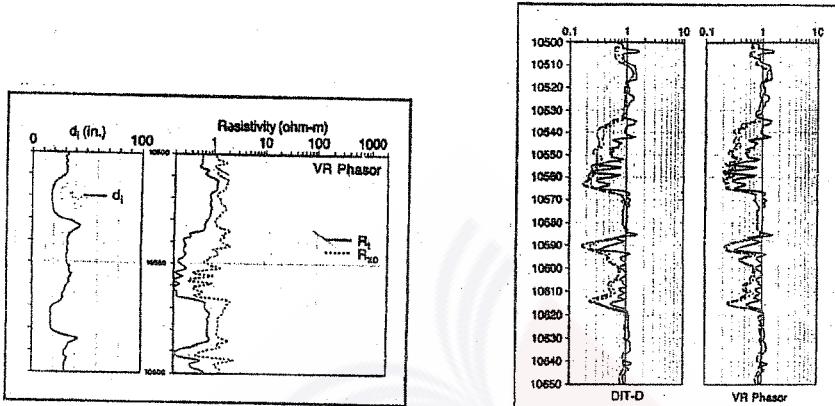


ويتوقع وجود نوعين عاميين من المناطق الانتقالية: واحد ذو مقطع منحدر "Slope" وذلك بانتقال مستمر من R_{x0} إلى R_t عبر بعض المسافة القطرية، والثاني مقطع النطاق الحقلي المائي. وقد بينت الدراسات أن المقاطع المنحدرة تعطي خطأ صغيرا في تقدير R_t في حالة استخدام طرائق اللوحات الزوبعية. أما مقاطع الطوق المائي فيمكن أن تسبب أخطاء معتبرة في تقدير R_t ، ولكن يمكنها أن تعين بالمقارنة بين تسجيلات الطوري المنفذة في حالة العمل بثلاثة ترددات للتيار أو بإضافة جهاز R_{x0} مثل سايرة الميكروسيف. يوضح الشكل (7 - 14) نتائج تفسير القياس التحريري الطوري - سيفل بشكل بياني.

٧- ٩ - ٤ - استجابة التحريري الطوري في سائل الحفر ذي الأساس النفطي: يزودنا أيضا التحريري الطوري عند استخدامه في الآبار المحفورة بسائل الحفر ذو الأساس النفطي بقيم مقاومية أفضل. ولتعيين مقطع غزو ما نحتاج لثلاث قياسات بأعمق سبر مختلفة. عندما يستخدم سائل حفر ذي أساس نفطي، لا يمكن استخدام جهاز SFL لقياس مقاومة الضحلة، ولكن الطوري ذو إشارات - × يزودنا ببعض المعلومات الإضافية العميقية. وقد تم اختبار عدةمجموعات من قياسات إشارة - × بالنسبة لتفسير الغزو - وخاصة عند اقتطاع غزو ضحلة. (القسم العلمي)

٧- ٩ - ٥ - دراسة حالة تطبيقية لاستخدام القياس التحريري الطوري: يتضح من المثال التالي فعالية حسابات التصحيحات للأوساط المحيطة في حالة القياس بالجهاز التحريري الطوري التفصيلي جدا (2 قدم). يوضح الشكل (7 - 15 - a) مقارنة بين تسجيلات التحريري المضاعف التقليدي والتحريري الطوري. نلاحظ أن المنطقة القريبة من العمق 10560 / قدم توضح وجود مجموعة طبقات رقيقة على منحني --- SFL , بينما منحني ILD لا يمكن ربطه مع منحني --- SFL . أما تسجيل التحريري الطوري 2 قدم فيحدد بوضوح هذه الطبقات. وفي الشكل (7 - 15 - b) تم عرض نتائج تفسير المنحنيات المسجلة بإلغاء تأثير الغزو.



شكل (7 - 15 - b) تفسير تسجيلات DIL والتحريضي الطوري VR (2 قدم) لتوضيح فصل الطبقات الرقيقة.

