

УДК 519.816.8:69

О.А. Шевчук

Донецкий национальный технический университет, Донецк

СТАТИЧЕСКИЕ СТАТИСТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПРОГНОЗА ОБЪЕМА ВЫПОЛНЯЕМЫХ РАБОТ

Работа посвящена разработке статических статистических моделей прогноза объема выполняемых строительно-монтажных работ, которые позволят осуществить прогноз доходов строительно-монтажной организации по месяцам.

Ключевые слова: статическая статистическая модель, строительно-монтажные работы, доход предприятия.

Введение

Постановка проблемы. Многообразие и сложность задач, стоящих сегодня перед строительной организацией, предопределяют необходимость организации планирования с учетом постоянно изменяющихся условий и особенностей экономики Украины. Актуальной является разработка статических статистических моделей прогноза объема выполняемых работ, которые будут учитывать случайный характер колебания факторов предыдущего периода.

Анализ литературных источников. Результаты исследований, выполненных в направлении повышения общей эффективности строительной отрасли, оптимизации экономической и производственной структуры ведущих участников строительно-инвестиционного процесса, изложены в работе [1].

В [2] изложены формализованные и интуитивные методы прогнозирования, уделено внимание статистическим методам прогнозирования и прикладным аспектам разработки прогнозов на различных уровнях иерархии.

В работе [3] разработана математическая модель планирования строительно-монтажных работ с декомпозицией на год, квартал, месяц.

Постановка задачи. Разработать статические статистические модели прогноза объема выполняемых строительно-монтажных работ (СМР), которые позволят осуществить прогноз доходов от выполнения работ строительно-монтажной организацией (СМО) по каждому месяцу.

Изложение основного материала

Для достижения поставленной цели необходимо: определить параметры математической модели планирования строительно-монтажных работ [3] и вычислить оценки модели.

Для определения параметров регрессионных полиномов на основании статистических данных работы конкретной СМО за период с 01.01.2007г. по 31.12.2012г. составлены информационные матрицы

значений факторов и вектора откликов по каждому месяцу года. В качестве столбцов информационных матриц выступают значения факторов, влияющих на доход от выполнения СМР. Элементами вектора откликов являются значения доходов от выполнения СМР по каждому месяцу года при соответствующих значениях факторов.

В результате решения задачи множественной регрессии найдены значения параметров регрессионных полиномов. Таким образом, получены следующие линейные статические статистические модели прогноза объема выполняемых работ по каждому месяцу (в денежном эквиваленте).

Модель прогноза на январь.

$$y_1 = -91968,89 + 65,41x_1 + 20,96x_2 + 9,09x_3 + 73,97x_4 + 1058,77x_5 + 4,48x_6 + 2,62x_7 + 8,2x_8 + 15,17x_9 + 18,29x_{10}, \quad (1)$$

где y_1 – доход от выполнения СМР за январь (тыс.грн.);

x_1 – объем подготовительных работ R_1 (тыс. грн.);

x_2 – объем транспортных работ R_2 (тыс. грн.);

x_3 – объем земляных R_3 , погрузочно-разгрузочных R_4 , буронабивных и свайных работ R_5 ;

x_4 – объем каменных работ R_6 (тыс. грн.);

x_5 – объем изоляционных работ R_7 (тыс. грн.);

x_6 – объем бетонных и железобетонных работ R_8 (тыс.грн.);

x_7 – объем кровельных R_{10} , работ по монтажу строительных конструкций R_9 , металлопластиковых окон и дверей R_{17} (тыс. грн.);

x_8 – объем отделочных работ R_{11} (тыс. грн.);

x_9 – объем работ по благоустройству площадки, сдаче объекта в эксплуатацию R_{12} (тыс. грн.);

x_{10} – объем работ по закладке коммуникаций (тепло R_{13} , вода R_{14} , газ R_{15} , электроснабжение R_{16}) в тыс. грн.

Для полученной зависимости (1) вычислены оценки качества модели, а именно:

– дисперсия остаточная $S_{1Z}^2 = 0,15$;

– критерий Фишера $F1 = 6,92$;
 – коэффициент множественной детерминации $R = 0,86$.

