

**FORECASTING METHOD OF MAIN EFFICIENCY INDICATORS
OF PROJECT CONSTRUCTION THE MAIN OIL PIPELINE**

Bosenko Vladimir N., post-graduate student, Volgograd State Technical University, 28 Lenin av., Volgograd, 400005, Russian Federation, e-mail: bosenko.vladimir@mail.ru

Kravets Alla G., D.Sc. (Engineering), Professor, Volgograd State Technical University, 28 Lenin av., Volgograd, 400005, Russian Federation, e-mail: agk@gde.ru

The article is devoted to the description of the main indicators forecasting method of the main oil pipeline site construction. Previously analyzed the technical and economic performance of the construction companies working in the construction and maintenance of pipelines, and the basic. Analysis existing methods of forecasting also was made. Further investigate the features of group method data for use in the construction the oil pipeline. Adaptation of algorithm of GMDH taking into account features of forecasting of construction of the main oil pipeline is made. Introduced an additional criterion to the quality and quantity of information on the process of construction. For check of operability of the received algorithm and reliability of information calculation with basic data of supervision on construction of the main oil pipeline was carried out. At check algorithm works on selection of data got model for calculation of productivity of construction of the oil pipeline. This model depends on the set input parameters and allows to make forecasts by means of a variation of entrance indicators.

Keywords: method, forecasting, analysis, indicator, efficiency, construction, main oil pipeline, GMDH, additional criterion, calculation method

Прогнозирование технико-экономических показателей деятельности строительно-монтажных организаций связано с обработкой информации математическими методами моделирования при помощи вычислительной техники [1]. Для анализа, моделирования и прогнозирования процессов строительства нефтепровода целесообразно применять методы прямого построения моделей по данным наблюдений. Цель таких методов – выявление неявных причинно-следственных связей и закономерностей, скрытых в данных, построение математических моделей в явной форме.

Проблемы прогнозирования сложных процессов, таких как строительство нефтепровода, могут быть решены с помощью дедуктивных логико-математических или с помощью индуктивных переборных методов. Эти методы имеют преимущества в случае простых задач прогнозирования, если известна теория объекта, который моделируется. Однако они не в состоянии дать удовлетворительный результат для сложных систем. В этом случае получение знаний по данным, т.е. нахождение модели на основе экспериментальных измерений, имеет преимущества [3, 5].

Проблемы прогнозирования процессов строительства нефтепровода могут быть решены с помощью адаптации метода группового учета аргументов (МГУА). Однако до настоящего времени МГУА в исследованиях производительности труда в строительстве не применялся, что и определило основные задачи, решаемые далее.

Данный метод находит знание об объекте непосредственно по выборке данных. Индуктивные алгоритмы МГУА дают возможность автоматически находить взаимозависимости в данных, выбирать оптимальную структуру модели. Нахождение лучшего решения основано на переборе всевозможных вариантов. При помощи перебора алгоритм пытается минимизировать роль предубеждений автора в отношении результатов моделирования.

Для решения задачи прогнозирования в области строительства нефтепровода необходимо выполнить следующее.

1. Исследовать особенности использования МГУА применительно к задаче строительства магистрального нефтепровода (МН), т.е. представить процесс строительства в виде математической модели.

2. Ввести в алгоритм МГУА дополнительный критерий, связанный с качеством и количеством информации о процессе строительства.
3. Адаптировать алгоритм МГУА с учетом особенностей прогнозирования строительства МН.
4. Разработать модуль прогнозирования, который будет входить в автоматизированную систему управления строительством нефтепровода.

На рис. 1 представлена модель потока данных, где $X_n(t)$ – множество входных данных о строительстве, $Y_n(t)$ – выходные данные, $F(x)$ – искомая функция, показывающая зависимость между входными параметрами [4].

