

## Непредсказуемость суммы простых правил в сложных системах... или как роботы прикинулись термитами и построили дом



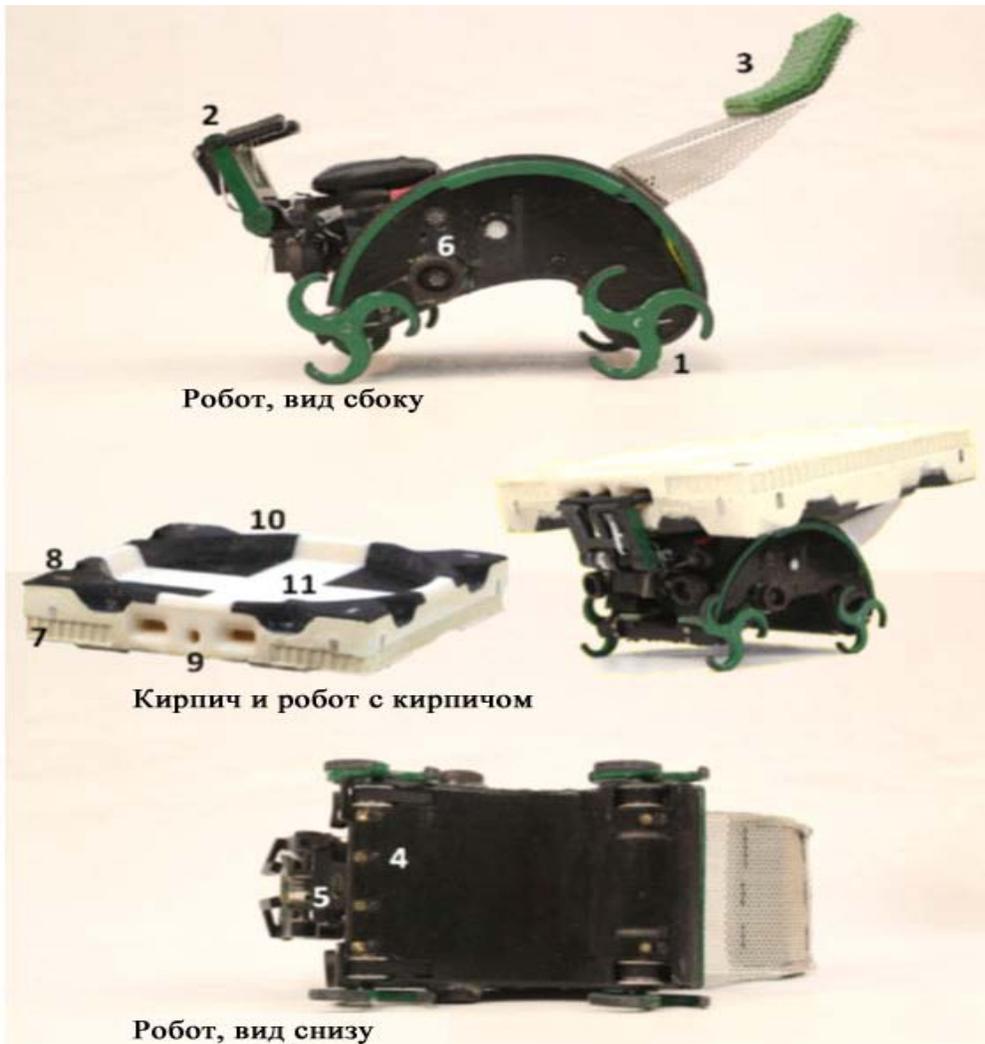
*Три робота строят замок из «кирпичей».*

Наблюдения за сооружением монументальных термитников вдохновили ученых на создание специальных роботов-строителей.



*Термитники в пустыне напоминают города. Разные колонии термитов имеют свой «архитектурный стиль», который передается генетически. Постройки очень крепкие, превосходно вентилируются, внутри поддерживается нужный терморегим. Фото с сайта [www.outdoors.ru](http://www.outdoors.ru)*

Трое специалистов из Института Вайса Гарвардского университета сконструировали роботов, которые предназначались для строительства. **Эти роботы, подобно термитам, были лишены централизованного управления и руководствовались при этом простыми правилами поведения, актуальными «здесь и сейчас».**



Роботы воспринимали присутствие других роботов и положение стопок строительных кирпичей и, умея манипулировать кирпичами, возводили требуемые постройки. Так ученые показали, **что сложные задачи возможно выполнить с помощью автономно действующих единиц, которые ориентируются в местной обстановке и снабжены одинаковыми простейшими правилами поведения.**

Эти миниатюрные роботы умели складывать строения из специальных кирпичиков, но их действия сильно отличались от работы всех предыдущих моделей. Представим себе **процесс возведения дома:**

- Сначала архитектор делает чертеж,
- потом нанимаются рабочие, к ним приставляется знающий прораб, который способен прочесть чертеж и руководить рабочими.

- Потом строительство начинается, рабочие в соответствии со своими навыками выполняют последовательные операции, прораб пытается оптимизировать процесс.

Прочность и удобство здания зависит от талантов архитектора и опыта и совести прораба и исполнителей.

