

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 195 724 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
22.06.2005 Patentblatt 2005/25

(51) Int Cl.7: **G07D 5/00**

(21) Anmeldenummer: **01121640.5**

(22) Anmeldetag: **12.09.2001**

(54) **Verfahren zur Erkennung von Münzen in einem Münzautomaten**

Method for testing coins in coin-operated machines

Procédé pour tester des pièces de monnaie dans des machines déclenchées par moyen de pièces de monnaie

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE ES FR GB IT

(30) Priorität: **12.09.2000 DE 10045052**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
10.04.2002 Patentblatt 2002/15

(73) Patentinhaber: **National Rejectors, Inc. GmbH**
21614 Buxtehude (DE)

(72) Erfinder:
• **Adameck, Markus**
22419 Hamburg (DE)
• **Eich, Manfred, Prof. Dr.**
21077 Hamburg (DE)

(74) Vertreter: **Patentanwälte**
Hauck, Graalfs, Wehnert, Döring, Siemons,
Schildberg
Neuer Wall 41
20354 Hamburg (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A- 2 306 187 **GB-A- 2 248 333**
US-A- 5 220 614 **US-A- 5 887 697**

• **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 2000, no.
03, 30. März 2000 (2000-03-30) & JP 11 344310 A
(FUJI XEROX CO LTD), 14. Dezember 1999
(1999-12-14)

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 1 195 724 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erkennung von Münzen in einem Münzautomaten.

[0002] Bei Münzautomaten, zum Beispiel bei Münzprüfern, kommt es darauf an, die echten Münzen zu diskriminieren. Hierzu ist eine Reihe von Verfahren bekannt geworden, von denen einige das Prägebild der zu erkennenden Münze verwenden.

[0003] Aus DE 35 26 378 A1 ist bekannt, eine zu prüfende Münze durch zwei Polymerwalzen zu führen, die piezoelektrische Eigenschaften haben. Entsprechend der Prägetiefe wird ein Stromsignal erzeugt, mit dem das Prägebild erkannt werden kann.

[0004] Aus DE 43 40 733 A1 ist bekannt, Licht senkrecht auf eine Prägefläche zu werfen. In einem 2π -Raumwinkel um die beleuchtete Stelle sind optische Fasern angeordnet, welche das von der Prägefläche reflektierte Licht zu einem fotografischen Wandler leiten.

[0005] Aus GB 2 248 333 ist bekannt, eine Münze im Münzprüfer rotieren zu lassen und die Reflektion von Bildpunkten zu messen und mit abgespeicherten Sollwerten zu vergleichen. Hierbei wird ein Reflexionsbild und kein Höhenprofil aufgezeichnet. Nachteilig bei diesem Verfahren ist jedoch die Bandbreite der Reflektion bei Verschleiß und Verschmutzung. Ein weiteres Problem ergibt sich durch das Münzmaterial. So lassen sich Münzen, die nicht aus CuNi25 hergestellt sind, teilweise nicht oder nur schwer identifizieren. Auch verursacht die Programmierung des Münzprüfers mit diesem Messverfahren einen hohen Aufwand zur Erzeugung der Sollbandbreiten, um für das Spektrum der Umlaufmünzen eine hohe Akzeptanz zu justieren.

[0006] US 5,887,697 betrifft eine Münzerkennungseinrichtung, bei deren Erkennungsvorgang ein optisches Bild verarbeitet wird, das aufgrund der Lichtreflexion von der Münze gewonnen wurde. Das so gewonnene Reflexionsbild der Münze wird in einem Datenspeicher abgelegt. Das abgespeicherte Bild wird in Polarkoordinaten umgewandelt und mit Referenzmustern verglichen. Zur Umwandlung in Polarkoordinaten wird der Mittelpunkt des gespeicherten Bildes bestimmt. Hierzu werden zueinander senkrecht stehende Kreissehnen in dem gespeicherten Bild konstruiert, die jeweils durch den Mittelpunkt verlaufen. Der Schnittpunkt der Kreissehnen bestimmt dann den Mittelpunkt des Bildes für die nachfolgende Transformation in Polarkoordinaten. Nachteilig an dem bekannten Verfahren ist, dass die Mittelpunktbestimmung sehr ungenau erfolgt, insbesondere bei geneigt aufgenommenen Münzen. Ferner ist nachteilig, dass das Verfahren durch das Foto einer Münze getäuscht werden kann und bei Münzen oder Marken mit rotationsinvarianten Prägebildern versagt. Zusätzlich stellt es sich als Nachteil dar, dass für Prägebilder mit geringen Steigungen oder mit Kanten, die große Krümmungsradien aufweisen, keine auswertbaren Informationen für die Erkennung gewonnen werden können. Bei der bekannten Münzerkennungseinrichtung wird das diffus gestreute Licht aufgezeichnet.

[0007] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum optischen Prüfen von Münzen anzugeben, mit dem Münzen in zuverlässiger Art und Weise erkannt werden können.

[0008] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst.

[0009] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zeichnet eine Messeinrichtung ein Höhenprofil der zu erkennenden Münze auf. Ein solches Höhenprofil kann beispielsweise aus einem aufgenommenen Bild der Münzoberfläche konstruiert werden. Das Höhenprofil ordnet einem Stützpunkt einen Wert für die in diesem Punkt auftretende Höhe der Münzoberfläche zu. Die Stützpunkte können beispielsweise in regelmäßigen Abständen als Gitter verteilt vorliegen. Das aufgezeichnete Höhenprofil gestattet es in einem sehr frühen Verfahrensschritt bereits ohne Referenzdaten nicht geprägte Marken zu diskriminieren. Mit Hilfe einer Datenverarbeitung wird erfindungsgemäß in einem ersten Schritt aus dem Höhenprofil die Lage des Mittelpunkts der Münze bestimmt und eine Winkelorientierung des Höhenprofils in der Ebene der Münzoberfläche festgelegt. Zusätzlich zum Mittelpunkt der Münze wird eine Winkelorientierung in dem Höhenprofil festgelegt. Die Festlegung kann hierbei willkürlich erfolgen. In einem anschließenden Erkennungsschritt wird das Höhenprofil der zu erkennenden Münze mit einem Höhenprofil einer Referenzmünze verglichen. Bei dem Vergleich werden unterschiedliche relative Winkelorientierungen zwischen den beiden Höhenprofilen gewählt. Für den Vergleich sind beide Höhenprofile bezüglich eines gemeinsamen Mittelpunkts der Münzen ausgerichtet.

