

розквітнути. Там, де діти пізнають життя. Або вдома, якщо вони захочуть навчатися разом зі своєю родиною або друзями.

Ми багато говорили про мрії протягом цих кількох днів. І я хотів би прочитати вам дуже короткий вірш Вільяма Єйтса. Він написав це до своєї коханої, Мод Гонн, і він сумує через те, що не може дати їй те, що, на його думку, вона хоче від нього. І він каже: "У мене є дещо інше, але це, мабуть, тобі не потрібно". Він ка-

же: "Якби небесного я мав би полотна, змайстрованого з золота та срібла, із синього, непевного, легкого волокна серпанку ночі, де застигла напівмла, я б розстелив його тобі під ноги... Та в бідності своїй я маю лише мрії; і ніжні мрії я поклав тобі до ніг; ступай обачніше, коли ти йдеш по мріях...". І кожного дня, усюди наші діти кладуть свої мрії до наших ніг. І ми повинні ступати обачніше.

Дякую. (Оплески)



### КОНРАД ВОЛЬФРАМ: ЯК НАВЧАТИ ДІТЕЙ СПРАВЖНЬОЇ МАТЕМАТИКИ ЗА ДОПОМОГОЮ КОМП'ЮТЕРІВ

<http://blog.ted.com/2011/05/18/creativity-and-computers-in-math-qa-with-conrad-wolfram/>

*Від ракет до ринків цінних паперів – безліч найзахопливіших творінь людства побудовано на математичних знаннях. Чому ж діти втрачають інтерес до математики? Конрад Вольфрам вважає, що частина математики, яку ми викладаємо, – обчислення вручну – не тільки нудна, але і здебільшого не має стосунку до справжньої математики та реального життя. Він представляє революційну ідею: вчити дітей математики за допомогою програмування.*

**Вольфрам Конрад / Conrad Wolfram**

Спеціаліст з інформаційних технологій, бізнесмен, розробник програмного забезпечення. Стратегічний директор компанії Wolfram Research. Шукає нові способи застосування технологій Mathematica, нові комп'ютерно-орієнтовані підходи до навчання учнів математики.

У нас великі проблеми з математичною освітою. По суті, ніхто не задоволений. Ті, хто вивчає математику, вважають, що вона ніяк не пов'язана з реальним життям, нецікава і важка для вивчення. Ті, хто намагається взяти їх на роботу, вважають, що їх знань недостатньо. Уряди розуміють, що це велика проблема для економіки, але не уявляють, як її виправити. Учителі теж розгублені. І це при тому, що математика ще більш важлива для світу сьогодні, ніж коли-небудь. Отже, з одного боку ми бачимо зменшення інтересу до математики в освіті, з іншого – живемо у більш математичному світі, більш кількісному світі, ніж будь-коли.

У чому ж проблема, чому раптом відкрилася така прірва, і що можна зробити, щоб це виправити? Насправді, я думаю, відповідь у нас перед носом. Використуйте комп'ютери. Я думаю, що правиль-

не використання комп'ютерів – це чудовий засіб, щоб змусити працювати математичну освіту. Щоб пояснити це, дозвольте мені трохи поговорити про те, що таке математика в реальному світі і що таке математика в освіті. Бачте, в реальному світі математикою займаються не обов'язково математики. Нею займаються геологи, інженери, біологи. Найрізноманітніші люди виконують розрахунки і моделювання. Насправді, це дуже популярно. Але в освіті все виглядає інакше – безликі завдання, безліч обчислень, здебільшого вручну. Багато речей виглядають зовсім не складно в реальному світі, поки вас не змушують їх вчити.

Погляньмо трохи збоку і запитаймо: чому ми вчимо людей математики? Навіщо викладати математику? І особливо, чому ми вчимо їх математики взагалі? Чому це така важлива частина освіти, що

ми зробили її обов'язковою? Я думаю, тут три причини: технічні професії критичні для розвитку наших економік і щоденного виживання. Щоб існувати в сучасному світі, треба вміти поводитися з кількісними параметрами набагато краще, ніж кілька років тому. Розрахувати свій іпотечний кредит, скептично ставитися до урядової статистики тощо. І, по-третє, я б назвав це тренуванням логічного мислення. Багато років ми витрачали безліч зусиль, щоб навчитися мислити логічно, це частина нашої людської натури. Дуже важливо навчитися цього. І математика – це добрий спосіб цього домогтися.

