

УДК 656:519.862.658.51

Л.В. Москалюк, В.И. Давыдова

**К ВОПРОСУ О ПРОГНОЗИРОВАНИИ  
ЗНАЧЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ТРАНСПОРТНЫХ  
ПРЕДПРИЯТИЙ В УСЛОВИЯХ НЕЛИНЕЙНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

*В статье рассмотрены факторы и условия, влияющие на точность и надежность эконометрических прогнозов, методы и приемы, повышающие эти качества прогноза для транспортных предприятий, исходные данные которых могут содержать скачки.*

**Ключевые слова:** нелинейное моделирование, надежность и точность модели, прогнозирование значений результирующего показателя, сглаживание временных рядов, функция Кобба-Дугласа.

*У статті розглянуто фактори та умови, які впливають на точність та надійність економічних прогнозів, методи та засоби, які підвищують якість прогнозів для транспортних підприємств, якщо дані, які досліджуються, можуть включати скачки.*

**Ключові слова:** нелінійне програмування, надійність та точність моделі, прогнозування значень результуючого показника, згладжування тимчасових рядів, функція Кобба-Дугласа.

*The article describes the factors and conditions that affect the accuracy and reliability of econometric forecasts, methods and techniques that improve the quality of these forecasts for the transport industry, the raw data which may contain jumps.*

*In analyzing the results of the linear model may be indicative of its inadequacy. In this case, you should go to a non-linear estima-*

© Москалюк Л.В., Давыдова В.И., 2012

*tion is used depending on the selected index factor in the elimination of pre-periodic oscillations of the levels of the original time-series data. In order to obtain a reliable prediction of the need to select the best of several non-linear models. Will be useful and interesting comparison of the actual values in the future with the values projected figure calculated by the selected model.*

*By the authors investigated data of the two companies for different time intervals: Enterprise A – 5 years for which were collected quarterly and company B for 2 years, for which monthly data were considered.*

*Companies have different forms of ownership: state - enterprise in and prepared for privatization, enterprise A.*

*In the analysis of raw data, it was noted that the behavior of indicators such as wage rates and the cost is different for each company. And in the company flat rate is subject to cyclical fluctuations, the company in the tariff rate has pronounced oscillations. In connection with the property of the data on wage rates and costs for a company before you build the model were previously smoothed by moving average, calculated indices seasonality. Periodic component was excluded from the original data means dividing by the seasonal index. According to revised data thus obtained a number of dynamics, ie the regression models of the time factor in order to build forecasts for future periods. All calculations, building regression models were performed using PPP EXCEL.*

**Keywords:** nonlinear modeling, accuracy and reliability of prediction, smoothing time series, Kobba-Douglas' function.

**Постановка проблеми.** При проведенні аналізу лінійної моделі отримані результати можуть свідечувати про її неадекватності. В цьому випадку слід перейти до нелінійної оцінюванню залежності використовуваного показателя від вибраних факторів, забезпечив попереднє усунення періодичних коливань з рівнів рядів динаміки вихідних даних. С метою отримання надійного прогнозу необхідно вибрати з декількох нелінійних моделей найкращу. По-

лезным и интересным будет сравнение полученных в дальнейшем фактических значений со значениями прогнозируемого показателя, рассчитанным по отобранной модели.

**Обзор последних исследований и публикаций.** Прогнозирование, осуществляемое на основе моделей кривых роста базируется на экстраполяции. При этом предполагается, что во временном ряде присутствует тренд, характер динамики значений показателя обладает свойствами инерционности, сложившаяся тенденция не должна претерпевать существенных изменений. Эти вопросы рассмотрены в работах [1-6]. Если кривые описывают процессы, имеющие предел роста или точки перегиба, то применяется нелинейная регрессия [4].

В практике предприятиями транспорта вышеперечисленные предпосылки не всегда могут быть соблюдены в силу специфики этого вида деятельности.

Зависимость таких показателей как прибыль от таких факторов, как доходная ставка в условиях «пульсирующих» значений некоторых факторов не может не сказаться на качестве подобранной модели. Эти модели в литературе пока не отражены в должной мере, поэтому и стали объектом данного исследования.

**Задача исследования.** Целью данной статьи является исследование зависимости качества прогноза, выполненного с помощью эконометрической модели от качества этой модели, а также оценка влияния специфики исходных данных на исследуемые зависимости.

