

УДК 519.246:519.254:519.257

*Радзіховська А. О., здобувач вищої освіти;
Комаров В. Ф., старший викладач кафедри інформаційних технологій,
Донецький національний університет імені Василя Стуса*

ПОБУДОВА МОДЕЛЕЙ СТОХАСТИЧНИХ СИГНАЛІВ З НАПЕРЕД ЗАДАНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Ключові слова: стохастичний сигнал, стохастична модель, апроксимація даних.

Вступ. У роботі розглянута задача побудови моделей стохастичних сигналів з наперед заданими характеристиками та проведений аналіз наявних підходів до побудови таких моделей.

Актуальність. Подібна задача може виникати в широкому спектрі ситуацій: коли потрібні дані, що наближені до натуральних, за їх відсутності у задачах імітаційного моделювання, під час розробки та налагодження програмного забезпечення систем управління, в задачах, пов'язаних із питаннями кібербезпеки – аналізом цілісності та природності даних кіберфізичних систем, під час виявлення імовірного втручання в такі дані тощо.

Стохастичність означає випадковість. Стохастичні моделі потрібні для введення даних та аналізу реальних систем, де ми не можемо однозначно визначити чи передбачити значення вимірюваних параметрів. У теорії ймовірності стохастична система має один стан, який визначається у випадковий спосіб та має випадковий розподіл ймовірностей або шаблон, завдяки якому може бути проведений статистичний аналіз, але результат не може бути передбаченим точно [1].

Сигнали стохастичної природи можна зустріти в різних галузях науки і техніки, як-от радіолокація, зв'язок, автоматичний контроль, фінансовий аналіз, прогноз погоди тощо. Важливим завданням під час роботи зі стохастичними сигналами є побудова моделей, які дають змогу описувати їх статистичні характеристики.

Існує широкий спектр відомих методів побудови моделей стохастичних сигналів, що базуються на методах кореляційного і регресійного аналізів або інших статистичних методах. Серед них можна виділити такі основні типи:

- *Методи на основі ймовірнісного розподілу.* У цих методах модель сигналу будується на основі його ймовірнісного розподілу. Прикладом таких методів є метод середнього квадратичного відхилення, метод максимальної правдоподібності тощо.

- *Методи на основі регресійного аналізу.* У цих методах модель сигналу будується на основі регресійної моделі, яка зв'язує значення сигналу в різних точках часу. Прикладом таких методів є метод лінійної регресії, метод стохастично-лінійної регресії тощо.

- *Методи на основі нейронних мереж.* У цих методах модель сигналу будується на основі нейронної мережі, яка навчена на наборі даних, що містить реальні значення сигналу.

Вибір методу побудови моделі стохастичних сигналів залежить від конкретних завдань, які необхідно вирішити. Якщо необхідно побудувати просту модель з достатньою точністю, то можна використовувати метод на основі ймовірнісного розподілу. Якщо необхідно побудувати точну модель, то можна використовувати метод на основі регресійного аналізу. Якщо необхідно побудувати модель, яка може адаптуватися до змін сигналу, то можна використовувати метод на основі нейронних мереж.

Кожен із методів має свої переваги та недоліки. Наприклад, моделі даних, імітованих навченою на попередніх даних нейромережею, можуть містити лише передбачувані зміни у даних, тому вони в чистому вигляді не можуть повністю замінити аналітичні моделі, незважаючи на свою ефективність, як у ситуації з прогнозуванням погоди [2].

Інший приклад – авторегресійна модель 6-го порядку для споживання електроенергії трамвайним депо, – одна з моделей, розглянутих у статті [3]. До переваг таких моделей можна теж віднести високу точність апроксимації реальних даних. Для авторегресійної моделі 6-го порядку RMSE становить 0,299, що є найнижчим значенням серед усіх розглянутих моделей. Сам підхід може бути використаний для опису широкого спектру часових рядів.

Авторегресійна модель може описувати як тренд, так і сезонні коливання. Але для отримання моделі так само потрібна велика кількість вхідних даних. Це може бути проблемою в тих випадках, коли доступні лише обмежені дані.

Розглянуті моделі також можуть бути чутливими до шуму в даних – у разі наявності шуму модель може неправильно оцінити тренд або повторювані зміни в даних.

Висновки

Загалом задача побудови моделей стохастичних сигналів є складною і багатогранною. Методи, що спираються на необроблені «сирі» дані, дають можливість отримати відносно точні моделі, але потребують великої кількості даних та суттєво прив'язані до них. Із погляду імітаційного моделювання та інших розглянутих прикладних задач може бути цікавим інструмент, що будуватиме моделі на основі компактної характеристичної інформації, яка часто є доступнішою у вигляді даних статистичного аналізу, ніж масиви вихідних даних. Такий аналіз стохастичних даних дає, наприклад, дисперсія Аллана [4].

Список використаних джерел

1. Стохастичність: вебсайт. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Стохастичність>
2. Remi Lam et al., Learning skillful medium-range global weather forecasting. *Science* 0, eadi2336. DOI: 10.1126/science.adi2336
3. Математичні моделі прогнозу споживання електроенергії трамваями на маршрутах // Вісник ВПІ, 2002, № 6, С. 38–44.
4. Використання дисперсії Аллана для ідентифікації нормальної роботи сенсорних вузлів / Дудко В. Б., Мокін Б. І., М. П. Розводюк, В. Г. Крижановський, В. Ф. Комаров, С. П. Сергієнко, Л. В. Загоруйко. *Вісник ВПІ*. № 3. С. 78–83. DOI: 10.31649/1997-9266-2021-156-3-78-83.