الفصل الأول

علاقة الإنسان ببيئته على كوكب الأرض
HUMAN ECOLOGY ON SPACESHIP EARTH

(١,٠) مقدمة
Introduction

يعد بحث الإنسان في العالم قاطبة عن الطاقة المفيدة أحد ثوابت التاريخ المدون. ومن الثوابت التاريخية أيضاً رغبة الأمم في العيش معاً في بيئة نظيفة وآمنة، إلى أن يتعرضوا إلى تهديد من دول أخرى عند الحاجة إلى مزيد من الطاقة. أما الثابت الثالث فهو الطريق أحادي الاتجاه نحو تطوير سبل أفضل لإنتاج إمدادات الطاقة الضرورية لجعل حياة المجتمعات أكثر أمناً وراحة. ويمكن التعبير عن هذا البحث المتواصل عن الطاقة الوفيرة من خلال ثلاث مسلّمات تبين أن الاكتشافات تتواصل بشكل يسمح للبشر بتطوير ما هو أفضل بدلاً من التسليم بالأمر الواقع. المسلمات الثلاثة التي ستبحث في هذا الكتاب هي كما يأتي:

١- مهما كان معدل النمو السكاني، فإن الاستهلاك الكلي للطاقة سيزداد بمعدل أكبر منه.

٢- تتضمن الأهداف الإنسانية الأساسية الرغبة في توفر الطاقة عند الحاجة إليها، والرغبة في العيش في بيئة نظيفة وآمنة.

٣- يستمر مستقبل الإنسانية في اتباع طريق أحادي الاتجاه لا رجعة فيه.

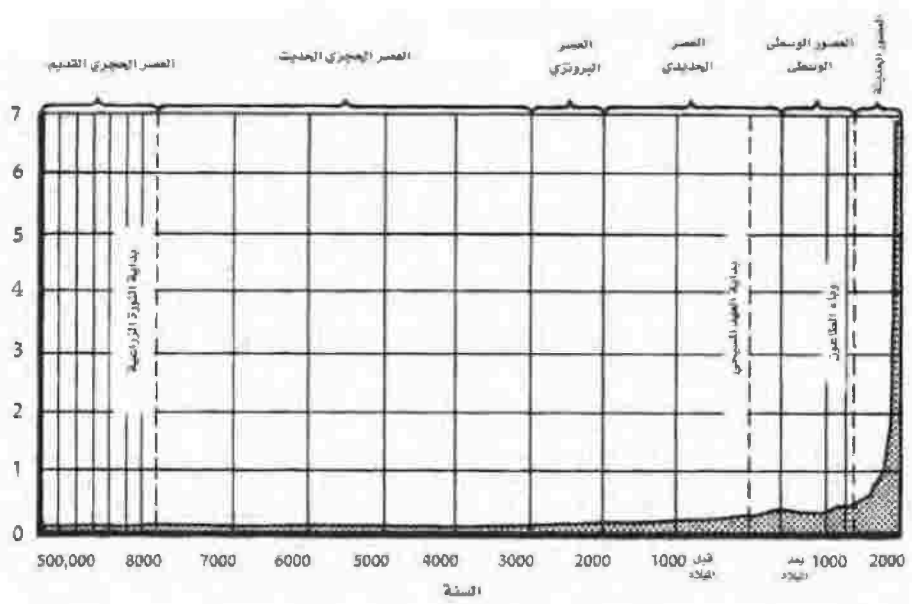
ونصل من هذا التحليل إلى استنتاج مفاده أنه ما لم يكتشف مصدر ينتج طاقة نوعية (specific energy) أكبر من تلك التي تصدر عن الانشطار النووي (كالاندماج النووي مثلاً)، فإن الطاقة النووية تصبح في نهاية المطاف مصدر الطاقة المفضل في العالم.

(١,٠,١) المسلمة الأولى Axiom 1

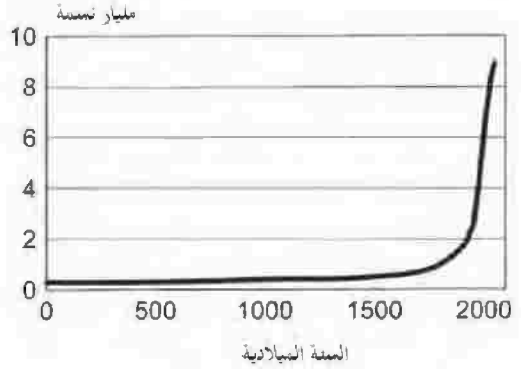
تقدم البشر على مر التاريخ سعياً وراء الراحة واليسر والربح، وذلك باستخدام سلسلة من مصادر الطاقة ذات الكفاءة المتزايدة تدريجياً. فبدءاً من استخدام طاقة البشر (الإنسان نفسه والعائلة والعبيد والموظفين) مروراً باستخدام طاقة الماشية (الثيران والجمال والجياد) وصولاً إلى الآلات (المائية والبخارية والكهربائية والإشعاعية)، تزايد معدل استهلاك الطاقة بشكل مستمر مقارنة بكمية الشغل المفيد المنتجة. لذا فإن الاستهلاك الكلي للطاقة يزداد بمعدل أعلى من معدل النمو السكاني مهما كان هذا المعدل.

لقد تسارع معدل التغير في عدد السكان في العالم بشكل مستمر عبر تاريخ الإنسانية. يوضح الشكل رقم (١,١) تاريخ تعداد السكان عبر فترة المليوني سنة، منذ العصر الحجري القديم وحتى العصر الحديث [1]. ويركز هذا الشكل على التسارع الكبير في نمو السكان الذي بدأ بعد وباء الطاعون إبان العصور الوسطى.

ويركز الشكل رقم (١,٢) على فترة تاريخية أحدث، إذ يعطي صورة عن النمو طويل المدى لتعداد سكان العالم منذ العام الميلادي الأول وحتى عام ٢٠٥٠م (حسب التقديرات)، بناء على البيانات التي جمعتها الأمم المتحدة [2]. ويظهر في هذه الحالة أن التسارع الكبير قد بدأ منذ بدء الثورة الصناعية.

