

стоянии проекта, а также осуществлять непрерывное планирование работ путем корректировки планов с учетом возникших изменений.

Актуальность данной темы исследования заключается в том, что на основе сетевых графиков на предприятиях возможно создание системы сетевого планирования и управления, за счет чего достигается стабильное планирование управления судоремонтом.

### Литература

1. Деружинский В. Е., Березовский Ф. М., Деружинский Г. В. Экономика и организация судоремонтного производства: учебное пособие / под ред. В. Е. Деружинского. – Новороссийск: НГМА, 2004.
2. Кохтев А. А. Основы стандартизации. – М.: «Высшая школа», 1971.
3. Либерман Е. Г., Звягинцев Ю. Е., Золотарев А. Н. и др. Организация и планирование производства на машиностроительных предприятиях. – М.: «Машиностроение», 1967.
4. Беньковский, Д.Д. Организация и планирование производства на судоремонтных предприятиях. Д.Д. Беньковский, Л.Г. Будорацкий, Г.А. Оганезов, С.Л. Соيفер, Д.П. Терк - Изд-е 2-е, перераб. и доп. - М., «Транспорт», 1976.

5. Деружинский В. Е., Аблязов Э. К. Модели конкурентоспособности предприятия. Зарубежный опыт. // Вестник Государственного Морского университета имени адмирала Ф. Ф. Ушакова. №3 (32).

### References

1. Deruzhinskij V. E., Berezovskij F. M., Deruzhinskij G. V. Ekonomika i organizaciya sudoremontnogo proizvodstva. Uchebnoe posobie / Pod red. V. E. Deruzhinskogo. – Novorossiysk: NGMA, 2004.
2. Kohtev A. A. Osnovy standartizacii. M.: «Vysshaya shkola», 1971.
3. Liberman E. G., Zvyaginцев YU. E., Zolotarev A. N. i dr. Organizaciya i planirovanie proizvodstva na mashinostroitel'nyh predpriyatiyah. M.: «Mashinostroenie», 1967.
4. Ben'kovskij, D.D. Organizaciya i planirovanie proizvodstva na sudoremontnyh predpriyatiyah. D.D. Ben'kovskij, L.G. Budorackij, G.A. Oganезov, S.L. Sojfer, D.P. Terk - Izd-e 2-e, pererab. i dop. - M., «Transport», 1976.
5. Deruzhinskij V. E., Ablyazov E. K. Modeli konkurentosposobnosti predpriyatiya. Zarubezhnyy opyt. Vestnik Gosudarstvennogo Morskogo universiteta imeni admirala F. F. Ushakova. №3 (32). Novorossiysk. RIO GMU imeni admirala F. F. Ushakova. 2020.

DOI: 10.34046/aumsuomt99/5

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФУНКЦИЙ КОББА-ДУГЛАСА ПО СТАТИСТИЧЕСКИМ РЯДАМ

*Я.Я. Эглит, доктор технических наук, профессор*

*К.Я. Эглите, доктор экономических наук, профессор*

*Е.А. Попова, старший преподаватель*

*А.А. Юрченко, магистр*

В статье представлена методика определения параметров производственных функций Кобба-Дугласа по статистическим рядам. В связи с тем, что доставка грузов морским транспортом является сложным многоступенчатым процессом, включающим в себя операции в морском торговом порту, на железной дороге, то необходимо исследовать параметры всех производственных функций. Это позволяет сделать математическое моделирование всего транспортного процесса.

**Ключевые слова:** параметры, производственные функции, статистические ряды, математическое моделирование.

## DEFINING THE PARAMETERS OF COBB-DOUGLAS PRODUCTION FUNCTIONS FOR STATISTICAL SERIES

*Y. Eglit, K. Eglite, E. Popova, A., Yurchenko*

The methodology of defining the parameters of Cobb-Douglas production functions for statistical series is introduced in the present article. Regarding the fact that cargo delivery by sea transport is complicated multi-stage process, which includes operations in a sea trade port, railway operations, then it is necessary to research the parameters of all production functions. Mathematical modelling of all transport process allows to implement it.