Исходя из коэффициентов значимости $t_j, j = \overline{1,10}$, составим ряд, который будет характеризовать активность выполнения СМР:

$$t_5 < t_1 < t_2 < t_8 < t_4 < t_9 < t_6 < t_7 < t_3 < t_{10} .$$

Таким образом, наибольшее влияние на доход в данном месяце будет оказывать выполнение работ по закладке коммуникаций ($x_{10}; t_{10} = 5,81$); наименьшее – выполнение изоляционных работ ($x_5; t_5 = 0,75$).

Анализ корреляционной матрицы позволил выявить коэффициенты корреляции, для которых выполнено условие $|r_{ij}| \geq 0,56$, i, j – номера факторов:

$$r_{16} = 0,56; r_{29} = 0,67;$$

что говорит о сильной взаимосвязи между указанными факторами. Это найдет отражение в квадратичной модели – появятся произведения указанных факторов.

Модель прогноза на февраль.

$$y_2 = -58352,23 + 13,06x_1 + 26,33x_2 + 5,59x_3 + 13,88x_4 + 91,36x_5 + 6x_6 + 4,35x_7 + 9,41x_8 + 12,73x_9 + 4,02x_{10}, \quad (2)$$

где y_2 – доход от выполнения СМР за февраль (тыс.грн.).

Оценки качества модели:

- дисперсия остаточная $S_{1z}^2 = 0,15$;
- критерий Фишера $F1 = 6,68$;
- коэффициент множественной детерминации $R = 0,85$.

Согласно ряду, составленному по коэффициентам значимости,

$$t_7 < t_5 < t_{10} < t_4 < t_6 < t_2 < t_9 < t_8 < t_1 < t_3 ,$$

наибольшее влияние на модель оказывают факторы x_3 ($t_3 = 3,67$) и x_1 ($t_1 = 3,57$), то есть выполнение подготовительных, земляных, погрузочно-разгрузочных, буронабивных и свайных работ. Менее всего на доход будет влиять выполнение изоляционных ($x_5; t_5 = 1,93$) и кровельных работ, монтаж строительных конструкций, окон и дверей ($x_7; t_7 = 1,44$).

При анализе корреляционной матрицы выявлены коэффициенты корреляции, для которых выполнено условие $|r_{ij}| \geq 0,56$:

$$r_{56} = 0,64; r_{6,10} = 0,59;$$

что говорит о сильной взаимосвязи между указанными факторами. Это найдет отражение в квадра-

тичной модели – появятся произведения указанных факторов.

Модель прогноза на март.

$$y_3 = -95469,45 + 11,41x_1 + 22,67x_2 + 6,47x_3 + 4,6x_4 + 529,33x_5 + 10,33x_6 + 6,07x_7 + 4,38x_8 + 10,47x_9 + 1,77x_{10}, \quad (3)$$

где y_3 – доход от выполнения СМР за март (тыс.грн.).

Вычислены оценки качества модели: дисперсия остаточная $S_{1z}^2 = 0,12$; критерий Фишера $F1 = 8,63$; коэффициент множественной детерминации $R = 0,88$.

Согласно составленному по коэффициентам значимости ряду,

$$t_{10} < t_4 < t_1 < t_2 < t_3 < t_8 < t_6 < t_9 < t_5 < t_7 ,$$

в наибольшем объеме в данном месяце будут выполняться кровельные работы, монтаж строительных конструкций, окон и дверей ($x_7; t_7 = 5,03$), изоляционные работы ($x_5; t_5 = 4,73$). В наименьшем объеме – каменные ($x_4; t_4 = 0,69$) и работы по закладке коммуникаций ($x_{10}; t_{10} = 0,46$).

При анализе корреляционной матрицы выявлены коэффициенты корреляции, для которых выполнено условие $|r_{ij}| \geq 0,56$:

$$r_{23} = 0,59; r_{25} = 0,57; r_{3,10} = 0,61; r_{47} = 0,57; r_{58} = 0,57; r_{6,10} = 0,59; r_{9,10} = 0,62.$$

Это свидетельствует о наличии сильной взаимосвязи между указанными факторами, что найдет отражение в квадратичной модели – появятся произведения указанных факторов.

