دار المنظومة
DAR ALMANDUMAH
الرواد في قواعد المعلومات العربية

العنوان:	الرياضيات في خدمة البيئة و الطبيعة
المصدر:	المجلة العربية العلمية للفتيان
الناشر:	المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم
المؤلف الرئيسي:	سعد الله، أبو بكر خالد
المجلد/العدد:	مج 10, ع 19
محكمة:	نعم
التاريخ الميلادي:	2006
الشهر:	يونيو
الصفحات:	36 - 48
رقم MD:	100961
نوع المحتوى:	بحوث ومقالات
قواعد المعلومات:	EduSearch
مواضيع:	علوم الفضاء، الرياضيات ، البيئة، الطبيعة، التلوث، التغذية، الأحوال الجوية، درجات الحرارة، الحيوانات، الغابات، الكوارث الطبيعية، الإستهلاك، تلوث التربة، النظريات الرياضية، الكوارث الطبيعية
رابط:	http://search.mandumah.com/Record/100961

© 2021 دار المنظومة. جميع الحقوق محفوظة.
هذه المادة متاحة بناء على الإتفاق الموقع مع أصحاب حقوق النشر، علما أن جميع حقوق النشر محفوظة. يمكنك تحميل أو طباعة هذه المادة للاستخدام الشخصي فقط، ويمنع النسخ أو التحويل أو النشر عبر أي وسيلة (مثل مواقع الانترنت أو البريد الالكتروني) دون تصريح خطي من أصحاب حقوق النشر أو دار المنظومة.

الرياضيات في خدمة البيئة والطبيعة

د. أبو بكر خالد سعد الله

كثيرا ما نسمع هنا وهناك بأن الرياضيات جافة وتفتقر إلى التطبيق، وبأنّ أهلها يكتفون بالبرهان على نظريات عديمة الفائدة ويضعون مفاهيم لا علاقة لها بالواقع وبما نشاهده كل يوم. وبالموازاة مع ذلك، لا يشك هؤلاء في أن الفيزياء والكيمياء والبيولوجيا والمعلوماتية وعلم الفضاء والطب والصيدلة في تقدم دائم. ذلك أن التقدم التقني والتقاني والصحي يظهر لعامة الناس النجاحات التي حققتها هذه الفروع العلمية.

ويتساءل الكثيرون باستغراب، ومنهم رجال الثقافة، عندما يتعلق الأمر بالرياضيات: أما زال الرياضيون يبحثون عن الجديد ويكتشفون النظريات بعد فيثاغورس وطالس وأمثالهما؟ والواقع أن الثقافة ذات الطابع الأدبي باتت الثقافة الوحيدة المسيطرة، إذ استطاعت أن تبسط نفوذها وتأثيرها على الأذهان إلى حد أنها حجبت عن جل الناس الوجه الآخر للثقافة. وحتى تتأكد من ذلك فما عليك إلا أن تتلفظ بكلمة "ثقافة" وسط جمهور من الحضور، ثم تسأل عما تبادر إلى الأذهان عندما نطقت بتلك الكلمة. من المؤكد أن المستمع قد فكر في الأدب والشعر والرسم والموسيقى والتاريخ ومختلف أنواع الفنون، وربما الجغرافية والرياضة البدنية... وربما أيضا الثقافة البيئية.

نود من خلال هذا المقال تقديم إشارات – بعيدا عن الشأن الثقافي، وبدون الدخول في أية متاهات حسابية – توحي بمدى ارتباط الرياضيات ببعض مجالات الحياة ذات الصلة بالطبيعة والفضاء والبيئة والتلوث والغذاء والكوارث... والهدف من ذلك هو إقناع القارئ بأن باع الرياضيات طويل وخفي في حالات كثيرة عندما يتعلق الأمر بحل المسائل المطروحة في حقل البيئة والطبيعة، دون أن نشعر بذلك أحيانا، أي

دون أن نعتبر أن التقدم الذي تسجله تلك المعارف مرتبط بإسهام الرياضيات فيه.

الأرض والسماء

عندما يرغب العلماء والمهندسون في استكشاف نقائص في بعض المسائل من خلال الإشارات التي ترسلها أجهزة تقنية متواجدة على سطح الأرض، أو في باطنها، أو في الفضاء، فإنهم يحتاجون إلى نظريات رياضية حديثة تبحث في ما يسمى بـ "المسائل العكسية" : انطلاقا من معرفتنا بأن إدخال معلومات معينة تنبثق عنه نتيجة س، فما هي المعلومات التي ينبغي إدخالها إذا ما أردنا الحصول على نتيجة ص؟ وعلى سبيل المثال يلجأ علماء الزلازل إلى هذا الفرع الرياضي عندما يرغبون في الكشف عن المميزات الجيولوجية انطلاقا من دراسة انتشار الأمواج المرسلة من مواقع الانفجارات الباطنية.

