

РЕГРЕССИОННЫЕ МОДЕЛИ ДЛЯ ОПИСАНИЯ ЛИТЕЙНЫХ ПРОЦЕССОВ

Разработка теоретических и технологических основ комплексного контроля, управления физико-химическими и технологическими процессами получения отливок необходима для создания систем дистанционного компьютерного мониторинга этих процессов. При этом наиболее сложными для мониторинга являются многофакторные процессы получения литейной формы, ее взаимодействия с отливкой при влиянии на характеристики последней, а также сопутствующий литейным процессам текущий контроль состояния оборудования и экологической безопасности окружающей среды.

Указанный комплексный контроль процессов литья по разовым моделям, относящихся к сфере разработок ФТИМС НАНУ, должен базироваться на адаптированных к системам автоматизированного управления процессами формообразования теплофизических, гидродинамических, регрессивных моделях, описывающих условия получения литейных моделей (полистироловых, низкотемпературных, ледяных), литейных форм (вакуумируемых, замороженных), взаимодействия жидкого, твердеющего металла с формой и моделью, структурообразования и физико-механические свойства отливок. Известные методы определения, идентификации основных параметров формообразования и получения отливок по разовым моделям, отраженные в физических и математических моделях, в настоящее время адаптируются для компьютерных программ, обеспечивающих возможность прогнозирования и идентификации качества литых конструкций.

Регрессионный анализ для систем прогнозирования позволяет определить зависимость между исходной переменной и множеством внешних факторов (регрессоров). Коэффициенты регрессии могут находить методами наименьших квадратов или максимального правдоподобия. Простейшая регрессионная модель - линейная регрессия основана на предположении, что существует дискретный внешний фактор $X(t)$, влияющий на исследуемый процесс $Z(t)$, и связь между процессом и внешним фактором линейна. Модель на основании линейной регрессии описывается уравнением $Z(t) = a_0 + a_1X(t) + e_t$, где a_0 и a_1 — коэффициенты регрессии; e_t — ошибка модели. Для получения прогнозных зна-

чений $Z(t)$ в момент времени t необходимо иметь значение $X(t)$ в тот же момент времени t , что, в принципе, редко выполнимо на практике.

В практических задачах на процесс $Z(t)$ влияет целый ряд дискретных внешних факторов $X_1(t), \dots, X_S(t)$. Тогда модель имеет вид $Z(t) = a_0 + a_1X_1(t) + a_2X_2(t) + \dots + a_SX_S(t) + \epsilon_t$. Недостатком ее является то, что для вычисления будущего значения процесса $Z(t)$ надо знать будущие значения всех факторов $X_1(t), \dots, X_S(t)$, что почти невыполнимо на практике.

Нелинейная регрессионная модель основана на том, что существует известная функция, описывающая зависимость между исходным процессом $Z(t)$ и внешним фактором $X(t)$. При этом $Z(t) = F(X(t), A)$. Для построения модели определяют параметры функции A . Например, можно предположить, что $Z(t) = a_1 \cos(X(t)) + a_0$. Для построения модели достаточно определить параметры $A = [a_1, a_0]$. На практике редко встречаются процессы, для которых вид зависимости между процессом $Z(t)$ и фактором $X(t)$ заранее известен. В связи с этим нелинейные регрессионные модели применяются редко.

Отметим, что линейные регрессионные модели упрощают проектирование систем мониторинга по сравнению с остальными моделями, а доступность для анализа всех вычислений дает прозрачность моделирования; среди недостатков - низкая адаптивность и отсутствие способности моделирования нелинейных процессов.

Модель группового учета аргументов (МГУА) разработана Ивахненко А.Г. Уравнение модели называется опорной функцией и имеет вид

$$Z(t) = \alpha_0 + \sum_{i=1}^S \alpha_i X_i(t) + \sum_{i=1}^S \sum_{j=1}^S \alpha_{i,j} X_i(t) X_j(t) + \sum_{i=1}^S \sum_{j=1}^S \sum_{k=1}^S \alpha_{i,j,k} X_i(t) X_j(t) X_k(t) + \dots$$

Используя эту функцию, строят различные варианты моделей для некоторых или всех аргументов. Для каждой модели определяются её линейные коэффициенты $\alpha_i, \alpha_{i,j}, \alpha_{i,j,k} \dots$ методом регрессионного анализа. Среди всех моделей выбираются несколько (от 2 до 10) наилучших. При этом качество моделей определяется, например, среднеквадратичным отклонением или иным критерием. Если среди выбранных имеется модель, качество которой достаточно для использования полученных прогнозных значений, то процесс перебора моделей прекращается. В противном случае отобранные модели используются уже как аргументы $X_1(t), \dots, X_S(t)$ для опорных функций следующего этапа итерации. То есть, уже найденные модели участвуют в формировании более сложных моделей.