

Модели бинарного выбора в оценке банкротства предприятия

А.Г. Гузенко,

канд. техн. наук, доцент, кафедра математики и моделирования, Владивостокский государственный университет экономики и сервиса (690014, Россия, г. Владивосток, ул. Гоголя-41; e-mail: Zavoiko2@bk.ru)

Н.Н. Одяко,

доцент, доцент, кафедра математики и моделирования, Владивостокский государственный университет экономики и сервиса (690014, Россия, г. Владивосток, ул. Гоголя-41; e-mail: odiako@yandex.ru)

Д.А. Вишневецкий,

студент специальности «Математические методы в экономике», Владивостокский государственный университет экономики и сервиса (690014, Россия, г. Владивосток, ул. Гоголя-41; e-mail: dimitriy_1990@mail.ru)

Аннотация. В работе была построена logit-модель вероятности банкротства предприятий Приморского края. Данные двадцати действующих предприятий и девятнадцати предприятий – банкротов были предоставлены Территориальным органом Федеральной службы государственной статистики по Приморскому краю. Предприятия не классифицировались по отраслям. Построенная модель является качественной, о чем говорит низкий показатель p -уровня и удовлетворительный результат анализа остатков.

Abstract. Article describes the development of the Logit model to assess the probability of the bankruptcy for the enterprises in Primorsky region. Information about 20 non-bankrupt and 12 bankrupt enterprises was provided by the Territorial department of the Federal Service of State Statistics of the Primorsky region. Enterprises were not classified by industry. Model developed has low p -values and satisfactory result of the residuals analysis which indicates good model quality.

Ключевые слова: финансовый анализ, вероятность банкротства, logit-модель, probit-модель.

Keywords: financial analysis, the probability of bankruptcy, logit model, probit model.

Проблема прогнозирования возможного банкротства предприятий сегодня чрезвычайно актуальна для нашей страны. Различные методики предсказания банкротства на самом деле предсказывают различные виды кризисов, а не только банкротство. Возможно, поэтому оценки, получаемые при их применении, нередко столь сильно различаются [2].

В работе была построена модель оценки банкротства предприятия на примере предприятий Приморского края.

В зарубежных странах для оценки риска банкротства и кредитоспособности предприятий широко используются факторные модели известных западных экономистов Бивера, Альтмана, Лиса, Таффлера, Тишоу и др. Тестирование различных предприятий по данным моделям показало, что они не в полной мере подходят для оценки риска банкротства отечественных предприятий.

Несмотря на наличие большого количества всевозможных российских методов, и методик, позволяющих прогнозировать наступление банкротства предприятия с той или иной степенью вероятности, в этой области чрезвычайно много проблем [4].

В связи с этим в работе представим новую методику, ориентированную на предприятия Приморского края. Разработанная методика позволит рассчитать вероятность банкротства с учетом специфики данного региона. Для получения более точного результата необходимо строить модель не только для каждого региона, но и в отдельности для каждой отрасли. В этом случае будет учтено больше факторов, влияющих на деятельность компании. В итоге полученный результат максимально будет приближен к действительности.

Для построения модели прогнозирования вероятности банкротства воспользуемся моде-

лями бинарного выбора, а именно logit-моделью.

Логистическая регрессия или **логит-регрессия** (logit model) – это статистическая модель, используемая для предсказания вероятности возникновения интересующего события с помощью логистической функции [3].

Логистическую регрессию относят к моделям бинарного выбора.

Для моделирования вероятности дихотомической зависимой переменной подбирают специальную монотонно возрастающую функцию, которая может принимать значения только от 0 до 1.

В качестве специальной функции в моделях бинарного выбора обычно используют логистическую функцию и функцию стандартного нормального распределения.

Модели бинарного выбора на основе логистической функции называются логистической регрессией или логит-моделью.

С помощью логистической регрессии прогнозируется вероятность отклика для зависимой переменной от включенных в модель независимых переменных. На основе прогнозных значений вероятности можно произвести классификацию всех наблюдений на две группы. Отдельным анализом при построении модели логистической регрессии является **анализ ROC-кривых** (Receiver Operator Characteristic). ROC-анализ позволяет выбрать оптимальное значение порогового значения вероятности для классификации. ROC-кривая – кривая, которая используется для представления результатов бинарной классификации и оценки эффективности классификации.

В прикладном статистическом анализе логистическая регрессия используется для решения двух задач: моделирования взаимосвязи и классификации наблюдений.

Пробит-модель (probit model) – это статистическая модель бинарного выбора, использующая для предсказания вероятности возникновения интересующего события на основе функции стандартного нормального распределения

Модель пробит-регрессии, также как и модель логистической регрессии, относится к моделям бинарного выбора. Поэтому функции и задачи ее построения аналогичны логит-модели. Сферы применения пробит-модели такие же, как и сферы применения логистической регрессии. Результаты моделирования и классификации по модели логистической регрессии и пробит-модели в целом очень похожи.