وتدخل الرياضيات بقوة في مجال الفضاء، إذ لا يعقل أن نطلق قمرا صناعيا مثلا دون زاد كبير من الرياضيات، ولا يمكن وضع هذا القمر على مساره النهائي والتحكم في حركته عن بعد دون اللجوء إلى نظريات شتى من فروع الرياضيات. وليس سرا بأن الأقمار الصناعية صارت تستخدم في عدد متزايد من المهام، منها علم البحار والمحيطات، وعلم البيئة، والأحوال الجوية... إضافة إلى الاتصال اللاسلكي، والتلفزة، والجوسسة العسكرية والاقتصادية، وعلم الفلك... الخ. وحتى تؤدي هذه الأقمار دورها ينبغي التحكم فيها وفي مواقعها بدقة تحسب بالسنتمتر، وهي على بعد مئات الكيلمترات. ذلك هو موضوع من مواضيع فرع الرياضيات المسمى "التحكم الأفضل".

ومن جهة أخرى فعندما تريد تحديد موقعك في الفضاء أو على الأرض باستخدام مختلف الأجهزة فإنك تحتاج إلى حل مسائل رياضية مرتبطة بعلم الاحتمالات، إذ ينبغي عليك العمل على تقليص هامش الخطأ لكل جهاز تستعمله، وهذا استنادا إلى جملة المعلومات التي تصلك من مجموع الأجهزة.

علينا أن ننبه أيضا إلى أهمية الصورة: عندما تكون لدينا معطيات فإننا نحتاج أحيانا إلى مشاهدتها من خلال رسوم في شكل منحنيات أو سطوح أو حجوم كما هو الحال لدى علماء الفضاء أو الأطباء الذين يريدون رسم العظم أو الورم أو الكائن الدخيل على الجسم انطلاقا من صور راديوية. فهم يرسلون إشعاعا في عدة اتجاهات ثم يحسبون الإشعاع الداخل ويقارنونه بالإشعاع الخارج ويعيدون هذه العملية عدة مرات فيستطيعون – بفضل علم الاحتمالات، وهو فرع

هام من فروع الرياضيات – تحديد صورة الكائن. تلك هي الطريقة التي يعمل بها جهاز "الماسح" (السكنير). وهناك أيضا العلماء الذين يبحثون عن شكل كائن انطلاقا من معطيات رقمية، مثل شكل مواقع معينة في قاع البحر. كل ذلك يستدعي معلومات وأبحاثا رياضية كثيفة زيادة عن خدمات الحاسوب.

ذكرنا آنفا الأحوال الجوية... لنعد إليها قليلا ونتساءل: هل من اللازم الحديث عن وجود الرياضيات في متطلبات دراسة الأحوال الجوية؟ والأحوال الجوية لا تقتصر على تحديد درجة الحرارة، بل تشمل العديد من المعطيات، منها التنبؤ بقدوم الأعاصير وبهبوب الرياح واتجاهاتها وشدتها، وبالاضطرابات الجوية، ونزول الأمطار والثلوج، وأحوال البحار والمحيطات، وحركة السحب، وحالات الكسوف والخسوف... الخ. كل ذلك يتطلب تقنيات رياضية حديثة ما فتئت تتحسن. وفي أغلب الأحيان تدخل المعلومات المصورة وغيرها في حواسيب ضخمة لتعالج وفق نموذج رياضي معيّن اعتمادا على قواعد وعلاقات رياضية جد معقدة، وعلى معادلات تنمذج الحالات الجوية. ولا زال الرياضيون إلى حدّ الساعة يكتشفون خواص حلول تلك المعادلات... وهو ما جعل التنبؤ بالأحوال الجوية يزداد دقة يوما بعد يوم.

وهناك موضوع آخر تهتم به الأحوال الجوية، وهو التنبؤ بما إذا كانت الكرة الأرضية تزداد حرارة، وإلى أية درجة سيكون ذلك على المدى البعيد؟ ولمحاولة الإجابة عن هذا السؤال يقوم علماء الجو بمعية الرياضيين بإنشاء نماذج رياضية معقدة (تصاغ في شكل معادلات وجمل معادلات) تمكنهم من الحصول على معلومات معيّنة تخص الكرة الأرضية وما سيحدث بها خلال السنوات القادمة.

والواقع أن بعض بقاع الأرض تكون فيها درجة الحرارة 50 درجة فوق الصفر في حين تنزل في أماكن أخرى إلى 50 درجة تحت الصفر. وهكذا نجد فارقا في درجة الحرارة يساوي 100 درجة. لكن المعدل على وجه الأرض يقارب 8 درجات. ويعتبر المختصون تزايد درجة الحرارة على وجه الأرض من الأمور الخطيرة على البيئة، وهم الآن يعتقدون أن المعدل قد ازداد بـ 0.6 درجة خلال القرن الماضي، وهذا يتسبب فيه الإنسان واستهلاكاته وما ترتب عليها من تلوث للبيئة.

