الفصل السابع

المنهج الشامل لدعم الرياضيات للهندسة

A HOLISTIC APPROACH TO MATHEMATICS SUPPORT FOR ENGINEERING

كريستين هرست، وسارة ويليامسون وبام بيشوب
Christine Hirst, Sarah Williamson and Pam Bishop

ضبط وتجهيز المشهد

Setting The Scene

تستند الهندسة على كل من المعارف النظرية والعملية في المجالات التي تلعب الرياضيات فيها دورا محوريا. وتعتمد تقريبا جميع الفروع على الرياضيات كلغة للوصف والتحليل، ويعمل علماء الرياضيات في دائرة التدفق المستمر في المشاكل الهندسية. إن الرابط بين المجالين في كل من الأوساط الأكاديمية والصناعية هو رابط راسخ وقوى. منذ منتصف التسعينيات والأقسام الهندسية – والتي هي جزء من هذا التعايش بين الأكاديميين والصناعيين – تضطر للتعامل مع عدد متزايد من القضايا التعليمية. وخلافا لموضوعات مثل الكمبيوتر والدراسات التجارية، فقد واجهت الهندسة مشاكل في اجتذاب نسبة عالية من الوافدين الأكثر قدرة. وأدى ذلك إلى وجود عدد متزايد من مختلف المستويات وأنواع المؤهلات الملتحقة بالمقررات الهندسية. وهناك أيضا أدلة متزايدة على أن العديد من الوافدين ينقصهم المهارات الأساسية في الرياضيات.

أبرز في عام ١٩٩٥ تقرير "معالجة مشكلة الرياضيات ***TACKLING THE MATHEMATICS PROBLEM*** " العديد من المشكلات الخاصة بتعليم الرياضيات في كل من إنجلترا وويلز (جمعية لندن للرياضيات (ال ام اس) LONDON MATHEMATICAL SOCIETY (LMS) ١٩٩٥). وبحلول عام ٢٠٠٠ قدم تقرير "قياس المشكلة الرياضية ***MEASURING THE MATHEMATICS PROBLEM*** " دليلا على وجود تراجع خطير في إتقان الطلاب للمهارات الرياضية الأساسية ومستوى إعداد مقررات الدرجات العلمية المبنية على الرياضيات (المجلس الهندسي ENGINEERING COUNCIL ٢٠٠٠ : II) ومنذ ذلك الحين لم يتحسن هذا الوضع، مما تسبب في مشاكل حادة في تدريس رياضيات الهندسة.

أوصى في التعامل مع هذه القضية، تقرير "موضوعات رياضيات الهندسة ***ENGINEERING MATHEMATICS MATTERS*** " ببرنامج أكثر انتظاما للدراسة (آي ام ايه IMA ١٩٩٩). وقد اقترح أهمية وجود تقارب أوثق بين تصميم المقرر وملف سيرة الطالب من حيث المناهج الدراسية الأساسية التي يجري توسيعها وجعلها أكثر مرونة. وهناك تقرير آخر يذكر أن المقررات ينبغي أن توفر سلسلة متوازنة من الخبرات التعليمية. "إن الطلاقة والثقة في معرفة واستخدام الرياضيات والعلوم تأتي مع التكرار والممارسة، ولكن الفهم المتعمق يأتي من الخبرة في نقل المفاهيم والمبادئ إلى سياقات وتطبيقات جديدة" (الجمعية الملكية THE ROYAL SOCIETY ١٩٩٨ : ٦).

اتخذت الجامعات مجموعة من الخطوات لمعالجة الوضع. وقام الأكاديميون بتوفير طرق مختلفة للتقييم والدعم وتوسيع نطاق المقررات ؛ وقاموا باستكشاف سبل الحفاظ على التوازن بين المعرفة النظرية والعملية وتطبيقها على عمليات حل المشاكل. لقد أجرت الإدارات تغييرات في المناهج الدراسية لتشمل المزيد من مواد مستوى (أ) A-LEVEL في السنة الأولى، وأدخلت أنظمة جديدة مثل تقسيم التلاميذ حسب المستويات. كما أنشئت بعض المقررات الانتقالية أو المدارس الصيفية قبل بدء العام الدراسي. إن

"مراكز دعم تعلم الرياضيات" أنشأت ورصدت اعتمادات لدعم وحدات إضافية تدرس جنبا إلى جنب مع المنهج التقليدي. (لوسون وآخرون LAWSON *ET AL.*، ٢٠٠١).

بصفة عامة، هناك ترابط متزايد بين طرق التدريس المبتكرة ونظم الدعم، التي تم ابتكارها وتصميمها لتزويد الطلاب بسلسلة أكثر توازنا من المعرفة الرياضية. وسوف يقوم هذا الفصل باستكشاف بعض من هذه الطرق والنظم.

تدريس الرياضيات ضمن السياق الهندسي

Teaching mathematics within an engineering context

الخلفية الرياضية المتغيرة للمهندسين الخريجين

The changing mathematical background of undergraduate engineers

إن تقرير "الرياضيات للمهندس الأوروبي: يدرج منهج القرن الحادي والعشرين *Mathematics for the European Engineer: a curriculum for the twenty-first century*" والموضوعات الرياضية التالية، باعتبارها من الأمور الهامة للمهندسين:

- الطلاقة والثقة مع الأرقام.
- الطلاقة والثقة مع الجبر.
- معرفة وظائف حساب المثلثات.
- فهم أساسيات حساب التفاضل والتكامل وتطبيقه على أوضاع العالم الواقعي.
- الكفاءة في جمع وإدارة البيانات وتفسيرها.

(SEFI Mathematics Working Group مجموعة عمل الرياضيات، ٢٠٠٢: ٣)

قبل بضع سنوات، كان من المفترض أن مثل هذه الموضوعات كانت مغطاة تماما في مرحلة ما قبل التعليم الجامعي. ومع ذلك، لم يعد هذا هو الحال. هناك أدلة على أن بعض الطلاب يسعون جاهدين للانتقال في العلوم والهندسة والرياضيات من المستوى (أيه) A-level إلى مستوى الحصول على شهادة الدراسة (لوسون، Lawson ١٩٩٧؛ المجلس الهندسي، Engineering Council ٢٠٠٠).

إن تقرير السيد جاريث روبرتس "مجموعة للنجاح: تزويد الناس بالعلم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات والمهارات" ذكر أنه، فيما يخص العديد من الأكاديميين فإن مناهج المستوى (أيه) الخاصة بالعلوم الحالية والرياضيات بالرغم من أنها تحتوى على مجموعة واسعة من مجالات الاهتمام، فإنها لا تعبربالضرورة عن تزويد الطلاب بالأدوات الفكرية والمفاهيمية المطلوبة لمستوى الدرجة (روبرتس، Roberts ٢٠٠٢ : ٨٩).

وبالإضافة إلى الانخفاض في مستوى التأهب لدى الوافدين، فإن الوضع في الهندسة زاد تعقيدا بتطبيق مناهج ٢٠٠٠ وزيادة تقنين مستوى المقررات AS و A2. إن الطلاب يدخلون التعليم العالي بمواد معرفية متنوعة، وربما خليط من مواد المستويين AS و A2 العلمية وغير العلمية والتي في بعض الحالات يمكن أن تعنى أن اختيارات الطالب في مستوى الدرجة محدودة. وعلى سبيل المثال، فإن بعض الجامعات تعتبر مستوى (A) من الفيزياء شرطا مسبقا للهندسة الإلكترونية ولكن ليس لعلوم الكمبيوتر. ويكتشف بعض الطلاب أنهم لن يتم قبولهم في مقرر الهندسة الإلكترونية المطبقة في دراسة علوم الكمبيوتر (روبرتس Roberts، ٢٠٠٢). هذا بالإضافة إلى فقدان استعدادهم لدخول المقرر مما أدى إلى تزايد كبير في الطلب على الحوسبة المستندة إلى مقررات تدريبية في حين تزايد الرفض الشعبي للهندسة بصورة كبيرة. وبالتالي فقد كابدت النظم من أجل العثور على أعداد كافية من الطلاب ذوي المستوى المطلوب لمؤهلات للدخول. (SEFI مجموعة عمل الرياضيات Mathematics Working Group، ٢٠٠٢ : ٤).

ونتيجة لهذه الأسباب العديدة، تغيرت المعرفة الرياضية لدى طالب الهندسة لدخوله للجامعة. فقد كان هناك تحول تدريجي من معرفة الأساس العميق إلى معرفة الحقائق السطحية. ويبدأ الأكاديميون في التكيف مع ذلك، من خلال الاعتراف بالوضع أولا، ثم عن طريق إجراء تغييرات في البرنامج التعليمي. أما هؤلاء الذين ما زالوا مستمرين على إخراج المقرر بنفس الطريقة القديمة فإنهم يتعجبون من سبب فشل طلابهم.

ممارسة الهندسة والرياضيات Mathematics and engineering practice

بالرغم من تغيير محتوى برامج الهندسة منذ منتصف التسعينيات، إلا أن الطلاب مازالوا بحاجة إلى معرفة قاعدة واسعة للرياضيات التي من الممكن أن يطبقوها في العمليات الهندسية. وهذا التطبيق يعني تطبيق عنصرين متميزين وهما العنصر المعرفي والعملي. ومن الناحية الهندسية يمكن تعريف هذين العنصرين على النحو التالي:

- المعرفي هو زيادة مجموعة الحقائق والخبرات والمهارات في تخصصات العلم والهندسة والتكنولوجيا، بالإضافة إلى فهم مجالات التطبيق.
- العملي هو العملية الإبداعية التي تطبق المعرفة والخبرة من خلالها في البحث عن حل أو أكثر من الحلول التقنية للوفاء بالمتطلبات وحل المشكلات، ثم التدريب على حكم معلوم لتنفيذ أفضل الحلول التي تتواءم مع القيود. (مالباس Malpas، ٢٠٠٠: ٣١).