7 - 10 - مقارنة بين مميزات وعيوب استخدامقياسات الموجة والتحريضية:

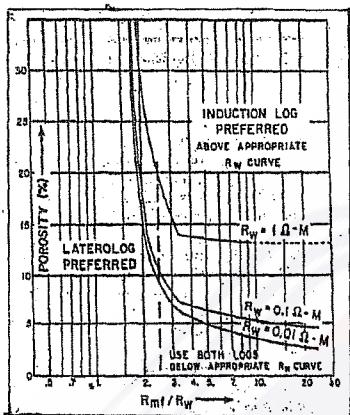
تتم في الوقت الحاضر، قياسات المقاومية الكهربائية بأجهزة موجهة، وقد صممت هذه الأجهزة لتقليل تأثير سائل الحفر وقطر حفرة البئر والطبقات المجاورة. يوجد نوعان من السوابير هما الالاترولوغ والتحريضية. تتميز السوابير التحريضية بأنها عبارة عن أجهزة حساسة جداً للنقاية الكهربائية، تظهر دقتها العظمى في الطبقات ذات المقاومية القليلة والمتوسطة، أما السوابير الالاترولوغ فهي أجهزة لقياس المقاومية ذات دقة عظمى في الطبقات ذات المقاومية العالية والمتوسطة.

يوجد تداخل بين مجالات تطبيق هذين النوعين من السوابير، لهذا تم وضع اللوحة (شكل 7 - 16) للحالات المتوسطة \pm من الصفر وحتى 80 بوصة، مع إمكانية حدوث الطوق المائي. وهذه اللوحة للإرشاد فقط وبالنسبة للشروط الأخرى غير المذكورة، فإن مجالات التطبيق يمكن أن تختلف.

وكما يوضح الشكل فإن قياسات الالاترولوغ تفضل عند قيمة R_w / R_{mf} واقعة إلى اليسار من الخط العمودي المقطع وإلى يسار الخط المتصل بالنسبة لقيمة R_w مناسبة.

أما القياسات التحريرية ففضل أعلى خط R_w المناسب. أما إلى يمين الخط المقطعي وأسفل منحنى R_w المناسب فيمكن استخدام أحد القياسين أو كلاهما من أجل تفسيرات دقيقة. وببساطة يمكن وصف طبيعة

النوعين من السوابير بالقول بأن أجهزة الاترولوغ "ترى" المناطق ذات المقاومية الأكبر بينما الأجهزة التحريرية "ترى" المناطق ذات الناقلة الأكبر. وهذا عندما يكون $R_t < R_{x0}$ يفضل استخدام السابورة الاترولوغ وعندما $R_{x0} > R_t$ تكون السابورة التحريرية هي المفضلة.



شكل (7 - 16) المجالات المفضلة لتطبيق التسجيلات التحريرية والاترولوغ بالنسبة لحالات عامة.

تزودنا القياسات التحريرية باستجابات مقبولة تتعلق بالطبقات الرقيقة والتي تجعل إنجاز تقويم الطبقة ممكناً للطبقات ذات سمكية أقل من 3 أقدام (IDER, IMER) أما قياسات المقاومية الموجهة (الاترولوغ) قد تبرز استجابة أفضل للطبقات الرقيقة (ماعدا في بعض الحالات الخاصة جداً) يمكن الاعتماد عليها في تقويم الطبقات ذات السمكية الأكبر من 3 قدم.

وجميع القياسات الموجهة والتحريرية تتأثر بحفرة البئر وبالطبقات المجاورة، حتى في حالة الطبقات السميكة التي تتأثر أيضاً بالجوار، لهذا يجب تصحيح القياسات لإبعاد هذه التأثيرات. وتكون عادة هذه التصحيحات صغيرة ولكن من المفضل تتفيدما للتأكد من عدم ملاحظتهم في تلك الحالات القليلة حيث يكون تأثيرهم واضحـاً.