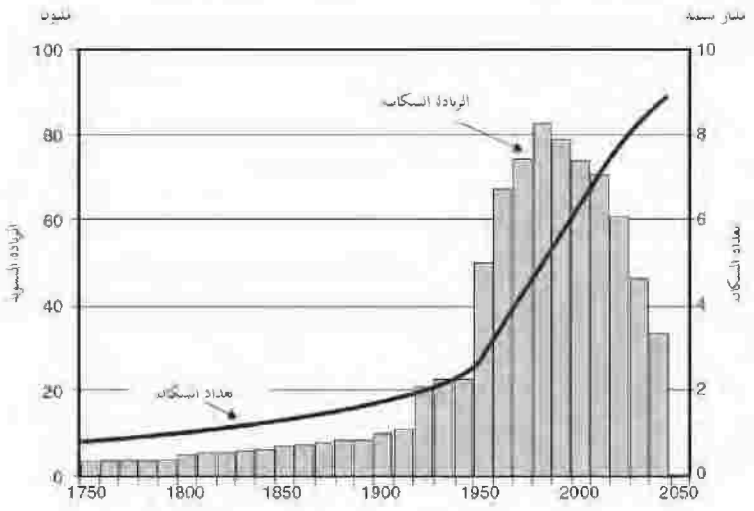


الشكل رقم (١,١). التاريخ الجيولوجي لتعداد سكان العالم على مدى مليوني عام [1].



الشكل رقم (١,٢). النمو طويل المدى لتعداد سكان العالم منذ العام الأول الميلادي وحتى ٢٠٥٠م حسب التقديرات [2].

يبين الشكل رقم (١,٣) الفترة الأقرب من التاريخ، أي منذ عام ١٧٥٠م إلى عام ٢٠٥٠م حسب تقديرات الأمم المتحدة. تظهر التقديرات هبوطاً في الزيادة السنوية للسكان من عدد يزيد عن ٨٠ مليون نسمة سنوياً خلال ثمانينيات القرن العشرين إلى عدد يقل عن ٤٠ مليون نسمة سنوياً عام ٢٠٥٠م. وبناء على هذا الهبوط الحاد، فإنه من المتوقع أن يرتفع تعداد السكان في العالم من ٦ مليارات نسمة عام ٢٠٠٠م إلى ٩ مليارات نسمة عام ٢٠٥٠م.



الشكل رقم (١,٣). نمو تعداد سكان العالم منذ العام ١٧٥٠ – ٢٠٥٠م حسب التقديرات [3].

ويمكن ملاحظة التسارع في النمو السكاني من خلال بيانات الأمم المتحدة [2] الموضحة في الجدول رقم (١,١) الذي يبين الفترة الزمنية اللازمة لزيادة تعداد السكان بمقدار مليار نسمة، بدءاً من عدد السكان الذي بلغ بالفعل مليار نسمة عام ١٨٠٤م. كما يظهر في الجزء السفلي من الجدول التباطؤ الذي تتوقعه الأمم المتحدة بناء على الهبوط المتوقع في المعدل السنوي حتى عام ٢٠٥٠م.

الجدول رقم (١,١). تسارع نمو تعداد سكان العالم [2].

تعداد سكان العالم (بالمليارات)	السنة التي حدث فيها (بعد الميلاد)	الزمن اللازم لإضافة مليار نسمة عن التعداد السابق (بالسنوات)
١	١٨٠٤م	---
٢	١٩٢٧م	١٢٣
٣	١٩٦٠م	٣٣
٤	١٩٧٤م	١٤
٥	١٩٨٧م	١٣
٦	١٩٩٩م	١٢
٧	٢٠١٣م	١٤
٨	٢٠٢٨م	١٥
٩	٢٠٥٤م	٢٦

وقد لوحظ تزايد في استهلاك الطاقة صاحب نمو السكان عبر العصور الجيولوجية والحديثة. ويشتمل الجدول رقم (١,٢) على بيانات خاصة بفترة العصر الجيولوجي والتي قام بجمعها فاولر [4] والأمم المتحدة [2]. ويبين الجدول تعداد السكان منذ العام ٥٠٠٠ قبل الميلاد وحتى العام ٢٠٠٠م بالمليارات، كما يبين معدل النمو السنوي المتوسط على شكل نسبة مئوية لكل سنة للفترات الزمنية المتعاقبة. أما بيانات استهلاك الطاقة فهي معطاة بالكيلووات-ساعة للفرد في اليوم الواحد، وذلك أيضاً مع معدل النمو السنوي المتوسط للفترات الزمنية المتعاقبة. وتعبر القيمة ٢,٩ كيلووات-ساعة يومياً للفرد عن المقدار القياسي للأيض (metabolism)، والذي يساوي ٢٥٠٠ سعرة حرارية يومياً للفرد، وهو المقدار الذي يفترض أن إنسان ما قبل التاريخ كان يحتاجه.

الجدول رقم (١,٢). نمو استهلاك الطاقة منذ عصور ما قبل التاريخ [4].

