الفصل الخامس

القوة والسرعة والضوء

Power, Speed, and Light

زوجة الابن البكماء

قبل سنوات بدأت آلة غريبة، عُرِفت باسم الجهاز متعدد الوظائف، تنتشر في القرى في غرب أفريقيا. جمع هذا الجهاز الذي اخترعه موظف إغاثة سويسري، جمع محرك الغازولين العشرة حصان مع تشكيلة من الأدوات: الأقماع والمطاحن والخلاطات والمكابس. وكانت جمعيات النساء المحلية تمتلك هذه الماكينات وتشغّلها عادة، وقد أحدثت ثورة في الحياة حيثما وصلت. على سبيل المثال، كان يمكن للمرأة القروية أن تستأجر الماكينة لعشر دقائق بحوالي خمسة وعشرين سنتاً بالعملة المحلية لكي تطحن وتخلط خمسة عشر رطلاً من الفول السوداني لمربى الفول السوداني، وهي مهمة كانت تأخذ في السابق يوماً من الكدح المضني. وحيث إن هذا العمل الحقير يعد تقليدياً مجال إناث الأسرة الأدنى مكانة، فقد أطلق القرويون على الجهاز اسم "زوجة الابن البكماء[1]".

لقد ثبتت فوائد الماكينات بغزارة. فقد تمكنت الأسر التي تمتلك مزارع الفول السوداني من أن تزيد كثيراً كمية مربى الفول السوداني التي تبيعها في السوق المفتوحة. والشابات اللاتي تحررن من الكدح المتواصل أصبح لديهن الوقت والمال للذهاب إلى المدارس. والنساء الأكبر سناً أصبح لديهن الوقت لتوسيع أعمالهن التجارية وزراعة محاصيل جديدة.

---

(١) زوجة الابن لأنها المكلفة بكل أعمال المنزل الثقيلة والحقيرة، والبكماء لأنها تعمل وتنفذ الأوامر والتعليمات دون أن تتبرم أو تنطق ببنت شفه كما تفعل زوجة الابن البشرية، خاصة مع حماتها. يبدو أن العلاقة المتوترة دوماً بين الحماة وزوجة الابن ظاهرة إنسانية عابرة للثقافات [المترجم].

كانت الماكينات تدير المولدات التي توفر الكهرباء للمصابيح التي تسمح للمتاجر بأن تمارس عملها وللأطفال بأن يُولَدوا في أمان بعد الغروب. وحتى الرجال الذين لم تكن لهم علاقة بهذه الماكينات أسعدتهم. قال أحدهم: "لن تتعرض زوجاتنا للإرهاق الكثير بعد اليوم، وأيديهن أصبحت أنعم. ونحن نقدر ذلك"[١].

تعين هذه الآلات والأجهزة القارئ الحديث على فهم التغييرات الشاملة التي طالت كل تفاصيل الحياة اليومية في الغرب في القرن التاسع عشر. كما توضح السبب الأساسي وراء الصعود الصاروخي في النمو الاقتصادي العالمي في القرن التاسع عشر، وليس قبله. كانت الأسس الثلاثة الأخرى للرخاء الحديث – حقوق الملكية والعقلانية العلمية وأسواق رأس المال – قد تحققت بالفعل في العالم الناطق بالإنجليزية وفي معظم القارة الأوروبية. وكل ما كان ينقص رجال الأعمال هو النقل والاتصال الفعالان وقوة موثوقة للتصنيع. وقد وفر المحرك البخاري والتلغراف المُقوّم النهائي للنمو الاقتصادي الغربي الحديث، وأحدث في الوقت نفسه تحولاً لا يرد في الطريقة التي ظل الناس يعيشون بها لآلاف السنين.

القوة

يحتاج الإنسان، سواء أكان يزرع الفول السوداني أو يصب الحديد أو يجمع دوائر إلكترونية معقدة معاً، إلى قوة لكي تمكنه من الإنتاج. وكلما زادت القوة كان ذلك أفضل. فالمزارع الذي لا يمتلك ثوراً يتخلف عن جاره الذي يمتلك ثوراً، والمزارع الذي يمتلك جراراً يقضي على منافسيه مستخدمي الثيران بمحصوله الناتج بمساعدة الماكينة.

كانت العضلات البشرية، حتى عام ١٠٠٠م تقريباً، تؤدي كل العمل الزراعي والصناعي والهندسي والعسكري تقريباً. لكن كم مقدار القوة التي نستطيع نحن البشر أن ننتجها؟ تافهة للغاية. إن جهاز الدراجة الثابتة[٢]، الذي يغذي عادة مصباحا خافتاً،

---

(٢) جهاز الدراجة الثابتة bicycle ergometer عبارة عن دراجة مزودة بمجهاد (مقياس للجهد العضلي) يستخدم في قياس العمل أو الجهد الذي يبذله الفرد [المترجم].

أصبح من الأجهزة المعتادة في متاحف العلوم. وأنت إذا كنت في حالة صحية ممتازة، يمكنك أن تولد بارتياح حوالي عُشر حصان من القوة لفترات ممتدة. وفي الفترة القصيرة جداً يمكنك أن تنتج ما يقارب نصف حصان من القوة، لكن بعد بضعة ثواني ستؤلمك ساقاك بشدة وستشعر كما لو أن رئتيك على وشك الانفجار.

اخترع القدماء، خاصة اليونانيون، كثيراً من الآلات الذكية المعتمدة على البراغي والبكرات والرافعات لاستغلال طاقتنا البشرية الضئيلة لأقصى حد ممكن. بيد أن الطريقة الأساسية لإكمال المهام التي كانت تتضمن أحجاماً وأوزاناً كبيرة، فيما قبل العصر الحديث، كانت تتم باستخدام ما يسميه المؤرخون، بلغة مخففة، "الآلة الاجتماعية"، التي تعني تجنيد وتسخير أعداد كبيرة من العمال لبناء المعابد والأهرامات والترع والقنوات.

لكن الآلات الذكية والعمل الإنساني المُجمّع كان مداهما محدوداً. وطالما كانت العضلات البشرية المصدر الوحيد للقوة، كان النمو المستدام في الزراعة والصناعة مستحيلا. ولم تتجاوز الحكومات الأوروبية السخرة سيئة السمعة – العمل الإكراهي في بناء الطرق – حتى منتصف القرن التاسع عشر[٢].

عمد القدماء بغرض إكمال القوة البشرية البهيمية إلى استخدام حيوانات الجرّ. يلخص الجدول التالي مقادير القوة المستمرة المتوفرة من البشر وحيوانات الحمل المختلفة اليوم مقاسة بالمِقْوَى[٣]:

الإنسان والمضخة الميكانيكية	٠,٠٦
الإنسان والمرفاع	٠,٠٨
الحمار	٠,٢٠
البغل	٠,٣٩
الثور	٠,٥٢
حصان الجرّ	٠,٧٩

(٣) المِقْوَى dynamometer أداة لقياس القوة الميكانيكية [المترجم].

لقد خَبَر العالم القديم استخدام القوة الحيوانية، لكنها كانت مكلفة وغير فعالة. كان البشر والحيوانات المروضة أصغر حجماً في العالم القديم والقرون الوسطى مما هم عليه اليوم. فقبل آلاف السنين كانت حيوانات الجر تنتج ثلث القوة التي تنتجها اليوم فقط. وكان اليونانيون والرومان يدخرون الخيول، التي كانت غالية، للمهام الأخف التي كانت تتطلب سرعة. فضلاً عن أن النوعية الرديئة لأطقم الخيول وعدم حماية حوافرها حرَم القدماء من الاستخدام الكامل لقوة الحصان، علاوة على أن النيّر التقليدي أوقف تطور الحيوانات السريعة[٤]. وفي القرن الثاني عشر فقط بدأ المزارعون يستخدمون أطقما جيدة للخيول.

عجلة الحظ

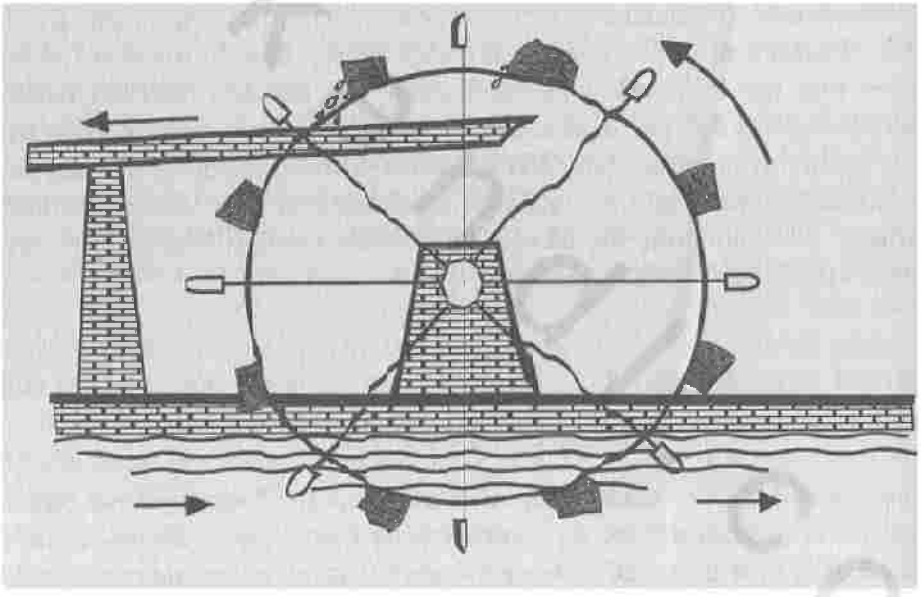
حتى البشر كانوا يستخدمون قوتهم بطريقة تفتقر إلى الكفاءة. فلم يكن البشر في العالم القديم أصغر حجماً وأقل صحة فحسب، بل كانت دافعيتهم سيئة أيضاً. فالعبيد أو الفلاحون المحرومون من حقوق الملكية كانوا هم الذين يؤدون معظم الأعمال، والمؤرخون الاقتصاديون يقدّرون إنتاجية العبد بنصف إنتاجية الرجل الحر الذي يؤدي العمل نفسه[٥].