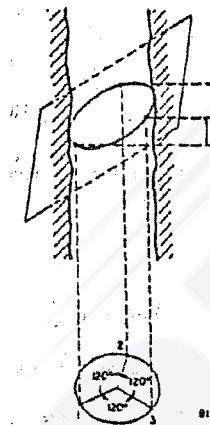
واللحصول على المقاومية الحقيقية يجب إبعاد تأثير الغزو ويطلب ذلك ثلاث تياسات لالمقاومية ذات أبعاد سبر مختلفة. (راجع القسم العملي).

الفصل الثامن

قياس انحدار الطبقات DIPMETER

8 - 1 - تطبيق أجهزة قياس انحدار الطبقات

الأجهزة البدائية التي استعملت لقياس الانحدار استخدمت أولاً ثلاثة ذراع يحمل كل منها قطب لقياس الكمون الذاتي موضوع على وسادة مطاطية وبذلك يتوافر ثلاثة منحنيات كمون المستوى نفسه (الشكل 8 - 1).



إن مستوى الطبقة الذي يقطع البئر بزاوية معينة سوف يولد شواد مختلفة عند كل قطب وهذه الشواد تسجل على أعمق مختلفة في المنحنيات الثلاثة. إن الانزياحات النسبية لهذه الشواد تستخدم لحساب ميل الطبقة بالنسبة للمستوى العمودي على محور البئر أو الجهاز.

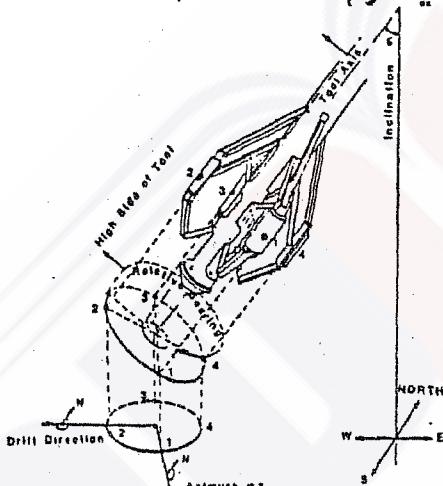
الجهاز ثلاثي الأذرع يتصرف

بمساوىء عديدة أهمها أنه حين اخفاقي شكل 8 - 1 مقياس الانحدار الثلاثي الأذرع أحد الأقطاب في القياس أو أعطى قياسا خاطئا نتيجة لعدم التلامس الجيد نتيجة كون البئر بيضوية فقد انفى وجود ثلاثة نقط لتشكيل المستوى.

وتلقيا لهذه العيوب استخدمت أجهزة ذات أذرع أربعة يميل كل ذراع عن الآخر بمقدار 90° . ونظرا لأن الآبار نادراً ما تكون دائيرة فإن نظام الأربعه أذرع وفياسي القطر المتعامدين يعطيان تصوراً أفضل عن هندسة البئر كما يعطيان تلامساً وسادياً أفضل من جهاز الثلاثة أذرع وكذلك فإن حسابات الميل ممكنة حتى عندما تتحقق إحدى الوسادات في ملامسة جدار البئر. وهناك أجهزة تسمح بحركة مستقلة لكل ذراع من الأربع أو جعل الوسادة مت拗ورة مع نهاية ذراع جهاز قياس القطر، وهذا يحسن تلامس الوسائد مع جدار البئر غير المنتظمة. وهناك أجهزة بستة أذرع متقابلة والفائدة من ذلك جعل نقاط الترابط أقرب إلى بعضها

على محیط البئر وبذلك يتم تحسین تشابه المنحیات، كما أنه يسمح بإجراء القياسات في آبار أكثر وعورة بالإضافة إلى المساعدة في مركزة محور الجهاز مع البئر. ونشرج فيمايلي جهاز قياس الانحدار الرباعي الأربع وما يحتويه من أجهزة.

