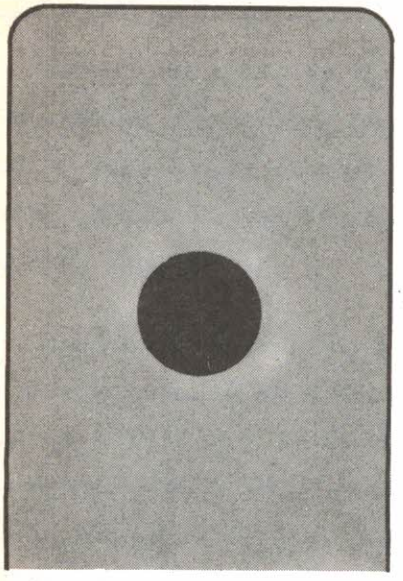


استخدام الحاسبات في السيطرة

ترجمة : زهير هادي صالح
المركز القومي للحاسبات الالكترونية

عن كتاب :

The Computerized Society.
Martin J. and Norman A.R.D.
Peican Books 1973

المقدمة

تهدف المقالة الى توضيح بعض تطبيقات الحاسبات الالكترونية لاغراض السيطرة على عمل الاجهزة الصناعية او بصورة عامة على الانظمة والوسائل آلكنولوجية .

لا تفترض المقالة في قارئها أكثر من معلومات عامة عن امكانيات وبعض تطبيقات الحاسبات وتركز على تعريف بعض مصطلحات الموضوع من خلال امثلة مبسطة وملموسة صورة عامة .

السيطرة من خلال التغذية الارجاعية (Feed – Back Control)

تخيل صبيا يقود دراجة هوائية على طريق ريفي ملتو ـ هنالك مسار محدد ، ربما يكون خطا ابيض في وسط الطريق يرغب في تتبعه . اذا كان منتبها فأنه قد لا يحيد الا قليلا عن مساره المقصود و تصوره وقد حجب نظره وربطت عيناه بربطة ما من قبل صديق له وانهما قررا ان يقوم الاول بقيادة الدراجة وتوجيهها حسب ايعازات يصرخ بها الثاني وهو يتبعه .

سيكون هنالك الان تخلف زمني (time - lag) بين حيده عن المسار الصحيح واكتشافه ضرورة تصحيح هذا الانحياد . وبسبب هذا التخلف الزمني فأنه سيتأرجح بعيدا عن المسار الامثل (optimum course) . لو كانت الايعازات الواردة اليه سريعة ودقيقة وبصوت عال فأنه سيتمكن من ابقاء دراجته بصورة تقريبية على الطريق الصحيح اما لو كانت الايعازات مبهمة او غير دقيقة فأن الذبذبة (oscillations) حول المسار المقصود ستكون أكبر . وقد يصل تأرجحه الى حد خطر كحافة الطريق وعندها يصرخ رفيقه بنبرة اعلى محذرا . من المحتمل ان يعوض سائق الدراجة هذه الازاحة باستدارة حادة فيأتيه ايعاز آخر لتقويم (rectify) تأرجحاته ولكن مساره الان سوف يكون سلسلة من الذبذبات الكبيرة .

تحدث الذبذبات ايضا في الاقتصاد القومي لدولة ما ، في حالة ربح او خسارة مؤسسة ما،في كمية الخزين لدى موزع ما ، او على مقياس اصغر بكثير في فولتية دائرة الكترونية غير موازنة (stabilized) جيدا . يمكن السيطرة على كل هذه الذبذبات باستخدام اجهزة او وسائل سيطرة ملائمة ولكي نستطيع السيطرة عليها لابد من تغذية ارجاعية (feedback) في أجهزة السيطرة تعطي معلومات تصف كيفية انحياد العملية (process) عن هدفها المقصود ، كما في حالة الصبي والدراجة . ان المقاييس الزمنية للعمليات المذكورة اعلاه قد تتباين كثيرا ولكن في جميع الحالات كلما ازداد الوقت المستغرق للتغذية الارجاعية كلما كبرت الذبذبات . وكذلك اذا كانت المعلومات المرجعة غير دقيقة فأن الذبذبات ستكون أكبر .

هنالك اليات (mechanisms) كثيرة التنوع تستخدم للتحكم في الاجهزة والعمليات .

