الفصل الخامس

السيبرناتيكا وآلية الاتسان

(محاولة لفهم طبيعة ميكانيزمات المهارة الانسانية)

obeikandl.com

obeikandl.com

الفصل الخامس

السيبرناتيكا وآلية الإنسان

(محاولة لفهم طبيعة ميكانيزمات المهارة الأنسانية)

يعمل الجهاز العصبى للأنسان فى خدمته طوال الوقت بطرق مختلفة. فهو يقوم بدور الحارس له، ويجمع المعلومات عن العالم خارجه، كما يجمعها من الداخل، ويعالج كل هذه المعلومات من أجل الأستعمال الفورى أو الأستعمال فى المستقبل. وهو مركز عام الاتصالات. وهو مركز القيادة الذى يقوم بأتخاذ القرارات فى كل شئ يقوم به الجسم.

وبالرغم من أن هناك كثيراً من الأسرار التى تحيط بالجهاز العصبى للانسان وغيره من الكائنات الحية فإن معلوماتنا عنه تزداد كل يوم. وهناك كثير من الأسرار التى اكتشفت ، كما أن هناك ولاشك أسرار أخرى كثيره فى طريقها للأكتشاف. ولايقتصر هذا الكلام على علم الأعصاب وحده. فربما كان أكبر تقدم ينتظر الأنسان فى المجالات المختلفة للعمل هو ما سيكون فى ميادين البيولوجيا. فالتكنولوجيا الحديثة تعطى أدوات متزايدة الكمال للعمل فى تجارب العلوم البيولوجية مما يسمح بأستخدام طرق متزايدة الدقة لمتابعة العمليات التى تحدث فى الكائنات الحية. وهكذا نجد أزدياداً مستمراً فى وضوح رؤيتنا للعلاقة بين سلوك الكائنات الحية وتركيبها.

ومما نعلمه الآن مثلا عن الجهاز العصبى أنه يستخدم فى نقل المعلومات عبر الأعصاب تعتبر إلى حد ما رقمية digital إذ أن آداتها نبضات كهربائية (تعمل بحدوث تغيرات كيميائية) مما جعل البعض يظن عند إدخال الكمبيوترات الرقيمة الأولى أن بعض عمليات المخ يمكن أعتبارها من نوع عمل تلك الكمبيوترات الرقمية. وقد تجاهل الكثيرون أنه ربما كان المخ يعمل بطرق مختلفة أخرى مثل إستخدام التغيرات فى الضغوط الكهربية على أننا مازلنا بعدين كل البعد عن فهم طريقة عمل الجهاز العصبى المركزى (المخ والحبل الشوكى) . ويجب آلا نذهب

بعيدا جدا فى المقارنات بين عمل هذا الجهاز وعمل العقول الأليكترونية ومن الواجب فى هذا الصدد أن نتذكر أمرين هما:

- أن الجهاز العصبى للإنسان يحتوى على عشرة آلاف مليون خلية عصبية فى الدماغ وحده. وإذا أردنا أن نعرف مقدار الأعمال التى يمكن أن يؤديها هذا الجهاز فعلينا أن نتذكر أن مخ النملة يحتوى على ٢٥٠ خلية تقريبا ، وأن مخ النحلة يحتوى على ٩٠٠ خلية تقريبا، وأنه لايمكن أن يقوم أى كمبيوتر رقمى يحتوى على أحد مثل هذين العددين الضئيلين من الوحدات البنائية- بشئ يستحق الذكر مما يستطيع مخ النملة أو النحلة أن تؤدية.
- أن الهدف الذى يعمل من أجله أى عقل إليكترونى يحدد له من الخارج. أما الهدف الذى يعمل من أجله الجهاز العصبى محدد له من الداخل (سواء بوعى أو بدون وعى).

أننا فى حاجة حقيقية إلى آلات تقوم بكل الأعمال التى يقوم بها الجهاز العصبى للانسان . على أنه سيكون هناك؛ الكثير مما تستطيع آلات المستقبل القيام به من هذه الأعمال . وسيكون قيامها بهذه الأعمال بطريقة أكفأ وأسرع . ولدينا الدليل الحاضر فى العقول الألكترونية والصناعات الأوتوماتيكية.

