

ИДЕИ, ИЗМЕНЯЮЩИЕ МИР

Десять идей, тенденций и технологий, потенциально способных преобразовать нашу жизнь

Достижения науки и техники расширяют границы возможного, но иногда некое изобретение или новый подход создают особый эффект: они порождают «Большой разрыв», который делит историю на периоды «до» и «после». Так, паровая машина, транзистор и Всемирная паутина, появившись, казалось бы, из ниоткуда, радикально изменили мир. Что именно выкристаллизуется из огромного котла инноваций, чтобы завтра стать движущей силой, трансформирующей мир? Предсказать все это, разумеется, невозможно.

Ниже представлены десять кандидатов на роль десяти новых идей

и технологий, которые могут переписать правила. Что если появится робот, способный превращать отходы в топливо? Или если, используя возможности видеоигр (да, именно видеоигр!), мы сможем мобилизовать наши способности к решению проблем? Что если «отходы» нашей ДНК не менее важны, чем гены? Может ли быть так, что насекомые хранят секрет отражения кибератак? Об этом – и о многом другом – в предлагаемом вам материале. ▀

**Перевод: Н.Н. Алипов,
Н.Н. Шафрановская, И.Е. Сацевич**

Photograph by Mark Hooper



РОЛЬ ИГРЫ В ЖИЗНИ

Внедрение джойстиков и информационных табло в нашу повседневную деятельность может стать ключом к тому, чтобы сделать нас лучше

Возможно, в недалеком будущем, встав однажды утром перед зеркалом, чтобы причесаться, вы сможете (помимо собственного отражения) наряду с заголовками утренних газет увидеть сопоставление своего текущего «углеродного следа» с «углеродными следами» соседей. Ваша электрическая зубная щетка звуковым сигналом оповестит вас, что тщательный уход за полостью рта два раза в день в течение последних шести месяцев принес вам достаточно баллов, чтобы получить десятипроцентную скидку при очередном медицинском осмотре. Приняв душ (недолгий, чтобы не ухудшить показатели энергопотребления и не потерять связанные с этим налоговые льготы), вы одеваетесь и регистрируетесь в компьютере своего домашнего офиса для утренней встречи. После того как на экране появились персонализированные аватары – ваш и ваших сослуживцев, вы можете, не показавшись невежливым, просмотреть свою электронную почту и ответить на сообщения в ходе встречи. С момента замены произвольного нормирования деятельности «жизнемерами» (которые появляются на экране, отражая в реаль-

ном времени положительную обратную связь от ваших клиентов) вы ощущаете большую сосредоточенность и включенность в ежедневные дела. Это будет великий день.

Будущее, в котором чуть не каждая сторона жизни будет похожа на игру, почти неизбежно, полагает разработчик видеоигр и научный сотрудник Университета Карнеги – Меллона Джесс Шелл (Jess Schell). Он и группа разработчиков видеоигр и психологов убеждены, что включение элементов игры в повседневную жизнь станет предпосылкой к созданию общества более здоровых, творческих и инициативных людей. «Мы считаем игры пустяком, но на самом деле они представляют собой способ быстрой мобилизации наших способностей к решению проблем, – говорит Шелл. – При помощи хорошо спроектированной игры можно найти подход к преодолению любых трудностей» от смены вашей диеты или изучения нового языка до понимания ближневосточных конфликтов или уменьшения вашего «углеродного следа». «Есть проблемы, которыми многие из нас не могут или не хотят заниматься, но игра может изменить ситуацию, поскольку любая успешная интерактивная система по определению увлекает людей».



Важной составляющей новой игры жизни становится распространение в реальном времени информации от мобильных GPS-устройств, недорогих сетевых сенсоров и другой аппаратуры. «Все эти персонализированные данные позволяют нам оценить типы поведения, с которыми до сих пор мы имели дело только в играх или виртуальных мирах, – говорит экономист-бихевиорист Дэн Эрили (Dan Ariely) из Массачусеттского технологического института. – Мы сможем детально рассмотреть, что побуждает и увлекает людей, и применить полученные знания в тех случаях, которые люди часто не считают важными, например к напоминанию о приеме лекарств или отслеживанию потребления энергии».

Однако для «игроизации» систем реального мира недостаточно ввести аватары и использовать баллы. Необходима быстрая персонализированная обратная связь. Эффективные игры «изящно используют основные мотивационные тенденции человека», – указывает психолог Ричард Райан (Richard Ryan). Например, баллы – не столько вознаграждение, сколько метод обратной связи для накопления опыта и знаний. «Человек – любознательное существо с природной склонностью к игре и подчинению себе окружающей среды, – отмечает Райан. – Игры помогают подключить свойственную нам внутрен-

нюю мотивацию, сформированную в ходе эволюции». По мнению психологов, использование внутренней мотивации позволяет нам чувствовать себя хозяевами положения и ожидать понятных последствий от своих действий.

