الفصل الثالث

الهندسة بصفتها تجربة اجتماعية

عنـد مغادرتها في رحلتها الأولى في إبريل 1912، أُعلن أن السـفينة تايتانيك أعظم إنجازات الهندسـة على الإطلاق، ليس فحسـب لأنها السفينة الكبرى التي يراها العالم، بطول حوالي مرتين ونصـف ملعب كرة قدم، بل كانت أيضـاً الأكثر سـحراً في البواخر المبحرة في المحيط، باشـتمالها على مطعم اسـتوائي في الهواء الطلق، بالإضـافة إلى وسائل ترفيه لم تكن موجودة على متن سابقتها من السفن. وكان من المفترض أن تكون السفينة الأولى الآمنة تماماً. وفقاً لحسابات مصممي السـفينة، إن أي تصـادم عنيـف، قـد يحدث ضـررا في اثنتين من غـرف الطفو المعزولـة (Watertight compartments)، على أكثر تقدير في حالة أسـوأ تصـادم مُتخيل، وحيث إن بطن السفينة كان مقسما إلى 16 من غرف الطفو العازلة للماء، فلقد صممت السفينة أن تطفو حتى لو غمرت المياه أربعة من غرف الطفو. ومن ثم كان هناك اعتقاد واثق بأن تايتانيك غير قابلة للغرق.

مدعوماً بهذه الثقة، سمح القبطان للمركبة بأن تبحر بكامل سرعتها ليلاً في منطقة معروف عنها وجود الجبال الجليدية، مما تسبب في تصادم، أحدث فجوة كبيرة في جانب السفينة، ونتج عنه غمر خمس غرف، إما مباشرة أو بطريقة غير مباشـرة بالمـاء، و على الرغم من وجود الوقت الكافي لإجـلاء الركاب، فقد كانت المشـكلة في عدم وجود قوارب نجاة كافية لاسـتيعاب كل الركاب وطاقم السفينة. فالقوانـين البريطانيـة الفاعلة في ذلك الوقـت لم تأخذ في الاعتبـار هذا الحجم من المراكب، وعليه كان المتطلب قوارب نجاة تسـع 825 شخصـاً فقط، وهو يكفي لحوالي ربع حمولة تايتانيك القصـوى التي تسـع لعدد 3547 راكب وطاقم باخرة. ولم يبد من الضروري اتخاذ إجراءات وقائية إضافية لسفينة كان من المُعتقد أنها

عملياً غير قابلة للغرق. وكشفت النتيجة المفجعة عن 1522 حالة وفاة - غرقى متجمدين من البرد - من مجموع 2227 شخص كانوا على متن الباخرة في رحلتها الأولى والأخيرة [1].

ظلت تايتانيك صورة مُلازمة لأي غرور تكنولوجي. من المسلم به، أمعظم منتجات التكنولوجيا تُمثل بعض الأخطار المحتملة، ولهذا فالهندسة نشاط خطر في طبيعته، وحتى نؤكد هذه الحقيقة ونساعد على استكشاف مضامينها الأخلاقية، نقترح أن يتم عرض الهندسة كعملية تجريبية، وهي ليست بالطبع عملية تجريب تُدار مُنفردة في معمل تحت ظروف مُتحكم فيها، وبالأحرى إنها تجربة على مستوى اجتماعي، وتتعلق بحياة الأشخاص وسلامتهم.

أينما يكون هناك خطر كبير على حياة الإنسان، يجب أن يتم توفير وسائل جاهزة للهرب أو مخرج آمن. وهذا أحرى بأن يوضع في الاعتبار، وأكثر أهمية من البحث في أسباب غرق التايتانيك. لقد كانت هناك تحذيرات أن تايتانيك غادرت إنجلترا في وجود حريق على متنها، وهذا ما جعل القبطان يُسرع بالمركب إلى نيويورك، وأن تدخل المياه إلى مستودع الفحم الحجري في الباخرة من خلال خزان الغاز مما سبب انفجاراً وضرراً أكبر في الغرف المعزولة، والبعض الآخر يؤكد وجود الدليل على أن زيادة هشاشة صلب بدن السفينة في الماء المثلج تسببت في تصدع أكبر مما قد يسببه التصادم في ظروف الجو العادية. احتج بناؤو السفينة بأنه لو صممت الغرف المعزولة بارتفاعات أعلى وأكثر تناسبا مع حجم تلك السفينة، لكان سيساعد على بقاء الباخرة طافية. ولكن هذا سيحد من المساحة المُخصصة للكبائن والركاب على ظهر المركب. ومع ذلك كله، فقد كان الأثر البالغ والأهم نتيجة لنقص في قوارب النجاة، والصعوبة في إنزال المتاح منها للماء، وعدم توفر المخرج الآمن لمعظم الأشخاص الموجودين على متن المركب.

1 - الهندسة بصفتها ممارسات تجريبية

مـن المُتعارف عليـه أن التجريب يلعـب دوراً أساسـياً في عملية التصـميم. فعادة ما يقوم المصـمم بعمل التجارب الأولية والمُحاكاة مع بداية وضـع التصميم التقريبي لفكرة تصـميم، كمـا أن المواد الخام يتم مُعالجتها مُختبرياً باسـتعمال تقنيـات تجريبية منهجية. مثل هذه الاختبارات تخدم كأسـاس لتصـميمات أكثر تفصيلاً، كما يتم اختبارها أيضا في مرحلة الإنتاج، وتليها اختبارات يتم إجراؤها بعد الإنتاج، حتى يتم الوصول إلى المنتج النهائي، ولذلك فعملية التصميم العادية تمر بمراحل تكرارية، تُنفذ على تصميمات تجريبية مع تعديلات تُجرى على أساس معلومات مسـتمدة من التغذية العكسـية المُستخلصـة من الاختبارات. وفوق تلك الاختبـارات والتجارب المُحددة، فكل مشـروع هندسـي يتم اعتباره بصـفة وحدة كاملة يمكن أن يُنظر إليه كتجربة في حد ذاته.

• التشابه مع التجارب القياسية

تتحد الخصـائص المختلفة لكل نوع من الممارسـة الهندسية العملية، لتظهر أنه من المنطقي أن تعرض المشروعات الهندسية بصفتها تجارب.

أولاً : في الحقيقة، يتم القيام بأي مشـروع هندسي دون العلم الكامل بجميع جوانبـه. فمثـلا قد يكون هناك شـكوك في النموذج النظري المُسـتخدم لأغراض حسابات التصميم، وشكوك في الخصائص الدقيقة للمواد المُشتراة، وهناك شكوك في دقة مُعالجة المواد الخام والمُصنعة، وهناك شكوك حول طبيعة الإجهادات التي سـيواجهها المنتج النهائي. كما أن المهندسين ليس لديهم متسع من الوقت لانتظار توافر الحقائق الكاملة قبل بدء العمل. ففي حالات معينة يجب تجنب الفحوصـات النظريـة والاختبارات المعملية من أجل التقدم في المشـروع، وبالفعل تكمن الموهبة الأساسـية لنجاح المهندس في قدرته على إنجاز المهام الهندسـية بأمان في وجود معرفة جزئية بالقوانين العلمية، وبطبيعة المجتمع.

ثانياً : المُخرجات النهائية للمشروعات الهندسية، هي في الواقع مثل مخرجات التجارب، لا تخلو من شكوك بصفة عامة. ففي الأعمال الهندسية، يصعب التأكد من جميع النتائج المُمكنة، أو ربما الأخطار الكبيرة، التي قد تنتج عن المشروعات غير الخطرة، كما نسرد في الأمثلة الآتية: خزان المياه المبني على النهر مثلا، قد يتسبب في ضرر بعض المباني العامة، أو يؤثر سلبيا على التوازن البيئي بالمنطقة، وقد لا يؤدي الغرض المُحدد له، إذا ما حدث تسريب أو انهيار في الخزان. وكذلك القناة أو الأنبوب الذي يمثل مصدر المياه العذبة الوحيد في منطقة ما، قد يتسبب في تكدس سكاني بالمنطقة، وما يترتب عليه من اعتمادية دون وجود بدائل أو إجراءات وقائية مناسبة. طائرة نقل الركاب العملاقة "الجامبو" قد تسبب إفلاس شركة طيران صغيرة، قد ابتاعتها لمجرد إظهار مكانتها الرفيعة. جهاز التعرف على بصمات الأصابع، المصنع لأغراض مدنية خاصة، قد يستخدمه نظام الحكم الدكتاتوري في تحديد هويات ومراقبة الأشخاص المناوئين له. قد يُظهر المفاعل النووي، الذي تم إنشاؤه على تصميم ناجح لمفاعل أصغر، مشكلات غير متوقعة قد تُعرض السكان المحيطين للخطر، مما يؤدى إلى إغلاقه في غير أوانه وبتكلفة كبيرة للمالك والمستهلكين على قدم المساواة. في الماضي، ربما قد عرض مُجفف الشعر المستخدم غير الواعي لضرر في الرئة من مادة الأسبستوس المستخدمة آنذاك في أسطوانته العازلة للحرارة.

ثالثاً: تعتمد الهندسة الفاعلة على المعرفة المُكتسبة للمنتجات في الحالتين، قبل مغادرة المصنع وبعدها – وهي معرفة مطلوبة لتحسين المنتجات الحالية وصنع منتجات أفضل. فاستمرار النجاح في الهندسة يعتمد على اكتساب معرفة جديدة، كما يحدث تماماً في التجارب المستمرة الناجحة. وتعد الرقابة من الدعائم الأساسية لكل من الهندسة والتجارب العملية، وتشمل الرقابة الفنية إجراء ملاحظات دورية واختبارات للتحقق من كل من الأداء الناجح والآثار الجانبية غير المتوقعة. وحيث إن الاختبار النهائي لكفاءة المنتج وأمانه، وتكلفته

المناسبة، والأثر البيئي الناجم عن استخدامه، والقيمة الفنية له، تكمن في كيف يؤدي هذا المنتج وظيفته بكفاءة في المجتمع، ومن ثم، يجب ألا تقتصر الرقابة على خطوات الإنتاج الداخلية، أو مراحل الاختبارات في المشاريع الهندسية. يجب أن تمتد الرقابة لتشمل أيضاً مرحلة الاستخدام من قبل العميل، لأنه كما في التجارب، كل من النتائج المرحلية والنهائية لمشروع هندسي تستدعي التحليل والدراسة من أجل تطوير وتحسين المنتج.

- **التعلم من الأعمال السابقة**

قد يكون من المُتوقع أن يتعلم المهندسون ليس فقط من تصميماتهم الأولية ونتائج التشغيل، ولكن أيضا من المهندسين الآخرين، وللأسف، فهذا ليس ما يحدث غالباً لعدة أسباب، منها: الافتقار إلى قنوات الاتصال الميسرة، والكبرياء في غير محله بالترفع عن السؤال عن المعلومات، والارتباك عند الإخفاق أو الخوف من التقاضي، والإهمال الصريح الذي قد يتسبب في عرقلة تداول المعلومات، وكل ذلك يؤدي إلى تكرارات عديدة للأخطاء الماضية. وفيما يلي بعض الأمثلة:

1. افتقرت تايتانيك للعدد الكافي من قوارب النجاة، مما تسبب في كارثة إنسانية، ولكن بعد عدة عقود لاحقة، هلك معظم الركاب وطاقم الباخرة Arctic بسبب نفس المشكلة [2].
2. الافتقار الكامل للوقاية تجاه اصطدام السفن، كلف السويد أسوأ انهيار لجسر، قُتل بسببه 8 أفراد في يناير من عام 1980. وفي شهر مايو من نفس العام، وقعت كارثة خليج تامبا Tampa في ولاية فلوريدا الأمريكية، وصنفت الأكبر والأكثر مأساوية لعدد متنام من الحوادث العرضية للبواخر التي تتصادم مع الجسور فوق الممرات المائية الصالحة للملاحة. غير أنه هناك حالات أخرى سابقة ومعروفة مثل الاصطدام بجسر Tasman (أستراليا 1975) وبجسر Maracabio (فنزويلا 1964).

3. في يونيو 1966، انهار قسم من جسر ميلفون هافن Milford Haven في ميلز في أثناء بنائه، في أكتوبر من نفس العام، تم بناء برج بتصميم مماثل وبنفس الشركة الإنشائية، التي أقامت الجسر (فديمان فوكس وشركاؤه - ملبورن، أستراليا) الذي انهار جزء منه، مما تسبب في قتل 33 شخصا وجرح 19 شخصا. حدث هذا في مدة قصيرة بعدما أكد رئيس مهندسي البناء لبعض العاملين القلقين أن موقع البناء آمن [3].
4. تشتهر الصمامات الميكانيكية بأنها أقل الأجزاء التي يُمكن الاعتماد عليها في مكونات الأنظمة الهيدروليكية. كان صمام تحرير الضغط، والافتقار للمعلومات الدقيقة فيما يخص حالة فتحه وإغلاقه، مما أسهم في حادث المفاعل النووي في ثرى ميل آيلاند (Three Mile Island) في 28 مارس 1979. وقد حدث قصور مماثل لصمامات متماثلة في مفاعلات نووية أخرى. وقد تم تدوين ذلك في التقارير المعدة بمعرفة مصنعي المفاعل، ولم يعط أي اهتمام لها [4].

