

ВЕКТОРНАЯ МОДЕЛЬ АВТОРЕГРЕССИИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

© 2018 Я.Д. Гельруд¹, Е.А. Угрюмов¹, В.Л. Рыбак²

¹Южно-Уральский государственный университет
(454080 Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, д. 76),

²Финансовый университет при Правительстве РФ
(125993 Москва, Ленинградский проспект, д. 49)

E-mail: gelrud@mail.ru, eugene74@mail.ru, rybak1323@mail.ru

Поступила в редакцию: 16.05.2018

В статье проанализированы существующие экономико-математические модели: корреляционно-регрессионный анализ, производственные функции, системы эконометрических уравнений; приведены их общий вид, формулы расчета, выявлены их сильные и слабые стороны, предлагается векторная модель авторегрессии основных показателей производственной деятельности строительного предприятия (производительность труда, рентабельность продукции, механовооруженность (технический уровень строительных машин и оборудования), относительная численность руководящего звена предприятия, своевременность выполнения работ, дискретность использования ресурсов, стоимость продукции, качество продукции) на основе построения VAR-модели. В качестве основы для построения VAR-модели авторегрессии показателей производственной деятельности строительного предприятия авторами предлагается использовать систему из трех взаимосвязанных уравнений. Приведены достоинства и недостатки векторной модели авторегрессии, а также результаты оценивания коэффициентов в VAR-модели. Полученные значения коэффициентов проанализированы с помощью теста Грэнджера на причинность, основанном на анализе причинно-следственной связи между временными рядами. В статье определяется функция импульсного отклика, описывающая реакцию динамического ряда в ответ на некоторые внешние шоки. Построены графики откликов основных результирующих показателей деятельности строительного предприятия. Выдвинутые в статье гипотезы проверены на основе использования F-теста и LM-теста. Авторы детально анализируют полученные результаты расчетов и убедительно доказывают актуальность предложенной в статье методики.

Ключевые слова: экономико-математическая модель, векторная авторегрессия, VAR-модель, управление, система, эконометрика, производственная функция.

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Гельруд Я.Д., Угрюмов Е.А., Рыбак В.Л. Векторная модель авторегрессии показателей производственной деятельности строительного предприятия // Вестник ЮУрГУ. Серия: Вычислительная математика и информатика. 2018. Т. 7, № 3. С. 19–30. DOI: 10.14529/cmse180302.

Введение

Управление экономикой рыночного типа в современных сложных условиях требует использования различных экономико-математических методов и моделей. Использование информационных технологий, вычислительной техники в совокупности с современными экономико-математическими методами открывает широкие возможности для совершенствования управления, повышения его эффективности, оперативности, действенности.

Существуют различные экономико-математические модели, которые применяются в научных исследованиях и в конкретных практических разработках [2, 3]. В частности, при управлении строительным производством необходимо учитывать множество взаимозависимых факторов, детерминированным или случайным образом влияющих на основные показатели деятельности строительной организации. В настоящее время для решения подобных задач широкое распространение получили модели корреляционно-регрессионного анализа, производственные функции и системы эконометрических уравнений. Но наиболее перспективной с точки зрения дальнейшего развития научной мысли и практического использования является векторная модель авторегрессии. В данной статье речь пойдет именно об этой модели, которая позволяет провести наиболее полный и объективный анализ взаимного влияния производственных показателей деятельности строительного предприятия.

Статья организована следующим образом. В разделе 1 проанализированы существующие экономико-математические модели: корреляционно-регрессионный анализ, производственные функции, системы эконометрических уравнений; приведены их общий вид, формулы расчета, выявлены их сильные и слабые стороны. Раздел 2 посвящен разработке векторной модели авторегрессии основных показателей производственной деятельности строительного на основе построения VAR-модели. В заключении приводится краткая сводка результатов, полученных в работе, и указаны направления дальнейших исследований.

1. Анализ существующих экономико-математических моделей

Как уже говорилось ранее, одним из наиболее распространенных методов экономико-математического моделирования является корреляционно-регрессионный анализ [9]. Построение корреляционно-регрессионных моделей позволяет количественно охарактеризовать связь, зависимость и взаимную обусловленность экономических показателей. Для того, чтобы измерить совместное влияние ряда показателей-факторов на величину анализируемого показателя рассчитывается модель множественной корреляции, в которой зависимая переменная y рассматривается в качестве функции n независимых переменных x :

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n).$$

При этом, важно отметить, что определение показателя, который отражает тесноту связи со всеми факторами, вместе взятыми, не учитывает степень влияния каждого фактора в отдельности на изменение величины зависимой переменной. Это означает, что даже при наличии очень высокого общего коэффициента множественной корреляции не исключено, что влияние отдельных факторов может оказаться ничтожным, а их включение в корреляционную модель — неоправданным.