كانت الطاحونة المائية أول تقدم حقيقي في مجال إنتاج القوة. ظهر أقدم نوع من الطاحونة المائية وأقله كفاءة، التي تسمى الناعورة[٤]، في اليونان الهيلينية المتأخرة في حوالي

---

(٤) إن أول ما يتبادر إلى الذهن من كلمة الناعورة waterwheel – بفعل الثقافة بالتأكيد – هي الساقية، كتلك التي كانت تستخدم حتى وقت قريب في الريف المصري لرفع المياه من النهر أو الترع إلى مستوى الأرض المنزرعة، التي كان يجرها حيوان جرّ كالثور أو الحصان أو حتى الحمار. لكن الناعورة التي عرفتها أوروبا تاريخياً كانت مختلفة في الغرض، وإن ظلت ترتبط بالمياه. فكانت من حيث التركيب تماثل تماما النواعير الشرقية القديمة، لكنها بدلاً من أن تستخدم قوة الحيوان لرفع المياه، كانت تستخدم قوة المياه المنحدرة أو الجارية بطبيعتها لتوليد الحركة، التي كانت تستخدم بدورها في أغراض كثيرة، مثل طحن الحبوب أو حتى رفع أو جر الأثقال. معنى ذلك أنها كانت تُستخدَم لنفس غرض وينفس فكرة طواحين الهواء، وإن كانت النواعير تستخدم سقوط الماء أو جريانه، بدلاً من جريان الهواء. ومن المؤكد=

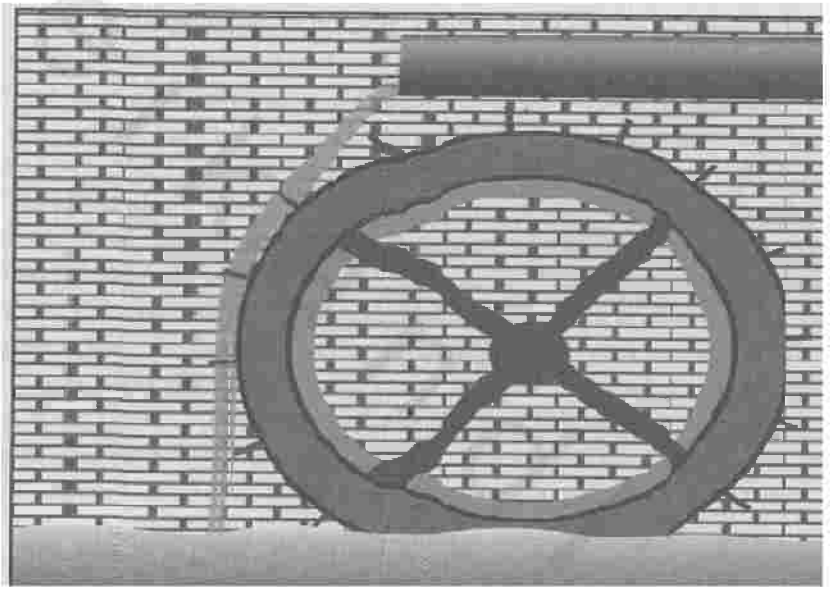
عام ١٥٠ قبل الميلاد (انظر الشكل رقم ٥,١). كانت مهمة الطواحين الرئيسة على مدار التاريخ تتمثل في طحن الحبوب. تتجلى فكرة "زوجة الابن البكماء" في غرب أفريقيا الحديث في وصف قديم مستبشر للطاحونة المائية: "توقفن عن الطحن أيتها النساء اللاتي تكدحن في الطاحونة، واذهبن إلى النوم متأخراً، ولو حتى بعد أن تصيح الديكة معلنة قدوم الفجر"[٦]. ورغم هذا الحماس من مؤرخنا المجهول، فلم تكن الآلات الجديدة مفيدة كثيراً في اليونان وروما، لأن تصميمها كان بدائيا وإنتاجها من القوة منخفضاً.



الشكل رقم (٥,١). الناعورة.

= أن اختلاف الوظيفة بين النواعير الشرقية والغربية راجع في الأساس إلى اختلاف البيئة والطبيعة وما تفرضه من احتياجات وما تتيحه من فرص. فالطبيعة كثيرة الأنهار والشلالات والمنحدرات المائية في أوروبا أتاحت استخدام النواعير لتحويل قوة المياه إلى حركة، كانوا يحتاجونها لأشياء مثل طحن الحبوب، بينما كانت البيئة النهرية الهادئة ذات موسم الجفاف الطويل في الشرق في حاجة إلى رفع الماء إلى مستوى الأراضي، وهنا استخدمت الحيوانات لتوليد القوة أو الحركة. أما طواحين الحبوب في الشرق، فكانت تستخدم قوة الإنسان أو الحيوان، وذلك يرجع أيضاً لفكرة الحتم البيئي نفسها، حيث لا تتوفر منحدرات أو مجاري مائية سريعة [المترجم].

مرّ تصميم الطاحونة المائية، في أوروبا الغربية، على مدى السنوات الألفين التالية، بعدة أشكال، وظهر أخيرا في حوالي عام ١٥٠٠ بعد الميلاد في شكل العجلة المسننة التي تدار بثقل الماء المنحدر من فوقها، كما يصور الشكل رقم (٥,٢). كانت المجاري.



الشكل رقم (٥,٢) الطاحونة المائية التي تدار بتدفق الماء من أعلى.

المائية الأسرع حركة فقط هي التي تستطيع أن تشغّل الطواحين الأولى غير المزودة بتروس أو أسنان، وجاء إدخال التروس ليجعل الطواحين ممكنة في الأنهار والمجاري بطيئة الحركة. كان جسم الطاحونة المائية يعترض المجرى ويستخدم تدفقه على قمة الطاحونة المائية، بما يحقق الاستخدام الأكفأ لقوة المجرى.

حتى الطاحونة الصغيرة التي كانت تولد قدرة حصانية متواضعة، كانت تقوم بعمل أعداد كبيرة من الرجال. على سبيل المثال كانت الطاحونة البدائية المبكرة، ذات التصميم الذي يمر فيه الماء من تحت أكف الطاحونة أو قواديسها، تطحن أربعمائة رطل

من الحبوب في الساعة، بما يعادل قوة ثلاثة أحصنة، في مقابل عشرة أرطال في الساعة "للطاحونة التي يجرها حمار" التي كان يشغّلها عاملان[٧]. ويحلول القرون الوسطى تجاوزت الطواحين طحن الحبوب إلى تشغيل المسابك ومناشر الخشب وسحق خام الحديد.

في عام ١٠٨٦ بعد الميلاد ورد في سجل الأراضي ٥٦٢٤ طاحونة في جنوب إنجلترا، كانت تخدم حوالي ١,٥ مليون نسمة. كانت كل طاحونة تنتج قوة قدرها خمسة أحصنة فقط، أي ٠,٠٠٢ حصان لكل نسمة. لقد غدا إفلات البشر من القيود الطبيعية في الإمكان، وإن ظلت الطاحونة المائية مكوناً ثابتاً في الحياة الغربية حتى القرن التاسع عشر. وظلت الطاحونة المائية الموجودة عند جسر لندن، التي كانت تعمل بنظام انحدار الماء من أعلى، تزود لندن باحتياجاتها من المياه حتى عام ١٨٢٢[٨](٥).

استغلال الريح

سخّر الإنسان الريح لتشغيل السفن الشراعية منذ عصور سحيقة، لكنه لم يستخدم طاقة الرياح لأداء الأعمال الميكانيكية حتى وقت متأخر نسبياً، عندما استخدمها الفرس لأول مرة في القرن العاشر للأغراض الصناعية. تعاني طواحين الهواء من عيبين متأصلين فيها. أولاً: والأهم أنها لا تستطيع أن توفر قوة موثوقة يومياً. ثانياً: لا بد أن تُوجّه دائماً في مواجهة الريح. وظفت الطواحين "ذات السواري" الأولى تصميم القطعة الواحدة المتعب، الذي كان يحتم على مشغليها أن يديروا الطاحونة الثقيلة كاملة لكي تواجه الريح. وفي وقت لاحق ظهرت الطاحونة ذات البرج، التي كانت تُلّف من القمة فقط، وانتشر استخدامها في هولندا. وأخيراً: في عام ١٧٤٥م اخترع إدموند لي Edmund Lee الذيل المروحي، وهو عبارة عن ذراع عمودي كبير يَصّف ريشات الطاحونة آلياً، وهو منظر لا يزال مألوفاً في المزارع الأمريكية إلى اليوم.

---

(٥) هذا الاستخدام للناعورة يشبه استخدامها في الشرق: رفع المياه (المترجم).

لقد حسّنت الطاحونة الهوائية الإنتاجية، لكنها لم توجد بديلاً للقوة البشرية في كل المهام. وكانت تنتج حوالي عشرة أحصنة قوة في المتوسط فقط، ولم تكن بذلك تمثل تحسناً كبيراً عن الطاحونة المائية. وفي هولندا القرن السابع عشر كانت ٨٠٠٠ طاحونة هوائية تقريباً تستخدم أساسا لضخ ماء البحر لخدمة سكان يزيدون عن المليون، بحوالي عُشر حصاناً قوة لكل شخص، وهي كمية تبلغ خمسة أضعاف كمية القوة لكل شخص في إنجلترا في فترة سجل الأراضي.

كانت أهواء الطبيعة هي التي تحدد أين ومتى يمكن استخدام الطواحين الهوائية والنواعير المائية. وكانت أقوى النواعير فيما قبل العصر الحديث هي ناعورة لويس الرابع عشر في مارلي[٦] التي كانت تستخدم لتشغيل نافورات فيرساي، وقيل إنها كانت تولد خمسة وسبعين حصاناً[٩]. وظلت الانطلاقة الاقتصادية للغرب رهينة بتطوير تقنية تستطيع أن تعطي قوة أكبر دون اعتبار للمكان أو الطقس.

البخار يلهب الاقتصاد الحديث

عرف القدماء أن الماء الذي يغلي يمكن أن يؤدي أعمالاً مادية. وفي حوالي عام ١٠٠ قبل الميلاد وصف هيرو السكندري[٧] آلتين تعملان بالبخار. كانت الأولى، وهي المصورة في الشكل رقم (٥,٣)، عبارة عن وعاء مستدير مركب على محور أفقي، وهو محرك هيرو المألوف. عندما يسخن الجهاز كانت الفتحات ذات الوضع المنحرف توجه البخار المندفع بحيث يدور الوعاء.

---

(٦) كان قصر مارلي Chateau de Marly مقراً ملكياً فرنسياً صغيراً نسبياً، كان يقع على حافة المتنزه الملكي الحالي [المترجم].

(٧) هيرو Hero أو هيرون Heron السكندري عالم رياضيات يوناني قديم كان يعيش في مصر البطلمية التي كانت مقاطعة رومانية وقتذاك، وكان أيضا مهندسا له حضوره القوي في مسقط رأسه الإسكندرية. يعتبر هيرو المجرب الأكبر في العصور القديمة وتعد أعماله تمثيلا جيدا للتقاليد العلمية الهيلينية [المترجم].

الشكل رقم (٥,٣). محرك هيرو.

تمثل المحرك البخاري القديم الثاني في آلة روب غولدبيرغ Rube Goldberg التي كانت تستخدم لفتح وغلق أبواب المعبد بالإسكندرية. كان البخار يدفع الماء من أواني كبيرة إلى دلو أصغر، كان بدوره يهبط بقوة الجاذبية، وبذلك يشغّل حركة الأبواب عبر نظام معقد من البكرات والسواري.