هذه الأمثلة، وأخرى سيتم عرضها في فصول لاحقة، توضح لماذا أنه من غير الكافي للمهندسين أن يعتمدوا على الكُتب وبرامج الكمبيوتر دون معرفة حدود الجداول والمنطق الرياضي المُدرجة ضمن أدواتهم المفضلة. وهم أيضا بحاجة لزيارة الورش ومواقع العمل لاستقاء المعلومات من العمال والملاحظين، فيما يتعلق بحالة المشروعات السابقة خلال الإنشاء، أو التجميع والاختبارات، وكيف كان العملاء راضين. فالهندسة، مثل التجارب، تتطلب مُمارسين متيقظين، وعلى دراية كافية بكل مرحلة من مراحل المشروع، ولديهم الحرية والرغبة في تبادل الأفكار مع زملائهم في الأقسام المختلفة.

• التناقض مع التجارب المعيارية

من المؤكد أن الهندسة تختلف في بعض النقاط عن التجارب المعيارية، غير أن هذه الاختلافات تساعد في تركيز الضوء على التزامات المهندس الخاصة، كما أن اكتشاف هذه الفروقات يُساعد على فهم الالتزامات الأخلاقية المرتبطة بالهندسة.

التحكم التجريبي:

هنـاك فرق كبير يظهـر مع التحكـم التجريبـي، ويتجلى ذلـك في التجربة المعياريـة، التـي عـادة مـا تتضـمن الاختيـار العشـوائي لأعضـاء في مجموعتين مختلفتين. فأعضاء المجموعة الأولى يتلقون العلاج التجريبي الخاص، أما أعضاء الجماعة الأخرى، المُسماة بمجموعة التحكم، لا يحصلون على هذا العلاج الخاص. على الرغم من أنهم معرضـون لنفس البيئة، ونفس الظروف المحيطة كالمجموعة الأولى تماماً.

هذه ليسـت المُمارسـة العادية في الهندسـة، إلا إذا كان المشـروع في مرحلة التجـارب المعمليـة – في معـزل عـن البشـر، وهـم بالطبـع خارجـون عن تحكم التجارب. وفي الواقع، فالعملاء والزبائن يُمارسـون مُعظم التحكم، لأنهم هم من اختاروا المنتج الذي يرغبون في اسـتخدامه. وهذا يجعل من المسـتحيل أن نحصل علـى اختيار عشـوائي للمشـاركين من المجموعـات المتنوعة. و ليس كذلك إنشـاء مجموعات تحكم مُتوازية على أساس عينات عشوائية. ولهذا، فليس من الممكن أن ندرس آثار المتغيرات الهندسية على مجموعات مقارنة من اثنين أو أكثر، وما على المهندسين سوى أن يعملوا بما لديهم من بيانات مستعادة، أو مُتاحة من المجموعات المختلفة التي تستخدم المنتج في جميع مراحله.

وهـذا يقترح أن يُنظر للهندسـة بصـفتها تجارب اجتماعية، تتضـمن بقدر ما اسـتخداماً واسـعاً لمفهوم التجارب. وبرغم ذلك، فالهندسة بصفتها تجارب اجتماعية لا يجب أن يتم النظر إليها على أنها فكرة عامة مجازية ليس إلا، فليس مـن غير الـدارج أن تتحدث عن تجارب في مجالات أخـرى، لا يدخل التجريب في نسيجها، كما لا يوجد بها مجموعات تحكم. على سبيل المثال، يقوم علماء الاجتماع بجمع بيانات حول الفرو قات والتشـابهات بين النظم التعليمية الموجودة، التي لم تنشأ بطبيعتها كأنظمة كتجارب. وفي هذا النهج تم اعتبار التنوع في الأنظمة أساسا

لتعريف ما سمي بمصطلح (تجربة طبيعية) [5]. وبالتوازي، نعتقد أن الهندسة يُمكن النظر إليها وعلى نحو مُلائم، بصفتها تجربة طبيعية تشارك فيها العناصر البشرية، وبرغم حقيقة أن معظم المهندسين لا يعدونها حالياً مثل ذلك.

الموافقة المعلومة:

إن النظر للهندسة بوصفها تجربة اجتماعية، يضع الأمور في نصابها الصحيح بتركيز الاهتمام على البشر المتأثرين بالتكنولوجيا. حيث إن التجارب تُجرَى على أشخاص وليس على أهداف غير حية. ومن هذا المنظور، وإن يكن على ميزان أكبر بكثير، فالهندسة تتوازى تماما مع الاختبارات الطبية للأدوية والتقنيات الجديدة على الأشخاص. اعترف المجتمع مؤخراً بأولوية أمان وحرية الأشخاص في المشاركة في تجارب طبية. وقبلت مهنة الطب أن تكون الموافقة المعلومة حقا أصيلا من الحقوق الأخلاقية والقانونية، قبل أن يشارك الفرد في تجربة طبية.

ولكن ممارسة الهندسة المعاصرة بدأت فقط في التعريف بهذه الحقوق. ونعتقد أن المُشكلة في الموافقة المعلومة، وهي تعد حيوية لمفهوم التجربة المُدارة بطريقة ملائمة، التي تتضمن أفرادا، ويجب أن تكون الركيزة الأساسية في التفاعل بين المهندسين والجمهور. ونحن نقصد الجمهور العادي. عندما يقوم مُصنع بيع جهاز لشركة ما، لديها مهندسوها المتخصصون، فهناك غالباً اتفاق فيما يخص الأخطار المُشتركة والمنافع لتجربة الابتكارات التكنولوجية. ومن المفهوم أن الموافقة المعلومة تتضمن عنصرين رئيسين: المعرفة والتطوع.

أولاً يجب ألا تقتصر المعلومات المعطاة على ما يطلبه الأفراد الخاضعون للتجارب، بل يجب تزويدهم بكل المعلومات اللازمة لاتخاذ قرار مناسب.

ثانياً يجب ألا تمارس أي ضغوط على الأفراد الخاضعين للتجارب، أو استعمال الاحتيال أو الخداع للحصول على موافقتهم. ويُعد أمراً مسلماً به هنا احترام الحقوق الأساسية، والتعويضات عن الآثار السيئة.

الشراء المجرد للمُنتج يُشكل القبول المعلوم، أكثر مما يمثله فعل حضور تجربة طبية. يجب أن يُعطى العامة والزبائن المعلومات عن الأخطار الواقعية والفوائد من العملية أو المُنتج في عبارات بسيطة يمكن أن يفهموها. تزويد معلومات كاملة ليس ضرورياً، وقد لا يكون ممكناً في معظم الحالات. في كل من الهندسة والطب، قد يكون هناك ثغرة واضحة في الفهم بين من يقوم بالتجربة، ومن تُجرَى عليه التجربة. وقد يكون من الصعب إغلاق هذه الثغرة، فإنه من الممكن أن ننقل كل المعلومات وثيقة الصلة بالموضوع واللازمة لاتخاذ قرار عقلاني ملائم حول الاشتراك أم لا؟

ونحن لا نقترح تكاثرا في التقارير المُطولة عن الآثار البيئية. فنحن نُفضل النوع المتمثل في النصيحة السليمة، كأن يُعطي الطبيب المسئول المريض تفاصيل الآثار الجانبية المحتملة. ويجب أن يمتد بحث الطبيب ليشمل أبعد من المذكور في النشرة الخاصة بالمصنع عن المعلومات المتعلقة، وأيضا يجب على إدارة المستشفى أن تسمح للطبيب بحرية، أن يتولى علاجات مختلفة لمرضى مختلفين، حيث إن كل حالة يُمكنها أن تُمثل "تجربة" مُختلفة، وتشتمل على ظروف مختلفة، وفي النهاية، يجب أن يتم تأهيل المريض بالحصول على المعلومات.

وبطريقة مماثلة، لا يُمكن أن ينجح المهندس في توفير المعلومات الجوهرية حول مشروع أو منتج إلا إذا كان هناك تعاون من الإدارة واستعداد للقبول من جانب الذين يجب أن يحصلوا على المعلومات. فالإدارة غالباً كارهة، وبإدراك وفهم، لتوفير معلومات أكثر عن التي تتطلبها القوانين الحالية، خوفاً من إفشاء الأسرار للمنافسين المُحتملين والتعرض لقضايا مُحتملة.

نحن نُصادق على الفكرة العامة العريضة للقبول المعلوم، أو التي يُطلق عليها البعض القبول المُلزم، والمُحدد بالشروط الآتية [6]:

1 - أن الموافقة تمت طواعيةً.

2 - أن الموافقة كانت مُؤسسة على المعلومات التي قد يريدها الإنسان العاقل، مع أي معلومات أخرى مطلوبة، ومُقدمة في شكل واضح ومفهوم.

3 - كان الموافق مؤهلاً (ليس صغيراً جداً أو مريضا عقليا، على سبيل المثال) لفهم المعلومات واتخاذ قرارات عقلانية.

• المعرفة المكتسبة

تجرى التجارب العلمية لاكتساب معرفة جديدة، بينما "المشروعات الهندسية" هي تجارب ليست مُصممة بالضرورة للحصول على معرفة جديدة [7]. عندما نقوم بنشاط هندسي، فإننا بطبيعة الحال نعيش تجربة، كما نُعد أنفسنا مبدئيا لنتائج غير متوقعة. وأفضل ناتج بهذا المعنى، هو الذي لا يُخبرنا بشيء جديد، ولكن يُقرر فحسب أننا على صواب فيما تم تنفيذه. أما النتائج غير المتوقعة فتدفعنا إلى البحث عن معرفة جديدة – وربُما تتضمن تجربة من النوع الأول (العلمي).

• موضوعات للمناقشة

1 - في يونيو 1976، انهار سد إيداهو تيتون Idaho's Teton Dam، مُتسبباً في قتل 11 فرداً وأضرار قُدرت بتكلفة 400 مليون دولار، فقد سمح مكتب الاستصلاح، الذي أقام السد المشؤوم بأن يتم ملؤه بسرعة، مما أخفق في توفير الوقت الكافي لرصد وجود التسريبات في مبنى السد، الذي أقيم على التربة غير المثالية [8].

بالمقارنة مع مفهوم الهندسة بصفتها تجربة اجتماعية، ناقش الحقائق الآتية، التي تم الكشف عنها بوساطة مكتب المحاسبة العام وإبلاغ الصحافة بها:

أ. بسبب ثقة المصممين في التصميم الأصلي لسد تيتون، فقد كان من المُعتقد أنه لن يحدث تسريب للماء بقدر يدعو للقلق، وعليه لم يتم تركيب الأجهزة المعنية بكشف التعرية والتسريب بجسم السد.

ب. كانت المعلومات المهمة التي تقترح إمكانية تسريب الماء مُتاحة في موقع السد منذ ستة أسابيع قبل الانهيار، وتم إرسالها عبر القنوات الروتينية من مُشرفي المشروع إلى المُصممين، ووصلت للمُصممين بعد يوم واحد من الانهيار.

جـ. لم تكن هناك رقابة على مدار الساعة للسد في أثناء المرحلة المهمة لملء الخزان بالماء، وقد تم اكتشاف التسرب قبل الانهيار بخمس ساعات فقط، وحتى عندها، لم يمكن فتح المخرج الرئيس لمنع الانهيار، وذلك لأن المُقاول كان متأخراً عن الجدول المحدد لإنهاء هيكل المخرج.

د. قبل عشر سنوات مضت، اختبر مكتب الاستصلاح تسريبات ضخمة أدت إلى انهيار جزئي بسد فونتنل Fontenelle Dam، خبرة كان يُمكن أن يستفيد منها المكتب، وأن يعقد المقارنة على أساسها.

2 - اقرأ حول الانهيار المأساوي لسد (غير سد Teton)، ثم أعد قائمة بالأسئلة الإجرائية التي يجب أن يكون كل من المُصممين، والبنائين، ومشغلي السد، بالإضافة إلى موظفي العموم والأمان، والجيران القريبين من السد، قادرين على الإجابة عليها.

3 - استخدمت جامعة كاليفورنيا أموال الضرائب لتطوير ماكينات المزارع مثل حاصدات الطماطم، والخص، والفاكهة، مثل هذه الماكينات تُقلل العمالة وترفع من إنتاجية المزارع. إنها بالتأكيد تزيد من المحاصيل، كما قيل: إنها تُفيد كلاً من أصحاب المزارع والمجتمع بصفة عامة. غير أن عمال المزارع ادعوا أن استبدال قوة العمل الراغبة والوافية بالماكينات سوف تُنتج تكاليف اجتماعية تفوق الإنتاجية الأعلى، ومنها التكاليف اللازمة لإعادة تدريب

عمال المزارع لوظائف أخرى، وأيضا خسائر المزارع الصغيرة. ناقش كيف أن موضوع ميكنة المزارع يُمكن عرضه بوصفه تجربة اجتماعية.

