

Динамически переопределяемые системы в моделировании двух популяционных процессов с пороговыми эффектами

А. Ю. Переварюха^{1*}

¹ Санкт-Петербургский федеральный исследовательский центр РАН, Санкт-Петербург, Россия

* temp_elf@mail.ru

Аннотация. Предложен метод построения динамически переопределяемых структур для моделирования резких изменений в биологических процессах. Метод предусматривает анализ сценариев с управляющим воздействием, направленным на оптимизацию прибыли от эксплуатации биоресурсов. Ситуации описываются дифференциальными уравнениями, численно решаемыми на смежных интервалах времени. Состояние набора предикатов управляет выбором динамически переопределяемых коэффициентов. Сравнения предикатов проводим из расчета усредненных индивидуальных показателей поколений. Пороговые состояния в динамике численности популяции становятся следствием выделения событий как особых неравновесных состояний, меняющих алгоритм регуляции. Способ позволяет реализовывать опасные качественные изменения в сценариях управления биоресурсами, когда внезапно теряются устойчивые режимы их существования. Для практических задач алгоритмически реализованы вычислительные сценарии для двух разных процессов, таких как коллапс рыбных запасов при экспертном управлении промыслом и стремительная вспышка численности вредителей. Ситуация коллапса популяции рыб в сценарии с управлением развивается из двух этапов и является последствием стремления к оптимизации эксплуатации при неопределенности в оценках экспертами состояния объекта промысла. Для подтверждения актуальности моделей приведены сравнения с графиками развития двух реальных процессов: спонтанного популяционного взрыва и кризиса запасов при оптимизации промысла.

Ключевые слова: предикативные вычислительные структуры, экспертная логика, пороговые эффекты, гибридные автоматы, алгоритмы триггерных функций, интервальные кадры и иерархия времени, управление биоресурсами, сценарное моделирование, коллапс

Для цитирования: Переварюха А. Ю. Динамически переопределяемые системы в моделировании двух популяционных процессов с пороговыми эффектами // Прикладная информатика. 2021. Т. 16. № 1. С. 110–124. DOI: 10.37791/2687-0649-2021-16-1-110-124

Dynamically overridden systems for modeling of the two population processes with threshold effects

A. Perevaryukha^{1*}

¹ St. Petersburg Federal Research Center RAS, St. Petersburg, Russia

* temp_elf@mail.ru

Abstract. We have proposed a method for constructing dynamically redefined structures for the purpose of modeling abrupt changes in biological processes. The method provides for the analysis of scenarios with a control action, which is aimed at optimizing the profit from the exploitation of biological resources. The situations are described by three differential equations, which are numerically solved on adjacent time intervals. The state of the predicate set controls the selection of dynamically overridden coefficients. We carry out comparisons of all predicates on the basis of averaged individual indicators of generations. Threshold states in the dynamics of population size are a consequence of the selection of events as special nonequilibrium states that change the regulation algorithm. Our method makes it possible to implement dangerous qualitative changes in the scenarios of biological resource management, when the stable modes of their existence are suddenly lost. For practical problems, we have algorithmically implemented computational scenarios for two different processes such as the collapse of fish stocks under expert control of the fishery and a rapid outbreak of pests. The situation of the collapse of the fish population in the scenario with control develops in two stages and is a consequence of the experts' desire to optimize the operation with uncertainty in an expert's assessment of a state of a fishery. To confirm the relevance of our models, comparisons are made with the graphs of the development of the two real processes, as the spontaneous population explosion and the stock crisis during optimization of the sea cod fishery.

Keywords: predicative computational structures, expert logic, threshold effects, Allee effect, hybrid automata, trigger function algorithms, interval frames and time hierarchy, biological resource management, scenario modeling, fish stock collapse

For citation: Perevaryukha A. Dynamically overridden systems for modeling of the two population processes with threshold effects. *Prikladnaya informatika*=Journal of Applied Informatics, 2021, vol.16, no.1, pp.110-124 (in Russian). DOI: 10.37791/2687-0649-2021-16-1-110-124

Введение

Спорадичность стремительного перемешивания видового разнообразия регионов на фоне климатических изменений осложняет задачу экспертного прогнозирования темпов восстановления используемых биоресурсов. Целью исследований является новый метод формирования вычислительной структуры, позволяющий в компьютерных экспериментах выявлять пороговые эффекты в экологических процессах и описы-

вать особенности их эволюции. Обоснование метода последовательно проведем так, чтобы адаптировать его к широкому перечню проблем, связанных с моделированием экстремальных режимов в функционировании биосистем. Рассмотрим построение вычислительных модельных сценариев, которые смогут включать разнообразные внутренние факторы изменений популяционных характеристик и внешние воздействия. В сценариях эмулируем экспертную логику принятия решений, закладывая варианты возможных ре-