ولمساعدة الطلاب على اكتساب تلك المفاهيم، فإن تدريس الهندسة يعتمد على بنك للمعرفة يتألف من بعض مما يلي:

- المواد وطبيعتها، وخصائصها الكيميائية أو البيولوجية.
- العلوم الأساسية والمبادئ الرئيسة لفروع الهندسة.
- الرياضيات المطبقة والمتعلقة بفرع معين من فروع المعرفة.
- المعرفة المطلوبة لمقابلة الأهداف التقنية مثل الحركة والتدفق والنقل والتحكم والدعم والشمول والتجهيز المادي أو المعلوماتي، ولكن غالبا ما تنفذ أو تعد للبيئة بقيود فنية ومالية أو قيد الوقت.
- تصميم وبناء وتطبيق وصيانة وتنظيم المنتجات والنظم الهندسية.
- توليد وتجهيز ونقل المعلومات.
- النمذجة والمحاكاة.
- الابتكار والبحث. (مالباس Malpas، ٢٠٠٠: ٣٣).

إن جميع الأشكال الأساسية للمعرفة الواقعية تم نقلها إلى تدريس الهندسة كأقسام تم تحديث محتواها وطبيعة مقرراتها ليعكس تطورات المقررات الأخيرة، ووجهت أيضا بتنوع واختلاف القدرات والمؤهلات الرياضية لدى الطلاب. لذا فقد تم تصميم المناهج المبتكرة لمعالجة المستوى المختلف من المهارات الرياضية وتوفير آلية دعم ذات كفاءة للطلاب. وسوف يتم استعراض هذه المناهج في القسم التالي.

تدريس الطلاب من ذوي الخلفيات المتنوعة

Teaching students with diverse backgrounds

يعتبر تقسيم الطلاب بالنسبة لبعض المؤسسات، حسب المستويات، جزءاً من عملية معالجة عدم التكافؤ بين التأهيل المسبق ومتطلبات المقرر. إن أول خطوة هي دائما الاختبار التشخيصي والذى يمد الموظفين والطلاب ببيان المستويات المختلفة للتحقيق والإنجاز. ثم يتم تخصيص الطلاب لكل واحد من هذه المستويات، ويتلقى جميع الطلاب البرنامج المصمم للدراسة والذى يمكنهم من خلاله السيطرة على التقنيات الأساسية والشعور بالثقة في تطبيق الرياضيات في المشكلات الهندسية. على سبيل المثال، فإنه ما بين عامي ١٩٩٣ و١٩٩٦ قام معهد العلوم والتكنولوجيا بجامعة مانشستر (يومست UMIST) بتوضيح نقطة هامة وهي أن نسبة الطلاب الذين يلتحقون بالتخصصات المختلفة ليسوا متأقلمين مع المقررات الخاصة برياضيات الهندسة بسبب فقدانهم للمهارات الرياضية الأساسية مما يؤثر على إجمالي المناهج كما مُني الكثير من الطلاب بالإخفاق والفشل. إن نظام تقسيم الطلاب حسب المستويات تم وضعه موضع التنفيذ وكان تأثيره جيدا.

دراسة حالة: اليومست Case study: UMIST

يدرس طلاب الهندسة (والتخصصات الأخرى المتعلقة بها) في جامعة مانشستر معهد العلوم والتكنولوجيا (يومست) ويتلقون التعليم في الرياضيات عبر التسلسل الهرمي المتدفق للمقررات P, Q, R، بحيث يكون تدفق مقررات المستوى P أصعب لكنه أسرع في تحفيز معظم الطلاب القادرين، بينما يكون تدفق مقررات Q حالة متوسطة،

أما تدفق مقررات R فتم تصميمه للحصول على أفضل مخرجات لأضعف طلاب. ويتم لذلك وضع الطلاب في أحد هذه المقررات الثلاثة تبعا لمجموعة من التأهيلات الرياضية السابقة مع اختبار تشخيصي يؤخذ عند بداية نصف العام الأول وآراء الطلاب أنفسهم تؤخذ في الحسبان.

يتم عند نهاية امتحانات نصف العام تجميع عملية التقييم التي كانت تحدث خلال نصف العام كمهمة من مهام القائمين على المقرر. أما بالنسبة لمقرري مستوى P وQ فيأخذ هذا شكل واجبات منزلية، بينما يطالب القائمون على طلاب المستوى R بوضع عدة اختبارات قصيرة أثناء نصف العام. يلتحق الطلاب أسبوعيا بمحاضرتين وجلسة خصوصية، ويتنوع عدد الطلاب في المجموعة الخصوصية بأعداد صغيرة للمجموعات (حيث تكون المشاركة أكبر في المنهج) وذلك لطلاب المستوى R. ويتكفل مدير التدريس الخدمي في قسم الرياضيات بالإمداد بدعم أكبر أحيانا متبوعا بشكل توصية من المدرس الشخصي للطالب في قسمه (ستيلي Steele ٢٠٠٠).

وتواجه العديد من الإدارات مجموعة من الطلاب غير المتجانسين، في حين أن التدريس على مدار العام بالكامل على نحو فعال أصبح من المستحيل تقريبا. إن نظام التدفق حسب المستويات وفر وسيلة لوضع الطلاب في مجموعات أكثر تجانسا لتوفير تعليم أكثر فعالية ودعم رياضي (سافاج وروبر Savage and Roper، ٢٠٠٣).

أثناء إنشاء نظام تدفق، من المهم أن يكون هناك دعم من رؤساء الأقسام المتضمنة وكذلك طاقم الأعضاء الآخرين. ويشترك عادة في نظام التدفق كل من أقسام الرياضيات والهندسة؛ ولذا فمن الأمور الحاسمة أن نقيم علاقات جيدة بينهما. إن تدريس الرياضيات لطلاب الهندسة بالصف الأول هو مهمة صعبة. ويجب على الأكاديميين التحقق من فهم الأساسيات والتدريب الجيد، لكنهم أيضا ليس لديهم وسائل لتحفيز كل عنوان رياضي بشرح كيفية ربطه بالأفكار والعناوين الموجودة في المقررات الهندسية للطلاب. ويبحث الفصل القادم في طرق تدوين وتحقيق ذلك.

الحاجة إلى التعاون بين أقسام الرياضيات والهندسة
The need for collaboration between mathematics and engineering departments

يتم تنفيذ تدريس الرياضيات عموما لطلاب الهندسة إما داخل قسم الهندسة أو خلال التدريس الخدمي المزود من قبل قسم الرياضيات. والأمر الذي يتطلب تطويره حاليا هو التحقق من أن الرياضيات الهندسية ليست ببساطة مجرد تدريس تقنيات رياضية صرف بل إنها تتطلب تركيزًا مباشرًا تجاه الهندسة (آي ام أيه IMA ١٩٩٩).

أقامت الجامعات، في التعامل مع هذا الأمر علاقة، عمل محددة ناجحة بين قسمي الرياضيات والهندسة بناء على المشاركة المعرفية والتعاون المستمر. والهدف من ذلك إقامة روابط تفعيل أكثر بين الرياضيات التي تم تعليمها والرياضيات المستعملة في مقررات الهندسة. ويتحقق هذا بتعريف الرياضيات المطلوبة لمقررات الهندسة والداعمة لمحاضري الرياضيات بتزويدهم بأمثلة تعتبر جذرية في مناهج الهندسة. إن ذلك يمكن المحاضرين من ملاحظة التناغم بصورة كبيرة ووضع معظم الأمثلة المناسبة التي تعطي شكل الحصة. جاء أخذ هذا المنهج في جامعة ادنبرج بنتائج إيجابية.

حالة دراسية: جامعة أدنبره Case study: University of Edinburgh

نظر قسم الرياضيات، منذ عدة سنوات، بجامعة أدنبره في مشكلات التداخل بين مقررات الرياضيات والهندسة وأتى بنظام لتمكين الطلاب من الفهم بصورة أكبر. وبناء على مشروع روابط الرياضيات *Maths Links Project* كان الهدف هو إقامة روابط تفعيل أكبر بين مقررات الرياضيات والتي يتم إعطاؤها بأقسام العملاء التي تستخدم فيها الرياضيات. وكان من ضمن نتائج المشروع إنتاج الصمامات الإلكترونية من المواد التي تصف أشكال الروابط بين الرياضيات ودورات العميل وتدعم بأمثلة رياضية محتملة ومؤصلة في مختلف المناهج.

الآن جميع طلاب السنة الأولى والثانية للهندسة الكيميائية تعلموا الرياضيات بقسم الرياضيات بينما يزودهم قسم الهندسة الكيميائية بالأمثلة والمشكلات. ويجهز المهندسون نسخا من الملاحظات من محاضرات ميكانيكا الموائع تتضمن جميع المناهج

والحلول المنهجية. وهذا يمكن محاضري الرياضيات من النظر في طرق استخدام الرياضيات التي يدرسونها فيما بعد في المقرر. ثم يختار محاضرو الرياضيات مثالا أو مثالين تم تقديمهما أثناء المنهج ومحاضرات المقررات. والهدف من ذلك التدريس لطلاب الصف الأول والثاني بدلالة الأمثلة المناسبة للهندسة لتساعدهم في النظر في المشكلات داخل المحتوى الهندسي. وكانت ملاحظات الطلاب إيجابية. ما زالت الصعوبات موجودة لكن هناك قليل من الشكوى حيث إن الطلاب يحتاجون أن يدركوا الارتباط بين ما يفعلونه والرياضيات. وهذه الرؤية تعتبر الخطوة الأولى تجاه تحفيز الطلاب لأخذ الرياضيات بصورة أكثر اهتماما وجدية. (كريستي Christy ١٨ : ٢٠٠٣)

يؤدي تطور طرق المحتوى التدريسي بكل من قسمي الرياضيات والهندسة بالأكاديميين إلى تقديم عدد من المناهج المختلفة في التدريس. واحد من أكثرها أهمية يقوم على تكامل الرياضيات العملية والتصورية من خلال استخدام التكنولوجيا. وينظر الفصل القادم في الطرق المختلفة للتعليم التكنولوجي المستخدمة بواسطة الأكاديميين.