**Key words:** parameters, production functions, statistical series, mathematical modelling.

### 1. Введение

Общественное производство – сложно управляемый процесс, связанный с преобразованием ресурсов в конечный продукт. Как правило, эти ресурсы ограничены. Поэтому эксперименты не должны проходить непосредственно на самом

объекте, так как это слишком дорого и опасно. Для этих целей должны использоваться математические модели. Отсюда следует, что управление общественным производством должно быть основано на современном математическом аппа-

рате, позволяющем решать задачи анализа, планирования, прогнозирования и оптимизации процессов преобразования ресурсов в условиях ограничений. При математическом моделировании выбираются факторы производства, в наибольшей степени влияющие на происходящие процессы. Взаимосвязь между результатом производства и его факторами обычно отражают с помощью производственных функций.

2. *Определение параметров по статистическим рядам*

Первый успешный опыт построения производственной функции как уравнения регрессии на базе статистики осуществили Кобб и Дуглас (1929 г.). Предложенная ими форма производственной функции широко применяется до сих пор, благодаря своей простоте и рациональности. [2].

Производственная функция Кобба-Дугласа связывает выпуск  $Y$  с величиной производственных фондов (капитала)  $K$  и затрат труда  $L$  в виде произведения сомножителей [4,5]:

$$Y = A * K^\alpha * L^\beta, \tag{1}$$

где  $A, \alpha, \beta$  – постоянные коэффициенты, которые подлежат оценке по статистическим рядам.

С помощью функции Кобба-Дугласа в работе на основе статистических данных произведена оценка параметров терминала. При анализе используются численные значения  $Y, K$  и  $L$ , полученные для конкретного перегрузочного процесса в порту. Степенные коэффициенты (параметры)  $\alpha$  и  $\beta$  показывают ту долю в приросте конечного продукта, которую вносит каждый из сомножителей (или на сколько процентов возрастет выпуск продукта, если затраты соответствующего ресурса увеличить на один процент). Эти параметры принято называть коэффициентами эластичности производства (перегрузочного процесса) относительно затрат конкретного ресурса, соответственно, по капиталу и труду. Согласно экономической теории  $\alpha + \beta = 1$ , что означает однородность функции: она возрастает пропорционально росту количества ресурсов. Но возможны и такие случаи, когда сумма параметров больше или меньше единицы, что свидетельствует о том, что увеличение затрат приводит к непропорциональному увеличению или уменьшению выпуска (эффект масштаба). [3]

Известно большое число моделей, позволяющих адаптировать к конкретному процессу и учитывать влияние различных факторов. В частности, для обеспечения требуемой степени адекватности модели и реального процесса, анализируемого на большом временном интервале, в производственную функцию можно ввести фактор

времени в виде экспоненциального мультипликатора. Тогда производственная функция Кобба-Дугласа будет иметь вид:

$$Y = A * e^{bt} * K^\alpha * L^\beta, \tag{2}$$

где  $b$  – постоянный коэффициент, также подлежащий оценке.

Уравнение (2) может быть представлено линейной функцией относительно оцениваемых коэффициентов  $A, b, \alpha$  и  $\beta$ , если вместо данных конечного продукта  $Y$ , основного капитала  $K$  и отработанных человеко-часов  $L$  взять их логарифмы. Тогда:

$$(\ln Y - \ln L) = \ln A + t \cdot b + \alpha \cdot (\ln K - \ln L) \tag{3}$$

Используя статистические ряды, составим матрицу  $X$  и вектор  $d$ :

$$X = \begin{bmatrix} 1 & t_1 & (\ln K_1 - \ln L_1) \\ 1 & t_2 & (\ln K_2 - \ln L_2) \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ 1 & t_m & (\ln K_m - \ln L_m) \end{bmatrix} \tag{4}$$

$d = [(\ln Y_1 - \ln L_1)(\ln Y_2 - \ln L_2) \dots (\ln Y_n - \ln L_n)]^T$ , где  $n$  – число фиксированных моментов времени, в которых измеряются  $Y_i, K_i, L_i, t_i$  (число экспериментальных точек).