Що таке математика? Що ми маємо на увазі, коли говоримо, що ми займаємося математикою або вчимо людей математики? Грубо кажучи, це чотири кроки, що починаються з правильної постановки питання. Про що ми хочемо запитати? Що ми намагаємося дізнатися? І це та частина, де ми найчастіше помиляємося в реальному світі.

Люди ставлять неправильні питання, і, треба ж, вони отримують неправильні відповіді.

Наступний крок – це з життєвого завдання зробити математичне завдання. Коли ви це зробили, приступаємо до кроку обчислень. Отримуємо з цього якусь відповідь у математичній формі. І, нарешті, повертаємося з цією відповіддю в реальний світ. Чи відповіли ми на питання? І, звичайно ж, треба перевірити відповідь – це дуже важливий крок. І ось тут ми бачимо дуже дивну річ. У математичній освіті ми витрачаємо близько 80 відсотків часу на те, щоб навчити людей робити третій крок – вручну. Водночас це саме той крок, який комп'ютери можуть робити набагато краще, ніж люди, навіть після багатьох років тренування.

Натомість краще б ми використовували комп'ютери для виконання третього кроку і дали б студентам можливість витратити більше зусиль, щоб навчитися робити кроки один, два і чотири – з'ясування завдань, постановка задач, і дали б змогу вчителю навчити їх робити саме це.

Подивіться, важлива річ: математика – це не обчислення. Математика набагато ширша, ніж просто обчислення. Як виявилось, все так перемишалося за сотні років. Був тільки один спосіб робити обчислення – вручну. Але за останні кілька десятиліть все повністю змінилося. Відбулася найбільша трансформація цього давнього предмета, яку тільки можна собі уявити, – завдяки комп'ютерам. Обчис-

лення часто ставали обмежуючим фактором, занадто часто. Тепер, можна сказати, математика звільнилася від обчислень. Але це звільнення ще не дійшло до системи освіти. Я уявляю собі обчислення як внутрішній механізм математики. Щось на зразок рутинної роботи. Це щось, що ви найменше хотіли б робити самі і хотіли б доручити робити машинам. Це засіб, що веде до мети, а зовсім не сама мета. Автоматизація дозволяє нам мати цей механізм. По всьому світу ми витрачаємо близько 106 людських життів на те, щоб навчити людей рахувати вручну. Це величезна кількість людських зусиль. До речі, більшість людей навіть не люблять займатися рахунком. Отже, краще бути абсолютно впевненими, що ми знаємо, навіщо ми це робимо, що у цього є якась реальна мета.

Я думаю, ми повинні доручити комп'ютерам усі обчислення і робити їх вручну тільки тоді, коли це має сенс. Я думаю, бувають такі ситуації. Наприклад: обчислення про себе. Я досі часто роблю це для приблизних оцінок. Люди запитують: чи правильно те або те? І я кажу: дайте прикинути... І ще бувають деякі концептуальні речі, у яких допомагає ручний рахунок, але їх досить мало. Я часто запитую про давньогрецьку мову і її зв'язок із математикою. Дивіться, що ми робимо: ми змушуємо людей вчити математику. Це ж важливий предмет. Я пропоную, якщо люди цікавляться обчисленнями вручну або якимись іншими речами у будь-якій сфері, навіть примхами, – вони повинні робити це. Це абсолютно правильно, коли люди займаються тим, що їм цікаво. Я колись цікавився давньогрецькою, але не думаю, що ми повинні змушувати всіх її вивчати.

Які тут можуть виникнути проблеми? Одні кажуть, що ми повинні спочатку навчитися основ. Ми не повинні використовувати машину, поки не досягнули основ предмета. І тут я зазвичай питаю: що ви маєте на увазі під основами? Основи чого? Наприклад, чи відноситься до основ водіння автомобіля вміння його обслуговувати або проектувати? Чи відноситься до основ писання вміння лагодити перо? Я не думаю. Ми повинні розділяти основи того, що намагаємося робити, від того, як це робиться, і від механіки того, як це робиться. Автоматизація дає змогу нам зробити цей поділ. Сотню років тому, справді, щоб водити машину, потрібно було багато знати про її устрій, роботу системи випередження запалювання тощо. Але автоматизація автомобілів дозволила добитися розділення, і зараз водіння абсолютно відокремлено від проектуван-

ня автомобіля і від його обслуговування. Автоматизація допомагає домогтися такого поділу щодо водіння, і я вірю, що так само буде і з математикою – дати доступ до неї набагато більшому колу людей.