استخدام تقنيات التعليم في التدريس Using learning technologies for teaching

خلال الثلاثين سنة الأخيرة، أصبحت تقنيات التعليم متاحة على نطاق أوسع. أما فيما يتعلق بمنهج رياضيات الهندسة، فقد مكنت تقنيات التعليم مناهج جديدة للتعليم والتعلم. وبالإضافة إلى ذلك، فإن البرمجيات الرياضية المتطورة الآن أصبحت شائعة ومتاحة، وهى تسمح بتحليل مشاكل بهذا الحجم والتعقيد بشكل روتيني وكان يمكن اعتبارها منذ بضع سنوات نشاطا بحثيا فقط.

هناك دلائل قاطعة على أن تضمين تقنيات التدريس في الرياضيات الجامعية الهندسية يعطي قوة دافعة. وعلى سبيل المثال، فلقد أصبحت الآلة الحاسبة للرسومات (الجرافيكس) جزءا لا يتجزأ من مقررين في جامعة نابيير NAPIER UNIVERSITY. وبالنسبة لطلبة الفرقتين الأولى والثانية من كلية الهندسة، تلعب هذه الآلة الحاسبة دورا أساسيا في منهج تقني متكامل للرياضيات.

دراسة حالة: جامعة نابيير Case study: Napier University

يرتكز تدريس الرياضيات في المحاضرات على أربع مراحل هي: شرح النظرية للطلاب؛ وضرب أمثلة؛ وإعطاء أمثلة بمعاونة الآلة الحاسبة للرسومات (الجرافيكس)؛ وتوضيح الموضوعات الرياضية ذات الصلة بالهندسة. أما في الدروس فتستخدم الآلة الحاسبة في التمارين المصممة لتطوير الكفاءة في التقنية الرياضية و- في بعض الحالات- لتطوير المهارات تجاه النمذجة الرياضية. وفي كل من المحاضرات والدروس، توفر الآلة الحاسبة فهما مرئيا للحلول المرسومة (الجرافيكية) والعمليات الحسابية المتعلقة بها وتلعب جزءا لا يتجزأ من تدريس الرياضيات في التطبيقات الهندسية. وبصفة عامة فإنها تعزز تعليم وتعلم الرياضيات وتوحد المقررات الدراسية. (إيفانز وجاكمان EVANS AND JACKMAN، ٢٠٠٣: ٢٠).

يمكن للبرمجيات المتاحة على نطاق واسع مثل جداول البيانات أن تكون أداة قوية لمعالجة البيانات. تم في جامعة برادفورد University of Bradford استخدام برنامج MS-Excel™ لتوفير تسهيلات المحاكاة لمراقبة التدريس لطلاب الهندسة.

دراسة حالة: جامعة برادفورد Case study: University of Bradford

يجد الطلاب أن أصعب مادة هي مادة التحكم. وفي حين أن مادة الرياضيات بصفة خاصة ليست مرهقة، فإن المطلوب هو الفهم. ويتم استخدام Excel لتوفير تسهيلات المحاكاة في دعم مراقبة التدريس للمهندسين. إن هذا يملي استخدام المنهج الذي يناسب بيانات العينة بشكل طبيعي مع التنفيذ الرقمي للتحكم. وتسمح التكنولوجيا أيضا للطلاب باستكشاف التأثيرات غير الخطية في بعض النظم مثل ثبات إشارات التحكم. إنها توفر الاتجاه القائم على التدريب العملي والذي يجد فيه الطلاب أمرا ذا قيمة. هذا المنهج قادر على التعامل مع النظم الديناميكية الأخرى وغير مقيد بالفعل بمراقبة التدريس. كما يمكن استخدامه على نطاق واسع جدا. فعلى سبيل المثال، في الكيمياء والهندسة الكيميائية يعتبر وسيلة جيدة لفحص ديناميكيات التفاعل. (هنري Henry، ٢٠٠٣: ٢٦)

تلعب البرمجيات المتخصصة هي الأخرى دورا هاما في تدريس الرياضيات لطلاب الهندسة. فيدرس الطلاب هندسة الطيران في جامعة كوينز في بلفاست Queen's University Belfast باستخدام MATLAB™. تقوم البرمجيات بإمداد طلاب السنة الأولى، بمهارات البرمجة لاستخدامها في المقررات اللاحقة. وتستخدم في السنة الثانية، لتعزيز تدريس الجبر الخطي ولتطبيق التقنيات الرياضية على المشكلات الهندسية.

كما يستخدم Mathcad™ في جميع سنوات دورات الرياضيات الهندسية في جامعة أكسفورد بروكس ليمكن الطلاب من فحص المشاكل الهندسية الحقيقية والتي ليس لها حل تحليلي لكنها توضح مفاهيم رياضية.

دراسة حالة: جامعة أكسفورد بروكس Case study: Oxford Brookes University

لكى يتم تحفيز الطلاب لدراسة رياضيات الهندسة، تنبع المشكلات من المواد الدراسية الأخرى من حيث مستوى تقديمها مما يتطلب تحليل الحلول الرقمية. وتعطى الواجبات للطلاب في وقت مبكر من المقرر مما ينشأ مشكلة عند المهندسين الإنشائيين بسبب تنوع معاملات قيم حدود الدرجة الثانية المرتبطة بأعمدة الشعاع. إن المشكلة تستدعي من الطلاب اشتقاق مجموعة من المعادلات المختلفة المحددة لرقم محدد من الشبكة (العقدة) الداخلية وحل النظم الخطية للمعادلات الناتجة باستخدام Mathcad. ما إن يتم الاضطلاع بهذه التدريبات البسيطة، يجب على الطلاب أن يوسعوا حساباتهم لتشمل أرقاما أكبر من العقد ويقارنوا النتائج بالحلول التحليلية التقريبية للمعامل الثابت للمعادلات التفاضلية، والتي تحدد الحل الحقيقي. إن الجزء الأخير من الواجب والذي عادة ما يضطلع بها فقط الطلاب الذين يسعون للحصول على الدرجات العالية، يتألف من كتابة برنامج Mathcad باستخدام إطلاق الحلول الحسابية" shooting algorithm " لنفس المشكلة.

يهدف التدريب إلى جعل الطلاب يتحققون من أن الرياضيات لها دور في الهندسة، يمكن من خلالها حل المشاكل العملية. إنها تنقح نظرية النظام الثاني

للمعادلات التفاضلية، التي سيحتاج إليها في نهاية الدورة عند حل المعادلات التفاضلية الجزئية. إنها كذلك توسع معرفتهم بـ Mathcad وتطبيقاته وتوطيد نظرية الاختلاف المحدود. إن المعرفة الرياضية الضرورية، مثل الطرق العددية لتحليل المعادلات التفاضلية، يتم تدريسها من خلال سلسلة من المحاضرات بالتوازي مع المشكلة القائمة التي تعطى للطالب. إن تقنيات Mathcad الإضافية مطلوبة من أجل الإحالة، مثل معالجة مصفوفات كبيرة، وتدرس في فصول المشكلة. (بيلي Beale، ٢٠٠٣: ٣٠).

يمكن أن تصبح بالإضافة إلى ذلك، مهارات البرمجة في الكمبيوتر بؤرة التركيز لتعليم الهندسة للطلاب. وُضعت في عام ١٩٩٣ في جامعة أدنبره University of Edinburgh، وحدة قياس لمعالجة المشكلات الهندسية الكيميائية القياسية والتي تتطلب من الطلاب أن يكتبوا برامج الكمبيوتر لحل تلك المشكلات.

دراسة حالة: جامعة أدنبره Case study: University of Edinburgh

تم اختيار المشكلات لتغطية مجموعة من الأساليب الرياضية: الجبر، المعادلات التفاضلية العادية (الخطية وغير الخطية) وبعض المشكلات المثلى الخطية وغير الخطية البسيطة. ومن الزاوية الهندسية، فإن هذه المشكلات تغطي أيضا مناطق التطبيق الأساسية وتشمل عمليات الانفصال، والمفاعلات، توازن المواد وتناسب البيانات. ويتم التركيز كثيرا على العملية نفسها وكيف تعمل الطرق العددية؟ ماذا يمكن أن تخطئ؟ كيف أكتب برنامجا لهذه الطريقة؟ كيف يمكنني التكيف مع شخص آخر في هذا البرنامج؟ فقط ما نراه يمثل الحد الأدنى للغاية من الكمية الضرورية للنظرية تم تطويرها وقضايا مثل الاستقرار العددي موجهة أساسا عن طريق التجربة. (بونتون Ponton، ٢٠٠٣: ٣٤).

تثري الأنشطة القائمة على التكنولوجيا البيئة التعليمية للطلاب. وتعتبر جامعة شيفيلد هالام Sheffield Hallam University مثالا على ذلك حيث تستخدم مجموعة من التقنيات بدرجات متفاوتة في جميع أنحاء البرنامج الهندسي بالكامل، وتوفر مجموعة مختارة من الأدوات التعليمية والتي تصبح متكاملة داخل عدد من الوحدات الهندسية.

