

ЧТО ТАКОЕ ИСКУССТВЕННАЯ ЖИЗНЬ? (ПО МАТЕРИАЛАМ 7-ОЙ ЕВРОПЕЙСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ ПО ИСКУССТВЕННОЙ ЖИЗНИ) *

М.С. Бурцев

Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН

На волне бурного развития компьютеров в последние десятилетия, появилась возможность создавать компьютерные модели многих сложных явлений, исходя из "первых принципов", т.е. не проводя усреднений. Например, чтобы узнать пространственную структуру молекулы сложного соединения необходимо рассчитать положение каждого ее атома в зависимости от положения остальных. Такой подход позволяет на основе небольшого числа предположений строить модели сложных явлений. Искусственные нейронные сети, клеточные автоматы, многоагентные модели в экологии, экономике и социологии являются моделями такого типа, к ним же относится и искусственная жизнь.

Направление исследований «Искусственная жизнь»

Искусственная жизнь – это широкое междисциплинарное направление исследований, общей задачей которого является исследование эволюции жизни во всех ее проявлениях, начиная от возникновения самореплицирующихся молекул и заканчивая культурой. При этом интерес исследователей направлен не только на моделирование реализовавшихся эволюционных сценариев ("жизнь, как она есть"), но и на возможные альтернативные пути ее развития ("жизнь, как она могла бы быть").

Любое научное направление можно лучше понять, узнав какие проблемы стоят перед учеными, работающими в его рамках. По мнению ведущих исследователей в области искусственной жизни можно выделить такие проблемы [1]:

Как живое возникло из неживого?

- Создать молекулярный прото-организм в пробирке
- Смоделировать переход к жизни при помощи моделей искусственной химии
- Определить возможность существования фундаментально отличных от существующих живых организмов
- Смоделировать полный жизненный цикл одноклеточного организма
- Объяснить, как правила и символы порождаются в результате физических процессов, протекающих в организме

Каковы возможности и ограничения живых систем?

- Определить неотъемлемые условия открытой эволюции жизни
- Определить минимальные требования к эволюционному переходу от специализированных к общим реагирующим системам
- Создать формальную базу для синтеза динамических иерархий на всех уровнях
- Определить прогнозируемость эволюционных последствий от воздействия на организмы и экосистемы
- Разработать теорию получения, обработки и передачи информации в эволюционирующих системах

* Работа выполнена финансовой поддержке РФФИ (проект № 02-07-90197).

Как жизнь относится к разуму, машинам и культуре?

- Продемонстрировать возникновение разумности и сознания в искусственных живых системах
- Оценить влияние машин на последующую эволюцию жизни
- Предложить количественную модель взаимодействия культурной и биологической эволюции
- Установить этические принципы искусственной жизни

Чтобы проиллюстрировать подход к этим проблемам, ниже приведены примеры конкретных исследований, представленных на 7-ой Европейской конференции по искусственной жизни, на которой побывал автор настоящего доклада.

Седьмая Европейская конференция по искусственной жизни

Моделирование протоклеток. Эволюция жизни начинается с возникновения протоклетки. Проблема моделирования и создания в лаборатории протоклетки – одна из основных в области искусственной жизни. Сегодня к решению этой задачи существует два подхода. Первый – попытка при помощи эволюции в пробирке создать простейшую клетку из различных макромолекул, и второй – постепенно упрощая одноклеточный организм получить максимально примитивную одноклеточную систему.

Исследователи, занимающиеся макромолекулами, сегодня изучают автокаталитические самовоспроизводящиеся цепочки химических реакций. На этом пути уже возникли принципиальные схемы прикладного использования теории, так Гюнтер фон Кедровски (Gunter von Kiedrowski) продемонстрировал метод быстрого синтеза больших концентраций последовательностей ДНК.

На фронте "упрощения" клетки дела тоже движутся, уже определено, что из 500 генов самой примитивной из существующих в природе клеток работают лишь около 100 – 150, остальные – бессмысленные нейтральные последовательности. По оценкам ученых, для функционирования минимально возможной клетки необходимо примерно 50 генов, которые могут быть закодированы при помощи 1000 нуклеотидных пар.