وفي هذا السياق تستغل النماذج الرياضية المتطورة لتحديد هذه النسب وللتنبؤ بما سيحدث من كوارث بيئية. ومن تلك الكوارث تناقص المساحات المغطاة بالثلوج وتزايد الأمطار في مناطق معينة من الأرض، وهو ما يهدد بعض

أنواع الحيوانات والنباتات بالانقراض. ناهيك عما سينجر عنها في ما يخص حياة البشر، سيما في العالم الثالث. ومن ثم فدراسة التوقعات أمر ضروري لمواجهة ما قد يحدث من مآسْ. وهنا تتدخل الرياضيات مرة أخرى لتنمذج الأحداث في شكل معادلات ومسائل عددية غير بسيطة تسمح دراستها بتوقع المستقبل قبل حدوثه، وتتبع التطورات الجارية على مستوى الكوكب عبر خرائط ترسم على شاشة الحاسوب.

الحيوانات والغابات

الحيوانات: لا شك أنك تساءلت لماذا تكون أجسام الحيوانات كالنمر والحمار الوحشي مخططة في حين نجد حيوانات أخرى كالفهد والزرافة تحمل بقعا؟ ولماذا تكون مساحات تلك البقع تختلف من حيوان إلى آخر؟ ولماذا لا نجد تلك البقع على أجسام الفيلة والفئران؟ ولماذا نلاحظ في حيوانات أخرى أنها تحمل بقعا على أجسامها بينما نجد أذيالها مخططة؟ لكن أن نجد الذيل مبقّعا والجسم مخططا فهذا ما لم تره العين بعد؟!

لقد استطاعت الرياضيات أن تدلو بدلوها في هذا الموضوع، وجاءت بإجابات شافية لجل تلك التساؤلات. إنها تمكنت من وصف تفاعل وانتشار مادتين كيميائيتين على الجسم، إحداهما تلوّن الجلد والأخرى تعيق التلوين، أي مادتين إحداهما تزيد في إنتاج بروتين الميلانين الملوّبن للجلد والأخرى تعرقل إنتاج هذا البروتين. وهكذا تبين المعادلة الرياضية المتعلقة بهذه المسألة أن أشكال البقع التي تظهر على بعض الحيوانات تتوقف فقط على حجم وشكل المنطقة المتواجدة فيها على الجسم. وقد يسأل سائل: لماذا لا تتشكل على أجسام النمور والفهود نفس البقع مادامت أجسامها متشابهة؟ الجواب هو أن تلك البقع لا تظهر في نفس الفترة خلال مرحلة نمو الجنين.

وتبرهن المعادلة الرياضية على أنه لا تظهر بقع عندما يكون الجنين صغير الحجم، وأن البقع تكون على شكل خطوط عند بلوغ حجم الجنين مقدارا معينا ولا تظهر البقع إلا عندما يكبر حجم الجنين بكفاية. ومن ثم نستنتج تفسيرا لعدم وجود الخطوط والبقع على أجسام الفئران والفيلة. وقد ذكرنا أن المعادلة تبيّن أن شكل الجسم عامل أساسي في تحديد شكل البقع، وهي تبين أن تلك البقع تتحول إلى خطوط عند الانتقال من الجسم إلى الذيل لدى بعض الحيوانات. وهكذا يبدو أن نفس المعادلة الرياضية تتحكم في كيفية انتشار البقع والخطوط على أجسام الحيوانات بما فيها أجنحة الفراشات وأنواع الأسماك.

الغابات: ما هو تأثير المناخ وتغيراته على نمو الشجر؟ كيف يمكن الحفاظ بقدر الإمكان على الغابات؟ ما الذي يؤدي إلى اندثار الغابات؟ تلك أسئلة تستدعي الإجابة عنها التيه في النمذجة الرياضية، وفي هذه النمذجة تدخل المعادلات التفاضلية الجزئية التي تصف العديد من الظواهر الطبيعية وغيرها من الظواهر التي تتغير بتغير الزمان والمكان.

ومن المعلوم أن التعقيدات التي تطرحها النمذجة في الغابات ناجمة عن كون نمو كل شجرة يرتبط ارتباطا وثيقا بخصوصياتها وكذا بما جاورها. أما الزمن فهو يحسب في هذه النمذجة بعشرات – بل بمئات– السنين عندما يتعلق الأمر بأعمار الأشجار، بينما يحسب بالثواني وأجزائها إذا ما تعلق الأمر بالتفاعلات بين مكونات أوراق تلك الأشجار. إنه وضع يعقّد وضع النمذجة بسبب عدم تجانس سلم الزمن. ولذا وجب تطوير طرق رياضية ومعلوماتية جديدة قادرة على التحكم في هذا الوضع. وقد سجّل تقدم واضح في هذا المجال إبان أواخر القرن العشرين.

