

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (проект № 18-08-00822)

Литература:

1. *Beasley J.E., Krishnamoorthy M., Sharaiha Y.M., and Abramson D. Scheduling aircraft landings – the static case//Transportation Science. – 2000. – Vol. 34. № 2. – P. 180-197.*

2. *Вересников Г.С., Егоров Н.А., Кулида Е.Л., Лебедев В.Г. Методы построения оптимальных очередей воздушных судов на посадку. Ч. 1. Методы точного решения//Проблемы управления. – 2018. – № 4. – С. 2-13.*

3. *Вересников Г.С., Егоров Н.А., Кулида Е.Л., Лебедев В.Г. Методы построения оптимальных очередей воздушных судов на посадку. Ч. 2. Методы приближенного решения//Проблемы управления. – 2018. – № 5. – С. 2-13.*

4. *Кулида Е.Л. Инструментальное средство для исследования алгоритмов построения оптимальных очередей воздушных судов на посадку: Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018615221 РФ; Зарег. 03.05.2018.*

5. *Кулида Е.Л., Лебедев В.Г., Егоров Н.А. Исследование эффективности алгоритма оптимизации потока воздушных судов на посадку//Проблемы управления. – 2019. – № 6. – С. 63-69.*

Петров А.А., Щербаков А.В., Опенкин Д.Ю., Черномордов С.В., Гладких О.Б.

Применение нейросетевых алгоритмов для моделирования и анализа безопасности функционирования технических и миграционно-популяционных систем

Аннотация: Рассмотрено применение нейросетевых алгоритмов в задачах моделирования технических и миграционно-популяционных систем с учетом прогнозирования и оценки безопасности.

Ключевые слова: технические системы, миграционно-популяционные системы, искусственные нейронные сети, эволюционные алгоритмы, моделирование, безопасность, прогнозирование

К числу актуальных задач в области моделирования и анализа сложных динамических процессов относятся задачи синтеза и анализа моделей технических и миграционно-популяционных систем с учетом прогнозирования и оценки безопасности [2]. Применение аппарата искусственных нейронных сетей и методов интеллектуального управления в задачах указанного типа рассматривалось в [1–6] и в других работах.

Среди полезных свойств искусственных нейронных сетей (ИНС) можно отметить возможность применять их для различных способов обработки множества видов информации, и в частности для параллельной обработки. ИНС позволяют формировать трудно описываемые математические системы; они успешно справляются с диагностикой и принятием решений, которые исключают логический вывод или относятся к области, где отсутствуют четкие математические модели. Отличительной чертой ИНС является гибкость данной модели при проведении нелинейной аппроксимации многомерных функций. На основе перечисленных особенностей осуществлялось решение задач поиска оптимальных траекторий динамических моделей систем с переключениями.

Элементом ИНС является искусственный нейрон, характеризующийся весовыми коэффициентами – сумматором вида.

$$u = \sum_{i=1}^n w_i x_i. \quad (1)$$

Нейрон агрегирует все входные сигналы в какое-то одно число – взвешенную сумму, которая характеризует поступивший на нейрон сигнал. Весовые коэффициенты в (1) можно интерпретировать как степень общего возбуждения нейрона. Нейрон должен обработать взвешенную сумму и сформировать адекватный выходной сигнал. Для этих целей используется функция.

$$y = F(u). \quad (2)$$

Функция активации (2) преобразует взвешенную сумму в число, которое и является выходом нейрона.

В [4, 7] рассмотрены вопросы моделирования экологических систем с помощью нейроэволюционного алгоритма обучения. Сущность указанного алгоритма проиллюстрирована на примере популяционной модели. Не ограничиваясь моделью с трофическими

взаимодействиями типа «хищник–жертва», можно задать свободную парадигму поведения животным-агентам, пространство обитания которых – плоская прямоугольная сетка с дискретным количеством положений, замкнутая по тороидальному типу. Основным параметр животного-агента – энергия E , которая уменьшается с каждой итерацией алгоритма. Пополнить ее можно, поглотив животное с меньшей энергией, либо одно из неподвижных растений, случайным образом размещенное на карте, т.е. $0 < E < E_{max}$. По достижению определенного уровня энергии животное размножается делением, потомок получает случайную мутацию.

При построении нейрорезолюционного алгоритма предполагается, что параметры агента задаются следующим образом: кортеж $W = w_1, w_2, \dots, w_n$ задает весовые коэффициенты последовательно, сверху вниз, от входа к выходу сети, кортеж $F = f_1, f_2, \dots, f_i$ задает тип передаточных функций, последовательно, сверху вниз, от входов к выходам. Далее, кортеж $T = (t, i, r)$ задает топологию сети, где t – количество скрытых слоев, i – количество нейронов в них, r – степень рекуррентности. Тройка W, F, T соответствует геному агента. Мутация может быть направлена на изменение параметров. Следует заметить, что для устойчивости алгоритма необходим параметр, ограничивающий сложность T сети агента.

В [8, 9] рассмотрены аспекты разработки и реализации высокопараллельных алгоритмов обучения для нейронных сетей в задачах построения оптимальных траекторий технических систем с переключениями. В этой работе изучены вопросы использования гибридных вычислений с применением библиотек «ленивых» вычислений. На примере построения нейросетевого регулятора были рассмотрены этапы: выполнение алгоритма оптимизации, расчет целевой функции, расчет выводов нейросетей. Таким образом, можно решать задачи моделирования динамических систем с учетом нестационарных возмущений, задаваемых полиномами высоких порядков и специальными функциями экспоненциального типа.

В [10, 11] предложены методы анализа и синтеза нелинейных управляемых моделей динамики численности взаимосвязанных сообществ с учетом миграционных потоков и конкуренции. В этой работе приведена схема, реализующая концепцию машинного

обучения без учителя для решения задачи оптимального управления трехмерной модели с миграционными потоками.

