

Клименко В.А., Шейко О.І.

(НТУУ «КПІ», м. Київ)

**ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ПРИКЛАДНОЇ СТАТИСТИКИ У ГАЛУЗІ
ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ
ВЛАСТИВОСТЕЙ ФОРМУВАЛЬНИХ І СТРИЖНЕВИХ СУМІШЕЙ**

E-mail: yaklym@i.ua

Ефективність економіки визначається ефективністю використання ресурсів. Один кілограм сталі коштує приблизно 7 центів, один кілограм маси автомашини – 7 доларів, літака – 700 доларів, а інтегральних схем – більше 7000 доларів. Інакше кажучи, найбільший внесок серед ресурсів в економіку вносять людські знання, інтелект й інформація.

Розвиток технологій у будь-якій галузі визначає необхідність застосування сучасних засобів аналізу даних. Всі основні фізичні закони включають, у більшості випадків, не більш як три або чотири незалежні змінні й одну залежну. Збільшення складності сучасних процесів, прискорюване впровадження у виробництво нових процесів і матеріалів, не дозволяє використати традиційне однофакторне дослідження, при якому всі фактори, які впливають на процес, фіксуються, крім одного, який досліджується. Це пов'язано не тільки з нестачею ресурсів, але й неможливістю, при такому підході, визначити міжфакторні взаємодії.

Зважаючи на це, статистичні методи дослідження стали одним із основних інструментів не тільки у фундаментальних дослідженнях, але й у прикладних технологічних і конструкторських розробках.

Статистичні методи сьогодні не тільки найбільш затребувані, але й найбільш прийнятні в галузі ливарного виробництва. Якщо застосування статистичних методів у медицині й біології має такий розмах, що виникла спеціальна наукова дисципліна – біометрика, а в економіці – економетрія, то в ливарному виробництві подібні методи використовуються поки в меншому масштабі.

Більша технологічна складність і важкоприступність до досліджуваних об'єктів, складність проведення експерименту, велика витрата ресурсів, роблять статистичні методи дослідження найбільш прийнятними в ливарному виробництві, а необхідність постійно прискорюваного вдосконалювання технологічного процесу призводить до їхньої затребуваності.

Пошук оптимальних умов є однією з найпоширеніших науково-технічних задач. Вони виникають, коли встановлена можливість проведення процесу й необхідно знайти найкращі (оптимальні) умови його реалізації. Такі завдання називаються задачами оптимізації. Вибір оптимального складу багатокомпонентних сумішей і сплавів, підвищення продуктивності діючих установок, підвищення якості продукції, зниження витрат на її одержання є прикладами задач оптимізації.

Для вирішення задач оптимізації раціонально послідовно застосовувати детерміновані (такі, що характеризуються впорядкованою структурою вузлів) і ймовірнісні (які не вирішують точно, але дозволяють із достатньою точністю визначити, у яких межах буде змінюватися величина, що шукається, або з якою ймовірністю можна чекати якої-небудь події) методи прикладної статистики.

Для опису об'єкту дослідження зручно користуватися поняттям про кібернетичну систему, яку називають «чорним ящиком». З однієї сторони у віртуальний закритий ящик входять фактори, котрі дають можливість впливати на процеси, що відбуваються, а з іншої виходять числові характеристики цілей дослідження – параметри оптимізації.

При вирішенні задач використовуються математичні моделі дослідження. Під математичною моделлю розуміється рівняння, яке пов'язує параметр оптимізації з факторами.

Кожен фактор може приймати в досліді одне з декількох значень. Ці значення називаються рівнями. Для полегшення побудови «чорного ящика» й експерименту фактор повинен мати певне число дискретних рівнів. Фіксований набір рівнів факторів визначає один із можливих станів «чорного ящика».

Реальні об'єкти звичайно мають величезну складність. Так, на перший погляд, проста система з п'ятьма факторами на п'ятьох рівнях має 3125 станів, а для десяти факторів на чотирьох рівнях їх уже понад мільйон. Виконання всіх цих дослідів практично неможливо. У цьому випадку застосовується планування експерименту.

Планування експерименту – це процедура вибору числа й умов проведення дослідів, необхідних і достатніх для вирішення поставленого завдання з необхідною точністю. Планування експерименту передбачає:

- прагнення до мінімізації загального числа дослідів;
- одночасне варіювання всіма змінними, які визначають процес, за спеціальними правилами – алгоритмами;
- використання математичного апарату, який дозволяє формалізувати дії експериментатора;
- вибір чіткої стратегії, яка дозволяє приймати обґрунтовані рішення після кожної серії експериментів.