Модель прогноза на апрель.

$$y_4 = -218553,92 + 5,73x_1 + 64,79x_2 + 7,12x_3 + 265,39x_4 + 5,64x_6 + 7,61x_7 + 3,41x_8 + 4,88x_9 + 27,5x_{10}, x_5 = 0, \quad (4)$$

где y_4 – доход от выполнения СМР за апрель (тыс.грн.).

Для полученной зависимости (4) вычислены оценки качества модели:

- дисперсия остаточная масштабированная $S_{1z}^2 = 0,13$;
- критерий Фишера $F1 = 7,85$;
- коэффициент множественной детерминации $R = 0,87$.

Составим ряд активности выполнения СМР, согласно коэффициентам значимости построенной модели,

$$t_8 < t_3 < t_4 < t_9 < t_{10} < t_1 < t_6 < t_2 < t_7 .$$

Исходя из полученного ряда, наибольшее влияние на модель оказывают факторы x_7 ($t_7 = 5,54$) и

x_2 ($t_2 = 4,78$). Это связано с выполнением в большей мере монтажа строительных конструкций, окон и дверей, и сопутствующими транспортными работами. В наименьшем объеме выполняются земляные, погрузочно-разгрузочные (x_3 ; $t_3 = 2,02$) и отделочные (x_8 ; $t_8 = 1,61$) работы.

При анализе корреляционной матрицы выявлены коэффициенты корреляции, для которых выполнено условие $|r_{ij}| \geq 0,56$:

$$r_{36} = 0,58; r_{46} = 0,61; r_{68} = 0,6; \\ r_{6,10} = 0,58; r_{8,10} = 0,65;$$

что говорит о сильной взаимосвязи между указанными факторами. Это найдет отражение в квадратичной модели – появятся произведения указанных факторов.

Модель прогноза на май.

$$y_5 = -125376,74 + 32,47x_1 + 21,75x_2 + 32,9x_3 + \\ + 23,41x_4 + 762,64x_5 + 5,78x_6 + 0,93x_7 + \\ + 12,38x_8 + 5,75x_9 + 11,52x_{10}, \quad (5)$$

где y_5 – доход от выполнения СМР за май (тыс.грн.).

Оценки качества модели: дисперсия остаточная $S_{1Z}^2 = 0,09$; критерий Фишера $F1 = 11,53$; коэффициент множественной детерминации $R = 0,91$.

Согласно составленному по коэффициентам значимости ряду,

$$t_7 < t_2 < t_8 < t_1 < t_5 < t_4 < t_9 < t_{10} < t_6 < t_3,$$

в наибольшем объеме в данном месяце будут выполняться погрузочно-разгрузочные работы (засыпка траншей и котлованов) (x_3 ; $t_3 = 5,48$); бетонные и железобетонные работы (x_6 ; $t_6 = 5,15$). В небольшом объеме будут выполняться транспортные работы (x_2 ; $t_2 = 2,26$) и монтаж металлопластиковых окон и металлических дверей (x_7 ; $t_7 = 0,97$).

При анализе корреляционной матрицы выявлены коэффициенты корреляции, для которых выполнено условие $|r_{ij}| \geq 0,56$:

$$r_{12} = 0,67; r_{19} = 0,56; r_{26} = 0,62; \\ r_{39} = 0,62; r_{89} = 0,57.$$

Это свидетельствует о наличии сильной взаимосвязи между указанными факторами, что найдет отражение в квадратичной модели – появятся произведения указанных факторов.

Модель прогноза на июнь.

$$y_6 = -91199,95 + 11,39x_1 + 82,43x_2 + 68,25x_3 + \\ + 223,51x_4 + 2,26x_6 + 4,53x_7 + \\ + 20,25x_8 + 1,02x_9 + 6,32x_{10}, \quad x_5 = 0, \quad (6)$$

где y_6 – доход от выполнения СМР за июнь (тыс. грн.).

Для полученной зависимости вычислены оценки качества модели:

- дисперсия остаточная $S_{1Z}^2 = 0,1$;
- критерий Фишера $F1 = 10,33$;
- коэффициент множественной детерминации $R = 0,9$.

Исходя из коэффициентов значимости, составим ряд, который будет характеризовать активность выполнения строительно-монтажных работ

$$t_9 < t_1 < t_6 < t_{10} < t_2 < t_7 < t_8 < t_4 < t_3.$$

Таким образом, наибольшее влияние на модель оказывают факторы x_3 ($t_3 = 6,62$) и x_4 ($t_4 = 4,25$). Это связано с выполнением в большей мере буронабивных и свайных, каменных работ. Менее всего будут выполняться работы по благоустройству площадки (x_9 ; $t_9 = 0,37$).