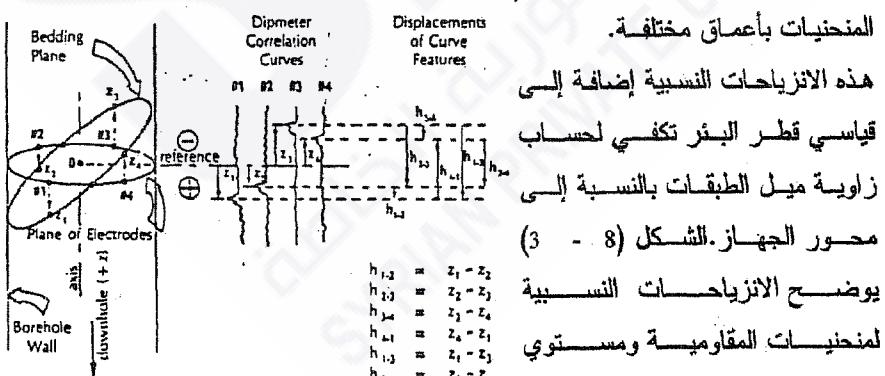
2 - 8 - جهاز قياس الانحدار الرباعي الأربع



شكل 8 - 2. جهاز قياس الانحدار الرباعي الأربع

وعندما يسحب الجهاز إلى الأعلى يتم تسجيل أربع مخطوطات للمقاومة لأربعة جوانب من سطح البئر، وبالمحافظة على وجود الأقطاب الأربع في المستوى العمودي على محور الجهاز فإن مقاومة الطبقة المقاسة تسجل على المنحیات بأعمق مختلفة.

هذه الاذياحات النسبية إضافة إلى قياسي قطر البئر تكفي لحساب زاوية ميل الطبقات بالنسبة إلى محور الجهاز. الشكل (8 - 3)



شكل 8 - 3. الاذياحات النسبية لمنحیات المقاومية ومستوى الأقطاب ومستوى الطبقة

٣- الأجهزة التي يتضمنها نظام قياس الانبعاث

يتالف جهاز قياس انحدار الطبقات من الأجهزة التالية:

أ - نقطاب القياس: Measure Electrods

وهي عبارة عن أربعة (ستة أو ثمانية أو أكثر) أجهزة قياس للمقاومية الكهربائية الميكروية مثل MLL موضوعة على وسادة مطاطية وتقيس مقاومية المنطقة المغسلة.

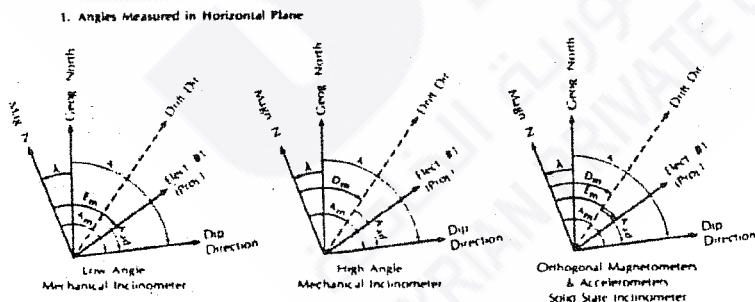
CALIPER - جهاز قياس قطر

وهي عبارة عن أربعة أندرع مزودة بالطاقة هيدروليكيًا تعمل كجهازين مستقلين لقياس الأقطار ويتوسطان بزاوية قائمة ويكون قطر القياس من 5 إلى 22إنش وتخدم هذه الأذرع لحمل أقطاب القياس في نهايتها. ويخدم جهازي قطر البئر المتعامدين في الكشف عن استطالة البئر المرتبطة باتجاه الانحراف وميل الطبقات وكذلك تصف بشكل مفصل هندسة البئر لكونها تحوي على أربعة أو ستة أندرع متقاربة.

٦- أجهزة قياس الاتجاه.