**Основной материал исследования.** В прогнозной информации нуждаются все субъекты экономической деятельности. Для планирования работы транспортных предприятий эта информация порой играет важнейшую роль в связи со спецификой этого вида деятельности – многочисленные связи с другими производствами, логистические проблемы, отсутствие общепринятых технологий анализа результатов прогноза.

При изучении этой проблемы следует определить факторы и условия, влияющие на точность и надежность прогнозов,

методы и приемы повышения их качества с позиций разработчиков и потребителей прогнозной информации. Под точностью прогноза подразумевается количественная характеристика – ошибка или расхождение между прогнозируемыми значениями и фактическими значениями показателя. Добиваясь большей точности прогноза придется собирать и обрабатывать все большее количество данных, тестировать все большее количество гипотез.

Чтобы избежать возрастающей размерности и, вместе с тем, не потерять требуемых качеств, иногда прибегают к помощи экспертных оценок. Возможно, результативней будет применение различного типа моделей.

Успешным следует считать прогноз, «угадывающий» смену тенденции (т.е. точки перелома, если они есть) и другие качественные характеристики динамических систем.

Особое внимание следует обратить на, так называемый знак корректировки, а именно, если направления изменения прогнозируемых и фактических значений совпадают, а различия между ними находятся в допустимых границах, то прогноз может считаться надежным. Если же эти направления противоположны, прогноз не может считаться качественным. Такое явление свидетельствует о том, что в модель не введен фактор (или факторы), существенно влияющие на оцениваемый показатель. Обычно выявление такого фактора и включение его в модель приводит к сокращению ошибок до приемлемого уровня, т.е. в 1-2 %.

Следующей причиной, влияющей на точность и надежность прогнозов, является качество исходных данных. Использование скользящих средних позволяет провести, так называемую, фильтрацию компонент уровней временного ряда с целью выявления тенденции, сглаживая не только случайные, но и периодические – циклические, сезонные колебания. При этом метод простой скользящей средней применяется в случаях, когда диаграмма рассеивания временного ряда располагается вблизи прямой, а имеющимися изгибами можно пренебречь. Если же

требуется учесть и значения исследуемого фактора  $y_t$ , существенно отклоняющегося от прямой, то следует использовать взвешенные скользящие средние.

При построении моделей с целью прогнозирования для описания динамики используются функции, описывающие процессы с монотонным характером тенденции развития и отсутствием пределов роста, функции, описывающие процессы с ограничением роста в рассматриваемом периоде, в том числе, отражающие процессы с ускорением и замедлением развития. Для процессов первого типа часто используются полиномы различных степеней, для процессов второго типа предпочтительней оказывается экспоненциальная форма функции, также одной из наиболее применяемых в эконометрических исследованиях по-прежнему остается функция Кобба-Дугласа. Оценки параметров таких моделей определяются методом наименьших квадратов. Качество полученной модели определяется степенью адекватности реальному процессу. Проверку адекватности модели проводят на базе анализа отклонений  $\varepsilon_t$  фактических значений  $y_t$  от теоретических (расчетных) значений  $\hat{y}_t$ :  $\varepsilon_t = y_t - \hat{y}_t$

Как сказано выше, модель строится по данным, «очищенным» от периодических колебаний а, значит, остатки  $\varepsilon_t$  могут содержать только тренд, случайную компоненту и должны подчиняться следующим требованиям:

- 1) остатки должны быть случайными и независимыми между собой;
- 2) остатки должны быть распределены по нормальному закону с математическим ожиданием, равным нулю.

Проверить выполнение указанных требований можно с помощью критерия Дарбина-Уотсона.

Одним из наиболее перспективных направлений исследования и прогнозирования одномерных временных рядов считается применение адаптивных методов. Адаптация осуществ-

ляется итеративно с получением каждой новой фактической точки ряда. Модель реагирует на новую информацию, приспосабливаясь к ней, отражая, таким образом, тенденцию развития.

Указанный метод требует отдельного рассмотрения.

Авторами статьи были исследованы данные деятельности двух предприятий за различные временные промежутки: предприятие А – за 5 лет, для которого были взяты поквартально и предприятие В – за 2 года, для которого рассматривались ежемесячные данные.

Предприятия имеют различные формы собственности: государственную – предприятие В и подготовленную к приватизации – предприятие А.