الإغاثة والاستهلاك والتلوث

الإغاثة : عندما تصاب منطقة بكارثة طبيعية (أعاصير، فيضانات، زلازل...) يتعين على السلطات تقديم يد المساعدة للمتضررين. كيف؟ في أغلب الأحيان يكون نقل الأغذية وغيرها صعبا، ولذا من المهم أنْ نفكر في تقليص عمليات النقل ما أمكن. كيف نقلص؟ علينا أن نقدر الحاجيات والكميات الغذائية المطلوبة وكمية الغذاء الموجودة في عين المكان قبل الكارثة. ثم يأتي بعد ذلك توزيع المؤن في مدة وجيزة. كيف؟ إنها مسائل حسابية ورياضية ليست بسيطة لمن يريد أن يعمل بها للتحكم في الوضع بفعالية، سيما إن كان المنكوبون يتنقلون من منطقة إلى أخرى.

الاستهلاك: الناس يستهلكون ويرمون كل يوم أطنانا من الفضلات في المدن والقرى، فتتلوّث البيئة في كثير من الأماكن بسبب هذه النفايات. ولذا تسعى السلطات إلى جمع تلك الفضلات دوريا وفرزها وإتلافها بطرق مختلفة. وفي الدول المتقدمة تدرس الفضلات ولا ترمى كلها في نفس السلة بل تصنف ليسهل التخلص منها واستغلالها.

إن الرياضيات تتدخل بقوة في إدارة الفضلات وتصفيتها وإزالتها. فهناك حسابات دقيقة توضح الكيفية التي تمرّ بها الشاحنات الجامعة للنفايات: متى تمرّ، وبأي ترتيب زمني، حسب الشوارع، بمراعاة تقاربها وحجوم الفضلات المتواجدة فيها.

ثم إن الرياضيات تستخدم في معالجة الفضلات داخل المصانع المخصصة لها، سواء لإزالة تلك الفضلات بالردم أو الحرق أو لاسترجاعها.

كما أن الحسابات تمكّن من تحديد المدة التي يمكن خلالها استخدام الأماكن المخصصة لردم الفضلات، لأن النفايات المكدسة يتقلص حجمها بمرور الزمن بحكم ثقل وزنها وتراصها وتفاعلها فيما بينها. وبطبيعة الحال فإنه يمكن – دون اللجوء إلى الرياضيات – جمع النفايات في شوارع المدينة وردمها في الأماكن المخصصة ومعالجتها لاسترجاع البعض منها، لكن الدول المتقدمة التي تستعمل المعادلات الرياضية وقواعدها تجعلها تكسب الفعالية في أداء هذه المهمة، إضافة إلى اقتصاد الكثير من المال يوميا ناهيك عن نظافة المحيط واسترداد بعض النفايات بأقل ثمن.

تلوث التربة: تتلوث البيئة والتربة إثر النشاط الصناعي في أية منطقة في العالم. وتلوث التربة بهذه الطريقة غالبا ما يكون خفيا، ولا نراه بالعين المجردة. وربما تتلوث التربة دون نشاط... خذ مثلا محطات البنزين عبر المدن: فكل محطة تضم عديد الخزانات الأرضية، وكثير منها تسرب البنزين دون علم صاحبها. تعدّ هذه الكميات المتسربة خطرا على البيئة لأنها تنتشر في بقع تحت الأرض، ثم تظهر آثارها البيئية فوق الأرض وفي باطنها.

وإليك مثالا آخر: تطلى قواعد الأعمدة الخشبية للهاتف والكهرباء في المدن بمواد كيميائية حتى لا يتلف الأساس وتسقط الأعمدة. لكنه غالبا ما تلوث تلك المواد التربة المزروعة فيها بعد تساقط الأمطار والاضطرابات الجوية.

إنه أمر لا يمكننا إهماله في القرن الحادي والعشرين، لأن أثره على البيئة والبشر بالغ الخطر. وللحد من هذه الخطورة، يستنجد المختصون بالرياضيات. هناك تقنيات عديدة لتطهير التربة منها الغسل والحرق وغيرهما، لكن هذه التقنيات بطيئة في بلوغ الهدف، وهي نفسها ملوثة للتربة إلى حد ما. ولذا وجب إيجاد كيفية بيولوجية تعجّل عملية تطهير التربة. فلولا هذا التعجيل لدامت عملية التطهير في بعض الحالات عدة قرون.

تمكن الرياضيات من القيام بالحسابات اللازمة لتقليص تلك المدة إلى شهور معدودات! وبعبارة أخرى فعملية التعجيل بالتطهير تتمثل في تقديم ما يلزم لأنواع من البكتيريا لتتكاثر حتى تقضي على البكتيريا الأخرى الملوثة والمضرة بالتربة. أين تتدخل الرياضيات بالتحديد؟ إنها تتدخل في تقدير مستلزمات النوع الأول من البكتيريا ليتكاثر بعدد يتناسب مع كمية البكتيريا الملوثة بمراعاة كثافتها ونوعها وخصوصياتها.