Анализ корреляционной матрицы позволил выявить коэффициенты корреляции, для которых выполнено условие $|r_{ij}| \geq 0,56$:

$$r_{12} = 0,57; r_{18} = 0,59; r_{19} = 0,66; \\ r_{27} = 0,65; r_{3,10} = 0,58; r_{67} = 0,6; \\ r_{6,10} = 0,63; r_{89} = 0,56; r_{9,10} = 0,65;$$

что говорит о сильной взаимосвязи между указанными факторами. Это найдет отражение в квадратичной модели – появятся произведения указанных факторов.

Модель прогноза на июль.

$$y_7 = -142183,86 + 35,64x_1 + 167,2x_2 + 48,21x_3 + \\ + 70,23x_4 + 156,83x_5 + 3,85x_6 + 4,71x_7 + \\ + 2,33x_8 + 5,61x_9 + 3,98x_{10}, \quad (7)$$

где y_7 – доход от выполнения СМР за июль (тыс. грн.).

Оценки качества модели:

- дисперсия остаточная $S_{1Z}^2 = 0,11$;
- критерий Фишера $F1 = 9,05$;
- коэффициент множественной детерминации $R = 0,89$.

Согласно составленному по коэффициентам значимости ряду

$$t_1 < t_8 < t_5 < t_{10} < t_9 < t_6 < t_3 < t_7 < t_2 < t_4,$$

в наибольшем объеме в данном месяце будут выполняться каменные (x_4 ; $t_4 = 5,42$) и транспортные работы (подвоз необходимых строительных материалов) (x_2 ; $t_2 = 4,79$). В небольшом объеме будут выполняться отделочные (x_8 ; $t_8 = 0,99$) и подготовительные работы (x_1 ; $t_1 = 0,63$). Это обусловлено сезонностью выполнения СМР.

При анализе корреляционной матрицы выявлен коэффициент корреляции, для которого выполнено условие $|r_{ij}| \geq 0,56$:

$$r_{89} = 0,59;$$

что говорит о сильной взаимосвязи между указанными факторами. Это найдет отражение в квадратичной модели – появится произведение указанных факторов.

Модель прогноза на август.

$$y_8 = -190793,19 + 42,65x_1 + 88,4x_2 + 15,7x_3 + 53,56x_4 + 255,62x_5 + 3,43x_6 + 11x_7 + 1,5x_8 + 16,96x_9 + 3,28x_{10}, \quad (8)$$

где y_8 – доход от выполнения СМР за август (тыс.грн.).

Для полученной зависимости вычислены оценки качества модели:

- дисперсия остаточная масштабированная $S_{Iz}^2 = 0,1$;
- критерий Фишера $F1 = 9,95$;
- коэффициент множественной детерминации $R = 0,9$.

Анализ коэффициентов значимости позволил построить следующий ряд активности выполнения строительно-монтажных работ

$$t_8 < t_1 < t_4 < t_2 < t_6 < t_{10} < t_3 < t_9 < t_5 < t_7.$$

Согласно данному ряду, в августе в наибольшем объеме выполняются кровельные работы и монтаж строительных конструкций ($x_7; t_7 = 7,51$), изоляционные работы ($x_5; t_5 = 5,42$). В наименьшем объеме – подготовительные ($x_1; t_1 = 1,01$) и отделочные работы ($x_8; t_8 = 0,65$).

При анализе корреляционной матрицы выявлен коэффициент корреляции, для которого выполнено условие $|r_{ij}| \geq 0,56$:

$$r_{24} = 0,57;$$

что говорит о сильной взаимосвязи между факторами x_2 и x_4 . Это найдет отражение в квадратичной модели – появится произведение указанных факторов.

Модель прогноза на сентябрь.

$$y_9 = -168479,08 + 13,76x_1 + 661,42x_2 + 5,82x_3 + 231,33x_4 + 30,54x_5 + 14,7x_6 + 3,2x_7 + 21,16x_8 + 4,54x_9 + 4,52x_{10}, \quad (9)$$

где y_9 – доход от выполнения СМР за сентябрь (тыс.грн.).