Одним из направлений корреляционного анализа в экономике является исследование зависимостей в сфере производства — производственных функций [8]. Производственная функция включает моделирование зависимостей, существующих между различными производственными показателями: производительность труда, капитальные затраты, объем выпускаемой продукции, фондоотдача и др.

Производственная функция, включающая не один, а несколько показателей-факторов, позволяет измерять характер и силу их совместного влияния на резуль-

ный производственный показатель. Многофакторная функция позволяет исследовать и влияние каждого фактора в отдельности, но уже с учетом действия других факторов, тогда как однофакторная функция игнорирует, по сути дела, прочие факторы.

Применение многофакторных производственных функций расширяет круг аналитических показателей за счет появления показателей замещения ресурсов. Рассматривая виды многофакторных функций, необходимо учитывать, что увеличение числа факторов делает все выкладки более громоздкими, ничего не меняя в принципиальном отношении.

В связи со сложностью и многогранностью производственных взаимосвязей, объектов анализа и управления, а также спецификой конкретной производственной структуры или особыми целями и формами исследования часто возникает необходимость представления производственной функции несколькими уравнениями (системы уравнений) [8]:

$$\begin{cases} y_1 = a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1m}x_m + \dots + u_1 \\ y_2 = b_{21}y_1 + a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2m}x_m + \dots + u_2 \\ y_3 = b_{31}y_1 + b_{32}y_2 + a_{31}x_1 + a_{32}x_2 + \dots + a_{3m}x_m + \dots + u_3 \end{cases}$$

Несмотря на то, что в настоящее время используются, как правило, динамические системы уравнений (учитывающие временной фактор), все же наиболее точные и корректные результаты позволяет получить векторная модель авторегрессии [9].

2. Построение векторной модели авторегрессии показателей производственной деятельности строительного предприятия

Векторная авторегрессия (*VAR, Vector AutoRegression*) представляет собой совокупность динамических временных рядов, в которых текущие значения зависят от значений этих же временных рядов в прошедшие периоды времени [9].

Векторную модель авторегрессии предложил Кристофер Симс в 1980 году, она является обобщением моделей авторегрессии к многомерным временным рядам, представляет собой систему уравнений, в которой каждая переменная (компонента многомерного временного ряда) представлена линейной комбинацией всех переменных в предыдущие моменты времени.

Векторные модели авторегрессии строятся по *стационарным* временным рядам. В случае, если ряды нестационарны, то они приводятся к стационарным путем взятия разностей, после чего строятся векторные модели корректировки ошибок (VECM).

Простейшая VAR-модель включает две переменные с лагом 1, число уравнений модели равно числу переменных [1, 10]:

$$\begin{cases} x_{t1} = \alpha_{10} + \alpha_{11}x_{t-1,1} + \alpha_{12}x_{t-1,2} + \varepsilon_{t1}, \\ x_{t2} = \alpha_{20} + \alpha_{21}x_{t-1,1} + \alpha_{22}x_{t-1,2} + \varepsilon_{t2}, \end{cases} \quad (1)$$

где α_{10}, α_{20} — свободные параметры; α_{ij} — параметры авторегрессии ($i, j = 1, 2$); $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ — взаимно некоррелированные «белые шумы».

В общем виде для k переменных и числа лагов p модель авторегрессии (VAR) имеет вид:

$$\begin{cases} x_{t1} = \alpha_1 + \alpha_{11}^{[1]}x_{t-1,1} + \dots + \alpha_{1k}^{[1]}x_{t-1,k} + \alpha_{11}^{[2]}x_{t-2,1} + \dots + \alpha_{1k}^{[2]}x_{t-2,k} + \dots + \alpha_{11}^{[p]}x_{t-p,1} + \dots + \alpha_{1k}^{[p]}x_{t-p,k} + \varepsilon_{t1} \\ x_{t2} = \alpha_2 + \alpha_{21}^{[1]}x_{t-1,1} + \dots + \alpha_{2k}^{[1]}x_{t-1,k} + \alpha_{21}^{[2]}x_{t-2,1} + \dots + \alpha_{2k}^{[2]}x_{t-2,k} + \dots + \alpha_{21}^{[p]}x_{t-p,1} + \dots + \alpha_{2k}^{[p]}x_{t-p,k} + \varepsilon_{t2} \\ \dots \\ x_{tk} = \alpha_k + \alpha_{k1}^{[1]}x_{t-1,1} + \dots + \alpha_{kk}^{[1]}x_{t-1,k} + \alpha_{k1}^{[2]}x_{t-2,1} + \dots + \alpha_{kk}^{[2]}x_{t-2,k} + \dots + \alpha_{k1}^{[p]}x_{t-p,1} + \dots + \alpha_{kk}^{[p]}x_{t-p,k} + \varepsilon_{tk} \end{cases} \quad (2)$$