دراسة حالة: جامعة شيفيلد هالام ***Case study:*** **Sheffield Hallam University**

تعالج الموضوعات الرياضية طبقا لـ "SONG"- وهي مزيج من: المناهج الرمزية (Symbolic)، والشفهية (Oral)، والعددية (Numerical)، والرسومية (Graphic)- وعلى نفس المنوال كما هو الحال مع حركة "إصلاح حساب التفاضل والتكامل في الولايات المتحدة" يتم تشجيع الطلاب على المشاركة في عمل الرياضيات ولاستغلال مجموعة من التكنولوجيات في جميع الآلات الحاسبة الرسومية (الجرافيكية)، والجدول، والاشتقاق، والقلم الرصاص، ...إلخ. ويتم التركيز على التفاعل الغني بين المناهج الرسومية والرمزية والعددية. (تشاليس Challis، ٢٠٠٢: ٣٢).

تطورت، بالنسبة لبعض الأكاديميين، التكنولوجيا كثيرا كأداة للتحفيز وأصبحت جزءا من عملية التدريس خلال السنوات الأخيرة. والتركيز الآخر على إيجاد بيئة أكثر تفاعلية من خلال مشاركة الطالب. ويستكشف القسم التالي مثالا للعبة تظهر هذا الشكل.

استخدام محاضرات تفاعلية لتحسين وزيادة تحفيز ومشاركة الطالب

Using interactive lectures to enhance student motivation and engagement

يمثل تدريس المفاهيم الهندسية للطلاب الذين ليس لديهم خلفية قوية جدا في الرياضيات عادة تحديا كبيرا. فبالنسبة لبعض الأكاديميين، تطورت مهمتهم من إلقاء المحاضرات إلى توفير البيئة التي تجمع بين التعلم والمتعة. هنا مثال واحد من هذا القبيل من كلية الهندسة، جامعة برمنجهام .University of Birmingham.

دراسة حالة: جامعة برمنجهام Case study: University of Birmingham

تستخدم فصول المشكلة بشكل تقليدي في تدريس الرياضيات. بالنسبة للسنة الأولى من دورة الهندسة الكيميائية في النمذجة الرياضية، تعتمد المسابقة على البرنامج التليفزيوني "من سيربح المليون؟ " المقدم، في فصل للمشكلة يستمر لمدة ساعتين ويدعم المحاضرات. يدرس منهج النمذجة المنظم على مستوى عال من المحاضرات، مع التركيز الشديد على مفتاح القضية: كيف يمكن للمرء أن يبدأ؟ ويكافح الطلاب عادة

لتحويل المشكلة المعبر عنها في كلمات إلى معادلات رياضية، وتسمح جوانب المشكلة بتوفير الممارسة في النمذجة وفي حل المعادلات الناتجة.

وتضم الفصول من ٢٥ إلى ٣٠ طالبا، وبعضها يتكرر، أما المجموعة بالكامل فتضم من ٥٥ إلى ٦٠ طالبا. ويركز فصل المشكلة الأول على تطوير النماذج، ويبدأ بانتقاد الطلاب لمحاولة التصميم من كارتون "توم وجيرى *Tom and Jerry* " (فيديو كليب قصير يستخدم كضوء يساعد في المحاضرة المبكرة). أما فصل المشكلة الثاني فيبدأ بنموذج أكثر صعوبة للبناء يتضمن معادلات تفاضلية اعتيادية (ODEs) من الرتبة الثانية وينتهي بالاختبار.

ولكي يتم تكسير الروابط الشللية وتعزيز المهارات الشخصية بصورة أفضل (بمعنى فريق عمل)، يتم توزيع الطلاب عشوائيا على واحدة من الأربع مجموعات التي يصلون إليها. وكل مجوعة تعمل على مجموعة مشكلات لمدة ٥٠ دقيقة، مما يؤدي إلى إعداد بعض الشفافيات العامة التي تشرح مشكلة المجموعة وحلها. ويقوم الكاتب والخريج بالدراسات العليا بالانتشار حول المجموعات لتقديم المشورة. ويُطالب الطلاب الأقوياء بمساعدة الطلاب الأضعف. بحيث يفهم جميع أعضاء حل المجموعة (مع ممارسة المزيد من المهارات الشخصية). وبعد فترة راحة قصيرة، يقوم أحد الطلاب المتطوعين من كل مجموعة بعمل عرض للفصل بأكمله (خلال ٤-٥ دقائق). ومن المؤكد أن القضية التي تطرح اشتقاقات رياضية معقدة بمستوى عال قليلة، وخلال بضع دقائق يحدث تعاطف بين الطالب والمُحاضر.

يبدأ بعد العرض، اختبار الشخص الذي يريد أن يكون نموذجا. أما المتطوع الثاني من كل مجموعة فيواجه ستة أسئلة مرتبطة بمشكلة مجموعته. وتعرض أربعة أسئلة على البروجيكتور العام للطالب (الذي يأتي أمام الحجرة) وبقية الفصل. وعادة تكون إجابة واحدة منها صحيحة، وتكون واحدة خطأ بوضوح، أما الإجابتان الأخريان فتحتويان على أخطاء نموذجية للطالب. ويجب على الطالب أن يختار واحدة. وكما في

البرنامج التليفزيوني، فالطالب لديه وسائل مساعدة. فـ "الاتصال بصديق" يصبح سؤال عضو متخصص في المجموعة، و"سؤال الجمهور" يعني سؤال الفصل، أما "٥٠ : ٥٠" فتستخدم بواسطة الكاتب حيث يحذف إجابتين (ليس بالضرورة عشوائيا؛ فالطالب المكافح قد يترك إجابة صحيحة وواحدة خطأ بوضوح، بينما الطالب القوي قد يختار بين إجابة صحيحة وفخ شائع). وتتمثل مكافآت الإجابات الصحيحة في قطع شيكولاتة، من مجموعة الحفلات الصغيرة المتنوعة.

مثل هذه الأسئلة هي من الصعوبة بحيث يصعب عدم الحصول على خمسة اختيارات صحيحة. وعندما يكون ذلك مناسبا، فإن مناقشة الاختيارات الخاطئة والفخاخ التي تلي الأسئلة، يكون باستخدام سبورة للملاحظات عندما يكون ذلك ضروريا. وتأخذ المسابقات الأربعة حوالي ٤٠ دقيقة، وتنتهي في الساعتين المخصصتين للفصل. (ثوماس Thomas، ٢٠٠٣: ١٤).

تكون مثل هذه المستويات من التفاعل بسيطة ويمكن تحقيقها بسهولة بواسطة أي فرد. ويمكن أن يطبق لتنسيق في فصول مشكلة أخرى والعديد من مجالات الموضوع.

تسهم الممارسات مثل تقسيم الطلاب حسب المستويات وتطوير الروابط بين أقسام الهندسة وأقسام الرياضيات، والتكنولوجيا والمحاضرات التفاعلية، كل منها في العملية التعليمية. وتصبح هذه الممارسات جزءا من المجموعة المتنامية للأفكار الابتكارية، والتي يتم تنميتها وتطويرها كمحاولة جامعية لتحسين المعرفة الرياضية لطالب الهندسة.

دعم تعليم الطالب
Supporting student learning

تم تحديد أن مناهج المستوى (A) من الرياضيات ليس عادة تحسين الأساس الكفء للدراسة الجامعية للهندسة. "والحصول على الدرجات الجيدة في المستوى (A)، حتى بين الطلاب الأذكياء، لا تعكس بالضرورة المعرفة الكافية أو القدرة على

استخدام التقنيات الرياضية الأساسية" (روبرتس Roberts، ٢٠٠٢: ٨٩). وبناء على ذلك، تقوم الجامعات بمعالجة الوضع على مرحلتين:

- التقييم المبكر للقدرة الرياضية للطالب من خلال الاختبارات التشخيصية.
- تنمية وتطوير ممارسات دعم الطالب.

ممارسة وضع الاختبارات التشخيصية Diagnostic testing practice

تتم الاختبارات في معظم الحالات خلال الأسبوع التعريفي أو الأسابيع القليلة الأولى من العام الدراسي. وتساعد النتائج الأقسام في تصميم المناهج لضبط تدريس الرياضيات والمناهج الرياضية لاحتياجات المجموعة وأيضا لإعلام توقعات خبراء المواد للقدرات الرياضية لطلابهم. في المقام الأول، تستخدم الاختبارات للمساعدة في وضع الإستراتيجيات اللازمة لدعم الطلاب بتحقيق مختلف (IMA، ١٩٩٥).

تم إجراء استقصائين للإدارات في أبريل ٢٠٠١ وفبراير ٢٠٠٣ بواسطة LTSN Maths TEAM ولوحظ حدوث ارتفاع من ٦٠ في المائة إلى ٧٢ في المائة في عدد المعاهد التي تقوم بإجراء الاختبارات التشخيصية. وتراوحت منهجية وضع الاختبار بين الأنظمة الذكية من خلال أسئلة الاختيار من متعدد التي يولدها الكمبيوتر وبين الاختبارات الورقية. وتقرأ إجابات الطلاب على الاختبارات الورقية أحيانا آليا بواسطة قارئ العلامة البصري Optical Mark Reader (OMR) ويتم تعليمها بواسطة الكمبيوتر، أو يمكن أن تتم العملية برمتها يدويا. وتقوم دراسات الحالة التالية بفحص المناهج المختلفة.