4 - تؤثر النماذج غالباً في بلورة التفكير بالانعكاسات المُلهمة والمُنظمة، ومع ذلك فغالباً ما تكون محدودة، وفي بعض الأحيان مضللة. اكتب مقالة قصيرة تُقيم فيها نقدياً نقاط الضعف والقوة، التي تراها في نموذج التجارب الاجتماعية.

أحد أوجه النقد التي يمكن أن تؤخذ في الاعتبار هو إذا ما كان النموذج يُركز أكثر من اللازم على تصنيع مُنتجات جديدة، التي فيها تكون معظم المهام الهندسية عبارة عن تطبيقات روتينية مستمدة من نتائج الأعمال والمشروعات السابقة. ونقطة أخرى يجب أن تؤخذ في الاعتبار، وهي كيف سيتم قياس القبول المعلوم في مواقف تتضمن مجموعات؟ كما في حالة بناء محرقة نفايات قريبة من مجتمع أشخاص، لهم رؤى مختلفة حول صلاحية المكان لبناء المحرقة.

5 - تتركز المناظرات حول المسئولية عن السلامة، وفيما يتعلق بالمنتجات التكنولوجية، تتركز غالباً حول من الذي يجب أن يتم اعتباره مسئولاً رئيساً : أهو العميل "المشتري الحذر"، أو المُصنع "البائع الحذر"؟، وكيف تؤثر فكرة القبول المعلوم على الإجابة عن هذه الأسئلة؟

6 - خلال العام 1994، نشرت حكومة الولايات المتحدة معلومات تفيد بأنه في العقود اللاحقة للحرب العالمية الثانية، أدارت بعض وكالاتها تجارب على آثار الإشعاع في بعض المدنيين دون علمهم. ناقش مثل هذه المُمارسات في ضوء السرية المفروضة لاعتبارات الأمن القومي، وضرورة إبلاغ الأشخاص الواقعين تحت التجارب حول طبيعة هذه التجارب وآثارها المحتملة.

2 - مسؤولية المهندسين عن ممارساتهم التجريبية

ما هي مسئوليات المهندسين تجاه المجتمع؟ إن عرض الهندسة بوصفها تجربة اجتماعية قد لايجيب عن هذه الأسئلة – فبينما المهندسون هم المُخولون التقنيون الأساسيون، فهم ليسوا المختبرين الوحيدين. فمسئوليتهم مُشتركة مع الإدارة العامة، ومع آخرين. ومع ذلك، فخبراتهم تضعهم في موضع مسئول لمتابعة المشروعات، ولتعريف الأخطار، ولتزويد العملاء والعامة بالمعلومات اللازمة لاتخاذ قرارات مسئولة. نُريد أن نعلم ما هو الشكل العام المتوقع من أن يكون المهندس شخصاً مسئولاً في تصرفاته، وما هي الخصائص العامة للمهندسين المسئولين أخلاقياً، من منظور الهندسة بوصفها تجربة اجتماعية؟

يوجد أربعة عناصر وثيقة الصلة، على الأقل – التزام نابع من الضمير للعيش بقيم أخلاقية، ومنظور شامل، واستقلال ذاتي، والقابلية للمحاسبة [9]. ويمكن صياغتها بتفصيل أكثر، بما يتمشى مع وصف المشروعات الهندسية بوصفها تجربة اجتماعية:

1 – التزام مبدئي لحماية سلامة الأفراد الخاضعين للتجارب واحترام حريتهم في الموافقة.

2 – الاطلاع النافي للجهالة حول طبيعة التجربة في أي مشروع، والتوقعات لآثارها الجانبية المُحتملة، والجهد المُلائم لرصدها.

3 – الاستقلالية في الاشتراك الشخصي في كل خطوة من المشروع.

4 – قبول مسئولية الخضوع للمُحاسبة عن نتائج المشروع.

من المفهوم ضمناً مما سبق، أنه يتحتم على المهندسين أن يمتلكوا الكفاءة الفنية مع الصفات المهنية الأخرى. كما أن تضمين تلك المُتطلبات الأربعة بصفتها جزءاً من ممارسة الهندسة سيجعل من التعريف "أسلوبًا للهندسة" علامة مُميزة.

- **الضمير الواعي:** Conscientiousness

يتصرف الأشخاص بالتزامات ضميرية، لكي يعيشوا وفقاً لقيم أخلاقية محددة، ولكن بعيدا عن الحقيقة البديهية، يثار الجدل حول الطبيعة الدقيقة لهذه القيم. القيم الأخلاقية تسمو فوق الانهماك في البحث عن المنفعة الشخصية، وتبعاً لذلك، فالأفراد الذين يفكرون بفردية في مصلحتهم الشخصية، مع استبعاد الخير للآخرين.

فهم لا يراعون العوامل الأخلاقية، و سيتم ملاحظة أن درجة الضمير الحي تتضمن الوعي الضميري (بمعنى الإدراك)، لأن النية غير كافية. فالعين المفتوحة، والأذن المفتوحة، والعقل المفتوح كلها مطلوبة للتعرف على المواقف المُفترضة، وتبعاتها، ومن سيتأثر بها. ظروف العمل المُعاصرة للمهندسين تميل إلى تقليص الرؤية الأخلاقية الفردية للالتزامات التي تُصاحب أوضاع المستخدمين. وكما ذُكر سابقاً، ما يقرب من ٩٠٪ من المهندسين هم مستخدمون ذوو رواتب، ومعظمهم يعملون في بيروقراطية كبرى، وتحت ضغوط كبرى للعمل بسلاسة داخل المنظمة. وهناك منافع واضحة فيما يخص الاقتصاد في الفائدة الشخصية والاهتمام بعائلة الفرد التي تجعل من السهل أن نؤكد أولوية التزامات الفرد تجاه صاحب عمله.

إن رؤية العمل الهندسي بصفته تجربة اجتماعية، يضع المهندسين حُماة لمصالح العامة، و من واجبهم المهني أن يحرسوا رفاهة وأمان هؤلاء الذين سيتأثرون بالمشروعات الهندسية. فهذا يُساعد في تأكيد أن مثل ذلك الأمان والرفاهية لن يتم تجاهلهما في البحث عن المعرفة الجديدة، أو السعي لزيادة للأرباح، أو الاهتمام بالفوائد الكثيرة للغالبية مع تجاهل الضرر للقلة.

- **الحصول على المعلومات اللازمة**

درجة الضمير الحي هي تعبير ضبابي بدون معالم، ولهذا فالاهتمام بالأخلاقيات يتضمن الالتزام بالحصول على كل المعلومات المتاحة، الوثيقة الصلة

بالموضوع، من أجل تحقيق التزامات الفرد الأخلاقية. وهذا يعنى التصنيف الكامل لبيئة عمل الفرد بوصفها نشاطاً ذا معنى أخلاقي. فمثلاً، لا يوجد خطأ في حد ذاته، في محاولة تصميم مُبادل حراري جيد. ولكن إذا تم تجاهل حقيقة أن المُبادل سيتم استخدامه في خط تصنيع عقار هلوسة غير قانوني، فقد يُظهر ذلك افتقارا للاهتمام الأخلاقي، والتخلي عن مسؤولية الفرد بأن يكون على دراية بالتبعات الأوسع لعمله، فمثلاً، مشروع تصميم لسلاح متطور - مشكوك فيه أخلاقياً - وهذا يجعل من الملائم، في بعض الأحيان، للمهندسين الذين يخدعون أنفسهم تجاهل المحيط الأوسع لأنشطتهم التي قد لاتتوافق مع الضمير الحي الواعي.

يعد التوسع في التقسيمات التخصصية داخل مجال العمل أحد الأسباب الأخرى لعدم توضيح النتائج المحتملة لعمل الفرد، التي تجعل من السهل أن نُفكر في أحد ما، أو شخص آخر في المنظمة يمكن أن تنسب إليه المسئولية. على سبيل المثال، قد تصنع شركة ما منتجا به مكونات قد تزيد من الاستخدام غير اللازم للطاقة، ففي هذه الحالة، من السهل أن تضع العبء على إدارة المبيعات: "دعهم يُخبرون العملاء - إذا سألوا". وقد يترتب على ذلك أن نُمنطق إهمال الفرد للأمان أو اعتبارات التكلفة، ولكنها تتعارض مع أي اهتمام أخلاقي.

قد يُقال: إن الهدف هو ممارسة ما أسماه تشاونسى ستار "Chauncey starr"، "الهندسة الدفاعية"، أو ربما الأكثر جوهرية هو الحاجة إلى "التكنولوجيا الوقائية" التي تتوازى مع ما قاله "Ruth Davis"، عن الطب الوقائي:

"لا يكمن حل المشكلة في العلاجات المتعاقبة للمشكلات العلمية المتوالية، بل هي في منعها. وللأسف - الشفاء من الأمراض العلمية هو عموماً أكثر تشويقاً للعلماء لمحاولة منع هذه الأمراض، ويمكن استرجاع التاريخ المحزن للمجتمع الطبي الذي يوضح لنا الصعوبات المرتبطة بمحاولة وضع الطب الوقائي بوصفه تخصصا"

[10]. مهمـا عظمت الحكمـة والقدرة على التخيل، فلا يُمكن التنبؤ بكل الأخطار. لأن المشـروعات الهندسـية هي بالفطرة تجريبية في طبيعتها، فمن المهم أن يتم رصـدها ومتابعتها على أساس مُستمر، من وقت وضعها في حيز التنفيذ.

الاستقلال الذاتي الأخلاقي:

الأشخاص مُستقلون أخلاقياً عندما يكون سلوكهم ومعايير التصرف خاصة بهم، وقد يُستمد هذا المعنى من كانت Cant : المعتقدات الأخلاقية والمواقف يجب أن تكون مُلزمة على أساس الفهم الإيجابي الناقد، عوضاً من التبني السلبي للتقاليد الخاصـة بالمجتمع، أو الكنيسـة، أو المهنة. وهذا غالباً هو المقصود به "الأصالة" في التزام الفرد بالقيـم الأخلاقية، وعليه، يجب أن تكون هذه المُعتقدات والمواقف مُتكاملة داخل شخصية المرء في سلوك يؤدي إلى تصرف مُلتزم.

إنه وهم مريح في التفكير عند العمل لدى مؤسسة، حيث يتصور الفرد أن أداءه يخدم اهتمامات الشركة، وبذلك لا يكون مُعنيا بتصرفاته الأخلاقية أو الشخصية. فتسـويق مهارات الفرد وقدراته بالعمل لدى مؤسسـة أو شركة قد يوحي للبعض بأن الفرد قد فقد سلطة على تصرفاته [11]. عرض الهندسة بوصفها تجريباً اجتماعياً قد يُساعد في تجاوز هذه النزعة، ويساعد في إحياء معنى المُشاركة المستقلة في عمل الفرد، وكمجرب، يجتاز المهندس تدريبات مُعقدة، تُشكل هويته المهنية.

يلعب موقف الإدارة دوراً حازماً في إشعار المهندسين بالقدر الذي يملكونه من الاسـتقلالية الأخلاقية. وسيكون من الفائدة طويلة الأمد لشركة تكنولوجيا رفيعة أن تضـمن لمُهندسـيها قدراً كبيراً من الحرية في ممارسـة أحكامهم المهنية على الموضوعات الأخلاقية المُتعلقة بوظائفهم (وبالطبع على الموضوعات الفنية أيضاً)، ولكـن المعايير المُعتمدة لتقويم أداء المديرين، غالباً ما تعوق ذلك. وهذا صـحيح، خاصـةً في عصـر التكتلات الحالي، حيث تكون الربحية علـى المدى القريب أكثر أهمية من الجودة العالية والحفاظ على العملاء في المدى الطويل. وفي المشروعات

المدعومة من الحكومة غالباً ما يُصبح الموعد النهائي هو العامل المُتحكم، بالتوازي مع المخاوف من المنافسة الداخلية أو الأجنبية. فالجداول الزمنية غير المرنة، قد أدت إلى فقد مكوك الفضاء تشالينجر (Challenger)، كما سنرى لاحقاً. وتبعاً لذلك، فالمهندسون مُطالبون بالتطلع لجمعياتهم المهنية، والمنظمات الخارجية الأخرى. الجمعيات المهنية، منظمة في الأصل بصفتها جمعيات ثقافية، ومُكرسة لتبادل المعلومات الفنية، غير أنها تفتقر إلى القدرة على حماية أعضائها، مُقارنة بالنقابات العمالية، وذلك على الرغم من أن معظم المهندسين ليس لديهم جماعات أخرى ليلجؤوا إليها طلبا لمثل هذه الحماية. فالآن فقط تم الاعتراف بالحاجة للدعم القانوني والأخلاقي للأعضاء في ممارسة التزاماتهم المهنية من قبل تلك الجمعيات [12].