الفترة	تعداد السكان (بالمليارات)	معدل النمو السنوي المتوسط	استهلاك الطاقة (كيلووات–ساعة يومياً للفرد)	معدل النمو السنوي المتوسط
٣٠٠٠٠٠ ق.م			٢,٩	–
١٠٠٠٠٠ ق.م			٥,٠	<٠,٠٠١
٥٠٠٠ ق.م	٠,١ تقريباً		٩,٤	<٠,٠٠١
السنة الميلادية الأولى	٠,٣	٠,٠٤ تقريباً		
١٨٥٠م	١,٣	٠,٠٨	١٢,٠	٠,٠٠٤
١٩٨٠م	٤,٤	٠,٩٤	٥١,٠	١,١
٢٠٠٠م	٦,٠	١,٦٠	٢٣٠,٠	٧,٥

يبين الجدول رقم (١,٣) الاستهلاك العالمي للفرد من الطاقة خلال العصر الحديث من ١٩٠٠م إلى ٢٠٠٠م، وقد تم الحصول على هذه البيانات من الأمم المتحدة [2]، أما بيانات استهلاك الطاقة فهي من وكالة معلومات الطاقة التابعة لوزارة الطاقة الأمريكية [5]. الوحدة المستخدمة لبيانات الطاقة هي "الكواد" (10^{15} وحدة حرارية بريطانية (و.ح.ب) British thermal unit)، كما أن كثافة الطاقة (energy intensity) معبر عنها بوحدة مليون وحدة حرارية بريطانية للفرد. وسيتم استعراض وحدات الطاقة هذه في الفصل الثاني. الملاحظة الهامة هنا هي تضاعف كثافة الطاقة خمس مرات في الوقت الذي تضاعف فيه استهلاك الطاقة ١٨ مرة مع تضاعف عدد السكان ٣,٦ من المرات خلال القرن العشرين.

الجدول رقم (١,٣). كثافة الطاقة في العالم من ١٩٠٠ – ٢٠٠٠م

السنة	الطاقة (بالكواد)	تعداد السكان (بالمليارات)	كثافة الطاقة (مليون و.ح.ب للفرد)
١٩٠٠م	٢٢	١,٦٥	١٣,٣
٢٠٠٠م	٤٠٠	٦,٠٥	٦٦,١
الزيادة	١٨ ضعف	٣,٦ ضعف	٥ أضعاف

(١,٠,٢) المسلمة الثانية Axiom 2

تشمل الأهداف الإنسانية الأساسية الرغبة في: (١) بيئة حافلة بالبهجة والسرور، والتي تُعرّف هنا على أنها بيئة نظيفة وآمنة، والرغبة في (٢) حياة من الراحة والسهولة، والتي تُعرّف على أنها وجود الطاقة الوفيرة عند الحاجة إليها.

وفقاً للمسلمة الثانية فإن كل واحد منا هو من "دعاة حماية البيئة". ويدرك معظم أهل الأرض أن الشغل (أي بذل الطاقة) ضروري لبناء بيئة مريحة وللمحافظة على هذه البيئة والتي تشتمل على الغذاء والمسكن والملبس واللوازم المادية الأخرى للحياة. كما يدرك معظم الناس أنه ليس عليهم أن يعملوا طوال الوقت، وأنه لا بد من وجود أوقات للاسترخاء والراحة والطمأنينة لكي نستمتع بالجوانب الروحية في الحياة مثل الفنون والموسيقى والعلاقات العائلية والاجتماعية. يدرك معظم الناس أن البيئة المريحة لا بد أن تكون بيئة نظيفة وآمنة، وهم يبذلون جهدهم في سبيل المحافظة عليها بهذا الشكل. إنهم يفعلون ذلك بشكل عام في إطار سعيهم لحياة يستمتعون فيها بأقصى درجة من الراحة والدعة، وذلك عن طريق تقليل عنائهم إلى أدنى حد ممكن (مثل تقليل الطاقة المبذولة لكسب المال للحد الأدنى الكافي لسد الاحتياجات الأساسية وللمحافظة على الحالة الصحية عند مستوى مقبول). يظهر هذا السعي لتقليل العناء بشكل واضح في قبولنا للاختراعات التي تقلل من الجهد مثل: المنشار الآلي وفرن المايكروويف وفرشاة الأسنان الكهربائية.

هناك احتياجات إضافية لبيئة نظيفة وآمنة تخص الناس كمجموعات. ومن ضمن هذه المجموعات: المجتمعات الإنسانية وقطاع الصناعة والقطاع الحكومي والهيئات التنظيمية، حيث تتطلب كل منها استهلاكاً إضافياً من الطاقة. ويشتمل الجدول رقم (١,٤) على معلومات عن التكتلات السكانية استناداً إلى البيانات الخاصة بالكثافة السكانية المتوفرة من خلال الإحصاء السكاني الأمريكي عام ١٩٧٠م. ويبين الجدول أن

أكثر من ٥٠٪ من السكان يعيشون في أقل من ١٠٠ مدينة. كما يبين الإحصاء المذكور أن نحو ٢٠٪ من السكان يعيشون في ٠,١٪ من مساحة الولايات المتحدة.

الجدول رقم (١,٤). الكثافة السكانية في المناطق السكانية الكبرى في الولايات المتحدة من ١٩٧٠ – ٢٠٠٠م.

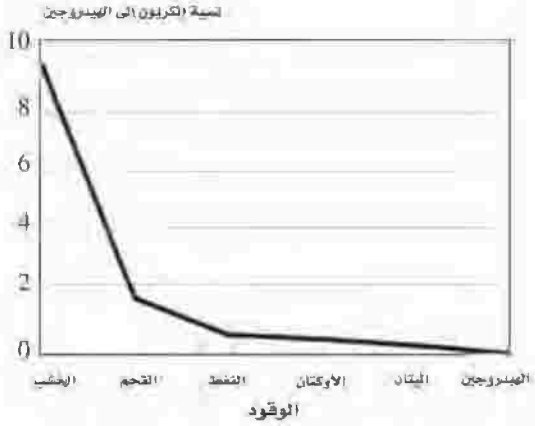
عدد السكان في المنطقة	عدد المدن		تعداد السكان (بالملايين)		تعداد السكان (كنسبة مئوية)	
	١٩٧٠م	٢٠٠٠م	١٩٧٠م	٢٠٠٠م	١٩٧٠م	٢٠٠٠م
$< 10^6$	٢٧		٦٨,٧		٣٣,٧	
$5 \times 10^5 - 10^6$	٣١		٢٢,١		١٠,٨	
$2,5 \times 10^6 - 5 \times 10^6$	٣٩		١٣,٧		٦,٧	
المجموع	٩٧		١٠٣,٥		٥١,٢	
إجمالي السكان			٢٠٤,٠	٢٧٤,٦		

ظهر على مر جيل (أي ٢٥ عاماً تقريباً) توجه عام نحو زيادة التكتلات السكانية، ويمكن تقدير هذا التوجه من خلال مقارنة بيانات الإحصاء السكاني الأمريكي عام ١٩٧٠م، الواردة في الجدول رقم (١,٤)، بالبيانات المماثلة من إحصاء عام ٢٠٠٠م. وستترك هذه المقارنة للقارئ كجزء من عملية تقصٍ متعمقة.

