

ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО МОДЕЛИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Т. И. Бурак, М. М. Лукашевич, Д. А. Саранча, М. М. Татур, Р. В. Трапеев
Кафедра ЭВМ, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Вычислительный центр им. А.А.

Дородницына Российской академии наук

Минск, Республика Беларусь; Москва, Российская Федерация

E-mail: {lukashevich, tatur}@bsuir.by, timburik@gmail.com, dmsaran@yandex.ru, tslav85@mail.ru

В работе рассматривается применение системного подхода Дж. Форрестера к построению имитационных моделей в количественной биологии. Приводится краткое описание и характеристика программного средства моделирования эколого-биологических систем.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из важнейших научных проблем естествознания является решение задачи предсказания поведения изучаемого объекта (сложной системы) во времени и пространстве на основе определенных знаний о его начальном состоянии и характере влияния внешних факторов. Современный этап развития методов математического моделирования в эколого-биологической области во многом связан с развитием вычислительной техники и возможностью детализации свойств моделируемого объекта, т.е. открыта перспектива построения подробных имитационных моделей [1, 2].

I. СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД ДЖ. ФОРРЕСТЕРА

В имитационной модели сохранены и легко узнаваемы такие черты моделируемого объекта, как структура, связи между компонентами, способ передачи информации. Согласно [3] имитационная модель рассматривается как особая форма математической модели, в которой:

1. декомпозиция системы на компоненты производится с учетом структуры проектируемого или изучаемого объекта;
2. в качестве законов поведения, могут использоваться экспериментальные данные, полученные в результате натуральных экспериментов;
3. поведение системы во времени иллюстрируется заданными динамическими образами.

Метод построения имитационных моделей стал популярным в количественной экологии благодаря работам Дж. Форрестера [4], который успешно использовал данный подход при описании и моделировании «мировой системы» [5]. Основная идея системного подхода состоит в том, что модель описывается как совокупность некоторых существенных для процесса моделирования характеристик, а изменения этих характеристик обуславливаются петлями обратных связей. Петля обратной связи - это замкнутая цепочка взаимодействия, которую можно описать следующим образом: изменение характеристики

системы влечет за собой изменение окружающих условий (других характеристик), что в свою очередь вызывает дальнейшее изменение самой характеристики.

Для описания системы с петлями обратных связей используются два вида переменных: уровни и темпы. Уровень L - это численное представление некоторой существенной для моделирования характеристики системы. Темп D_L описывает изменение некоторого уровня L в процессе моделирования. В общем случае изменение уровней описывается формулой:

$$L(t_{i+1}) = L(t_i) + \Delta t \cdot \sum D_{Li}(IL_D(t_i)),$$

где Δt - промежуток времени между двумя итерациями моделирования; $IL_D = \{L_0, \dots, L_m\}$ - некоторый набор уровней системы, которые влияют на изменение уровня L ; $t_0, \dots, t_i, t_{i+1}, \dots, t_n$ - дискретные моменты времени, соответствующие итерациям моделирования (i - номер итерации).

Такой подход позволяет наиболее точно отразить процессы, происходящие внутри сложной динамической системы, которыми являются эколого-биологические системы. Имитационное моделирование на ЭВМ является одним из наиболее мощных средств исследования сложных динамических систем и позволяет проводить вычислительные эксперименты [6].

II. ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭКОВИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Подход, предложенный Дж. Форрестером, был реализован в виде программного средства (ПС) моделирования сложных эколого-биологических систем в рамках белорусско-российского проекта «Методы и программные средства компьютерного моделирования сложных динамических систем (экологических, биологических», поддержанного Республиканским фондом фундаментальных исследований (№Ф14Р-042 от 23.05.2014 г.).

Научная идея проекта состоит в создании инструментария для количественного обоснования гипотез о ведущих механизмах изучаемых экологических процессов, опираясь на всю палитру известных математических и биофизических методов. При этом использованы со-

временные компьютерные технологии для поддержки междисциплинарных исследований, позволяющих при создании математических моделей эколого-биологических объектов использовать знания экспертов – биологов. Такой подход позволяет описывать изучаемый объект в «пространстве и во времени», как целиком, так и на уровне индивидов, что позволит значительно повысить адекватность моделируемых процессов. Научная новизна проекта заключается в разработке новых математических моделей и алгоритмического аппарата функционирования динамических систем (в том числе эколого-биологических) и разработке на их основе ПС моделирования для междисциплинарных исследований в области эко-биологического прогнозирования и регулирования.