[0010] Die Werte der Höhenprofile werden entlang einer Kreisbahn auf der Münze mit einem vorbestimmten Radius verglichen. Der Vergleich kann in jeder beliebigen Darstellung bzw. jedem Koordinationssystem erfolgen. Insbesondere kann der Vergleich sowohl in einer Ortsraum-Darstellung der Höhenprofile und/oder einer Frequenzraum-Darstellung erfolgen. Die so ermittelten Vergleichswerte geben die Ähnlichkeit der Höhenprofile bei einer bestimmten Winkelorientierung der Münzen zueinander an.

[0011] Diese Vergleichswerte werden für mehrere Winkelorientierungen bestimmt. In einem daran anschließenden Schritt wird der Extremwert der Vergleichswerte, der die maximale Ähnlichkeit zwischen aufgezeichnetem Höhenprofil der zu erkennenden Münze und dem Höhenprofil der Referenzmünze angibt, bei unterschiedlicher Winkelorientierung ermittelt. Der Extremwert dient zur Erzeugung eines Echt- und Falschsignals. Für das erfindungsgemäße Verfahren wird der Mittelpunkt der zu erkennenden Münze bestimmt. Der Mittelpunkt wird geometrisch durch die Festlegung des Randes der Münze bestimmt. Ist der Rand aus dem Höhenprofil der Münze bekannt, so liefert die Lösung der entsprechenden Ellipsengleichung den Durchmesser und den Mittelpunkt der zu erkennenden Münze.

[0012] Ausgehend von dem so bestimmten Mittelpunkt wird bei einem gegebenen Höhenprofil der Vergleichswert (Korrelation) mit einem Referenzmuster entlang einem Kreis betrachtet. An dem erfindungsgemäßen Verfahren ist vorteilhaft, dass das Vergleichsergebnis zwischen zu erkennender Münze und der Referenzmünze rotations- und translationsinvariant ist. Indem der relative Winkel zwischen den Höhenprofilen variiert, wird erreicht, dass zur Beurteilung der Ähnlichkeit entlang der Kreisbahn die Winkellage mit der besten Übereinstimmung gefunden wird. Da nur der Mittelpunkt der zu erkennenden Münze bestimmt werden muss, ist das erfindungsgemäße Verfahren vergleichsweise robust gegenüber bei der Messung auftretenden Fehlern. Ist die zu erkennende Münze rotationsinvariant, so erfolgt der Vergleich mit einem Referenzmuster, in dem die Werte der Höhenprofile miteinander verglichen werden. Hieraus wird der Vergleichswert für die zu erkennende Münze mit dem gegebenen Höhenprofil ermittelt.

[0013] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe ebenfalls durch ein Verfahren mit den Merkmalen aus Patentanspruch 4 gelöst.

[0014] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird nach einer Bestimmung der Lage des Mittelpunkts der zu erkennenden Münze in dem Erkennungsschritt der Vergleich in einem Bereich durchgeführt. Der Bereich ist vorzugsweise ein Ausschnitt des Prägebildes kann sich jedoch bis über das gesamte Prägebild erstrecken. Der Bereich besitzt einen vorbestimmten Abstand vom Mittelpunkt und eine vorbestimmte Ausrichtung gegenüber der Orientierung des Höhenprofils. In dem Bereich werden die Werte des Höhenprofils mit den Werten der Referenzmünze verglichen. Vorzugsweise wird hierzu in dem Höhenprofil der Referenzmünze ein Bereich definiert, dessen Form identisch mit dem Bereich der zu erkennenden Münze ist. Für verschiedene Winkelorientierungen der Höhenprofile zueinander wird ein Vergleichswert für die Bereiche ermittelt. Ein Extremwert, der die maximale Ähnlichkeit angibt, wird nachfolgend unter den Vergleichswerten bei unterschiedlichen Winkelorientierungen zueinander ermittelt. Ausgehend von dem Extremwert wird ein Echt- und Falschsignal für die zu erkennende Münze erzeugt. Der Vorteil an diesem Verfahren besteht darin, dass nicht entlang einer Kreisbahn die Höhenprofile miteinander verglichen werden, sondern der Vergleich in einem flächigen Bereich erfolgt. Hierdurch wird in besonders zuverlässiger Weise ein Merkmal erfaßt, das schwer zu fälschen ist. Bei einer Erfassung in einem ausgedehnten Bereich, wird das Prägebild beispielsweise in zwei orthogonalen Richtungen abgetastet, im Gegensatz zur Abtastung entlang einer Kreisbahn. Der Vorteil an einem Vergleich der Höhenprofile in der Fläche liegt darin, dass etwaige Ungenauigkeiten bei der Mittelpunktbestimmung schwächer ins Gewicht fallen.

[0015] In einer vorteilhaften Weiterführung der Verfahren wird als Vergleichswert zwischen dem gemessenen und dem hinterlegten Höhenprofilen der Abstand als Absolutbetrag der Differenz zwischen den Höhenwerten verwendet. Ein solcher Vergleichswert eignet sich insbesondere für eine schnelle Berechnung, da lediglich eine Differenzbildung erfolgt.

[0016] Zweckmäßigerweise erfolgt eine Datenvorverarbeitung mit einer Kantenextraktion aus dem Höhenprofil. Danach erfolgt ein Vergleich mit den Kanten einer Referenzmünze.

[0017] Um bessere Vergleichswerte mit dem Höhenprofil der Referenzmünze zu erzielen, wird das Höhenprofil der zu erkennenden Münze in ein Höhenprofil einer in einer vorbestimmten Lage befindlichen Münze errechnet, wobei die vorbestimmte Lage der Lage der Referenzmünze entspricht. Bei den miteinander zu vergleichenden Höhenprofilen kann die Lage der Muster gegeneinander in einen vorbestimmten Toleranzbereich verschoben werden, um bessere Vergleichswerte zu erzielen. Ist also beispielsweise die zu erkennende Münze geneigt, so weist das Höhenprofil an seinem hochgeneigten Ende höhere Höhenwerte auf als an seinem gegenüberliegenden Ende. Derartige Höhenunterschiede können beispielsweise durch einfache Umrechnung der Höhenprofile ausgeglichen werden.

