

1. В.О. Кроль, П.П. Федірко, к.т.н., доцент, В.В. Морозов, Подільський державний аграрно-технічний університет

РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ РОЗПОДІЛУ ВЕЙБУЛЛА МЕТОДОМ МАКСИМАЛЬНОЇ ПРАВДОПОДІБНОСТІ В ПАКЕТІ LIBREOFFICE 5

Розподіл Вейбулла широко використовується в теорії надійності для опису імовірності відмов техніки і обладнання внаслідок старіння і зношення, складних технічних систем з послідовним включенням елементів і їх дублюванням, коли потік відмов змінюється в часі, прогнозуванні ремонтних впливів і формуванні необхідних запасів запчастин і обмінних фондів.

Закон описує безперервні випадкові величини і виражається формулами [1;2]:

$$F(t) = 1 - \exp\left[-(t/a)^b\right], \quad (1)$$

$$f(t) = \frac{b}{a} \left(\frac{t}{a}\right)^{b-1} \exp\left[-(t/a)^b\right], \quad (2)$$

де $F(t)$ і $f(t)$ – відповідно інтегральна і диференціальна функції розподілу;
 a і b – параметри розподілу (емпіричні коефіцієнти).

Параметр a визначає масштаб, а параметр b – асиметрію кривих розподілу. Точно визначивши параметри розподілу, можна створити математичну модель максимально наближену до дослідних даних і підвищити достовірність прогнозів показників надійності.

При певних значеннях a і b закон розподілу Вейбулла перетворюється у закон Реллея або експоненціальний закон. Універсальність і гнучкість обумовлюють популярність закону Вейбулла в аналізі надійності технічних систем, але складність визначення його параметрів розподілу обмежує його практичне використання.

При наявності масиву дослідних даних, параметр b може бути визначений з рівняння:

$$\frac{N}{b} + \sum_{i=1}^k \ln t_i \cdot m_i = \frac{N \sum_{i=1}^k t_i^b \cdot \ln t_i \cdot m_i}{\sum_{i=1}^k t_i^b \cdot m_i}, \quad (3)$$

де t_i — значення середини i -того інтервалу статистичного ряду;
 m_i – кількість значень у інтервалі;
 N – загальна кількість випробувань.

Параметр a знаходять за формулою:

$$a = b \sqrt[b]{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^k t_i^b \cdot m_i} \quad (4)$$

Для визначення параметра b можна скористатися кількома різними способами, до яких відносяться: графо - аналітичний метод, метод моментів і метод максимальної правдоподібності [3].

При застосуванні графо - аналітичного методу ліву і праву частину рівняння (3) вважають відповідно функціями y_1 та y_2 , підставляючи у які значення b в межах від 1 до 4 і дослідні дані, будують графіки і знаходять точку їх перетину. Абсциса цієї точки і є розв'язком. Рекомендується будувати криві не менш як за чотири точки. Очевидно, що точність визначення параметра b значною мірою залежить від акуратності побудови графіків і їх масштабу.

Метод моментів дозволяє визначити параметр b через коефіцієнт варіації, вирахований на основі дослідних даних із застосуванням табульованих значень

параметрів і коефіцієнтів закону розподілу Вейбулла. Похибки, пов'язані з інтерполяцією, будуть меншими, ніж у попередньому випадку.

Для побудови графіків інтегральної і диференціальної функцій розподілу в обох варіантах знадобляться таблиці значень $F(t)$ і $f(t)$ і виникнуть додаткові похибки при відліку даних по осях.

Метод максимальної правдоподібності вимагає значного об'єму обчислень, при яких ліву і праву частину рівняння (3) врівноважують, змінюючи значення b в межах від 1 до 4 методом перебору або застосовуючи градієнтний пошук для мінімізації кількості ітерацій.

Вручну такі обчислення проводити досить складно, тож до недавнього часу використання методу потребувало залучення потужних електронно-обчислювальних машин і складних та вартісних спеціалізованих математичних пакетів. Втім, на сьогоднішній день ситуація змінилась на краще: сучасний персональний комп'ютер або планшет має достатню обчислювальну потужність для проведення досить складних розрахунків і візуалізації одержаних результатів. Крім того, табличні процесори навіть у деяких безкоштовних офісних пакетах мають функції для роботи з основними законами розподілу випадкових величин, дають можливість проводити ймовірнісні розрахунки і розв'язувати оптимізаційні задачі. Для поставленої задачі було обрано безкоштовний офісний пакет LibreOffice 5 [4].

Розрахунок проводиться наступним чином: розбивши масив дослідних даних на інтервали, визначаємо їх середні значення і кількість значень у кожному них і заповнюємо перші два рядки таблиці. Сума членів другого рядка – це загальна кількість випробувань N .