Виконання досліджень за допомогою планування експерименту вимагає виконання деяких вимог. Основними з них є умови відтворюваності результатів експерименту й керованість експерименту. Якщо повторити деякі досліді через нерівні проміжки часу й порівняти результати (значення параметра оптимізації), то розкид їхніх значень характеризує відтворюваність результатів. Якщо він не перевищує деякої заданої величини, то об'єкт задовольняє вимозі відтворюваності результатів.

Планування експерименту припускає активне втручання в процес і можливість вибору в кожному досліді тих рівнів факторів, які становлять інтерес. Тому такий експеримент називають активним. Об'єкт, на якому можливий активний експеримент, називається керованим.

У реальності немає абсолютно керованих об'єктів, тому що на них діють як керовані, так і некеровані фактори. Некеровані фактори впливають на відтворюваність експерименту і є причиною її порушення. Тому при проведенні експерименту варто максимально мінімізувати вплив некерованих факторів.

На кафедрі ливарного виробництва НТУУ «КПІ» вже багато років проводяться дослідження технологічних властивостей формувальних та стрижневих сумішей із застосуванням методів прикладної статистики. Найбільш придатною для цього виявилася побудова математичних моделей за результатами активних експериментів на підставі планів експериментів за ЛПт (лп-тау) послідовностями. ЛПт послідовності – це сімейство квазивипадкових послідовностей, які забезпечують рівномірну відстань між точками на гіперкубі простору експерименту.

Будь-який об'єкт описується набором параметрів. Рішення належить паралелепіпеду. Для пошуку найкращого можна переглянути всі точки. Ці точки повинні бути рівномірно розподілені. ЛПт послідовності й забезпечують рівномірну відстань між точками. Можна побудувати куб. У середині куба програма генерує числа < 1 . Тепер можна знайти відповідність між точками в кубі й у паралелепіпеді. Після цього будують таблицю випробувань. Виставляємо умови. Вибираємо рішення, яке задовольняє всім обмеженням. Будують простір припустимих рішень. Шукаємо найкраще.

Такий алгоритм дозволяє зменшити кількість експериментів до мінімуму, та при отриманні неадекватної моделі не перебудовувати весь план загалом, а додавати до нього окремі точки, таким чином добиваючись адекватності.

За результатами досліджень, які проведені із використанням вищезгаданого алгоритму, розроблено методики прогнозування технологічних властивостей

формувальних і стрижневих сумішей, опубліковано більше десятка наукових статей та захищено декілька дипломних робіт магістрів.

Література:

1. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Наука, 1976.
2. Федоров В.В. Теория оптимального эксперимента. – М.: Наука, 1971.
3. Клепиков Н.П., Соколов С.Н. Анализ и планирование экспериментов методом максимума подобия. – М.: Наука, 1964.
4. Тихомиров В.Б. Планирование и анализ эксперимента (при проведении исследований в легкой и текстильной промышленности). – М.: Легкая индустрия, 1974.
5. Радченко С.Г. Методология регрессионного анализа. Монография / Радченко С.Г. – К.: «Корнійчук», 2011. – 376 с.
6. Зейдель А.Н. Элементарные оценки ошибок измерений. – М.: Наука, 1967.
7. Лапач С.Н. Планирование, регрессия и анализ моделей PRIAM (ПРИАМ) / Лапач С.Н., Радченко С.Г., Бабич П.Н. – SCMC-90; 325, 660, 668 // Программные продукты Украины: Каталог. – Software of Ukraine: Catalog. – К., 1993. – С. 24...27.
8. Радченко С.Г. Системное оптимальное планирование регрессионного эксперимента / С.Г. Радченко // Заводская лаборатория. Диагностика материалов, 2012. – Т. 78. – №7. – С. 71...75.
9. Радченко С.Г. Устойчивые методы оценивания статистических моделей: Монография. – К.: ПП «Санспарель», 2005. – 504 с.
10. Радченко С.Г. Анализ экспериментальных данных на основе использования многофакторных статистических математических моделей // Математичні машини і системи, 2005. – № 3. – С. 102...115.