В основу анализа легли данные, взятые по тридцати девяти предприятиям Приморского края. Девятнадцать – действующие предприятия, девятнадцать – банкроты. На основе бухгалтерского баланса и отчета о прибылях и убытках были рассчитаны коэффициенты, выражающие прямое отношение к показателю банкротства, а также те, которые использовались в известных российских и иностранных моделях. Методом факторного анализа было отобрано 7 факторов (факторов) и одна бинарная зависимая переменная:

X_1 – показатель банкротства (0 – предприятие);
 X_2 – показатель банкротства (1 – действующее предприятие);
 X_3 – нераспределенные прибыли прошлых лет / баланс;

Модель: Логит регрессия
 Число 1: 20,00000 (51,28205%)
 Число 0: 19,00000 (48,71795%)
 Завис. переменная: 8 Незав. переменные: 7
 Функция потерь: Макс. правдоподоб. (Окон. знач.: 9,405939117
 $-2 * \log(\text{Правдоп.})$: для данной модели = 18,81188 только со свобод.
 Хи-квадрат = 35,22796 $cc = 7$ $p = ,0000102$
 Рис. 1. Результат сходимости.

В полученном результате значение χ^2 равно 35,2. Число степеней свободы 7, значение вероятности 0,05. Критическое значение равно 14,07. Значение статистики χ^2 для разницы между текущей моделью и моделью, содержащей лишь свободный член, высоко значимо. Поэтому можно заключить, что отобранные предикторы влияют на показатель банкротства. Значение

было составлена таблица классификации и отношения несогласия с числом наблюдений, которые были правильно и неправильно классифицированы в соответствии с полученной моделью. Данные вычисления приведены в таблице 1.

Полученное значение меньше 0,05, что говорит о значимости модели.
 была составлена таблица классификации и отношения несогласия с числом наблюдений, которые были правильно и неправильно классифицированы в соответствии с полученной моделью. Данные вычисления приведены в таблице 1.

Классификация шансов

Классификация (Таблица 2)		Отношение шансов: 48,167 Процент верных: 87,18%	
Наблюдения	Предказ 1,000000	17	3
Предказ 1,000000	17	3	3
Предказ 0,000000	89,47369	2	17
% Правильных	85,00000		

Нормальная вероятностный график составлен на рисунке 2.
 В нашем случае все точки (остатки) – нормальном вероятностном графике более – менее приближены к прямой линии. Оценки параметров сведены в таблицу 2.

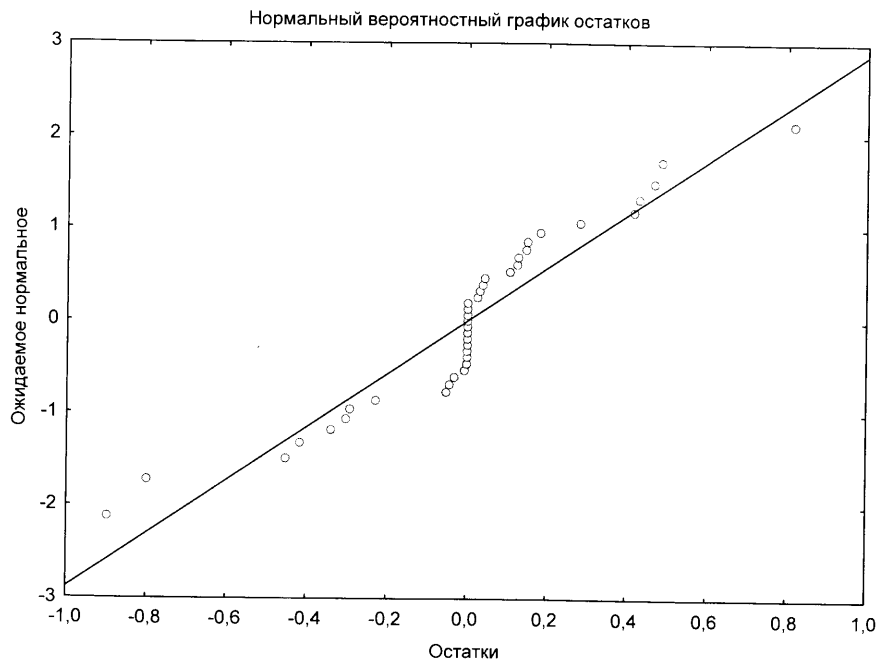


Рис. 2. Нормальный вероятностный график остатков.