[0018] Um die Erkennungsgenauigkeit zu erhöhen, ist es möglich, die Vergleichswerte für unterschiedliche Radien bei der Kreisbahn oder unterschiedliche Abstände der Bereiche vom Mittelpunkt zu ermitteln und so aufgrund mehrerer Extremwerte der Vergleichswerte ein Echt- oder Falschsignal zu erzeugen.

[0019] Eine vorteilhafte Ausführung des Verfahrens wird anhand der nachfolgenden Beispiele und den Figuren erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 vier Aufnahmen von Münzen mit ihren jeweiligen Mittelpunkten M1 bis M4, ihren Drehwinkeln θ_1 bis θ_4 und den Gebieten T1 bis T4, wobei Muster P1 und P3 sind seitlich neben den Münzen zum Vergleich mit den Gebieten T1 bzw. T3 dargestellt und

Fig. 2 einen Rand einer aufgenommenen Münze mit fünf Stützpunkten.

[0020] Das Verfahren zur Erkennung der Münze geht von einem aufgezeichneten Prägebild der Münze aus. Das Prägebild liegt für ein vorbestimmtes Feld von Stützstellen in der X-, Y-Ebene vor. Zweckmäßigerweise sind die Daten des Prägebildes als eine NxM-Matrix abgelegt, wobei N die Anzahl der Stützstellen in X- und M die Anzahl der Stützpunkte in Y-Richtung bezeichnet. Ausgehend von diesen Messdaten kann zunächst eine Datenvorverarbeitung erfolgen. Zur Datenvorverarbeitung eignet sich insbesondere ein sogenanntes Region Growing-Verfahren, bei dem ausgehend von einem beliebigen Messpunkt innerhalb der Münze stets Nachbarmesspunkte gesucht werden, die aufgrund

der Höhenwerte ebenfalls als zu der Münze gehörend bewertet werden. Auf diese Art und Weise können für das vorgegebene Höhenprofil diejenigen Stützstellen erkannt werden, die zu der Münze gehören. Hieran anschließend wird eine rechnerische Lagekorrektur der Münze durchgeführt. Insbesondere werden bei bewegten Münzen Verzerrungen in dem aufgezeichneten Höhenprofil auftreten, die durch die Addition einer NxM-Regressionsmatrix mit der gemessenen Matrix eliminiert wird. Hieran anschließend können Messwerte durch die Verwendung von Bandpassfiltern geglättet werden, ebenso werden fehlende Messwerte durch Medianfilter angeglichen werden. Gleichzeitig wird eine Kantenextraktion vorgenommen, um das Gesamtbild der Münze und insbesondere des Münzrandes durch die Vorverarbeitung nicht zu verwaschen. Ausgehend von einem so vorverarbeiteten Bild, bei dem auch geeignete Transformationen wie beispielsweise Wavelet- und Laplacetransformationen sowie Transformationen nach Hough, Hadamar, Slant oder Prewitt-Sobel eingesetzt werden, erfolgt eine Prägebildererkennung.

[0021] Zur Prägebildererkennung wird entlang einer Kreisbahn das vorbearbeitete Bild der zu erkennenden Münze um das Münzzentrum mit einer Referenzmünze verglichen. Es sei $P(r, \varphi)$ das gemessene und vorverarbeitete Münzprofil und $M(r, \varphi)$ das Referenzprofil. Aus Zwecken der besseren Übersicht wurde die Darstellung der Funktionen in Polarkoordinaten gewählt. Für einen Verdrehwinkel θ zwischen dem Münzprofil und dem Musterprofil ergibt sich der Vergleichswert zu:

$$S(r, \theta) = \sum_{\varphi=0}^{2\pi} |P(r, \varphi + \theta) - M(r, \varphi)|$$

[0022] Die Größe $S(r, \theta)$ gibt die Ähnlichkeit zwischen dem Münzprofil und dem Musterprofil bei einem vorgegebenen Radius r und einem Winkel θ an. Da die Orientierung zwischen den beiden Profilen nicht bekannt ist, wird ein Verdrehwinkel θ zwischen 0 und 2π angenommen.

[0023] Um die Ähnlichkeit zwischen den Profilen entlang der Kreisbahn zu bestimmen, wird in einem nachfolgenden Schritt das Minimum $W(r)$ für die Vergleichswerte bestimmt:

$$W(r) = \min_{\theta} S(r, \theta)$$

[0024] Die Größe $W(r)$ ist ein Maß für den mittleren Abstand zwischen den Höhenprofilen entlang der Kreisbahn mit dem Radius r bei bestmöglicher Übereinstimmung der Höhenprofile.

[0025] Das Verfahren ist jedoch keineswegs auf eine Differenzbildung als Abstandsfunktion oder gar auf eine Darstellung in Polarkoordinaten beschränkt. Bei hinreichend vielen Stützpunkten für das Höhenprofil kann eine Fourier- bzw. eine diskrete Kosinus- oder Sinustransformation bezüglich des Drehwinkels vorgenommen werden. Bei einer solchen Darstellung der Höhenprofile bietet es sich an, eine Faltung der Funktionen P und M zur Bestimmung des Vergleichswerts heranzuziehen.

[0026] Bei bestimmten Referenzmünzen erweist es sich als Vorteil, den Vergleich für mehrere verschiedene Radien durchzuführen, die besonders gut zur Diskriminierung der entsprechenden Münze geeignet sind.

[0027] Ist aufgrund der Art des Münzautomaten nur die Erkennung bezüglich einer Münzsorte erforderlich, so kann anhand der Größe $W(r)$ entschieden werden, ob eine hinreichende Ähnlichkeit vorhanden ist. Für die Entscheidung kann beispielsweise ein Schwellwert definiert werden. Liegt $W(r)$ unterhalb des Schwellwerts bzw. bei Verwendung der Faltung oberhalb eines Schwellwerts, wird ein Echtsignal erzeugt, ansonsten kann ein Falschsignal ausgegeben werden. Zusätzlich zu dem so bestimmten Ähnlichkeitsmaß $W(r)$ können weitere Ähnlichkeitsmaße hinzugezogen werden, die die Erkennungswahrscheinlichkeit erhöhen.