ويلقي التغيير المتسارع والمتوالي في أنواع الوقود المفضلة منذ ما قبل عصر الثورة الصناعية الضوء على سعي الإنسان الحثيث للبحث عن طاقة نظيفة ووفيرة. وتحدث كانون [6] عن هذا السعي في جدول أسماه "الابتعاد عن الكربون نحو أنواع أخف من الوقود"، وهو الأمر الذي نعبر عنه هنا في الجدول رقم (١,٥) بما يسمى "بنسبة الكربون إلى الهيدروجين". ويوضح الشكل رقم (١,٤) الهبوط الحاد في هذه النسبة من ٩٠٪ – صفر٪.

الجدول رقم (١,٥). التوجه من حيث نسبة الكربون إلى الهيدروجين في الوقود.

الوقود	الحالة الطبيعية	نسبة ذرات الكربون	نسبة ذرات الهيدروجين	نسبة الكربون إلى الهيدروجين
الخشب (الجاف)	صلب	٩٠	١٠	٩,٠٠
الفحم (متوسط)	صلب	٦٢	٣٨	١,٦٣
النفط (متوسط)	سائل	٣٦	٦٤	٠,٥٦
الأوكتان (C_8H_{18})	سائل	٣١	٦٩	٠,٤٤
الميثان (CH_4)	غاز	٢٠	٨٠	٠,٢٥
الهيدروجين (H_2)	غاز	٠	١٠٠	٠,٠٠



الشكل رقم (١,٤). البحث عن الطاقة النظيفة من حيث نسبة الكربون إلى الهيدروجين.

(١,٠,٣) المسلمة الثالثة Axiom 3

يتبع تاريخ الإنسانية (ومستقبلها) طريقاً أحادي الاتجاه لا رجعة فيه.

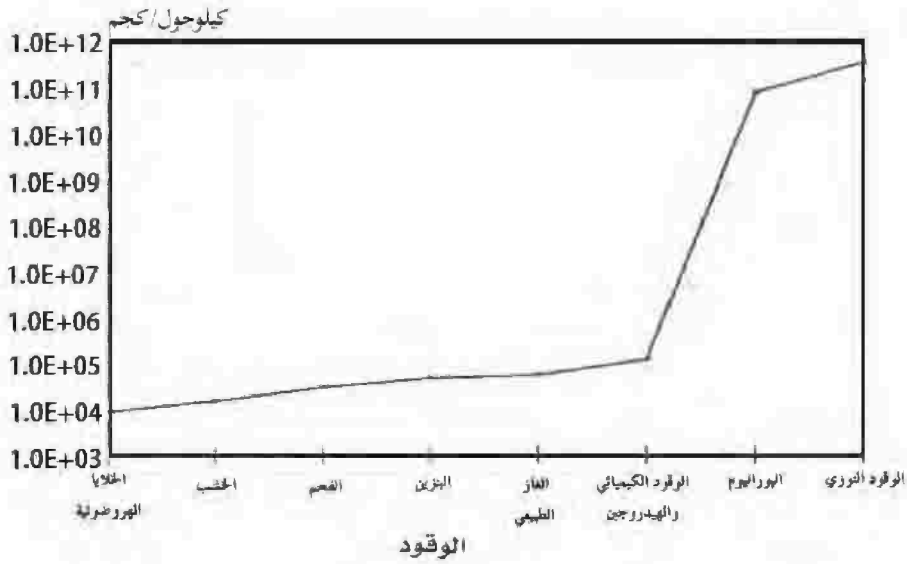
وفقاً لهذه المسلمة فإن الحضارة كما نعرفها اليوم كانت تتطور بشكل مستمر مع الازدياد البطيء في عدد سكان العالم وبقائهم جزءاً صغيراً من الطاقة الاستيعابية المستدامة للأرض. لذا فإنه من الصعب إلى حد ما الدفاع عن هذه المسلمة، إذ أن

الأحداث الكارثية العارضة مثل الحروب وتفشي الأوبئة لم توقف نمو الحضارة رغم تأثيرها القوي على معدل نمو السكان في العالم. إلا أنه يمكن الدفاع عن هذه المسلمة بالقول بأنه ليست هنالك كهوف في العالم تكفي ليأوي إليها سكان الأرض فيعودون معها إلى حضارة تتخذ نمط إنسان الكهف من جديد. لكن الاحتمال يظل قائماً في أن جزءاً كبيراً من سكان الأرض قد يكون مصيرهم الفناء بسبب حرب تستخدم "التقنية الحديثة" (مثل الحروب التي تستخدم أسلحة دمار شامل) أو بسبب مرض ينتشر بسرعة دون وجود طريقة للحد من انتشاره. لكن حتى لو حدث ذلك وعاد القلة الناجون إلى حياتهم من جديد فإنهم لن يضطروا للبدء من نقطة الصفر في إعادة تشييد طريق الحضارة الذي لا رجعة فيه، بشرط أن تكون المعلومات التقنية اللازمة لا زالت موجودة.