Интерфейс между живыми нейронами и микросхемами. О создании интерфейсов между живыми нейронами и микросхемами доложил Питер Фромгерц (Peter Fromherz, Max Planck Institute for Biochemistry) [2]. В первых экспериментах, начавшихся в его лаборатории в 1985 году, делались попытки зарегистрировать активность отдельного нейрона пиявки при помощи транзистора. К началу 90-х появились вразумительные результаты. Еще 5 лет ушло на то, чтобы заставить нейрон генерировать импульсы в ответ на заряд емкости, расположенной на интегральной микросхеме. После того, как элементарный интерфейс с нейроном был получен, появилась идея создать гибридный нейрочип, представляющий собой микросхему, на поверхности которой будет расположена сеть из живых нейронов. В поверхность микросхемы должны быть встроены элементы интерфейса, которые позволят возбуждать, тормозить или регистрировать активность нейронов. Такая конфигурация позволит проводить исследования поведения нейронов, а также является прототипом устройства, в котором параллельно идут вычисления на логическом и нейронном уровне.

Идея замечательная, но живые нейроны перемещаются в пространстве – ползают по поверхности чипа. Чтобы предотвратить сползание с мест, отведенных под контакт клетки со схемой, пришлось сажать клетки за "забор" вытравленный из

полиимида. Забор позволяет нейронам соединяться друг с другом, но не дает уйти с контактной площадки. Чтобы сформировать необходимую топологию связи между нейронами приходится прибегать к дополнительным ухищрениям. Так можно нанести на поверхность чипа маску из межклеточного белка, вдоль которой будут ветвиться отростки клетки. Но нейрон старается "минимизировать" длину отростков, соединяясь с целевой клеткой по прямой, что не всегда выгодно исследователю. Поэтому всю топологию желаемой нейронной сети, состоящую из круглых площадок для тела нейрона и узких каналов для отростков, стали вытравливать в достаточно толстом слое полиэфира. Кроме того, необходимо, чтобы отростки поворачивали в нужном направлении на развилках, такое управление можно осуществить при помощи локальной электрической стимуляции.

Пока технология еще очень далека от создания работающего интерфейса между мозгом и компьютером, но существует другое очень важное для нейронауки приложение – картирование мозга. Если создать матрицу с большим числом регулярно расположенных активирующих и считывающих элементов, то с ее помощью можно изучать, как связаны друг с другом различные области на живых срезах мозга.

Распознавание образов в ... корыте. Лучшим, по мнению участников конференции, был признан доклад под названием "Распознавание образов в корыте" [3]. Перцептрон (классическая вычислительная модель нейрона) не может решить задачу "исключающего или" (это один из знаменитых результатов в области нейрокомпьютинга), а что делать, если есть только перцептрон и обязательно нужно решить эту задачу? "Просто добавь воды!", - утверждают авторы работы. Берем емкость, в которой налитая вода будет иметь достаточно большую открытую поверхность. Помещаем туда два источника волн, при помощи которых будет кодироваться задача. Снимаем волнение поверхности при помощи дешевой веб-камеры, и подаем получившуюся картинку на вход перцептрона. Перцептрон успешно решает поставленную задачу. Но и это еще не все, если добавить еще шесть источников волнения и промодулировать амплитуду их колебаний речевым спектром, то перцептрон сможет уверенно различать отдельные слова, например, "ноль" и "один".

Резюме

Искусственная жизнь является молодым междисциплинарным направлением исследований, ставящим перед собой задачу получить целостную картину феномена жизни во всех ее проявлениях при помощи компьютерных моделей.

Литература:

1. Bedau, et al., 2001, Artificial Life, 6, 363-376
[<http://parallel.hpc.unsw.edu.au/complex/alife8/open-prob.html>]
2. <http://www.biochem.mpg.de/mnphys/>
3. "Pattern Recognition in a Bucket", Chrisantha Fernando and Sampsa Sojakka,
[<http://www.cogs.susx.ac.uk/users/sampsas/bucket.pdf>]