البعض منها بسيط جدا مثل آلة التحكم بسرعة الماكنة البخارية والبعض الاخر معقد جدا ويتطلب استخدام حاسبة الكترونية . ان استخدام الحاسبات في السيطرة على العمليات المعقدة سيكون من التطبيقات المهمة في المستقبل سواء كانت تلك العمليات ادارية او ميكانيكية او كيمياوية . ويمكن السيطرة على العديد من العمليات في وقتنا الحاضر وبصورة اكفأ باستخدام الحاسبة وهناك عمليات عديدة كانت تعتبر معقدة ولكن عصر الحاسبات سيجعلها ممكنة فعلا .

لغرض التوصل الى السيطرة على عملية ما يجب ما يلي :

1 – جمع البيانات او القياسات الجارية عن كيفية اداء العملية المنوي السيطرة عليها .

2 – مقارنة هذه البيانات مع الاهداف التي سبق وضعها وتحديدها .

3 – اتخاذ الاجراءات اللازمة لتصحيح اي انحراف عن الاهداف ولتوجيه او جدولة (scheduling) العمليات المقبلة بشكل يمكن من الوصول الى اداء مستقر وامثل (stable and optimal) .

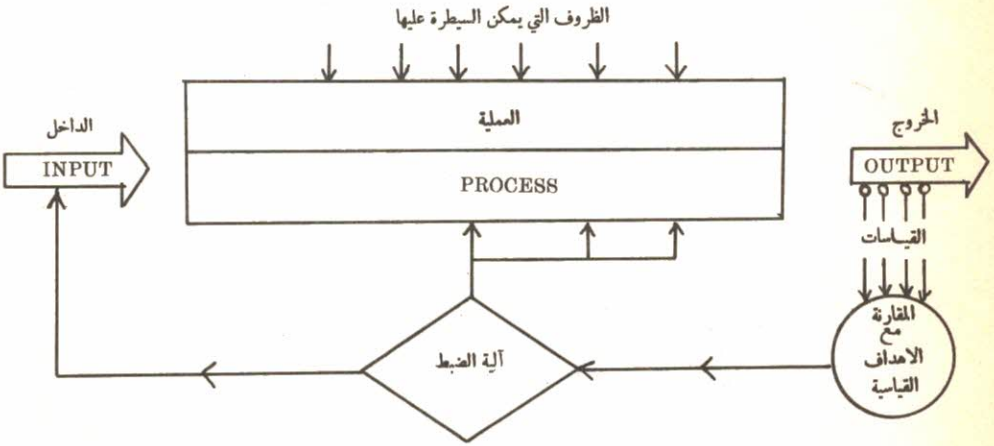
من بين الامثلة على ذلك الالية التي تقوم بالسيطرة على تدفق الالكترونات في دائرة الكترونية باستخدام التغذية الارجاعية لمعلومات الاداء . مثل آخر هو الالية التي تتحكم في وظائف معظم الاعضاء الحية . ان التغذية الارجاعية هي المفتاح المؤدي الى الاتمتة (Automation) لانها تمكن من التحكم في المكائن والعمليات دون تدخل بشري .

ان الرجل الذي يقود سيارته على الطريق يمارس في الواقع عملية التغذية الارجاعية للسيطرة عليها . كما ويتم تصحيح انحراف الصاروخ المتجهة نحو المريخ اجهزة تحسسية الكترونية (Electronic Sensors) تستخدم التغذية الارجاعية وبطريقة تشبه المثال السابق للصبي الذي يقود دراجته وفق ايعازات زميله ولكنها اسرع بكثير . في مصنع ما نجد السيطرة على فيض العمل تتم بواسطة المسؤولين عن توزيع وادخال المهام الذين يمارسون التغذية الارجاعية بمراقبتهم لسير العمل وفي هذه الحالة تستطيع الحاسبة الالكترونية جمع المعلومات بسرعة ودقة من مختلف اقسام

المصنع (او المؤسسة) وتقديمها بشكل انظمة معلومات ادارية (Management Information systems) للادارة المسيطرة . ستقوم الحاسبات تدريجيا بالكثير من أعمال السيطرة بنفسها .