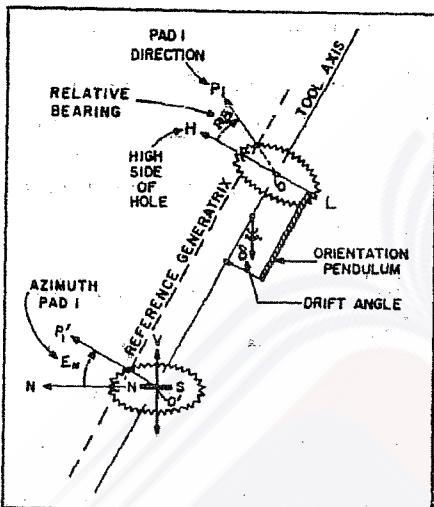
تصمم أجهزة أو أنظمة قياس الاتجاهات لتصف وتسجل اتجاه جهاز الانحدار في الفضاء ويتم قياس الكميات المبنية في الشكل (8 - 4). الزاوية النسبية RB، زاوية انحراف البئر عن الشاقول WD، سمت الاكترود الأول #1، اتجاه انحراف البئر HAZ. وهناك نوعان من أنظمة التوجيه إما ميكانيكية أو ذات حالة صلبة وسنشرح كلاماً من النوعين:

و سنشرح كلام من النوعين:



شكل (٤-٨) يصف زوايا اتجاه مقياس انحدار الطبقات في المستويين الأفقي على محور الجهاز

أولاً - جهاز قياس الاتجاه الميكانيكي Mechanical Inclinometer.



يعتمد هذا النظام على مشعرات مغناطيسية أو كهرومغناطيسية حيث تعلق بوصلة بمقسم جهد لاستخدامها في قياس سمت القطب الأول #1. أما انحراف البئر WD فيتم بواسطة بندول بسيط مع مجزء جهد. والزاوية النسبية RB فتقاس بواسطة أسطوانة لامتناورة محورها ينطبق مع محور الجهاز والشكل (8 - 5) يبيّن كيفية عمل الأجهزة السابقة.

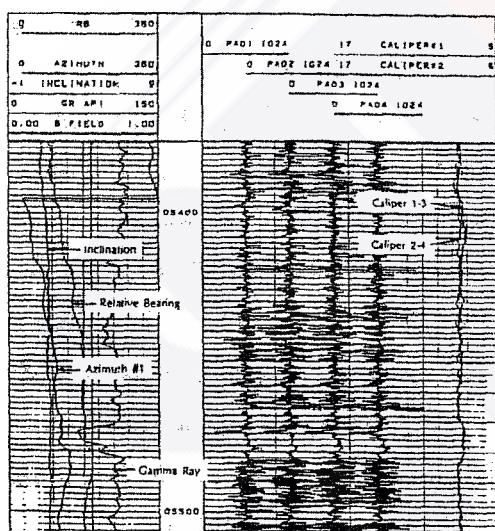
شكل (8 - 5) تمثيل لنظام التوجيه الميكانيكي حسب Schlumberger

ثانياً: جهاز قياس الاتجاه ذو الحالة الصلبة Solid State Inclinometer. نظام قياس الاتجاه ذو الحالة الصلبة يعتمد التقنية الحديثة (الحالة الصلبة أي استخدام أنسف الناقل أو الدارات التكاملية IC أو للحواسب). فعوضاً عن استخدام إشارات الاتجاه المباشرة يتم معالجة مركبات الشدة المغناطيسية المقاسة بواسطة ثلاثة أجهزة متوضعة بشكل متزامن بواسطة حاسب العربة بقياس سمت القطب الأول #1 و WD و RB إن إشارة الخرج النسبية للمحاور الثلاثة تحدد الجملة المقاسة بالنسبة لخطوط التتفق المغناطيسي للأرض. إن الحصيلة الهندسية للمركبات الثلاثة يجب أن تساوي الحقل المغناطيسي الأرضي لهذه النقطة المقاسة وتوضح فيما إذا كان عمل مجموعة المشعرات سليماً أو لا ولكنها لا تدل على المشرع ذي القياس الخاطئ.