[0028] Neben dem Ähnlichkeitsmaß $W(r)$ wird der Drehwinkel θ bestimmt. Aus dem Drehwinkel und der Münzmitte kann jeder Ort auf einer Münze genau bestimmt werden. Damit kann gezielt im Münzprägebild nach einem hinterlegten Muster gesucht werden.

[0029] Dieser Vergleich kann sowohl im Orts- als auch im Frequenzraum erfolgen. Hierbei kann ein einfacher Mustervergleich ("template matching") stattfinden oder eine 2D Konvolution berechnet werden. Im Frequenzraum bietet es sich an, die dominierenden Frequenzen in X- und Y-Richtung hinsichtlich der Deckung zu vergleichen.

[0030] Zur Prägebildererkennung kann in einer Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens das vorbearbeitete Bild der zu erkennenden Münze in einem Gebiet T mit einem Referenzbild P verglichen werden. Wie in Fig. 1 dargestellt wird für eine Münze ein Mittelpunkt M und eine Orientierung O festgelegt. Für einen vorbestimmten Abstand von dem

Mittelpunkt wird in einem Gebiet T das Höhenprofil mit einem Referenzmuster verglichen. Der Vergleichswert kann wie bei dem oben beschriebenen Verfahren berechnet werden. Wie in Fig. 1 dargestellt kann das Vergleichsgebiet T beispielsweise ein quadratischer Ausschnitt sein. Das Quadrat ist mit einer Seite parallel zur Winkorientierung O des Höhenbildes ausgerichtet. Im Hinblick auf die Definition des Abstandes vom Mittelpunkt des Höhenprofils kann beispielsweise die Länge der Verbindungslinie einer Ecke des Bereichs T zum Mittelpunkt definiert werden. In Fig. 1 ist für die 5 DM- und 5 Kronen-Münze die Ecke des Bereichs gewählt worden, die entgegen der Orientierung O an der parallel zu der Winkorientierung O verlaufenden Kante liegt. Die in dem Beispiel dargestellten Ausschnitte T1 bis T4 werden mit den hinterlegten Mustern P1 und P3 verglichen, um die Münze zu erkennen.

[0031] Bei der Erkennung des Prägebildes kann in einer bevorzugten Variante auch eine Transformation in einem Frequenzraum erfolgen. Die Transformation eines Grauwertbildes bietet zum einen die Möglichkeit der Datenreduktion und damit Geschwindigkeitsvorteile bei der Untersuchung der Bilddaten. Zum anderen lassen sich aufgrund der jeweiligen Darstellung eigenen charakteristischen Merkmale unterschiedliche Bildinhalte besser miteinander vergleichen. So lassen sich zum Beispiel im Münzbild dominierende Frequenzen besser im Frequenzraum lokalisieren als im Ortsraum.

[0032] Neben der Bilddarstellung im Ortsraum bieten sich verschiedene andere Bilddarstellungen an, um in diesen Bildverarbeitung und Objekterkennung zu betreiben, wie beispielsweise die Fouriertransformation, die diskrete Kosinus- oder Sinustransformation, die Hadamartransformation, Haartransformation und Wavelet-Transformations. Für eine schnellere Berechnung existieren zu jeder dieser Funktionen geeignete Algorithmen, die im Falle von digital vorliegenden Daten, eine diskrete Transformation durchführen. So ist die Fast Fouriertransformation (FFT) oder diskrete Kosinustransformation (DCT) als schnelle Transformation bereits bekannt. Die Transformationen in die geeigneten Darstellungen sind in ihrer Dimensionalität nicht beschränkt, so daß das Münzprofil dabei sowohl entlang einer Kreislinie als auch in einem flächigen Gebiet beispielsweise mittels einer Diskreten Kosinustransformation (DCT) untersucht werden kann.

[0033] Als Beispiel für die erwähnten Transformationen und wie mit ihnen ein Vergleich von Bilddaten möglich ist, insbesondere wie sich daraus die Orientierung eines Objektes ermitteln läßt, soll am Beispiel der eindimensionalen DCT aufgezeigt werden.

[0034] Die Diskrete Kosinus Transformation ist definiert durch:

$$C(u) = \alpha(u) \sum_{x=0}^{N-1} f(x) \cos \left[\frac{(2x+1)u\pi}{2N} \right]$$

x = kontinuierliche Variable zum Beispiel Ortskoordinate

f(x) = kontinuierliche Funktion, auch Messwerte der reellen Variablen x handelt es sich um diskrete Werte, so ist f(x) ein Vektor

N = Anzahl der zu untersuchenden Stellen, (z.B. Pixel)

u = Variable läuft von 0 bis N-1

$\alpha(u)$ = Normierungsfaktor und beträgt $\sqrt{2/N}$ wenn u größer 0 ist, sonst $\sqrt{1/N}$

[0035] Es ergibt sich daraus für die ersten Terme bei einem N = 4:

$$C(0) = \sqrt{\frac{1}{4}} \sum_{x=0}^3 f(x)$$

$$C(1) = \sqrt{\frac{1}{2}} * \left[f(0) \cos\left(\frac{\pi}{8}\right) + f(1) \cos\left(\frac{3\pi}{8}\right) + f(2) \cos\left(\frac{5\pi}{8}\right) + f(3) \cos\left(\frac{7\pi}{8}\right) \right]$$

$$C(2) = \sqrt{\frac{1}{2} * \left[f(0) \cos\left(\frac{2\pi}{8}\right) + f(1) \cos\left(\frac{6\pi}{8}\right) + f(2) \cos\left(\frac{10\pi}{8}\right) + f(3) \cos\left(\frac{14\pi}{8}\right) \right]}$$

...