І ось ще дещо про основи. Мені здається, люди плутають послідовність, у якій були винайдені речі, із послідовністю їх вивчення. Просто від того, що папір був винайдений раніше від комп'ютерів, зовсім не впливає, що ми дізнаємося більше про основи предмета, якщо будемо використовувати папір замість комп'ютера, щоб вчити математики. Моя дочка недавно мене насмішила. Вона робить такі речі, які називає паперовими лаптопами. (Сміх). Я якось кажу їй: "Коли я був у твоєму віці, то не робив таких речей. Як ти думаєш, чому?". Після секунди або двох роздумів вона каже: "Не було паперу?" (Сміх). Якщо ви народилися після появи комп'ютерів та паперу, не має великого значення, що саме з них буде використано для вашого навчання, і ви просто хочете мати найкращий засіб для цього.

Інше заперечення, яке я чую: "Комп'ютери отупляють математику". Якщо ти використовуєш комп'ютер, – це просто бездумне натискання на клавіші, а от якщо ти робиш це вручну, то це все дуже інтелектуально. Ось це, треба сказати, мене дратує. Невже ми справді думаємо, що та математика, яку більшість людей вивчають сьогодні в школі, це щось більше, ніж просте застосування процедур в абстрактних завданнях, із незрозумілих причин? Я так не думаю. І що ще гірше, те, що вони вивчають, практично є марним. Можливо, це було б застосовано 50 років тому, але не зараз. Звичайно, як і будь-який інший інструмент, комп'ютери можуть використовуватися абсолютно бездумно, на кшталт перетворення навчання на мультимедійну демонстрацію, де комп'ютер заміняв учителя, показуючи студентам, як вирішувати завдання вручну. Це просто безумство. Чому ми використовуємо комп'ютери, щоб показати студенту, як вирішувати задачу вручну, якщо це має робити комп'ютер?

Ми рухаємося назад.

Дозвольте продемонструвати вам, що можна зробити завдання складнішим для обчислень. Наприклад, у школі зазвичай ми вирішуємо квадратні рівняння. Але якщо ви використовуєте комп'ютер, можете легко змінювати параметри. Зробіть його рівнянням четвертого ступеня, зробіть його складнішим для обчислень. Ті ж принципи, але обчислення вже складніше. Усі завдання в реальному житті виглядають так само шалено і жахливо, як

тут. Вони всі з величезною кількістю подробиць і деталей. Вони не схожі на ті спрощені, знеособлені завдання, які ми вирішували в школі. Подумайте про реальний світ. Невже ви думаєте, що машинобудування або біологія і решта галузей, які так виграли від застосування комп'ютерів, втратили щось концептуально через те, що вони використовують комп'ютери? Скоріше навпаки. Так що

проблема, яку ми маємо в освіті, не в тому, що комп'ютери все знеособлюють, а в тому, що ми зайняті знеособленими завданнями.

Ще одне питання, яке зазвичай ставлять: ручні обчислення сприяють кращому розумінню. Якщо ви зробите купу вправ, отримаєте відповідь – то ви почнете краще розуміти, як все працює. З одним я тут погоджуся – це з тим, що розуміння процедур і процесів дуже важливе. Але в сучасному світі існує приголомшливий спосіб навчити цього. Він називається програмування.

Програмування – це той спосіб, за допомогою якого описуються більшість сучасних процесів і процедур; це ще і добрий спосіб залучити студентів до процесу і переконатися, що вони справді розуміють. Якщо ви хочете перевірити, чи добре ви розумієте математику, напишіть програму. Програмування – це саме той спосіб, який ми повинні використовувати. Я пропоную використовувати цю унікальну можливість зробити математику одночасно більш практичною і більш концептуальною. Я не можу пригадати жодного іншого предмета, де це було б можливим. Зазвичай ми стоїмо перед вибором між процесом навчання і складністю реальних завдань. Але у програмуванні ми можемо це поєднати. І тут ми відкриваємо величезну кількість можливостей. Ви можете вирішувати набагато більше завдань. Що ще дуже важливо: студенти отримують досвід і виробляють інтуїцію набагато швидше, ніж раніше. Досвід вирішення складних завдань, можливість пограти з ними, відчуття їх.