• تحمل المسؤولية بشفافية مهنية

وأخيراً يتقبل الأشخاص المسئولون الالتزامات الأخلاقية عن تصرفاتهم. وكذلك "القابلية للمحاسبة"، ويتقبلون هذا المفهوم بالمعنى المتضمن عموماً في القابلية للوم، ولكن المُصطلح على الأرجح يُشير إلى النزعة العامة لكون الفرد راغباً في إخضاع تصرفاته إلى التدقيق الأخلاقي، وأن يكون مُتفتحاً ومُستجيباً للتقويم من قبل الآخرين.

الإذعان لسلطة صاحب العمل أو أي سلطة أخرى في هذا الشأن ينشئ لدى أشخاص عديدين مفهوماً محدوداً للقابلية في أن يحاسبوا على النتائج المترتبة على تصرفاتهم، وهذا تم توثيقه بوساطة استانلي ميلجرام (Stanley Milgram) في عام 1960، ضمن عدة تجارب شهيرة [13]. فربما يأتي الأفراد إلى المعمل مُتصورين أنهم سيشتركون في اختبارات تعليمية للذاكرة. وفي شكل آخر، فردان آخران كانا مشتركين، ويمكن وصفهما بـ "المُختبر" و"المُتعلم". وينظر المُتعلم إلى المُختبر على أنه شكل سلطوي يمثل المجتمع العلمي، والذي يصدر التعليمات

عن إعطاء صدمات كهربائية للمُتعلم كلما فشل الأخير في اختبار الذاكرة. وقد تم إخبار المُتعلم أن الصدمات سيتم زيادة مقدارها مع كل فشل في اختبار للذاكرة. غير أن كل هذا كان خداعاً مشتركاً. لم يكن هناك صدمات حقيقة وإن المُتعلم والمُختبر كانوا مجرد أدوات في خدعة مصممة لمعرفة إلى أي مدى يمكن للمُتعلم الواقع تحت التجربة، وغير المُدرك لأبعادها أن يتمادى في اتباع الأوامر من الشخص السلطوي.

شرح ميلجرام هذه النتائج مشيراً إلى الميل النفسي القوي عند الأفراد للتخلي عن القابلية للمُحاسبة عند وضعهم تحت أوامر سلطوية. وأوضح أنه كلما زاد التقارب الجسدي بين الأفراد وممثل السلطة، زادت صعوبة تخلي المرء عن القابلية للمحاسبة الشخصية. الانفصال بين التأثير العارض والقابلية للمُحاسبة الأخلاقية شائع في مجال الأعمال والمهن، والهندسة ليست استثناء. مثل هذا الانفصال النفسي يندمج ضمن كثير من الخصائص الشهيرة لممارسة الهندسة المعاصرة.

أولاً: مشروعات الهندسة الكبيرة تتضمن تقسيماً للعمل، فكل شخص يُسهم بجزء صغير في بناء شيء أكبر. كما أن المُنتج النهائي غالباً ما يتم نقله من موقع عمل الفرد الحالي، مما يوجد نوعاً من "البُعد"، الذي عرفه ميلجرام بتقليل المُصغر للقابلية الشخصية للمحاسبة.

ثانياً: البيروقراطية القوية في الشركات الكبرى التي يعمل فيها عدد كبير من المهندسين قد توجد جوا تذوب فيه القابلية الشخصية للمحاسبة في داخل التسلسل الهرمي الكبير.

ثالثاً: غالباً ما يكون هناك اندفاع للانتقال إلى مشروع جديد، قبل أن يتم تشغيل المشروع الجاري مدة كافية لملاحظة آثاره، ومن ثم فقد ينمي ذلك شعوراً بأن المسئولية تتمثل فقط في موافاة المواعيد المحددة.

رابعاً : عدوى المقاضاة عن أخطاء المهنة التي ابتليت بها مهنة الطب قد زحفت إلى مهنة الهندسة. وقد ينتج عن ذلك استغراق كامل في متاهة الإجراءات القانونية، استغراق قد يجعل الفرد يقظاً وحذرا حتى لايصبح مُتورطاً أخلاقياً في شئون أبعد من الدور المؤسسي المُحدد له.

نحن لا نقصد أن نُقلل من الصعوبات الحقيقية الكثيرة، التي تفرضها هذه الشروط على المهندسين الذين ينشدون التصرف كأشخاص قابلين للمُساءلة الأخلاقية في وظائفهم. ولا بدرجة أقل، نتمنى أن نقول: إن المهندسين مُستحقون للوم لجميع الآثار الجانبية الضارة للمشروعات التي يعملون بها، بالرغم من أنهم يتسببون جزئياً في هذه الآثار، من خلال العمل في تلك المشروعات. وهذا سيخلط بين القابلية للمُساءلة والاستحقاق للوم، وكذلك يخلط بين الالتزامات العرضية مع الالتزامات الأخلاقية. ولكننا نذكَر بأن المهندسين الذين يُصادقون على مفهوم الهندسة بوصفها تجربة اجتماعية سيجدون أنه من الأصعب أن يفصلوا أنفسهم والتزاماتهم الشخصية عن عملهم. مثل ذلك الموقف سوف يُعضد من وعيهم بضرورة تعاون المهندسين يومياً في مؤسسة محفوفة بالأخطار، يمارسون فيها مهاراتهم الفنية نحو تحقيق الأهداف التي هم مؤهلون شخصياً لتحقيقها، وقابلون للمُحاسبة عنها أيضاً.

- **قانون بابل للإنشاءات المدنية – 1758 قبل الميلاد**

كان حمورابي، ملكاً لبابل، معنياً بسن القوانين صارماً في مملكته، وقرر أن البناءين في وقته، يجب أن يخضعوا لقوانينه، وعليه فقد أصدر المرسوم الآتي:

"إذا قام بنَّاء بإنشاء منزل لمواطن، ولم يتقن عمله، وانهار المنزل الذي بناه وتسبب في وفاة صاحب المنزل، فيجب أن يتم إعدام ذلك البنَّاء. وإذا تسببت في وفاة ابن صاحب المنزل، فيجب أن يتم إعدام ابن البنَّاء، وإذا تسبب في وفاة عبد صاحب المنزل، يلتزم البناء بتوفير عبد بديل. وإذا نتج عن ذلك تدمير للملكية، فعلى البنَّاء أن يستبدل ما تم تدميره، لأنه لم ينشئ المنزل بطريقة سليمة، مما

تسبب في انهياره، فعليه إعادة بناء المنزل المُنهار من ملكيته الخاصة. إذا قام ببناء منزل لشخص، وكانت به بعض العيوب الإنشائية، فعلى البنَّاء أن يُصحح هذه العيوب على نفقته" [14].

• نظرة متوازنة على الضوابط القانونية لمهنة الهندسة

ماذا يجب أن يكون عليه دور القانون في الهندسة، كما تم عرضه في النموذج الخاص بالتجربة الاجتماعية، فمع مرور الوقت أصبحت التشريعات القانونية التي تنطبق على الهندسة والمهن الأخرى في تزايد مستمر، ومع ذلك نحن نستمر في الاستماع إلى صرخات مثل "يجب أن يكون هناك قانون" كلما حدثت كارثة أو تهديد مصلحة خاصة.

وهذا لا يجب أن يُدهشنا، في الولايات المتحدة نحن نفخر بأنفسنا بصفتنا أمة تعيش وفقاً لقواعد القانون، حتى إننا نعزو معظم قراراتنا في الموضوعات الأخلاقية وفقاً لتفسيراتنا للقوانين. ومع ذلك فكثرة القوانين يُمكن أن تسبب مشكلات فيما يتعلق بتقويم التصرف الأخلاقي عملياً، والمُنوه عنها عادةً بوساطة هؤلاء الذين يفضلون عدم كثرة القوانين المنظمة. على سبيل المثال، إحدى المشكلات الأخلاقية الكبرى في الهندسة، والناشئة من وجود العديد من القواعد المُفصلة بدقة، هو البحث عن أدنى حد للالتزام. ويتجلى ذلك عندما تبحث الشركات أو الأشخاص عن الثغرات في القانون، مع عدم مخالفة صريحة للمعنى الحرفي، حتى عندما يتم خرق روح تلك القوانين. وأيضا قد يجد المهندسون الواقعون تحت ضغوط العمل، أنه من الملائم تبني معايير بمواصفات معدة مسبقا، بديلة للأفكار الأصيلة. هذه العقلية عادة ما تقود إلى تكرار الأخطاء، فتبني الحد الأدنى للالتزام أدى إلى مأساة تايتانيك. لماذا كان من الضروري أن تُزود هذه السفينة بما يكفي من قوارب النجاة لجميع مسافريها وطاقمها، في الوقت الذي لم تكن تتطلب فيه القوانين البريطانية مثل هذا القدر منها، وإن كان المقصود سفناً أصغر؟

على الجانب الآخر، فإن إصلاح الموقف بالتحديث المُستمر للقوانين والتشريعات، من خلال إضافة المزيد من المواصفات، ربما يكون ذا نتيجة عكسية. فقد يعجز القانون تفصيلياً عن مواءمة التغييرات في التكنولوجيا، مسبباً فراغاً قضائياً. وهناك أيضاً خطر تحميل القوانين أكثر مما تحتمل – مثلما عبر عنها روبرت كاتز [15] Robart Katas.

ليس من المُتوقع أن يكون بمقدور صانعي القوانين دائماً مسايرة التطورات التكنولوجية، كما أنه ليس من الضروري أن تكون لدينا رغبة دائمةً في تغيير القوانين عند ظهور كل اختراع جديد. ولكننا في المقابل ندعم وكالات صياغة القوانين والتفتيش، مثل (FDA) Food & Drug administration، وكالة الطيران الفدرالي (FAA) Federal Aviation Agency. وكالة حماية البيئة (EPA) Environment Protection Agency. بالولايات المتحدة الأمريكية، وهذه الوكالات من شأنها سد تلك الفجوة. وبرغم كونها مستقلة، وبرغم عدم انتمائها إلى الجهات القضائية أو التنفيذية التابعة للحكومة، فإن القوانين الخاصة بها تُطبق عملياً، ولها قوة القانون.

وفي قطاع الصناعة، هناك دائماً نزوع إلى الشكوى من أن الوكالات المعنية بإصدار التشريعات دائماً ما تفرض قيوداً عليها بشكل دائم، ولكن على المرء أن يتأمل لماذا قد يكون من الحتمي وجود هذه التشريعات في المقام الأول؟ ولنأخذ على سبيل المثال، قانون لجنة سلامة المنتجات الاستهلاكية الأمريكية الخاص بأسرة الأطفال الذي ينص على أن "المسافة بين المكونات، مثل الأضلاع، والأعمدة، والقضبان، ومُدعمات الأركان، يجب ألا تزيد على 2,375 بوصة بأي حال من الأحوال"، وقد صدر هذا القانون لأن بعض مصنعي أثاث الأطفال قد فشلوا في تجنب أخطار اختناق الأطفال في الأسرة، أو أنهم قد أهملوا في قياس حجم رؤوس الأطفال [16].

مرة أخرى يطرح السؤال نفسه: لماذا يتعين أن تكون التشريعات بمثل هذا التحديد، حينما يمكن أن تكون التعبيرات العريضة ذات مغزى أكبر؟ عندما

حـددت وكالة حمايـة البيئة (EPA) قوانين انبعاث الأسبسـتوس عام 1971، كان هناك إدراك بأن المعايير الرقمية الصـارمة هي أمر من المسـتحيل تحقيقه. على سـبيل المثال، من الصـعب قياس معدل انبعاث أو استنشاق الأسبستوس في مكان العمـل، ولذلـك ومن منطلق العقلانيـة، حددت وكالة حمايـة البيئة مجموعة من مُمارسـات العمل التي من شـأنها أن تُبقي الانبعاث في أقـل درجة ممكنة، وذلك بمُعالجة الاسبستوس بالبخار قبل استخدامه، أو التخلص منه بعناية. وقد طالبت صـناعة البناء بالمزيد من التفصـيلات الإرشـادية. أضـيفت تعديلات في قانون الهواء النظيف، سمحت في نهاية الأمر لوكالة حماية البيئة بإصدار قوانين مُلزمة على ممارسـات العمل، وفيما بعد، تم إشـراك إدارة الحماية التشغيلية والصحة. وفي معظم الأحوال، يمكن القول: إن محاولات المجتمع لإصـدار تشـريعات منظمة قد فشـلت بالفعل، غير أنه من الخطأ وصـف عملية إصدار القوانين واتباعها بغير المُجدية. إن القوانين الصحيحة المطبقة بفاعلية تؤتي ثمارها بصورة واضحة. فهي تُؤسس بصـورة قوية المعايير الدنيا المعقولة للسلوك المهني، كما أنها توفر على أقل تقديـر دافعاً ذاتياً لمعظـم الناس والهيئات للالتزام بها. وعـلاوة على ذلك، فإنها تكون بمثابة دعم قوي وحائط دفاع لهؤلاء الذين يرغبون في العمل بصورة أخلاقية، خلال المواقف التي قد لا يكون فيها السلوك الأخلاقي محل ترحيب كبير.