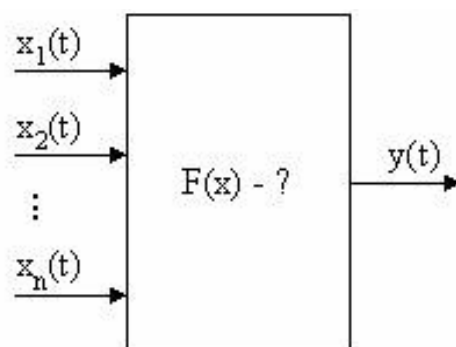


Рис. 1. Информационная модель потока данных

По результатам наблюдений надо определить $F(x)$. Причем структура модели $F(x)$ неизвестна. Пусть имеется выборка из N парных наблюдений:

$$\begin{aligned} &\{X(1) \quad Y(1)\} \\ &\{X(2) \quad Y(2)\} \\ &\dots\dots\dots \\ &\{X(N) \quad Y(N)\} \end{aligned}$$

Наиболее полная зависимость между входами $X(i)$ и выходами $Y(i)$ может быть представлена с помощью обобщенного полинома Колмогорова-Габора (1). Пусть $X = \{X_1, \dots, X_n\}$, тогда такой полином имеет вид:

$$Y = a_0 + \sum_{i=1}^N a_k x_i + \sum_{j=1}^N \sum_{i \neq j} a_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^N \sum_{j \neq i} \sum_{k \neq j} a_{ijk} x_i x_j x_k + \dots \quad (1)$$

где все коэффициенты «а» неизвестны. При увеличении степени этого полинома точность приближения им функции возрастает, а потом убывает. В момент, когда точность максимальна, процесс усложнения полинома заканчивается. Количество точек экспериментов может быть значительно меньше количества членов полинома.

Наиболее распространенными критериями выбора степени полинома являются критерий регулярности:

$$\overline{e^2} = \frac{1}{N} * \sum_{i=1}^N (y_i - f(x_i))^2$$

и критерий несмещенности:

$$n_{cm} = \frac{1}{N} * \sum_{i=1}^R (y_i^* - y_i^{**})^2.$$

МГУА предполагает, что вся информация о моделируемой системе заложена в исходных данных и не требует никакой дополнительной информации о причинно-следственных связях. Следовательно, нет необходимости дополнительно учитывать факторы, которые оказывают влияние на результат моделирования.

Исходная выборка в МГУА делится на две части: обучающую и проверочную последовательности. Проверочная выборка, точки которой не использовались при обучении системы, применяется для преодоления неполноты выборки – принцип внешнего дополнения. Существует несколько различных способов деления точек на две последовательности. Ниже приведен использованный алгоритм разделения выборки данных по строительству нефтепровода.

1. Определить процентное соотношение между количеством элементов в обучающей и контрольной последовательности.

2. Для каждого столбца матрицы $[X_{ij}]$ рассчитать среднее значение его элементов (столбцы содержат данные по определенному входному параметру). Количество элементов столбца – величина выборки.

3. Найти дисперсии для каждой строки таблицы по формуле

$$D_i = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (x_{ij} - x_{jcp})^2.$$

4. Для упорядочивания таблицы переставить строки так, чтобы первой была строка с наибольшей дисперсией, а последней – с наименьшей.

5. В соответствии с выбранными в шаге 1 долями, разделить данные в таблице на обучающую и контрольную последовательности.

Для прогнозирования основного показателя при строительстве участка нефтепровода – количества сваренных стыков за установленный промежуток времени – необходимо выяснить зависимость между выходом системы, т.е. данным показателем, и количественным/качественным составом людских и технических ресурсов, внешними факторами (погодные условия, специфика местности строительства НП) [2]. На основании установленной зависимости появляется возможность делать как краткосрочные, так и долгосрочные прогнозы.

Исходные данные наблюдений представлены в табл. 1, где:

- x1 – количество мастеров на участке;
 - x2 – количество сварщиков;
 - x3 – количество работающих сварочных постов;
 - x4 – количество работающих трубокладчиков;
 - x5 – количество работающих экскаваторов;
 - x6 – количество работающих бульдозеров;
 - x7 – наличие строительных материалов и оборудования на участке;
 - x8 – погодные условия.
- Y – выходные данные.

Следует отметить, что вышеуказанные данные соответствуют производительности строительства трубопровода с условным диаметром ДУ 800 мм. Показатели x7 – «Наличие строительных материалов и оборудования на участке» и x8 – «Погодные условия» являются субъективными, оцениваются в интервале от 0 до 1.