Однако Шелл допускает, что игры, хорошо работающие в теории, могут быстро обернуться разочаровывающими и контрпродуктивными. Он даже придумал название для будущего, в котором такой род мотивационного обратного удара станет распространенным: «игропокалипсис» (gamepocalypse). Лучшей страховкой от этого он считает наведение мостов между талантливыми создателями игр и техническими лидерами в областях, не связанных с развлечениями. С ним согласен психолог и специалист по играм Байрон Ривз (Byron Reeves): «Не существует психологических механизмов, работающих в играх, но не действенных в реальной жизни. У нас только один мозг. Центры подкрепления, возбуждаемые хорошо спроектированной игрой, будут возбуждаться и тогда, когда мы увлечемся хорошо спроектированной интерактивной системой. Их не нужно помечать ярлыком “игровые”».

Именно поэтому ученые оптимистичны в отношении «игроизации» как средства радикального улучшения нашего мира. Использо-

вание игроподобных программ позволило корпорации Microsoft снизить текучесть кадров в одном из своих отделений на 50%. В экспериментальном математическом курсе First Things First («Главные вещи на первое место») введенном в пяти школах Канзаса и Техаса, программы алгебры и геометрии подразделены на 101 уровень, что поощряет учеников осваивать основные положения в своем индивидуальном темпе, прежде чем двигаться вверх, как в видеоиграх. За четыре года, прошедшие с введения этого курса, ученики всех пяти школ показали на математических тестах штата существенное повышение уровня успеваемости. В одной школе этот показатель вырос на целых 40%. Райан сотрудничает с игровой медицинской консультационной организацией Immersuive в деле создания «виртуального клинициста» с «аватарным» интерфейсом, назначение которого – уменьшить страхи пациентов, которым нужна консультация.

«Источником игроизации всего на свете не может быть какая-то одна система – нужны миллионы различных инноваций в сотнях направлений, причем каждый раз необходимо будет изобретать новый сенсор», – говорит Шелл. ■

Джон Павлус

ЛЮДИ—ВЫЧИСЛИТЕЛИ

Когда исследование подобно видеоигре, компьютер уступает человеку

При сравнении возможностей человека и машины много лет господствовало мнение, что при выполнении задач на распознавание лиц или сопоставление образов сильнее человек, а в областях, связанных с обработкой чисел, компьютер незаменим. Однако это мнение может оказаться оши-

бочным. Успех сетевой головоломки Foldit, созданной биологами и специалистами по информатике из Вашингтонского университета, доказывает, что при решении сложных научных задач интуиция человека может превосходить любые компьютерные алгоритмы.

Суть Foldit в том, что игрокам (не ученым) предъявляется изображение частично свернувшегося белка и предлагается, пользуясь простыми правилами, свернуть его в идеальную форму. Люди не только предсказывают правильную форму белка намного быстрее, чем это способны сделать алгоритмы

компьютера (простой перебор всех возможностей потребовал бы миллионов лет), но могут интуитивно находить решения, которые компьютер, возможно, вообще никогда не нашел бы. «Чтобы придать белку правильную форму, нужно сначала согнуть его в нескольких направлениях, представляющихся совершенно неверными, – говорит Сет Купер (Seth Cooper), специалист по информатике из Вашингтонского

университета и один из создателей игры Foldit. – Человек, играющий с виртуальным объектом, может видеть более широкую картину и находить нестандартные решения».

В Центре наук об играх Вашингтонского университета Купер и его коллеги сегодня создают новую серию игр, цель которых – ускорить темпы исследований в таких областях, как биоинформатика, создание новых лекарств и даже на-

нотехники. «Сегодня в мире всего 15 человек знают, как спроектировать молекулярную машину на основе ДНК, – говорит специалист по информатике из Вашингтонского университета Зоран Попович (Zoran Popovic). – Эти игры способны увеличить число людей, способных совершать открытия, раз в двадцать».

Джон Павлус

ВСЕЗНАЮЩИЕ ПЛАТНЫЕ ДОРОГИ

Интенсивность движения можно снизить не при помощи строительства новых дорог, а путем разумного ценообразования

Автоматострали будущего вероятнее всего будут платными. «У вас может быть своя подъездная дорога, – говорит Берн Груш (Bern Grush), основатель торонтской компании Skymeter, создающей устройства на основе технологии GPS для измерения интенсивности использования дорог. – Но если вы отправитесь в гости, вам придется заплатить за пользование автодорогой, соединяющей обе точки».