Разработан программный интерфейс библиотеки, созданной для демонстрации работы алгоритма моделирования. ПС, предоставляющее данный интерфейс пользователю, реализовано в виде динамической библиотеки. ПС доступно по следующей гиперссылке <http://modeling-timburik.rhcloud.com>

Апробация разработанного ПС выполнена на достоверных моделях эко-биологических систем. На рис. 1, 2 приведены примеры описания отдельных элементов имитационной модели тундрового сообщества «растительность-лемминги-песцы» [1, 2] с использованием реализованного ПС.

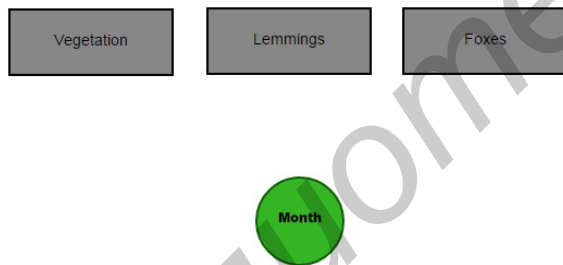


Рис. 1 – Верхний уровень описания модели

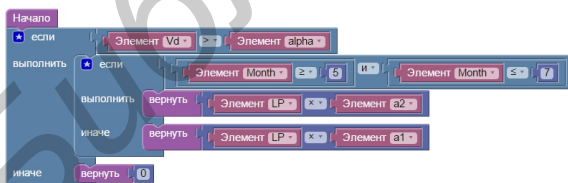


Рис. 2 – Пример описания переменной

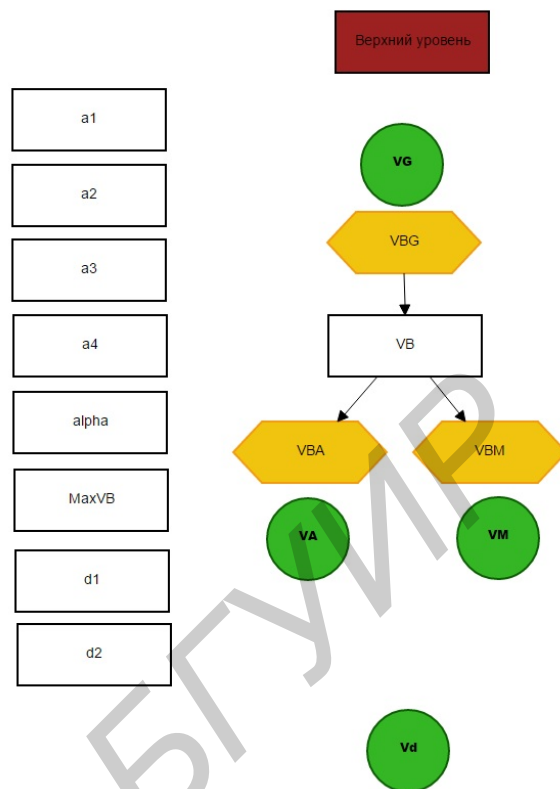


Рис. 3 – Описание объекта «Растительность»

III. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Sarancha, D. A., Lyulyakin, O. P., Trashcheev R. V. Interaction of simulation and analytic methods in modelling of ecological and biological objects / D. A. Sarancha, O. P. Lyulyakin, R. V. Trashcheev // Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling. – 2012. – Vol. 27, № 5. – P. 479–492.
2. Глушков, В. Н., Саранча, Д. А. Комплексный метод математического моделирования биологических объектов. Моделирование тундрового сообщества / В. Н. Глушков, Д. А. Саранча // Автоматика и телемеханика. – 2013. – № 2. – С. 94–108.
3. Колесов, Ю.Б. Объектно-ориентированное моделирование сложных динамических систем / Ю. Б. Колесов // СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2004. – С. 240.
4. Forrester, Jay W. Principles of Systems (2nd ed.) / Jay W. Forrester // MA: Pegasus Communications, Waltham, 1968. – P. 391.
5. Форрестер, Д. Мировая динамика / Д. Форрестер // М.: АСТ, 2006. – С. 384.
6. Колесов, Ю. Б. Компонентные технологии математического моделирования: учеб. пособие / Ю. Б. Колесов, Ю. Б. Сениченков // СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. – С. 223.