Записавши в одну із вільних комірок таблиці початкове додатне (!) значення параметра b , наприклад 1, у наступних рядках розраховуємо для кожного інтервалу елементи рівняння (3), що знаходяться під знаками суми: $\ln t_i \cdot m_i$, $t_i^b \cdot m_i$, $t_i^b \ln t_i \cdot m_i$.

Таблиця– Підготовка даних для розрахунку

Середнє значення інтервалу t_i , год	1750	2250	2750	3250	3750	4250	4750	5250	5750	6250	6750
Частота повтор., m_i	2	11	13	19	8	3	3	3	1	1	1
$\ln t_i \cdot m_i$											
t_i^b											
$t_i^b \cdot m_i$											
$t_i^b \cdot \ln t_i \cdot m_i$											

В окремих комірках обчислюємо значення лівої і правої частини рівняння (3) і знаходимо їх різницю в наступній комірці таблиці. В додаткову комірку вписуємо формулу для розрахунку параметра a .

Увійшовши в меню “Сервіс” обираємо пункт “Підбір параметра”. У віконці, що відкрилося, в якості “Цільової комірки” вказуємо клітинку, яка містить різницю лівої і правої частини рівняння (3), вписуємо 0 у “Цільове значення”, даємо посилання на клітинку з початковим значенням параметра b в пункті “Комірка, що змінюється”. Налаштування завершено.

Натиснувши кнопку “ОК” погоджуємось на вставку одержаного значення в комірку, що змінюється. Система автоматично виконує перерахунок усієї таблиці з новими, оптимізованими значеннями параметрів a і b . Весь процес обчислень займає частки секунди.

Нажаль, у 5 версії LibreOffice неможливо реалізувати інший спосіб розв'язання задачі, застосовуючи “Вирішувач” (Solver). “Solver for Nonlinear Programming (for Calc)” поточною версією не підтримується, а вбудовані “LibreOffice CoinMP linear solver” і “LibreOffice лінійний вирішувач” здатні виконувати розрахунок лише для лінійних моделей, тому для вищезгаданої задачі із знаходження параметрів розподілу не придатні.

Використовуючи функцію WEIBULL(t ; a ; b ; 0), з високою точністю обчислюємо значення кумулятивної (інтегральної) функції розподілу для обраних значень t , а замінивши 0 на 1 , WEIBULL(t ; a ; b ; 1) - одержуємо значення диференціальної функцій. При необхідності, за одержаними значеннями можуть бути побудовані відповідні графіки (меню “Вставка”, “Діаграма”).

Література

1. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. – М.: Физматлит, 2006. – 816 с.
2. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения: Учеб.пособие для вузов. - М.: Высшая школа, 2000. - 383 с.
3. Прейсман В.И. Основы надежности сельскохозяйственной техники [Текст]. – К.: Вища школа, 1988. – 246 с.
4. LibreOffice Documentation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: HYPERLINK «<http://www.libreoffice.org/get-help/documentation/>»

2. А.И. Волков, к.с-х.н., доцент, Д.В. Лукина, А.В. Майоров, Н.В. Януков, Л.О. Пояркова, Е.М. Петухова, Н.З. Гаязутдинов, Г.Ю. Гуйда, ФГБОУ ВО «Марийский Государственный Университет», Йошкар-Ола, Россия

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА В РЕСПУБЛИКЕ МАРИЙ ЭЛ

В агропромышленном комплексе (АПК), как и во многих других отраслях народного хозяйства России, в том числе и в техническом сервисе, основным производственным ресурсом любого предприятия по-прежнему является человеческий капитал. Только отлично обученный, хорошо подготовленный к овладению инновационными технологиями и быстро адаптирующийся к современным реалиям экономики специалист широко востребован работодателями [1-2]. Между тем, как показывает практика, в последнее десятилетие актуальна проблема нехватки квалифицированных кадров в области технического сервиса для АПК во многих регионах России и Республика Марий Эл здесь не исключение. Кроме того, следует отметить, что существует большой дефицит как управленческих, так и инженерных кадров. Это связано с тем, что в последние годы значительно уменьшилась численность специалистов данного профиля, возросла рабочая нагрузка, повысились требования к профессиональным компетенциям, организаторским функциям и компьютерной грамотности. При этом остающийся невысоким уровень заработной платы и отсутствие социальной инфраструктуры во многих российских селах, значительно уменьшают привлекательность будущей профессии для выпускников аграрных вузов [3]. Все вышеперечисленное и явилось целью настоящей работы.

Для решения поставленной задачи в Республике Марий Эл необходимо, во-первых, создать и постоянно развивать модель непрерывного образования, которое подразумевает воспитание потенциального специалиста с дошкольного учреждения, затем его курирование в школе, агротехникуме или сельскохозяйственном вузе вплоть до устройства его на работу в соответствующее предприятие АПК.

Во-вторых, стимулировать школьников и студентов на занятия научной и инновационной деятельностью. Для этого необходимо активнее вовлекать работодателей в этот творческий процесс. Двусторонний контакт позволит обучающимся участвовать в