Появление беспроводных технологий местоопределения вроде GPS позволило определить истинные затраты на перемещение и истинную загруженность трасс. Введение динамического начисления платы за пользование дорогами означает, что водители будут платить по фактическому километражу, а не косвенно – оплачивая регистрацию автомобиля или налог на бензин. Сегодня действует несколько таких пилотных программ, но проектировщики городов считают, что такой подход может переменить наше отношение к управлению автотранспортом с собранного на беспечное. Исследователи из Массачусетского технологического института и компании General Motors уже изложили в 2010 г. подобный взгляд в работе Reinventing the Automobile

(«Заново изобретая автомобиль»), где утверждали, что прозрачное начисление платы за пользование дорогами оптимизирует их использование, уменьшит заторы и снизит число погибших в ДТП.

Сегодня автовладельцы платят одинаково за проезд и по забитым, и по свободным дорогам, а человек, который ездит раз в месяц, отдает за страховку столько же, сколько те, кто не мыслит себя

без автомобиля. Плата за стоянку тоже одинакова как в часы, когда все места заняты, так и в самое тихое время. Федеральный налог на бензин, за счет которого оплачивалось строительство автомагистралей в США, снизился с 3,9 центов за милю (в долларах 2007 г.) до 0,9 центов за милю сегодня, пишет аналитик Института Като Рэндал О’Тул (Randal O’Tool) в своей книге Gridlock: Why We’re Stuck in Traffic



and What to Do about It («Почему мы застряли в дорожных пробках, и что с этим делать»). В результате уровень заторов в городах и пригородах неуклонно растет. Как отметил экономист Эдвард Глезер (Edward Glaeser) из Гарвардского университета, дефицитные ресурсы (например, городские дороги) можно оптимизировать с помощью цен или очередей. До сих пор использовался только второй способ.

Результаты первых исследований обнадеживают. Правительство Нидерландов планирует к 2016 г. ввести покилометровую плату на всех дорогах страны, используя для этого систему GPS. Шесть месяцев испытаний новой системы ценового регулирования в Эйндховене в 2009 г. показали, что под ее влиянием 70% пользователей дорог изменили свое поведение, выбирая часы наименьшей загрузки либо наименее загруженные трассы. Правительство рассчитывает, что с распространением этой системы на всю страну задержки трафика уменьшатся на 58%.

Систему покилометровой платы можно использовать также в целях защиты окружающей среды. В Германии, где плата с тя-

желых грузовиков взимается не с километра, а с количества выбросов, доля поездок, выполняемых грузовиками с низким уровнем выбросов, выросла с неполного 1% в 2005 г. до 55% с лишним.

Правительственный кризис в Нидерландах в начале 2010 г. поставил под сомнение осуществление программы покилометровой платы, а это лишний раз говорит о том, что политики хотят видеть строительство новых дорог, а не новых контрольных постов. Кроме того, технология, необходимая для осуществления программы покилометровой платы, может оказаться очень дорогой. Британская страховая компания Norwich Union (известная сегодня под названием Aviva) провела испытания системы на основе бортовых автомобильных устройств, которые контролировали не только то, где и когда побывали молодые водители, но и то, как они ездили. Компания использовала бортовые акселерометры, чтобы наказывать агрессивных водителей более высокими страховыми ставками. И хотя число ДТП в ходе этих испытаний уменьшилось на 30%, необходимая аппаратура была настоль-

ко дорогой, что система оказалась нежизнеспособной.

«Интеллектуальное» взимание платы может снизить остроту и другой дорожной проблемы: парковки на улицах. Доналд Шоуп (Donald Shoup) из Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе и другие исследователи считают, что слишком дешевые уличные парковки увеличивают загруженность дорог, т.к. водители ездят в поисках более выгодной парковки. Для борьбы с такой практикой в Сан-Франциско вводится система «динамических парковок», где датчики отслеживают присутствие машин на стояночных местах и подсчитывают общую заполненность парковки. На основе этих данных город устанавливает цену за стоянку так, чтобы поддерживать постоянную заполненность на уровне 85%. Цены могут меняться в зависимости от времени суток и дня недели, хотя всегда будут устанавливаться заранее, что делает их прогнозирование гораздо более легким, чем потере времени в дорожных пробках. »

Том Вандербильт

ДНК–ТРАНЗИСТОР

Новый подход к определению последовательности ДНК может произвести революцию в понимании генетических основ многих заболеваний

Прошло десять лет с того времени, когда была впервые секвенирована нуклеотидная последовательность всей геномной ДНК человека, а явной связи между нарушениями в конкретных генах и определенными заболеваниями так и не выявлено (см.: Холл С. Отложенная революция // ВМН, № 11–12, 2010). Многие считают, что на самом деле прогресс в идентификации генетических корней различных патоло-

гий будет связан не с установлением простой корреляции X Y, а с глубоким, статистически обоснованным анализом нуклеотидной последовательности миллионов геномов – обширнейшим набором данных, из которых можно извлечь информацию о связи особенностей нашего генетического материала с условиями окружающей среды – той связи, которая определяет нашу индивидуальность.