Нам потрібні люди, здатні інстинктивно відчувати математику.

І це те, що нам допомагають зробити комп'ютери.

Крім того, це дає нам змогу змінити програму навчання.

Традиційно програма навчання будувалася за принципом зростання складності обчислень, але зараз ми можемо перебудувати її у порядку зростання складності концепцій, незалежно від складності обчислень.

Традиційно похідних і інтегралів учать досить пізно. Чому так? Та тому що обчислення дуже складні.

Але насправді, більшість концепцій цілком доступні і більш молодшим учням.

Ось приклад, який я зробив для моєї дочки. Він дуже, дуже простий. Ми обговорювали, що відбувається, коли ми збільшуємо кількість сторін у багатокутнику до якогось величезного числа. Звичайно ж, він перетворюється на коло. До речі, вона ще наполягала, щоб колір теж змінювався. Звичайно, це дуже важливо для цієї демонстрації. Ви бачите, ми починаємо наближатися до поняття меж та диференціального обчислення і того, що трапляється, коли ми досягаємо екстремальних значень – дуже маленькі боки і дуже велика кількість сторін. Дуже простий приклад. І це той погляд на світ, який ми ховаємо від людей ще багато-багато років. Але це дуже важливий практичний погляд на світ. Одна з перешкод на нашому шляху у зміні програми навчання – це іспити. Звичайно, поки ми екзаменуємо всіх вручну, дуже складно поміняти програму так, щоб студенти могли користуватися комп'ютерами під час навчання.

І це справді важливо, щоб можна було використовувати комп'ютери на іспитах. І тоді ми зможемо ставити реальні питання, наприклад, яка страхова програма вигідніша? Питання, на які доводиться відповідати у повсякденному житті. І, як ви бачите, це не якась знеособлена модель. Це реальна модель, де ми можемо оптимізувати параметри. На скільки років мені потрібна страховка? Як це вплине на платежі і процентні ставки тощо? Ні, звичайно, я не кажу, що такі питання треба ставити на іспитах, але це дуже важливий тип питань, якому зараз зовсім не приділяється уваги, хоча він дуже важливий для розуміння реальних проблем.

Ми повинні зробити реформу, запровадивши комп'ютери в навчання математики. Щоб з упевненістю рухати вперед наші економіки і наші суспільства, ґрунтуючись на тому, що люди можуть посправжньому відчувати математику. І це не щось додаткове, понад програму. Країна, яка зробить це першою, одним стрибком обжене інші країни, побудувавши нову економіку, просунуту економіку, з новими перспективами. Я говорю про те, що ми повинні рушити від того, що ми називаємо економікою знань, до того, що можна назвати економікою прорахованих знань, де математика високого рівня є невід'ємною частиною життя. Ми можемо

залучити до цього безліч студентів, і вони будуть цим задоволені. І добре б нам зрозуміти, що це не якийсь маленький крок. Це наша спроба подолати прірву між шкільною математикою і реальною математикою. І, як ви знаєте, якщо ви підете пішки через прірву, то – краще б ви й не починали – станеться катастрофа. Ні, я пропоную, щоб ми стрибнули, щоб ми збільшили нашу швидкість якомога більше і стрибнули з одного боку на інший – звісно, ретельно прорахувавши наше диференціальне рівняння.

*(Сміх)*

Мені б хотілося побачити цілком оновлену, змінену програму навчання математики, від початку до кінця побудовану на комп'ютерних технологіях, на тих, що оточують нас сьогодні всюди. Обчислювальні машини майже скрізь, і вони будуть абсолютно скрізь через кілька років. Я навіть не думаю, що ми повинні називати цей предмет математикою, але я впевнений, що це один із головних предметів майбутнього. Давайте рухатися. І в процесі давайте отримувати задоволення для самих себе, для студентів і для TED.

Дякую.

*(Оплески)*