فحين يكون لدى المهندس القدرة على الاستشـهاد بقانون نافذ، فإنه يشـعر بقدر أكبر من التحرك بمسـؤولية. إن الهندسة بوصـفها تجربةً اجتماعيةً، يمكن أن تزود المهندسـين بالرؤية المناسـبة حول القوانين والتشـريعات، فيما يتعلق بأن القوانين التي تحكم ممارسـات الهندسة لا يتعين أن تُصاغ أو تبنى بوصفها قواعد لعبة، بل بوصفها قواعد تجربة مسؤولة عن سلامة سلوكهم.

• المعايير القياسية في الصناعة

هناك منطقة واحدة تُرحب فيها الصـناعة بالتوصيفات الكثريات تفصيلاً، وهي تعرف بالمعايير القياسـية، فتلك المعايير تُسهل التبادل بين المكونات والأجزاء

المصنعة، كما تُقدم بديلاً جاهزاً لمواصفات التصميم المطولة، ومن ثم تُقلل من تكاليف الإنتاج. تتألف المعايير من مواصفات صريحة تُؤكد خاصية القابلية للتبادل، وتضمن الجودة عندما تُتبع بعناية. وتتعدد الأمثلة، من أحجام إطارات السيارات، ومعدات التحميل، إلى برامج الكمبيوتر. الجدول 3.1 يُدرج تلك المعايير القياسية، ويُعطي الأمثلة اللازمة لتوضيح تطبيقاتها.

جدول1.3 : أنواع المعايير

المعيار	الغرض	الأمثلة
تماثل الخصائص المادية والوظائف	الدقة في القياس، قابلية التبادل، سهولة التعامل	معايير الوزن، أبعاد البراغي، الوقت القياسي، مقاس الفيلم
الأمان والجدارة	منع الإصابات والوفاة وتفادي الخسائر المادية والممتلكات	قواعد الكهرباء المحلية، قواعد المراجل، وسبل معالجة النفايات السامة
جودة المنتج	قيمة عادلة للسعر	درجات خشب الرقائق، حياة المصباح الكهربائي
جودة الموظفين والخدمة	الكفاءة في تنفيذ المهمات	اعتماد المناهج الدراسية، تراخيص مزاولة المهنة
استخدام الإجراءات المجدولة	خطوات التصميم السليم، سهولة الاتصالات	تحديد الرموز، وخطوات إجراء الاختبارات
الحدود الفاصلة	تفادي التدخلات	علامات ممرات الطريق السريع، حزم ترددات الراديو
إجراءات الجودة المعتمدة من ISO منظمة المعايير الدولية	تأكيد قبول المنتج في الدول الأعضاء	جودة المنتجات، العمل، الشهادات، والدرجات العلمية

المعايير لا تساعد المُصنعين فحسب، بل تُفيد العملاء والجمهور. فهي تُحافظ على بعض التنافسية في الصناعة، بتقليل التأثير المبالغ فيه للعلامة التجارية، وإعطاء المُصنع الأصغر فرصة للتنافس، فهي تضع معياراً للجودة، ولذلك فهي تجعل القرارات التجارية أكثر واقعية. أصبحت المعايير الدولية ضرورة في

التجـارة الأوروبية والعالميـة. على هذا الدرب قامت منظمـة المعايير الدولية أيزو ISO، باسـتبدال قائمة إجراءات يتعهد المُصنع أن يُنفذها تأكيداً لجودة المنتجات بالمواصفات المحلية المنفصلة للدول.

مثلت المعايير عوائق في أوقات مضت، ولسنوات عديدة، فقد كانت في الأغلب وصـفية، على سـبيل المثال، كم عدد الوصـلات وبأي حجم تلزم لتُدعيم نوع معين من الأرضـيات. من الواضـح أن مثل هذه المعايير لا تشـجع الابتكار المحدود. غير أن اسـتعمال معايير الأداء التي قد تحدد في حالة الأرضية القدرة المطلوبة لتحمل الثقـل فقـط قد خففـت إلى حد ما من هـذه المشـكلة. ولكن صـعوبات أخرى قد تنشـأ عندما ينجح أصحاب المصـالح الخاصة (مثل المُصنعين، واتحاد التجارة، والمسـتوردين، والمصدرين) في فرض تعديلات غير ضـرورية على المعايير لتأمين اهتماماتهم الشخصـية المحدودة. فاشتراط اسـتعمال الأنابيب المعدنية لاحتواء الأسـلاك المنزلية هو أحـد الأمثلة لتلك المشـكلات. وبرغم أن أغلفة الموصـلات الحديثـة اسـتبعدت الحاجة للأنابيـب المعدنية في تطبيقات عدة، فـإن كثيراً من الإدارات الهندسـية المحليـة مازالت تطلبهـا، حيث إن اسـتخدامها يزيد من بيع الأنابيب المعدنية، ومن عدد فنيي الكهرباء اللازمين للتركيبات.

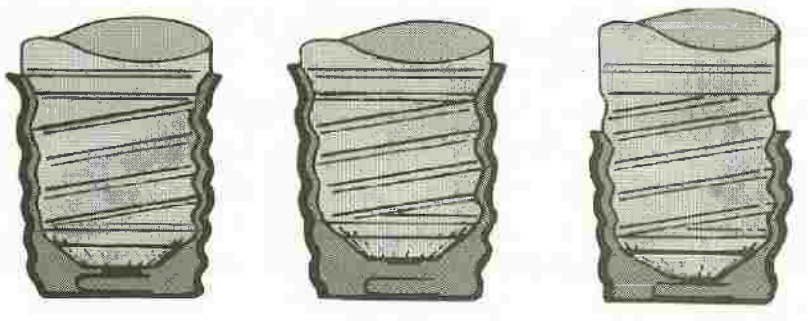
هنـاك معايير في الوقت الحاضـر لكل شـيء تقريباً. يبـدو أن الجمهور يثق في معايـير الكهربائيـة الأهليـة National electrical code. في كل ما يتعلق بتوزيع الطاقة وشـبكة الأسـلاك، ولكن كم عدد الناس الذين يُدركون أن هذه المعايير تم إصدارها من قبل الجمعية الأهلية للحماية من الحرائق National fire protection association، وكانت موجهة سـابقاً إلى أخطار الحريـق؟ ولكنها بدأت مؤخراً في إضـافة الصـدمات الكهربائية إلى القائمة. ربما يعرف عدد قليل من المستهلكين أن ختم ضـمان المعامل الشهير الموجود على الكبل الصـغير للأدوات الكهربائية، يشمل الكبل فقط، ولا يشمل الجهاز المتصل به. وفي وضع مُماثل، رموز الترخيص المنقوشـة علـى مقبض جهاز ما قد تشـير فقـط إلى المقبض، أو ربما تُشـير إلى

تصـميم المظهر الخارجـي للمقبض. ونسـتخلص من ذلـك أن المظهر الخارجي للمنتج قد يكون مخادعا، في كثير من الأحيان.

منـذ أعوام مضـت، عندما كانـت الشـركات الأجنبية المتنافسـة تُحاول أن تحتكر سـوق أمريـكا الجنوبية للأدوات الكهربائية والمنزلية، اسـتحدثت شـركة مُصنعة فكرة لامعة، فقد زودت المصابيح الكهربائية بقواعد أطول من المتداول في السـوق، بالإضافة للأسـلاك. ويتلاءم هذا التصميم مع المقابس العميقة للشركة المنتجة، وأيضـا المقابس القصـرى لمصابيح الشـركات المنافسة. وعلى النقيض، فالقواعد القصيرة من إنتاج المنافسين لن تتلاءم مع المقابس العميقة

للشركة المذكورة، (انظر الرسم 3-1)، ومع ذلك كان المستهلك غير المتشكك يـرى أن جميع المصـابيح الزجاجيـة، والمقابس، والقواعد الخاصـة بها، ما زالت تحتفظ بنفس الشكل.

في بعض الأحيان، يظل تصـميمٌ معين في الواجهة مدة كافية، حتى يصـبح هو المعيار. وغالباً ما يكون المُسـتهلك في وضـع غير مفضـل، عنـد ظهور منتجات حديثة في السـوق، فهو لا يعرف كيف سـيكون أداء هذا المنتـج على المدى الطويل، كما يساوره الشك حول مدى بقائه حديثا، وأنه لن يصير عتيقاً قبل الأوان، أو ربما يكون غير قابل للإصلاح.



قصة الأجزاء الزجاجية من المصانع الكهربائية (أ) قاعدة طويلة ، مقبس عميق تلامس راسخ (ب) قاعدة قصيرة ، مقبس عميق ، تلامس راسخ (ج) قاعدة طويلة ، مقبس ضحل.

• موضوعات للمناقشة

1 - عذر شائع لتنفيذ مشروعات محل تساؤل أخلاقي، "إذا لم أقم بها فغيري سيفعل"، هذا المنطق قد يكون مغُرياً للمهندسين الذين يكونون في هذا الوضع، فإنه قد يكون أحد غيرهم مستعدًا للحلول مكانهم في مشروع ما. هل ترى ذلك عذراً شرعياً مقبولاً للاشتراك في مشروعات قد يمكن أن تكون غير أخلاقية - في إجابتك، علق على مفهوم التصرف المسئول الذي تم تأسيسه في هذا القسم.

2 - جملة أخرى شائعة الاستخدام "أنا لست إلا موظفاً هنا"، وهي تتضمن أن الفرد ليس قابلاً للمُحاسبة شخصياً عن تصرفات الشركة، حيث إنه لا يصوغ قوانينها، كما تقترح أيضاً أن يُقيد نطاق مسئولياته بروابط محددة في تلك القوانين. اشرح المعاني المُحتملة لهذه الجُملة في ضوء المناقشات في هذا القسم، وخاصة عندما تصدر عن المهندسين.

3 - ليست التهديدات لمعنى المسئولية الشخصية غير متوقعة، ولا أكثر حدة للمهندسين عن كونها كذلك للآخرين المُشتغلين بالهندسة ومنتجاتها. والسبب عموماً هو أن قابلية الجمهور للمحاسبة تنخفض مع ازدياد التفصيل الدقيق للأدوار المهنية. مع وضع هذا في الاعتبار، انقد كل الملاحظات المدرجة في الحوار الآتي، مبيناً: هل الملاحظة صحيحة، أو صحيحة جزئياً؟ وما الذي نحتاج لإضافته لجعلها دقيقة.

المهندس: مسئوليتي هي تسلم التوجيهات وإيجاد منتجات بالمواصفات الموضُوعة من الآخرين. القرار حول ما هو المنتج الذي سنُقدمه ومواصفاته العامة هو قرار اقتصادي في طبيعته وهو مهمة الإدارة.

العالم: مسئوليتي هي اكتساب المعرفة. كيف يتم تطبيقها هو قرار اقتصادي تقوم به الإدارة. أو هو قرار سياسي يقوم به الأفراد المُنتخبون في الحكومة.

المدير: مسئوليتي المجردة هي توفير الأرباح لحملة الأسهم.

حملة الأسهم: استثمرت أموالي بغرض جني الأرباح. إنه من تخصص المديرين اتخاذ القرارات حول الإدارة والتوجيه للتطور التكنولوجي.

المستهلك: مسئوولتي هي تجاه عائلتي. الحكومة عليها أن تتأكد من أن الشركات لا تؤذيني بمنتجات خطيرة، أو بالآثار الجانبية السيئة للتكنولوجيا، أو بادعاءات غير نزيهة.

موظف الحكومة: بالتقديرات الحالية خنقت الحكومة الاقتصاد بالتشريعات الزائدة للأعمال. وبالتبعية، الآن بصفتي الوظيفية، وخاصةً في وجود تقليص لمخصصات الموازنة الممنوحة، يجب أن أتراجع عن فكرة أن الأعمال التجارية يجب أن تكون مقننة، وأحث الشركات على تولي المسئولية العامة بدرجة أكبر.