Чтобы решить эту задачу, необходим дешевый метод секвенирования – не дороже \$1 тыс. В настоящее время эта процедура стоит от \$5 тыс. до \$15 тыс. Если учесть, что первоначально секвенирование генома обошлось в \$2,7 млрд, то прогресс налицо. Исследователи из IBM и компании Roche пытаются достичь цели, радикально изменив методику секвенирования. Традиционные методы очень сложны

и трудоемки. Так, они предполагают «нарезание» генома на тысячи небольших фрагментов и использование дорогостоящих реагентов и флуориметров. Новый метод, основанный на применении так называемого ДНК-транзистора, чрезвычайно прост: цепи интактно протягивают через трехнанометровое отверстие в середине кремниевого чипа и по мере прохождения их через эту нанопору пошагово считывают азотистые основания с помощью электрического датчика.

Подобные эксперименты проводились и в других лабораториях, но там не смогли справиться с трудностями контроля скорости протягивания цепей ДНК. Метод, разработанный группой из IBM, использует тот факт, что каждый нуклеотид в молекуле ДНК несет отрицательный заряд. «Мы подумали, что если поместить электроды нашего устройства в саму нанопору, стенки которой образованы чередой слоев диэлектрика и полупроводника, то из-за разности потенциалов между центральным и боковым электродами образуется электростатическая ловушка, удерживающая заряженную молекулу ДНК. Если потенциал уменьшить до нуля, то цепь продолжит движение через пору, пока очередь не дойдет до следующего нуклеотида и поле вновь не включится, и т.д. Процесс будет продолжаться до тех пор, пока не просочится вся цепь ДНК», – поясняет Густаво Столовицки (Gustavo A. Stolovitzky), один из создателей метода.

Новый метод до конца не отработан. Чтобы удержать молекулу ДНК на месте, в пору необходимо создать достаточно сильное поле. Высокое напряжение, необходимое для создания такого поля, способно вызвать пробой. «Это можно сравнить с молнией, бьющей из слишком низко опустившейся грозовой тучи», – говорит Столовицки. Вероятность порождения искры между электродами особенно велика, если учитывать небольшие расстояния между электродами, как в рассматриваемом здесь слу-

чае. Сейчас Столовицки и его группа подбирают подходящий материал для электродов, способный выдержать соответствующий заряд.

Есть основания полагать, что в конце концов ДНК-транзистор позволит быстро, эффективно и с наименьшими затратами определять геномные ДНК. «Вся процедура состоит из небольшого числа этапов и позволяет прочитывать генетический текст буква за буквой», – говорит Брюс Шиамаберг (Bruce Schiamberg), специалист по оценке коммерческого потенциала биотехнологических инноваций. «Новый метод не требует ни дорогих реагентов, ни сложных оптических инструментов, применяемых при традиционном секвенировании. Весь процесс занимает совсем не много времени.

ДНК-транзистор будет готов к применению в ближайшие годы, стоимость процедуры не превысит \$1 тыс. Он поможет устанавливать корреляцию между генами и склонностью к тем или иным заболеваниям, а также подбирать оптимальные способы лечения. Деятельность фармакологов станет более целенаправленной, поскольку они будут заранее знать, какую мишень нужно поразить. В качестве примера Столовицки приводит разработку герцептина, нового препарата для лечения рака молочной железы, подавляющего рост опухоли у лиц с чрезмерной экспрессией гена HER2. «Примеров пока мало, – говорит он. – Мы хотели бы, чтобы такой подход стал обычным делом».

Элизабет Свобода



УБИЙСТВЕННЫЙ ФИЛЬТР

Новые материалы позволят повысить доступность чистой воды во всем мире

Каждый шестой житель Земли испытывает нехватку чистой воды. Это приводит к резкому ухудшению санитарных условий и, как следствие, к желудочно-кишечным заболеваниям – главной причине смертности во всем мире. Решить эту проблему можно было бы с помощью водяных фильтров, но они слишком дороги для того, чтобы их можно было распространять в достаточном количестве. Однако в последнее время в связи с развитием нанотехнологий появилась возможность использовать для изготовления водяных фильтров такие дешевые материалы, как хлопчатобумажная ткань или пакетики для чая. Их себестоимость – меньше пенса.