إن الآلتين اللتين وصفهما هيرو في كتابه "الهوائيات" Pneumatica ربما لم تريا الوجود أصلاً. وإذا رأتاه، فمؤكد أن ذلك كان بغرض العرض والإثبات، أي كمجرد لُعَب، لم تؤد، في أحسن الأحوال، عملاً مفيداً. وقد ظلت البشرية لا تستخدم البخار بطريقة مفيدة حتى وقت متأخر من القرن السابع عشر. كانت المشكلة الهندسية الأكثر إلحاحاً في ذلك العصر تتمثل في نزح الماء من مناجم الفحم. وقد ظل عمال المناجم، على مدى قرون، يعرفون أنهم لا يستطيعون أن ينزحوا الماء من أعماق أكثر من ثلاثين قدماً. وقد تسبب هذا القيد في استحالة استغلال عروق الفحم العميقة بطريقة فعالة. وعندما فشل مهندسو كوزيمو دي ميدتشي في محاولاتهم للتصريف العميق، طلبوا المساعدة من غاليليو. نقل

الأخير المشكلة إلى مساعده الرائع إيفانجليستا تورشيللي Evangelista Torrecelli. ومع أن تورشيللي لم يستطع أن يخترع مضخة فعالة، فقد اكتشف شيئاً أثمن كثيراً في أثناء محاولاته، وهو أن حد الثلاثين قدم ينتج عن الضغط الجوي. فذلك الضغط، الذي يبذل قوة معاكسة هائلة قدرها أكثر من أربعة عشر رطلاً لكل بوصة مربعة، كان مكافئا للضغط الذي يبذله عمود ماء ارتفاعه ثلاثون قدماً بالضبط.

عرض العالم الألماني أوتو فون غوريك Otto von Guericke، في عام ١٦٥٤م، جهد القوة الجوية في تجربة تنم عن البراعة. وضع غوريك نصفي كرة معدنيين قطرهما ٢٢ بوصة، ثم أفرغ الهواء من بينهما. كان الفراغ الناتج من القوة بحيث لم تتمكن مجموعتان من الخيول القوية أن تفصل نصفي الكرة.

وسرعان ما أدرك العلماء أن تسخير قوة الفراغ يمكن أن تولد كميات مهولة من القوة. أجرى كريستيان هايجنز Christian Huygenes المحاولات الأولى، بخلق فراغ جزئي بإشعال بارود في أسطوانة. قذف الغاز الساخن نفسه والهواء المحيط خلال الصمام. ومع التبريد، أُغلِق الصمام، بما أدى إلى فراغ جزئي. كانت هذه الطريقة مفيدة لأغراض العرض، لكنها لم تكن أكثر كفاءة بكثير من إحداث الفراغ من خلال الضخ الميكانيكي (يمكن القول إن هذه الآلة كانت أول محرك احتراق داخلي).

رأى دنيس بابن Denis Papin مساعد هايجنز أن البخار يمكن أن يوفر طريقة أكثر كفاءة بكثير لإنتاج الفراغ:

> فحيث إنه من خصائص الماء أن الكمية الصغيرة منه التي تتحول إلى بخار بالتسخين تتمتع بقوة قابلة للتمدد مثل الهواء، لكن عند تبريدها تتحول ثانية إلى ماء، حتى لا يبقى أثر للقوة القابلة للتمدد المذكورة، استنتجتُ أنه يمكن بناء ماكينات يستطيع الماء فيها، بتسخين معقول وتكلفة قليلة، أن ينتج ذلك الفراغ التام الذي لا يمكن إحداثه على الإطلاق بالبارود[١٠].

بعد كتابة هذه الكلمات الحاسمة مباشرة، أنشأ بابن نموذجاً عملياً لأول محرك بخاري بمكبس. كانت كمية صغيرة من الماء في الأسطوانة تُغلى، بما يرفع المكبس. وفي

الوضع الأعلى للمكبس كانت النار تُوقف، وتُمسك سقاطة بالمكبس في مكانه. ثم تبرد الآلة، فيتكثف البخار محدثاً فراغاً. وعندما يبرد بالكامل، تتحرر السقاطة، دافعة المكبس بقوة لأسفل. لم تكن هذه الآلة - للأمانة - محركاً بخارياً، بل كانت محركاً فراغياً، أي يعمل بالفراغ وليس البخار. فمكبس بابن البخاري لم يكن يتحرك بقوة البخار المضغوط، بل بالفراغ شبه التام الذي ينتج عندما يتكثف البخار إلى ماء، وكانت نسبة كثافة الماء إلى البخار حوالي ١٢٠٠ : ١.

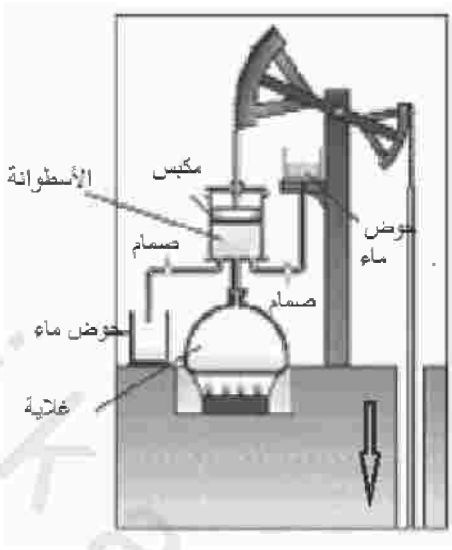
البخار يدخل السوق

كان محرك بابن، كغيره من محركات هيرو وهايجنز، متعباً وبطيئاً جداً للاستخدام العملي. لكن لم يمر وقت طويل حتى نقّح آخرون آلته الغريبة إلى آلات كانت قادرة على إنتاج عمل مفيد اقتصادياً. ففي القرن السابع عشر صمم مركيز ورسيستر Marquis of Worcester وتوماس سافيري Thomas Savery مضخات تعمل بالبخار، مع أنه ليس من المؤكد أن المركيز قد صنع محركه فعلاً. أنتج سافيري نماذج عملية، لكنها لم تنجح تجارياً. ومع ذلك ينسب بعض المؤرخين أول محرك بخاري عملي إلى سافيري. ولعل الأهم من الإنجازات التقنية أو التجارية لكل من سافيري والمركيز أنهما ظفرا ببراءات اختراع للآلات التي صنعوها. وقد ظفر سافيري ببراءته بعد أن قدم عرضاً عملياً أمام الملك في قصر هامبتون.

كان المخترعون، في أواخر القرن السابع عشر، يستحوذ عليهم حلم الحصول على احتكار صناعي مربح، وقدموا بذلك زخما لسرعة التجديد التقني. ومع أن طلائع الثورة العلمية كانوا من ذوي التعليم العالي، وجاء كثيرون منهم من الطبقة الأرستقراطية الغنية، فقد كان مهندسو الثورة الصناعية ومخترعوها العظماء، دون استثناء تقريباً، حرفيين غير متعلمين يدفعهم حلم المكسب التجاري. ينطبق ذلك على توماس نيوكومن Thomas

Newcomen ومعاصره سافيري. لكن مكانة نيوكومن الاجتماعية المنخفضة لم تمنعه من مراسلة روبرت هوك، وهو أحد أعظم العلماء في أيامه، حول أعمال بابن ومركيز. أدرك نيوكومن أن التصميمات السابقة كانت معيبة بسبب التبريد البطيء لأسطواناتها، الذي كان يتم خارجياً. فيما صمم سافيري محركا يُبرّد بحقن الماء البارد داخلياً. ونظراً لأن براءة سافيري كُتِبت بطريقة واسعة جداً وغطت أي تصميم كان يمكن لنيوكومن أن يتخيله، اضطر الأخير لأن يتعاون مع سافيري.

إن السجل التاريخي لآلتهم الأولى لا وجود له تقريباً، لكن في وقت ما من عام ١٧١٢م، في منجم الفحم بقلعة دادلي في ورسيسترشاير، بدأ أول محرك بخاري جوي عملي في العالم في ضخ الماء من أعماق المنجم. وكلمة السر هنا هي "جوي" atmospheric. فمحرك نيوكومن، الموضح في الشكل رقم (٥,٤)، كان يعمل فقط بواسطة الضغط الجوي المحيط، تماماً مثل محرك بابن. ففي حالة السكون كان المكبس يستقر على قمة الأسطوانة الباردة. وكان البخار الناتج من الغلاية يُحقَن في الأسطوانة، فيزيح الهواء البارد خلال الصمام الأيسر في الشكل رقم (٥,٤). والأسطوانة المليئة الآن بالبخار مع وجود المكبس في وضعه الأعلى، كانت تُحقَن بعد ذلك بماء بارد من الصمام الأيمن في الشكل، وذلك يكثف البخار وينتج فراغا شبه كامل. كان هذا الفراغ يسحب المكبس لأسفل بقوة كبيرة، كانت تُحوّل إلى آلية للضخ. وبعد ذلك كان البخار يُحقَن ثانية في الأسطوانة فيرتفع المكبس ببطء. وكانت الدورة التالية تبدأ بحقن آخر للماء البارد. وهكذا كان المحرك يعمل كليا بالضغط الجوي، إذ لم يكن المكبس يُدفَع بالبخار نفسه، وإنما بالفراغ الناتج عن تكثف البخار.



الشكل رقم (٥,٤). محرك نيوكومين.

المصدر : Reproduced with permission from the Newcomen Society

كانت آلة نيوكومن الرائعة تدمج العمل الآلي لصمامات يسيطر على فتحها وغلقها حركات ذراع الدفع الأساسي. كانت هذه الماكينة تدور ١٢ مرة في الدقيقة وتنتج قوة قدرها حوالي ٥,٥ حصاناً[١١]. ورغم أنها لم تكن أقوى من الطاحونة المائية أو الطاحونة الهوائية، فقد كانت تستطيع أن تؤدي عملها في أي وقت وفي أي مكان. فأصبح بمقدور البشر الآن أن يستخدموا القوة عندما يريدون، بعيداً عن أهواء الطبيعة. وقد ساعدت قوانين براءة الاختراع الجديدة، التي كانت تكافئ الإبداع والتحسين، في دفع المخترعين أبعد كثيراً من هذه التصميمات البدائية الأولى. وفي غضون بضعة عقود كانت محركات نيوكومن تنتج ما يصل إلى ٧٥ حصاناً.

كان محرك نيوكومن نقطة الانطلاق لثورة في الصناعة والنقل، غيّرت ممكنات النمو الاقتصادي العالمي إلى الأبد. لكنه، مع ذلك، لم يكن فعالاً اقتصادياً. فالتصميم الذي كان يتطلب تسخين وتبريد كامل الأسطوانة بالتناوب كان غير كفء، ونظراً لاعتماد المحرك على الضغط الجوي، فقد كان مقيداً عند قوة ١٤,٧ رطل لكل بوصة

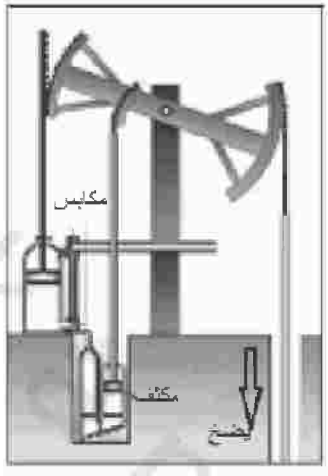
مربعة من وجه المكبس فقط. وكان يستهلك كمية هائلة من الفحم، ولذلك كان يُستخدَم فقط لضخ مياه المناجم غزيرة الإنتاج. والأسوأ من ذلك أن المحرك كان ينتج القوة عند وضع المكبس لأسفل فقط، بما يجعله غير عملي لدفع عجلات المركبات وعجلات التغديف. فقد كان، بتعبير أحد المؤرخين، "مسخاً يبعث على التفاؤل"[١٢].