Таблица 1

Исходные данные наблюдений по строительству МН (обучающая выборка)

N	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	Y
1	2	4	3	2	3	2	0,8	0,9	3,205
2	2	5	4	2	3	2	0,75	0,85	4,3065
3	3	4	3	3	2	2	0,8	0,8	0,286
4	2	3	2	2	3	1	0,5	0,9	2,143
5	4	6	6	2	3	2	0,8	0,9	7,453
6	4	3	6	2	3	2	0,8	0,9	4,267
7	2	3	2	1	3	1	0,5	0,9	4,433
8	3	3	4	2	2	2	0,8	0,8	2,576
9	2	7	4	2	3	2	0,75	0,85	5,7225
10	2	4	3	2	3	2	0,8	0,7	1,947
Сред.	2,6	4,2	3,7	2	2,8	1,8	0,73	0,85	3,6339

На рис. 2 представлена зависимость производительности системы (количество сваренных стыков трубопровода) от входных характеристик по времени. Данная зависимость построена по обучающей выборке.

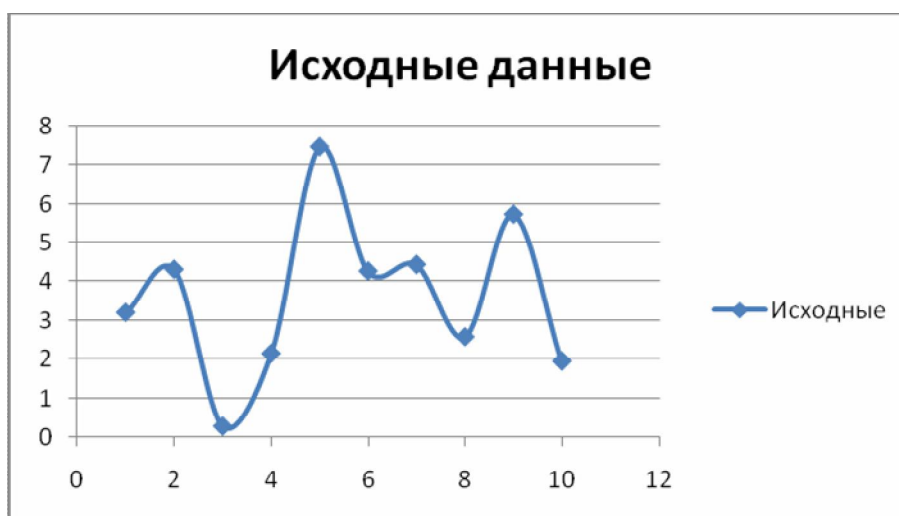


Рис. 2. Зависимость количества сваренных стыков от времени

Для нахождения зависимости между показателями необходимо найти функцию F:

$$Y = F(X_1, X_2, \dots, X_n).$$

На первом этапе выбирается опорная функция. Это могут быть функции вида:

- $y = a_0 + a_1x_j$;
- $y = a_0 + a_1x_i + a_2x_j$;
- $y = a_0 + a_1x_i + a_2x_j + a_3x_i x_j$ и др.

Следующим шагом будет определение по МНК коэффициентов уравнений:

$$y_1 = f(x_1, x_2), y_2 = f(x_1, x_3), \dots, y_{n-1} = f(x_1, x_n), \dots, y_p = f(x_{n-1}, x_n).$$

$$p = C_n^2.$$

После того как все зависимости идентифицированы, по внешнему критерию отбираем лучшие. Те зависимости, которые отобраны, перенумеровываем и получаем Y_1, Y_2, \dots, Y_s , где s – количество отобранных зависимостей.

На следующем шаге с помощью МНК определяем коэффициенты таких зависимостей:

$$z_1 = f(y_1, y_2), z_2 = f(y_2, y_3), \dots, z_r = f(y_{s-1}, y_s).$$

$$r = C_s^2.$$

Дальнейшая процедура аналогична вышеописанной. Если значение внешнего критерия улучшается, то селекция продолжается, в противном случае модель оптимальной сложности получена.