. ان نظرية التغذية الارجاعية لها أهمية اولية للمهندسين الذين يصممون اليات سيطرة للاجهزة الميكانيكية او الالكترونية في المصانع الكيمياوية وفي المفاعلات الذرية وفي موازنة المدافع على الدبابات المتحركة . . الخ كما وان لها قيمتها ايضا لعلماء النفس الدراسين للانسان . ان تطبيقات النظرية في المصانع والاجهزة الادارية قد تكون اقل وضوحا ولكن هنا ايضا تستخدم التغذية الارجاعية لمراقبة وموازنة ما يحدث . للتوصل الى السيطرة على عملية ما يجب تحديد هدف او حالة منشودة (desired state) لذا فأن وظيفة الاجهزة المستخدمة للسيطرة الى هذا الهدف .

الشكل رقم (1) يبين لنا عملية تحت السيطرة التلقائية . الدخل (Input) الى العملية يؤدي الى الخرج (Output)منها الذي يقارن بالاهداف القياسية . (Standard Objectives) .



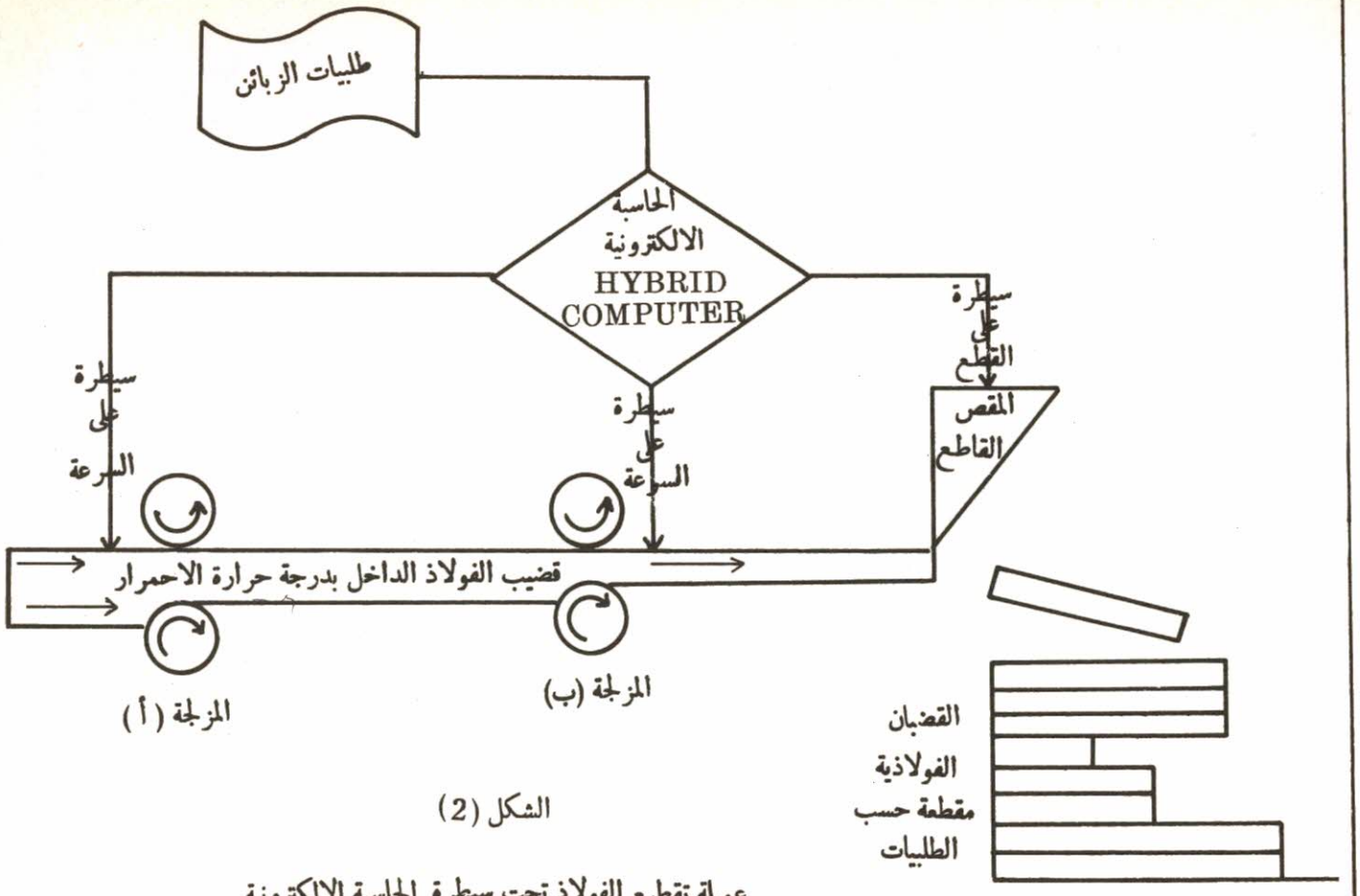
الشكل (1)
عملية تحت السيطرة التلقائية

نظراً لوجود بعض الظروف التي تؤثر على العملية ولايمكن السيطرة عليها لذا ينتج انحراف كبير عن النتائج المنشودة . ان الانحراف ونسبة تغيره اللذين يتم قياسهما بواسطة الجهاز المقارن (Comparator) تتم تغذيتهما ارجاعياً الى آلية الضبط (Adjusting Mechanis) (التي قد تكون عملية إدارية تتضمن اتخاذ قرارات بشرية بالاضافة الى قرارات ممكنة) . تقوم هذه الالية بتغير كمية الدخل والسيطرة على اداء العملية للوصول الى الخرج المنشود .

قد يكون الهدف المحدد هو المحافظة على درجة حرارية معينة ثابتة ، او زيادة انتاجية مصنع كيمياوي الى الحد الاقصى . او زيادة الربحية لمؤسسة ما الى اعلى حد ممكن او متغيرا وعندها يجب اعادة تحديده باستمرار اما بواسطة عامل بشري او بواسطة جزء من الآلية نفسها وذلك لمواجهة الظروف المتغيرة . ان الصبي الذي يقود دراجته على طريق ملتو يمثل نظام سيطرة ذا هدف متغير وكذلك المصنع الذي يستجيب الى المتطلبات المتغيرة للزبائن . ان حالة النظام الفعلية لا تكون عادة نفس الحالة المنشودة . قد يكون الفرق ناتجا عن كون الهدف متغيرا او عن اضطرابات في مؤشرات (parameters) النظام .