تختفي الرياضيات في كل مكان، بما في ذلك أطباق الطعام. تصور مثلا إنسانا أخذ زاده معه وراح يتجول في منطقة بلغت درجة حرارتها 30 درجة تحت الصفر. إنّه لا بدّ لذلك الإنسان أن يأكل باستمرار لكي يتزوّد بالطاقة الكبيرة التي تجعل درجة حرارته تنتقل من 30 درجة تحت الصفر إلى حوالي 37 درجة فوق الصفر. كما أن الهواء الذي تستنشقه ينبغي أيضا أن تتحول درجة حرارته وأن تزيد بحوالي 67 درجة.

يتطلب ذلك من المتجوّل في عصرنا هذا التزود بمأكولات مجففة عموما. ألا تعتقد أن الرياضيات ستكون حاضرة في عملية التجفيف؟ لقد تطورت تقنيات تجفيف المأكولات بشكل كبير، وصارت تراعي فترات الحفاظ عليها (ظروف الصيف ليست كظروف الشتاء مثلا، الرطوبة، الهواء، الضوء، ...). هناك على العموم طريقتان مختلفتان لتجفيف المواد الغذائية. كما أن هناك تغليفا يحمي من الضوء والرطوبة والهواء، وهناك تغليف يساعد على إعادة المادة الغذائية إلى حالتها الأولى بعد وضع المادة (وهي مغلفة) في الماء الساخن.

تكمن إحدى طرق التجفيف في إجرائها في وسط حار. أما الأخرى فتجرى في وسط بارد. وقد اكتشفت هذه الأخيرة من قبل هيئة الناسا الفضائية: تقوم في البداية بتجميد المادة الغذائية فتحافظ على خصائصها الغذائية، ثم تجفف المادة في مكان خال من الهواء. ومن ثم تتحوّل بلورات الجليد إلى بخار دون المرور بالمرحلة السائلة. وميزة هذه الطريقة أنها تحافظ على كافة الخصائص الغذائية للمادة بحيث يشعر الشخص عند تناولها بأنه يأكل طعاما طبيعيا طازجا. ينبغي أن نلاحظ بأن الطريقتين المذكورتين في تجفيف المأكولات لا تخلو من الرياضيات وحساباتها الدقيقة.

وبصورة عامة فإن ما نتناوله من طعامنا اليوم لا ينزل في صحوننا مباشرة من المزرعة بل يمرّ بعدة مراحل من التحضير والمعالجة والتعليب أو التغليف. وخلال كل تلك المراحل تتم مراعاة قواعد حفظ الطعام، من طعم، وعدم تأثر بالهواء والرطوبة. هل يعلم القارئ أن كل ذلك تسيّره معادلات رياضية في غاية التعقيد؟

فطرق التصبير المستخدمة في الصناعة الغذائية تحرص على منع أو تأخير (بقدر المستطاع) فساد المواد الغذائية المصبرة، سواء على المستوى البيولوجي أو البيوكيميائي أو الميكربيولوجي. لا بد من حسابات رياضية دقيقة للحصول على أفضل النتائج باختيار تصبير وتغليف مناسبين.

وهكذا يتطلب حساب تحول الحرارة خلال عملية تسخين أو تبريد المواد الغذائية، في بعض الأحيان، الانتقال إلى درجة حرارة مرتفعة، مثلما يحدث في عملية "البسترة" التي تقضي على أعضاء مجهرية غير مرغوب فيها. ويكون التبريد (أو التجميد) في ظروف أخرى هو الذي يسمح بتقليص سرعة تزايد البكتيريا. وفي كل الأحوال نلاحظ أن العملية تتطلب حسابات رياضية عديدة.