Оценки качества модели: дисперсия остаточная $S_{Iz}^2 = 0,15$; критерий Фишера $F1 = 6,59$; коэффициент множественной детерминации $R = 0,85$.

Составим ряд активности выполнения СМР на основании коэффициентов значимости

$$t_3 < t_1 < t_4 < t_8 < t_9 < t_6 < t_{10} < t_7 < t_5 < t_2.$$

Менее всего в данном месяце будут выполняться подготовительные ($x_1; t_1 = 1,58$), погрузочно-разгрузочные, буронабивные и свайные работы ($x_3; t_3 = 1,33$). Наибольшая активность характерна для транспортных ($x_2; t_2 = 4,53$) и изоляционных работ ($x_5; t_5 = 3,14$).

При анализе корреляционной матрицы выявлены коэффициенты корреляции, для которых выполнено условие $|r_{ij}| \geq 0,56$:

$$r_{13} = 0,57; r_{14} = 0,69; r_{17} = 0,62; r_{34} = 0,6; r_{39} = 0,57; r_{48} = 0,59; r_{49} = 0,61;$$

что говорит о сильной взаимосвязи между указанными факторами. Это найдет отражение в квадратичной модели – появятся произведения указанных факторов.

Модель прогноза на октябрь.

$$y_{10} = -87363,97 + 26,63x_1 + 365,33x_2 + 23,66x_3 + 16,53x_4 + 1257,16x_5 + 13,18x_6 + 6,23x_7 + 4,6x_8 + 2,71x_9 + 4,07x_{10}, \quad (10)$$

где y_{10} – доход от выполнения СМР за октябрь (тыс.грн.).

Для полученной зависимости вычислены оценки качества модели:

- дисперсия остаточная $S_{Iz}^2 = 0,12$;
- критерий Фишера $F1 = 8,35$;
- коэффициент множественной детерминации $R = 0,88$.

Исходя из коэффициентов значимости, составим ряд, который будет характеризовать активность выполнения строительно-монтажных работ

$$t_9 < t_5 < t_4 < t_6 < t_{10} < t_1 < t_7 < t_2 < t_8 < t_3.$$

Таким образом, наибольшее влияние на модель оказывают факторы x_3 ($t_3 = 4,53$) и x_8 ($t_8 = 4,23$). Это связано с выполнением в большей мере земляных, погрузочно-разгрузочных и отделочных работ. Менее всего будут выполняться изоляционные ($x_5; t_5 = 1,02$) и работы по благоустройству площадки ($x_9; t_9 = 0,76$).

Анализ корреляционной матрицы позволил выявить коэффициенты корреляции, для которых выполнено условие $|r_{ij}| \geq 0,56$:

$$r_{49} = 0,63; r_{58} = 0,62; r_{69} = 0,57;$$

что говорит о сильной взаимосвязи между указанными факторами. Это найдет отражение в квадратичной модели – появятся произведения указанных факторов.

Модель прогноза на ноябрь.

$$y_{11} = -123110,84 + 115,63x_1 + 339,72x_2 + 8,07x_3 + \\ + 111,85x_4 + 20418,65x_5 + 2,83x_6 + \\ + 1,84x_7 + 8,08x_8 + 5,77x_9 + 7,52x_{10}, \quad (11)$$

где y_{11} – доход от выполнения СМР за ноябрь (тыс. грн.).

Оценки качества модели: дисперсия остаточная $S_{Lz}^2 = 0,1$; критерий Фишера $F1 = 10,24$; коэффициент множественной детерминации $R = 0,9$.

Составим ряд активности выполнения СМР на основании коэффициентов значимости

$$t_6 < t_7 < t_3 < t_2 < t_8 < t_9 < t_4 < t_5 < t_1 < t_{10}.$$

Менее всего в данном месяце будут выполняться кровельные работы, монтаж окон и дверей (x_7 ; $t_7 = 2,05$), бетонные и железобетонные работы (x_6 ; $t_6 = 1,03$). В наибольшем объеме будут выполняться работы по закладке коммуникаций (x_{10} ; $t_{10} = 4,91$), подготовительные работы (x_1 ; $t_1 = 4,15$). При анализе корреляционной матрицы выявлены коэффициенты корреляции, для которых выполнено условие $|r_{ij}| \geq 0,56$:

$$r_{15} = 0,56; r_{17} = 0,61; r_{1,10} = 0,64; r_{37} = 0,58;$$

$$r_{38} = 0,65; r_{56} = 0,62; r_{58} = 0,61; r_{67} = 0,63;$$

$$r_{68} = 0,61; r_{78} = 0,56.$$

Это говорит о сильной взаимосвязи между указанными факторами и найдет отражение в квадратичной модели – появятся произведения указанных факторов.