Введем вектор оцениваемых коэффициентов:  $s = [\ln A \dots b \dots \alpha]$ , тогда оптимальная оценка вектора  $S$  может быть выполнена с помощью различных методов численного анализа. [1]

При хорошей обусловленности матрицы  $X$  можно воспользоваться зависимостью:

$$s = (X^t * X)^{-1} * X^t * d \tag{5}$$

В случае плохой обусловленности информационной матрицы, можно воспользоваться ортогональными преобразованиями (QR – преобразованием, SVD – разложением и др.) и тем самым обеспечить устойчивость вычислительного процесса.

При наличии линейно зависимых столбцов в матрице  $X$ , применение (5) невозможно, и следует использовать сингулярные разложения и процедуры, основанные на пошаговой оценке ранга матрицы.

Для решения задачи на компьютере воспользуемся программой (egl\_1.m), содержащей в качестве исходных данных статистические ряды для Большого порта Санкт-Петербург.

```
%Файл egl_1.m.
%Оценка коэффициентов производственной функции
%Кобба-Дугласа по статистическим рядам для Большого порта
%Санкт-Петербург в период 2015-2019 гг.
%=====
=====
```

Статистические ряды для Большого порта Санкт-Петербург

%Обозначения:

%Y-конечный продукт, млн. долл. (доходы от всех видов обслуживания в порту)(2017 г.),

%K-основной капитал, млн. долл. (2017 г.),

%L-отработанные человека-часы, млн.

Y = [293.8 292.8 321.9 343.9 352.3 369.8 364.9 375.5 402.8 408.5 403.2 421.1 441.7 449.5 479.5 501.3...

515.1 568.9 599.6 602.7]';

K = [202.5 185.2 216.4 228.4 233.3 253.9 237.1 271.2 284.2 287.2 258.5 300.1 303.9 300.2 317.0 309.6... 340.7 375.2 428.2 434.4]';

L = [100.0 108.1 101.2 102.6 102.8 103.8 100.8 102.6 105.5 103.3 100.1 102.7 103.1 102.8 104.5 105.3 105.9 114.1 112.0 110.6]';

% Распределение конечного продукта, капитала и трудовых ресурсов по кварталам:

I=1:20;

IYKL=[IYKL]

% Оценка вектора коэффициентов производственной функции

% Кобба-Дугласа для Большого порта Санкт-Петербург

% s = [log(A) balf]'

t=1:20;

S = [ones(20,1)t' log(K) - log(L)];

y = [log(Y) - log(L)];

% Для оценки s используем операцию левого деления "\", эквивалентную псевдоинверсии

% прямоугольной матрицы:

s = S \ y

% pause

% Коэффициенты равны:

coeff = [exp(s(1)) s(2) s(3) 1-s(3)]'

pause

% Построение графиков:

k = coeff;

% Модель для Большого порта Санкт-Петербург:

YM = k(1).\*(exp(k(2).\*t)).\*(K.^k(3)).\*(L.^k(4));

I = 1:20;

plot(I, Y, 'o', I, Y, I, YM, '+', I, YM), grid

Вектор Y, приведенный в программе, представляет собой конечный продукт (доход от всех видов деятельности порта), измеряемый в млн. долларов США для рядов Большого порта Санкт-Петербург (цены приведены к 2017 году). В таких же единицах представлен вектор K, элементами которого являются численные значения капитала для рассматриваемого процесса. Затраты труда L в статистических рядах имеют размерность млн. человеко-часов. Первый элемент каждого вектора соответствует данным на первый квартал 2015 г., а последний на четвертый квартал 2019 г., таким образом, взяты данные по двадцати кварталам и, следовательно, размерность каждого вектора равна (20 × 1). При составлении прямоугольной матрицы (4) во втором столбце приняты значения:  $t_1 = 1, t_2 = 2 \dots t_{20} = 20$ . Матрица имеет размерность (20 × 4). Для проверки исходных данных статистические ряды могут быть выведены на экран дисплея в виде матрицы IYKL. [4]. В первом столбце матрицы указан квартал, во втором – конечный продукт Y, в третьем – капитал K и в четвертом – параметр L.