4 - في عام 1975، رفعت مؤسسة هايدروليفيل Hydrolevel Corporation شكوى ضد الجمعية الأمريكية لمهندسي الميكانيكا (ASME)، مُتهمة اثنين متطوعين من خلال ASME، تصرفا على أنهما وكيل لها، بأنهما تعاونا لتفسير قسم من القواعد الخاصة بمراحل الضغط، بطريقة جعلت منتجات مؤسسة هايدروليفيل لا تستطيع المنافسة مع الأجهزة المنتجة من الشركة التي يعمل بها المتطوعان. في مايو 1982، المحكمة العليا أيدت محكمة الدرجة الأولى التي وجدت أن ASME مُذنبة بإهمال احتياطات الحذر، ومخالفة قانون منع الاحتكار (Antitrust)، وفتحت الطريق لتعويضات باهظة للأضرار - منحت محكمة المقاطعة تعويضاً قدره 7,5 مليون دولار، والذي وُجد أنه مغالى فيه من قبل محكمة الاستئناف، وخفضت هذا التعويض فيما بعد إلى مبلغ 4,74 مليون دولار، متضمنة أتعاب المحاماة. في مذكرته، بالنيابة عن الأغلبية، كتب القاضي هارى بلاكمون:

"عندما تصرف وكلاء ASME باسمها، كانت لديهم القدرة على التأثير في حياة عدد من الناس والمُنافسين الصناعيين في البلد، وباعتبارASME مسئولة قانونياً، وفقاً لقانون منع الاحتكار، الذي تم خرقه من قبل وكلائها، وكما نُدرك الدور المهم لجمعية ASME ووكلائها في الاقتصاد، فنحن نؤكد أن المنظمات التي تسهم في وضع المعايير القياسية يتوقع منها أن تتصرف بعناية واهتمام عندما تسمح لوكلائها بالتحدث نيابة عنها".

تعرف على تفاصيل هذه الحالة وناقشها كتوضيح لسوء الاستخدام المُمكن للمعايير، [18].

5 - عدم تلاؤم المصدات: هل يجب أن يحكمها قانون ما؟ ماذا يحدث لو اصطدمت سيارة ركاب بمؤخرة سيارة نقل أو سيارة رياضية؟ في معظم الأحيان تكون المصدات على ارتفاعات مختلفة باختلاف السيارة مما يؤدي إلى تكاليف إصلاح باهظة حتى عند أخف وأبسط اصطدام. ومع السرعة العالية تنخفض مُقدمة السيارة مع شدة الفرامل، لدرجة أن ركاب السيارة المكشوفة، قد تُقطع رؤوسهم عند الاصطدام بمؤخرة سيارة نقل، بسبب عدم توافق المصدات. وقد تعرف العاملون في شركة فولفو على هذه المشكلة منذ وقت طويل، ورأينا أن سياراتهم الناقلة ما تكون عادة مصداتها الخلفية والأمامية مُنخفضة. ناقش كيف يُمكن حث شركات السيارات الأخرى التي تُصنع وتبيع سيارات النقل الثقيل، والسيارات المرتفعة، مثل سيارات الدفع الرباعي، على اتباع خطوات شركة فولفو، وهل يجب إلحاق تحديثات بالسيارات القديمة وتزويدها بمصدات أكثر انخفاضاً؟ وهل يجب استصدار قانون لذلك، لأن الشركات الصناعية لن تعمل على هذا التعديل من تلقاء نفسها؟

6 - إذا طلب منك أحد سن قوانين أخلاقية للمهندسين، بدلالة المعلومات الموضحة في الجدول 1.3، فما هي القوانين التي ستضعها؟

3 - حادثة تحطم مكوك الفضاء تشالنجر

قبل بضعة أشهر من تدمير المكوك الفضائي تشالنجر، كتب مؤرخ ناسا (NASA)، الكس رولاند Alex Roland، في تعليق نقدي عن برنامج المكوك ما يلي:

لقد راهن دافعو الضرائب الأمريكيون بمبلغ 14 مليون دولار على المكوك الفضائي، وراهنت ناسا على سمعتها، في حين راهن الدفاع الجوي وراهن رواد الفضاء بأرواحهم. لقد جازفنا جميعاً.

عندما حط جون يونج John Young وروبرت كريبن Robert Crippen قدميهما على متن المركبة كولومبيا، في الثاني عشر من إبريل عام 1981 في أول إطلاق للمكوك، خاطرا أخطارة أكبر من أي رائد فضاء سبقهم. لم يُطلب من الشعب الأمريكي من قبل حضور الإطلاق الأول لأي مركبة، ولم يسبق لرواد الفضاء ركوب صواريخ دافعة، ولم يعتمد الأمريكيون من قبل على مُحرك لم يسبق اختباره.

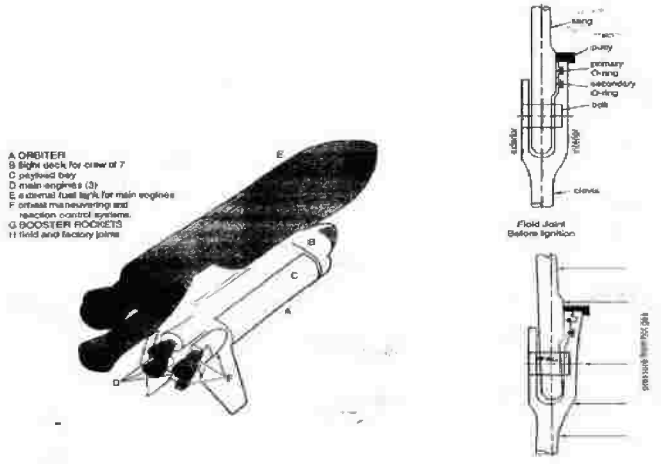
وُجه معظم نقد اليكس رولاند نحو الأوجه الاقتصادية والسياسية لبرنامج المركبة الذي كان من المفترض أن تكون عملية توجيهه ذاتية، و لم تعط أي دلالة على وصولها لهذا الهدف [19]. أصبح البرنامج ضحية للتمويل المتقطع والمسيس، عاماً بعد عام، لعدم وجود دعم من الشعب لمساندته.

إن المركبات الفضائية كولومبيا وشقيقاتها تشالنجر، وديسكوفري، واندیفور، عبارة عن مركبات ذات جناح مثلث الشكل (دلتاDelta-wing)، تسع حمولة ضخمة. منذ البداية كان يجب الاستغناء عن التصميمات الملساء لإرضاء متطلبات الدفاع الجوي الأمريكي، عندما كان المطلوب من الدفاع الجوي استخدام مركبات ناسا بدلا من مركباتهم الفضائية المُستهلكة، لإطلاق الأقمار الصناعية ضمن مهام أخرى، كما هو موضح في الشكل 2-3، فإن لكل مركبة ثلاثة محركات رئيسة يتم تزويدها بالوقود بملايين الباوندات من الهيدروجين السائل، ويُحمل الوقود في خزان خارجي منفصل وضخم، ويتم التخلي عنه عندما يفرغ. يتم

تشغيل المحركات الرئيسة لمدة ثماني دقائق ونصف عند الإقلاع، بالرغم من أنه في أول دقيقتين من الانطلاق يتم مد معظم قوة دفع المركبة من خلال صاروخي تعزيز يستخدمان الوقود الصلب، كل منهما يحرق مليون باوند من خليط الألمونيوم وكلوريد البوتاسيوم، وأكسيد الحديد. ويبلغ طول جسم الصاروخ حوالي 150 قدم، وقطره 12 قدم، ويتكون من أربعة مقاطع أسطوانية يتم تجميعها في موقع الإطلاق بأزواج من الحلقات المصنوعة من المطاط المعالج (O-ring).

كانت رحلات المكوك الفضائي ناجحة، رغم عدم كثرتها، كما كان متوقعاً. وحاولت ناسا أن تسوق برنامج المكوك، بوصفه نظاماً ذاتي التشغيل، يمكن أن يغطي تكاليفه. وقد اقترح بعض المسئولين في حكومة ريجان أن هذه العمليات ممكن تحويلها لخطوط جوية. ورأى مهندسو الفضاء المشاركون عن قرب في التصميم، والتصنيع، والتجميع، والاختبار، وتشغيل المكوك، أن هذه العمليات قد تصنف ضمن العمليات التجريبية، في العام 1986.

كان هؤلاء المهندسون موظفين في شركات صناعية مثل روكويل الدولية Rockwell (تصنيع المكوك وماكينات الدفع الرئيسة)، ومورتون ثيوكول Morton-Thiokol (تصنيع صواريخ التعزيز)، أو كانوا موظفين في أحد مراكز ناسا: مركز مارشال للتحليق الفضائي بولاية الاباما Marshall Space Flight Center (مسئولة عن نظام الدفع)، ومركز كيندي الفضائي بولاية فلوريدا Kennedy Florida (Space Center، Cape Kennedy-مسئولة عن عمليات الإقلاع)، ومركز جونسون الفضائي بولاية تكساس Johnson Space Center-Houston – Texas (التحكم في التحليق)، ومكتب كبير المهندسين بواشنطن Office of the Chief Engineer- Washington (مسئولة عن السلامة بوجه عام ضمن مهام أخرى).



رسم 3-2
المكوك الفضائي تشالنجر

أخيراً، وبعد عدة تأجيلات مُخجلة، قامت أول رحلة للمكوك تشالنجر يوم الثلاثاء الموافق 28 يناير 1986. ولكن ممثل شركة مورتون ثيوكول في كيب كيندي، الآن ماكدونالد Allan McDonald كان قلقاً من درجة الحرارة شديدة الانخفاض، والمتوقعة لهذه الليلة. وبما أنه مدير الشركة لمشروع صواريخ التعزيز الصلبة، عرف الصعوبات التي واجهوها مع الوصلات ذات الحلقات المطاطية، في عملية إطلاق سابقة خلال طقس بارد، يعد معتدلاً بالمقارنة مع الطقس المُتوقع لتلك الليلة، لذا فقد رتب لإدارة مؤتمر هاتفي مع مهندسي ناسا للتشاور مع مهندسي مورتون ثيوكول في ولاية يوتاه.

قام خبيرا العازل الحلقي المطاطي أرنولد تومسون Arnold Thompson وروجر بويسجولي Roger Boisjoly، من شركة مورتون ثيوكول Morton - Thiokol، بالشرح لزملائهم، ومديريهم، وأيضاً لممثلي ناسا، أنه عند الإقلاع تنتفخ حوائط صاروخ التعزيز، وأن الغازات المُحترقة قد تُفجر إحدى أو كل الحلقات المطاطية، التي تُكون المفاصل الميدانية (انظر شكل 3-2) وقد تتمدد هذه الحلقات كما تم ملاحظته في عدة رحلات سابقة. وتتفاقم المشكلة أكثر مع زيادة برودة الجو، لأن الحلقات وتغليف المعجون يصبحا أقل مرونة، غير أن الاهتمام كان قليلاً، واقتصر على مراجعة تاريخ الحلقات

التي دمرتها الحرارة. وتم مقارنة دور الحرارة في الرحلات السابقة، حيث لوحظ تشوه في الحلقات (انظر شكل3-3)، وليس نسبة تكرارها على مستوى جميع الرحلات. لكن عند وضع جميع الرحلات في الاعتبار، متضمنين الرحلات الطبيعية التي لم يحدث بها تآكل أو تعرية، فإن المقارنة تختلف (انظر شكل 3-4). إن اعتبار السجل الكامل لدرجات الحرارة عند الإقلاع مؤشراً على احتمالية ضيق الحلقات، يمكن أن يثبت يقيناً إذا كانت درجة حرارة المفاصل الميدانية أقل من 65 درجة فهرنهايت، [20].

لوكان الرسم المصور في شكل 3-4، وأدلة أداء أخرى (مثل شكل 3-5) مُتاحين خلال ذلك الاجتماع لكان من الأوضح للإدارة العليا أن ترى مشكلة الحلقات بشكل أفضل، ولكن تم اختصار جميع المداولات بسبب دنو موعد الإطلاق؟

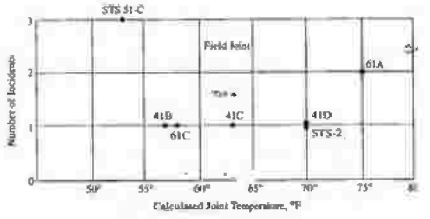
اتفق مُديرا المهندسين بوب لوند Bob Lund (نائب المدير للهندسة) وجو كلمنستر Joe Kliminster (نائب المدير لصواريخ التعزيز) على وجود مشكلة في معايير الأمان، وكان فريق العمل من مركز مارشال لطيران الفضاء Marshall Space Flight Center كثير الشك، لأن المواصفات المطلوبة لتشغيل الوقود الصلب قبل الاحتراق هي درجة حرارة ما بين 40 و90 درجة فهرنهايت وقد يسمح البعض بدرجات حرارة أعلى أو أقل، و مع ذلك فإن شهادة بويسجولي وتوصياته نصت على أنه لا يجب الإقلاع في درجات حرارة أقل من 53 درجة فهرنهايت، وكان من الواضح عليهم حينها، عدم الرغبة في تحمل أي تأجيل آخر.