Оценка параметров

Таблица 2

Модель: Логистическая регрессия Число 0: 19 1: 20 (Таблица.sta)
 Зав. пер.: 8 Потери: Максимум правдоподобия
 Итоговые потери: 9,405939117 $\chi^2(7)=35,228$ $p=.00001$

	B_0	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7
Константа	-1,688	1,627	1,078	-0,064	18,846	13,994	0,011	4,345
Станд. ошибка	2,032	7,621	1,834	0,055	23,689	13,215	0,184	5,800
t-статистика	-0,831	0,213	0,588	-1,150	0,796	1,059	0,058	0,749
Вероятность > t	0,413	0,832	0,561	0,259	0,432	0,298	0,954	0,459
95% CL	-5,833	-13,917	-2,662	-0,177	-29,469	-12,959	-0,364	-7,484
95% CL	2,457	17,171	4,818	0,049	67,160	40,947	0,386	16,173
Квадрат Вальда	0,690	0,046	0,346	1,322	0,633	1,121	0,003	0,561
Вероятность >F	0,406	0,831	0,556	0,250	0,426	0,290	0,954	0,454
Оdds Ratio (ед. изм.)	0,185	5,089	2,940	0,938	15298480	119568	1,011	77,075
95% CL	0,003	0,000	0,070	0,838	0,000	0,000	0,695	0,001
95% CL	11,672	28650360	123,751	1,051			1,471	1056705
Оdds Ratio (размах)		44857,160	127849	0,002	2470,886		2,431	7976907
95% CL		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
95% CL				116,61	12331470			

Из приведенной таблицы следует, что все оценки не являются значимыми. Попробуем достичь лучшего результата, путем удаления из модели факторов с наибольшим p – уровнем. По данным из таблицы 2 можно принять решение об удалении x_1 и x_6 .

Результат построения модели без учета факторов x_1 и x_6 представлен на рисунке 3.

В данной модели наблюдается уменьшение показателя p с 0,0000102 на 0,000014, что

говорит об увеличении качества модели. Значение χ^2 равно 35,2. Число степеней свободы равно 5, значение вероятности составляет 0,05. Критическое значение составляет 11,07. Значение статистики χ^2 для разницы между текущей моделью и моделью, содержащей лишь свободный член, высоко значимо. Поэтому можно заключить, что отобранные предикторы влияют на показатель банкротства. Оценки параметров внесены в таблицу 3.

Модель: Логит регрессия
 Число 0:19,00000 (48,71795%)
 Число 1:20,00000 (51,28205%)
 Завис. переменная: 8 Незав. переменные: 5
 Функция потерь: Макс. правдоподоб. Окон. знач.: 9,427720253
 $-2 * \log(\text{Правдоп.})$: для данной модели = 18,85544 только со своб.
 χ^2 = 54,03984
 Хи-квадрат = 35,18439 $cc = 5$ $p = ,0000014$

Рис. 3. Результаты схождения.

Оценка параметров

N = 39	B_0	x_2	x_3	x_4	x_5	x_7
Оценка	-1,726	1,158	-0,071	22,624	14,858	5,204
Станд. ошибка	1,966	1,805	0,052	17,219	12,252	4,183
t(33)	-0,878	0,641	-1,380	1,314	1,213	1,244
p-ров.	0,386	0,526	0,177	0,198	0,234	0,222
-95% CL	-5,726	-2,515	-0,176	-12,409	-10,069	-3,306
+95% CL	2,273	4,831	0,034	57,657	39,785	13,715
Хи-квадрат Варьяда	0,771	0,411	1,904	1,726	1,471	1,548
p-ров.	0,380	0,521	0,168	0,189	0,225	0,213
Отн. шансов (ед. изм.)	0,178	3,183	0,931	6689051000	2835630	182,088
-95% CL	0,003	0,081	0,839	0,000	0,000	0,037
+95% CL	9,709	125,288	1,034	11830,230	904397,7	
Отн. шансов (размах)		303934,2	0,001	11830,230		
-95% CL	0,000	0,000	0,000	0,006	0,000	0,000
+95% CL				2399165000		

Результаты, приведенные в таблице 3, говорят о том, что оставшиеся оценки имеют более высокий уровень значимости. Однако, для получения большего количества значимых коэффициентов необходимо дальнейшее сокращение числа предикторов. Уберем из модели x_2 и x_5 . Возвращаемся в окно выбора переменных и выбираем все факторы, кроме x_2 и x_5 , строим модель. Результаты построения модели приводятся на рисунке 4. В данной модели наблюдаются уменьшение показателя \bar{d} с 0,000014 на 0,000006, что говорит об увеличении качества модели.

Модель: Логит регрессия
 Число 0:19,00000 (48,71795%)
 Число 1:20,00000 (51,28205%)
 Завис. переменная: 8 Незав. переменные: 3
 Функция потерь: Макс. правдоподоб. Окон. знач.: 11,140160533
 $-2 * \log(\text{Правдоп.})$: для данной модели = 22,28032 только со своб.
 χ^2 = 54,03984
 Хи-квадрат = 31,75952 $cc = 3$ $p = ,0000006$

Рис. 4. Результаты схождения.