ان السيطرة عن طريق التغذية الارجاعية تصميم لتقليل هذا الفرق او لجلب الحالة الفعلية الى اقرب ما يمكن من الحالة المنشودة . ولكي يتم ذلك يجب قياس الفرق لاستخدامه كمحفز لعمل تصحيحي ملائم . ان القياس (measurement) الذي يحرك اجراء السيطرة قد يكون كمية الفرق او نسبة تغير الفرق او كليهما معا كذلك فأن الاجراء المتخذ قد يكون بسيطا كما في الامثلة السابقة او يتطلب حسابات معقدة خصوصا عندما يتحتم علينا قياس وضبط عدة متغيرات .

لنأخذ مثالا يتطلب حسابات معقدة وتستعمل فيه الحاسبة الالكترونية الرقمية التناظرية (Hybrid Computer) فليكن المطلوب مثلا هو السيطرة على عملية قطع قضبان فولاذية باطوال مختلفة حسب طلبيات الزبائن ، الشكل رقم (2) . ان مايدخل الى النظام هو عبارة عن قضيب غليظ من الفولاذ اللين بدرجة حرارة الاحمرار ويكون حجمه معروفا وثابتا لكل عملية تجهيز . هناك مزلاجان (Rollers) يقومان بتنحيف القضيب الى سمك متفق عليه ومتداول في الاسواق .



الشكل (2)

عملية تقطيع الفولاذ تحت سيطرة الحاسبة الالكترونية

يجب تقطيع القضيب الخارج من المزلجة (ب) باطوال مختلفة وهذا يعني أن المقص يجب ان يقطع في اوقات مدروسة . ان طول القضيب الخارج يجب ان يحتسب حال اندفاعه من المزلجة(ب) لكون عملية القطع جزءا رئيساً من العملية الكلية . ان سمك القضيب الناتج سيكون دقيقا الى بضعة مواقع مئوية لكون درجة الحرارة والمسافة الفاصلة في كل مزلاج والشد على القضيب لا تتغير الا قليلا . وعلى اية حال يمكن بأخذ هندسة المزلاجين والحجم الاصلي للقضيب الداخل والفقدان في الحافات والنهايات بنظر الاعتبار ، يمكن للحاسبة الالكترونية المبينة في الشكل ان تحسب من سرعة المزلجة (ا) و (ب) وهما مختلفان نظرا لوجود حجم ثابت يمر خلالها بنفس الوقت ، الطول النهائي للقضيب الخارج وهكذا تقوم الحاسبة باختيار امثل مجموعة من جدول الطلبيات الواردة لتعطي اقل خسارة في الفولاذ المتبقي . فمثلا اذا كان طول القضيب النهائي هو (99) قدما فأن تلبية طلب الزبون (س) الذي يريد (9) قطع بطول (11) قدما افضل من الزبون (ص) الذي يريد (15) قطعة بطول (6) اقدام ومضيعة الـ (9) اقدام الزائدة .