ويحوي جهاز قياس الاتجاه ذو الحالة الصلبة على ثلاثة أجهزة لقياس التسارع متوضعة بشكل متزامن. تقيس هذه الأجهزة المركبات الثلاثة للجاذبية الأرضية. إن إشارة الخرج النسبية لكل من الأجهزة المعنطيسية والجاذبية تعرف اتجاه الجهاز

بالنسبة للشاقول في كل من المشعر الدوراني والشاقولي. وبهذه الطريقة يتم تعريف كل من الزاوية النسبية RB وزاوية انحراف عن الشاقول WD واتجاه انحراف البئر HAZ. وبما أن المجموع الهندسي لمركبات التسارع الثلاثة يجب أن يساوي مجموع حقل الجاذبية فإن هذا المفهوم يعطينا انتظاماً عن سلامة عمل مجموعة أجهزة قياس التسارع المتعامدة. إضافة إلى ذلك فإن مقياس التسارع الثالث والذي ينطبق محوره على محور البئر (أو الجهاز) يمكن أن يعطينا إشارة تسجيل التسارعات التي يتعرض لها الجهاز أثناء حركته على امتداد البئر. إن تكامل هذه الإشارة يعطينا منحنياً للسرعة يمكن استخدامه لتصحيح تسجيلات جهاز انحدار الطبقات من أجل تغيرات سرعة رفع جهاز القياس.

8 - 4 - القياسات التي يقدمها جهاز الانحدار



يقوم جهاز قياس الانحدار بقياس المقاومة الميكروية للمنطقة المسولة من الطبقة بواسطة الأقطاب الأربع كل على حدة. إضافة إلى قياس الإشعاعات الطبيعية للطبقة GR وقياس الزاوية النسبية RB وزاوية انحراف البئر عن الشاقول WD وسمت القطب المركبي #1. وكذلك منحني تغير قطر البئر عبر الأذرع المقابلة d_1 و d_2 - d. الشكل (8 - 3).

شكل (8 - 6) معطيات جهاز قياس الانحدار

8 - 5 - تقدير ترابط المعنويات

لتأخذ بالحسبان منحني المقاومة الميكروية المعين في الشكل (8 - 7) فنجد أنه من الواضح جداً الترابط بين الذروتين الكبيرتين ولكن إذا نظرنا بتفصيل أكبر نلاحظ ترابطات أخرى أقل وضوحاً للذرى الأصغر. وذلك يضعنا مباشرة أمام مشكلة،

فالذروة الكبيرة تظهر إزاحة بين المنحنيين باتجاه أولى بينما الذرى الأصغر تعرف انزياح تقريري في الاتجاه المعاكس. وهذا حقيقة واقعة في ترابط قياسات ميل الطبقات.

ويجب أن نذكر دائما إننا نتعامل مع امتداد صغير جدا للصخر وهو عرض البتر. إن التفحص الدقيق لبروزات المنحنيات بهذا المقاييس أو الامتداد يمكن أن يوضح أي شيء عدا حدود الطبقات المتوازية. إن البروز الكبير الموضع في

الشكل (8 - 7) يمثل إحدى الصفات الرسوبيّة الشائنة أو حادث جيولوجي ما.

أما البروزات الصغيرة ربما كانت ناتجة عن تغيرات ثانوية في محتوى الغبار أو تغيرات في الصفات الخزنية للطبقة. ولامتحن البروزات الصغيرة هذه يمكن أن تدل على:

- توازي الطبقات المتطبقة.

