

УДК 621.86

Немчук А.О. к.т.н., Витюк Н.В. к.ф.-м.н., Яхник Д.П.

ОБОБЩЁННЫЙ МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ ОПТИМИЗАЦИИ ПЕРЕГРУЗОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ

Введение. При описании технологических процессов используются разноплановые характеристики, отражающие технические данные перегрузочного оборудования, их режимы работы, условия эксплуатации, последовательность и продолжительность включения механизмов, определяемые технологией грузовых работ, а также экономические факторы и прочее [1].

Целью работы было создать обобщенную математическую модель перегрузочного процесса с участием порталных кранов, работающих в грейферном режиме и рассмотреть влияние упомянутых характеристик на технологическую производительность кранов. При построении модели были использованы пространственные характеристики процесса (высота подъема и опускания груза, угол поворота крана, изменение вылета стрелы и т.д.) и технические характеристики оборудования (грузоподъемность, рабочие скорости механизмов подъема, поворота, изменения вылета стрелы и т.д.).

Рассматриваемые характеристики имеют различные шкалы измерений и разный диапазон численных значений. Поэтому на первом этапе работы был проведен «разведочный» многомерный анализ. Описание нашей задачи в многомерном признаковом пространстве обусловило применение нами кластерного анализа (метод k -средних) [2]. Мы исходили из того, что кластерный анализ не накладывает никаких ограничений на шкалы измерений признаков рассматриваемых объектов и позволяет разбивать множество исходных данных на группы (классы) по широкому набору признаков. Алгоритм метода k -средних состоит в минимизации суммарного квадратичного отклонения точек кластеров от центров этих кластеров.

Результаты исследования. Рассматривалась выборка из 10 различных порталных кранов (*табл.1*). Крану с наибольшей технологической производительностью был присвоен ранг 1, а с наименьшей – ранг 10. Так как количество групп должно быть известно заранее, то с помощью кластерного анализа мы разделили рассматриваемые краны на два класса, условно названные «эффективным» и «неэффективным», причём средний ранг эффективного класса составил 3,8, а неэффективного – 7,2. Различие в средних рангах двух классов объектов даёт основание предполагать о наличии математической связи между техническими параметрами машины и её технологической производительностью.

Для нахождения условия наибольшего разбиения классов объектов была выполнена ранговая корреляция [3]. В результате были определены наиболее значимые технические параметры кранов, которые влияют на технологическую производительность. Кроме того было установлено наличие взаимной корреляции между некоторыми из этих параметров.

С целью исключения взаимной корреляции между рассматриваемыми параметрами в качестве отклика нами был предложен параметр – удельная производительность, который выражается отношением технологической производительности крана к его грузоподъемности:

$$n_i = \frac{P_i}{Q_i} \cdot \frac{t}{\text{ч} \cdot \text{т}}, \quad (1)$$

где P_i – технологическая производительность i -ого крана, т/ч;
 Q_i – грузоподъемность i -ого крана, т.

В результате повторного выполнения ранговой корреляции, рассматривая удельную производительность как отклик, было выделено три наиболее значимых технических параметра, а взаимная корреляция этих параметров практически отсутствует. Присвоение объектам рангов по удельной производительности привело к лучшей делимости полученных ранее кластеров, средний ранг объектов «эффективного» класса стал равен 3, а «неэффективного» – 8. Полученные данные позволяют утверждать, что предложенный нами параметр является самостоятельной характеристикой и в данном случае служит оптимальным критерием делимости классов объектов для кластерного анализа. В дальнейшем удельная производительность рассматривалась нами как итоговая характеристика.

Т.к. описанное изменение различий в рангах двух классов объектов свидетельствует об увеличении надёжности математической связи между техническими параметрами машины и её итоговой характеристикой, то на следующем этапе была предпринята попытка описать упомянутую связь уравнением регрессии. Достоинство регрессионных уравнений заключается в том, что для вычисления результата нет необходимости совершать сложные трудоёмкие математические операции с большим массивом исходных данных, характеризующих определенную схему выполнения грузовых работ, а ограничиться лишь рассмотрением тех параметров, различие которых наиболее существенно влияют на конечный результат [3]. Предполагалось, что найденные коэффициенты регрессии позволят непосредственно на рабочем месте определять итоговую характеристику исходя из технических параметров применяемого оборудования.

Для определения удельной производительности общая выборка кранов делилась на «обучающую» и «контрольную» подвыборки. После этого были определены коэффициенты регрессии по трём наиболее значимым техническим параметрам порталных кранов, а именно: скорости подъема и опускания груза, скорости изменения вылета стрелы и частоте вращения механизма поворота крана. В результате были получены коэффициенты регрессии, дающие приемлемо высокую степень сходимости расчетных и практических данных. В рассмотренной технологии коэффициенты регрессии для расчёта удельной производительности имеют значения: $x_0=6,6$; $x_1=3,4$; $x_2=4,7$; $x_3=1,6$.

А уравнение регрессии имеет вид:

$$n = 6,6 + 3,4 \cdot k_1 + 4,7 \cdot k_2 + 1,6 \cdot k_3, \frac{1}{\text{ч}}, \quad (2)$$

где k_1 – скорость подъёма/опускания груза, м/с;

k_2 – скорость изменения вылета стрелы, м/с;

k_3 – частота вращения механизма поворота, об/мин.

Расхождение результатов полученных по уравнению регрессии с практическими данными не превышает 5-8%.

Выводы. Результаты исследования показывают, что предложенный нами параметр – удельная производительность является эффективным критерием определения оптимального перегрузочного оборудования. Кроме того, предложенное регрессионное уравнение позволяет найти оптимальное решение по выбору необходимого оборудования для определённого варианта технологии грузовых работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Малаксиано А.А. Проектирование оптимальной организации и технологии погрузочно-разгрузочных работ. Одесса: ОИИМФ, 1985. – 94с.
2. Плюта В. Сравнительный многомерный анализ в экономических исследованиях: методы таксономии и факторного анализа. М.: Статистика, 1980. – 151с.
3. Поллард Дж. - Справочник по вычислительным методам статистики. М.: Финансы и статистика, 1982. – 344с.