كذلك لايجب أن يقلل الأمر الثانى أطلاقاً من القيمة العملية لآلات المستقبل – فإننا على أى حال – لانريد أن تحدد الآلة الهدف بنفسها. فما نحتاجه هو آلات تقوم بالأشراف والمراقبة والتنسيق من أجل تحقيق الهدف الذى نحدده نحن لها .

ولكن ما هى الآلات التى تستطيع القيام بذلك، إن أهمها هى العقول الألكترونية، والآلات التى تعمل بأستخدام ما يسميه المهندسون «التغذية المرتدة».

التغذية المرتدة (بالمعلومات) Feed Back (Information) :

يجلس مدير المصنع فى مكتبه ويعطى الأوامر مراعيا أن تصل بطريقة ما إلى قاعات العمل، ثم يتلقى بطريقة ما، بيانات عن سير العمل قد تلزمه فى الحال أو

فى المستقبل لتعديل الأوامر أو لأعطاء الأوامر التالية. فإذا كان هذا المدير مهندسا فإنه سوف يعبر عما يحدث بأن يقول أنه يرسل أشارات تتضمن أوامر بإنجاز عمل معين. ثم يرد عليه بإشارات (تغذية مرتدة) بالمعلومات عن سير العمل. وسوف يسمى المهندس عملية الرد عليه لإخباره بالمعلومات اللازمة باسم التغذية المرتدة بالمعلومات.

ويطلق الصاروخ إلى الفضاء وتصدر إليه الأوامر تباعا من مركز التحكم (مركز المتابعة) . وتكون هذه الأوامر فى شكل أشارات من نوع ما . ويرد من الصاروخ على مركز ، التحكم بإشارات من نوع ما (تغذية) بالمعلومات عن الصاروخ مما يلزم المركز فى الحال، أو فى المستقبل، لتعديل الأوامر أو لأعطاء الأوامر التالية. وسوف نطلق على عملية الرد على مركز المتابعة لإفادته بالمعلومات اللازمة عن الصاروخ أسم (التغذية المرتدة بالمعلومات) .

وهنا أيضا نجد أن التغذية المرتدة بالمعلومات لاغنى عنها لتحكم مركز المتابعة فى رحلة الصاروخ.

ويضع الطفل يده على جسم ساخن فتسير التيارات العصبية من اليد ناقلة المعلومات إلى النخاع الشوكى (وهو مركز التحكم من الحركات الأنعكاسية) وبمجرد تغذية النخاع الشوكى بالمعلومات الواردية من اليد تصدر إليه الأوامر منه، عن طريق تيارات فى الأعصاب الحركية المختصة، إلى العضلات لكى تبعد يد الطفل فى الحال عن الجسم الساخن.

وهنا نجد أيضا عملية تغذية مرتده بالمعلومات، ومن الواضح أن هذه العملية لاغنى عنها للتحكم فى يد الطفل فى الوقت المناسب.

ويجلس سائق السيارة الى عجلة القياة فتصدر الأوامر من مخه إلى يديه بتوجيه السيارة فى إتجاه الطريق، وتسير التيارات العصبية من العينين ناقلة المعلومات إلى المخ (مركز التحكم) وبمجرد تغذية المخ بالمعلومات عن أتجاه السيارة بالنسبة للطريق يعطى المعلومات إلى اليد، عن طريق تيارات فى الأعصاب الحركية المختصة – إما لإبقاء أتجاه السيارة كما هو أو لتعديله حتى تسير فى أتجاه الطريق.

وهنا أيضا نجد عملية تغذية مرتدة بالمعلومات كما أن هذه العملية لاغنى عنها للتحكم فى أتجاه السيارة.