или в векторно-матричной записи [9]:

$$\begin{pmatrix} x_{t1} \\ x_{t2} \\ \dots \\ x_{tk} \\ X_t \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \dots \\ \alpha_k \\ \alpha \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \alpha_{11}^{[1]} \dots \alpha_{1k}^{[1]} \\ \alpha_{21}^{[1]} \dots \alpha_{2k}^{[1]} \\ \dots \\ \alpha_{k1}^{[1]} \dots \alpha_{kk}^{[1]} \\ A^{[1]} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_{t-1,1} \\ x_{t-1,2} \\ \dots \\ x_{t-1,k} \\ X_{t-1} \end{pmatrix} + \dots + \begin{pmatrix} \alpha_{11}^{[p]} \dots \alpha_{1k}^{[p]} \\ \alpha_{21}^{[p]} \dots \alpha_{2k}^{[p]} \\ \dots \\ \alpha_{k1}^{[p]} \dots \alpha_{kk}^{[p]} \\ A^{[p]} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_{t-p,1} \\ x_{t-p,2} \\ \dots \\ x_{t-p,k} \\ X_{t-p} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \varepsilon_{t1} \\ \varepsilon_{t2} \\ \dots \\ \varepsilon_{tk} \\ \bar{\varepsilon}_t \end{pmatrix} \quad (3)$$

или

$$X_t = \alpha + A^{[1]} X_{t-1} + \dots + A^{[p]} X_{t-p} + \bar{\varepsilon}_t. \quad (4)$$

В качестве основы для построения VAR-модели авторегрессии [5] показателей производственной деятельности строительного предприятия предлагается использовать следующую систему уравнений (формулы расчета переменных приведены в табл. 1):

$$\begin{cases} y_{1,t} = a_{11}x_{1,t} + a_{12}x_{2,t-1} + c_1t + \dots + a_{1m}x_{m,t} + \dots + \varepsilon_{1,t} \\ y_{2,t} = b_{21}y_{1,t} + a_{21}x_{1,t-1} + a_{22}x_{2,t} + c_2t + \dots + a_{2m}x_{m,t} + \dots + \varepsilon_{2,t} \\ y_{3,t} = b_{31}y_{1,t} + b_{32}y_{2,t} + a_{31}x_{3,t-1} + a_{32}x_{2,t} + c_3t + \dots + a_{3m}x_{m,t} + \dots + \varepsilon_{3,t} \end{cases}, \quad (5)$$

где $y_{1,t}$ — качество продукции в момент времени t ;

$y_{2,t}$ — своевременность выполнения работ в момент времени t ;

$y_{3,t}$ — стоимость продукции в момент времени t ;

$x_{1,t}$ — рентабельность продукции в момент времени t ;

$x_{2,t}$ — относительная численность руководящего звена предприятия в момент времени t ;

$x_{2,t-1}$ — относительная численность руководящего звена предприятия в момент времени $t-1$ (лаговая переменная $x_{2,t}$);

$x_{3,t}$ — производительность труда в момент времени t ;

$x_{3,t-1}$ — производительность труда в момент времени $t-1$ (лаговая переменная $x_{3,t}$);

$x_{4,t}$ — механовооруженность (технический уровень строительных машин и оборудования) в момент времени t ;

$x_{5,t}$ — дискретность использования ресурсов в момент времени t .

То есть сроки выполнения работ зависят от требуемого уровня качества, а стоимость зависит и от качества, и от сроков выполнения работ.

