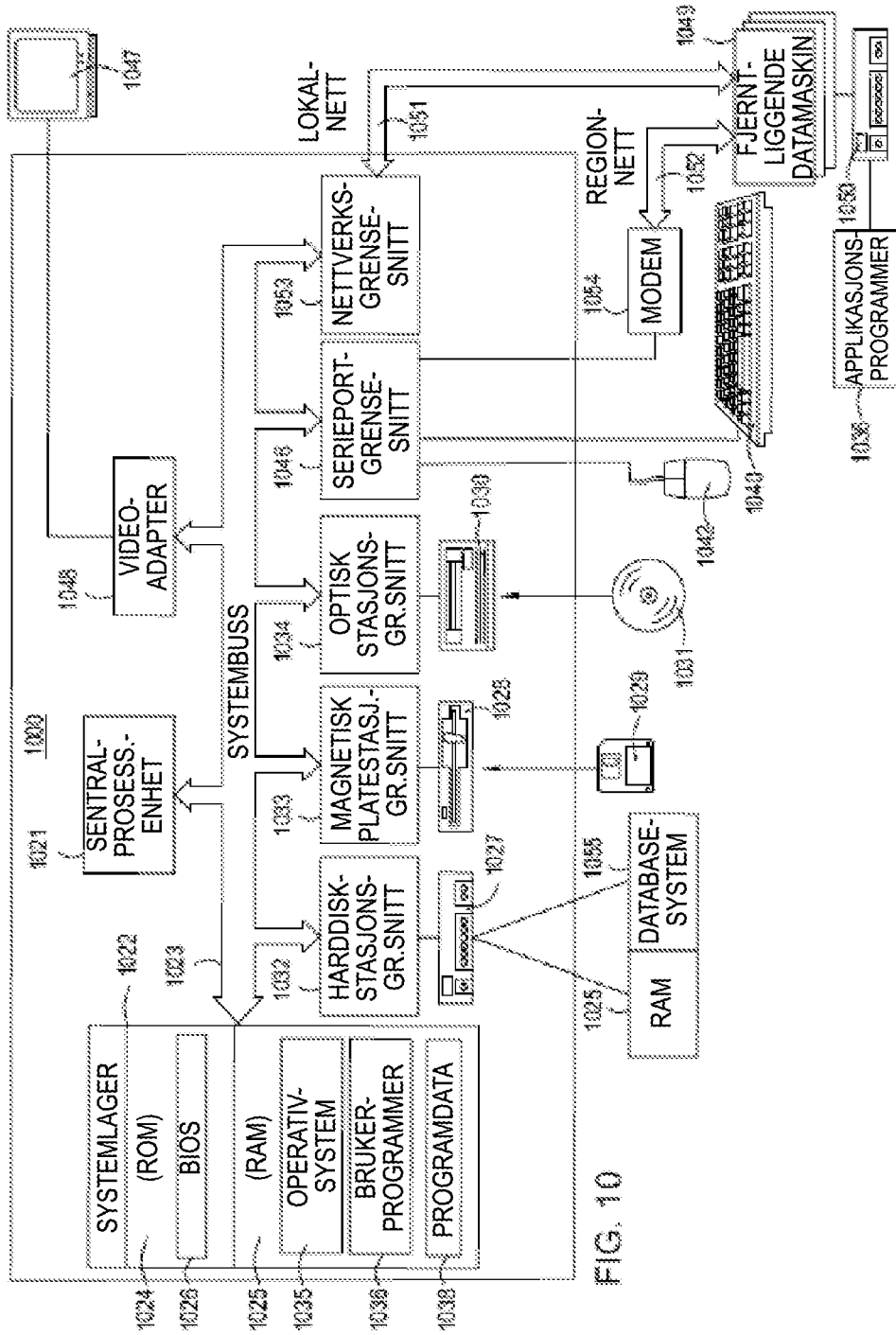


FIG. 10