وكل من الأمثلة السابقة تتضمن ما يطلق عليه أسم «نظام تحكمى» Control system، وهنا نستخدم كلمة «نظام» للتعبير عن أى ترتيب أو مجموعة من الأشياء بينها علاقة أو أرتباط من نوع ما يجعلها تشكل كلا ، أو تعمل كوحدة كاملة أو تقوم بالأمرين معا وبهذا الأصطلاح يكون «النظام التحكمى» تعبيراً عن مجموعة من الأشياء متصلة أو مرتبطة ببعضها البعض بطريقة تجعلها توجه، أو تضبط ، أو تتحكم فى نفسها أو فى أى نظام آخر.

وتنقسم النظم التحكمية إلى قسمين رئيسيين – ولشرح ذلك سندخل مصطلحين فنيين هما «المدخلات» و«الأخراج» والمخرجات والمدخل input هو الإثارة التى تدخل على نظام من مصدر خارجى لكى تنتج عادة أستجابة معينة من النظام.

والمخرج out put هو الإثارة التى تدخل على نظام من مصدر خارجى لكى تنتج عادة أستجابة معينة من النظام.

والمخرج Out put هو الاستجابة الفعلية الصادرة من النظام قد تكون مساوية أو غير مساوية للأستجابة المعينة التى يتضمنها الإدخال.

ففى نظام تكييف الهواء الأوتوماتيكى لغرفة – وهو نظام تحكمى من صنع الأنسان – يكون الأدخال هو درجة الحرارة التى نعنيها (عن طريق الثرموستات) أما الأخراج فهو درجة الحرارة الفعلية فى الغرفة.

وجهاز العرق فى الأنسان جزء من نظام بيولوجى – فعندما ترتفع درجة حرارة الجلد الخارجية عن حد معين نجد أن الغدة العرقية تفرز العرق بغزارة، ويؤدى بخرس العرق إلى أنخفاض درجة حرارة الجلد. وعندما يحدث التبريد اللازم يقف الأفراز الزائد للعرق. والمدخلات هنا هى درجة الحرارة العادية أو المناسبة للجلد، والمخرجات هى درجة الحرارة الفعلية.

ويمكننا الآن أن نشرح الفرق بين نوعى الأنظمة التحكمية:

١ – النظم التحكمية التى يكون العمل فيها مستقلا عن الأخراج (لايتأثر به) وتسمى النظم التحكمية المفتوحة open - loop control system.

٢ – النظم التحكمية التى يتوقف العمل فيها بطريقة ما على المخرجات وتسمى النظم التحكمية المغلقة Closed - loop control system كما يطلق عليها النظم الذاتية التحكم Self - controlled system.

ويمكننا أن نعطى التعريف التالى:

التغذية المرتدة هى خاصية للنظم التحكمية المغلقة تسمح للمخرجات بأن تقارن بالمدخلات لكى يتم العمل التحكمى المناسب.

فلو رجعنا إلى الأمثلة السابقة فإننا سنجد أن كل مثال يحتوى على نظام تحكمى مغلق، وأن بعض هذه النظم من صنع الأنسان وبعضها بيولوجى – كما فى مثال وضع يد الطفل على جسم ساخن.

كما يلاحظ من الأمثلة السابقة هو ملاشاة الفرق بين المدخلات والمخرجات. وعندما يكون هذا هو الغرض من التحكم فإنه يطلق على التغذية المرتده اسم التغذية المرتدة السالبة negative feedback كما يطلق على الفرق بين المدخلات والمخرجات اسم الخطأ

الخطأ = المدخلات – المخرجات

وفى نظم التغذية المرتدة السالبة يكون الخطأ هو «الإشارة المنشطة» Actuating signal لعنصر التحكم فى النظام.

أشكال البلوكات Blok diagrams:

إذا كان لدينا نظام تحكمى وأردنا أعطاء فكرة مبسطة عن علاقة السبب بالنتيجة بين المدخلات والمخرجات، أو العلاقة الوظيفية بين مختلف عناصر النظام، فإننا قد نستخدم شكلا بسيطاً يسمى «البلوكات» وأسهل أشكالها هو ما يحتوى

على صندوق واحد مع مدخل واحد ،ومُخرج واحد كما فى الشكل التالى:

ويعد الصندوق أو البلوك أو ما يحتويه من عناصر التى قد تؤثر على المدخلات لتحدث المخرجات. والأسهم تعبر عن أتجاه المعلومات.