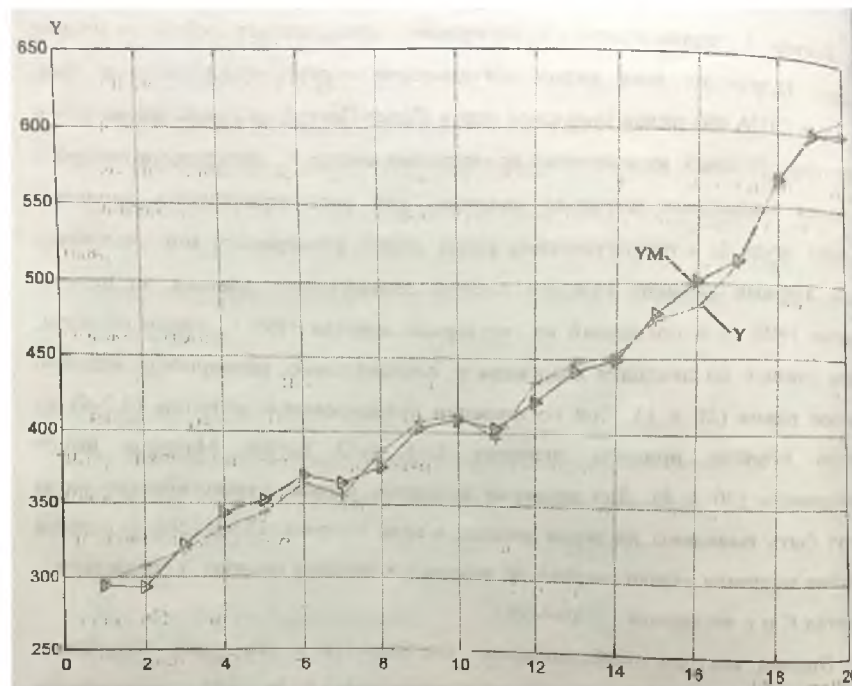


Рисунок 1 – Модель производственной функции Кобба-Дугласа для Большого порта Санкт-Петербург

Оценка вектора коэффициентов выполняется в два этапа. Сначала с помощью операции левого деления, записываемого  $s = Sy$ , оценивается вектор  $s = [\ln \hat{A} \hat{b} \hat{a}]^T$ , а затем находятся численные значения коэффициентов.

Для рассматриваемого процесса:

$$coeff = [\exp(\ln \hat{A}) \hat{b} \hat{a} - \hat{a}]^T.$$

pcoeff

$$coeff = 2.2429$$

$$0.0202$$

$$0.3646$$

$$0.6353$$

Таким образом, модель производственной функции Кобба-Дугласа для Большого порта Санкт-Петербург имеет вид:

$$YM = 2.2429 * e^{0.0202t} * K^{0.3646} * L^{0.6353} \quad (8)$$

Заключительная часть программы предназначена для построения графиков. Для этой цели по формуле (8) выполнен расчет YM для соответствующих значений t, K, L, согласно статистическим рядам. На рис. 1. представлены графики модели YM (в виде значков '>') и объекта Y (в виде значков '+').

### 3. Заключение

Отмечая в целом адекватность реального процесса и модели, мы можем отметить тенденцию плавного роста выпуска конечного продукта, в нашем случае дохода, в период с 1-го квартала 2015 г. – по 3-й квартал 2017 г., что является следствием регулярного захода судов для грузовой обработки на причалах Большого порта Санкт-Петербург. Начиная со 2-го квартала 2018 г. Наблюдается резкое увеличение доходов, что связано с введением в эксплуатацию наливного терминала в порту Санкт-Петербург.