كان كبار المديرين التنفيذيين، من شركة مورتون ثيوكول، حاضرين هذا الاجتماع أيضاً، ولكن اهتمامهم كان منصباً على صورة الشركة، حيث إنهم كانوا في وسط مفاوضات حول تجديد عقد صواريخ التعزيز مع ناسا.

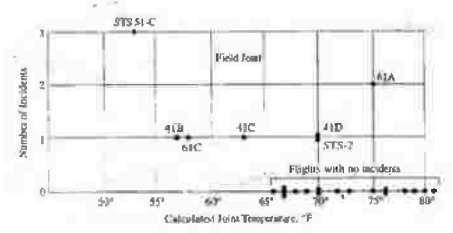
توجه نائب رئيس الشركة جيري ميسون Jerry Mason خلال استراحة في الاجتماع إلى بوب لوند، وطلب منه أن يخلع قُبعة المهندس، ويضع قبعة المدير. جاء بعد ذلك القرار الرسمي للشركة، بأنه لم يتم إثبات عدم أمان الحلقات

خلال تصـويت تضمن المديرين فقط، ولم يُعط وزن كاف لرأي المهندسين في تلك المسألة. رفض آلان ماكدونالد وضع توقيعه على التوصيات الرسمية للإقلاع، ولكن جو كلمنستر كان مضطراً لذلك.

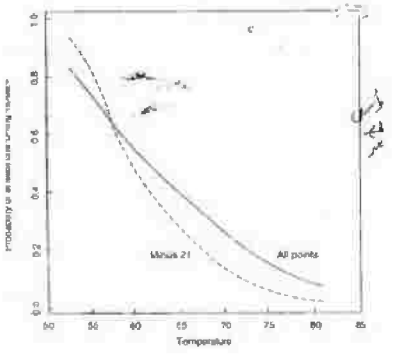
تحكي التقارير التي صـدرت عن كارثة المكوك الفضائي تشالنجر عن صباح ذلك الثلاثاء البارد، وكيف اضـطرت سفن الإنقاذ أن تلجأ للسواحل، بسبب تقلب البحر والثلوج، التي غطت موقع الإقلاع، والاهتمام الذي أظهره مهندسـو شـركة روكويل بالثلج الذي قد يتحطم ويصطدم بالمركبة أو بغلاف الصاروخ، [21].



رسم 3-3
المصدر: (*Rogers Commission Report*, Report of the Presidential Commission on the Space Shuttle *Challenger* Accident [Washington, DC: U.S. Government *Printing Office*, 1995])



رسم 3-4
المصدر: (*Rogers Commission Report*, Report of the Presidential Commission on the Space Shuttle *Challenger* Accident [Washington, DC: U.S. Government *Printing Office*, 1995])



رسم 3-5
المصدر: (Siddharta R. Dalal, Edward B. Fowlkes, and Bruce Hoadley, " Risk Analysis of the Space Shuttle: Pre- Challenger Prediction of Failure, " Journal of the American Statistical (Association 84, [December 1989], pp.945-57.

أخذت ناسا عجز مهندسي شركة روكويل عن إثبات عدم أمان الإقلاع على أنه تصديق على إقلاع المكوك من شركة روكويل.

انتهى العد التنازلي الساعة 11 والدقيقة 28 من صباح ذلك اليوم، وفي هذا الوقت وصلت درجة الحرارة إلى 36 درجة فهرنهايت، في حين سجلت الكاميرات عندما كانت الصواريخ التي تحمل المكوك تشالنجر تصعد إلى الفضاء، أنفاثاً من الدخان تنبعث عن إحدى المفاصل الميدانية من صاروخ التعزيز الأيمن، وسرعانً ما تحولت إلى لهب وصل إلى خزان الوقود الخارجي، والدعامة المُمسكة بصاروخ التعزيز. أمسكت النيران بالهيدروجين الموجود بخزان الوقود، وانكسر صاروخ التعزيز الذي حطم جناح المكوك تشالنجر، ومن ثم خزان الوقود الخارجي. بعد 76 ثانية من بداية الرحلة وبعد أن وصل المكوك، وصواريخه إلى ارتفاع 50 ألف قدم، كان قد غُمر تماماً في كرة من اللهب. انفصلت كابينة الطاقم وسقطت في المحيط حيث لقوا جميعاً مصرعهم: قائد المهمة فرانسيس سكوبي Francis Scobee، والطيار مايكل سميث Michael Smith. وأخصائيو المهمة جريجوري جارفيس Gregory Jarvis، ورونالد ماكنير Ronald McNair، واليسون انيزوكا Ellison Onizuka. وجوديث ريسنيك Judith Resnick. و"المعلمة في الفضاء" كريستا ماك اوليف Christa MacOuliffe.

كان من المُقرر للرئيس ريجان أن يُلقي خطابه عن حالة الاتحاد في وقت لاحق من ذلك اليوم، غير أنه اضطر لتغيير عباراته المُجهزة مسبقاً عن رحلة المكوك وأول راكب مدني على متنه.

• اعتبارات السلامة

بخلاف الصواريخ ذات المراحل الثلاث التي حملت رواد الفضاء للقمر، كان مكوك الفضاء مرتبطاً باشتعال متزامن لجميع الوقود المحمول على ظهر المكوك، وقد يتسبب أي انفجار مُقارب للأرض في تأثيرات فاجعة. لم يكن متاحاً للطاقم

أي ميكنة تُساعدهم على الهروب، بالرغم من أن ماكدونل دوجلاس صمم وحدة انفصال متصلاً بها دافع خاص، لكن تم رفض عرضه. كان من المُمكن أن تسمح بفصل المكوك إذا أُثير أي تسريب في إحدى المفاصل الميدانية، لكن تم رفض معيار الأمان ذلك على أساس أنه مرتفع التكلفة، بناءً على خطة لتقليل التكاليف. لماذا لم يتم التركيز على مثل هذا المعيار من الأمان، وسط العمل بهذه القيود؟ أولاً، يجب أن نضع في الاعتبار أن برنامج المكوك كان في طور التجريب والبحث. ثانياً، من الواضح أن أفراد الطاقم كانوا على علم بأنهم سيُواجهون مُهمات خطرة، ولكن تم اكتشاف أن رواد الفضاء لم يكونوا على علم بتفاصيل المشكلات، مثل مشكلة المفاصل الميدانية، ولم يتم أخذ موافقتهم على الانطلاق تحت هذه الظروف، التي أقر المهندسون المحنكون بأنها غير آمنة.

أظهر أسلوب ناسا في تقييم جدارة النظام، الخلفية وراء الموقف المتعجرف تجاه معايير الأمان. فقد بينت، على سبيل المثال، أغلفة صواريخ التعزيز التي استرجعت، بأن كثيرًا من المفاصل الميدانية قد دُمرت في كثير من الرحلات السابقة. تحولت التنازلات الضرورية لإتمام الإقلاع إلى مُجرد إيماءات. أصدر ريتشارد فيمان Richard Feyman العضو في اللجنة الرئاسية (والتي سُميت لجنة روجر فيما بعد نسبة إلى رئيسها)، التي باشرت التحقيق في هذه القضية الملاحظات الآتية :

"لقد قرأت كل تقارير ناسا عن استعدادات الرحلات وكيف أنهم تفاخروا بقدرتهم على الإقلاع بالرغم من وجود خدش في العازل الحلقي، أو ريشة مصدوعة في مضخة أحد المحركات، ويكون قرارهم بالموافقة على الإقلاع. ثم تُحلق المركبة ولا يحدث شيء، فيتم الاستنتاج بأن الأخطار ليست بجسيمة، لذا يمُكننا تقليل معاييرنا في الرحلة المقبلة، لأننا استطعنا أن ننجو بفعلتنا في المرة السابقة... إنها أشبه بلعبة المقامرة (الروليت) الروسية، [22]."

نسبة فشل صواريخ التعزيز ذات الوقود الصلب منذ أوائل الأيام - عندما كانت رحلات الفضاء لا تتضمن وجود رواد فضاء - كانت لا تتعدى أربعة في المائة. اعتقد فينمان أنه مع زيادة التطوير على مر السنين، قد تصل النسبة المنطقية إلى واحد أو اثنين في المائة، ولكن تقدير ناسا كان فشل واحد لكل 100 ألف انطلاقة.

ورداً على هذا الشك أجاب كبير المهندسين في ناسا ميلتون سيلفيرا Milton Silveria بأنهم لايستخدمون هذا الإحصاء بوصفه أداة إدارية، بل هم على دراية بأن احتمال الفشل دائماً قائم، [23] وأن هذه الإحصاءات تُستخدم لتحليل الأخطار الذي يحتاجُه قسم الطاقة ليُؤكد للجميع أنه من الأمان استخدام مُفاعلات نووية صغيرة كمصادر للطاقة لاستطلاعات أعماق الفضاء، وأن يتم حملها على متن المكوك الفضائي. وكما حسمه الحظ، لم يكن مُقدراً للمكوك تشالنجر أن يحمل على متنه 47.6 باوند من البلوتنيوم238- القاتل حتى مُهمته الآتية مع مركبة الاستكشاف جاليليو على متنه، [24].

كان أيضا من اهتمامات اللجنة عدم استعداد ناسا لتلافي الطقس الخطر، فقد كان رائد الفضاء جون يونج John Young عندما كان يعمل مراقباً للطقس في شدة الحيرة لأنه وجد تحذيراته بتأجيل الإقلاع قد تم تجاهلها عدة مرات. ولم تتغير الأمور كثيرا، حيث إنه في 26 مارس 1986 تجاهلت ناسا أجهزة التحكم الخاصة بالعواصف الكهربية، وأطلقت قمراً صناعياً خاصاً بالبحرية الأمريكية مع صاروخ أطلس سينتور، وُدمر النظام الذي كلف 160 مليون دولار عندما انحرف الصاروخ خارج مداره، عندما صُعق بالبرق، وتم تركيب أجهزة مراقبة العواصف بعد أن كادت وحدة قيادة أبوللو أن تُلغي رحلتها للقمر قبل ذلك بـ18 عاماً، بسبب ظروف العواصف. قد يكون الطقس مسئولاً جزئياً عن كارثة المكوك، لأن موجة الرياح القوية ساهمت في تمزيق الأربطة الضعيفة، [25].

كان رواد الفضاء المُحنكون في حيرة من قرار ناسا الإداري، للهبوط في كيب كيندي كُلما حانت الفُرصة، رغماً عن ظروف الهبوط المُتقلبة هناك، متضمناً ذلك

الرياح المتعاكسة والطقس المتغير. قاعدة إدوارد للقوات الجوية في كاليفورنيا هي البديل الأفضل للهبوط، لكنه يتطلب على المكوك امتطاء طائرة بوينج747 في رحلة العودة إلى فلوريدا، وهذا بدوره يكلف كثيرا من الوقت والمال.

في عام 1982، أجرى ألبرت فلورس دراسة على شئون الأمان في مركز جونسون للفضاء، ووجد أن مهندسي المركز شديدو الالتزام بمعايير الأمان في كل نواحي التصميم، ولكن عندما سألهم عن كيفية تمكن المديرين أن يُحسنوا الوعي بالأمان، كان هناك بعض الاقتراحات الصلبة وسط الكثير من التعليقات عن تجاهل شئون الأمان أو التأثير السلبي من ناحية الإدارة. علق أحد المهندسين قائلا: إن قدراً بسيطاً من الجُهود المهنية نحو معايير الأمان، والمساندة من الإدارة العُليا قد يكون له تأثير كبير في تحسين معايير الأمان بأقل التكاليف، [26]. وهذا بدوره يُشير إلى أهمية الإدارة في بناء حس عال بالمسئولية نحو الأمان أولاً والالتزام بالمواعيد ثانياً.

إن المفاصل الميدانية للمكوك الفضائي تُصنف تحت بند "حالات حرجة - درجة أولى" أي أن هذا التصنيف غير مُصاحب بدعم، إذاً فأي مفصل ميداني به تسريب قد يُؤدي إلى فشل المهمة وخسائر في الأرواح. وهناك 700 جزء آخر تحت نفس التصنيف في المكوك الفضائي. أي مشكلة في أحد هذه الأجزاء سبب كاف لعمل التعديلات قبل إطلاق المزيد من سفن الفضاء، والعمل على تحسين الأنظمة بها. تم تطوير تصميمات الحلقات ولكن الصواريخ الحديثة لن تكون جاهزة في الوقت الحالي، وإلى ذلك الحين كان يجب الرجوع إلى استخدام صواريخ التعزيز القديمة.

كان الاهتمام الشخصي لروجر بيوسيولي، في شركة مورتون ثيوكول قد انحصر بعد حادثة طائرة DC-10 وتحطُمها فوق باريس، فقد أوضح له ذلك الحادث كيف أنه من الممكن تجاهل العيوب في مُنظمة مُعقدة. ولهذا السبب بدأ

في كتابة مُذكراته التي رصدت جميع الأحداث المُصاحبة للحلقات [27]، لكنه لم يشعر أن لديه الدعم المهني الذي يسمح له بتجاوز مُنظمته و التوجه مباشرة لرواد الفضاء.