وفى حالة التغذية المرتدة السالبة فى نظام تحكمى مغلق يكون هناك؛ عنصر المقارنة Comparator يقارن بين المدخلات والتغذية المرتدة ويوجد الفرق بينهما.

الأهتزاز فى النظم التحكمية (oscillation (hunting:

من المعلوم أنه إذا سار شخص لمسافة طويلة وفى يده كوب مملوء بالماء فإنه سيجد صعوبة لمنع الماء من الأنسكاب. والسبب فى ذلك هو الحركات المبالغ فيها نتيجة التغذية المرتدة الزائدة.

فحامل الكوب سيحاول أن يكون محور الكوب رأسيا ، وهذا هو الإدخال ، على أن الأخراج لن يكون صفراً فى الغالب.

ولملاشاة الخطأ لابد من تحريك محور الكوب فإذا كانت الحركة مبالغا فيها فإن الماء سينسكب بسبب خطأ جديد مضاد لإتجاه الخطأ الأول ولكنه أكبر منه. وإذا تلا ذلك تغذية مرتده زائدة ونشأ عنها حركة مبالغ فيها فإن الماء سوف ينسكب فى الجهة الأخرى، وهكذا.

ويدل هذا المثال على أن التغذية المرتدة الزائدة ينشأ عنها أهتزاز ويكون ضررها أكبر من نفعها. ويخشى المهندسون هذا النوع من الأهتزاز فى النظم التحكمية الأوتوماتيكية ويطلقون عليه أسم hunting. ومن أهم ما يراعونه عند تصميم عناصر التحكم أن يكون الأهتزاز أقل ما يمكن. أما البيولوجيون فلم يفطنوا إلى علاقة التغذية المرتده الزائدة بالرعشة التى تصاحب بعض الحركات الأرادية إلا فى وقت متأخر نسبيا.

وقد كان لإكتشاف هذه العلاقة أثر كبير فى تغيير أفكار العلماء على أساس عمل الجهاز العصبى للأنسان، وبدأ أنه توجد أسس مشتركة لعمليات التحكم فى النظم البيولوجية والنظم الأوتوماتيكية.

رعشة الغرض purpose tremor:

فى كتاب السيبرناتيكا للعالم الأمريكى فينر Veiner يروى المؤلف قصة إكتشاف هام متعلق بالفعل الأرادى للأنسان. وأبطال هذه القصة هم: العالم الشهير روزنبلوت Rosenblueth عالم الفسيولوجى والطبيب المكسيكى الأصل بالأضافة لعالم الرياضيات الشهير فينر وبيجيلو Bigelow فى البحوث المتعلقة بالتحكم فيقول فينر.

«لنفرض أنى ألتقط قلم. فلكى أفعل ذلك فعلى أن أحرك عضلات معينة. إلا أنه بأستثناء خبراء قليلون فى علم التشريح فإننا جميعا لانعلم ما هى هذه العضلات. وحتى بين علماء التشريح لايوجد إلا القليلون الذين يمكنهم القيام بعملية أنقباض كل عضلة معنية بالترتيب وبرغبة واعية. وبالعكس، سيكون ما نفعله هو أن نلتقط القلم. وبمجرد أن نقرر ذلك فإننا نتحرك بطريقة يمكن أن نصفها بالتقريب بأن نقول أن مقدار عدم إلتقاطنا للقلم يقل فى كل مرحلة. وهذا الجزء من العمل يكون بغير وعى كامل».

ولأداء عمل يمثل هذه الطريقة لابد من وجود تقرير للجهاز العصبى، سواء بوعى أو بغير وعى، وعن مقدار فشلنا فى كل لحظة فى ألتقاط القلم. وإذا كانت أعيننا على القلم فإن هذا التقرير سيكون بصريا فى جزء منه على الأقل، ولكنه على وجه أعم، سيكون عن موضع جسمنا وأطرافنا Propioceptive.