ظل محرك نيوكومن، رغم عيوبه، أحدث ما في المجال، ولذلك لم يستخدم كثيراً، على مدى أكثر من جيلين بعد اختراعه. وبلغ عدد ما صُنِع في عام ١٧٦٩م من المحركات البخارية ٦٧ فقط[١٣]. لكن مع أن المحرك كان معيباً من الناحية الفنية، فقد كان مفهومه الأساسي سليماً، وقامت أجيال تالية من الحرفيين بتحسينه تدريجياً من حيث القوة وكفاءة الوقود.

كان من هؤلاء الحرفيين جيمس واط James Watt. ولد واط في أسكتلندا في عام ١٧٣٦م في أسرة تاجر فقير، واضطرته ظروفه المالية الصعبة لأن يبحث عن حرفة. سافر واط في عمر التاسعة عشر إلى لندن، حيث تعلم صنع "الآلات الفلسفية"، التي نطلق عليها الآن الأجهزة العلمية. وعندما عاد إلى غلاسكو ليثبت نفسه في هذا العمل، رفضت النقابات المحلية دخوله. ولحسن الحظ كانت موهبته الميكانيكية الفطرية واضحة، لذلك أعطته جامعة غلاسكو وظيفة تصليح الآلات وصنعها.

مكّنته الوظيفة الجديدة من الاقتراب من أعظم علماء أسكتلندا، الذين علموه فيزياء البخار. قدم له القدر في عام ١٧٦٤ أحد محركات الجامعة من طراز نيوكومن لتصليحه. أدرك واط على الفور أن عدم كفاءته ناتجة عن التسخين والتبريد المتناوبين للأسطوانة، وأنه يمكن أن يستهلك فحما أقل بكثير إذا أمكن أن يعمل باستمرار وهو ساخن. بعد ذلك بقليل، وبينما هو يتمشى على مروج غلاسكو، وهي قصة نعتبرها خرافية الآن، جاءته الفكرة: إذا أمكن تكثيف البخار خارج الأسطوانة، فإن الأسطوانة نفسها يمكن أن تظل ساخنة طوال الدورة، وهو ما يوفر كثيراً في استهلاك الوقود. وفي

اليوم التالي عاد إلى مختبره، واستخدم محقنة طبية نحاسية صغيرة وأثبت جدوى المكثف الخارجي. يوضح الشكل رقم (٥,٥) المكثف الخارجي المهم في تصميم واط.



الشكل رقم (٥,٥). محرك واط.

وعندما حاول واط أن ينفذ فكرته، واجهته نفس المشكلة التي ستعيق توماس إديسون بعد أكثر من قرن. كان الاختراع عسيراً بالفعل، لكن الأصعب من ذلك كان أن يجد واط عمالا مهرة لإنتاج محركاته بأعداد كبيرة، والأصعب من الكل أن يجد مالا كافيا لصنع أعداد كبيرة من المحركات. تعاون واط في البداية مع زميله المخترع جون روباك John Roebuck، لكن الاحتياجات المالية الهائلة للمحرك ذي الأسطوانة والمكبس، خاصة صنعه الدقيق المكلف، دفعه إلى الإفلاس.

وجد واط المفلس والمحتاج حتى إلى الطعام عملا كمهندس مدني. أنعم الحظ عليه للمرة الثانية بعد عقد، في عام ١٧٧٤م، حيث التقى في لندن، بينما كان في عمل روتيني، مع رجل الصناعة من برمنغهام ماثيو بولتون Matthew Boulton، الذي كان يهتم بأعمال واط. في تلك السنة كان صانع البنادق جون ويلكنسون John Wilkinson قد طور طريقة لتجويف المدفع كانت تلبي الاحتياجات الدقيقة التي يتطلبها المحرك ذو الأسطوانة والمكبس. وفي غضون أشهر أنتج واط وبولتون محركات جيدة بمكونات

ويلكنسون الدقيقة. ذهب أول هذه المحركات لتهوية أفران ويلكنسون العالية في مقابل الأسطوانات التي قدمها لهما[١٤].

ينطبق مفهوم "التآزر"، أفضل منه في أي مجال آخر، على التفاعل بين تقنيات الحديد والبخار. فقد حسّن البخار الحديد كماً ونوعاً. وسمح الحديد الأعلى جودة بتصنيع أكثر دقة، إضافة إلى التحمل الأعلى، للمكابس والأسطوانات، وهو ما أدى بدوره إلى قوة بخارية أكثر كفاءة.

حتى مجلس العموم تعاون معهما. ففي عام ١٧٧٤م لم يكن يبقى غير ثمان سنوات في براءة واط، وهي فترة لا تكفي حتى يصير محرك واط- بولتون مربحاً. ولذلك منحهما البرلمان براءة لخمسة وعشرين سنة أخرى. وعندما انتهى هذا المد، كان ٤٩٦ من هذه الآلات تئز في إنجلترا، لتشغّل مضخات المناجم والأفران العالية والمصانع.

فتحت الفرص الصناعية التي أوجدها محرك واط- بولتون باباً واسعاً للإبداع. فصمم واط محركات تستطيع أن تنتج القدرة الدوارة، المهمة لتطبيقات المصانع والنقل، وتعمل تحت ضغط بخار إيجابي، وليس الضغط الجوي (السلبي) فقط، حيث كان واط حريصاً على استخدام البخار، أكثر بكثير من الضغط الجوي. وكذلك مهندس المناجم ريتشارد تريفيثيك Richard Trevithik، الذي حصل في عام ١٨٠٢م، أي بعد سنتين من انتهاء المنحة البرلمانية لبولتون وواط، على براءة اختراع لمحرك كان يعمل عند ١٤٥ رطلاً لكل بوصة مربعة، أي عشرة أضعاف الضغط الجوي العادي.

ومع مطلع القرن التاسع عشر كانت البشرية قد أفلتت نهائياً من القيود القديمة للعضلات والماء والريح. وأصبح نتاج شخص واحد يشغّل ماكينة مصنع أو مطرقة فحم هوائية ضعف أسلافه عشرة مرات، أو حتى مائة مرة. ولم تعد السفن تعتمد على تقلبات الطبيعة. والأهم من كل ذلك أن القدرة الجديدة على إنتاج طاقة ميكانيكية وفيرة ستلهم اختراعات لم تكن متخيلة سابقاً. وفي فترة قصيرة سيغير اثنان من هذه الاختراعات – قاطرة السكة الحديدية والمولد الكهربائي- جوهر الحياة اليومية، وبذلك يقدمان الجزء الأخير في لغز الرخاء العالمي.

السرعة

لا تكتسب وفرة السلع الاستهلاكية قيمة حقيقية، إذا تعذر نقلها من مكان لآخر بفعالية. فالملابس والمواد الغذائية والأجهزة الكهربائية مهما كانت الكفاءة في إنتاجها ستظل غالية جداً، إذا تعذر نقلها بطريقة رخيصة وسريعة إلى مستخدميها.

كان ذلك هو واقع الحال في النصف الأول من الثورة الصناعية. وفي أواخر عام ١٨٢١م، عندما بدأ الكاتب الإنجليزي لي هنت Leigh Hunt وأسرته رحلتهم إلى إيطاليا، كان الطقس عاصفاً لدرجة أنهم بعد شهرين لم يتبينوا الساحل الإنجليزي ولم يصلوا ليفورنو الإيطالية حتى يوليو التالي[١٥].

في هذه الفترة نفسها كان السفر البري أكثر أماناً وراحة من نظيره البحري، لكن ليس بدرجة كبيرة. فحتى عام ١٨٢٠م كانت السرقة على طرق السفر في إنجلترا لا تزال شائعة. وكانت الأمور أسوأ كثيراً على القارة الأوروبية. فكانت شحنات البضائع الفرنسية تحتاج دائماً لحراسة أمنية، وكان القتل شائعاً على الطرق الإيطالية. وإلى أن جاءت القاطرة البخارية ظل المسافرون على أرض القارة الأوروبية يحملون الأسلحة النارية.

زادت الحالة السيئة للطرق هذا الواقع بؤساً. فمعظمها لم تكن أكثر من طرق ترابية خددتها عجلات المركبات عميقاً. هذه الأسطح غير المستوية، فضلاً عن تقييدها لسرعة السفر وتسببها في عدم الراحة، كانت مصدراً للخطر. فالمركبة التي كانت تنقلب حتى على سرعة منخفضة كانت قاتلة فعلاً للمسافرين. وفي حوالي عام ١٨٢٠م فقط أحدث جون ماك-آدم John L. McAdam تحولاً في علم شق الطرق باكتشاف أن الطرق المغطى سطحها بحجارة مسحوقة دقيقة (المرصوفة بالحصباء) كانت ناعمة ومقاومة للتخديد.

ربما كان السفر البحري أشد خطراً من السفر البري، لكنه قبل اختراع قوة البخار كان أرخص كثيراً، حتى في حال توفر طرق برية مباشرة. وحتى بعد عقود من مجيء السفر بالسكك الحديدية ظل السفر بين لندن وإدنبره أرخص بالبحر منه بالبر.

حدث موقف مماثل في العالم الجديد، حيث وقفت جبال الأبلاش عائقاً أمام السفر

الداخلي. تجلى ذلك بوضوح في مُدد الرحلات المبينة في الشكل رقم (٥,٦). فالرحلة البحرية الساحلية بطول خمسمائة ميل كانت تستغرق أسبوعاً، في مقابل ثلاثة أسابيع بالبر.

الشكل رقم (٥,٦). مُدد الرحلات من مدينة نيويورك في عام ١٨٠٠م.

المصدر: Reprinted with permission of publisher John F. Stover, ed., The Routledge Historical Atlas of the American Railroads (London: Routledge, 1999), 11.

بطيئة لكنها مؤكدة وآمنة ورخيصة

لم يمر القرن الثامن عشر دون أي تقدم في النقل. كان الحكام، منذ الأزمنة القديمة، يشقون القنوات لتوفير ملاحة داخلية رخيصة، وإن كانت بطيئة. وقد تسبب ظهور تقنية البخار في زيادة الطلب على الوقود. وكان نقل كميات ضخمة من الفحم من المناجم البعيدة وصعبة الوصول إليها يشكّل تحدياً صعباً. فكر الدوق بريدجوتر Bridgewater في عام ١٧٦٧م في بناء قناة بين مناجمه في ورسلي ومصانع النسيج الواقعة على بعد ثلاثين ميلاً في رانكورن. وقد حققت القناة نجاحاً لا يصدق، ولا تزال تعمل إلى يومنا هذا. وفي غضون عقدين شق الإنجليز ما يزيد عن ألف ميل من القنوات[١٦٦].