При анализе исходных данных было отмечено, что характер изменения таких показателей как тарифная ставка и затраты различен для каждого предприятия. На предприятии А тарифная ставка подвержена циклическим колебаниям, на предприятии В тарифная ставка не имеет резко выраженных колебаний. В связи с отмеченным свойством данные по тарифной ставке и затратам для предприятия А перед построением модели были предварительно сглажены методом скользящей средней, рассчитаны индексы сезонности. Периодическая компонента была исключена из исходных данных способом деления их на индекс сезонности. По переработанным таким образом данным был получен ряд динамики, т.е. строилась регрессионная модель от фактора времени с целью построения прогнозов на будущие периоды. Все расчеты, построения регрессионных моделей осуществлялись с помощью ППП EXCEL, встроенных функций ЛИНЕЙН, ЛГРФПРИБЛ, коэффициенты искомых функций также определялись с помощью надстройки «Поиск решения».

В прогнозные значения следовало включить периодическую составляющую, что обеспечивается умножением прогнозных значений на соответствующий индекс сезонности.

Результаты данных преобразований приведены в табл. 1-2 и рис. 1-2.

Таблиця 1

Исключение периодической составляющей  
для тарифной ставки (предприятие А)

Средняя тарифная ставка (d)	Скользящая средняя (d~)	d/d~	Индекс сезонности (IS)	Средняя тарифная ставка (d) (без период. сост.)	Теоретическое значение тар. ставки (d^)	Прогнозное значение тар. ставки (d^)(с период. сост.)
13,5			1,24	10,92	13,6	
16,2			0,86	18,74	14,1	
16,1	14,99	1,07	0,94	17,08	14,6	
13,6	14,39	0,94	0,95	14,24	15,2	
14,7	13,27	1,11	1,24	11,89	15,7	
10,2	13,53	0,75	0,86	11,76	16,2	
13,1	14,47	0,91	0,94	13,93	16,8	
18,6	15,79	1,18	0,95	19,49	17,3	
17,3	17,24	1,00	1,24	13,94	17,9	
18,2	18,19	1,00	0,86	21,06	18,4	
16,7	20,63	0,81	0,94	17,76	18,9	
22,6	22,76	0,99	0,95	23,63	19,5	
32,9	23,61	1,39	1,24	26,52	20,0	
19,6	23,45	0,84	0,86	22,71	20,5	
22,1	22,62	0,98	0,94	23,46	21,1	
15,9	22,62	0,70	0,95	16,68	21,6	
32,9	22,62	1,45	1,24	26,52	22,1	
19,6	22,62	0,87	0,86	22,71	22,7	
22,1			0,94	23,46	23,2	
15,9			0,95	16,68	23,8	
			1,24		24,3	30,10
0,5369	13,0218		0,86		24,8	21,44
0,1503	1,8008		0,94		25,4	23,88
0,4147	3,8767		0,95		25,9	24,74
12,7555	18					
191,6969	270,5144					

Таблиця 2

Исключение периодической составляющей для затрат

Затраты (S)	Скользящая средняя (S~)	S/S~	Индекс сезонности (IS)	S/IS	Теоретическое значение затрат (S^)(показат.)	Прогнозное значение затрат (S^)(с сез. сост.)	Теоретическое значение затрат (S^)(степен.)
504			0,99	507,22	673,8		564,23
618			1,11	554,71	688,5		647,68
470,4	626,16	0,75	0,80	586,27	703,5		702,11
761,6	756,85	1,01	1,09	701,83	718,9		743,47
805,3	888,65	0,91	0,99	810,45	734,7		777,23
1362,2	967,40	1,41	1,11	1222,70	750,7		805,95
780,6	1029,21	0,76	0,80	972,89	767,1		831,06
1081,4	984,73	1,10	1,09	996,53	783,9		853,44
980	927,15	1,06	0,99	986,27	801,0		873,68
831,6	916,71	0,91	1,11	746,44	818,6		892,19
850,6	862,05	0,99	0,80	1060,13	836,5		909,27
927,9	804,76	1,15	1,09	855,07	854,8		925,15
696,2	744,41	0,94	0,99	700,65	873,5		940,01
657,1	709,64	0,93	1,11	589,81	892,6		953,97
542,3	760,58	0,71	0,80	675,89	912,1		967,16
958	884,40	1,08	1,09	882,81	932,0		979,66
1073,6	997,64	1,08	0,99	1080,46	952,4		991,55
1270,3	1045,40	1,22	1,11	1140,21	973,2		1002,89
835			0,80	1040,69	994,5		1013,74
1047,4			1,09	965,19	1016,3		1024,14