ان اجراء الحسابات الضرورية في هذا المثال يجب ان تتم بسرعة فائقة لان الفولاذ قد يجري بسرعة تتغير من عشرات الى مئات الاقدام بالثانية وقد يزن القضيب الاصلي الداخل عدة اطنان وتكون الطلبيات الواردة بالمئات . ان اجراء الحسابات بصورة يدوية عملية بطيئة جدا . اما الحاسبة الالكترونية فأنها تقوم باجراء كافة هذة الحسابات بالاضافة الى حسابات اخرى لغرض السيطرة على فتحة كل مزلاج ودرجة الحرارة ونوعية سطح الفولاذ وغيرها من العوامل وتقوم باخذ القياسات ومقارنة ما هو موجود مع ما يجب ان يكون وتنفيذ الاجراءات التي من شأنها تحسين الاداء نحو الامثل وكل هذا تستطيعه الحاسبة خلال جزء ضئيل من الثانية الواحدة عندما يكون القضيب الاصلي قد لمس المزلاج لتوه .

التخلف الزمني (Time-Lag)

ان السيطرة بالتغذية الارجاعية تكون اعقد عند اخذ التخلف الزمني بنظر الاعتبار اذ ان هنالك تخلف زمني بين اكتشاف الخطأ واتخاذ مايلزم وتخلف زمني اخر بين تقرير الاجراء المصحح واستجابة النظام له . في بعض الانظمة تكون التخلفات

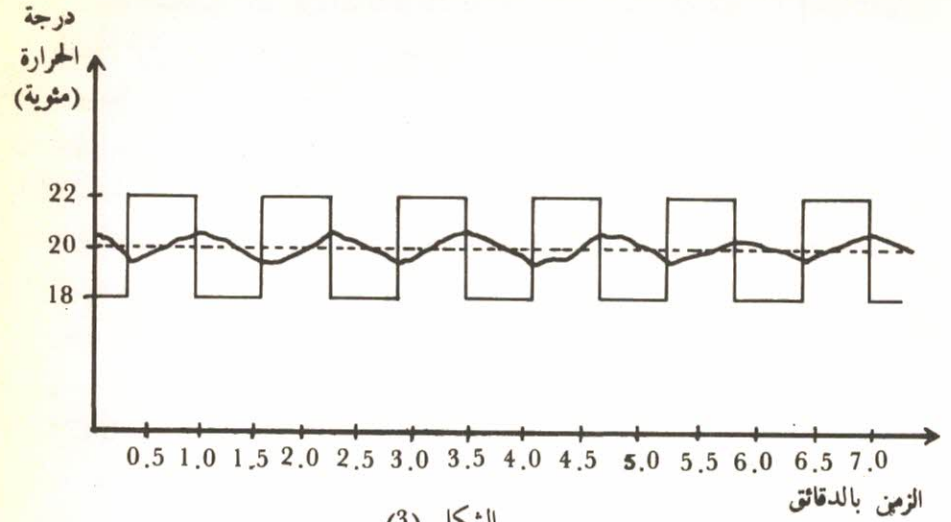
الزمنية صغيرة بالمقارنة مع سرعة تغير العناصر التي تجري السيطرة عليها ولذا فأن تأثيرها على اداء النظام يكون ضئيلا . ولكن في انظمة اخرى يكون القصور الذاتي (Inertia) كبيرا او تكون الحوادث المؤثرة على حالة النظام بطيئة الحدوث وفي هذه الحالات يكون تأثير التخلفات الزمنية على استقرارية النظام بالغاً .

ان المقياس الزمني الذي نتحدث عنه متغاير كثيرا ويعتمد على طبيعة العملية التي تجري السيطرة عليها . وتقاس الفترات الزمنية في جهاز الكتروني باجزاء من الالف من الثانية (milliseconds) او حتى اقل من ذلك . وبالنسبة لرجل يقود سيارته فأن ردود الفعل قد تستغرق ثانية او ما يقاربها وفي نظام سيطرة على الانتاج ربما يوما او اكثر وفي العديد من العمليات الادارية اسبوعا او اكثر وبالنسبة للعمليات الحكومية اشهرا او حتى سنين .