Обычные водяные фильтры обладают мелкими порами, задерживающими бактерии. Со временем поры забиваются, что требует дорогостоящей замены фильтрующего элемента. И Цуй (Yi Cui), исследователь из Стэнфордского университета, занимающийся изучением материалов, нашел способ не задерживать бактерии, а убивать их с помощью серебра и электрического тока. Для этого он погрузил обычную хлопчатобумажную ткань, приобретенную в розничной сети Walmart, в раствор со смесью электропроводящих углеродных нанотрубочек и серебряных нанопроволочек. Серебро – мощное бактерицидное средство, эффект которого частично обусловлен повреждающим действием ионов серебра на генетический аппарат бактерий. Слабый электрический ток (для создания которого достаточно было двух батареек по 9 В) усиливает эффект серебра, нарушая проницаемость клеточных мембран. При лабораторных испытаниях разработанный Цуем фильтр уничтожал до 98% находящихся в воде кишечных палочек.

Поскольку же поры в хлопчатобумажной ткани большие, производительность такого фильтра была в 80 тыс. раз выше, чем обычных.

Еще дешевле оказался фильтр из пакетика типа чайного, заполненного покрытыми бактерицидным веществом углеродными гранулами. Исследователи из Стелленбошского университета (ЮАР) нашли способ упаковывать химические вещества в нанотрубочки для того, чтобы повышать поверхность контакта и тем самым эффектив-

но задерживать токсические вещества и бактерии. Разработанный ими фильтр умещается в бутылочное горлышко и стоит меньше цента. Каждый такой пакетик очищает 1 л загрязненной воды.

В настоящее время эта технология испытывается Южноафриканским бюро стандартов, и по окончании испытаний планируется раздать такие фильтры нуждающемуся населению. ■

Мелинда Мойер



САМОХОДНЫЙ РАСТИТЕЛЬНОЯДНЫЙ РОБОТ

Он пожирает древесную щепу, листья и другую «биомассу» и вырабатывает электроэнергию

Недалек тот день, когда по Земле станут бродить автономные роботы в поисках грубой биомассы для потребления ее с целью выработки энергии. Так видится программа энергетически автономных тактических роботов (Energetically Autonomous Tactical Robot, EATR). «Вообразите себе робота из фильма WALL-E, но не просто прессующего отходы, а сжигающего их для получения электроэнергии», – говорит Роберт Финкельштейн (Robert Finkelstein), директор Лаборатории интеллектуальных систем Технической школы Кларка Мэрилендского университета и президент компании Robotic Technology, которая разрабатывает EATR. Робот оснащен интеллектуальным программным обеспечением, которое позволяет ему при помощи зрения отличать предпочтительную для него «пищу» (древесную щепу, сухие листья и другую растительную биомассу) от «несъедобных» материалов – камней, живой материи и металлов. Затем его механическая рука, управляемая лазер-

ной системой наведения с малой дальностью действия, подбирает растительную массу и помещает ее в бункер двигателя внешнего сгорания, который заряжает бортовую аккумуляторную батарею. Такие самоуправляющиеся электрогенераторы могут полностью изменить проведение многих военных, гражданских и даже научных процессов, считает Финкельштейн. «В ближайшие годы суточная потребность каждого солдата армии США в энергии для питания аппаратуры связи и поддержки достигнет эквивалента 120 батареек типа AA, – говорит он. – Использование EATR существенно снизит нагрузку на снабженческие службы, доставляющие эту энергию в отдаленные места, потому что, пока воинская часть отдыхает, робот может “пасться”, пожирая растительную массу». Финансирует проект EATR Агентство передовых оборонных исследовательских проектов (DARPA). Робот-вегетарианец может пригодиться и в деле защиты окружающей среды. Лесная служба США

хочет иметь шагающие EATR – на ногах, а не на автомобильном шасси. Передвигаясь в поисках инвазивных растений, они не будут оставлять колеи. «Ноги позволяют роботу передвигаться по пресеченной местности, повреждая ее меньше, чем шины или гусеницы», – говорит Финкельштейн. Пока EATR прикован к стационарной испытательной платформе Мэрилендского университета, но Финкельштейн надеется создать полностью мобильную работоспособную модель, самостоятельно добывающую себе «пропитание», где-то к 2012 г. Ученый уверен, что мир, в котором будут существовать самодостаточные роботы, не просто желателен: его появление неотвратимо. «У нас уже есть роботы-слуги, способные самостоятельно подключаться к розеткам питания для подзарядки, – говорит он. – А EATR – это та же идея, только реализованная на более высоком уровне».

