МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СЛОЖНОСТИ НА ОСНОВЕ САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ АДАПТИВНЫХ СЕТЕЙ

Ланкин Ю.П.

Институт биофизики СО РАН, Красноярск, Россия

Аннотация: Преодоление барьера сложности при описании и моделировании природных систем является одной из наиболее актуальных проблем современной науки. От ее решения зависит возможность выхода из планетарного экологического кризиса и выживание человечества. В работе рассматриваются важные аспекты концепции адаптивных систем, позволяющей создавать сложные иерархические модели экосистем на основе самоорганизующихся адаптивных сетей.

1. Введение: моделирование сложного

При экологическом моделировании сложных систем исследователь сталкивается со следующими проблемами: "Каждое отдельное действие или вмешательство в систему обретает коллективный аспект, который может повлечь за собой совершенно неожиданные глобальные изменения. …Не только каждое состояние системы, но и само определение системы в том виде, в каком ее описывает модель, обычно нестабильно или по крайней мере метастабильно. …Очень часто отклик системы на возмущение оказывается противоположным тому, что подсказывает нам наша интуиция. …Мы приучены мыслить в терминах линейной причинности, но теперь нуждаемся в новых "средствах мышления"." (Пригожин, 2001).

2. Вычислительная сложность и вычислимость сложного

Приступая к моделированию экологической сложности, мы оказываемся перед вопросом о ее вычислимости. Этот вопрос вероятно разрешим с помощью теории вычислительной сложности, "…занимающейся изучением ресурсов, необходимых для вычисления данных вычислительных задач. …существует прямая связь между теорией эволюции и квантовой теорией. …Законы физики, как мы их понимаем сейчас, допускают универсальность вычисления. …Эволюция никогда бы не произошла, если бы задача передачи определенных свойств … не была *легко обрабатываемой* (т.е. вычислимой в течении разумного периода времени) при использовании в качестве компьютеров легко доступных молекул." (Дойч, 2006). Известный специалист по квантовой теории и квантовым вычислениям Д.Дойч основные надежды на рост возможностей вычислительных систем, обеспечивающих моделирование сложности, возлагает на квантовые компьютеры.

3. Законы самоорганизации

Первый прорыв в покорении сложности осуществила синергетика – наука о самоорганизации природных систем (Николис, 2003; Пригожин, 2001). Благодаря ее открытиям стало понятно различие между живым и неживым, причины устойчивости и необычного поведения сложных систем окружающего мира и др. В последнее время ее достижения обогатились теорией синергетического управления (Колесников, 2006[(б)]), уже позволившей уточнить законы тяготения (Колесников, 2006[(а)]). Однако ее модели часто критикуют за простоту, ограничивающую возможности изучения открытых ею всеобщих законов. Причины трудностей лежат в *негибкости* традиционных математических методов.

4. Адаптивные системы

Второй прорыв за барьер сложности сделала нейрокибернетика. Исследование возможностей обработки информации на моделях нейронных сетей мозга привели к появлению нейроинформатики. К настоящему времени на счету нейроинформатики огромное число

Ланкин Ю.П. Моделирование экологической сложности на основе самоорганизующихся адаптивных сетей // Материалы Национальной конференции с международным участием "Математическое моделирование в экологии" ЭкоМатМод-2009, 1-5 июня 2009.- Пущино: ИФХиБПП РАН, 2009.- С.153-154.

достижений в решении разнообразных задач науки и техники и солидный арсенал математических методов (Хайкин, 2006). Во многих ее моделях не накладывается ограничений на максимально возможное число связей и элементов (формальных нейронов). Однако использование нейронных сетей для *гибкого* моделирования экологической сложности критикуется за несоответствие их структуры структуре экологических систем, приводящее к трудностям понимания и анализа результатов моделирования.

5. Концепция адаптивных систем (КАС)

Тщательный анализ проблемы показал, что моделирование экологической сложности возможно на основе синтеза системных подходов, представленных синергетикой и нейрокибернетикой. К настоящему времени этот синтез выполнен в КАС, предложенной в работе (Ланкин, 2001). Как известно, вид аттракторов задается в синергетике управляющими параметрами. В КАС установлено, что вид аттрактивного рельефа системы определяется, в первую очередь, ее связями. На основании этого факта предложено рассматривать связи системы в качестве управляющих параметров самоорганизующихся (в том числе, иерархических) моделей. Введено понятие самоорганизации управляющих параметров. Динамическую самоорганизацию аттрактивного рельефа (с помощью управляющих параметров), обеспечивающую требуемую самоорганизацию параметров порядка системы, предложено осуществлять алгоритмами адаптивной самоорганизации (самостоятельной адаптации), разрабатываемыми в рамках КАС (Lankin, 2004 и др.). Разработку и апробацию таких алгоритмов удобно вести на базе моделей нейронных сетей. Важными преимуществами предложенного подхода являются: возможность использования богатого опыта нейроинформатики в создании математических методов для моделирования экологической сложности и возможность прямого применения полученных алгоритмов в задачах обработки информации. В отличие от традиционных специализированных алгоритмов нейроинформатики, универсальные алгоритмы КАС создаются с учетом их функционирования в моделях экосистем. Парадоксально, но рост сложности и точности упрощает анализ поведения моделей, поскольку самоорганизация "сжимает" сложность до небольшого числа степеней свободы системы. Другие соответствия с экосистемами проявляются в росте устойчивости модели с ростом ее сложности и в идентичности процессов самоорганизации на всех уровнях иерархии сложных систем и для разных систем.

6. Вводы

КАС возникла, как обобщение свойств природных систем. Ее модели, базирующиеся на открытиях синергетики, ориентированы на изменение статуса биосферы и ее экосистем с уникального на закономерный. В случае успеха, появляется надежда сделать экосистемы законными объектами науки и выйти на разрешение проблемы кризиса биосферы.

Литература

Дойч Д. Структура реальности: Пер. с англ.- Ижевск: НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика", 2001.- 400с.

Колесников А.А. Гравитация и самоорганизация.- М.: КомКнига, 2006.- 112с. (а)

Колесников А.А. Синергетические методы управления сложными системами: Теория системного синтеза.- М.: КомКнига, 2006.- 240с. (б)

Ланкин Ю.П., Хлебопрос Р.Г. Экологические основания концепции самоадаптирующихся сетей и систем с поисковым поведением // Инженерная экология.- 2001.- №2.- С.2-26.

Николис Г., Пригожин И. Познание сложного. Введение: Пер с англ.- М.: Едиториал УРСС, 2003. - 344с.

Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой: Пер. с англ..- М.: Эдиториал УРСС, 2001. - 312с.

Хайкин С. Нейронные сети: полный курс: Пер с англ.- М.: Издат. дом "Вильямс", 2006.- 1104с.

Lankin J.P., Baskanova T.F. Algorithms of self-adaptation for atmospheric model designing // SPIE.- 2004.- V.5397.- P.260-270.

Ланкин Ю.П. Моделирование экологической сложности на основе самоорганизующихся адаптивных сетей // Материалы Национальной конференции с международным участием "Математическое моделирование в экологии" ЭкоМатМод-2009, 1-5 июня 2009.- Пущино: ИФХиБПП РАН, 2009.- С.153-154.