

**ПРИМЕНЕНИЕ МУЛЬТИАГЕНТНОГО СИМУЛЯТОРА  
ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОПУЛЯЦИИ ЖИВОТНЫХ****И. С. Селяков (Санкт-Петербург)**

Одно из главных научных направлений современной экологии – это исследование пространственной динамики в зависимости от внутрисистемных и внешних факторов, включая антропогенные воздействия и климат. Задача экологического моделирования заключается в разработке методических подходов и моделей, обеспечивающих проверку выдвигаемых гипотез и выявление новых, модельный анализ поведения популяций и экосистем с использованием ретроспективных данных и прогнозирования.

В качестве объекта исследований была выбрана таймырская популяция диких северных оленей, которая является крупнейшей на Севере Евразии. Популяция хорошо изучена, однако имеющиеся обширные данные по территориальному размещению и миграциям животных недостаточно обобщены и закономерности пространственно-временной динамики популяции не выявлены. Для полноты исследования популяции было принято решение разработать модель, которая учитывает не только изменение численности популяции, но и пространственное размещение особей. Для определения закономерностей перемещения животных и изменения их численности в модели необходимо рассмотреть внешние факторы, такие как климат, особенности рельефа местности, кормовая база и др.

Поскольку разрабатываемая система представляется достаточно объемной и сложной, было решено использовать многоагентный подход, как наиболее эффективный при построении комплексных систем, состоящих из набора схожих по своим характеристикам элементов – агентов. В качестве агентов можно рассматривать отдельных особей или их группировки.

Для реализации представленной многоагентной системы был проведен анализ современных средств и пакетов многоагентного моделирования. В отличие от области математического моделирования, где есть фактически один основной многофункциональный пакет – MATLAB, в области моделирования агентных систем имеется целое множество симуляторов. Во многом, это связано с тем, что многоагентное моделирование – относительно новая область знаний, где еще не до конца выработаны общие стандарты. В последнее время ведется работа в этом направлении, что привело к появлению таких стандартов как FIPA [1] и OMG.

Было проведено исследование по поиску оптимального симулятора для многоагентной системы популяции северного оленя. В разной степени рассмотрены такие пакеты, как FIPA-OS [2], JADE [3, 4], ZEUS [5], TAEMS [6], AnyLogic [7], MASDK [8] и др. По результатам исследования в качестве оптимального был выбран пакет JADE.

JADE (Java Agent DEvelopment Framework) был создан при участии нескольких университетов и научных групп. Этот пакет полностью поддерживает стандарт для мультиагентных систем FIPA, который на сегодняшний день является передовым в области многоагентного моделирования. FIPA определяет структуру агентов, способы и протоколы их взаимодействия, а также возможности поведения агентов.

Важной особенностью JADE является тот факт, что пакет полностью написан на языке Java. По сути, JADE – это набор Java-библиотек, которые предоставляют программисту определенный интерфейс. Он позволяет создавать агентов, поддерживать их жизненный цикл, назначать агентам задачи, определять их поведение и т.п. Таким образом, JADE реализует парадигму так называемого агентно-ориентированного программирования. JADE не имеет никакой встроенной графической поддержки, за исключением специальных отладочных средств. В руках разработчика неограниченные

возможности языка Java и несколько важных библиотек, с помощью которых можно создавать агентов и определять их поведение.

Создание моделей на языке Java требует от разработчика хороших навыков программирования, но при этом он не ограничен в своих возможностях и может создать гибкую эффективную систему с собственным графическим интерфейсом. Еще одна важная особенность – многоплатформенность языка Java. Это означает, что созданный симулятор будет одинаково работать под разными операционными системами и на различных по архитектуре устройствах. Во многом благодаря этому было принято решение создать симулятор средствами языка Java и библиотек JADE.

На рис. 1 представлен общий вид мультиагентного симулятора.