В предлагаемом алгоритме МГУА внешний критерий регулярности в каждом ряде селекции используется два раза:

- первый раз (обычным образом) – для отбора переменных в следующий ряд;
- второй раз – для нахождения единственного решения в «вырожденном» случае.

После завершения работы алгоритма МГУА по нашим данным получаем модель:

$$Y = 0,177 * X_2 * X_3 - 2,29 * X_4 + 6,29 * X_8.$$

Это означает, что основными влияющими факторами модели являются:

- x_2 – количество сварщиков;
- x_3 – количество работающих сварочных постов;
- x_4 – количество работающих трубоукладчиков;
- x_8 – погодные условия.

С использованием данного алгоритма можно получить результат при помощи добавления в таблицу интересующих нас входных данных.

Таблица 2

Данные для прогнозирования работ по строительству МН
(обучающая и проверочная выборки)

N	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	Y
1	2	4	3	2	3	2	0,8	0,9	3,21
2	2	5	4	2	3	2	0,75	0,85	4,31
3	3	4	3	3	2	2	0,8	0,8	0,29
4	2	3	2	2	3	1	0,5	0,9	2,14
5	4	6	6	2	3	2	0,8	0,9	7,45
6	4	3	6	2	3	2	0,8	0,9	4,27
7	2	3	2	1	3	1	0,5	0,9	4,43
8	3	3	4	2	2	2	0,8	0,8	2,58
9	2	7	4	2	3	2	0,75	0,85	5,72
10	2	4	3	2	3	2	0,8	0,7	1,95
11	1	9	1	2	3	2	0,8	0,85	2,36
12	2	8	2	2	3	2	0,8	0,85	3,6
13	3	7	3	2	3	2	0,8	0,85	4,49
14	4	6	4	2	3	2	0,8	0,85	5,015
15	5	5	5	2	3	2	0,8	0,85	5,2
Сред.	2,73	5,13	3,47	2	2,8	1,8	0,73	0,85	3,63

Пусть задачей является определение оптимального количества сварщиков и сварочных постов на участке строительства при постоянном количестве техники (трубоукладчиков) и погодных условиях.

Как видно из табл. 2 и рис. 3, оптимальным соотношением является 5 сварщиков / 5 сварочных постов, так как в данном случае количество стыков, сваренных за определенное

время, максимально. Эти данные являются объяснимыми: в данном случае каждый работник имеет инструмент для производства своей основной работы.



Рис. 3. Прогнозирование производительности

Таким образом, в процессе адаптации метода группового учета аргументов к области строительства нефтепровода был введен дополнительный внешний критерий. При проверке работы алгоритма на выборке данных мы получили модель для расчета производительности строительства нефтепровода (а именно, основного показателя – количества сваренных стыков за промежуток времени). Прогноз по данной модели зависит от значений входных параметров. Модель обеспечивает адекватные прогнозы при варьировании входных показателей в достаточно широких пределах.

Список литературы

1. Босенко В. Н. Автоматизация процесса управления проектом при строительстве нефтепровода / В. Н. Босенко, А. Г. Кравец // Известия ВолГТУ. – 2012. – № 15 (102). – С. 80–83.
2. Босенко В. Н. Разработка структуры методологии управления строительством нефтепровода / В. Н. Босенко, А. Г. Кравец // Актуальные вопросы современной науки : сб. науч. тр. III Международ. науч. конф. – Москва, 2012. – С. 8–12.
3. Ефремов В. С. Стратегическое планирование в бизнес-системах / В. С. Ефремов. – Москва : Финпресс, 2001.
4. Камаев В. А. Разработка и применение модели автоматизированной системы управления информационными процессами к задаче мониторинга состояния оборудования / В. А. Камаев, В. В. Лежебоков // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2009. – № 9. – С. 48–60.
5. Любанова Т. П. Стратегическое планирование на предприятии / Т. П. Любанова, Л. В. Мясоедова, Ю. А. Олейникова. – Москва, 2009.