Продолжение табл. 2

Коэффициенты для степенной функции		0,99		1038,5	1031,88	1034,14
16,4122	681,483		1,11	1061,2	1182,25	1043,75
7,51308	90,0004		0,80	1084,4	870,06	1053,03
0,20955	193,744		1,09	1108,1	1202,48	1061,98
4,77197	18					
179124,806	675664,1					
Коэффициенты для показательной функции						
1,02187	659,337					
0,00909	0,1089					
0,23927	0,2344					
5,66154	18					
0,31118	0,9894					
-0,59	16002					

Результаты построения производственных функций и данные, используемые для дальнейшего анализа полученных результатов, приведены в табл. 3.

Для выбора наиболее подходящей функции был произведен анализ остатков всех полученных моделей, все остатки были проверены на наличие автокорреляции по критерию Дарбина-Уотсона. Результаты расчетов приведены в табл. 4.

Исходя из анализа остатков, можно сделать вывод, что они удовлетворяют всем необходимым требованиям, о которых упоминалось выше. Согласно критерию Дарбина-Уотсона в остатках не наблюдается автокорреляции, из рассмотренных наиболее предпочтительной является функция типа функции Кобба-Дугласа.

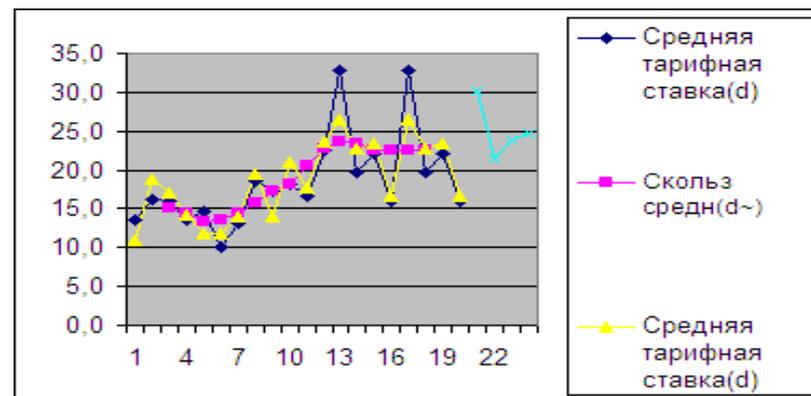


Рис. 1. Результаты сглаживания и построения тренда для тарифной ставки

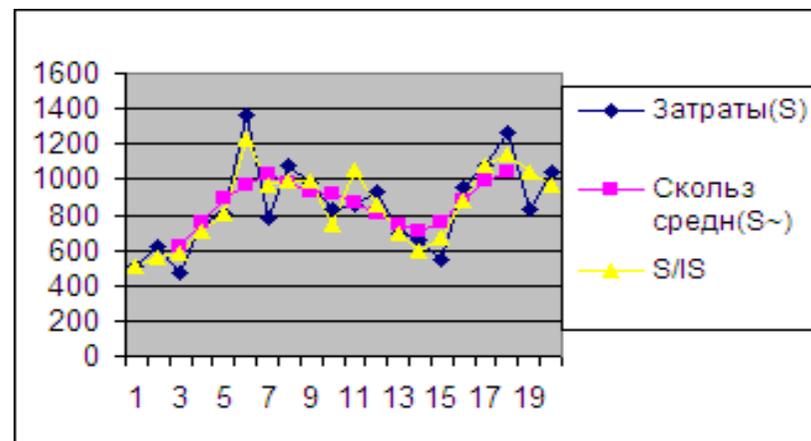


Рис. 2. Результаты сглаживания и построения тренда для затрат



Таблиця 5

Прогнозные значения производственной функции  
(предприятие А)

Прогноз		Прибыль (фактические значения)	Отклоне- ния (факт- прогноз)	Относи- тельная ошибка аппрок- симации
без перио- дич. составля- ющей	с перио- дич. составля- ющей			
3764,70923	4915,465	4835,4	-80,0654	0,016288
4678,47542	4873,681	5069,3	195,6186	0,040138
7229,49686	9492,48	8946,5	-545,98	0,057517
5474,74793	3836,662	3943,7	107,038	0,027899

В результате средняя относительная ошибка аппроксимации прогноза составляет 3,54 %.

Для предприятия В были проведены аналогичные расчеты и построения, которые приведены соответственно в табл. 6-10, рис. 4-6.