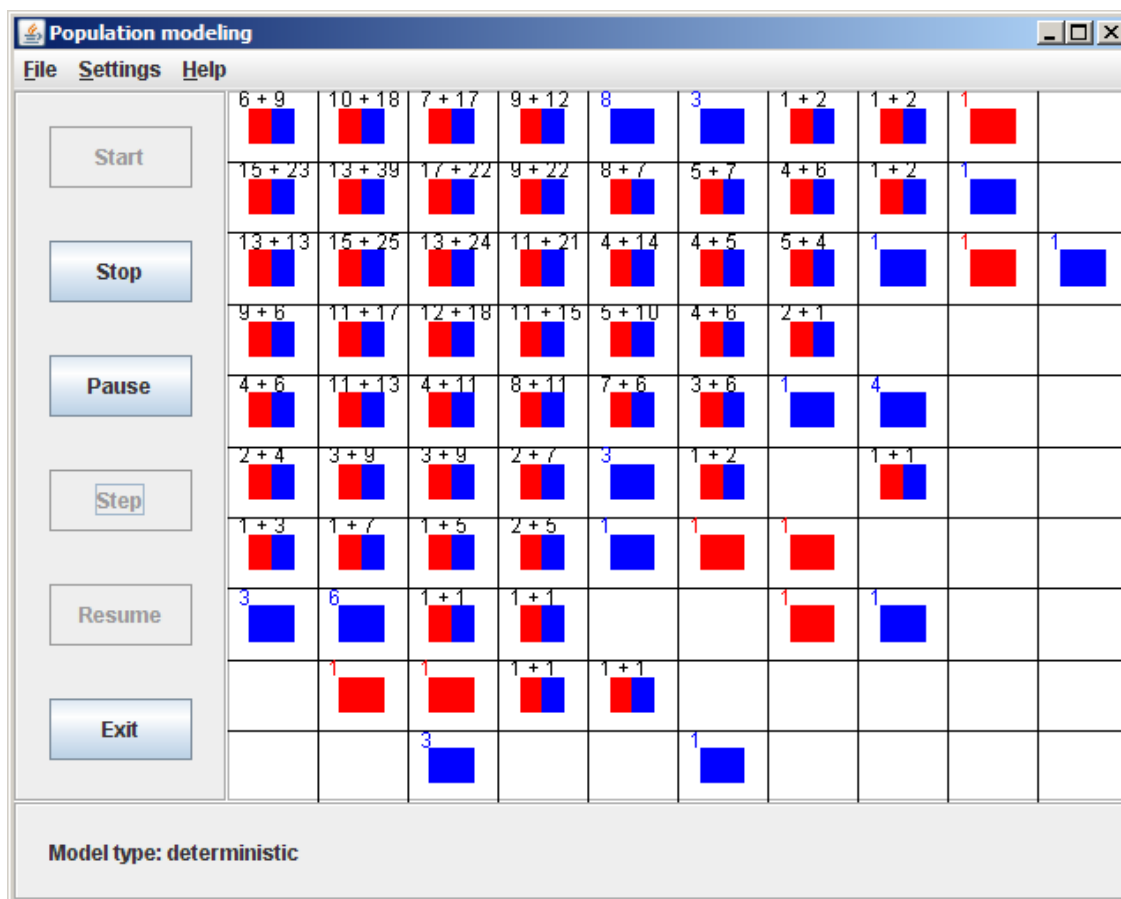


Рис. 1. Главное окно мультиагентного симулятора

Слева расположена панель управления моделированием. С помощью нее можно запускать и приостанавливать модель. Также возможен режим пошагового моделирования, когда выполнение модели происходит с остановками на каждом шаге. Справа находится рабочая область, где отображается перемещение агентов–особей в пространстве. На данный момент перемещение особей носит хаотический характер, но в будущем предполагается реализовать алгоритмы перемещения особей в зависимости от климата, кормовой базы и т. д.

При выполнении моделирования в дополнительном окне, показанном на рис. 2, строятся графики изменения численности популяции.