[0036] Man erkennt leicht, dass die Berechnung des Werts $C(0)$ ungefähr einen Mittelwert aller diskreten Funktionswerte ergibt. In der zweiten Funktion wird $f(x)$ abgetastet mit dem Kosinus unterhalb von π . Es wird also die Funktion $f(x)$ mit diskreten Funktionswerten des Kosinus von 0 bis π multipliziert und über alle Werte summiert. $C(2)$ beinhaltet die Summation der Funktionswerte multipliziert mit Kosinuswerten im Intervall von 0 bis 2π . Alle weiteren Abtastungen der Funktion $f(x)$ erfolgt mit Kosinusfunktionen höherer Frequenzen.

[0037] Der Vergleich der Messwerte $f(x)$ mit Kosinusfunktionen liefert einen Vektor $C(i)$ in dem die in den Messwerten auftretenden Frequenzen entsprechend gewichtet werden. Allgemein erfolgt ein Vergleich von Objekten im Frequenzraum über den Vergleich des Betrags der auftretenden Amplituden. Die Verschiebung eines Objektes im Ortsraum führt zu einer Verschiebung der Phase im Wellenraum. Somit lässt sich aus der Phasenlage die relative Position der Funktion in Relation zu einer hinterlegten Funktion bestimmen.

[0038] Bei der Untersuchung einer Kreisprofilinie eines 3D-Münzprägebildes findet der Vergleich über den Betrag der Amplitude statt und der Drehwinkel wird über die Phasenlage ermittelt. Ebenso beim Vergleich von Prägebildflächen.

[0039] Für den Vergleich im Frequenzraum, ist es unerheblich ob erst eine Transformation des gesamten Prägebildes erfolgt und dann im Frequenzraum nach einem Prägebildbereich gesucht wird, oder ob erst ein bestimmter Ort lokalisiert wird und dann ein Vergleich nach einer Transformation erfolgt. Der Vorteil des letzt genannten Wegs liegt in der Geschwindigkeit. Das ganze Bild erst zu transformieren und dann schließlich im Frequenzraum zu arbeiten, hat den Vorteil, dass das zu vergleichende Gebiet beliebig groß gewählt werden kann und sowohl die Objektllokalisierung als auch die Diskriminierung im Frequenzraum erfolgt.

[0040] Die Mittelpunktbestimmung über die Ellipsengleichung wird am folgenden Beispiel erläutert. Aufgrund unterschiedlicher Neigungen von Münzprüfgeräten kommt es oftmals dazu, dass Münzen unkontrollierte Bewegungen ausführen. Durch Springen, Rutschen und Kippen lässt sich eine Münze nicht einwandfrei abbilden. Der Rand der Münze erscheint in Form einer Ellipse, was auf eine Verkipfung zurückzuführen ist (vgl. Fig. 2). Für eine einwandfreie Prägebilderkennung ist die Berechnung des Ellipsenzentrums als Mittelpunkt notwendig. Unter Verwendung der Koordinatenpaare von mindestens 4 Messpunkten auf dem Münzrand in der Ellipsengleichung werden Mittelpunktskoordinaten berechnet.

[0041] Die Ellipsengleichung wird umgeformt, so dass die Gleichung mit den Unbekannten x_0 , C , y_0 und a entsteht:

$$\frac{(x - x_0)^2}{a} + \frac{(y - y_0)^2}{b} - 1 = 0$$

$$x^2 + x_0^2 - 2xx_0 + y^2C + y_0^2C - 2yy_0C - a = 0$$

mit $C = a / b$

[0042] Setzt man nun in die Gleichung bekannte Messwerte bzw. Koordinatenpaare $P1=(x_1,y_1)$ und $P2=(x_2,y_2)$ ein und subtrahiert die Gleichungen voneinander, erhält man:

$$x_0 = \frac{x_1^2 - x_2^2 + C(y_1^2 - y_2^2) + 2Cy_0(y_2 - y_1)}{2(x_2 - x_1)}$$

unter Verwendung einer dritten Koordinate

$$x_0 = \frac{x_1^2 - x_3^2 + C(y_1^2 - y_3^2) + 2Cy_0(y_3 - y_1)}{2(x_3 - x_1)}$$

lässt sich aus der Gleichung x_0 eliminieren.

$$C \frac{(y_1^2 - y_2^2) + 2y_0(y_2 - y_1)}{2(x_2 - x_1)} + \frac{x_1^2 - x_2^2}{2(x_2 - x_1)} =$$

$$= C \frac{(y_1^2 - y_3^2) + 2y_0(y_3 - y_1)}{2(x_3 - x_1)} + \frac{x_1^2 - x_3^2}{2(x_3 - x_1)}$$

$$C = \left[\frac{x_1^2 - x_3^2}{2(x_3 - x_1)} - \frac{x_1^2 - x_2^2}{2(x_2 - x_1)} \right] : \left[\frac{(y_1^2 - y_2^2) + 2y_0(y_2 - y_1)}{2(x_2 - x_1)} - \frac{(y_1^2 - y_3^2) + 2y_0(y_3 - y_1)}{2(x_3 - x_1)} \right]$$

[0043] Durch Substitution der Brüche lässt sich die Gleichung reduzieren zu:

$$C = \frac{p}{y_0(k - l) + m - n}$$

[0044] Wiederholung der Rechnung mit zwei weiteren unabhängigen Koordinatenpunkten P3, P4 führt schließlich unter Eliminierung von C zur Lösung von y_0 . Durch Einsetzen in die obigen Gleichungen erhält man direkt das Mittelpunkt-paar x_0, y_0 sowie a und b. Der dabei gemachte Fehler wird dadurch verkleinert, dass weit auseinander liegende Stützstellen P_1, P_2 gewählt werden.

