

УДК 621.86

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

Одесский национальный морской университет

ПРИМЕНЕНИЕ НЕПАРАМЕТРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В ИССЛЕДОВАНИЯХ ПЕРЕГРУЗОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ

***Аннотация.** Для решения задач оптимального выбора грузоподъемной машины предлагается использовать непараметрический метод тренд-вектора. Данные полученные в ходе исследования свидетельствуют о сходимости результатов полученных методом T-вектора и аналитическим методом. В отличие от аналитического метода T-вектор обладает простым математическим алгоритмом, не критичен к соотношению числа объектов и признаков, не критичен к числу нулевых значений, что позволяет при необходимости представить исходные данные в бинарной шкале для углубления описания поставленной задачи.*

***Ключевые слова:** грузоподъемная машина, перегрузочный процесс, непараметрические методы, тренд-вектор, оптимальное решение.*

***Анотація.** Для вирішення задач оптимального вибору вантажопідійомної машини пропонується використовувати непараметричний метод тренд-вектора. Дані отримані в ході дослідження свідчать про збіжність результатів отриманих методом T-вектора і аналітичним методом. На відміну від аналітичного методу T-вектор має простий математичний алгоритм, не критичний до співвідношення числа об'єктів і ознак, не критичний до числа нульових значень, що дозволяє при необхідності представити вихідні дані в бінарній шкалі для поглиблення опису поставленого завдання.*

***Ключові слова:** вантажопідійомна машина, перевантажувальний процес, непараметричні методи, тренд-вектор, оптимальне рішення.*

Целью данной работы является создание математической модели перегрузочного процесса, учитывающую работу порталных кранов по варианту вагон-судно в грейферном режиме, для выбора оптимального типа грузоподъемной машины. Поскольку применённая нами регрессионная модель [1] накладывает строгие ограничения на исходную базу данных [2], то в данной статье используется непараметрический подход к решению поставленной задачи. В этом случае полученное решение, т.е. выбор оптимального оборудования, может быть расширено применительно к любому практическому

случаю путём увеличения количества описательных признаков процесса без изменения алгоритма расчёта.

Изложение основного материала. Для такого подхода мы выбрали метод тренд-вектора (Т-вектора) [3]. Этот метод впервые был предложен химиками [4], поскольку цифровой материал в химии является отражением различных законов химии, описывающих свойства вещества, структурную информацию и т.д. Метод Т-вектора применим для решения кибернетических задач различного класса, в том числе задач «структура объекта – его свойства» [5,6,7]. Эвристичность метода Т-вектора исходит из того, что в нём используется основная идея теории распознавания образов – разбиение объектов на два класса: эффективный и неэффективный, относительно среднего арифметического отклика.

Поскольку в поставленной задаче могут быть использованы величины с различными шкалами измерения, в том числе и бинарной, то с цифрового материала необходимо снять физическую размерность и свести к единичному интервалу ($x_i \in [0;1]$), например преобразованием:

$$x_i = \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}, \quad (1)$$

где X_i – исходное значение описательного признака i -го объекта;

X_{\max}, X_{\min} – максимальное и минимальное значение описательного признака объектов обучающей выборки.

Величина и знак k -ой компоненты Т-вектора определяется по формуле (2) и отражает влияние данного описательного признака на свойство Р.

$$T_k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i^{ob} - P_{cp.}^{ob}) x_{ik}^{ob}, \quad (2)$$

где n – объём обучающей выборки;

x_{ik}^{ob} – k -ый описательный признак i -го объекта обучающей выборки;

P_i^{ob} – отклик i -го объекта обучающей выборки;

$P_{cp.}^{ob}$ – среднее арифметическое отклика обучающей выборки.

Таблица 1. – Технические и технологические данные исследуемых порталных кранов

Ранг приоритета крана	Грузоподъемность, т	Скорость подъёма/опускания, м/с	Скорость изменения вылета стрелы, м/с	Частота вращения механизма поворота, об/мин	Скорость передвижения крана, м/с	Максимальная высота подъёма, м	Максимальная глубина опускания, м	Максимальный вылет, м	Минимальный вылет, м	Технологическая производительность, т/час
1	16	1,1	0,82	1,5	0,55	26,5	20	30	8	309,1
2	16	1	0,83	1,5	0,53	14	15	33	9	304,2
3	16	0,95	0,73	1,4	0,33	25	20	30	8	292,2
4	15	0,96	0,53	1,5	0,55	25	15	30	8	257,5
5	10	1,05	1,05	1,6	0,53	25	15	32	10	200,6
6	10	1,05	1,05	1,56	0,33	22	16	32	10	200,1
7	10	1,17	0,82	1,5	0,55	26,5	20	30	8	195,3
8	10	1	0,73	1,4	0,55	25	20	30	8	184,4
9	10	1,04	0,65	1,53	0,53	25	10	32	10	183,0
10	10	1,05	0,62	1	0,53	20	10	32	8	173,2
Значения компонент Т-вектора	23,85	-4,49	-0,58	3,43	-2,7	-3,01	7,95	-3,44	-6,91	

Т-вектор не использует какого-либо вида функциональной зависимости между описательными признаками и рассматриваемым свойством. Т-вектор является аналогом коэффициента множественной ранговой корреляции, однако, в отличие от него он не чувствителен к связанным рангам исходной выборки, не критичен к соотношению числа объектов и признаков, к числу нулевых значений, что позволяет при необходимости дихотомизировать исходные данные для углубления описания поставленной задачи, имеет простой математический алгоритм и позволяет решать обратную задачу по значениям компонент Т-вектора, полученным для обучающей выборки.