دراسة حالة: جامعة كوفنتري Case study: University of Coventry

اختبار ورقي تشخيصي Paper-based diagnostic test: يقوم قسم الرياضيات بجامعة كوفنتري بإجراء اختبار شامل تشخيصي منذ عام ١٩٩١. وخلال الأسبوع الأول من العام الدراسي، وكان عدد الملتحقين بمجموعة درجات العلوم والهندسة من ٦٠٠-٧٠٠، وأيضا تم عمل مقررات في كلية إدارة الأعمال ومدرسة الفن

والتصميم، خضعوا لأحد الاختبارات التشخيصية بمركز دعم الرياضيات Mathematics Support Centre Diagnostic Tests. وهناك نوعان من الاختبارات: أحدهما يهدف إلى اجتياز الطلاب لمقررات من خلال المستوى (A) كشرط لدخول الرياضيات (أو ما يعادلها)، والآخر يهدف اجتياز الطلاب للمقررات مع حصولهم على شهادة الثانوية العامة كشرط لدخول الرياضيات. كما تم إنشاء مركز دعم الرياضيات في عام ١٩٩١، ليدير الإجراءات أما الاختبارات فيتم إدارتها من قبل موظفين في كل من التخصصات المختلفة المشاركة. ويتم الاختبار وفق جدول زمني، ويأخذ مكانه في القسم المضيف. وتمت ملاحظة طلاب الهندسة في أحد الفصول الكبيرة، وحصل كل منهم على ورقة إجابة من النوع قارئ العلامة البصرى OMR وكتيب يتضمن ٥٠ سؤالا. وتم تقديم مجموعة التعليمات في الصفحة الأولى. وطلب من الطالب استخدام قلم رصاص HB ليكمل ورقة الإجابة؛ وهذا أمر ضروري لآلة التعليم (التصحيح) للتحقق من الإجابة المختارة. وفي هذا النموذج، لم يسمح باستخدام الآلة الحاسبة. ومن المقرر أيضا أن لا تستخدم نتائج الاختبار لأغراض التقييم، ويمكن تحليلها وإعادتها لكل طالب لتشير إما إلى الأداء المقبول أو إلى المناطق التي كان من المستحسن بذل العمل الإضافي فيها. ثم تتم إعادة النتائج ثانية في نهاية الأسبوع التعريفي.

يكون للطلاب كجزء من البرنامج التعريفي، نصف ساعة كزيارة مقررة لمركز دعم الرياضيات Mathematics Support Centre. وخلال هذا الوقت، يتم إعلامهم بالمساعدة المتاحة لديهم، على النحو المبين في النشرات المختلفة وكيفية الوصول إلى الموقع الإلكتروني للمركز على الإنترنت، كما يسترجعون أيضا تشخيصهم الخاص بالاختبار. وقائمة المطبوعات السبعة التي يتلقونها وأداءهم داخل كل منها. ومن المؤمل أن تلقي النتائج بهذه الطريقة يساعد الطلاب على أن يقدروا أن الاختبار التشخيصي جزء من سلسلة من الإجراءات، والتي تتضمن الدعم المستمر للطالب. وبإمكان

الطلاب أن يعودوا لمركز دعم الرياضيات للمساعدة من خلال مجموع العاملين أو باستخدام المواد المتاحة. كما يتقرر مراجعة خاصة للفصول. (لوسون Lawson، ٢٠٠٣: ١٩)

دراسة حالة: جامعة نيوكاسل أبون تاين

Case study: University of Newcastle upon Tyne

اختبار تشخيصي بالكمبيوتر Computer-based diagnostic test: استخدم برنامج التشخيص DIAGNOSYS في البداية بواسطة قسم الرياضة الهندسية في جامعة نيوكاسل أبون تاين في أكتوبر ١٩٩٣. ثم تم تطويره في برنامج تكنولوجيا التدريس والتعليم (تي ال تي بي) Teaching and Learning Technology Programme (TLTP). وتعتبر مجموعة الكمبيوتر هي مجموعة نظام تقوم على المعرفة الذكية لاختبار المهارات المرجعية على أساس رياضي أو مواد تقنية أخرى. وتتضمن عملية الاختبار الدخول إلى مقرر الأساس الهندسي المرحلة (١) للميكانيكا ودرجات المواد وجميع طلاب السنة الأولى للكلية. إن الأداة الضرورية لتقييم الطلاب هي المعرفة الرياضية. وهي تستخدم لمساعدة أفراد الطلاب للتعرف على مستواهم لتحقيق وتزويد الدعم للاحتياجات الخاصة.

يعطى أثناء الأسبوع الأول من السنة الأكاديمية ٢٠٠٢-٢٠٠٣ جدول طلاب السنة الأولى وبه الاختبار التشخيصي DIAGNOSYS داخل دورة كمبيوتر. يدخل كل طالب الاسم والفرع ومستوى الرياضيات التي حصل عليها من قبل وبناء على هذه المعلومات تقرر المجموعة مستوى الأسئلة المبدئية التي يسألها. يختار في بداية الاختبار المدرس كيفية دخول أنواع الإجابات المختلفة (أرقام - اختيار متعدد - جبرية) بحيث يعطى الفرصة للطالب ليستخدم المداخلة. ما يتبع ذلك يعتمد على معدل نجاح الطلاب: فهؤلاء الذين يحققون معدل نجاح جيدًا يمكن أن يجتازوا موضوعات أكثر تقدما، أما الذين يحققون معدل نجاح أقل فيأخذون طريقا أبطأ. ويوقف الاختبار عند عدم وجود أسئلة يتم طرحها أو عند انتهاء الوقت.

تحتوى كل مساحة للموضوعات على العديد من الأسئلة لمستوى معين ويختار أحدها عشوائيا لكل اختبار. ويعطي الارتباط بين المناهج ونظام اكتساب الخبرة لكل طالب مسارا مختلفا من خلال الاختبار، ويسأل كل طالب عن طريق مجموعة من الأسئلة مختلفة تماما عن غيره حتى يساعد ذلك على منع الغش. ثم تخزن النتائج على الكمبيوتر الرئيسي كملفات محتويات فردية، وفي نهاية اختبار المجموعة يتم إنزال الملفات بواسطة المدرس ونقلها إلى قرص مدمج. وتطبع البيانات وتعطى لكل طالب. (ابليبي Appleby ٢٠٠٣ : ٣٠)

لا تقيم الاختبارات التشخيصية بذاتها الطلاب، ويختبر الفصل القادم التنوع المبني على المبادرة التي يتم تنفيذها داخل أقسام الهندسة خلال المملكة المتحدة.

الممارسة المبنية على الدعم Support-based practice

كانت في الماضي برامج التخرج الهندسي تتكون من محاضرات في مختلف الموضوعات الرياضية والتي كانت تدعم من كل من المدرسين ومجموعة من المشكلات تحتاج إلى حل. وكانت تقيم بعناية وتعطى درجاتها وتناقش مع الطلاب. ومنذ منتصف التسعينيات أصبحت هناك رؤية واضحة تفيد أن هذا النموذج قد تغير. وتمت الإزاحة عنه لاختيارات أكثر تعددا للتدريس ودعم الاستراتيجيات. وقد يتم الاحتفاظ بالمحاضرة لكن المنهج أصبح أكثر بناء أو تم استبداله بطرق دعم أخرى لتعليم الطلاب تعتمد على كل من الذاتية وتوجيه طاقم التدريس (اندرسون وآخرون Anderson *et al.*, ٢٠٠٠).

تزايدت المبادرة التدريسية المختلفة لدعم طلاب الهندسة بصورة واضحة في السنوات الحالية. فأدخلت نظم الدعم كنتيجة لاختبارات التشخيص وتعريف النقص في المهارات الرياضية خلال طلاب الهندسة الجامعيين. ويحاول كل منهج أن يتعامل مع حقيقة أن الأشكال الهندسية تفترض معرفة ومهارات في الأرقام والجبر والتي لا يملكها بعض الطلاب من الناحية العملية. بالإضافة إلى ذلك فإنهم يحاولون أن يضعوا التنوع الرياضي مدخلا للطالب (ماستوى Mustoe ٢٠٠٢).

وأصبحت إستراتيجية الدعم جزءا من التدريس الهندسي للطلاب في عدة جامعات. وهي تهدف إلى تزويد الجامعيين بفهم نقاط ضعفهم الرياضي وإعطاء الفرصة لمخاطبتهم. ويعتبر مركز دعم التعليم الرياضي Mathematics Learning Support Centre واحدا من أكثر أساليب الدعم الشعبي للمبادرة.

مراكز دعم تعليم الرياضيات Mathematics learning support centres

وضح في عام ٢٠٠١ الاستبيان الذي تم في التعليم العالي أن ٤٦من ٩٥ هم الذين استجابوا لبعض أنواع مركز دعم تعليم الرياضيات. (لاوسون وآخرون Lawson *et al.* ٢٠٠١). ويتنوع التمويل بصورة كبيرة برغم من أن هناك عددًا محددًا من الموضوعات العامة.

وضع في عام ٢٠٠٣ فريق الرياضيات (LTSN) رؤية أكثر بعدا نحو التطوير المستقبلي لمراكز دعم التعليم الرياضي. فقد زود أكاديميون من سبع هيئات بمراجعات بناءة لمراكز دعم التعليم الرياضي بالنظر إلى استخراج الأنشطة التعليمية. ويحتاج الدعم إلى اجتياز الصعوبات وتحقيق النجاح والاقتراحات حول كيفية إعادة إنتاج أكاديميين جدد يجددون النشاط. ومع استمرارية ضبط المدى من ١٩٨٧ إلى ١٩٩٧ يستطيع كل فرد أن يتقدم من المراحل الأساسية حتى مرحلة الاستراتيجية الشاملة للدعم. مثال لذلك تم بناء على شغل تم بجامعة لفبره Loughborough University .