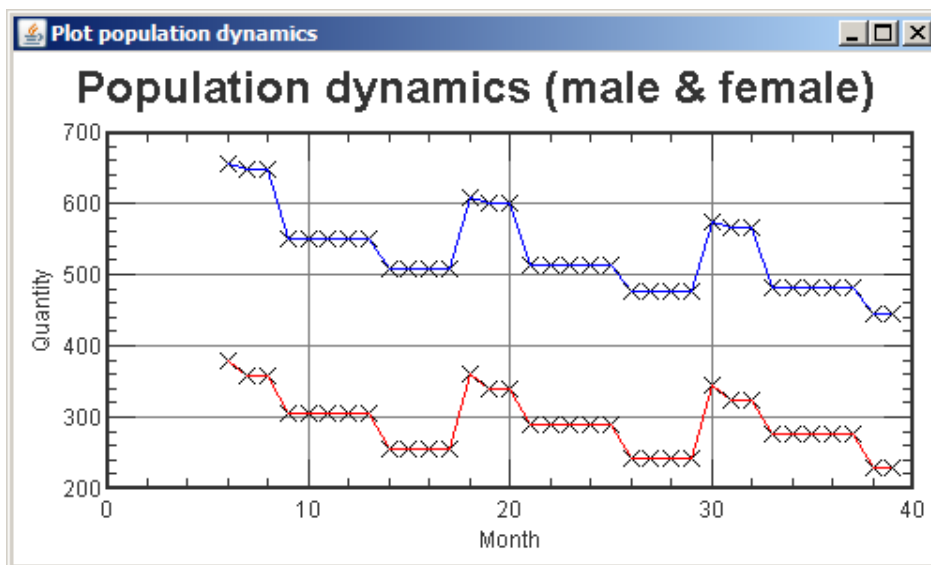


Рис. 2. Графическое окно

В верхней части главного окна расположено меню, с помощью которого определяются параметры моделирования. Моделирование можно проводить в детерминированном и вероятностном режимах.

Окно параметров моделирования представляет собой набор закладок и показано на рис. 3.

Age	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Male	102	58	47	38	32	27	21	16	12	10	5	4	2	2	1	1
Female	131	97	83	71	60	51	42	34	27	21	12	9	6	5	3	2

Рис. 3. Окно параметров моделирования

В данном окне задаются начальные условия, коэффициенты смертности и рождаемости по полу и возрасту, коэффициент промышленного изъятия, а также размеры координатной плоскости.

В данной системе каждый агент представляет отдельный поток вычислений. Агенты-особи обмениваются между собой сообщениями в соответствии со стандартом FIPA. С ростом числа агентов в системе возрастает и объем вычислений. Средства языка Java и пакета JADE позволяют распределить вычисления на несколько компьютеров, не изменяя сам программный код. Это решает проблему замедления вычислений при большом количестве агентов.

Научная новизна проводимых исследований заключается в комплексном подходе к моделированию популяций животных. Моделирование проводится одновременно в пространственной области и области популяционной динамики. Для построения модели применен прогрессивный многоагентный подход. Также разработана архитектура многоагентной системы популяции, которая позволяет учесть факторы, влияющие на поведение отдельных особей и популяцию в целом.

Для решения прикладных задач был разработан симулятор. В результате проведения моделирования были подтверждены имеющиеся реальные данные о динамике развития популяции северного оленя и сделаны прогнозы. В дальнейшем предполагается расширять модель и программный комплекс для учета поведения особей при воздействии внешних факторов, таких как климат, кормовая база, особенности местности. Для этого предполагается стыковка симулятора с ГИС. При этом на ГИС будет возлагаться задача формирования пространственных карт распределения и задача графического отображения перемещения особей. На симулятор будет возложено решение вычислительных задач.

### Литература

1. FIPA 98 Specification, 1998.
2. FIPA-OS: A component-based Toolkit Enabling Rapid Development of FIPA Compliant Agents [Электронный ресурс]//<<http://fipa-os.sourceforge.net>> (по состоянию на 03.04.2006).
3. JADE Programmer's Guide, 2006, [Электронный ресурс]//<<http://jade.tilab.com>> (по состоянию на 20.02.2007).
4. JADE Administrator's Guide, 2006, [Электронный ресурс]//<<http://jade.tilab.com>> (по состоянию на 20.02.2007).
5. Collis J., Ndumu D. Zeus Technical Manual [Электронный ресурс]//<<http://labs.bt.com/projects/agents/zeus/techmanual/TOC.html>> (по состоянию на 17.04.2006).
6. Horling B., Lesser V. The Taems White Paper, University of Massachusetts, 2004.
7. Карпов Ю. Г. Введение в моделирование с использованием среды AnyLogic, 2005.
8. Городецкий В. И., Карасев О. В. Технология разработки прикладных многоагентных систем в инструментальной среде MASDK//Труды СПИИРАН. 2006. Т. 1. Вып. 3.