لكن ذلك لا يقارن بعصر شق القنوات الذي حدث في الولايات المتحدة في أوائل القرن التاسع عشر. كان نقص الأموال المزمن في فترة ما قبل الثورة يحبط المستعمرين عن شق القنوات، الذي كان مكلفاً جداً في البداية. لكن مع حلول العقد الثالث من القرن التاسع عشر بدأ الاقتصاد الأمريكي، الذي أخذ يتوسع ببطء، ينتج تدفقاً متزايداً من رأس المال، وبدأ رجال الأعمال يحلمون بنظام قنوات داخلية واسع للنقل الضخم. بدأ هذا الحلم يتحقق بإكمال قناة إيري Erie Canal في عام ١٨٢٥م، التي كانت من أعظم مشروعات التشييد في عصرها، لدرجة أن المؤرخ جورج تايلور George Taylor اعتبرها "فعل ينم عن الإيمان". وإلا فبماذا نسمي شق ممر مائي صناعي بطول ٣٦٤ ميلاً من ألباني إلى البراري الشاسعة غرباً؟

كانت قصة القناة ملحمية بالفعل. اعتبرت الحكومة الفيدرالية الخطة طائشة ورفضت دعمها. فأخذها سياسي محلي، هو حاكم نيويورك دي ويت كلنتون De Witt Clinton، ليلزم ولاية نيويورك بأن تدعم إصدار السندات الهائلة التي كانت لازمة لتمويل القناة. ينسى أنصار إبعاد الدولة تماماً عن الاقتصاد اليوم أنه في الدول المتخلفة

(كما كانت الولايات المتحدة في أوائل القرن التاسع عشر) تحجم الغالبية عن إقراض المشروعات الخاصة. والدولة غالباً ما تكون الطرف الوحيد القادر على جذب رؤوس الأموال بأسعار معقولة.

أثبتت قناة إيري نجاحاً اقتصادياً هائلاً حتى قبل أن يكتمل طولها. ورغم المنافسة اللاحقة لها من السكك الحديدية، لم تقل حركة السفن بها إلا في عام ١٨٨٠م[١٧]. كان ميراث القناة الأوضح هو ازدهار مدينة نيويورك واتساعها. فقبل إنشاء القناة كانت غوثام تلي بوسطن وفيلادلفيا، وتلي حتى مقاطعة واشنطن. وجاءت قناة إيري لتجعل مدينة نيويورك مخزن الناتج الزراعي الوفير للغرب الأوسط، الذي تدفق عبر القناة إلى نهر هودسون ومنه إلى أرصفة المدينة، لينقل بحراً إلى وجهته النهائية، التي كانت عادة مكان ما على الساحل الشرقي أو في أوروبا.

بيد أن القنوات، مهما كان نجاحها، لم تكن تحسناً ثورياً. فهي أولاً كانت مفيدة فقط في الأراضي الداخلية المنبسطة نسبيا، حيث كان أقصى ارتفاع لقناة إيري ٦٥٠ قدما. فضلاً عن أنها لم توفر سرعة كبيرة. وكان على التغيير الحقيقي في النقل أن ينتظر تطبيق البخار على المركبات البرية والبحرية.

البخار في أعالي البحار

لم يستسلم الشراع بسهولة للمحرك البخاري في محيطات العالم. فبعد أكثر من قرن من اختراع المركيز جوفروي دابانز Jouffroy d'Abbans للباخرة ذات عجلة التغديف في عام ١٧٨٧م، ظلت السفن الشراعية تنافسها بنجاح. بل إن هذه الضغوط التنافسية شجعت حدوث تحسن في تقنية السفن الشراعية كانت لا تقل بحال عن الدفع البخاري، حيث غدت سفينة القلبر(٨) في منتصف القرن التاسع عشر تستطيع أن تحمل حمولات تصل إلى

(٨) سفينة القلبر سفينة شراعية سريعة [المترجم].

عدة آلاف من الأطنان وأن تسير بسرعة عشرين عقدة. ولم يصبح البخار الطاقة المحركة لمعظم النقل البحري في العالم إلا في أواخر القرن التاسع عشر[١٨].

تسبب اقتران المحرك البخاري بالمركبات البحرية في صعوبة كبيرة، حيث كانت المحركات المبكرة الثقيلة تجعل السفن غير مستقرة وتلتهم كميات ضخمة من الفحم. وبينما لم يكن التزود المتكرر بالفحم يمثل مشكلة للبواخر النهرية أو الساحلية، يحكي النقل عبر المحيطات قصة أخرى. كانت إحدى البواخر الأولى على طريق الأطلسي، وهي باخرة الملكة البريطانية British Queen، تحمل ٥٠٠ طن من البضاعة و٧٥٠ طن من الفحم[١٩]. والأساطيل العسكرية التي كان من الوارد أن تُستدعَى لعمل بعيد بين لحظة وأخرى نأت بنفسها عن التقنية الجديدة في أول الأمر. كانت السفينة الأكبر في زمنها هي العملاق "الشرقي العظيم" Great Eastern المصنوعة من الحديد. وتلك السفينة التي دُشنت في عام ١٨٥٨م، كانت تعمل بالمغداف والشراع والرفاص، وكان طولها ٦٩٢ قدما وتنقل ٢٢٥٠٠ طن. وفي النهاية حكم التوقف المتكرر والغالي للتزود بالفحم على هذه السفينة بالإخفاق تجارياً.

وأخيراً أصبحت قوة البخار عملية مع إكمال المحرك البحري عالي الضغط والرفاص اللولبي. لقد أثبت تصميم محرك تريفيثيك الأصلي عالي الضغط أنه غالي وغير آمن للاستخدام العملي، لكن بحلول عام ١٨٧٠م أصبح بالإمكان استخدام ضغط في حدود ١٥٠ رطل لكل بوصة مربعة. ومع مطلع القرن، قبل مجيء التوربينة النفطية مباشرة، كان بمقدور صمام بابكوك وويلسون Babcock and Wilson المعياري بالبحرية المَلكية أن يولد ٢٥٠ رطلاً لكل بوصة مربعة.

سعر واحد وأجر واحد

كانت الزيادة المدفوعة بالبخار في حجم الشحن كافية لكي تحقق "توازنا" في أسواق المُدخَلات الاقتصادية الأساسية الثلاث – الأرض والعمل ورأس المال – بين إنجلترا وأمريكا. ففي عالم لا ينتقل فيه العمال والسلع بسهولة، تنشأ اختلافات كبيرة

في أسعار السلع والأجور بين الدول، وحتى بين المدن المتجاورة. ينتج ذلك أسعاراً متفاوتة للأرض، وإذا لم يتوفر اتصال كفء، سيتفاوت عائد الاستثمارات كثيراً من مكان لآخر.

ومع نقص النقل الكفء عبر المحيطات، كان هذا التفاوت في الأسعار هو المهيمن على الاقتصاد العالمي قبل عام ١٨٧٠م. ولأن الأرض كانت نادرة في إنجلترا ووفيرة في أمريكا، فقد كانت أسعارها، وكذلك أسعار المواد الغذائية، أعلى كثيراً في بريطانيا. وفي المقابل أدت وفرة العمال في إنجلترا وندرتهم في أمريكا إلى تدني الأجور التي تدفع للعامل البريطاني كثيراً عما كان يدفع لابن عمه الأمريكي. وهكذا كانت دخول العمال أقل في إنجلترا، ذات الأجور المنخفضة والأسعار العالية، عن أمريكا. (نفس الشيء ينطبق على رأس المال. فلأنه كان وفيراً في إنجلترا أكثر بكثير منه في أمريكا، كان عائده في إنجلترا أقل منه في الولايات المتحدة).

ساوى مجيء النقل البخاري الاختلافات في الأسعار والأجور بين الولايات المتحدة وإنجلترا. ففي عام ١٨٧٠م كان سعر اللحم البقري أعلى ٩٣٪ في لندن عن سينسيناتي، بينما انخفض الفرق في عام ١٩١٣م إلى ١٨٪ فقط. وبين هذين التاريخين ارتفعت إيجارات الأراضي بحوالي ١٧١٪ في الولايات المتحدة، وانخفضت بحوالي ٥٠٪ في إنجلترا، وبالتوازي مع الأخير حدث هبوط حاد في أسعار الأرض في بريطانيا.

لم يتوقف الأمر عند توازن أسعار السلع والأرض والإيجارات في الأمتين، وإنما تعداه إلى الأجور الحقيقية. لم ينتج ذلك عن المواد الغذائية الأمريكية الرخيصة وحسب، بل أيضاً عن القدرة المتزايدة للعمال الإنجليز على الهجرة، التي قلصت سوق العمالة المحلي في بريطانيا. وأخيراً تحسنت عوائد رأس المال الإنجليزي بفضل تحسن المعلومات والنقل الذي أوجد بدائل مربحة للاستثمار فيما وراء البحار[٩]. إننا

---

(٩) تُعرَف النظرية التي تقول بأن تقارب أسعار السلع ينتج أيضاً تقارباً في أسعار المدخلات الاقتصادية الثلاث الأساسية - العمل والأرض ورأس المال - باسم نموذج هيكشر- أوهلن Heckscher Ohlin، =

اليوم حين نتحدث عن "الاقتصاد العالمي" نقصد عالماً تقاربت فيه بين الأمم الأجور وأسعار السلع والسلع المصنعة. وقد حدثت الخطوات الهائلة الأولى في هذا الاتجاه في النصف الأخير من القرن التاسع عشر، حيث بدأت قوة البخار تنقل كميات ضخمة من السلع والناس في كافة أنحاء العالم.

وصول السكك الحديدية

حدث غزو البخار للنقل البري أسرع وعلى نطاق أوسع. فقد حاول المخترعون على الفور أن يطبقوه على عربات الطرق. لكن المهمة كانت صعبة لأن العربات البرية تتيح فضاء للمحرك أقل مما تتيحه السفينة. وأخيرا نجح ريتشارد تريفيثيك، في عام ١٨٠١م، في تشغيل عربة طرق بأحد محركاته المبكرة عالية الضغط. وتمكن في عام ١٨٠٤م من تشغيل شاحنة على طول عشرة أميال، كانت تنقل عشرة أطنان من الحديد وسبعين رجلا بسرعة خمسة أميال في الساعة بين مسبك بينيداران في ويلز وقناة قريبة. وكان يقدم في عام ١٨٠٨م جولات بخمسة شلنات لجمهور لندن بالقرب من ساحة أوستون.

كان عبقري قاطرات السكة الحديدية هو جورج ستيفنسون George Stephenson. ولد ستيفنسون ابن "مُصَلّح المحركات" في وسط فقر حقول الفحم في عام ١٧٨١م، ونشأ داخل المناجم وحولها. سلبته سمفونية البخار لبه، فوجد نفسه هو الآخر يدير مضخة منجم. وأخيراً التقى بروبرت هاوثورن Robert Hawthorne مصمم المحرك وتشاور معه.

= حيث اقترحها هذان الاقتصاديان السويديان بعد الحرب العالمية الأولى، ويؤكدها الاقتصاديون المعاصرون منذ ذلك الحين. لا تقل هذه النظرية المغمورة أهمية في تفسير الاقتصاد العالمي الآخذ باطراد في التكامل والاندماج. انظر- Kevin H. O'Rourke and Jeffrey G. Williamson, "Late Nineteenth-Century Anglo-American Factor-Price Convergence: Were Heckscher and Ohlin Right?" Journal of Political Economy, 54 (Dec. 1994): 892-916.