Анализ остатков построенных моделей свидетельствует о том, что в этом случае более подходящей является линейная 3-факторная функция. Согласно критерию Дарбина-Уотсона ее остатки не содержат фактически автокорреляции, т.е. удовлетворяют требованиям, предъявляемых к моделям в подобных случаях. Хотя визуальный анализ графиков позволяет сделать вывод о том, что в прогнозируемых периодах для этой функции наблюдается тенденция к значительному нежелательному отклонению. Поэтому прогноз следует выполнить по двум моделям и сравнить полученные результаты.

Средняя ошибка аппроксимации составляет 3,6 %.

Таблиця 6

Исключение периодической составляющей  
для тарифной ставки (предприятие В)

Средняя тарифная ставка (d)	Скольз. средн. (d~)	d/d~	Индекс сезонности (IS)	Средняя тарифная ставка(d) (без перио- д.сост.)	Теоретич. значение тар.став- ки (d^)	Прогноз. значение тар. став- ки (d^) (с период. сост.)
7,23			1,02	7,11	6,688	
7,19			1,01	7,15	6,789	
7,23	7,22	1,002	0,97	7,42	6,890	
7,22	7,23	0,999	1,00	7,23	6,991	
7,24	7,23	1,002	1,02	7,11	7,092	
7,23	7,23	1,001	1,01	7,19	7,192	
7,21	7,22	0,998	0,97	7,40	7,293	
7,22	7,22	1,000	1,00	7,23	7,394	
7,22	7,22	1,001	1,02	7,10	7,495	
7,21	7,21	0,999	1,01	7,17	7,596	
7,21	7,24	0,996	0,97	7,40	7,696	
7,21	7,30	0,988	1,00	7,22	7,797	
7,42	7,37	1,007	1,02	7,29	7,898	
7,5	7,56	0,992	1,01	7,45	7,999	
7,49	7,90	0,948	0,97	7,69	8,100	
8,47	8,25	1,027	1,00	8,49	8,200	
8,87	8,46	1,049	1,02	8,72	8,301	
8,8	8,49	1,037	1,01	8,75	8,402	
7,88	8,49	0,928	0,97	8,09	8,503	
8,33	8,54	0,975	1,00	8,35	8,604	
9,01	8,75	1,030	1,02	8,85	8,704	
9,08	9,06	1,002	1,01	9,02	8,805	
9,28			0,97	9,52	8,906	
9,39			1,00	9,41	9,007	
			1,02		9,108	9,27
0,10080	6,58759		1,01		9,209	9,27
0,01176	0,16804		0,97		9,309	9,07
0,76956	0,39881		1,00		9,410	9,39
73,47081	22					
11,68578	3,49917					



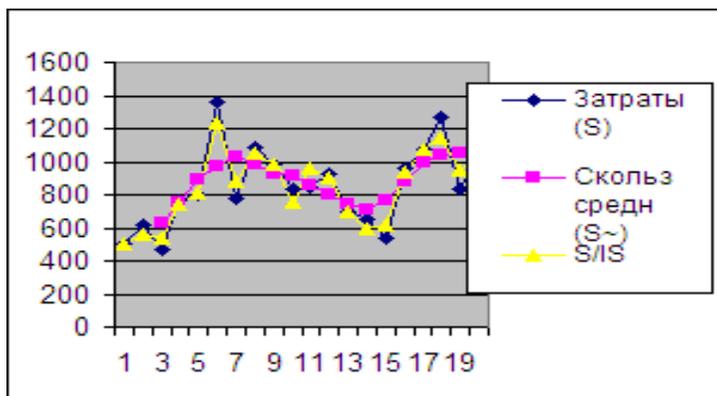


Рис. 5. Результаты исключения циклической компоненты, сглаживания по методу скользящей средней для затрат (предприятие В)

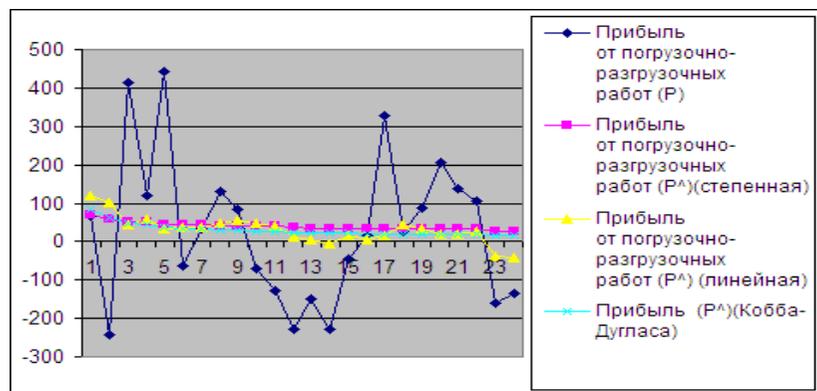


Рис. 6. Графики для исходных данных прибыли, результаты построения нелинейных моделей для предприятия В