دراسة حالة: جامعة لفبره Case study: Loughborough University

نظر في عام ١٩٩٦ أعضاء من قسم علوم الرياضيات بجامعة لفبره المؤمن تمويلها من ميزانية الجامعة الداخلية للتعليم والتدريس تجاه فتح مركز دعم تعليم رياضي. وكانت الأسباب الرئيسة لذلك هي دعم أساسي لخدمة الالتزام التدريسي لقسم الهندسة ولإدراك الوضع المتدهور فيما يخص استعداد العديد من الطلاب للمتطلبات الرياضية لبرامجهم. وتم تحديد مدير يعمل طول الوقت لمهمة تطوير المركز أساسا خلال مدة زمنية قدرها سنتان.. وقبل تحديد المدير لا بد من أن تفرغ الإدارة بصورة كافية لاستيعاب المركز وأعمال مكتب المدير.

تم في أكتوبر ١٩٩٦ فتح مركز الجراحة الطارئة وبدأ من الأسبوع الثالث من فصل الخريف كما بدأ برنامج نشط لنشر الدعاية ورفع مستوى الوعي لدى طلاب السنة الأولى لكلية الهندسة. وفي نفس الوقت تم شراء المواد الداعمة أو تطويرها منزليا، وهذا يتضمن دعم حزمة الكمبيوتر وتشمل هذه الحملة دعم الكمبيوتر ببعض البيانات مثل الأنماط الرياضية Mathwise والرياضة الانتقالية Transmath ومختلف شهادة الثانوية العامة GCSE وبنود المستوى (A) من برامج الكمبيوتر والمرئيات (الفيديو)، ...إلخ.

يكون للمركز غالبا دور إيجابي في اكتساب الطلاب للخبرة في الحال، بالإضافة إلى أنه ظاهريا تكون العديد من الموارد المتاحة لدعم طلاب الهندسة مناسبة بصورة كبيرة للطلاب في العلوم الفيزيائية والرياضيات وإدارة الأعمال والاقتصاد. وقبل نهاية الزمن الأساسي للعامين الأولين يتم أخذ القرار في الجامعة بإقامة مركز على أساس أكثر استقرارا ويمول الحصة الرئيسة من إدارته جميع الكليات الثلاثة في الجامعة بحسب حاجة الطلاب. أعيد في عام ٢٠٠٢ وضع المركز وتمت توسعته بصورة ملحوظة وأصبح جزءا من مركز تعليم الرياضيات الذي تشكل حديثا. والمسؤول عن تطوير وإخراج الرياضيات للمهندسين. كما أنه يتيح مدى واسعا لدعم الآلية. كما تم وضع طاقم للجراحة الطارئة يعمل لمدة ٢٥ ساعة كل الأسبوع. كما توجد نشرات تغطي مدى واسعا جدا من الموضوعات. وقد تم تطوير مختلف المواد قبل تناولها، فمثلا الدورة التنشيطية لمادة الجبر هي كتيب يرسل لجميع طلاب الرياضيات الجدد أثناء إجازة الصيف. يرسل الكتيب حاليا لبعض مجموعات المهندسين والفيزيائيين وينشر بواسطة LTSN للرياضيات والإحصاء أو عبر الشبكة خلال دورة تنشيطية لمادة التفاضل. ويجري مركز دعم التعليم الرياضي ورش عمل بانتظام بحيث تغطي المواضيع الأساسية. كما أن مدرس الرياضيات الذي يستطيع إعطاء الأمور التخصصية التي تساعد في علاج خلل الطلاب يكون متاحا لمدة ٢٢ ساعة في الأسبوع، ولمعرفة المزيد من التفصيلات يرجع إلى الموقع http://mlsc.iboro.ac.uk.

وتزود عموما مراكز دعم الرياضيات أطر قيمة لمتابعة الدعم للطلاب. ويبقى تطور العديد من المؤسسات جزءًا هاما من تطور الرياضيات للطالب.

التعليم بمساعدة الزميل Peer-assisted learning

تزايدت خطة مساعدة الطلاب لبعضهم للتعلم بصورة جذابة بأقسام الجامعة من خلال النظام. وهذه الطريقة للدعم تعرض طريقة فعالة وغنية القيمة لتنفيذ مختلف أهداف الطرق التعليمية ولتدريب الطلاب على نقل مهارات نافعة. ومثال جيد لذلك تم تقديمه في الحالة الدراسية التالية.

دراسة حالة: جامعة هرتفوردشير Case study: University of Hertfordshire

تم تقديم الطالب المراقب في كلية الهندسة والمعلومات العلمية في بداية التسعينيات. والهدف من هذه الخدمة هو:

- تزويد الطلاب بمستوى إضافي للدعم الأكاديمي (بجانب ما يزود به طاقم التدريس).
- السماح للطلاب بالتعلم من زملائهم في وضع من شخص لآخر.

الطالب المراقب يعين في مساحات الهندسة وعلوم الكمبيوتر والرياضيات. عدد المراقبين المعينين سنويا يختلف باختلاف الأقسام. ففي العام الدراسي ٢٠٠١/٢٠٠٢ كان هناك عدد ٦ طلاب مراقبين في المجال الهندسي وعشرة مراقبين في علوم الكمبيوتر وواحد في الرياضيات. هذه الأعداد تعكس عدد الطلاب الجامعيين الدارسين في كل من مجالات المواضيع هذه.

وتتنوع آلية تعيين المراقبين أيضا بين الأقسام. فتشير أقسام الهندسة والرياضيات إلى ملاحظات لجان الطلاب في الدراسة الصيفية والتي تستدعي التطبيق من السنة الثانية للطلاب الجامعيين حتى التخرج بدءا من دراسة الخريف التالي. ويطالب المراقبون أن يكون لديهم خلفية أكاديمية مناسبة (مثلا الفصل الأول أو نهاية الصف الثاني يحتاج إلى وجود خلفية أكاديمية) كما يطالب أن يكون لديهم مهارات شخصية مناسبة (مثلا

منظمون بصورة جيدة وقادرون على التواصل بوضوح وعندهم صبر مع الطلاب عند الصعوبات) ويكون لديهم اهتمام بمساعدة الآخرين. وتتم مقابلة جميع المتقدمين بواسطة الطاقم ويتم التوظيف بعد ذلك بفترة قليلة.

يكون متاحا لكل مراقب عادة ساعتان أو ثلاث كل أسبوع، التفاصيل الخاصة بأوضاعهم وتوفرهم تم نشرها بمجالس ملاحظة الطالب. في هذه الأوقات يتمكن الطلاب الذين يحتاجون إلى مساعدة من رؤية المراقبين على أساس طارئ (بمعنى دون تحديد). يحاول المراقب في المجال الهندسي والرياضي أن يزود الدعم لأي مشكلة فنية في مساحة المادة. ولا يتوقع من المراقب أن يتعامل مع كل مشكلة موجودة. وفي جميع الأقسام يتاح أكاديميون ذوو خبرة للتزويد بمساعدة للمراقبين إن احتاجوا.

ويدل وجود المراقبين في البداية على النجاح، كما يتبين بالدليل أن الطلاب قد استخدموا هذه الخدمة بصورة جيدة خاصة عند الاقتراب من الامتحانات ونهاية وقت الفصل الدراسي. ويختلف الدعم المقدم من الطلاب المراقبين غالبا عن ذلك الذي يتم تزويده بواسطة الطاقم الأكاديمي (بمعنى أن يقوم المراقب غالبا بنفس الدورات الدراسية لمن يبحثون عن مساعدة ويستطيعون أن يضعوا منظورا مختلفا لكل مشكلة). (دافيز وفيتزهاريس Davies and Fitzharris ٢٠٠٣-٢٤)

ويمكن أن يعمل التعليم بمساعدة الزميل بعدة طرق مختلفة; ولكل واحدة منها فوائد وجميعها تتطلب مشاركة فعالة في الموضوع ونقاشات فيما بينهم ومع الآخرين (دونيلان ووالاس Donelan and Wallace، ١٩٩٨). وقدم جودلاند Goodlad (١٩٩٥) وصفا مفصلا للعديد من برامج التعليم بمساعدة الزميل.

المدارس الصيفية Summer schools

أدخلت العديد من المعاهد مجموعة من الدورات القصيرة المركزة، والتي تعطى قبل بداية السنة الأكاديمية. وهي مصممة لتحضير الطلاب للدخول إلى الدراسات الجامعية. والعديد منها يشتمل على موضوع الرياضيات، بهدف معالجة النقص في

المعرفة بين الطلاب المتقدمين للجامعات في برامج مثل الهندسة. وصممت المدارس الصيفية في العديد من الحالات لتكون مكثفة وقطعا ممتعة. ويوجد مثال على ذلك في جامعة جلاسكو كاليدونيان.

دراسة حالة: جامعة جلاسكو كاليدونيان

Case study: Glasgow Caledonian University

قررت جامعة جلاسكو كاليدونيان في ١٩٩١ إجراء مدارس صيفية قبل الدخول لتساعد في تجهيز الطلاب لدخول السنة الأولى لئلا تكون هناك فجوة في الوقت أو التأهيل. ويكون الدخول بتوصية من مدرس القبول. ولا يوجد تكلفة يتحملها الطالب وإذا تم تسجيل الطالب يستطيع أن يطالب بتكاليف السفر.