В нашем случае на основе исходных данных, полученных от строительных предприятий, были получены коэффициенты при $x_{i,t}$ и составлена модель авторегрессии (VAR):

$$\begin{cases} y_{1,t} = 0,003 + 0,218x_{1,t} + 0,03x_{2,t} - 0,0006x_{3,t} - 2,919x_{4,t} + 1,434x_{5,t} \\ y_{2,t} = 0,009 + 0,561x_{1,t} + 0,076x_{2,t-1} - 0,0015x_{3,t-1} - 7,4x_{4,t} + 3,567x_{5,t} \\ y_{3,t} = -0,02 - 1,24x_{1,t} - 0,168x_{2,t-1} + 0,004x_{3,t-1} + 16,378x_{4,t} - 7,936x_{5,t} \end{cases} \quad (6)$$

Формулы расчета переменных

№ п/п	Наименование переменной	Формула расчета	Расшифровка формулы
1	Производительность труда	$П = \frac{О}{Ч}$	О — объем работы в единицу времени; Ч — число работников
2	Рентабельность продукции	$P_{продукции} = \frac{Пр}{С} \cdot 100\%$	Пр — прибыль от реализации; С — полная себестоимость продукции
3	Механовооруженность (технический уровень строительных машин и оборудования)	$М = \frac{Q_{мех}}{Ч}$	Q _{мех} — объем работ, выполненный механизированным способом; Ч — общая численность работников на предприятии
4	Относительная численность руководящего звена предприятия	$ОЧ_p = \frac{Ч_p}{Ч}$	Ч _p — численность руководящего звена предприятия; Ч — общая численность работников на предприятии
5	Своевременность выполнения работ	$C_{ер} = 1 - \frac{ T_{пл_i} - T_{ф_i} }{T_{пл_i}}$	T _{пл_i} , T _{ф_i} — плановые и фактические сроки производства работ на i-том объекте, дни
6	Дискретность использования ресурсов	$Д_{ур} = \frac{T_{дис}}{Т}$	T _{дис} — время дискретного использования ресурсов на объекте; Т — общая продолжительность использования ресурсов
7	Стоимость продукции	$C_{пр} = \frac{В}{V} \cdot \frac{1}{Ц_{ср}}$	В — объем продаж в денежном выражении; V — общий объем работ; Ц _{ср} — средняя цена продажи 1 кв.м жилья на местном рынке
8	Качество продукции	$K_{пр} = 1 - \frac{ОБ + ГР}{В}$	ОБ — стоимость окончательного брака; ГР — затраты на устранение недоделок, скрытого брака по ранее сданным объектам, т.е. затраты на проведение гарантийного ремонта

К преимуществам VAR-моделей можно отнести:

- возможность оценки параметров методом МНК (метод наименьших квадратов);
- отсутствие разделения переменных на экзогенные и эндогенные;
- более точный и простой для исполнения прогноз.

К недостаткам VAR-моделей можно отнести:

- непростую процедуру определения порядка VAR модели;
- чем больше переменных и больше лагов участвуют в VAR, тем больше требуется данных для оценки параметров;
- коэффициенты VAR неинтерпретируемы.

Следующим этапом является проведение теста Грэнджера [4] на причинность. Тест Грэнджера на причинность (англ. Granger causality test) основан на анализе причинно-следственной связи («причинность по Грэнджеру») между временными рядами. Суть данной методики заключается в том, что значение (изменение) временного ряда X_t , который является причиной изменений временного ряда Y_t , предшествует изменению этого временного ряда, и кроме того, должно предопределять и прогнозировать его значения.

Тест Грэнджера последовательно проверяет две нулевые гипотезы: « x не причина y по Грэнджеру» и « y причина x по Грэнджеру». Проверка данных гипотез требует построения двух регрессий. Каждая регрессия включает зависимую переменную, которая является одной из переменных, проверяемых на причинность. Регрессорами выступают лаги этих двух переменных.

Суть нулевой гипотезы для каждой регрессии заключается в том, что при лагах второй переменной коэффициенты одновременно равны нулю.

Данные гипотезы проверяются на основе использования F-теста [1] или LM-теста [1]. Важным моментом является зависимость результатов теста от количества использованных лагов в регрессиях (табл. 2). Каждый столбец в табл. 2 соответствует уравнению в VAR-модели.

В табл. 2 приведены оценки коэффициентов модели со стандартными ошибками в [9] и t – статистиками в [1] (критическое значение t -статистики можно узнать по таблице распределения Стьюдента, для данного примера оно равно 2), а также стандартные МНК-статистики, характеризующие качество каждого уравнения системы.

В последних строках табл. 2 представлены следующие статистические показатели, характеризующие оцененную модель векторной авторегрессии. *Determinant Resid Covariance (dof adj.)* — определитель ковариационной матрицы случайных ошибок модели (степени свободы скорректированы). *Log Likelihood* — значения логарифмической функции максимального правдоподобия, которые вычисляются в предположении, что случайные ошибки модели подчиняются многомерному закону нормального распределения. *Akaike Information Criteria* и *Schwarz Criteria* (информационные критерии Акаике и Шварца) можно использовать для выбора модели, например, для определения длины лагирования в VAR-модели. Здесь предпочтительнее модели с меньшими значениями информационного критерия.