وصل ستيفنسون سريعاً إلى انتباه الحكومة البريطانية بفضل موهبته. كان إنتاج الفحم جزءاً مهماً من المجهود الحربي ضد نابليون، وكان ستيفنسون في ذلك الوقت في الثلاثين من عمره ويدير المضخات في مناجم نيوكاسل الضخمة. كان ستيفنسون أمياً، لكن نجاحه وفر لابنه روبرت التعليم، وسرعان ما علم الابن أباه القراءة والكتابة وكذلك الرياضيات والعلوم.

وفرت حقول الفحم فترة الحضانة المثالية لتطوير قاطرات السكك الحديدية. كانت عربات الفحم تجري على قضبان خشبية منذ عدة قرون في ألمانيا وإنجلترا. وفي القرن الثامن عشر أخذت القضبان الخشبية تتحول ببطء إلى أخرى حديدية، وبات حتمياً أن تحل المحركات محل خيول الجر الحرونة والغالية. حدث قدر كبير من ذلك التحول على يد ستيفنسون.

كان المحفّز الفوري لتطوير محرك السكك الحديدية العملي هو الزيادة في تكلفة علف الخيول نتيجة للحروب النابليونية والارتفاع المصاحب في سعر الفحم. كانت تصميمات ستيفنسون الأولية ضعيفة القوة لدرجة أنها كانت تحتاج في الغالب إلى أن يدفعها الناس بقوة لكي تتحرك. حدث ذلك مع القاطرة بلوشر Blucher التي وفرت للجمهور جولات طريفة في عام ١٨١٤م. واصل ستيفنسون وابنه روبرت تحسين محركاتهما، بحيث إن كل واحد جديد كان أقوى من سابقه. وتمكن أفضل هذه المحركات، المعروف باسم الصاروخ Rocket، في السير بسرعة أكثر من ثلاثين ميلاً في الساعة، ولذلك استحوذ على خيال الجمهور البريطاني. ويعتبر رد فعل الممثلة فاني كيمبل Fanny Kemple مثالاً لرأي هذا الجمهور، حيث وصفت جولتها الأولى بالصاروخ بأنها:

> ... حيوان صغير يطلق شخيراً، شعرت بالرغبة في التربيت عليه. كان ينطلق بأقصى سرعة، خمسة وثلاثين ميلا في الساعة، أسرع من الطيور ذاتها. لا يمكنك أن تتصور نفسك وأنت تشق الهواء، وكانت حركته ناعمة جداً، حتى إنني تمكنت من أن أقرأ وأكتب، ولما وقفتُ ملأ الهواء قبعتي المشدودة إلى عنقي

وأصبحت تطير خلفي. ولما أغلقت عينيّ كان إحساس الطيران الذي شعرت به أعظم وأغرب من أن يوصف. ورغم غرابته تلك، كان لدي إحساس تام بالأمان دون أدنى خوف[٢٠].

منح البرلمان اتحادا من رجال الأعمال، في عام ١٨٢١م، ترخيصاً لمد خط سكة حديد من دارلنغتون إلى ستوكتون- أون- تيز. كان حقل الفحم في دارلنغتون قد تعطل تطويره بسبب موقعه البعيد، وهي مشكلة ستحلها السكة الحديد والبخار قريباً. اكتمل الخط بعد ثلاث سنوات وحقق أرباحاً على الفور. وتلاه مباشرة مشروع أكبر كثيراً يربط مانشستر وليفربول. كان هذا الخط الذي يربط مركز الأمة الصناعي بميناها طموحا للغاية. كان على المهندسين أن ينقلوا كميات مهولة من التراب لتسوية الأرض وشق الأنفاق غير المسقوفة وبناء جسور ضخمة. وقد ربح ستيفنسون المنافسة على المحرك بصاروخه الذي كان يجر حمولة ثقيلة لستين ميلاً بمتوسط سرعة يتجاوز أربعة عشر ميلا في الساعة.

فُتح الخط في ١٥ سبتمبر ١٨٣٠م، ومع أن مراسم الافتتاح أفسدتها أول حادثة قتل بالسكك الحديدية، وهو عضو البرلمان وليام هسكيسون William Huskisson المتحمس للسكك الحديدية، الذي دهسه الصاروخ، فقد كان جلياً أن السكة الحديد أحدثت ثورة في الحياة الحديثة. وبعد عقد من افتتاح هذا الخط، بلغ طول الخطوط الحديدية في إنجلترا ألفي ميل. وعلى خلاف الباخرة التي زادت السرعة والراحة بدرجة هامشية، غيّرت السكك الحديدية طبيعة السفر ذاتها. فمُدد الرحلات التي كانت تقاس بالأيام والأسابيع أصبحت تحسب بالساعات، واكتسب الزمن نفسه محدِداً جديداً، هو "زمن السكة الحديد"، وهو ما يشير إلى التسارع المفاجئ في سرعة الحياة اليومية (يشبه "زمن الإنترنت" الذي خبرناه مؤخراً). وأصبح السفر لمسافات بعيدة متاحا للجميع، بعد أن كان يقتصر في السابق على الأغنياء. من أدلة ذلك أنه في عام ١٨٣٥م نفذ الإنجليز ١٠ ملايين رحلة بمركبات السفر، وفي عام ١٨٤٥م نفذوا ٣٠ مليون رحلة بالقطار، وفي عام ١٨٧٠م نفذوا ٣٣٠ مليون رحلة[٢١].

وبحلول عام ١٨٣٠م قلل المحرك البخاري الرحلة بين غلاسكو ولندن من عدة أيام شاقة إلى ٢٤ ساعة سهلة. تفاخرت مجلة "ريلوايز تايمز" قائلة: "ما الذي يمكن أن يتمناه أي إنسان عاقل أكثر من ذلك؟"[٢٢]

الضوء

تقول أسطورة قوية جداً إنه بعد وقت قصير من انتصاف ليلة الثامن عشر من يونيو ١٨١٥م حلّقت واحدة من الحمام الزاجل على مستوى منخفض فوق القنال الإنجليزي حاملة إلى إنجلترا خبر هزيمة نابليون في وترلو. لم يكن هذا الخبر المهم موجهاً للاستهلاك، سواء استهلاك الصحافة أو الجمهور المنتظر، ولا حتى الوزارات المدنية والعسكرية، بل كان موجهاً بالأحرى إلى عيني رجل واحد، رجل واحد فقط: الرأسمالي ناتان روتشيلد Nathan Rothschild.

خمّن أعضاء سوق الأوراق المالية، في ذلك الصباح، أن روتشيلد ربما كان يعرف نتيجة المعركة. كان روتشيلد يدرك أن السوق يرتاب في معرفته المتقدمة، ولذلك كان يُحدِث عن عمد رعباً مالياً ببيع سندات الدين التي يملكها. وبعد ذلك يسترجعها المضارب الماكر بطريقة هادئة ومنهجية، لعلمه بأن أسعارها سترتفع ثانية بدرجة كبيرة عندما تصل أخبار الانتصار إلى الأسواق المالية في اليوم التالي[١٠].

---

(١٠) كان الواقع أكثر تعقيداً من ذلك بكثير. فقد كانت أسرة روتشيلد تستخدم الحمام الزاجل، لكن فقط لبيانات السعر الروتينية، وليس للاتصالات الضرورية بين الشركاء. وقد نُقلت أخبار وترلو من روايات صحف بروكسل إلى مكاتب روتشيلد عبر جواسيسه قبل يومين كاملين من وصولها إلى الحكومة والجمهور الإنجليزيين. ومع أن ناتان روتشيلد كان يحقق أرباحاً متواضعة بشراء سندات الدين على أساس هذه المعلومات المتقدمة، فقد كانت هزيمة نابليون السريعة والمفاجئة كارثة لآل روتشيلد الذين توقعوا حرباً طويلة ولذلك اشتروا كميات كبيرة من الذهب، انخفضت قيمته بنهاية المعارك. وأسطورة الضربة غير الموفقة المفترضة من جانب روتشيلد في وترلو، مع أنها تكشف عن مهارة مالية تستعذبها الأذن الحديثة، فإن جذورها ترجع إلى الكتابات المعاصرة للمؤلفين المختلفين المعادين للسامية، ومن أبرزهم أونر دي بلزاك. فقد كانت مشاعر قراء القرن التاسع عشر تتأذى كثيراً من تربح آل روتشيلد=

كانت هذه حال الاتصال عندما بدأ العصر الحديث. ولأن أهم الأخبار كانت تأخذ أياماً للانتقال بين الدول المتجاورة، فقد كانت المعلومات مالاً في البنك لأولئك الذين يمتلكونها، وكان نقصها كارثة.

التحذير يصبح كهربائياً

ظل العلماء منذ اكتشاف الكهرباء يحلمون باستخدامها في إرسال المعلومات، وبداية من منتصف القرن الثامن عشر أجريت محاولات لتحقيق هذا الحلم. ففي عام ١٧٤٦م ربط الراهب الفرنسي جين- أنطوان نوليه Jean Antoine Nollet بين مائتي راهب بقضبان حديدية خمسة وعشرين قدماً. مدّ الراهب هذه القضبان على طول ميل، ثم نفذ صدمات كهربائية للراهب الأول في الخط. وكان من دواعي دهشته أن الراهب الأخير أحس بالصدمة في نفس وقت الراهب الأول، وبذلك اتضح أن الإرسال الكهربائي آني[٢٣].

وبعيداً عن رجال الدين الذين صدمهم التيار، ظل الاتصال الإلكتروني بعيد المنال حتى عام ١٨٠٠م. كانت هناك مشكلات ثلاث أساسية:

- لم تكن تتوفر مصادر موثوقة للقوة الكهربائية.
- وجد العلماء أن من الصعب جداً تحويل التيار الكهربائي إلى إشارات صالحة للاستخدام.
- كانت القدرة على اكتشاف تلك الإشارات وتفسيرها متواضعة للغاية، كما أوضحت تجربة نوليه.

انحلت مشكلة التوليد الكهربائي أولاً. كانت الكهرباء الساكنة الضعيفة تنتج قبل

=المفترض من تقلبات الحرب. ولهذا السبب رفضت الملكة فيكتوريا أن تمنح رتبة النبالة للسيد ليونيل دي روتشيلد. نايل فيرغسون Niall Ferguson اتصال شخصي. وانظر أيضاً Niall Ferguson, The House of Rothschild (New York: Penguin, 1999), 14-15, 98-101.

عام ١٨٠٠م بطريقة دلك المواد ببعضها فقط. وفي تلك السنة أصاب أليساندرو فولتا Alessandro Volta في استنتاج أن ارتعاش ساقي ضفدع لويجي جلفاني كان ناتجاً عن اتصال معدنين مختلفين في محلول ملحي. وشرع فولتا في اختبار أزواج مختلفة من المعادن بطريقة منهجية، ووجد أن مجموعتين – الخارصين/النحاس والخارصين/ الفضة – تنتجان تياراً أقوى وأكثر ثباتاً. وقد تمكن بصف شرائح متتالية من هذه المعادن بين نسيج صوفي أو ورق مشبع بمحلول ملحي أن يولد مصدراً مستمراً للكهرباء. ونجح بذلك في إنتاج أول بطارية[٢٤].