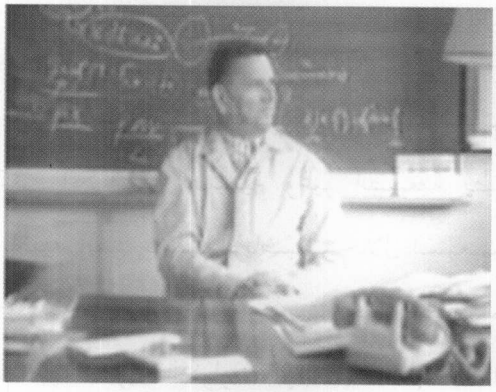
والملاحظ أن الشركات المتقدمة المختصة تلجأ أحيانا إلى بيع الخضر والفواكه بطريقة تمكنها من معرفة مدى تأثير الحرارة والبرودة على المواد الغذائية المخبأة أو المتنقلة ودرجة تسممها. وتكمن هذه الطريقة في لصق مؤشرات على أكياس تلك المواد الغذائية تتلون بألوان خاصة عندما تتغير درجة الحرارة... فإذا لاحظ المراقب أو المستهلك لونًا معينا على مؤشر الكيس علم أن تلك المادة الغذائية مرّت بدرجة حرارة ممنوعة، وبالتالي صارت غير صالحة للاستهلاك. كما يوضح المؤشر المدة التي تعرضت فيها المادة إلى درجة الحرارة الممنوعة. ومن جهة أخرى هناك مؤشرات توضع على الغلاف تبيّن مدى تواجد مواد مضرة بالصحة في تلك المادة الغذائية. كل هذه التقنيات الكيميائية تم ضبطها بناء على حسابات دقيقة مستمدة من مفاهيم الرياضيات الحديثة لا زال البحث في تحسينها جاريا.

قصة نظرية للكوارث

دعنا نستعرض هنا بعض ملامح نظرية أرادت أن تقنن الكوارث الطبيعية وغير الطبيعية بطريقة رياضية. لقد عاشت الرياضيات خلال السبعينيات جوا ساخنا بظهور نظرية جذبت إليها الأنظار سماها صاحبها نظرية الكوارث catastrophe theory. ولأول مرة وجدت نظرية رياضية تغطية إعلامية واسعة النطاق في كبريات الصحف العالمية. إنها نظرية أثارت حماس الباحثين لكنها سرعان ما خيبت آمال الطامحين.

وصاحب هذه النظرية هو الرياضي روني توم Thom (1923–2002) الذي نال شهادة الدكتوراه في الرياضيات سنة 1951. وبعد إنجاز العديد من البحوث أصيب بحالة انهيار سنة 1957 حيث لاحظ عجزه في تتبع التقدم الكبير الذي تحققه الرياضيات يوما بعد يوم. وعندئذ توقف توم عن البحث وبدأ يفكر في إيجاد تطبيقات لنظريات رياضية يلم بها إلماما جيدا. وبذلك اتجه نحو اكتشاف "نظرية الكوارث" التي توصل إليها بعد عشر سنوات من الجهود.

وأحرز توم على ميدالية فيلدس سنة 1958 (التي تمثل أعلى تتويج في حقل الرياضيات يعادل جائزة نوبل في فروع المعرفة الأخرى).



غوني توم

كريستوفر زيمان

وفي سنة 1967 شرع توم في تأليف كتاب انتهى منه سنة 1968 بعنوان "الاستقرار البنيوي وتكوّن الأشكال" لكنه لم ينشر بسرعة. فقد أرسل المخطوط إلى دار "بنيامين" الأمريكية التي قبلت نشره، إلا أن إفلاس هذه الدار أخّر نشر الكتاب فاضطر توم إلى استرجاع المخطوط ومراسلة دور نشر أخرى. وهكذا صدر الكتاب سنة 1972 عن الدار الأمريكية أدسون وسلي. وخلال تعثر طبع الكتاب حصل بعض الباحثين على نسخ منه قبل الطبع. وتحمس البعض منهم لمضمون هذا الكتاب الذي يعرض لأول مرة نظرية الكوارث. ومن بين هؤلاء المتحمسين البريطاني كريستوفر زيمان Zeeman.

وقد تعمق زيمان في تحليل محتوى كتاب توم حتى أنه قال " إن مدلول كلمات توم لا يدرك إلا إذا كتبنا تسعة وتسعين سطرا بين كل سطرين من سطوره ". وتمكن زيمان من تطوير نظرية توم تطويرا كبيرا جعلتها تنطلق كالقذيفة من الناحية الإعلامية.

والواقع أن الحديث العلني عن نظرية الكوارث قد ظهر في وسائل الإعلام حوالي سنة 1970. وفي هذا السياق عنونت صحيفة " نيوزويك " إحدى مقالاتها بـ "ثورة في الرياضيات"، بينما ذهبت صحف أخرى إلى التأكيد بأن اكتشاف هذه النظرية أهم من اكتشافات نيوتن. وفي تلك الفترة أصبحت نظرية الكوارث موضة العلماء والباحثين.

ترتبط نظرية الكوارث بمفهوم الشذوذ الذي يظهر كلما مارسنا ضغطا على جزء من الفضاء.

فأنت إذا ضغطت على طرف قميصك فستظهر عليه بعد الضغط العديد من الطيّات. كيف يعبر المختصون عن هذه الظاهرة البسيطة؟ إنهم ينصّون على القانون التالي: إذا خضع جزء من الفضاء لقيد أو ضغط، فإنه يتقبّل هذه العملية باستثناء عدد من النقاط يحشد فيها كل مميزاته الأولية. والمقاومة للضغط تكون عند هذه النقاط الشاذة.