После этого определяется функция импульсного отклика, где импульс — это однократное возмущение, которое придается одному из параметров.

Функция импульсного отклика описывает реакцию динамического ряда в ответ на некоторые внешние шоки. Под шоком понимается одномоментное изменение экзогенных

Таблица 2

Результаты оценивания коэффициентов в VAR-модели

Временной лаг	Своевременность производства работ (D_UNEMP)	Стоимость продукции (D_GDP)
D_UNEMP(-1)	0,385557	-0,076667
	(0,13870)	(0,60578)
	[2,77979]	[-0,12656]
D_UNEMP(-2)	-0,327325	0,044715
	(0,15795)	(0,68985)
	[-2,07237]	[0,06482]
D_UNEMP(-3)	0,151713	1,610709
	(0,16505)	(0,72087)
	[0,91920]	[2,23441]
D_UNEMP(-4)	0,493840	-0,979542
	(0,17874)	(0,78068)
	[2,76282]	[-1,25472]
D_UNEMP(-5)	-0,1445946	-0,264419
	(0,11923)	(0,52073)
	[-1,21278]	[-0,50779]
Determinant resid covariance (dof adj.)		35829847
Determinant resid covariance		21289523
Log likelihood		-541,1875
Akaike information criterion		23,46615
Schwarz criterion		24,32378

переменных, равное их одному стандартному отклонению колебаний за весь наблюдаемый период.

Функции импульсного отклика характеризуют время возвращения эндогенной переменной на равновесную траекторию при единичном шоке экзогенной переменной. Для расчета использовался программный комплекс EViews [6]. Чтобы получить функцию отклика на импульсы, на панели инструментов VAR-объекта была выбрана опция View/Impulse Response (рис. 1-3).

По полученным графикам видно, что при подаче импульса на своевременность производства работ, она вернется на равновесную траекторию через 4 квартала; при подаче импульса на стоимость продукции, своевременность производства работ вернется на равновесную траекторию через 10 кварталов [7, 8].

При подаче импульса на своевременность производства работ, стоимость продукции вернется на равновесную траекторию через 3 квартала, а при подаче импульса на стоимость продукции, она вернется к равновесной траектории через 7 кварталов.