Для составления обучающей выборки были выбраны порталные краны, распространенные в морских портах Украины [8]. Их технические характеристики и эксплуатационные показатели, определяемые технологией перегрузочного процесса, представлены в таблице (табл.1). При этом, мы ориентировались на описательные признаки функционирования машин, применяемые в стандартных методах расчёта технологической производительности погрузо-разгрузочных машин циклического действия [9,10].

Таблица 2. – Оценка приоритета гипотетических кранов с помощью T-вектора

Номер крана	Значения описательных признаков гипотетических кранов				Отклик		Оценка приоритета	
	Грузоподъемность, т	Скорость подъёма/опускания, м/с	Скорость изменения вылета стрелы, м/с	Частота вращения механизма поворота, об/мин	Технологическая производительность, т/час	Ранг приоритета крана	$\sum_{k=1}^m T_k \cdot x_{ki}^z$	Ранг оценки приоритета крана
1	16	0,95	0,53	1	262,85	1	23,85	1
2	10	1,17	1,05	1,6	204,74	4	-1,64	4
3	12,5	1,1	0,53	1	209,25	3	6,18	3
4	12,5	1	0,73	1,6	227,06	2	11,7	2

Для решения обратной задачи была составлена гипотетическая выборка (табл.2) из четырёх машин, описательные признаки которых входят в интервал значений соответствующих признаков машин обучающей выборки:

$$X_{\min}^{ob} \leq X_i^z \leq X_{\max}^{ob} \tag{3}$$

где $X_{\min}^{ob}, X_{\max}^{ob}$ – соответственно минимальное и максимальное значение описательного признака объектов обучающей выборки;

X_i^z – значение описательного признака i-го объекта гипотетической выборки.

Для объектов гипотетической выборки была получена ранговая оценка откликов:

$$rank(P_i^z) = rank\left(\sum_{k=1}^m T_k \cdot x_{ki}^z\right) \tag{4}$$

где m – объём гипотетической выборки;

P_i^z – отклик i-го объекта гипотетической выборки;

x_{ki}^z – значение k-ого описательного признака i-го объекта гипотетической выборки, подвергнутое преобразованию (1).

Максимальной сумме присвоен приоритетный ранг равный единице и т.д. (табл.2).

Проверка достоверности полученных приоритетов была проведена по соответствию значений откликов гипотетических машин, полученных по [10], аналогично ранжированию. Данные таблицы 2 свидетельствуют о сходимости результатов полученных методом T-вектора и аналитическим методом, развитым А.А. Малаксиано [9, 10].

Выводы. Метод Т-вектора позволяет простым математическим способом получить оптимальное решение комплексной задачи выбора типа грузоподъёмной машины, используя технические характеристики машин.

Кроме того, Т-вектор является универсальным методом, т.к. по данному алгоритму может быть использован любой другой вид отклика (например, экономический эффект, продолжительность обработки судна, потреблённое количество энергии, установочная мощность оборудования и т.д. и т.п.).

В дальнейшем предполагается методом Т-вектора решать задачу выбора оптимальной технологии перегрузочного процесса с использованием бинарных характеристик процесса, т.е. при наличии/отсутствии определённых рабочих операций (например, пакетирование, весовая операция и т.д.), с учётом особенностей геометрии перегрузочных работ, поскольку метод Т-вектора позволяет использовать численное описание структурной информации, в том числе заданное в виде графов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Немчук А. О. Обобщённый математический подход к решению задач оптимизации перегрузочных процессов / А. О. Немчук, Н. В. Витюк, Д. П. Яхник // Підйомно-транспортна техніка. – 2014. – № 3. – С. 87-89.
2. Кобзарь А. И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников / А. И. Кобзарь – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 816 с.
3. Sheridan RP1 Extending the trend vector: the trend matrix and sample-based partial least squares / RP1 Sheridan, R. В. Nachbar, В. L. Bush // Journal Computed Aided Molecular Desay. – 1994 – V.8(3) – P. 323-340.
4. Carhart R. E. Atoms Pairs as Molecular Features in Structure-Activity Studies: Definition and Applications / R. E. Carhart, D. H. Smith, R. Venkataraghavan // Journal of Chemical Information and Computer Sciences. – 1985 – V.25(2) – P. 64-73.
5. Витюк Н. В. Расчет и прогнозирование критических параметров хлорсодержащих алканов на основе топологической модели / Н. В. Витюк // Журнал физической химии. – 1992. – № 10. – С. 2665-2670.
6. Витюк Н. В. Метод тренд-вектра в решении многофакторных задач химической технологии / Н. В. Витюк // Известия Вузов. Химия и химическая технология – Иваново, 1992. – №2. – С. 104-107.

7. Витюк Н. В. Теоретическая оценка температур кипения хладонов с помощью топологической модели / Н. В. Витюк, В. Е. Кузьмин // Журнал физической химии, 1993. – Т. 67, №6. – С. 1164-1167.
8. Гордиенко А. Все о портах Украины. 2012 / Под ред. К. Ильницького. – Одесса: Порты Украины, 2012. – 633 с.
9. Малаксиано А. А. Проектирование оптимальной организации и технологии погрузочно-разгрузочных работ / А. А. Малаксиано – Одесса: ОИИМФ, 1985. – 94 с.
10. Малаксиано О. А. Технологія вантажних робіт / О. А. Малаксиано – Одеса: ОНМУ, 2011. – 174 с.