ما مفهوم الكارثة؟ يسمي الباحثون كارثة كل انتقال مفاجئ من حالة إلى حالة أخرى. فالانتقال من مكان نقي إلى مكان ملوث (أو العكس) يعتبر كارثة، كما أن الانتقال من حافة الطاولة الخشبية إلى الفضاء الهوائي المحيط بها يعتبر كارثة، لأن خشب الطاولة يتحول خلال الانتقال إلى هواء الفضاء المجاور! وبصورة عامة تحدث كارثة كلما حدث انقطاع. خذ مثلا سحابة في السماء محددة المعالم: إن الانتقال من حافتها إلى الفضاء المجاور يمثل كارثة.

وقد صنف توم أشكال الكوارث إلى سبع "كوارث أولية" (وهي الطيّة وجملة الطيّات وذنب طائر السنونو والفراشة والسرّات الثلاث). وأدى ذلك إلى إعجاب المهتمين بالنظرية وحاولوا تطبيقها على مواضيع مختلفة.

وهكذا صدرت بعد هذا التصنيف مئات المقالات العلمية وشبه العلمية تخوض في نظرية الكوارث وتطبيقاتها. ومن بين المواضيع التي عالجها الباحثون نبضات القلب وعلم النفس التجريبي وعلم الأجنة واللسانيات والاقتصاد، بالإضافة إلى مجموعة من المواضيع ذات الصلة المباشرة بالهندسة والفيزياء. ولعل المواضيع الأكثر إثارة والتي تناولها الباحثون في نظرية الكوارث هي تأثير المشروبات الكحولية على سائقي السيارات العمومية وتمرّد المساجين وسلوك رجال الأعمال في البورصة وعدوانية الكلاب وسلوك مختطفي الطائرات. كما اهتم العلماء بوضع نماذج لكيفية اشتغال الدماغ ولحدوث اضطرابات عقلية.

من نتائج نظرية الكوارث

ولمزيد من التوضيح حول انشغالات نظرية الكوارث نسوق المثال التالي الذي درسه زيمان عندما عالج سلوك الإنسان المبدع. فقد ميّز زيمان هذا السلوك بثلاث خصائص هي: المهارة والشغف والنجاح. ثم راح يقيّم العلاقات بين هذه الخصائص مستعملا مصطلحات نظرية الكوارث وتصنيفها فتوصل إلى النتائج التالية:

- إذا كان للإنسان نصيب كاف من الشغف وتزايد نجاحه فإنه ينتقل من "فئة المجانين" إلى "فئة العباقرة".

- إذا تزايد الشغف بدون تزايد النجاح فإن الإنسان يصاب بكارثة تتمثل في انتقاله إلى "فئة المجانين".
- إذا كان الشغف ضعيفا فإن النجاح يتزايد ببطء حسب تزايد المهارة.
- إذا كان الشغف قويا فغالبا ما تحدث كوارث حيث أن النجاح لا يزداد عموما بشكل منتظم وإنما يتغير تغيرات مفاجئة حسب درجة مهارة الإنسان.
- إذا تزايد الشغف بدون تزايد مماثل للمهارة فإن ذلك يؤدي إلى كارثة، حيث يسقط عامل النجاح سقوطا حرا ويصبح الإنسان من فئة المجانين.
- إذا كان الشغف قويا في لحظة معينة فقد تكون لفئتي المجانين والعباقرة نفس المهارات. وما يميّز بينهما هو ماضيهما ودرجة نجاحهما في تلك اللحظة.

وبصفة عامة فإن طريقة تطبيق نظرية الكوارث على أية ظاهرة طبيعية تتم وفق الخطوات التالية:

- تحديد العوامل الرئيسية التي تتحكم في هذه الظاهرة.
- تحديد مواقع التوازن (هذه المواقع، عند الرياضيين، هي سطح ذو أبعاد تتعلق بعدد العوامل).
- "إسقاط" مواقع التوازن على العوامل الرئيسية.

وهذا يعني تثبيت بعض العوامل وترك البعض الآخر متغيرا. ومن ثم تبرز جميع مواقع الكوارث في النقاط الشاذة التي تظهر على الخطوط البيانية.

والواقع أن الأعمال حول نظرية الكوارث تنقسم إلى قسمين: قسم عملي وتطبيقي ركز عليه زيمان كالمثال الذي سقناه آنفا، وقسم ثان يهتم بالجانب الفلسفي وهو الجانب الذي ركز عليه توم.