يعد إدراك الجوانب التقنية من تاريخ الإنسانية أكثر سهولة. فقد اتبع تطور استخدام الطاقة باستخدام العلم والهندسة طريقاً واضح المعالم خلال تطور الحضارة منذ اكتشاف النار والعجلة حتى اكتشاف الانشطار النووي لنظائر اليورانيوم والاندماج النووي لنظائر الهيدروجين. إن إحدى المشكلات الملازمة للطبيعة الإنسانية هي أن كل اكتشاف جديد في الطاقة له استخدامات تسخر لأهداف مدنية وعسكرية على حد سواء، وبشكل يكاد يكون متزامناً. لقد تم وصف تاريخ الحروب باستفاضة (مثلاً كتاب كوبلينتز [7]) وهو ليس محور اهتمامنا هنا، كما تم كذلك وصف التقدم الذي حصل في تطوير موارد الطاقة. يظهر الشكل رقم (١,٥) طريقة بسيطة لتلخيص تاريخ التغيرات في الطاقة من الطاقة الشمسية وحتى الطاقة النووية.

ويمكن استخدام "الطاقة النوعية للوقود" كمؤشر للراحة واليسر في استخدام وقود معين، وتعرّف الطاقة النوعية على أنها كمية الطاقة الموجودة في وقود ما لكل وحدة كتلة من ذلك الوقود (مثلاً، وحدة حرارية بريطانية/رطل بالنظام الإنجليزي للوحدات أو كيلوجول/كجم بالنظام المتري للوحدات). قبل اكتشاف النار، كانت

الطاقة على سطح الأرض بالدرجة الأولى على شكل حرارة من الشمس وعلى شكل تدفق حراري من مصادر بركانية جيوحرارية. إلا أن حرارة الشمس التي تصل إلى مساحة ما، مع الأسف، قليلة ومشتتة بحيث تصبح غير مناسبة للاستخدامات الصناعية، فيما عدا تزويدنا بضوء النهار اللازم للرؤية وطاقة الرياح اللازمة للنقل والتمثيل الضوئي اللازم لإنتاج الطعام. وقيمة الطاقة الشمسية الموضحة في الشكل رقم (١,٥) هي خاصة بعملية تحويل الطاقة الشمسية كهروضوئياً ومباشرة إلى كهرباء باستخدام أشباه موصلات سيليكونية. وتحتوي هذه الطاقة الشمسية على الطاقة النوعية نفسها تقريباً للخشب الذي كان الوقود المفضل عندما اكتشفت النار.



الشكل رقم (١,٥). التسلسل التاريخي لاستغلال الطاقة كدالة في الطاقة النوعية.

يبين توالي أنواع الوقود القابلة للاحتراق ابتداءً من الفحم وانتهاءً بالهيدروجين "الكيميائي" كيفية ازدياد الطاقة النوعية للوقود مع تغير نوعه ومدى توفره. وقدم لنا

اكتشاف الانشطار النووي القرن الماضي خياراً وقودياً ذا طاقة نوعية أكبر بحوالى مليون مرة. إلا أن هذه الطاقة أصبحت غير مستحبة بالنسبة لعدد كبير من سكان العالم بعد استخدامها كسلاح عسكري، لا سيما في حالة مفاعلات اليورانيوم (والبلوتونيوم) الانشطارية. وبالمقابل، فإن مدى شعبية الاندماج النووي الحراري كمورد للطاقة غير معروفة لأنه غير متوفر لمفاعلات القدرة المدنية (وإن كان قد استخدم في "القنبلة الهيدروجينية"). إلا أن مورد الطاقة الأعظم الذي قد يصبح متوفراً في ضوء معرفتنا التقنية الحالية هو الطاقة الحرارية النووية، والتي يمكن أن تسمى "طاقة الشمس على الأرض"، حيث إنه النوع ذاته الذي تنتجه الشمس وتغذي به العالم بشكل مستمر مستخدمة نظائر الهيدروجين في محطات قوى صممت بعناية.

(١,٠,٤) أسئلة فلسفية للبحث Philosophical Questions for the Quest

إذا قبلنا بالمسلمات الثلاثة الخاصة ببحث الإنسانية عن الطاقة الوفيرة، فإننا قد نتساءل عما إذا كنا نضل طريقنا خلال هذا البحث. هل سيستمر استهلاك الطاقة في الازدياد بمعدل أكبر من معدل نمو عدد السكان، لا سيما إذا كان معدل نمو عدد السكان سيتناقص خلال السنوات الخمسين المقبلة كما يتوقع علماء السكان؟ هل سنتخلى عن أهدافنا للعيش في بيئة نظيفة وآمنة إذا استمر ثمن موارد الطاقة وشيكة النضوب في الارتفاع؟ هل سيستمر تاريخ الإنسانية في اتباع طريقه الذي لا رجعة فيه؟

تقود هذه الأسئلة إلى سؤال تقني جوهري: في ظل استمرار نمو عدد السكان في المدن والدول والعالم بشكل عام، هل ينبغي علينا أن نتراجع عن بحثنا عن تقنية تنتج طاقة نوعية عالية للوقود؟ هذه الأسئلة تقودنا كذلك إلى سؤال اجتماعي جوهري: في ظل نمو عدد السكان، هل نتقهقر (ونتخلى عن التقنيات الحديثة) أم نتقدم (ونأتي بما هو أفضل)؟ من المؤمل أن يسلط الضوء على هذه الأسئلة خلال استعراضنا للجوانب العلمية والهندسية الخاصة بالبحث عن الطاقة الوفيرة في هذه الصفحات.

(١,١) تطور علاقة الإنسان ببيئته

Development of Human Ecology

الطاقة هي من المقومات الرئيسة لاستمرار الحياة. فهي تلعب دوراً أساسياً في تطور مملكتي النبات والحيوان على الأرض، واللتين يطلق عليهما مجتمعتين "المجال الحيوي". ومن الواضح أن الطاقة تلعب دوراً أساسياً في البيئة الإنسانية باعتبارها أحد العوامل الرئيسة التي تؤثر في رفاهية البشرية.