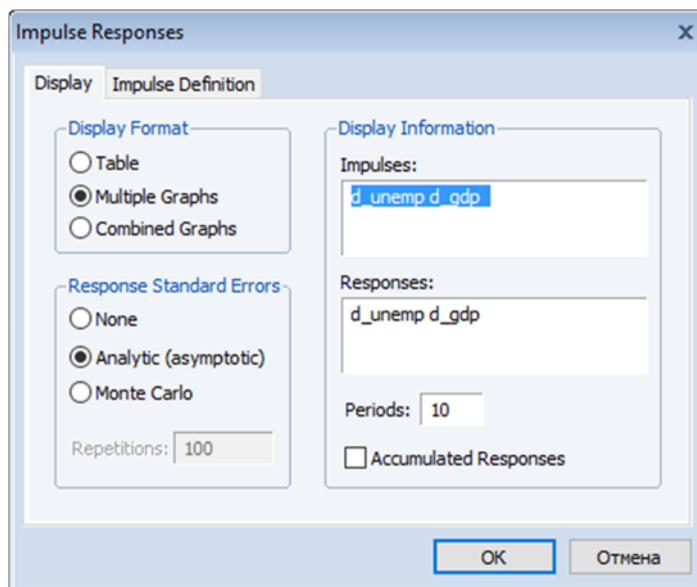


Рис. 1. Вкладка Display диалогового окна функции отклика

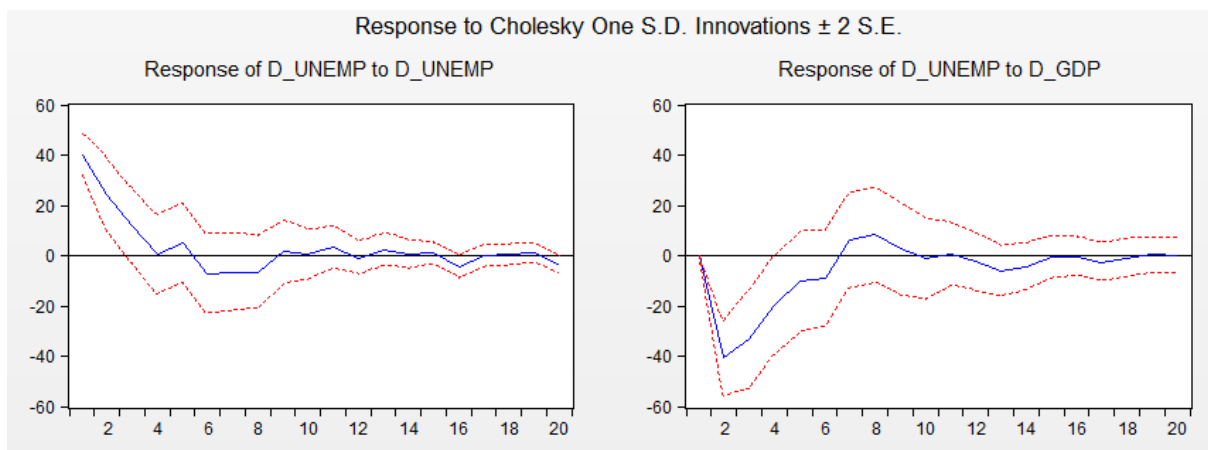


Рис. 2. Графики откликов своевременности производства работ

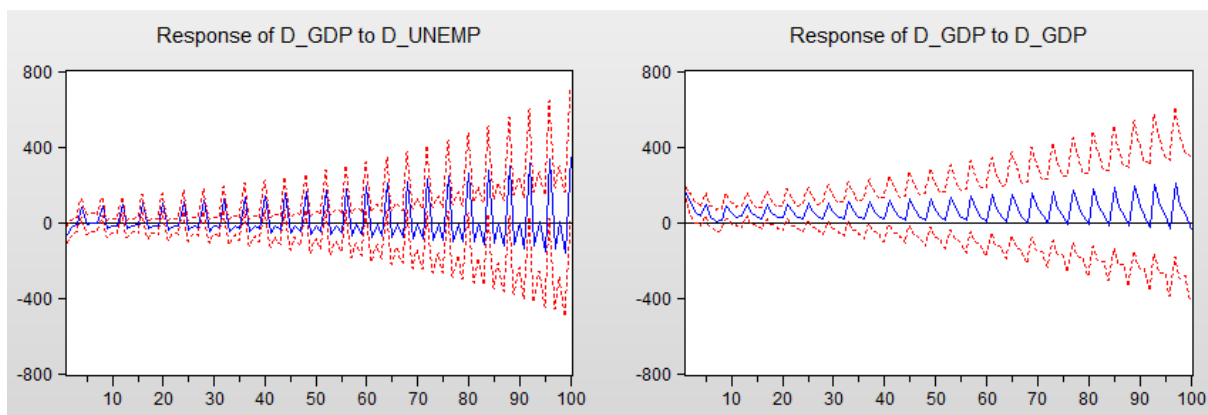


Рис. 3. Графики откликов стоимости продукции

Заключение

В результате проведенного исследования были проанализированы существующие экономико-математические модели: корреляционно-регрессионный анализ, производственные функции, системы эконометрических уравнений; их общий вид, формулы расчета, выявлены их сильные и слабые стороны. Было выявлено, что в настоящее время используются, как правило, динамические системы уравнений (учитывающие временной фактор), но все же наиболее точные и корректные результаты позволяет получить векторная модель авторегрессии, представляющая собой систему уравнений, в которой каждая переменная (компонента многомерного временного ряда) представлена линейной комбинацией всех переменных в предыдущие моменты времени.

Таким образом, была разработана VAR-модель авторегрессии показателей производственной деятельности строительного предприятия. В основе данной модели лежат взаимосвязанные основополагающие показателя конкурентоспособности (своевременность выполнения работ и стоимость продукции), объединенных в систему эконометрических уравнений. При этом стоимость продукции зависит от своевременности выполнения работ.

В качестве основы для построения VAR-модели авторегрессии показателей производственной деятельности строительного предприятия авторы использовали систему из трех взаимосвязанных уравнений. Помимо этого, были получены также результаты оценивания коэффициентов в VAR-модели. Рассчитанные значения коэффициентов проанализированы с помощью теста Гранджера на причинность, основанном на анализе причинно-следственной связи между временными рядами. С помощью программного комплекса EViews была определена функция импульсного отклика, описывающая реакцию динамического ряда в ответ на некоторые внешние шоки. На основе данной функции были построены графики откликов основных результирующих показателей деятельности строительного предприятия. Выдвинутые в статье гипотезы проверены на основе использования F-теста и LM-теста.