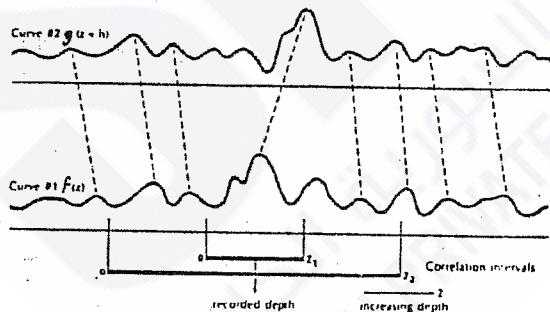
- طبقات صغيرة متكررة ومتعرجة.

- وربما تمثل ميل البنية الجيولوجية Structural Dip.

ويمكن وصف كلا المنحنيين كتابع للعمق وتمثيلهما رياضيا بالتابعين

المستقلين (z) و $F(z)$ حيث Z هو العمق.

CORRELATION CURVES



شكل (8 - 7) منحني المقاومة $F(z)$ و $G(z)$ ومجال الارتباط Z_1 و Z_2

وطرق ترابط المنحنيات متعددة أهمها:

أ - الترابط بالطريقة الضوئية.

ب - الترابط بواسطة طرح منحني من آخر.

ـ الترابط بواسطه مقابلة المنحنيات.

و سنوضح عملية الترابط بواسطة مقابلة المنحنيات لأهميتها واستخدامها في امتحان التفسير بواسطة الحاسوب.

٥ - ١ - الترابط بواسطة مقابلة المنهجيات.

إن الهدف الرئيسي من عملية الترابط هو الحصول على قيمة الإزاحة التي تحدث عندها التشابه الأفضل. ويتم ذلك أولاً بإجراء انزياح hi للمنحنى الثاني #2 ومن ثم يتم ضرب القيم المقابلة من المنحنى الأول #1 مع المنحنى الثاني #2 وناتج جمع قيم الجداء يعطينا ما يسمى بتابع الارتباط C عند الإزاحة hi والذي يعرف درجة التشابه عند هذه الإزاحة. وتكتب العبارة الرياضية التي تعبر عن درجة التطابق بين المنحنين كتابع للإزاحة .

$$C(h) = \frac{1}{Z} \sum_{z=0}^Z f(z) * G(z+h) \quad (1-8)$$

حيث (z) و $f(z)$ يمثلان منحنى الترابط.

Z : طول مجال الارتباط.

z : العمق المتزايد من 0 \leftarrow

h : مقدار الإزاحة بين المنحنيين.

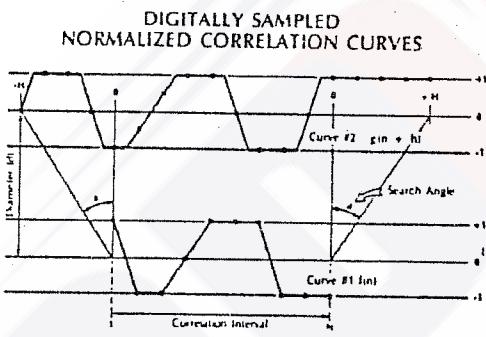
وقيمة تابع الارتباط $C(h)$ عند قيمة الإزاحة h ندعوها بمعامل الارتباط. إن تابع الارتباط $C(h)$ سوف ينتج ذروة مميزة عند الإزاحة التي تعطينا أفضل تطابق بين منختين.

$$C(h) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N f(n) * g(n+h) \quad (2-8)$$

حيث: n : العمق الذي تؤخذ عنده العينة والمناظر لـ z .
 N : عدد العينات المدروسة والمناظر لطول مجال الارتباط.

8 - 5 - 8 - 2 - تسوية منحنيات الترابط.

بهدف تسهيل وتحسين عملية الارتباط تقوم بتسوية منحنيات الارتباط الأولية وذلك برسم خط متوسط (خط الصفر) خلال الحدود الأعظمية والأصغرية للتربينيات وإعادة تعيير المنحني من القيمة -1 إلى القيمة $+1$ كما في الشكل (8-8).



شكل (8-8) يمثل تسوية المنحنيات.