تمثل العائق التالي في تفسير التيار الكهربائي عند الطرف المتلقي، وهي مهمة لم تكن يسيرة بحال من الأحوال. تذكر أن الراهب نوليه انتهى به الأمر إلى تقارير لفظية من الرهبان المصدومين. وفي أوائل القرن التاسع عشر ظل أسلوب الإصبع على السلك finger-on-the-wire الأسلوب الأفضل المتاح لعمال البرقيات.

اكتشف العالم الدانماركي هانز كريستيان أورستيد Hans Christian Oersted، في عام ١٨٢٠م، أن تدفق التيار خلال السلك يحرف إبرة البوصلة. وبذلك بات من الممكن قياس تدفق الكهرباء. وكل ما بقي هو أن يُنوّع التيار بطريقة يمكن أن تقدم لإبرة أورستيد رسالة مفهومة. وفي حوالي عام ١٨٢٥م تمكن روسي يدعى بافل لفوفيتش شلنغ Pavel Lvovitch Schilling من جعل أحد أجهزة أورستيد يدير إبرته إلى اليمين أو اليسار. واستُخدِمت مجموعات من هذه النبضات للإشارة إلى كل حرف أو عدد. وقد تمكن شلنغ من إقناع القيصر بدعم مشروعه، لكنه مات قبل أن يتمكن من بناء جهازه.

بقي لفريقين منفصلين من المخترعين – وليام فوذرجيل كوك William Fothergill Cooke وتشارلز ويتستون في إنجلترا ومجموعة يقودها صموئيل مورس Samuel Morse في الولايات المتحدة – أن تصنع تلغرافاً يستطيع أن يعمل أخيراً خارج المختبر.

كان مورس، الذي ولد في تشارلزتاون بماسوشوستس في عام ١٧٩١م، فنانا

بالتدريب والمهنة. عندما بلغ من العمر أربعة وثلاثين عاماً كان قد فاز بتكليفات رفيعة المستوى، منها تكليف بصورة لافاييت Lafayette. لكن داخل صدره كان ينبض قلب مخترع، وكان قد صمم بالفعل مضخة جديدة وماكينة لإعادة إنتاج التماثيل الرخامية. عرف مورس بتجارب نوليه وأورستيد من رفيق على ظهر سفينة كانت تقلّهما عائدين من أوروبا في عام ١٨٣٢م. فأدرك أنه يمكن استخدام شفرة مفتوح- مغلق on-off البسيطة التي تقرأها إبر أورستيد لإرسال الحروف والأعداد.

وما أن أكمل مورس رحلته البحرية التي كانت تستغرق ستة أسابيع، حتى توصل إلى مفهوم الشفرة الشهيرة التي تحمل اسمه. لم يكن مورس الهاوي متعدد المواهب يدرك أن كثيرين قبله فشلوا في الإبراق الكهربائي. فضلاً عن أنه لم يكن يمتلك الخبرة التقنية لكي ينتج وحده جهازاً عملياً. لكنه كان يمتلك طاقة وحماساً غير محدودين ودافعاً لا يقاوم لتحويل الإبراق الكهربائي إلى حقيقة.

كان الإنجليزي وليام كوك يمتلك روحاً مطابقة لروح مورس. وفيما كان إنجاز مورس يتمثل في نظام شفرة يمكن أن يعمل على سلك واحد، كان من حسن حظ كوك أن حضر شخصياً عرضاً عملياً لجهاز شلنغ في عام ١٨٣٦م. وأدرك فوراً تطبيقه العملي. وفي غضون بضعة أسابيع كان لديه نموذج عملي، كان يتكون من ثلاث إبر تغذيها ثلاثة أسلاك. (وحيث إن كل إبرة يمكن أن تشير إلى اليمين أو اليسار أو تستقر لأعلى، كانت هناك سبع وعشرون مجموعة ممكنة. وبذلك أمكن تشفير كل الحروف الأبجدية). يمكن القول باللغة الحديثة إن مورس اخترع البرنامج بينما طور كوك الجهاز.

كان مورس في ذلك الوقت قد تعلم تطوير الأجهزة، لكنهما واجها نفس المشكلة. فالإشارة لا تستطيع أن تنتقل أكثر من عدة مئات من الياردات. والمخترعان كلاهما لم يحصلا على أي تدريب تقني، حيث كان كوك عالم تشريح، والفنان مورس لم تكن لديه خلفية علمية، فضلاً عن أن أحداً منهما لم يكن يعرف أن بطارياته كانت تنتج فولطية منخفضة جداً.

كان الحل يتمثل، كما يعرف أي طالب ثانوي اليوم، في تشبيك عدة بطاريات في سلسلة. لم يكن الاثنان يعرفان أنه بحلول العقد الرابع من القرن التاسع عشر كان العلماء قد نقلوا التيار عبر أميال من الأسلاك بفولطية عالية. كان من بين هؤلاء العلماء تشارلز ويتستون أستاذ "الفلسفة التجريبية" (الفيزياء) المميز بكلية الملك بلندن. وحين اتصل كوك بويتستون، أدركا على الفور أن دافع كوك التجاري وخبرة ويتستون التقنية تجعل منهما فريقاً مثالياً. لكن منذ الوهلة الأولى أمقت كل منهما الآخر، وظل هذا المقت طول حياتهما، حيث كان ويتستون ينظر إلى كوك باعتباره رجل أعمال جاهل، بينما كان كوك ينظر إلى ويتستون باعتباره أكاديمياً متكبراً وفضولياً. ومع ذلك فقد أنتجا في غضون بضعة أشهر نظاماً مكوناً من خمسة أسلاك/إبر، كان بمقدوره أن يرسل الرسائل بسرعة عبر مسافات طويلة.

كان مورس سابقاً بأربعة سنوات على كوك وويتستون، لكنه بدد هذه السنوات في تصميم جهاز إرسال معقد جداً. كما أخفق أيضاً في التعامل مع مشكلة المسافة/الفولطية. وفي نفس الوقت تقريباً الذي بنى فيه كوك وويتستون نموذجهما العملي الأول، حدث أن مورس الذي تحول إلى تدريس الأدب والفن بجامعة نيويورك، تقابل مصادفة مع ليونارد غيل Leonard Gale الذي كان يدرّس الكيمياء بالجامعة نفسها والشاب الغني ألفريد فيل Alfred Vail الذي كان يتمتع بحاسة التعرف على الشيء الجيد بمجرد أن تقع عليه عيناه. كوّن الثلاثة فريقا وحسّنوا تصميم البطارية وطوروا شفرة مورس إلى شكلها المألوف وبسّطوا جهاز المفاتيح بحيث يمكن تشغيله سريعاً بإصبع واحد.

سلك واحد .. عالم واحد

سُجلت براءتا اختراع، إذن، على كلا جانبي الأطلسي، وتلتهما منافسة حادة بين الفريقين. كان الأمريكيون في هذه المرحلة قد أنجزوا تحسناً مهماً، هو المُرَحّل[١١].

(١١) المُرَحّل أو المتابع أو البدال relay جهاز يتلقى الرسائل البرقية أو البرامج الإذاعية وينقلها بقوة أعظم، وبذلك يضاعف المسافة التي تنقل عبرها [المترجم].

والمُرَحّل الذي كان عبارة عن مفتاح تلغراف ثاني يُشغّل ببطارية خاصة به، كان يكرر بأمانة كل الإشارات القادمة ويرسلها. وكان بمقدور سلسلة من المُرَحّلات مربوطة معاً بعناية أن ترسل الإشارة مئات أو حتى آلاف الأميال.

وفي النهاية أثبت تصميم مورس ذو السلك الواحد والمُرَحّلات أنه عملي أكثر من نموذج كوك وزميله. فقد كان من الصعب الحفاظ على سلك واحد سليما، فما بالك بالحفاظ على الأسلاك الخمسة في جهاز كوك -ويتستون عبر مسافات شاسعة وفترات طويلة. وتدريجياً وجد كوك وويتستون أنهما يمكن أن يؤديا المهمة نفسها بعدد أقل من الخطوط. وأخيراً استقروا على أسلوب الخط الواحد.

واجه التلغراف الكهربائي، على جانبي الأطلسي، حائطاً صلباً من الشك. ولم يكن من الصعب معرفة السبب. فعلى خلاف المحرك البخاري، يصعب عرض الإيراق الكهربائي عملياً بطريقة مقنعة للآخرين. ففي العرض الجماهيري المعتاد كان "عامل التلغراف" يرسل رسائل من غرفة إلى أخرى عبر مجموعة أسلاك، بينما لا تظهر الأجهزة في الطرف المتلقي غير بضعة إبر تتأرجح. وفي أكثر من مناسبة اتهمت الصحف والسياسيون مورس وكوك بالاحتيال. ومع أن الكونغرس منح مورس في النهاية ٣٠٠٠٠ دولار مقابل خط تجريبي بين واشنطن وبالتيمور، انتهى الفريقان الأمريكي والبريطاني إلى ضخ كل أصولهم الخاصة في الشبكات الأولى.

حوّل كوك انتباهه إلى الزبون الأوضح: السكك الحديدية. وقد تعاقدت معه شركة السكك الحديدية على تركيب خدمة التلغراف لها مجاناً في مقابل إعطائها حق المرور له. وفي أوائل العقد الخامس من القرن التاسع عشر بنى كوك خطوطاً قصيرة على طول طرق سكك حديد لندن، كان أطولها الخط الذي يربط بادنغتون بغرب درايتون بطول ثلاثة عشر ميلاً.

بدأ مورس وغيل وفيل، في تلك الأثناء، في تنفيذ ربط سلكي بطول أربعين ميلاً بمحاذاة خط السكة الحديد من بالتيمور إلى واشنطن. شكّ الكونغرس في أن فريق

مورس كان يحتال عليه، لكن سرعان ما تبددت الاتهامات. عيّنت الحكومة مراقباً يدعى جون كيرك John Kirk، اقترح اختباراً للنظام الجديد في أثناء مؤتمر حزب الويغ[١٢] الذي كان مقرراً أن يُعقد في بالتيمور في ١ مايو ١٨٤٤م. كان على فيل، في هذا الاختبار، أن يبرق من موقعه على الطرف الشرقي للخط الذي لم يكتمل بعد، على بعد ثلاثة عشر ميلاً من بالتيمور، أسماء المرشحين إلى مورس وكيرك في واشنطن. وعندما أعلن مورس نتائج المؤتمر قبل أكثر من ساعة من وصول الأخبار نفسها مع قطار بالتيمور، تبدد كل الشك حول الإبراق الكهربائي.