Резюмируя данное исследование, необходимо отметить, что были получены оптимальные показатели производственной деятельности, которые позволяют строительным предприятиям определить для себя наиболее перспективные направления развития, выявить свои сильные и слабые стороны, способствуют разработке и принятию обоснованных стратегически правильных управленческих решений, что в конечном итоге ведет к повышению конкурентоспособности. Направление дальнейших исследований лежит в области уточнения и конкретизации полученных графиков и значений показателей деятельности строительных предприятий. Одним из методов решения данной задачи является применение фильтра Калмана — последовательного рекурсивного алгоритма, использующего выбранную динамическую экономико-математическую модель системы для получения оценки, существенно скорректированной на основе анализа каждой последующей выборки измерений в течение времени. Данный алгоритм применяется для управления многими сложными динамическими системами (непрерывные производственные процессы, самолеты, корабли и космические аппараты). Управление динамической системой требует, прежде всего, знать её фазовое состояние в каждый момент времени. Но измерение всех управляемых переменных не всегда представляется возможным, и в этих случаях с фильтр Калмана позволяет восстановить недостающую информацию на основе имеющихся неточных (зашумленных) измерений.

Литература

1. Банников В.А. Векторные модели авторегрессии и коррекции регрессионных остатков (Eviews) // Прикладная эконометрика. 2006. № 3. С. 96–129.
2. Гельруд Я.Д., Логиновский О.В. Информационно-аналитическая система управления проектами на базе использования комплекса математических моделей функционирования стейкхолдеров // Вестник ЮУрГУ. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. 2015. Т. 15, № 3. С. 133–141. DOI: 10.14529/ctcr150316
3. Гусев Е.В., Угрюмов Е.А., Шепелев И.Г. Организационно-экономические основы конкурентоспособности строительных предприятий // Вестник ЮУрГУ. Серия: Экономика и менеджмент. 2013. Т. 7, № 1. С. 107–110.
4. Климов Г.П. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: МГУ, 2011. 368 с.
5. Литвак Б.Г. Экспертная информация: методы получения и анализа. М.: Радио и связь, 2008. 184 с.
6. Канторович Г.Г. Анализ временных рядов. // Экономический журнал Высшей школы экономики. 2003. Т. 7, № 1. С. 79–103.
7. Ахтулов А.Л., Ахтулова Л.Н., Леонова А.В., Овсянников А.В. Экономико-математическая модель принятия решений управления ресурсами организации // Омский научный вестник. 2015. № 1(135). С. 168–172.
8. Туктамышева Л.М. Подход к математическому моделированию многомерных временных рядов // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: материалы Всерос. науч.-метод. конф., 29–31 янв. 2014 г., Оренбург. ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный университет». Оренбург, 2014. С. 126–131.
9. Hamilton J.D. Time series analysis. Library of Congress-In-Publication Data. Princeton University Press, New Jersey, 1994. 154 p.
10. Ugryumov E.A., Shindina T.A. Intellectual Data Analysis of Production Profitability Influence on the Competitiveness of Construction Enterprises // Journal of Applied Economic Sciences. 2016. Vol. 11, No. 8(46). P. 112–118.

Гельруд Яков Давидович, д.т.н., профессор, кафедра информационно-аналитического обеспечения управления в социально-экономических системах, Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет) (Челябинск, Российская Федерация)

Угрюмов Евгений Александрович, старший преподаватель, кафедра экономики и управления на предприятиях строительства и землеустройства, Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет) (Челябинск, Российская Федерация)

Рыбак Вадим Львович, студент 4 курса, Финансовый университет при Правительстве РФ (Москва, Российская Федерация)

VECTOR MODEL OF AUTOREGRESSION OF INDICATORS OF INDUSTRIAL ACTIVITY OF A CONSTRUCTION ENTERPRISE

© 2018 Y.D. Gelrud¹, Y.A. Ugryumov¹, V.L. Rybak²

¹South Ural State University (pr. Lenina 76, Chelyabinsk, 454080 Russia),

²Financial University under the Government of the Russian Federation
(pr. Leningradsky 49, Moscow, 125993 Russia)