يمكن تصنيف العوامل الرئيسة المؤثرة على النمو طويل المدى للحضارة في مجموعات خمس هي: عدد السكان، والكثافة السكانية، والإنتاج، والقدرة، والتلوث.

١- عدد السكان: يتحكم عدد السكان في مدى الحاجة إلى مقومات الحياة، إذ يتطلب تطويراً لأساليب تقنية تؤمن الغذاء بشكليه النباتي والحيواني.

٢- الكثافة السكانية: إن تكتل المجتمعات السكانية يدفع إلى الحاجة لبيئات مصممة هندسياً (كالمباني والطرق والجسور والإشارات الضوئية) تأخذ شكل مدن وولايات ودول.

٣- الإنتاج: تتحكم التجمعات السكانية الكبيرة التي تتوزع فيها أدوار العمل في الحاجة إلى منتجات مصنعة تقاس بمقدار الرفاهية، والذي يعبر عنه بدوره بالناتج المحلي الإجمالي، وبالقيمة الكلية للبضائع المنتجة وبالإنتاجية (أي الكمية التي ينتجها الفرد الواحد في وحدة زمنية واحدة).

٤- القدرة: هي المعدل الزمني لأداء الشغل (والتي تقاس مثلاً بالحصان في النظام الإنجليزي للوحدات أو بالكيلووات في النظام المتري للوحدات) الذي يوفر احتياجنا من الطاقة اللازمة لتحقيق هدف ما (مثل قيادة سيارة بسرعة ١٠٠ ميل في الساعة أو إضاءة الطريق الرئيس ذي الأضواء الباهرة في مدينة لاس فيجاس).

٥- التلوث: هو أحد عواقب المساعي الإنسانية، ويقود إلى الحاجة لبيئة نظيفة وآمنة، مما يعكس الأهمية التي ينبغي أن نوليها للحفاظ على صحة "مجالنا الحيوي".

(١,١,١) العصور الرئيسة في تاريخ الإنسانية Major Ages in Human History

يوضح الشكل رقم (١,١) التاريخ الجيولوجي لتعداد سكان العالم على مدار مليوني سنة ابتداءً من العصر الحجري. ترتبط التطورات الرئيسة في تاريخ الإنسانية بالعصور الجيولوجية التي كانت تستغرق فترات زمنية طويلة في العصور الأولى، بينما استغرقت فترات زمنية أقصر نسبياً في العصور المتأخرة. ويلخص الجدول رقم (١,٦) تلك الفترات الزمنية ذات الأهمية الخاصة في تاريخ الإنسانية.

الجدول رقم (١,٦). العصور الرئيسة في تاريخ الإنسانية.

العصر	الفترة	الأهمية
الحجري	قبل التاريخ	جمع الطعام والصيد
اكتشاف النار	قبل التاريخ	فصل البشر عن الحيوانات
القديم	قبل الميلاد	النمو طويل المدى للحضارة
الحضري	العصور الوسطى	نقل الطعام وتخزينه: الحياة في المدن
الصناعي	القرن الثامن عشر	الانتقال إلى الطاقة الميكانيكية
التقني	القرن العشرون	الإلكترونيات والقدرة النووية
المستقبل		إنتاج طاقة الشمس على الأرض

(١,١,٢) المجال الحيوي "Spaceship Earth" The Biosphere:

التصور المبسط للمجال الحيوي هو أنه منظومة واحدة مترابطة ومتنوعة "للحياة على الأرض". وتعتمد الحياة على الأرض على تحول بعض من طاقة الشمس المشعة (hν) التي تصل إلى الأرض إلى طاقة كيميائية للمواد الهيدروكربونية من خلال عملية التمثيل الضوئي لمادة الكلوروفيل التي تتبع تفاعلاً كيميائياً يأخذ الشكل العام الآتي:

$$CO_2 + H_2O + h\nu \rightarrow C_xH_yO_z + O_2 \quad (١,١)$$

مما يؤدي إلى تكوين مسارين رئيسين في السلسلة الغذائية. يمكن تلخيص هذه الفكرة عن طريق المسارين المتوازيين الآتيين :

{الشمس} ← {التمثيل الضوئي للكلوروفيل} ← الطحالب البحرية ← المنتجون ← المستهلكون

الحياة النباتية

جرى شرح فكرتي المجال الحيوي والسلسلة الغذائية في دراسة سابقة عن استدامة الموارد، صادرة عن الأكاديمية الوطنية للعلوم [8]، حيث يناقش "بيتس" في الفصل الأول من الدراسة المنظومة البيئية للإنسان (المجال الحيوي).

تتبع السلسلتان الغذائيتان الرئيستان المسارين المائي والبري. ويمكن وضع إطار عام لمكونات السلسلة التي تبدأ من المنتج وتنتهي بالمستهلك كما يأتي :

- المسار المائي (الطحالب البحرية)

العوالق المائية النباتية ← العوالق المائية الحيوانية ← الأسماك الصغيرة ← الأسماك الكبيرة

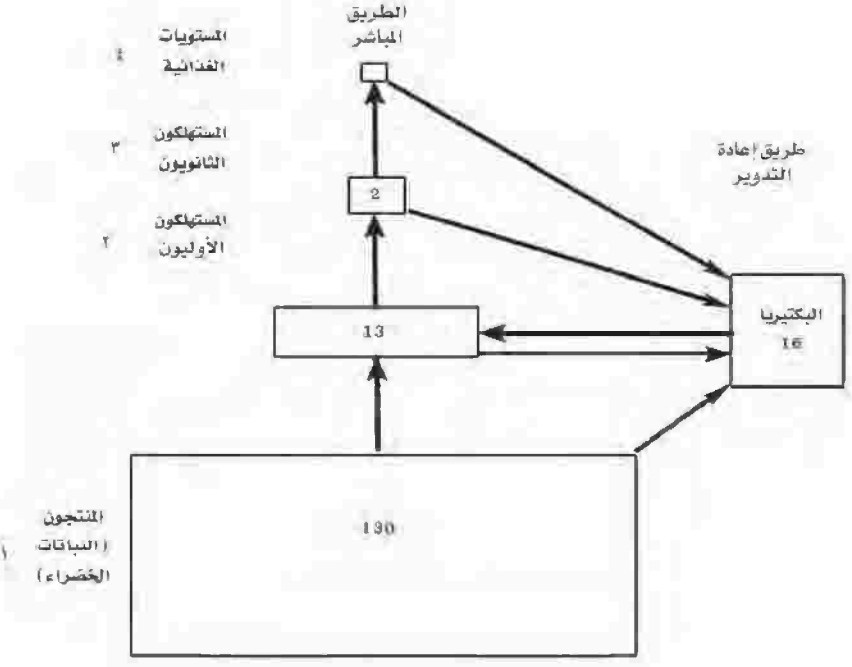
- المسار البري (الحياة النباتية)