### Литература:

1. Эглите К.Я., Сахаров В.В. Оценка параметров модели производственных функций Кобба-Дугласа с помощью ортогональных преобразований. – СПб.: СПГУВК, 2005. – 320-325 с.
2. Кобринский Н.Е. Основы экономической кибернетики. – М.: Экономика, 2009. – 125 с.
3. Эглит Я.Я., Эглите К.Я. Моделирующий алгоритм работы рефрижераторного терминала. – Новороссийск: «Эксплуатация морского транспорта», №3 (92), 2019. – 9 с.
4. Эглит Я.Я., Ковтун А.А. Факторный анализ показателей работы флота. – М.: «Транспортное дело России», №4 (149), 2020. – 10 с.
5. Эглит Я.Я., Эглите К.Я. Маркетинговые исследования контейнерного рынка в регионе // Транспортное дело России. – №5 (150).– 2021. – 11 с.

6. Кондратьев С.И. Обеспечение безопасности плавания транспортных судов в порту при маневрировании в операционной акватории причала [Текст] / С.И. Кондратьев, В.В. Устинов // Транспортное дело России.– 2012.– № 6-2.– С. 196-197
7. Юдин Ю.И., Кондратьев С.И., Боран-Кешишьян А.Л., Холичев С.Н., Глинская И.В. Математическое моделирование движения танкера, управляемого на основе отклонений от линии заданного пути// Морские интеллектуальные технологии.– 2018.– № 3-1 (41).– С. 228-232.
8. Студеникин Д.Е., Бован С.Д., Хекерт Е.В., Модина М.А. Использование нейронных сетей для организации визуального наблюдения// Морские интеллектуальные технологии.– 2019.– № 4-3 (46).– С. 91-95.
9. Епихин А.И., Хекерт Е.В., Каракаев А.Б., Модина М.А. Особенности построения прогностической нейро-фаззи сети// Морские интеллектуальные технологии.– 2020.– № 4-4 (50).– С. 13-17.
10. Бабурина О.Н. Мировой морской торговый флот: динамика, структура, перспективы [текст] / О.Н. Бабурина, Е.В. Хекерт, Ю.Л. Никулина // Транспортное дело России.– 2017.– № 1.– С. 88-92.
11. Тимченко Т.Н., Худяков С.А. Разработка оптимальной схемы подогрева груза «мазут» в рейсе. – //Эксплуатация морского транспорта.– 2020.–№2 (95).
12. Епихин А.И., Кондратьев С.И., Хекерт Е.В. Прогнозирование многомерных нестационарных временных рядов с использованием нейромоделирования// Морские интеллектуальные технологии.– 2020.– № 4-4 (50).– С. 23-27.

### References

1. Eglite K.YA., Saharov V.V. Ocenka parametrov modeli proizvodstvennyh funkcij Kobb-Duglasa s pomoshch'yu ortogonal'nyh preobrazovaniy. – SPb.: SPGUVK, 2005. – 320-325 s.
2. Kobrinskij N.E. Osnovy ekonomicheskoy kibernetiki. – M.: Ekonomika, 2009. – 125 s.
3. Eglit YA.YA., Eglite K.YA. Modeliruyushchij algoritm raboty refrizheratornogo terminala. – Novorossiysk: «Ekspluatatsiya morskogo transporta», №3 (92), 2019. – 9 s.
4. Eglit YA.YA., Kovtun A.A. Faktornyj analiz pokazatelej raboty flota. – M.: «Transportnoe delo Rossii», №4 (149), 2020. – 10 s.
5. Eglit YA.YA., Eglite K.YA. Marketingovye issledovaniya kontejnernogo rynka v regione. – M.: «Transportnoe delo Rossii», №5 (150), 2021. – 11 s.
6. Kondrat'ev S.I. Obespechenie bezopasnosti plavaniya transportnyh sudov v portu pri manevrirovanii v operacionnoj akvatorii prichala [Tekst] / S.I. Kondrat'ev, V.V. Ustinov // Transportnoe delo Rossii. 2012. № 6-2. S. 196-197
7. YUdin YU.I., Kondrat'ev S.I., Boran-Keshish'yan A.L., Holichev S.N., Glinskaya I.V.