يكون في منهج الصيف مرونة بالنسبة الطلاب القادرين على الالتحاق بدورة مسائية لمدة يوم في الأسبوع وتكون من بداية الأسبوع الأول من الربيع Easter فما بعد. وكذلك خلال اليوم، من نهاية شهر يونيو. وتنتهي المدرسة الصيفية قبل التسجيل بأسبوع. وتكون نقاط الدخول الثلاثة الرئيسة هي: بعد الربيع، عند بداية الأسبوع بالنسبة للطلاب كبيري السن الذين يعودون للتعليم؛ نهاية يونيو بالنسبة للطلاب الأقل كفاءة عند الدخول، لكن الذين يتم ملاحظتهم من خلال مدرسي القبول ولديهم ضعف في الرياضيات، وعند بداية أغسطس بعد إعلان نتائج الامتحان المدرسي، وذلك بالنسبة للطلاب الذين فشلوا في الحصول على الدرجات المطلوبة المشترط عليها.

يستلم الطالب في أول يوم كتيب بيانات به جميع التفصيلات للتنفيذ والتقييم ومتضمنا ملامح الخطة للمنصب المطلوب وخريطة التقدم الفردي تعطي تفصيلات عن دروس التعليم بمساعدة الكمبيوتر(سي أيه ال) Computer Assisted Learning (CAL) لإنهائها والتقييم الذي يتم أخذه. ويتوقع الطالب المتوسط أن ينهي البرنامج خلال ٧٢ ساعة. ويتاح برنامج الكمبيوتر (CALMAT) في معظم أجهزة الكمبيوتر على شبكة

الأجهزة ويمكن بيعه على أسطوانة للاستخدام المنزلي. وبانتهاء البيانات الخاصة بالتعليم بمساعدة الكمبيوتر يتم أداء الواجب في المنزل ويدمج بالبيانات على الكمبيوتر الرئيس. ويلتزم العديد من الطلاب الذين يشترون نظام العمل في المنزل بدورات إشرافية فقط عندما يحتاجون إلى مساعدة أو حينما يريدون أن يدخلوا اختبارا. يعطى كل طالب، بالإضافة إلى خريطة التقدم التي تحتوي على قائمة دروس التعليم بمساعدة الكمبيوتر، أوراقا خاصة بالمادة مرتبطة بدروس التعليم بمساعدة الكمبيوتر ويجب أن يحتوى المنصب المطلوب على خطط تعليمية تلخص الشكل وتدريبات عملية كافية لشرح الكفاءة في كل مقطع من المنهج الفردي. كما يقوم الكمبيوتر بعمل التقييم لكن ليس عن طريق الأسئلة متعددة الاختيارات. ويمكن إتاحة اختبارات مزيفة أما الاختبارات الحقيقية فتؤخذ تحت شروط إشرافية. (كوك Cook ٢٠٠٣)

وتطورت استراتيجيات دعم الرياضيات في السنوات الحالية وكتب الأكاديميون في طبيعة الدعم والطاقم التدريسي وارتباط الطالب بالتمويل. وكانت النتيجة جمع مصادر تطويرية وتدريبات جيدة تهدف مباشرة إلى كتابة نصوص رياضية تلعب جزءا هاما في التطور المستقبلي للعديد من طلاب الهندسة.

الرياضيات وتطورات – الهندسة

Mathematics and engineering –developments

تتكيف كل جامعة مع الأمور التعليمية الخاصة بالرياضيات والهندسة. فتتخذ بعض التمرينات وبعضها تختفي فيها التمرينات وبعضها يتطور بصورة أكبر. وليس هناك حل على المدى البعيد لما يواجهه كل من الأكاديميين والطلاب مع تغير البيئة التعليمية. ومع التعامل مع أوضاع الجامعات الحالية يمكن فقط بذل الجهد لتحسين البيئة التعليمية والتأكد من أن طلاب الهندسة الذين يفتقرون إلى مهارة الرياضيات يأخذون الفرصة كاملة لتغيير محيطاتهم.

وهناك احتياج متزايد في جميع الجامعات للاهتمام بالمشاكل الحقيقية والمحتملة التي تواجه الطلاب ولكي يكون لديهم معرفة بالموارد الحالية التي تتطور لتتعامل مع الوضع. وهناك حاليا تعامل عظيم مع الدعاية حول ضرورة وجود إصدار محدد يرتبط بانتقال الطالب للتعليم العالي في مادة الرياضيات. ومن بينها كان تقرير المجلس الهندسي Engineering Council (٢٠٠٠)، قياس مشاكل الرياضيات *Measuring the Mathematics Problem*، والذي يقدم دليلا لسلسلة المحرافات لأساسيات الطلاب لمهارات الرياضيات ومستوى التجهيز لدورات تقوم على الرياضيات. وآخرون مثلIMA (١٩٩٥) وسيذرلاند Sutherland وبوزي Pozzi (١٩٩٥) وموستو Mustoe (٢٠٠٢) نظروا للمشكلة بدلالة كيفية تأثيرها على البرامج الهندسية.

يعني هذا بالنسبة للعديد من الهيئات إدراك المسائل وتعريف التغييرات المطلوبة وتنفيذ إجراءات جديدة. قامت بعض الجامعات بعمل تغييرات في منهج المستوى وطرق الإخراج والتقييم والمحتوى. وبعضها قدم مدارس صيفية لمعلومات ما قبل الدورة لتقييم الطلاب قبل الدخول. وآخرون كان التركيز لديهم على تزويد الريفيين باستمرار. وآخرون دعموا من خلال مراكز دعم التعليم الرياضي أو مراكز الارتقاء. أما البحث الذي أجري بواسطة فريق رياضيات من مراكز دعم تعليم الرياضيات Mathematics Learning Support Centres LTSN، فيشرح العديد من الأمثلة للتدريس التدريبي. وقد زودت المعلومات التي تم جمعها في أفكار ابتكارات خيالية واسعة ووضع ضوابط إيجابية داخل المناهج في إقامة طرق دعم وتقييم الإجراءات.

تطورت الاختبارات التشخيصية مثلا بسبب احتياجات تعريف نقاط الضعف المحددة في معرفة الطلاب الرياضية. وهؤلاء أيضا يزودون بمعلومات قيمة للأقسام فيما يخص الدعم المستقبلي وتطوير الطلاب. وصدرت مؤخرا دراسة متعمقة بمجموعة عمل صغيرة تمسح ١٣ فرعا من فروع الرياضيات في الولايات المتحدة تستخدم اختبارات تشخيصية، ولقد نتج عن ذلك الملاحظات الأولية الآتية:

- يحتاج الأكاديميون أن ينصحوا الطلاب حول الاختبار التشخيصي ويمدوهم بمواد مراجعة قبل الوصول.
- الغرض من الاختبار التشخيصي يجب تعريفه بوضوح (بمعنى أن لا يكون جزءا من التقييم الشكلي).
- يجب أن يكون هناك متابعة ودعم للطلاب. (كوينى وآخرون Quinney *et al.*، قريبا).

ولتمكن من الإمداد بالدعم فإن هناك احتياجا متناميا لتطوير موارد التعليم لكل من الطالب والأكاديمي .وحينما تتحول البيئة التدريسية من الناحية الأكاديمية يحدث انتقال للمعلومات لمصممي وميسري الخبرة التعليمية (شيروود Sherwood ٢٠٠١). يحتاجون بصورة عاجلة إلى موارد لدعم الدور المتطور. كما يحتاج الطلاب إلى الوصول لهذه المعاني لتساعدهم في أن يتحكموا في المواقف. ولحسن الحظ فإن هناك بعض المشاريع التمويلية المركزية التي تعمل حاليا لإنتاج هذه المادة للأكاديميين والطلاب.

يقوم المركز الرياضي – مركز دعم التعليم الرياضي بالولايات المتحدة الممول من LTSN بتطوير تمويل الطلاب مباشرة بالمواد للطلاب والأكاديميين على موقع الإنترنت www.mathcentre.ac.uk وهناك وصول مجاني لكل المواد يمكن تنزيله من الموقع على ملفات PDF بأوضح المسالك على شروح موجزة بمزيد من المعلومات التفصيلية لعناوين الرياضيات الضرورية. وهناك آليات للجامعات لإقامة أو تحسين دعمها المحلي للرياضيات والروابط للمبادرات ذات الصلة مثل فريق عمل الرياضيات LTSN Maths TEAM .

ويقدم مركز الرياضيات مأوى للأنشطة على شبكة المعلومات لمشروع دعم الرياضيات للانتقال للجامعة بصندوق التنمية في برنامج التعليم والتعلم (إف دي تي إل) the Development of Teaching and Learning programme (FDTL) Fund for يهدف إلى مراجعة وتحديث الطلاب في المهارات والمعارف الرياضية. هذا المشروع ينتج التعليم

الإلكتروني التشخيصي والمناهج ودروس الفيديو الرقمية والنصوص المصاحبة والنصوص الشارحة والتدريبات المتفاعلة لإخراجها في أسطوانة مناهج رياضية على DVD-Rom.

هناك مشروع (إف دي تي إل) آخر وهو مساعدة المهندسين في تعلم مادة الرياضيات (إتش أي إل إم) HELM (Helping Engineers Learn Mathematics) ويقوم الهدف الكلي على تقوية تعليم الرياضيات لطلاب الهندسة الجامعيين لتوفير مواد تعليمية مرنة. وكما تم التوصيف على موقع www.lboro.ac.uk/ helm فإن المشروع يطور المواد الآتية :

- أربعون كراسة تدريبات كل منها حوالي خمسين صفحة تحتوي على عناوين رياضية للمهندسين تم شرحها ببساطة وتدريبات عمل ودراسات حالة.
- تقييم بمساعدة الكمبيوتر لجميع العناوين.
- كمبيوتر تعليمي باستخدام شرائح توضيحية.