النباتات ← آكلات الأعشاب ← آكلات اللحوم ← الطفيليات ← ...

وتصل مكونات السلسلة الغذائية إلى حالة شبه اتزان بفعل عمليات تدفق الطاقة وتدوير المادة على مدى فترات زمنية طويلة.

يصف ريكر [8] السلسلة الغذائية المائية ("الغذاء بحري المصدر") بأنها هرم معقد ذو مستويات غذائية من المنتجين والمستهلكين، كما يظهر في الشكل رقم (١,٦).

أما هيندريك [8] فيصف السلسلة الغذائية البرية ("الغذاء بري المصدر")، ويجيب عن التساؤل الموازي حول "من يأكل ماذا؟" فيبين أن النباتات مثل الأعشاب والحشائش والشجيرات لها مستهلكون من الدرجة الأولى أمثال: الحشرات، والقشريات، وآكلات الأعشاب، مع وجود كائنات محللة تساعد على إدارة التدوير مثل: البكتيريا والفطريات.



الشكل رقم (١,٦). الهرم الغذائي المائي: الاستهلاك، الإنتاج، إعادة التدوير (مأخوذ من ريكر [8]). الوصف الموجود في المصدر الأصلي لهذا الشكل كما يأتي: نموذج مبسط للهرم الغذائي المائي يبين الطريقة المباشرة وطريقة إعادة التدوير لتحويل المواد النباتية إلى أغشية حيوانية. مساحات المستطيلات تتناسب مع الإنتاج التقديري (وليس مع المحصول الموجود) للمواد عند كل مستوى غذائي. قيم الإنتاج موضحة بوحدة الأطنان المترية من المواد العضوية في السنة.

(١,١,٣) حدود النمو Limits to Growth

تشبه فكرة وجود حدود للنمو في معناها مقولة "كل ما يصعد لأعلى لا بد له من الهبوط ثانية" ومقولة "لا توجد وجبة مجانية". لقد بدأ القلق العالمي واسع النطاق حول النمو السكاني واستدامة الموارد الطبيعية وتأثير الإنسان على البيئة خلال فترة التحولات الاجتماعية في ستينيات القرن العشرين، إلا أن الأعمال المنشورة فيها العديد من الإشارات للأزمنة القديمة. فالآية ١ : ٢٨ من سفر التكوين تقول "أثمروا وتكاثروا واملأوا الأرض وأخضعوها لكم".[١] تسفر محاولات تفسير هذا النص عن نقاشات كثيرة محتدمة في قاعات المحاضرات. في عام ١٧٩٨م، كتب توماس مالثوس عن تعداد السكان وتأثيره على تطور الإنسانية في المستقبل. وقد تضمنت النسخة المعدلة والموسعة من عمله عام ١٨٠٣م [9] ثلاث ملاحظات مهمة، هي:

- تعداد السكان مقيد بالضرورة بموارد العيش.
- يزداد دائماً تعداد السكان كلما تحسنت موارد العيش إلا إذا حد من ذلك موانع قوية للغاية.
- ترجع هذه الموانع (وكذلك الموانع التي تكبح القوة الفائقة لتزايد السكان وتجعل تأثيراتها متماشية مع موارد العيش) إما إلى وازع الضمير وإما إلى الرذيلة والأعمال المشينة أو الظروف البائسة.

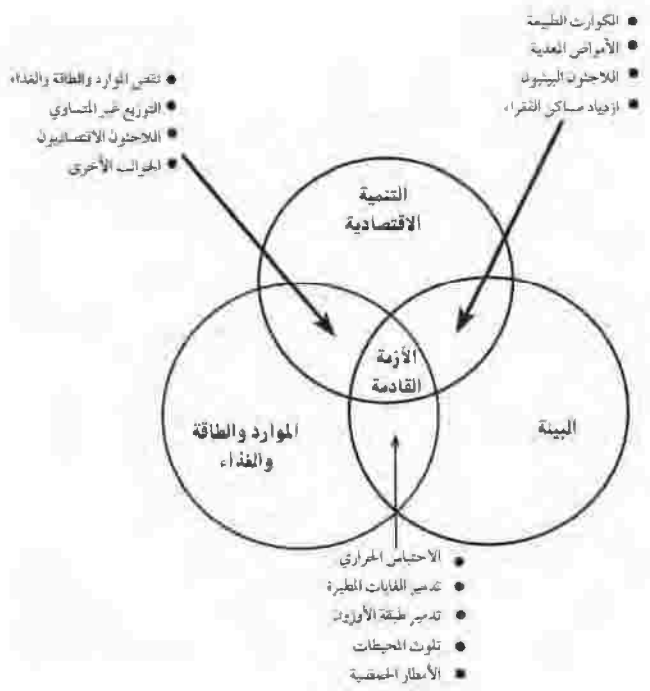
إن كثيراً من النقاشات المحتدمة، لا سيما في قاعات المحاضرات في كليات الهندسة، تبدأ بسبب محاولات تفسير المصطلحات "موانع قوية للغاية" و"وازع الضمير أو الأعمال المشينة أو الظروف البائسة". هل وازع الضمير والأعمال المشينة أمور ينفرد بها البشر؟ هل تؤثر الظروف البائسة (الأمراض والمجاعة مثلاً) على كل المخلوقات؟

---

(١) الآية ١ : ٢٨ سفر التكوين – التوراة.