Мелинда Мойер

НЕ ПОРА ЛИ ИЗМЕНИТЬ СТАТУС?

Генетический материал, который когда-то считали лишним, продолжает удивлять биологов

На долю генов в их традиционном понимании приходится всего 2% геномной ДНК человека. Остальные 98% называют «хламом», мусором, лишней ДНК. Но данные, полученные за последние десять лет, убеждают нас в том, что этот «хлам» – на самом деле хранилище ценной информации, которая необходима

для регуляции работы генов. Более детальное исследование так незаслуженно обойденной вниманием молекулярных биологов области генома поможет раскрыть тайну тонких взаимодействий между генами и средовыми факторами и выработать новые способы борьбы с различными заболеваниями.

Ситуация с «лишней» ДНК меняется буквально с каждым месяцем. В статье, опубликованной в сентябрьском номере 2010 г. журнала Nature Medicine, сообщается, что редкое системное онкологическое заболевание нейробластома уходит своими корнями в малоизученные области генома: небольшая моле-

кула мРНК, кодируемая сегментом ДНК из этой области, блокирует работу гена, сдерживающего развитие нейробластомы. А в февральском номере журнала Nature того же года говорится, что одна из редко встречающихся форм мышечной дистрофии обусловлена наличием до десяти копий специфического сегмента «лишней» ДНК на конце четвертой хромосомы; кроме того, один из участков такого же рода ДНК на девятой хромосоме связан с повышенным риском сердечно-сосудистых заболеваний.

«Лишняя» ДНК, возможно, помогает организмам адаптировать-

ся к изменениям окружающей среды. В мае 2009 г. группа биологов из Университета Левена в Бельгии сообщила, что у дрожжей активность генов хромосомной ДНК непосредственно контролируется числом повторов в одной из областей «лишней» ДНК. Поскольку этот параметр изменяется чаще в областях ДНК, относимых к «хламу», чем в остальной ее части, это позволяет данному организму быстрее эволюционировать.

С учетом всего сказанного резонно задать вопрос: не пора ли придумать для «лишней» ДНК какое-нибудь другое, более респек-

табельное название? Научная общественность считает, что делать это рано. Функции весьма немногочисленных сегментов этой ДНК действительно установлены, а роль остальных «может оказаться не столь явной и трудно идентифицируемой», – говорит Кевин Верстрепен (Kevin Verstrepen), один из авторов упомянутого сообщения о дрожжевой ДНК. Не исключено, однако, что со временем генетический «хлам» может обернуться шкатулкой с драгоценностями. »

Мелинда Уэннер Мойер

КОДЫ ОТ ПРИРОДЫ

Управлять нашей огромной цифровой «биосферой» помогают алгоритмы, подсказанные природой–матерью

В поисках способов управления усложняющимся цифровым миром специалисты по информатике все чаще обращаются за подсказками к природе. «Жизнь зависит от солнечного света и информации», – говорит Жанин Бениус (Janine Benyus), президент Института биомимикрии в Мизуле (штат Монтана). Виды непрерывно эволюционируют, находя оптимальные способы выживания в конкретной среде обитания. «Организмы буквально стремятся помочь людям, которые ищут новые решения задач обработки информации», – говорит она.

Например, дендритные клетки на первый взгляд не имеют никакого отношения к защите компьютеров. Они играют роль стражей в иммунной системе млекопитающих: выдают сигналы тревоги при проникновении патогенов. Специалист по информатике из Ноттингемского университета в Англии Жюли Гринсмит (Julie Greensmith) разработала «алгоритм дендритной клетки», который выявля-

ет компьютерные вирусы и другие вредоносные коды так же, как наша иммунная система обнаруживает реальные вирусы.

А группу специалистов в области защиты компьютеров из Северо-Западной Тихоокеанской национальной лаборатории в Ричленде (штат Вашингтон) вдохновили муравьи и другие общественные насекомые. «Цифровые муравьи», созданные учеными, могут перемещаться по компьютерной сети, как их прототипы, патрулирующие свой муравейник, быстро скапливаясь вокруг любого обнаруженного источника угрозы.

Такие «биоиндохновленные» алгоритмы столь же стары, как машина Тьюринга и другие классические вычислительные устройства, говорит Мелани Митчелл (Melanie Mitchell), специалист по информатике из Портлендского государственного университета. Но в мире, связанном одной Сетью, непрерывно насыщаемом «большими данными» (ежегодно порождаются сотни эксабитов инфор-

мации), коды, созданные на основе заимствований у природы, могут оказаться наилучшим средством, позволяющим справиться с такой огромной нагрузкой.