Таблица 8

Построение нелинейных моделей производственных функций (предприятие В)

Количество работающих (L)	Средняя тарифная ставка (d*) без сезонной составляющей	теоретическое значение затрат (S*)	Прибыль от ПРР(P)	Прибыль от ПРР (P^A) (степенная)	Прибыль от ПРР (P^A) (линейная)	Прибыль (P^A) (Кобба-Дугласа)	$\epsilon_i$ (степенная)	$\epsilon_i$ (линейная)	$\epsilon_i$ (Кобба-Дугласа)
220	6,69	580,00	65,3	67,79	121,49	84,8	-2,49	-56,19	-19,50
211	6,79	655,12	-243,2	59,64	100,91	62,3	-302,84	-344,11	-305,48
201	6,89	703,49	412,5	51,39	44,21	48,7	361,11	368,29	363,80
199	6,99	739,97	119	49,83	58,59	43,7	69,17	60,41	75,30
194	7,09	769,55	442,8	46,09	35,37	38,3	396,71	407,4	404,50
192	7,19	794,61	-62,3	44,65	38,73	35,4	-106,95	-101,0	-97,67
190	7,29	816,42	35,1	43,24	38,97	32,9	-8,14	-3,87	2,18
189	7,39	835,80	131,7	42,55	47,18	31,3	89,15	84,52	100,44
188	7,49	853,28	84,4	41,86	53,56	29,8	42,54	30,84	54,60
186	7,60	869,22	-71,8	40,31	48,13	28,1	-112,31	-119,93	-99,90
184	7,70	883,90	-129,1	39,19	41,49	26,6	-168,29	-170,59	-155,67
180	7,80	897,52	-228	36,63	13,18	24,4	-264,63	-241,2	-252,42
178	7,90	910,23	-151,1	35,40	4,63	23,2	-186,50	-155,7	-174,26
176	8,00	922,16	-228,2	34,19	-4,67	22,0	-262,39	-223,5	-250,20



**Выводы.** В результате проведенных расчетов, сравнительного анализа и проведенных исследований можно сказать, что для выполнения прогнозов на будущие периоды более качественные результаты можно получить, предварительно исключая из исходных данных циклические или сезонные компоненты, причем, более адекватные результаты дают нелинейные модели, в частности функции типа функции Кобба-Дугласа. В некоторых случаях следует накладывать ограничения на коэффициенты производственной функции, исходя из экономического содержания включаемых в модель факторов.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Дуброва Т.А. *Статистические методы прогнозирования* / Т.А. Дуброва. УПП, МЭСП. – М., 2004. – 136 с.
2. *Экономико-математические методы и прикладные модели* / Под ред. В.В. Федосеева. – М.: Юнити, 1959. – 356 с.
3. Афанасьев В.Н. *Анализ временных рядов и прогнозирование* / В.Н. Афанасьев, М.М. Юзбашев. – М.: Юнити, 1993. – 223 с.
4. Боровиков В.П. *Прогнозирование в системе STATISTICA в среде Windows* / В.П. Боровиков, Г.И. Шевченко. – М.: Финансы и статистика, 1999. – 380 с.
5. Лугачев М.И. *Методы социального прогнозирования* / М.И. Лугачев, Ю.П. Ляпунов. – М.: Экономический факультет МГУ, ТЭИС, 1999. – 224 с.

6. Москалюк Л.В. *Некоторые аспекты интервального оценивания прогнозируемых показателей работы транспортных предприятий* / Л.В. Москалюк, В.И. Давыдова // *Розвиток методів управління і господарювання на транспорті: Зб.наук. праць.* – Вип. 36. – Одесса: ОНМУ, 2012. – С. 131-147.

*Стаття надійшла до редакції 03.10.2012*

**Рецензент** – доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри «Економічна теорія і кібернетика» Одеського національного морського університету **Г.С. Махуренко.**