بهذه المناورة نعدل ونضبط المنحنيات ذات الحساسية المختلفة ونضخن التربينيات الصغيرة مما يؤدي حساسية أكبر في منحني الترابط.
 إن بعض أجهزة قياس الانحدار المستخدمة تسجل منحنيات مرسوم فيها خط الصفر إلى أنها مسواة سلقا.

8 - 6 - بناء مخطط الترابط Correlogram

إن المنحنين المسوبيين المبينين في الشكل (8 - 8) لمنحني القطب الأول #1 المعروف بالتتابع $f(n)$ ومنحني القطب الثاني #2 المعروف بالتتابع $g(n + h)$ وبالعودة إلى المنحنين المسوبيين نجد أن طول مجال الارتباط على منحني #1 مساو لعشرين عينات ($N = 10$ $h = 4$). وبالتالي مسافة بحث $H = 4$ وبنك يصبح طول منحني #2 الذي سيبحث فيه عن مدى التطابق $N+2H$.

ويمكن تحقيق ذلك بوضع نسخة شفافة من منحنى #1 على منحنى #2 بدءاً من العمق $4h$ - n وحساب تابع الارتباط وفق العلاقة

$$C(h) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N F(n) * g(n + h) \quad (3-8)$$

وبزيادة الإزاحة بينهما عينة واحدة (h) في كل مرة باتجاه فوهة البتر. وعند كل عينة يحسب قيمة معامل الارتباط (n_i) وذلك بقراءة قيمة العينة n_i من منحنى #1 ومنحنى #2 وحاصل جدائهما نضعه كما هو مبين في الجدول (8 - 1).

CORRELATION FUNCTION TABLE

$(i-h) =$	-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	Shift Curve #1
$n =$	1	0	+1	+1	0	-1	-1/2	+1/2	+1	+1
$n = 2$	-1	-1	0	+1	+1/2	-1/2	-1	-1	0	
$n = 3$	-1	0	+1	+1/2	-1/2	-1	-1	0	+1	
$n = 4$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
$n = 5$	-1	-1/2	+1/2	+1	+1	0	-1	-1	0	
$n = 6$	-1/2	+1/2	+1	+1	0	-1	-1	0	+1	
$n = 7$	+1/2	+1	+1	0	-1	-1	0	+1	+1	
$n = 8$	-1	-1	0	+1	+1	0	-1	-1	-1	
$n = 9$	-1	0	+1	+1	0	-1	-1	-1	-1	
$n = 10$	0	+1	+1	0	-1	-1	-1	-1	-1	
$C(h)$	-5	+1	+6 1/2	+5 1/2	-1	-6	-6 1/2	-3	+1	Correlation Function

جدول (8 - 1) يمثل قيم عامل الارتباط لكل عينة وقيمة الارتباط الكلي لكل إزاحة. وتتابع الارتباط الكلي $C(h)$ عند إزاحة $h = 4$ هو الجمع الجيري للنتائج المسجلة أمام كل عينة. ثم ينقل منحنى #1 عينة نحو اليمين باتجاه فوهة البتر فتصبح الإزاحة $-3h$. ونقوم بحساب قيمة معامل الارتباط عند كل عينة n_i وتتابع الارتباط $C(h)$ عند الإزاحة $-3h$ ونضع الناتج في الجدول وتكرر هذه العملية مروراً بالإزاحة ϕ حتى الإزاحة $h = 4$ وبذلك يصبح لدينا تسعة قيم لـ $C(h)$ مقابلة للإزاحات التسع.

تحمل قيم تابع الارتباط $C(h)$ وقيم الإزاحة h بشكل تصالبي على محوري إحداثيات فنحصل على ما يسمى بمنحنى الترابط. المبين في الشكل (8 - 9).

إن القمة العظمى الناتجة في منحنى الترابط تمثل التطابق الأفضل للمنحنين وتقع هذه القمة بين وضعى الإزاحة $h_1 + 2h$ و $h_1 + 3h$. وجدت الحادة بأن نقول بأن