Модель прогноза на декабрь.

$$y_{12} = -116518,13 + 8,65x_1 + 762,51x_2 + 12,59x_3 + \\ + 99,97x_4 + 233,64x_5 + 9,28x_6 + 5,54x_7 + \\ + 4,84x_8 + 3,7x_9 + 7,66x_{10}, \quad (12)$$

где y_{12} – доход от выполнения СМР за декабрь (тыс. грн.).

Для полученной зависимости вычислены оценки качества модели: дисперсия остаточная $S_{Lz}^2 = 0,1$; критерий Фишера $F1 = 10,3$; коэффициент множественной детерминации $R = 0,9$.

Анализ коэффициентов значимости позволил построить следующий ряд, характеризующий объемы выполнения работ

$$t_4 < t_9 < t_6 < t_3 < t_5 < t_8 < t_1 < t_{10} < t_2 < t_7.$$

Согласно данному ряду, в декабре в наибольшем объеме выполняются работы по монтажу строительных конструкций (x_7 ; $t_7 = 5,26$) и сопутствующие им транспортные (x_2 ; $t_2 = 4,74$). В наименьшем объеме – каменные (x_4 ; $t_4 = 1,45$) и работы по благоустройству площадки (x_9 ; $t_9 = 1,67$).

При анализе корреляционной матрицы выявлены коэффициенты корреляции, для которых выполнено условие $|r_{ij}| \geq 0,56$:

$$r_{19} = 0,61; r_{24} = 0,64; r_{4,10} = 0,56;$$

$$r_{58} = 0,59; r_{5,10} = 0,57;$$

что говорит о сильной взаимосвязи между указанными факторами. Это найдет отражение в квадратичной модели – появятся произведения указанных факторов.

Выводы

Научная новизна данной работы заключается в разработке линейных статических статистических моделей прогноза объема выполняемых работ, которые учитывают случайный характер колебания факторов предыдущего периода.

Практическая значимость состоит в том, что полученные модели позволяют плановому отделу предприятия осуществить прогноз дохода организации от выполнения СМР по месяцам.

Список литературы

1. Олейник Н.П. Организация строительства. Концептуальные основы, модели и методы, информационно-инженерные системы / Н.П. Олейник. – М.: Профиздат, 2001. – 408 с.
2. Антохонова И.В. Методы прогнозирования социально-экономических процессов: Учебн. пос. / И.В. Антохонова. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2004. – 212 с.
3. Криводубский О.А. Математическая модель планирования строительно-монтажных работ / О.А. Криводубский, О.А. Шевчук // Збірник наукових праць ХУПС. – Х.: ХУПС, 2012. Вип. 4 (33). – С. 144 – 148.

Поступила в редколлегию 1.08.2013

Рецензент: канд. техн. наук, доц. О.А. Криводубский, Донецкий национальный технический университет, Донецк.

СТАТИЧНІ СТАТИСТИЧНІ МОДЕЛІ ПРОГНОЗУ ОБСЯГУ ВИКОНУВАНІХ РОБІТ

О.О. Шевчук

Робота присвячена розробці статичних статистичних моделей прогнозу обсягу виконуваних будівельно-монтажних робіт, які дозволять здійснити прогноз доходів будівельно-монтажної організації по місяцях.

Ключові слова: статична статистична модель, будівельно-монтажні роботи, доход підприємства.

STATIC STATISTICAL MODELS FOR FORECASTING AMOUNT OF WORK

O.A. Shevchuk

This work is dedicated to the development of static statistical models of forecasting the volume of the construction and mounting work, which will make the revenue forecast of the installation company by month.

Keywords: static statistical model, building and construction work, income of the enterprise.