[0045] In einer weiterführenden Lösung bietet es sich an, die Berechnung der Position der Ellipsenmitte durch Hinzunahme mehrerer Stützstellen zu optimieren. Als ein schnelles Verfahren zum Fit von Ellipsen bietet sich zum Beispiel das Zweidimensionale-Newton-Verfahren an.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erkennung von Münzen in einem Münzautomaten, **gekennzeichnet durch** die folgenden Verfahrensschritte:

- mit Hilfe einer Messeinrichtung wird ein Höhenprofil der Münze aufgezeichnet,
- mit Hilfe einer Datenverarbeitung wird aus dem Höhenprofil die Lage des Mittelpunkts der Münze bestimmt und eine Winkorientierung des Höhenprofils in der Ebene der Münzoberfläche festgelegt, wobei die Lage des Mittelpunktes der zu erkennenden Münze bestimmt wird, indem für den aufgezeichneten Rand der Münze die Ellipsengleichung gelöst wird,
- in einem anschließenden Erkennungsschritt wird das Höhenprofil der zu erkennenden Münze mehrfach mit einem Höhenprofil einer Referenzmünze bei einem gemeinsamen Mittelpunkt und unterschiedlicher relativer Winkorientierung gegeneinander derart verglichen, dass
 - aus den Werten der Höhenprofile entlang einem Kreis mit vorbestimmtem Radius ein Vergleichswert ermittelt wird, der die Ähnlichkeit der Höhenprofile bei gegebener Winkorientierung angibt, und
 - ein Extremwert ermittelt wird, der eine maximale Ähnlichkeit für die Vergleichswerte bei unterschiedlichen Winkorientierungen der Höhenprofile zueinander angibt, und
 - der Extremwert zur Erzeugung eines Echt- und Falschsignals dient.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Extremwert zur Berechnung der Verdrehung der Lage der Münze gegenüber einer Referenzmünze dient.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Extremwerte für unterschiedliche Radien ermittelt werden.

4. Verfahren zur Erkennung von Münzen in einem Münzautomaten, **gekennzeichnet durch** die folgenden Verfahrensschritte:

- mit Hilfe einer Messeinrichtung wird ein Höhenprofil der Münze aufgezeichnet,
- mit Hilfe einer Datenverarbeitung wird aus dem Höhenprofil die Lage des Mittelpunkts der Münze bestimmt und eine Winkelerorientierung des Höhenprofils in der Ebene der Münzoberfläche festgelegt, wobei die Lage des Mittelpunktes der zu erkennenden Münze bestimmt wird, in dem für den aufgezeichneten Rand der Münze die Ellipsengleichung gelöst wird,
- in einem anschließenden Erkennungsschritt wird das Höhenprofil der zu erkennenden Münze in einem Bereich, der einen vorbestimmten Abstand vom Mittelpunkt und eine vorbestimmte Ausrichtung gegenüber der Orientierung des Höhenprofils aufweist, mit einem Höhenprofil einer Referenzmünze bei einem gemeinsamen Mittelpunkt und unterschiedlicher relativer Winkelerorientierung der Münzen gegeneinander derart verglichen, dass
 - aus den Werten der Höhenprofile in den Bereichen ein Vergleichswert ermittelt wird, der die Ähnlichkeit der Höhenprofile bei gegebener Winkelerorientierung zueinander angibt, und
 - ein Extremwert ermittelt wird, der eine maximale Ähnlichkeit für die Vergleichswerte bei unterschiedlichen Winkelerorientierungen der Höhenprofile zueinander, und
 - der Extremwert zur Erzeugung eines Echt- und Falschsignals dient.

5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bereiche, in denen der Vergleichswert ermittelt wird, die gleiche Form besitzen.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Vergleichswerte der Absolutbetrag der Differenz der Höhenprofile bestimmt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Extremwert das Minimum der Vergleichswerte bestimmt wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Datenvorverarbeitung mit einer Kantenextraktion durchgeführt wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Höhenprofil der Münze in ein Höhenprofil einer in einer vorbestimmten Lage befindlichen Münze umgerechnet wird, wobei die Lage der Münze der Lage der Referenzmünze entspricht.

10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das umgerechnete Höhenprofil vollständig mit dem Höhenprofil der Referenzmünze verglichen wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** in dem Erkennungsschritt das Höhenprofil der zu erkennenden Münze mit dem Höhenprofil der Referenzmünze in eine Frequenz-Darstellung transformiert und die Frequenzspektren mehrfach bei unterschiedlicher Lage der Münze gegenüber der Referenzmünze miteinander verglichen werden.

12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Vergleichswert aus einer Übereinstimmung von Frequenzamplituden ermittelt wird.

13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Darstellung der Höhenprofile in der im Frequenz-Darstellung eine der folgenden Transformationen verwendet wird:

- Fouriertransformation
- Dadamertransformation
- Haartransformation
- diskrete Kosinustransformation
- diskrete Sinustransformation
- Fast Fouriertransformation
- Wavelettransformation.

Claims

1. Method for identifying coins in an automatic coin tester, **characterised by** the following process steps:

- with the aid of a measuring device a profile of the coin is recorded,
- with the aid of data processing the position of the mid point of the coin is determined from the profile and an angular orientation of the profile established within the plane of the coin surface, the position of the mid point of the coin to be identified being determined by the elliptical equation being solved for the recorded edge of the coin,
- in a subsequent identification step the profile of the coin to be identified is compared repeatedly with a profile of a reference coin with a common mid point and varying angular orientation relative to one another, such that
- a comparative value is detected from the values of the profiles along a circle with a pre-determined radius and which indicates the similarity of the profiles for a given angular orientation, and
- an extreme value is detected which indicates a maximum similarity for the comparative values of the profiles to one another for varying angular orientations, and
- the extreme value serves to produce a genuine coin- and counterfeit coin signal.

2. Method according to claim 1, **characterised in that** the extreme value serves to calculate the rotation of the position of the coin relative to a reference coin.

3. Method according to claim 1 or 2, **characterised in that** the extreme value is detected for different radii.

4. Method for identifying coins in an automatic coin tester, **characterised by** the following process steps:

- with the aid of a measuring device a profile of the coin is recorded,
- with the aid of data processing the position of the mid point of the coin is determined from the profile and an angular orientation of the profile established within the plane of the coin surface, the position of the mid point of the coin to be identified being determined by the elliptical equation being solved for the recorded edge of the coin,
- in a subsequent identification step the profile of the coin to be identified is compared in a region which is a pre-determined distance from the mid point and has a pre-determined orientation relative to the orientation of the profile, with a profile of a reference coin with a common mid point and varying angular orientation of the coins relative to one another, such that
- from the values of the profiles in the regions a comparative value is detected which indicates the similarity of the profiles to one another for a given angular orientation and
- an extreme value is detected which indicates a maximum similarity for the comparative values of the profiles to one another for varying angular orientations, and
- the extreme value serves to produce a genuine coin- and counterfeit coin signal.