«Интерес к сотрудничеству у биологов и специалистов по информатике огромен, поскольку люди понимают, что информатика – более широкое понятие, чем просто компьютеры, – объясняет Митчелл. – Одно из главных достоинств биологических систем – то, что все они очень хорошо распознают образы, выделяя сигнал из шумов, даже когда перегружены информацией. На это способны и мозг, и отдельные клетки, и колонии насекомых, т.е. все биологические системы. Мы хотим научить этому и компьютеры». »

Джон Павлус





ОДИН ТЕСТ ВМЕСТО СТА

Дорогостоящая диагностика не по карману многим семейным парам, которые хотели бы избежать появления на свет ребенка с редким генетическим заболеванием

На что вы готовы пойти во имя того, чтобы ваш будущий ребенок не стал жертвой опасного для жизни редкого генетического заболевания? Ответ очевиден: на все что угодно. К сожалению, в реальной жизни большинство семейных пар этому принципу не следуют. Сегодня индивидуальное генетическое тестирование позволяет выявлять отвечающие за многие серьезные наследственные патологии одиночные рецессивные гены. Термин «рецессивный» означает, что кодируемый данным геном признак проявляется, если и отец и мать – носители одинакового генного варианта. При таком стечении обстоятельств рождаются дети, страдающие муковисцидозом, болезнью Тея – Сакса и многими другими заболеваниями. Но почти никто не проходит соответствующее тестирование заранее. Объяснение простое: каждый из десятков необходимых для диагностики тестов стоит несколько сотен долларов. А поскольку упомянутые заболевания очень редки, большинство людей полагаются на случай в надежде, что их ребенка эта беда минует, – и вот тут-то может произойти трагедия.

По счастью, благодаря усилиям работников компании Counsyl больше нет необходимости в многократном тестировании. Достаточно сделать простой анализ ДНК слюны – и вы получите информацию о более чем 100 рецессивных генах, сопряженных с различными заболеваниями. Эта работа аналогична проведению сотни отдельных тестов одновременно; с диагностической точки зрения ее результат ничем не отличается от традиционных тестов, но стоит вся процедура \$350.

Традиционные тесты на выявление рецессивных генных вариантов основаны на анализе определенных областей генома. В некоторых случаях секвенируют отдельные гены. Тест компании Counsyl вообще не связан с секвенированием. Он нацелен на выявление сайтов полимор-

физма однонуклеотидных замен (single-nucleotide polymorphisms, SNP) – крошечных сегментов генома, в которых одно из азотистых оснований заменено другим, «неправильным». Некоторые SNP вносят вклад в развитие конкретного заболевания, другие связаны с генами, прямо отвечающими за ту или иную патологию. Поскольку SNP-сайты очень малы, их идентификация обходится гораздо дешевле, чем секвенирование целых генов или областей хромосомы, иногда включающих миллионы нуклеотидов. Как заверяют разработчики, чувствительность и специфичность их метода превышает 99%.

До сих пор фирма Counsyl занималась тестированием только бесплодных пациентов. Один из участников эксперимента – доктор Паскуале Патрицио (Pasquale Patrizio), директор Йельского центра фертильности. По его мнению, есть большой смысл обследовать подобным образом пары, в анамнезе которых указывается привычное невынашивание беременности. Не исключено, что причина всему – рецессивные гены, которые препятствуют развитию плода. «Для нас появление подобного теста – настоящая революция», – говорит Патрицио. Конечно, многие носители таких генов не обращаются к помощи специалистов и узнают о генетическом дефекте слишком поздно, когда ребенок уже родился.

Семейные пары, осведомленные об опасности, имеют возможность планировать свои действия. Они могут прибегнуть к оплодотворению *in vitro* и превентивной генетической диагностике или усыновить ребенка. В любом случае это значительно уменьшит число неизлечимо больных детей в популяции. Большинство заболеваний, обусловленных наличием гена, оба аллеля которого дефектны, относятся к категории так называемых «сирот». Поскольку встречаются они редко, их исследование недофинансируется. Тест фирмы Counsyl – лучший способ показать, что больных не так уж мало.

На пути продукта к фармацевтическому рынку могут возникнуть препятствия. Существует мнение, что новый тест откроет двери к «конструированию младенцев». Всестороннее генетическое тестирование позволит выявлять гены, связанные с какими-то нежелательными для родителей признаками, например излишним весом или низким интеллектом.