تكشفت سلسلة مماثلة من الأحداث في إنجلترا. فقبل ثلاثة أشهر من مؤتمر الويغ الأمريكي، أرسل عمال التلغراف أخبار مولد ابن الملكة فيكتوريا الثاني من ويندزور إلى لندن قبل أن يصل الساعي بالقطار. وسرعان ما بدأت الآلة الجديدة تذهل الجمهور بأشياء كانت تعد من المعجزات: فالمجرمون الذين تعودوا على السفر بالقطار كوسيلة آمنة للهرب أصبح القبض عليهم ممكناً، والأقارب الذين كانوا يُخطَرون خطأ بموت حبيب لهم أصبح بمقدورهم أن يطمئنوا في لحظة أنه حي، والمدافع التي تبعد عشرين ميلاً أصبح من الممكن إطلاقها بالأمر[٢٥].

تمكن كوك في السنة نفسها من إقناع البحرية الملكية بأن تشيد خطا بطول ثمانية وثمانين ميلاً بين لندن وبورتسماوث. وبعد ذلك مباشرة اشترى جون لويس ريكاردو John Lewis Ricado، الرأسمالي وقريب الاقتصادي ديفيد ريكاردو، حقوق ويتستون وكوك كليا (بدلا من الترخيص بها فحسب) بمبلغ ١٤٤٠٠٠ جنيه، وكوّن شركة التلغراف الكهربائي. ومضت الشركة في بناء شبكة تربط مدن إنجلترا الرئيسة.

---

(١٢) حزب الويغ Whig Party حزب سياسي أمريكي، وإن كان يحمل اسم حزب أقدم في إنجلترا، تشكل في فترة الديمقراطية الجاكسونية، لمعارضة سياسات الرئيس أندرو جاكسون وحزبه الديمقراطي، ونشط من أوائل العقد الرابع حتى منتصف العقد السادس من القرن التاسع عشر، وجاء انهياره نتيجة للخلاف داخل الحزب على الموقف من العبودية، وقد انضم معظم أنصاره وسياسيوه إلى الحزب الجمهوري الذي لا يزال قائماً إلى اليوم [المترجم].

انفجر الوسيط الجديد وأصبح، بتعبير المؤلف والصحفي توم ستانداج Tom Standage، "الإنترنت الفيكتوري". وأخذت أميال خطوط التلغراف تتكاثر. ففي أوائل عام ١٨٤٦م كان الخط العامل الوحيد في الولايات المتحدة هو الخط الذي شيده مورس بطول أربعين ميلاً بين بالتيمور وواشنطن، وبحلول عام ١٨٤٨م كان هناك حوالي ألفي ميل من الأسلاك، زادت بعد عامين إلى اثني عشر ألف ميل. وفي عام ١٨٦١م تم مد خط التلغراف العابر للقارات. وفي غضون أيام أصبح نظام البريد المنقول على ظهور الجياد عاطلاً بلا عمل[٢٦].

تمثل الإنجاز الأكبر في ذلك العصر في مد أول خط عابر للأطلسي في عام ١٨٥٨م. وعندما رُبطت الشبكات الأمريكية والأوروبية، دُهِل كل العالم تقريباً، من نهر الميسيسيبي إلى جبال الأورال في نفس اللحظة، عندما فُتِح الاتصال بين القارات في الخامس من أغسطس. كتب ابن نيويورك جورج تمبلتون سترونغ George Templeton Strong في يومياته:

> ذكرت صحيفة هيرالد [نيويورك] أمس أن الخط يمثل، بلا شك، المَلاك الوارد في سفر الرؤيا، الذي يضع إحدى قدميه في البحر والأخرى على الأرض، معلنة أن الزمن لم يعد طويلاً. بينما لا يزيد المعتدلون عن القول إن هذا الخط هو أكبر إنجاز بشري في التاريخ[٢٧].

لكن أول خط عابر للأطلسي لم يكن في حقيقة الأمر بهذا التأثير الكبير. إذ لم يُوصَل الخط فعلياً بالنظام الأمريكي عند نقطة التقائه باليابسة في نيوفوندلند لعدة أيام. وكان المرور عبر السلك بطيئاً جداً. وفي ١٦ أغسطس فقط أرسلت الملكة فيكتوريا رسالة من ٩٩ كلمة إلى الرئيس بوشنان، ولم يعرف العالم إلا بعد ذلك بفترة أن الرسالة استغرقت أكثر من ستة عشر ساعة للوصول. وبعد افتتاح السلك بفترة قصيرة تدهورت جودة الإرسال أكثر. وبحلول نهاية شهر أغسطس كانت تمر أيام كاملة دون مرور شيء مفهوم في السلك. وفي الأول من سبتمبر ماتت الإشارة تماماً[٢٨].

قرر المهندسون أن ثمة حاجة إلى مدّ سلك أثقل وأمتن، وفي عام ١٨٦٥م شرعت في مدّه السفينة الوحيدة القادرة على حمل آلاف الأميال من السلك الجديد الضخم، وهي سفينة الشرقي العظيم. لكن هذه البعثة فشلت هي الأخرى، وفقدت السلك تحت ميلين من الماء، وباءت بالفشل المحاولات العديدة لإخراجه إلى السطح. وفي السنة التالية نجحت السفينة الضخمة في مدّ خط جديد، وكذلك استعادة الخط القديم، وأوصلت الخطين. وفي عام ١٨٧٠م مدّت الشرقي العظيم سلكاً إلى الهند، وفي السنة التالية أضافت أستراليا إلى شبكة القرن التاسع عشر العالمية.

إننا إذا فكرنا في الأمر من منظور التبادل اللفظي الإنساني، لوجدنا أن الأمم انكمش حجمها إلى لا شيء تقريباً في أواخر العقد الخامس من القرن التاسع عشر، وفي عام ١٨٧١م توحدت الكرة الأرضية كلها. وانبثقت بنية تحتية محلية ضخمة في نفس الوقت تقريباً. وأخذ عشرات آلاف من صبية توصيل التلغراف ومئات الأميال من الأنابيب الهوائية المشغّلة بالبخار تربط شبكة معقدة من محطات التلغراف.

لذلك كانت خدمة التلغراف المبكرة غالية جداً. فالرسالة عبر الأطلسي كانت تكلف حوالي ١٠٠ دولار، أي ما يعادل أجر عامل لبضعة أشهر. ولذلك ظلت الحال على ما كانت عليه أيام حمام روتشيلد الزاجل، حيث اقتصرت تقنية الاتصال الأكثر تطورا على المعلومات الأكثر قيمة، والتي كانت مالية في الغالب. وفي أوائل العقد السادس من القرن التاسع عشر كان الخط الأشد ازدحاماً في العالم هو ذلك الذي يربط سوق لندن للأوراق المالية بمكتب التلغراف المركزي. فأكثر من ٩٠٪ من حركة المرور المبكرة عبر الأطلسي كانت متعلقة بالأعمال التجارية، وكلها تقريباً كانت تُختَزل إلى شفرة مضغوطة لتقليل التكلفة. وفي عام ١٨٦٧م اخترع عامل التلغراف إ أ كالاهان E. A. Callahan ماكينة متخصصة في توصيل بيان مستمر بأسعار الأسهم. استمدت هذه الماكينة اسمها من صوت التكتكة الذي تصدره، وهو الاسم الذي احتفظت به إلى اليوم: متكتك الأسهم[١٣].

(١٣) متكتك الأسهم Stock ticker ربما يمكن أن يسمى على نحو أفضل مؤشر الأسهم أو شيء آخر من هذا القبيل، لكن السياق يستلزم الحفاظ على هذه الحرفية [المترجم].

وفي حالة من السخرية الرفيعة، وعلى نحو ما يتخيل حالمو الاتصالات اليوم أن البشرية تجمعت معاً في الحضن الدافئ لـ"سلام الإنترنت العظيم" Great Internet Peace، نسج صحفيو القرن التاسع عشر المنتشون أحلاماً حول إمكانية أن يضع التلغراف حداً لكل الصراعات البشرية. لكن للأسف لم يضع التلغراف حدا للصراع العالمي، تماماً كما أوضحت أحداث ١١ سبتمبر ٢٠٠١م على نحو مؤلم أن وضع الثقافات المتباينة وجهاً لوجه عبر الاتصالات لا يقدم وصفة موثوقة للانسجام العالمي.

السد ينفجر

شهد نصف القرن الممتد من عام ١٨٢٥م إلى عام ١٨٧٥م تغييراً شاملاً في طريقة حياة الناس أكثر من أية فترة أخرى في التاريخ. إننا اليوم ننظر إلى زمننا على أنه يتميز بالتغيير التقني السريع. فلم يعد شيء بعيداً عن التصديق. فالمواطن المتوسط قبل جيلين لم يكن ليجد صعوبة كبيرة في فهم الحاسوب أو الطائرة النفاثة أو حتى الإنترنت. لكن على العكس من ذلك إذا أخذنا شخصاً كان يعيش في العقد الثالث من القرن التاسع عشر ونقلناه عبر الزمن إلى سنة ١٨٧٥م، لأذهلته سرعة السفر بالسكك الحديدية والاتصال العالمي الآني الذي تحقق في نصف قرن فقط. فلم يسبق أبدا أن كان البشر مشدودين إلى المستقبل بمثل هذه القوة والسرعة كما كانوا في العقود التي تلت عام ١٨٢٥م. وليس من المرجح أن يحدث ذلك ثانية.

ما الذي أطلق التغييرات الثورية في أوائل القرن التاسع عشر، والنمو الثابت في الثروة الذي تبعها، دون لحظة انقطاع، ولمدة مائتي سنة بعدها؟ رغم ما يتضمنه المجاز من مبالغة، فإنني أعتقد أنه بحلول عام ١٨٠٠م كان الاقتصاد الغربي يشبه سداً يتراكم خلفه مخزون متضخم جداً من الإمكانات. كان هذا "المخزون" يحتوي قروناً من التقدم في القانون العادي الإنجليزي، الذي بدأ بالميثاق العظيم، ونما بتألق إدوارد كوك

وخلفائه، وتُوّج بقوانين السوابق والتشريعات المنظمة للاحتكارات وبراءات الاختراع. كان هذا السد يحجز أيضاً التقدم الفكري المتألق للتنوير العلمي والتحسن المتوالي الذي أحدثه الإيطاليون والهولنديون والإنجليز في أسواق رأس المال.

حسّنت هذه الإنجازات الرفاه الفردي، لكن بسرعة مبهرة، بعد أن ظل الناتج المحلي الإجمالي للمواطن الأوروبي الغربي العادي ينمو بين عامي ١٥٠٠م و١٨٢٠م بمتوسط ٠,١٥٪ سنويا[٢٩١]. نعم، دفعت الحماية القوية للملكية الحرفيين إلى الإبداع، ووفرت لهم العقلانية العلمية أدوات العمل، وأمدتهم أسواق رأس المال بالأموال اللازمة لتطوير اختراعاتهم المدهشة وإنتاجها. وما كان ينقص هذه المنظومة هو القوة المادية الصرف المطلوبة لتشغيل مصانعهم ونقل سلعهم وسرعة الاتصال الضروري لتنسيق العملية ككل.

ثم جاء اختراع المحرك البخاري والتلغراف، إذا جاز التعبير، ليزيح السد، مطلِقاً سيلاً من النمو الاقتصادي غير مسبوق بالمرة. وهذا السد لا يمكن أن يعاد بناؤه، ولن يهدأ سيل النمو الغربي في المدى المنظور.