وقد برز الأسلوب الوصفي لصاحب هذه النظرية في رسم خارطة جغرافية تحدد موقع كل علم بالنسبة للعلوم الأخرى ومواقع بعض المفاهيم الرياضية والفلسفية. وبدأ توم هذا الوصف بالتساؤل: ما الذي يحدّ الصواب؟ أهو الخطأ؟ ويجيب: لا، إنه الإدراك، ثم يمضي في وصفه الجميل والدقيق:

"تصور قارة يحدها جنوبا محيط، هو بحر "التفاهة" أو "اللادلالة". وعلى سطح القارة يجري نهر هو "نهر الإدراك" يقع الصواب على ضفته الشرقية والخطأ على ضفته الغربية. وإذا سرت بجانبه في اتجاه مصبّه (في بحر التفاهة) فستجد على يمينك الغموض والإبهام، وعلى يسارك تنتصب الحقائق التي لا يختلف فيها اثنان. وستشاهد بجوار دلتا النهر مبنى "تحصيل

الحاصل" حيث يقيم رجال المنطق. وإذا تركت وراءك بحر التفاهة واتجهت شمالا على ضفة نهر الإدراك تلاحظ ممرا يصعد نحو معبد صغير هو مكان إقامة الرياضيات، بينما تشاهد على يمينك مقر العلوم الدقيقة : علم الفلك بمراصده فوق الأراضي والجبال المحيطة بالمعبد. وفي أقصى اليمين تربض آليات الفيزيائيين ومخابر البيولوجيين. ومن ثم نرى جدولا صغيرا يصبّ في سيل جارف هو سيل العلوم التجريبية الذي ينتهي مجراه في بحر التفاهة. وإذا انتقلت إلى يسار نهر الإدراك فسيصادفك طريق واسع يصعد نحو الشمال الشرقي يؤدي إلى حي الآداب والفنون. تابع طريقك وستصل إلى سهل الأساطير والخرافات ثم إلى مملكة العلوم الأنثربولوجية. وهناك ستشاهد سلسلة جبال شاهقات تقيم فوقها التناقضات واللامعقولات. وبجوار قمة أعلى جبل من هذه الجبال يضيع إدراكنا للمتضادات بسبب الإفراط في الإدراك الكوني الذي ينقص الحياة ويجعلها مستحيلة."!

وعلى هذه الخارطة مثّل توم محطة الشعر بسلسلة جبال لا تبعد كثيرا عن سلسلة الجبال السابقة. كما مثل الحقيقة بسلسلة جبال أخرى تقع جنوب محطة الشعر وشمال موقع العلوم الدقيقة وشرق الظواهر المتغيرة. وتوضيحا لهذا الوصف ينبّه توم إلى أن التمييز بين الخطأ والصواب لا يتحقق إلا إذا كنا على مقربة من نهر الإدراك. أما إذا ابتعدنا عن إحدى ضفتيه فسيكون التمييز بين الخطأ والصواب على جانب كبير من الصعوبة.

وعندما قام زيمان بتطبيق النظرية على مواضيع اجتماعية وبيولوجية مختلفة ثارت وسائل الإعلام وبدأت الانتقادات تتهاطل على رؤوس المولعين بنظرية الكوارث. وانطلقت هذه الانتقادات من الولايات المتحدة، ذلك أن الأمريكيين – في نظر الأوروبيين – يتحفظون دوما على أي جديد يأتيهم من أوروبا.

وبصفة عامة يمكن القول إن تطبيقات نظرية الكوارث عرفت نجاحا كبيرا في بعض المجالات كمجال بناء السفن. أما في ميدان البيولوجيا والعلوم الاجتماعية فإن اختيار العوامل الرئيسية (التي سبق الحديث عنها) أمر معقد يؤدي إلى نتائج يصعب الحكم بصحتها.

وفيما يتعلق بالاهتمام الذي تحظى به نظرية الكوارث اليوم، يروي توم أنه كان يتلقى بالبريد خلال أيام عزّ النظرية حوالي ثلاثة نماذج تطبيقية للنظرية كل أسبوع ثم تلاشت المراسلات بصفة نهائية. ومهما يكن من أمر نستطيع القول إن نظرية الكوارث قد أحدثت ثورة في عالم الرياضيات إلى

أن خيبت ظن الطامحين في جعلها نظرية القرن العشرين... نظرية التنبؤات.

تلك نبذة عن بعض انشغالات الرياضيات في مجال الطبيعة، أردنا من خلالها أن يتعرف القارئ على مدى تواجد هذا العلم في مواضيع ذات صلة بالبيئة.

أهم المراجع

سعد الله، أبو بكر خالد: عالم الرياضيات، دار هومة، الجزائر، 2005.

Arnold V.I. : Catastrophe theory, Springer-Verlag, Berlin,1984.

Casacuberta C., Castellet M. : Mathematical research today and tomorrow, Viewpoints of seven Fields medalists, Springer-Verlag, Berlin, 1992.

Thom R. : PrÈdire n'est pas expliquer, Flammarion, Paris, 1991.

Thom R. : Stability and morphogenesis, Addison Wesley, N. Y.,1989.

Davis P. J, Herch R. : The Mathematical experience, Birkhauser, Boston 1982 .