Но технология, разработанная фирмой Counsyl, направлена на выявление отдельных генов, а не на идентификацию сложной многоуровневой генетической сети, отвечающей за интеллект. «Не существует единственного гена, детерминирующего IQ человека или его музыкальные способности», – говорит Стивен Пинкер (Steven Pinker), психолог из Гарвардского университета и советник фирмы Counsyl по этическим проблемам, связанным с персональной геномикой. И добавляет: «Есть популяция, для которой генетическое тестирование – действительно вопрос жизни и смерти». Речь идет об ашкеназских евреях. Сам Пинкер – ашкеназ и носитель рецессивного варианта гена, отвечающего за развитие синдрома Райли – Дея (семейной вегетативной дисфункции), неизлечимого заболевания, при котором блокируется развитие нейронов. Он узнал об этом, только когда прошел тест Counsyl. «Моя жена тоже носитель дефектного варианта упомянутого гена, – говорит Пинкер. – Мы встретились с ней слишком поздно, чтобы иметь детей. Если бы наше знакомство произошло несколькими годами раньше, могла бы случиться трагедия». Теперь семейные пары получили реальную возможность не рисковать.»

Мэри Кармайкл



ГАЗ ИЗ ОТБРОСОВ

Модифицированные микробы поедают мусор и «секретируют» топливо

Заводы по производству бензина, керосина и дизельного топлива выглядят как запутанные лабиринты стальных труб и резервуаров, потребляют очень много энергии, выбрасывают в атмосферу токсичные вещества и работают на нефти, запасы которой не безграничны. Но сегодня они могут быть микроскопическими и работать на углеводородных отходах, которые окружают нас повсюду: это бумага, на которой напечатан номер журнала, который вы держите в руках, обрезки пиломатериалов со стройки или листья, которые вы сгребли осенью со своей лужайки.

Задача состоит в том, чтобы превратить водород- и углеродсодержащие молекулы различных предметов в вещество, жидкое при комнатной температуре и пригодное в качестве топлива для двигателей внутреннего сгорания. Наиболее перспективный подход основан на генетической модификации одноклеточных организмов, уже строящих молекулы углеводородов из сырья, которое имеется в среде их обитания. Правда, то, что они производят, непригодно для использования человеком. Например, водоросли очень эффективно перерабатывают углекислый газ в жирные кислоты, которые могут быть затем переработаны в топливо, но извлечение самих водорослей из воды и получение жирных кислот из них требуют таких больших усилий, что этот процесс используется в основном в производстве дорогих продуктов, например косметических средств.

Лучше было бы создать организмы, непосредственно выделяющие («секретирующие») углеводороды. (Коммерческие фирмы по понятным причинам не любят более точный, но менее приятный на слух термин «экскретирующие».) С помощью таких организмов «вы преобразуете биомассу из чего-то, что вы собрали, в нечто, получаемое с маленьких химических заводов», – говорит Эрик Тун (Eric Toone) из Управления энергетики, ответственный за выделение грантов компаниям, ко-

торые предлагают новые идеи в области производства биотоплива.

Однако создание генетически модифицированных организмов, способных играть роль топливных заводов, наталкивается на другие сложности. Многих людей тревожит, что такие искусственные организмы могут попасть в окружающую среду: удержать их в резервуарах будет почти невозможно.

Кроме того, такие микроорганизмы нужно хорошо питать, но чем? Один подход состоит в использовании солнечного света. В сентябре 2010 г. новая биотехнологическая компания Joule Unlimited получила патент на генетически модифицированную бактерию, которая использует солнечный свет и углекислый газ для формирования компонентов дизельного топлива.

Другой подход – использование сахаров. Когда растения поглощают солнечную энергию, они химически запасают ее в сахарах, формирующихся в деревянистых частях зерновых растений. Многие исследователи разрабатывают способы извлечения сахаров из «целлюлозных источников» и переработки их в этанол, на который даются налоговые льготы, но который характеризуется меньшей плотностью энергии, чем бензин, и не очень хорошо работает в обычных автомобилях при высоких концентрациях.

Ученые и инженеры надеются получать более полезные химические соединения непосредственно из сахаров. В июле 2010 г. компания LS9 из Сан-Франциско заявила, что модифицировала бактерии *E. coli* таким образом, что они превращают сахара в алканы – насыщенные алифатические углеводороды, идентичные многим молекулам, производимым на стандартных нефтеперерабатывающих заводах. Еще несколько подстроек генома, и топливо в баке вашей машины может оказаться сделанным даже из сахаров, извлеченных из куч мусора. n

Мэтью Уолд