بالرغم من هذا التباين الشاسع فأن العمليات يمكن وصفها بمصطلحات متشابهة لتمثيل التغذية الارجاعية او استقرارية النظام وغيرها بالرغم من كون عنصر الزمن يأخذ قيما تختلف بصورة شائعة وينطبق هذا القول حتى على العناصر الاخرى الممثلة بشكل مؤشرات في المعادلات الرياضية .

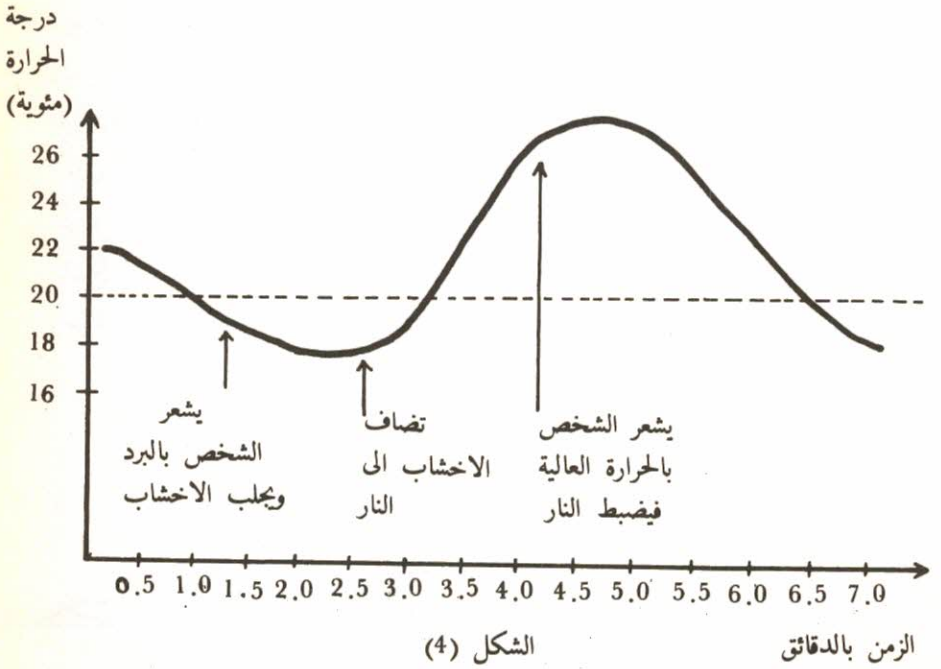
الذبذبات (Oscillations)

يوضح الشكلان (3) و (4) الفرق بين نظام سيطرة سريع الاستجابة واخر بطيئها . المثال هنا بسيط ويمثل عملية تدفئة لغرفة باستخدام جهاز اوتوماتيكي في النظام الاول لضبط الحرارة اي ثرموستات – الشكل رقم (3) والاخر بقيام شخص باضافة اخشاب الى موقد التدفئة – الشكل رقم (4) . ان الثرموستات يحافظ على درجة حرارة الغرفة ثابتة تقريبا بينما يسمح الانسان بتغيرات (ذبذبات) كبيرة في درجة الحرارة لانه لايستجيب بسرعة او بعدد كاف من المرات .



الشكل (3)

نظام السيطرة على درجة الحرارة بواسطة الثرموستات



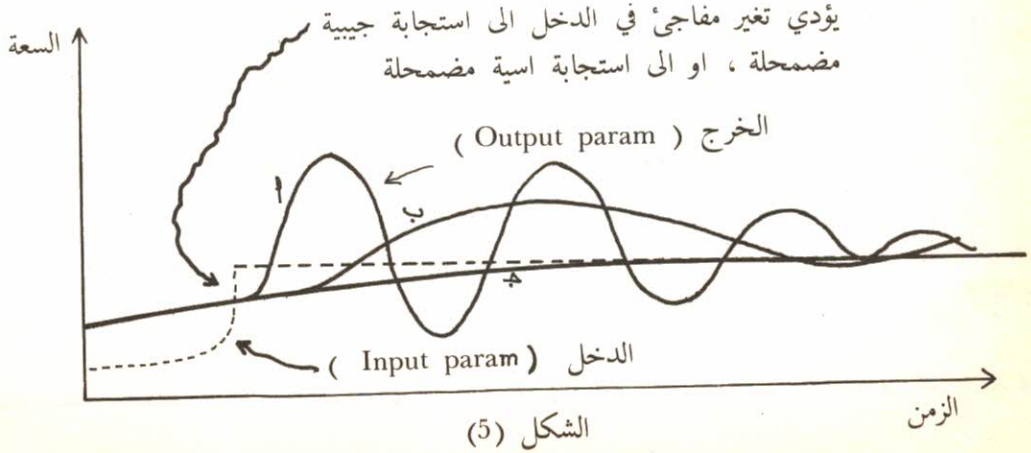
الشكل (4)