فإذا كانت الأحساسات بموضع الجسم والأطراف غير كافية ولم نستبدلها بعوض بصرى أو غير بصرى فإننا سنكون عاجزين عن القيام بألتقاط القلم، وسنجد أنفسنا فى حالة ما يعرف بأسم الشلل الجزئى Ataxia من هذا النوع معروف فى شكل زهرى الجهاز العصبى المركزى ، ويطلق عليه اسم الهزال

الظهرى tabesdoralis وهو ينشأ من تلف الأحساس بموضع الجسم والأطراف وهو أحساس تنقله وتحمله الأعصاب الشوكية.

وقرر العلماء الثلاثة أن التغذية المرتدة الزائدة عن الحد ربما تعتبر عائقا للنشاط المنظم، أكبر من التغذية المرتدة الناقصة كما قرر روز نبلوت بأنه توجد حالة مرضية معروفة تسمى رعشة الفرض وتكون غالبا مصحوبة بتلف فى المخيخ.

فالجهاز العصبى المركزى لم يعد يبدو كعضو قائم بنفسه يتلقى المدخلات (الأثارات) من الحواس ثم يفرغ التيارات فى العضلات فبالعكس لايمكن تفسير بعض نشاطاته المميزة إلا بأنها أعمال دورية، تخرج من الجهاز العصبى وتدخل فى العضلات ، ثم تدخل الجهاز العصبى مرة أخرى من خلال أعضاء الحس سواء ما يتعلق بالأحساس بموضع الجسم أو كانت أعضاء حس خاصة.

السيبرناتيكا: علم التحكم والأتصال

لم يكن فينر يعمل بمفرده، وأنما كان نواه لمجموعة من كبار المتخصصين فى العلوم والطب والتكنولوجيا. وقد تعاونت هذه المجموعة لتنفيذ البرنامج الذى وضعه فينر مع روزنلوت للبحث فى مجال محايد بين الفسيولوجيا والهندسة، والذى كان يدور حول الأتصال والتحكم[١].

وعلى مستوى هندسة الأتصال تبين أن مسائل هندسة التحكم وهندسة الأتصال غير منفصلة عن بعضها البعض، وأنها لاتتركز حول تكنيك الهندسة الكهربائية وأنما حول الفكرة الأساسية بدرجة أكبر وهى فكرة «الرسالة» message سواء نقلت بوسائل كهربية أو ميكانيكية أو عصبية على حد تعبير فينر Wiener وفى عام ١٩٤٧ قررت مجموعة العلماء السابقة إطلاق اسم السيبرناتيكا Cybernetics على الميدان الكامل لنظرية التحكم والأتصال.

---

(١) الاتصال : تلقى وهضم المعلومات

التحكم: أستعمال هذه المعلومات لتوجيه العمل فى نظام معين.

وتعنى السيبرناتيكا الحديثة بدراسة عمليات الأتصال (أى تلقى المعلومات وهضمها ومعالجتها) بمعنى استخدام هذه المعلومات لتوجيه العلم فى نظام معين.

وفى التكنولوجيا تهتم السيبرناتيكا بكيفية التفاعل بين مكونات النظم تحت الدراسة، ولسلوك هذا النظام ككل، ويمثل إلى إهمال الأفكار الكلاسيكية عن الطاقة والقدرة والكفاءة كأدوات للتحليل.

واليوم أخذ لفظ سيبرينشن Cybernation يحل محل مصطلح أتوميشن automation فى الصناعة.

وفى البيولوجى تعنى السيبرناتيكا بطبيعة التوزيعات العصبية والعضلية، وبتصميم مبتكرات تقوم مقام الجهاز البصرى لفاقدى البصر، وبتحسين وتطوير الأطراف الصناعية، وإيجاد طرق لمحكاة وتعويض الأشارات ونستطيع القول بأن السيرناتيكا هى مركب العلوم الذى يعالج التحكم والأتصال وسنعنى فى المقالة الثانية بعدة تعاريف أخرى للعلم وفروعه وتطبيقاته فى مجال التربية البدنية، والتعلم الحركى، ودراسة المهارة.

opelkandl.com