E-mail: gelrud@mail.ru, eugene74@mail.ru, rybak1323@mail.ru

Received: 16.05.2018

The article analyzes the existing economic-mathematical models: correlation-regression analysis, production functions, systems of econometric equations; their general form, calculation formulas are shown, their strengths and weaknesses are revealed, a vector model of autoregression of the main indices of the production activity of the construction enterprise is proposed (labor productivity, product profitability, mechanical strength (technical level of construction machines and equipment), relative strength of the management team, timeliness of implementation works, discreteness of resource use, product cost, product quality) on the basis of the VAR model construction. As a basis for constructing a VAR-model of autoregressive indicators of the production activity of a construction enterprise, the authors suggest using a system of three interrelated equations. The advantages and disadvantages of the vector model of autoregression are presented, as well as the results of estimating the coefficients in the VAR model. The resulting values of the coefficients were analyzed using Granger's causality test, based on the analysis of the cause-effect relationship between time series. The article defines the impulse response function that describes the response of a dynamic series in response to some external shocks. The graphs of the responses of the main resultant indicators of the activity of the construction enterprise are constructed. The hypotheses put forward in the article are checked based on the use of the F-test and the LM-test. The authors analyze in detail the results of calculations and convincingly prove the relevance of the methodology proposed in the article.

Keywords: economic-mathematical model, vector autoregression, VAR-model, management, system, econometrics, production function.

FOR CITATION

Gelrud Y.D., Ugryumov Y.A., Rybak V.L. Vector Model of Autoregressive Indicators of Industrial Activity of a Construction Enterprise. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Computational Mathematics and Software Engineering*. 2018. vol. 7, no. 3. pp. 19–30. (in Russian) DOI: 10.14529/cmse180302.

This paper is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-Non Commercial 3.0. License which permits non-commercial use, reproduction and distribution of the work without further permission provided the original work is properly cited.

References

1. Bannikov V.A. Vector Models of Autoregressive and Correction of Regression Residues (Eviews). *Prikladnaya ekonomika* [Applied Econometrics]. 2006. no. 3. pp. 96–129. (in Russian)
2. Gelrud Y.D. Loginovskiy O.V. The Information Analytical System of Project Management Based on the Use of Complex Mathematical Models of the Functioning of the Stakeholders. *Vestnik Yuzho-Uralskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Kompyuternye tekhnologii, upravlenie, radioelektronika* [Bulletin of the South Ural

- State University. Ser. Computer Technologies, Automatic Control, Radio Electronics]. 2015, vol. 15, no. 3, pp. 133–141. (in Russian) DOI: 10.14529/ctcr150316
3. Gusev E.V., Ugryumov E.A., Shepelev I.G. Organizational and Economic Bases of Competitiveness of Construction Enterprises. *Vestnik Yuzho-Uralskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ekonomika i menedzhment* [Bulletin of the South Ural State University. Economy and Management series]. 2013. vol. 7, no. 1. pp. 107–110. (in Russian)
 4. Klimov G.P. *Teoriya veroyatnostey i matematicheskaya statistika*. [Theory of Probability and Mathematical Statistics]. Moscow, MSU, 2011. 368 p.
 5. Litvak B.G. *Ekspertnaya informatsiya: metody polucheniya i analiza*. [Expert Information: Methods of Receiving and Analysis]. Moscow, Radio and communication, 2008. 184 p.
 6. Kantorovich G.G. Analysis of time series. *Ehkonomicheskij zhurnal Vysshej shkoly ehkonomiki* [The Economic Journal of the Higher School of Economics]. 2003. vol. 7, no. 1. pp. 79–103. (in Russian)
 7. Akhtulov A.L., Akhtulova L.N., Leonova A.V., Ovsyannikov A.V. Economic-mathematical model of decision-making in resource management of organizations. *Omskij nauchnyj vestnik* [Omsk Scientific Bulletin]. 2015. no. 1(135). pp. 168–172. (in Russian)
 8. Tuktamysheva L.M. Approach to Mathematical Modeling of Multidimensional Time Series. *Universitetskij kompleks kak regionalnyj centr obrazovaniya nauki i kultury: materialy Vseros nauch.-metod konf. 29–31 yanv 2014, g. Orenburg* [University Complex as a Regional Center of Education, Science and Culture: Materials All-Russ. scientific-method. Conf., January 2–31. 2014, Orenburg]. FGBOU HPE "Orenburg State University". Orenburg, 2014. pp. 126–131. (in Russian)
 9. James D. Hamilton. *Time Series Analysis*. Library of Congress-In-Publication Data. Princeton University Press, New Jersey, 1994. 154 p.
 10. Ugryumov E.A., Shindina T.A. Intellectual Data Analysis of Production Profitability Influence on the Competitiveness of Construction Enterprises. *Journal of Applied Economic Sciences*. 2016. vol. 11, no. 8(46). pp. 112–118.