كان عدد كبير من الأبحاث قد نشر بحلول سبعينيات القرن العشرين حول حدود النمو السكاني، وما تقرير نادي روما المنشور عام ١٩٧٢م [10] حول مأزق الجنس البشري إلا مثال على ذلك. كان الاستنتاج الرئيس للتقرير هو: "إذا استمرت التوجهات الحالية من ناحية تعداد سكان العالم والتحول إلى الصناعة والتلوث وإنتاج الغذاء واستنزاف الموارد على نفس الوتيرة، فإننا سنصل إلى حدود النمو في العالم خلال السنوات المائة القادمة. وسيكون الاحتمال الأقوى هو أن هبوطاً مفاجئاً لا يمكن التحكم فيه سيحدث في تعداد السكان وطاقة الإنتاج الصناعي (انظر الصفحة ٢٣ إلى ٢٤ في المرجع)". يقدم هذا التقرير حلين لعواقب استنتاجه الرئيس، هي: (١) "من الممكن تعديل التوجهات الحالية في النمو وإيجاد حالة من الاستقرار البيئي والاقتصادي القابل للاستمرار لمدة طويلة في المستقبل، إذ يمكن تصميم حالة من التوازن العالمي بحيث نفي باحتياجات كل فرد في العالم من المواد الأساسية وبحيث يكون لكل فرد فرصة متساوية مع غيره في تحقيق إمكانياته الإنسانية كفرد." أما الحل الثاني فهو: (٢) "إذا قرر أهل الأرض السعي لتحقيق النتيجة الثانية هذه بدلاً من الأولى، فإنهم كلما أسرعوا في البدء في العمل على تحقيقها، فستكون فرصهم في النجاح أكبر." بعد مرور ٣٢ سنة على هذا التقرير، صدرت نسخة محدثة منه عام ٢٠٠٤م [11] تناقش بعض الأعمال التي تم الإيعاز إليها في الكتاب الأول ولا تزال قيد التنفيذ.

وكمثال أخير على القلق حول فرص بقائنا، فإن كتاب يودا [12] حول "المعضلات الثلاث" يشير إلى العلاقات المشتركة بين التنمية الاقتصادية وموارد الغذاء والطاقة والتأثيرات البيئية. يوضح الشكل رقم (١,٧) بنية هذه المعضلات الثلاث.



الشكل رقم (١,٧). بنية المعضلات الثلاث: وهي المشكلات الثلاث الكبرى التي تهدد بقاء الإنسانية.

(١,٢) الخلاصة

Summary

تم في هذا الفصل توضيح فكرة أننا الآن في زمن من تاريخ الإنسانية يظهر فيه بوضوح أن استمرار النمو في تعداد السكان (مع ما يلازمه من نمو أكبر في الطلب على الطاقة) قد لا يكون قابلاً للاستدامة لمدة طويلة في المستقبل. فمن المتوقع أن ينمو تعداد سكان العالم من ٦ مليارات نسمة عام ٢٠٠٠م إلى حوالي ٩ مليارات نسمة عام ٢٠٥٠م، هذا إن صحت التقديرات بانخفاض معدل النمو السنوي. أما إذا لم تصح

هذه التقديرات فإن تعداد سكان العالم قد ينمو بمعدله السنوي الحالي إلى ما بين ١٠ و١٢ مليار نسمة. وفي النصف الثاني من القرن العشرين تم إدراك أن هنالك قيوداً على النمو، وأنه إذا استمر النمو بالمعدل الحالي فإن المشكلات الكبيرة في استدامة الموارد الضرورية (مثل الطاقة) ستصبح أكثر حدة. وسنحاول في الفصول القادمة من هذا الكتاب النظر في نمو استهلاك الطاقة، واستدامة إمدادات الطاقة، وموارد الطاقة المتوفرة على المدى البعيد، والتأثيرات البيئية الناتجة عن ذلك على النطاقين المحلي والعالمي وهي أمور تؤثر جميعها على بحث الإنسان عن الطاقة الوفيرة.

References المراجع

[1] H. Braun, The Phoenix Project, *Shifting from Oil to Hydrogen*. Phoenix, AZ: SPI Publications, 2000.

[2] United Nations, *World Population Prospects: The 1998 Revision*. New York: United Nations, 1998.

[3] United Nations, *The World at Six Billion* (ESA/P/WP.154). New York: United Nations, 1999.

[4] J. M. Fowler, *Energy and the Environment*. New York: McGraw-Hill, 1984.

[5] U.S. Department of Energy, Energy Information Agency, *Annual Energy Outlook 2004*, Report No. DOE/EIA-0383(04) (and earlier years). Washington, DC: U.S. Department of Energy, 2004.

[6] J. S. Cannon, *Harnessing Hydrogen: The Key to Sustainable Transportation*. New York: INFORM, Inc., 1995.

[7] S. T. Coblentz, *From Arrow to Atom Bomb*. New York: Beechhurst Press, 1953.

[8] National Academy of Sciences, *Resources and Man*. San Francisco: W. H. Freeman, 1969.

[9] T. R. Malthus, *An Essay on the Principle of Population as It Affects the Future Improvement of Mankind*, expanded 2nd edition, 1803.

[10] D. H. Meadows et al., *The Limits to Growth*, New York: Universe Books, 1972.

[11] D. Meadows, J. Randers, and D. Meadows, *Limits to Growth – The 30-Year Update*. River Junction, VT: Chelsea Green Publishing Co., 2004.

[12] S. Yoda, Trilemma: *Three Major Problems Threatening World Survival*. Tokyo: Central Research Institute of Electric Power Industry, 1995.