نظام يدوي للسيطرة على درجة الحرارة .

ان الشخص ينتظر الى ان يشعر بالبرد وحينها يحمل قطع الخشب الى النار ويمضي بعض الوقت الى ان تعود درجة الحرارة الى (20) درجة . من المعروف عن الانسان كمسيطر بأنه عندما يكون خطؤة كبيرا فأن تعويضه يكون عادة اكثر من اللازم فهنا مثلا يقوم باضافة كمية اخشاب اكثر من اللازم كمحاولة لتصحيح درجة الحرارة بسرعة وهكذا يجعل درجة الحرارة ترتفع اعلى من اللازم . قد تكون الذبذبات في النظام صغيرة وغير ذات اهمية او كبيرة فتترتب عليها مضيعة في الطاقة او خطورة . في اسوا الاحوال ، قد يزداد مقدار الذبذبات بصورة مطردة تؤدي الى انتقال النظام الى حالة غير مستقرة (Unstable) .

نستطيع الان ان نعرف النظام المستقر بكونه النظام الذي تضمحل فيه الذبذبات الناتجة عن الاضطرابات (Disturbances) التي تحاول ان تقلق النظام بينما تؤدي هذه الاضطرابات في النظام غير المستقر الى زيادة في الذبذبات المترتبة عليها وهذه تؤدي الى انهيار النظام الا اذا كان هناك رادع اخر يمكن من استعادة السيطرة عليه .

يوضح الشكل رقم (5) خرج نظام مستقر وكيفية تأثره بالتغير المفاجى في الدخل ، ويعود الخرج (1) الى حالته المستقرة بعد ذبذبات تضمحل تدريجيا . اذا كان دخل النظام بحالة تغير مستمر فأن النظام سيكون في حالة ذبذبة مستمرة وقد يكون النظام في حالة كهذه مستقرا ولكنه قد لايحقق الاهداف المنشودة منه لكون الذبذبات اكبر من اللازم . ان استخدام نظام سيطرة مختلف قد يؤدي الى ذبذبات اصغر حجما ولكنها تستغرق مدة اطول لكي تستقر وهذا ما يمثله المنحني (ب) في الشكل . اما المنحني (جـ) فيمثل نظاما بطيئ الاستجابة حيث ان الخرج يتحرك بثقل نحو قيمته الجديدة وهذا ما يدعى بالذبذبات المخمدة (Damped Oscillations)



الشكل (5)

الاستجابة (Response) في انظمة السيطرة

الاستنتاجات

اخيرا يمكننا القول بان هنالك هدفين رئيسين يؤخذ بهما عند تصميم معظم انظمة السيطرة :

اولا : الاقلال من الخطأ وذلك للمحافظة على حالة مستقرة واداء امثل .

ثانيا : اتمام اولا اعلاه بدون ذبذبات كثيرة كبيرة السعة لان هذه تعني وجود ضياع مكلف .

من الواضح ايضا ضرورة كون الحاسبات الالكترونية المستخدمة في السيطرة على المكائن الصناعية قادرة على الاستجابة للتغيرات السريعة في مؤشرات النظام المنوي السيطرة عليه وفي اوقات مناسبة لاتتعارض مع فترات التغيرات اي يجب ان تكون قادرة على التجارب مع الوقت الفعلي للماكنة او الجهاز وهذا ما يدعي بالمعالجة الانية (Real-Time) . .

المراجع

1. Petroleum Times, 10 May,1968. European Chemical News.
2. Jay W. Forrester, Industrial Dynamics, MIT Press, Cambridge, Mass., and John Wiley &Sons, N.Y.61.
3.Rudolf Klein, Observer, London 21 Jannary 1968