5. Method according to claim 4, **characterised in that** the regions in which the comparative value is detected have the same form.

6. Method according to any of claims 1 to 5, **characterised in that** the absolute amount of the difference in profiles is determined as comparative values.

7. Method according to claim 6, **characterised in that** the minimum of the comparative values is determined as an extreme value.

8. Method according to any of claims 1 to 7, **characterised in that** data pre-processing is carried out with edge extraction.

9. Method according to any of claims 1 to 8, **characterised in that** the profile of the coin is converted into a profile of a coin located in a pre-determined position, the position of the coin corresponding to the position of the reference coin.

10. Method according to claim 9, **characterised in that** the converted profile is fully compared with the profile of the reference coin.

11. Method according to any of claims 1 to 10, **characterised in that** in the identification step the profile of the coin to be identified is transformed with the profile of the reference coin into a frequency representation and the frequency spectra are compared with one another repeatedly for varying positions of the coin relative to the reference coin.

12. Method according to claim 11, **characterised in that** the comparative value is detected from a coincidence of frequency amplitudes.

13. Method according to claim 11 or 12, **characterised in that** to represent the profiles in the frequency representation, one of the following transformations is used:

- Fourier transformation
- Dadamer transformation
- Haar transformation
- Discrete cosine transformation
- Discrete sine transformation
- Fast Fourier transformation
- Wavelet transformation

Revendications

1. Méthode pour identifier des pièces de monnaie dans un distributeur automatique de pièces de monnaie, **caractérisée par** les étapes de méthode suivantes :

- à l'aide d'un équipement de mesure, un profil de hauteur de la pièce de monnaie est enregistré,
- à l'aide d'un traitement de données, la position du point médian de la pièce de monnaie est définie à partir du profil de hauteur, et une orientation angulaire du profil de hauteur est déterminée dans le plan de la surface de pièce de monnaie, la position du point médian de la pièce de monnaie à identifier étant définie en résolvant l'équation d'ellipse pour le bord enregistré de la pièce de monnaie,
- dans une étape de méthode suivante, le profil de hauteur de la pièce de monnaie à identifier est comparé plusieurs fois à un profil de hauteur d'une pièce de monnaie de référence au niveau d'un point médian commun et pour différentes orientations angulaires relatives les unes par rapport aux autres de sorte que
 - à partir des valeurs des profils de hauteur le long d'un cercle de rayon prédéfini, il est déterminée une valeur de comparaison qui indique la similarité des profils de hauteur pour une orientation angulaire donnée, et
 - une valeur extrême est déterminée, qui indique une similarité maximale pour les valeurs de comparaison dans le cas de différentes orientations angulaires des profils de hauteur entre eux, et
 - la valeur extrême sert à produire un signal authentique et un signal faux.

2. Méthode selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** la valeur extrême sert au calcul de la torsion de la position de la pièce de monnaie par rapport à une pièce de monnaie de référence.

3. Méthode selon la revendication 1 ou 2, **caractérisée en ce que** les valeurs extrêmes sont déterminées pour différents rayons.

4. Méthode pour identifier des pièces de monnaie dans un distributeur automatique de pièces de monnaie, **caractérisée par** les étapes de méthode suivantes:

- à l'aide d'un équipement de mesure, un profil de hauteur de la pièce de monnaie est enregistré,
- à l'aide d'un traitement de données, la position du point médian de la pièce de monnaie est définie à partir du profil de hauteur, et une orientation angulaire du profil de hauteur est déterminée dans le plan de la surface de pièce de monnaie, la position du point médian de la pièce de monnaie à identifier étant définie en résolvant l'équation d'ellipse pour le bord enregistré de la pièce de monnaie,
- dans une étape de méthode suivante, le profil de hauteur de la pièce de monnaie à identifier est, dans une zone qui présente un écart prédéfini au point médian et un alignement prédéfini par rapport à l'orientation du profil de hauteur, comparé à un profil de hauteur d'une pièce de monnaie de référence au niveau d'un point médian commun et pour différentes orientations angulaires relatives des pièces de monnaie les unes par rapport aux autres de sorte que
- à partir des valeurs des profils de hauteur dans les zones, il est déterminé une valeur de comparaison qui indique la similarité des profils de hauteur pour une orientation angulaire donnée entre eux, et
- une valeur extrême est déterminée, qui indique une similarité maximale pour les valeurs de comparaison dans le cas de différentes orientations angulaires des profils de hauteur entre eux, et
- la valeur extrême sert à produire un signal authentique et un signal faux.

5. Méthode selon la revendication 4, **caractérisée en ce que** les zones dans lesquelles la valeur de comparaison est déterminée possèdent la même forme.

6. Méthode selon une des revendications 1 à 5, **caractérisée en ce que**, comme valeurs de comparaison, la grandeur absolue de la différence des profils de hauteur est définie.

7. Méthode selon la revendication 6, **caractérisée en ce que**, comme valeur extrême, le minimum des valeurs de comparaison est défini.

8. Méthode selon une des revendications 1 à 7, **caractérisée en ce qu'un** prétraitement de données avec une extraction d'arête a été effectué.

9. Méthode selon une des revendications 1 à 8, **caractérisée en ce que** le profil de hauteur de la pièce de monnaie est converti en un profil de hauteur d'une pièce de monnaie se trouvant dans une position prédéfinie, la position de la pièce de monnaie correspondant à la position de la pièce de monnaie de référence.

10. Méthode selon la revendication 9, **caractérisée en ce que** le profil de hauteur converti est comparé complètement avec le profil de hauteur de la pièce de monnaie de référence.

11. Méthode selon une des revendications 1 à 10, **caractérisée en ce que**, dans l'étape d'identification, le profil de hauteur de la pièce de monnaie à identifier avec le profil de hauteur de la pièce de monnaie de référence a été transformé en une représentation de fréquence, et **en ce que** les spectres de fréquence ont été comparés plusieurs fois entre eux pour différentes positions de la pièce de monnaie par rapport à la pièce de monnaie de référence.

12. Méthode selon la revendication 11, **caractérisée en ce que** la valeur de comparaison est déterminée à partir d'une coïncidence d'amplitudes de fréquence.