References

1. Bosenko V. N., Kravets A. G. Avtomatizatsiya protsessa upravleniya proektom pri stroitelstve nefteprovoda [Automation of project management when constructing oil pipeline]. *Izvestiya VolGTU* [News of Volgograd State Technical University], 2012, no. 15 (102), pp. 80–83.
2. Bosenko V. N., Kravets A. G. Razrabotka struktury metodologii upravleniya stroitelstvom nefteprovoda [Development of methodology structure of oil pipeline construction management]. *Aktualnye voprosy sovremennoy nauki: sbornik nauchnykh trudov III Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii* [Topical issues of modern science: Proceedings of the Third International Scientific Conference]. Moscow, 2012, pp. 8–12.

3. Yefremov V. S. Strategicheskoe planirovanie v biznes-sistemakh [Strategic planning in business systems]. Moscow, Finpress, 2001.

4. Kamaev V. A., Lezhebokov V. V. Razrabotka i primeneniye modeli avtomatizirovannoy sistemy upravleniya informatsionnymi protsessami k zadache monitoringa sostoyaniya oborudovaniya [Development and application of model of automated information management system to the task of monitoring of equipment state]. *Vestnik kompyuternykh i informatsionnykh tekhnologiy* [Bulletin of Computer and Information Technologies], 2009, no. 9, pp. 48–60.

5. Lyubanova T. P., Myasoedova L. V., Oleynikova Yu. A. Strategicheskoe planirovanie na predpriyatii [Strategic planning of the company]. Moscow, 2009.

УДК 519.816

ИНВЕРСИЯ В МЕТОДАХ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Олейников Денис Петрович, кандидат технических наук, Волгоградский государственный технический университет, 400005, Российская Федерация, г. Волгоград, пр. им. Ленина, 28, e-mail: denis.oleynikov@gmail.com

Бутенко Людмила Николаевна, доктор химических наук, Волгоградский государственный технический университет, 400005, Российская Федерация, г. Волгоград, пр. им. Ленина, 28, e-mail: butenko@vstu.ru

Олейников Сергей Петрович, кандидат технических наук, Издательский дом «Учитель», 400067, Российская Федерация, г. Волгоград, ул. Кирова, 143, e-mail: soleynikov@list.ru

Инверсия является универсальным механизмом развития и показателем целостности систем различной природы. Существует несколько типов инверсий: функциональная, структурная, параметрическая, инверсные связи, инверсия пространства и инверсия времени. Наличие в системе функции и антифункции является показателем целостности и уровня ее развития. Более тщательное исследование элементов/функций, находящихся в отношении инверсии, позволяет существенно расширить область применимости полученных решений. Учитывая этот факт, авторы предлагают не исключать противоречия, возникающие в процессе синтеза новых систем (на примере методов принятия решений), а их учитывать. В процессе анализа методов принятия решений авторами были выявлены примеры функциональной, параметрической, структурной и временной инверсии. Декомпозиция инверсных функций помогает получить представление о том, что можно предпринять для учета противоречий. В качестве примера в статье приведена декомпозиция функций «Устранение противоречий ответов эксперта» и «Учет противоречий ответов эксперта». Одним из способов учета противоречий является определение общих точек (элементов) инверсных функций. Другим перспективным способом учета противоречий в системах (не столько – технических, сколько – информационных), по мнению авторов, являются эвристические методы разрешения технических противоречий, описанные в рамках теории решения изобретательских задач.

Ключевые слова: функциональная инверсия, структурная инверсия, синтез систем, методы принятия решений, устранение противоречий

INVERSION IN DECISION-MAKING METHODS

Oleynikov Denis P., Ph.D. (Engineering), Volgograd State Technical University, 28 Lenin av., Volgograd, 400005, Russian Federation, e-mail: denis.oleynikov@gmail.com

Butenko Lyudmila N., D.Sc. (Chemistry), Volgograd State Technical University, 28 Lenin av., Volgograd, 400005, Russian Federation, e-mail: butenko@vstu.ru

Oleynikov Sergey P., Ph.D. (Engineering), Publishing House “Teacher”, 143 Kirov St., Volgograd, 400067, Russian Federation, e-mail: soleynikov@list.ru