تعد القضايا الأخلاقية في قضية تشالنجر مُشابهة لقضايا أخرى من عدة نواح. إن الاهتمام بمعايير الأمان أعطى مجالاً للتظاهر النظامي. لم تتجاوز إشارات الخطر في قضية تشالنجر، حدود شركة مورتون ثيوكول أو مركز مارشال الفضائي، ولم يتم تأسيس أي مراجعة فاعلة. ظهرت أصوات بعض المهندسين الذين أبدوا اهتماماً، لكنهم وجدوا في النهاية أنهم يجب أن ينصاعوا للأوامر الإدارية.

هناك نقطة مهمة في قضية تشالنجر، وهي المؤتمر الهاتفي الذي نظمه آلان ماكدونالد من موقع إطلاق المكوك، لكي يُناقش مع المهندسين المُحنكين مشكلة الحلقات من وجهة نظر تقنية، لم يتضمن هذا المؤتمر الذي غلب عليه جو من التوتر مناقشات مطولة عن الأخلاق، لكنه أظهر الفضائل (أو الافتقار لها) التي تسمح بالتمييز بين الأفعال الصحيحة والخطأ.

وُصف هذا الأسلوب من قبل أحد مهندسي الفضاء بالغطرسة، "تحديداً الغطرسة التي تحث صانعي القرار في المستويات العليا بالتظاهر بأنه لايجب على عوامل أخرى غير حُكم المهندسين التأثير في قرارات سلامة الطيران، والأكثر أهمية من ذلك الغطرسة التي تُبرر رفض حكم المهندسين الشديدي الاحتكاك بواقع المشكلة مقارنة بهؤلاء الذين لا تتجاوز خبراتهم السذاجة والسطحية، [28]." ومن ضمن ذلك بالتأكيد غطرسة هؤلاء الذين عكسوا شعار ناسا من "لا تُحلق بالمركبة إذا لم يثبت أمانها" إلى "حلق بالمركبة إذا لم يتم إثبات عدم أمانها." نزل بعض من نواب رئيس شركة مورتون ثيوكول في درجاتهم الوظيفية في حين احتفظ المُهندسون الذين أعلنوا آراءهم في المؤتمر الهاتفي قبل الإقلاع وقبل

لجنة روجر بوظائفهم في الشركة بسبب ضغط الجلسة، لأن وظائفهم ذات طبيعة صورية. ألقى روجر بيسيولي خطاباً على طلبة الهندسة في معهد مساشوستس للتقنية، بعد عام من كارثة المكوك، حيث قال: "إن سألني أحد عما إذا كنت على استعداد للشهادة مجدداً، وعما إذا كنت أعرف مسبقاً العواقب المُمكنة لي ولمستقبلي الوظيفي، جوابي سيكون نعم دائماً وفوراً، لا أستطيع العيش بأي طريقة من احترام الذات إذا قُمت بتعديل أفعالي لتفادي العواقب الشخصية المُمكنة التي قد تنتج عن ممارساتي المهنية الشرفية، [29]."

لدى ناسا اليوم سياسة تسمح للعاملين بقطاع الفضاء المهتمين بأن يقوموا بالإبلاغ، وهم مجهولو الهوية إلى معهد باتل التذكاري في مدينة كولومبس بولاية أوهايو (Batelle Momerial Institute)، لكن اختلاف وجهات النظر المفتوح لا يزال يتضمن الكثير من المضايقات لأعوام كثيرة.

- **موضوعات للمناقشة**

1. قام رئيس اللجنة روجر بسؤال بوب لوند "لماذا غيرت قرارك (بأن الحلقات لن تتحمل) عندما غيرت قبعاتك؟" ما الذي يقوم بتحفيزك بصفتك مدير درجة وسطى لتُساير الإدارة العُليا بأن "تخلع قبعة المهندس وتضع قبعة المدير؟" تطبيقاً لنموذج "الهندسة بوصفها تجريباً اجتماعيًّا"، ما الذي قد يفعله المُجرب المسئول استجابة لهذا السؤال؟
2. تحت أي ظرف قد تقول: إنه من الأمان إطلاق مكوك فضائي ليس به نظام طوارئ لهروب الطاقم؟
3. ناقش دور رواد الفضاء في سلامة المكوك. إلى أي مدى يجب عليهم المشاركة إيجابياً في النظر في عيوب الأمان في التصميم أو التشغيل؟
4. ضع الأفعال أو التوصيات الآتية في الاعتبار واقترح خطة لإيجاد تصميمات وتشغيلات أكثر أماناً في منظمة كبيرة ومعقدة:

أ. مثل لورانس مالوي مركز مارشال للتحليق الفضائي في كيب كيندي، ولم يخبر آرنولد الدريخ مبعوث برنامج الانطلاق الوطني عن مشكلة المفاصل الميدانية بالرغم من مسئولية آرنولد الدريخ بالتصريح لإقلاع تشالنجر. لماذا؟ لأن الحلقات كانت مسألة مستوى ثالث ومالوي موظف مستوى ثالث لكن الدريخ كان ذا مستوى أعلى (مستوى ثان) ولم يتوجب مضايقته بتفاصيل كهذه.

ب. قامت لجنة روجر بالتوصية بإقامة منظمة مستقلة للأمان ذات مسئولية مباشرة بمدير ناسا، ويوجد الآن برنامج للبلاغ المجهول لموظفي الصناعات الفضائية العاملين بمشروعات ناسا.

جـ. ينصح توم بيترز المديرين "دعوا الجميع يشاركون في كل شيء أكدوا بصراحة: أنه لا حدود لما قد يقوم به الفرد العادي إذا شارك مشاركة تامة، [30]."

5. تحطم المنطاد الهوائي ذو المحرك البريطاني R101 في 4 أكتوبر 1930 بعد 8 ساعات خلال رحلته الأولى إلى الهند، ونجا (6) من مجموع (54) فرداً كانوا على متنه. كان مسئولو وزارة الطيران ومهندسوهم مدفوعين بقوى سياسية وتنافسية شديدة خلال مراحل تصميم وبناء المركبة. كتب نيفل شوت Nevil Shute الذي كان يعمل على المركبة المنافسة R100 التجارية في مذكراته Slide Rule (سلايدرول) أنه "إذا وقف مجرد رجل واحد من وزارة الطيران وتكلم مع اللورد تومسون Lord Thomson قائلاً: إن هذه المركبة لن تعمل، ولن أكون فرداً مُشاركاً بها. آسف يا سادة لكن إذا لم يتم التنفيذ فإني سأتقدم باستقالتي"، لكان من الأكيد تفادي هذه الكارثة، لكن هذه العبارة لم تصدر، لأن كل الأطراف المعنيين وضعوا وظائفهم قبل واجباتهم، [31]." افحص قضية المركبة R101، وقارنها بقضية المكوك تشالنجر متضمناً الضغوط القائمة نحو عدم تأجيل الرحلة.

• المراجع:

[1] Walter Lord, *A Night to Remember* (New York: Holt, 1976); Wynn C. Wade, *The Titanic: End of a Dream* (New York : Penguin, 1980); Michael Davie, *The Titanic* (London: Bodley, 1986).

[2] Wade, *The Titanic*, p.417.

[3] "Yarrow Bridge, " Editorial, *The Engineer 210* (October 1970), p.415.

[4] Robert Sugarman, "Nuclear Power and the Public Risk," *IEEE Spectrum 16*(November 1979), P.72.

[5] Alice M. Rivlin, *Systematic Thinking for Social Action* (Washington, DC: The Brookings Institution, 1971), p.70.

[6] Charles M. Culver and Bernard Gert, "Valid Consent," in *Conceptual and Ethical Problems in Medicine and Psychiatry*, ed. Charles M. Culver and Bernard Gert (New York: Oxford University Press, 1982).

[7] Taft H. Broome Jr., "Engineering Responsibility for Hazardous Technologies," *Journal of Professional Issue in Engineering 113*(April 1987, pp. 139-49.

[8] Gaylord Shaw, "Bureau of Reclamation Harshly Criticized in New Report on Teton Dam Collapse." *Los Angeles Times,* June 4, 1977, Part 1, p.., Philip M. Boffey, " Teton Dam Verdict: Foul- up by the engineers, " Science 193(January 1977), pp. 270-72.

[9] Graham Haydon, "On Being Responsible," *The Philosophical Quarterly28* (1978), pp. 46-57.

[10] Ruth M.Davis, "Preventative Technology: A Cure for Specific Ills," *Science 188*(April 1975), p.213.

[11] John Lachs, " I only Work Here': Mediation and Irresponsibility," in *Ethics, Free Enterprise, and Public Policy*, ed. Richard T. DeGeorge and Joseph A.Pichler (New York: Oxford, 1978), pp. 201-13. Also see Elizabeth Wolgast, *Ethics of an Artificial Person: Lost Responsibility in Professions and Organizations* (Stanford: Stanford University Press, 1992).

[12] Stephen H. Unger, *Controlling Technology: Ethics and the Responsible Engineer*, 2nd ed. (New York: John Wiley & Sons, 1994).

[13] Stanley Milgram, *Obedience to Authority* (New York: Harper & Row, 1974).

[14] Hammurabi, *The Code of Hammurabi,* trans. R.F. Harper (Chicago: University of Chicago Press, 1904).

[15] Robert W. Kates, ed., *Managing Technological Hazards: Research Needs and Opportunities* (Boulder, CO: Institute of Behavioral science, University of Colorado, 1977), p.32.

[16] William W. Lowerence, *Of Acceptable Risk* (Los Altos, CA: William Kaufmann, 1976), p.134.

[17] Stephen H. Unger, *Controlling Technology: Ethics and the Responsible Engineer*, 2nd ed. (New York: John Wiley & Sons, 1994), pp.210-15 See also Paula Wells, Hardy Jones and Michael Davis, *Conflicts of interest in Engineering* (Dubuque, IA: Kendall / Hunt, 1986).

[18] Alex Roland, "The Shuttle, Triumph or Turkey? " *Discover*, November 1985, pp.29-49.

[19] Rogers Commission Report, *Report of the Presidential Commission on the Space Shuttle Challenger Accident* (Washington, DC: U.S. Government Printing Office, 1986).

[20] Malcom McConnell , *Challenger , a Major Malfunction* (Garden City, NY: Doubleday , 1987) ; Rosa Lynn B. Pinkus, Larry J.Shuman, Norman P. Hummon, and Harvey Wolf , *Engineering Ethics : Balancing Cost, Schedule, and Risk- Lessons Learned from the Space Shuttle* (Cambridge: Cambridge University Press ,1997.

[21] Rogers Commission Report, *Report of the Presidential Commission.*

[22] Eliot Marshall, "Feynman Issues His Own Shuttle Report, Attacking NASA Risk Estimates," *Science 232* (June 1986), p.1596. See also Richard P. Feynman's Rendition on the shuttle fiasco and the Rogers Commission Workings in *What Do You Care What Other People Think?,* as told Ralph Leighton (New York: W.W. Norton & Co., 1988).

[23] Karl Grossman, "Red Tape and Radioactivity," *Common Cause,* July-August 1986, pp.24-27.

[24] Trudy E.Bell, "Wind Shear Cited as Likely Factor in Shuttle Disaster," *The Institute* (IEEE) 11 (May 1987), p. 1. For effects of lightning, see Eliot Marshall, "Lightning Strikes Twice at NASA," *Science 236* (May 1987), p. 903.

[25] Albert Flores, ed., Designing for safety: *Engineering Ethics in Organizational Contexts* (Troy, NY: Rensselaer Polytechnic Institute, 1982), p. 79: Feynman *What Do You Care What Other People Think ?*

[26] Caroline Whitbeck , " Moral Responsibility and Working Engineer " *Books and Religion 15* (march – April 1987), p.3.

[27] Calvin E. Moeller, "*Challenger* Catastrophe, "*Los Angeles Times*, Letters to the Editor, March 11, 1986.

[28] Roger M. Boisjoly, Speech on shuttle disaster delivered to MIT students, January 7, 1987. Printed in *Books and Religion 15* (March – Arial 1987), p.3.

[29] Tom Peters, *Thriving on Chaos* (New York: Alfred A. Knopf, 1987).

[30] Nevil Shute , Slide Rule (new York: William Morrow, 1954), p. 140. Also see Henry Cord meyer, " Politics, Personality, and Technology: Airships in the Manipulations of Dr. Hugo Eckener and Lord Thomson , 1919- 1930 , " *Aerospace Historian* (September 1981), 165-72, Arthur M. Squires, *The Tender Ship: Governmental Management Change* (Boston: Birkhauser, 1986).