**Но есть и другой способ что-то построить.** Его реализуют общественные насекомые, например термиты. У них нет изначального плана, представленного главным термитом-архитектором, у них нет централизованного управления в лице прораба. Есть только отдельные насекомые, которые выполняют простые строительные операции. Они руководствуются не приказами начальника, а простыми правилами поведения, соответствующими ситуации «здесь и сейчас». Их действия полностью зависят от текущей обстановки, от того, какие операции выполняли их собратья на предыдущем этапе. В результате у термитов получаются сооружения не менее величественные, чем человеческие небоскребы. Они создают их, несмотря на отсутствие продуманного плана и централизованного управления.

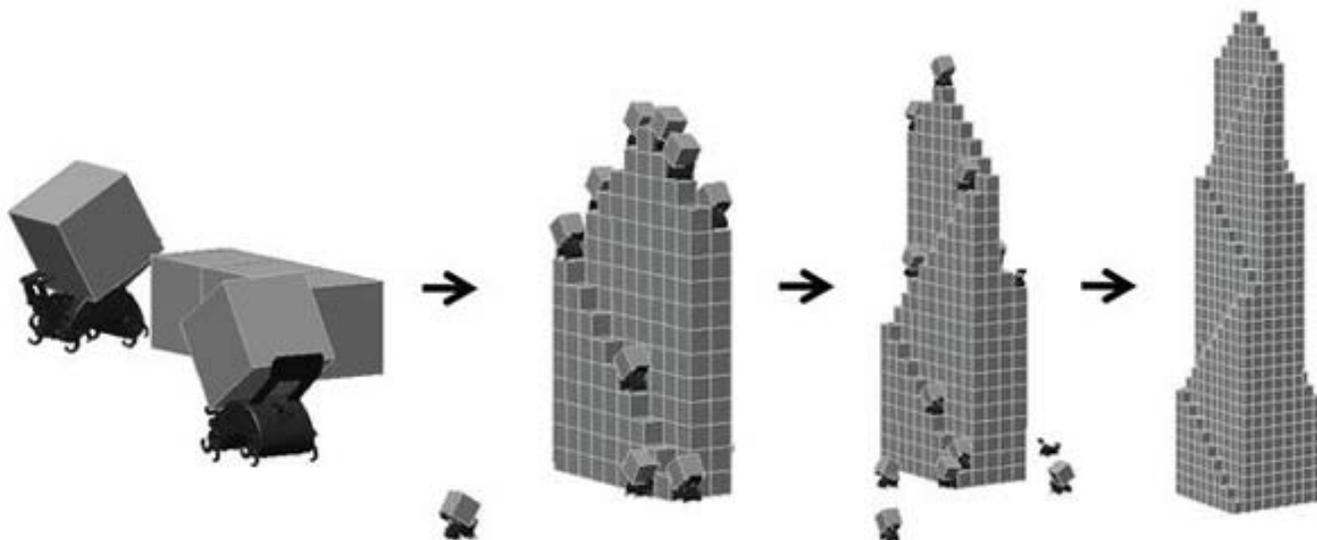
**Гарвардские конструкторы решили реализовать для своих роботов «термитный» способ строительства. Они лишили роботов централизованного управления от имени «Главного Компьютера», а вместо этого задали им набор жёстко закреплённых «инстинктивных» простых правил поведения и навыков:**

- они могли брать, поднимать и опускать кирпичи,
- ползти вперед и назад,
- поворачивать и поворачиваться вокруг своей оси,
- залезать на одну ступеньку вверх и спускаться на одну ступеньку вниз,
- двигались они только по часовой стрелке, чтобы не создавать «пробки» на дороге,
- также им не разрешалось класть кирпичик, если справа и слева уже лежит по кирпичику: это правило было задано, чтобы не ограничивать маневренность робота, так как в этом случае робот не мог развернуться,
- положить кирпич наверх можно только в том случае, если рядом есть ступенька; в противном случае робот не сможет слезть с башни.

**Смогут ли роботы, снабженные этими правилами, построить дом?**

Трем отлаженным роботам дали старт, и они принялись строить. Роботы-строители ползали на своих трехлучевых ходилках, обходя аккуратно друг дружку, копошились вокруг стройки с кирпичами и без, взбирались по ступенькам и аккуратно спускались вниз, укладывали кирпичи в порядке, понятном только им.

И вот, что получилось. Ниже на фотографии приведены последовательные стадии строительства модели Эмпайр-стейт-билдинг. (*Рис. из статьи в Science. 2014. V. 343. P. 754–758.*)



**Нужно подчеркнуть особо, что, в отличие от термитов, конструкторы задали своим роботам требуемый конечный результат.** Он реализовывался набором координат в пространстве, которые должны быть заполнены кирпичами. (Правду сказать, неизвестно, имеется ли у термитов представление о конечном результате.) Если его не задавать, то у роботов получается ветвящаяся конструкция, этаким лабиринт расходящихся тропок... Его устройство зависит целиком от набора правил и запретов и от текущей обстановки (где и что уже построено). **Авторы отмечают, что такими принципами человек руководствуется при сооружении городов.** Так или иначе, роботы обошлись без прораба, который бы указывал, кому и куда двигаться и кому и куда укладывать кирпич. Они справились с задачей, **а требуемую конструкцию выстраивали каждый раз новым способом.** Такая система, как указывают ее создатели, проста: каждому роботу задан небольшой набор одинаковых правил поведения. **Она демонстрирует непредсказуемость суммы простых правил в сложных системах...**

Информацию подготовила Е. А.

Источник информации:

Е. Наймарк , <http://elementy.ru/news?newsid=432195>