- Matematicheskoe modelirovanie dvizheniya tankera, upravlyаемого na osnove otklonenij ot linii zadannogo puti// Morskie intellektual'nye tekhnologii. 2018. № 3-1 (41). S. 228-232.
8. Studenikin D.E., Bovan S.D., Hekert E.V., Modina M.A. Ispol'zovanie nejronnyh setej dlya organizacii vizual'nogo nablyudeniya// Morskie intellektual'nye tekhnologii. 2019. № 4-3 (46). S. 91-95.
9. Epihin A.I., Hekert E.V., Karakaev A.B., Modina M.A. Osobennosti postroeniya prognosticheskoy nejro-fazzi seti// Morskie intellektual'nye tekhnologii. 2020. № 4-4 (50). S. 13-17.
10. Baburina O.N.. Mirovoj morskoy torgovyj flot: dinamika, struktura, perspektivy [tekst] / O.N. Baburina, E.V. Hekert, YU.L. Nikulina // Transportnoe delo Rossii. 2017. № 1. S. 88-92.
11. Timchenko T.N., Hudyakov S.A. Razrabotka optimal'noj skhemy podogreva gruzha «mazut» v rejse. - Ezhekvartal'nyj sbornik nauchnyh statej «Ekspluatatsiya morskogo transporta» №2 (95), 2020.
12. Epihin A.I., Kondrat'ev S.I., Hekert E.V. Prognozirovaniye mnogomernyh nestacionarnyh vremennyh ryadov s ispol'zovaniem nejromodelirovaniya.// Morskie intellektual'nye tekhnologii. 2020. № 4-4 (50). S. 23-27.

УДК 656.61

DOI: 10.34046/aumsuomt99/6

## РОЛЬ И МЕСТО ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УПРАВЛЕНИИ МОРСКИМ ТРАНСПОРТОМ

*Н.П. Арделянов, аспирант*

В статье «Роль и место геоинформационных технологий в управлении морским транспортом» рассмотрены вопросы использования геоинформационных технологий в области морского транспорта. Раскрыта история вопроса и основные характеристики географических информационных систем. Проведен сравнительный анализ растровых и векторных электронных карт, используемых в морских геоинформационных системах. Рассмотрены основные характеристики основных стандартов морских электронных карт. Показана роль судовых геоинформационных систем в концепции развития E-навигации. Приведены перспективные пути развития технологии.

**Ключевые слова:** геоинформационная система, морской транспорт, электронные карты, E-навигация, цифровая информация о местности, электронная картографическая навигационно-информационная система, безопасность судоходства, система интегрированного ходового мостика.

## THE ROLE AND PLACE OF GEOINFORMATION TECHNOLOGIES IN THE MANAGEMENT OF MARITIME TRANSPORT

*N. Ardelyanov*

The article "The role and place of geoinformation technologies in the management of maritime transport" deals with the use of geoinformation technologies in the field of maritime transport. The history of the issue and the main characteristics of geographical information systems are revealed. A comparative analysis of raster and vector electronic maps used in marine geoinformation systems is carried out. The main characteristics of the main standards of marine electronic charts are considered. The role of marine geoinformation systems in the concept of E-navigation development is shown. Promising ways of technology development are given.

**Keywords:** geographic information system, maritime transport, electronic maps, E-navigation, digital terrain information, electronic cartographic navigation and information system, navigation safety, integrated navigation bridge system.

Стремительное развитие компьютерных технологий способствовало появлению инноваций в различных областях жизнедеятельности человека, в том числе и в морской отрасли. Технический прогресс и высокие требования, касающиеся обеспечения безопасности судоходства, явились катализатором к разработке стандартов и требований к обязательному применению на морских подвижных объектах множеству высоких технологий, в том числе и геоинформационных.

Прототипами первых карт в древние времена являлись зарисовки отдельных участков местности и особенностей ее рельефа. Уже потом

начали появляться первые древние карты отдельных территорий. Постепенно насыщаясь такими необходимыми составляющими элементами, как широта и долгота, а также применяя картографические проекции, бумажные карты приобрели тот вид, который привычно видеть в настоящее время. Переход от бумажных карт к электронным стал возможен в середине прошлого века, когда при участии Канады и США, а также ряда европейских стран были получены первые положительные результаты в области географии и пространственных взаимоотношений [16]. Так появились первые геоинформационные системы (далее – ГИС). Дальнейшее развитие ГИС основано на