تنتج (إتش أي إل إم) HELM ومنهج الرياضيات ومركز الرياضيات كلها معا موارد ذات قيمة تقيم التخصصات الهندسية في دعم طلابها. وهناك مشاريع أخرى تأتي في المستقبل كل سنة عن طريق تمويل الفرص مثل بعثات التدريس الدراسية الدولية. كما أن لها فهرسا بحثيا على موقع WWW.LTSN.AC.UK/GENERICCENTRE/PROJECTFINDER. وعلى أي حال فهي جزء فقط من البيئة التعليمية المتغيرة بصورة دائمة. ويجب مراجعة المستوى الثابت في كل مدرسة وجامعة بواسطة الحكومة.

تسعى المراجعات مثل التحقيق في معايير مستوى (A) إلى حل الاهتمامات الرئيسة المرتبطة بتصنيف المستويات (A). كما تم إعداد الملاحظات على التقرير عن هذا التحقيق على المدى المتوسط والمدى البعيد والتي سوف تؤثر في نهاية المطاف على مدراس الرياضيات في المناهج الدراسية والمهارات الأساسية لطلاب الهندسة في المستقبل. (تومليسون TOMLINSON ٢٠٠٢)

تم إعداد مشروع آخر بواسطة برنامج TECHNO-MATHEMATICAL LITERACIES IN THE WORKPLACE بحث التعليم والتدريس لتقنية القراءة والكتابة الرياضية في مكان العمل سوف ينظر في انصهار الرياضيات وICT مع المنافسات المحددة في مكان العمل ويتوقع إعداد تقرير في ٢٠٠٦ (TLRP ,2003).

أقيمت الوظيفة -١٤ لتحقيق الرياضيات استجابة لتوصية تقرير روبرتس ROBERTS (٢٠٠٢) للتحقق من أن الولايات المتحدة لها مصدر قوي من صغار البشر لهم مهارات ومعرفة جيدة في الرياضيات تقابل احتياجات واسعة المدى للموظفين ومزيد من التعليم العالي. كما قدمت توصيات بشأن إجراء تغييرات على المناهج الدراسية، ومؤهلات وطرق التدريس بالنسبة لأولئك الذين تتراوح أعمارهم بين ١٤ فما فوق في المدارس والكليات ومؤسسات التعليم العالي (سميث SMITH ٢٠٠٤).

تنطوي التوصيات الواردة في هذه التقارير على تغييرات رئيسة سوف تؤثر على محتوى ومنهج وتعليم المهندسين في الولايات المتحدة. سيتم تنفيذ مهمة هائلة ويكون الاهتمام مع ذلك بتوفير رؤية مستقبلية بحيث تكون كل خطوة بالإمكان أن تتقدم تجاه هدف تحسين تعليم الطالب داخل المؤسسات.

وتوجد الآن لجنة Education Advisory Committee for Mathematics استشارية على المستوى الهيكلي لتعليم الرياضيات بعنوان " المشكلة الرياضية في طريقة موحدة". المركز الوطني للتفوق في مجال الرياضيات National Centre for Excellence in Mathematics Teaching سوف توفر المساندة المطلوبة بشكل كبير لتدريس الرياضيات في جميع المستويات وللطلاب في مختلف المراحل الانتقالية بما في ذلك الانتقال من المدرسة إلى الجامعة.

الخلاصة أن التعليم العالي اهتم لفترة من الوقت بمشكلة الرياضيات التي نشأت نتيجة الانخفاض السريع في مستوى الطلاب في مهارات الرياضيات بين عامي ١٩٩٠ و٢٠٠٣. وأخذت معظم أقسام الهندسة والرياضيات خطوات أحادية وتعاونية لتسهل الانتقال من المدرسة للتعليم العالي. هذا الوضع الجاري والأقسام الأكاديمية سوف

يستدعي الحاجة للاهتمام بالتطوير وضبط استراتيجيات التدريس لتوفير أفضل خبرة تعليمية ممكنة لعائد طلاب الهندسة.

إقرار شكر

Acknowledgements

يود مؤلفو هذا الفصل أن يقروا بأنهم مدينون للعديد من الناس الذين شاركوا في عمل فريق الرياضيات LTSN. وهذا يتضمن كلا من: باول تشين Paul Chin وستيف وولكر Steve Walker وفريق LTSN لعلوم الفيزياء، وايلين باكهام Packham Ellen من مركز الولايات المتحدة لتعليم المواد؛ وتوني كروفت Tony Croft من جامعة لفبره؛ ودووج كويني Doug Quinney من جامعة كيلي Keele University، ومايك باري Mike Barry من جامعة بريستول Bristol University ، وريتشارد اتكينسون Richard Atkinson من جامعة بيرمنجهام University of Birmingham، وبيجورن هاسللر Bjoern Hassler من جامعة كامبردج Cambridge University .

المراجع

References

Anderson, J., Austin, K., Barnard, T., Chetwynd, A. and Kahn, P.(2000) " Supporting student learning " *Teaching Mathematics and its Applications*" 19(4): 166-172.

Appleby, J. (2003) "University of Newcastle upon Tyne", Diagnostic testing for mathematics, LTSN Maths TEAM.

Beale, R. (2003) "Use of Mathcad to assist in the teaching of second year engineering mathematics ", *Maths For Engineering And Science*, LTSN Maths TEAM.

Challis, N. (2003) "Using technology to teach mathematics to first year engineers", *Maths For Engineering And Science*, LTSN Maths TEAM.

Christy, J. (2003) "Developing the interface between engineering and mathematics at Edinburgh University ", *Maths For Engineering And Science,* LTSN Maths TEAM.

Cook, J. (2003) "Glasgow Caledonian University mathematics summer school", Maths Support for Student, LTSN Maths TEAM.

Davies, A.and Fetzharris, A. (2003) " Student proctors: a peer support system", Maths Support for Students, LTSN Maths TEAM.

Donelan, M.and Wallace, J. (1998) "Peer- assisted learning – a truly co-operative initiative", Students Supporting Students. SEDA paper 105, Staff and Educational Development Association.

Engineering Council (2000) Measuring the mathematics problem, London: Engineering Council.

Evans, A.and Jackman, S. (2003) "Using the graphics calculator to support mathematics for engineering students", Maths for Engineering and Science, LTSN Maths TEAM.

Goodlad, S. (ed.) (1995) Students as Tutors and Mentors, London: Kogan Page.

Henry, M. (2003) "Simulation of linear and non-linear dynamic systems using spreedsheets ", *Maths For Engineering And Science,* LTSN Maths TEAM.

IMA (1995) Mathematics Matters in Engineering Southend-on-Sea: Institute of Mathematics and its applications.

IMA (1999) " Engineering Mathematics Matters, Southend-on-Sea: Institute of Mathematics and its applications.

Lewson, D. (1997) "What can we expect of "A" level mathematics students?", Teaching Mathematics and its applications 16(4) : 151-156.

Lewson, D. (2003) "Conventry University ", Diagnostic Testing for Mathematics" LTSN Maths TEAM.

Lawson, D.Croft, A.C. and Haplin, M. (2001) Good practise in the Provision of Mathematics Support Centers, LTSN Maths, and Stats &or Network.

LMS (1995) "Tacking and mathematics problems" London: The London mathematics Society, Institute for Mathematics and its applications and the Royal Statistical Society.

Malpas, R.S. (2000) Yhe Universe of Engineering- A UK Perspective, London: The Royal Academy of Engineering.

Mustoe, L. (2002) "Paper over the cracks? Mathematics for engineering undergraduates ", Mathematics Today 38 (3): 67-69.

Ponton, J. (2003) "Process systems engineering- a course in computing and numerical methods for second year chemical engineers", Maths for Engineering and Science, LTSN Maths TEAM.

Quinney, D. et al (forthcoming) Action Research on Diagnostics Testing and Student Suppoprt Project Report.

Roberts, G. (2002) Set for success: the supply for people with science, technology, engineering and mathematics skills, London: HM Treasury.

Savage, M.D. and Roper, T. (2003) " Streaming undergraduate physicists for mathematics teaching in year one ", *Maths for Engineering and Science* LTSN Maths TEAM.

SEFI Mathematics Working Group (2002) " Mathematics for the European Engineer: a curriculum for the twenty – first century, Brussels, Belgium: SEFI HQ.

Sherwood, C. (2001) Knowledge Management for E-Learning. International Conference on Engineering Education, Oslo, Norway.

Smith, A. (2004) "Making mathematics count", the Report of Professor Adrian Smith s Inquiry into post -14 Mathematics education, available online at http:// www. Maths inquiry .org.uk/report/toc.html (accessed 22 May 2004).

Steele, C. (2000) "A streamed system of mathematics course II" Paper from the Institute of Mathematics and its Application (IMA) Conference Mathematical Education of Engineers III, Loughborough.

Sutherland, R. and Pozzi, S. (1995) " The Changing Mathematical Background of Undergraduate Engineers, London: Engineering Council.

Royal Society, The (1998) " Engineers- the supply side: execute summary", available online at http:// www. Royalsoc.ac.uk/files/ statfiles/document-62.pdf (accessed29 April 2003).

Thomas, C. (2003) "A game show format for first year problem classes in mathematical modelling ", Maths for Engineering and Science, LTSN Maths TEAM.

TRLP (2003) "Techno-mathematical literacies in the workplace ", Teaching and learning research programme, available online at http://www.tlrp.org./proj/phase111/hoyles.htm(accessed 14July 2003).

Tomlinson, M. (2002) Inquiry into A-level Standards, London: Department of Education and Skills.