13. Méthode selon la revendication 11 ou 12, **caractérisée en ce que**, pour la représentation des profils de hauteur, une des transformations suivantes est utilisée dans la représentation de fréquence :

- transformation de Fourier
- transformation de Dadamer
- transformation de Haar
- transformation cosinus discrète
- transformation sinus discrète
- transformation de Fourier rapide

- transformation d'ondelettes.

5

10

15

20

25

30

35

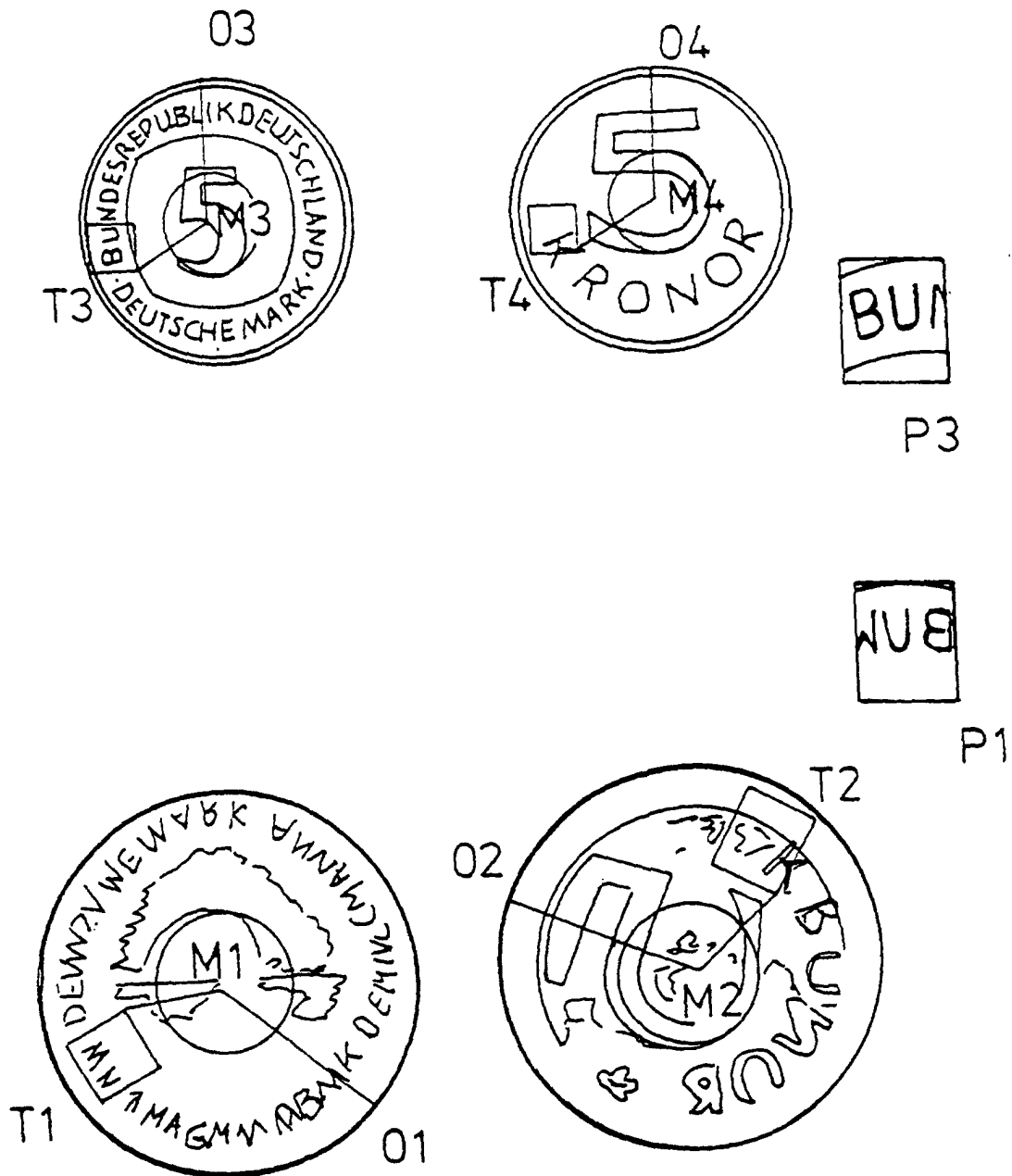
40

45

50

55

Fig. 1



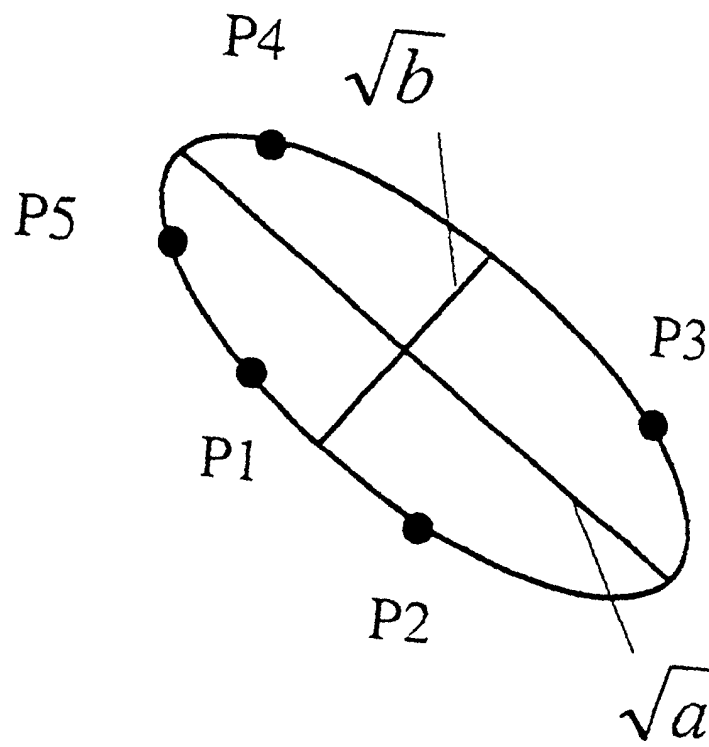


Fig. 2