В настоящей работе предлагается обобщение миграционно-популяционных моделей с учетом новых видов взаимодействий и новые постановки задач оптимального управления для указанных задач. В построении критерия качества управления закладываются принципы сохранения мигрирующих популяций и динамического развития с учетом безопасности.

Для анализа моделей используются методы анализа и синтеза многомерных нелинейных управляемых моделей динамики численности взаимосвязанных сообществ с учетом миграции и конкуренции, а также методы численной оптимизации и машинного обучения [11]. Для решения задач анализа новых технических и миграционно-популяционных моделей мы используем модификации этих методов оптимизации, конкретизации и обобщения нейросетевых алгоритмов.

Следует отметить, что нейросетевые алгоритмы могут быть использованы при изучении вопросов корректного управления с обучением. Применение таких алгоритмов направлено на снижение риска возникновения нештатных ситуаций, а также на повышение эффективности их своевременной коррекции, прогнозирования на основе уточненного анализа математических моделей.

Перспективы дальнейших исследований состоят в синтезе и компьютерном исследовании миграционных моделей с частичным управлением и в расширении спектра численных методов глобальной параметрической оптимизации при исследовании моделей с миграционными потоками. Представленные результаты могут найти применение в задачах моделирования технических и миграционно-популяционных систем с учетом прогнозирования и оценки безопасности.

Литература:

1. *Лорьер Ж.-Л.* Системы искусственного интеллекта. – М.: Мир, 1991. – 568 с.
2. *Уоссермен Ф.* Нейрокомпьютерная техника: Теория и практика. – М.: Мир, 1992. – 240 с.
3. *Редько В.Г.* Эволюция, нейронные сети, интеллект: Модели и концепции эволюционной кибернетики. – М.: Ленанд, 2015. – 224 с.

4. *Гладких О.Б., Петров А.А.* О мониторинге и прогнозировании нештатных ситуаций с использованием гибридных самообучающихся систем / Материалы II школы-семинара молодых ученых «Фундаментальные проблемы системной безопасности» (Елец, 2-4 июня 2015 г.). – Елец: ЕГУ им. И.А. Бунина, 2015. – С. 174-176.

5. *Масина О.Н.* Конструирование регуляторов нечетко-нейронного управления техническими системами на основе количественных данных//Наукоемкие технологии. – 2011. – Т. 12. № 4. – С. 16-20.

6. *Масина О.Н., Дружинина О.В.* Методы анализа устойчивости систем интеллектуального управления. – М.: URSS, 2016. – 242 с.

7. *Гладких О.Б., Петров А.А., Лаухин В.В.* Подход к моделированию экологических и социально-экономических процессов на основе нейроэволюционных самонастраивающихся алгоритмов / Труды XXIII Международной конференции «Проблемы управления безопасностью сложных систем» (Москва, 16 декабря 2015 г.). – М.: ИПУ РАН, 2015. – С. 370-371.

8. *Дружинина О.В., Масина О.Н., Петров А.А.* Высокопараллельные алгоритмы обучения для нейросетевых моделей технических систем / Материалы V Международной научно-практической конференции «Системы управления, технические системы: устойчивость, стабилизация, пути и методы исследования». – Елец: ЕГУ им. И.А. Бунина, 2019. – С. 37-41.

9. *Дружинина О.В., Корепанов Э.Р., Белоусов В.В., Масина О.Н., Петров А.А.* Опыт разработки методов и средств нейросетевого моделирования нелинейных систем на базе отечественной вычислительной платформы «Эльбрус 801-PC»//Нелинейный мир. – 2020. – Т. 18. № 2. – С. 5-17.

10. *Demidova A.V., Druzhinina O.V., Masina O.N., Petrov A.A.* Computer research of the controlled models with migration flows / Workshop on information technology and scientific computing in the framework of the X International Conference Information and Telecommunication Technologies and Mathematical Modeling of High-Tech Systems (ITTMM-2020), Moscow, Russian, April 13-17, 2020 (ITTMM-2020) [Электронный ресурс]. – URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2639/paper-11.pdf> (дата обращения 29.10.2020).

11. *Петров А.А., Масина О.Н., Дружинина О.В., Опенкин Д.Ю.*

Структура нейронных сетей и высокопараллельные алгоритмы обучения для изучения многомерных управляемых моделей с миграционными потоками / Материалы VI Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения профессора А.А. Шестакова «Системы управления, сложные системы: моделирование, устойчивость, стабилизация, интеллектуальные технологии». – Елец: ЕГУ им. И.А. Бунина, 2020. – С. 194-196.

Гирник Е.С.

Предмет, задачи и методы пограничной статистики

Аннотация: Пограничная статистика, являясь элементом государственной статистики и теории пограничной безопасности, имеет целью предоставить органам государственной власти и управления количественные основания для организации деятельности по обеспечению безопасности страны в пограничном пространстве.

Ключевые слова: пограничная статистика, система мер, пограничная безопасность, управление, государство

Пограничная статистика (как отрасль социальной статистики) изучает количественные показатели во взаимосвязи и взаимозависимости с качественными характеристиками таких явлений и процессов, как пограничная безопасность, пограничная деятельность, результаты оперативно-служебной и служебно-боевой деятельности в пограничном пространстве.

Причем пограничная статистика понимается трояко.

1. Пограничная статистика как совокупность актуальных, достоверных, согласованных и упорядоченных данных, отражающих результаты пограничной деятельности и состояние управляемых систем.

2. Пограничная статистика как процесс (совокупность процессов или действий, ведущих к формированию статистических данных) – проведение в соответствии с официальной статистической методологией статистических наблюдений и обработка данных, полученных в результате этих наблюдений.