Значение χ^2 составляет 31,8. Число степеней свободы составило 3, значение вероятности равно 0,05. Критическое значение 7,81. Значение статистики χ^2 для разницы между текущей моделью и моделью, содержащей лишь свободный член, высоко значимо. Поэтому можно заключить, что отобранные предикторы являются значимыми.

Анализ классификации и отношения шансов для сопоставления вероятности реальных данных и спрогнозированных представлено в таблице 5.

Оценка параметров

Таблица 4

Модель: Логистическая регрессия Число 0: 20 1: 19 Зав. Пер.: у Потери: Максимум правдоподобия Итоговые потери: 14,105653471 Хи2(3)=25,829 p=.00001				
N = 39	B_0	x_3	x_4	x_7
Оценка	-0,126	-0,122	41,200	4,181
Станд. ошибка	0,669	0,060	22,434	2,728
t(35)	-0,188	-2,049	1,836	1,533
p-уров.	0,852	0,048	0,075	0,134
-95% CL	-1,484	-0,243	-4,344	-1,357
+95% CL	1,233	-0,001	86,744	9,719
Хи-квадрат Вальда	0,035	4,197	3,373	2,349
p-уров.	0,851	0,041	0,066	0,125
Отн. шансов (ед. изм.)	0,882	0,885		65,449
-95% CL	0,227	0,784	0,013	0,257
+95% CL	3,431	0,999		16637,860
Отн. шансов (размах)		0,000	26138610	2607860000000
-95% CL		0,000	0,165	0,000
+95% CL		0,899		

Классификация шансов

Таблица 5

Классификация (Таблица sta) Отношение шансов: 48,167 Процент верных: 87,18%			
	предсказанные 1,000000	предсказанные 0,000000	% правильных
1,000000	17	2	89,47369
0,000000	3	17	85,00000

Отношение шансов больше 1 показывает, что построенная классификация лучше. Вероятностный график остатков представлен на рисунке 5.

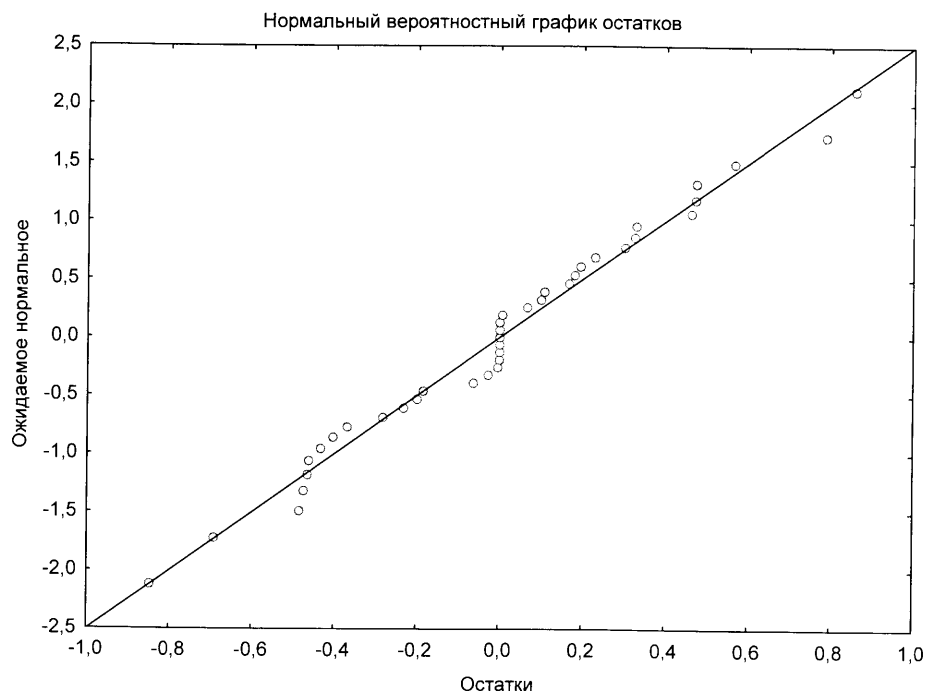


Рис. 5. Нормальный вероятностный график остатков.

На данном графике наблюдается лучшее приближение остатков к прямой линии, ожидаемой для нормально распределенных остатков, чем на первой модели, что говорит об отсут-

ствии больших отклонений от высказанных предположений.

Гистограмма остатков приведена на рисунке 6.

По гистограмме видно, что распределение остатков близко к нормальному (без учета пер-
вого лага).
Распределение частот: Остатки
— Ожид. нормальное

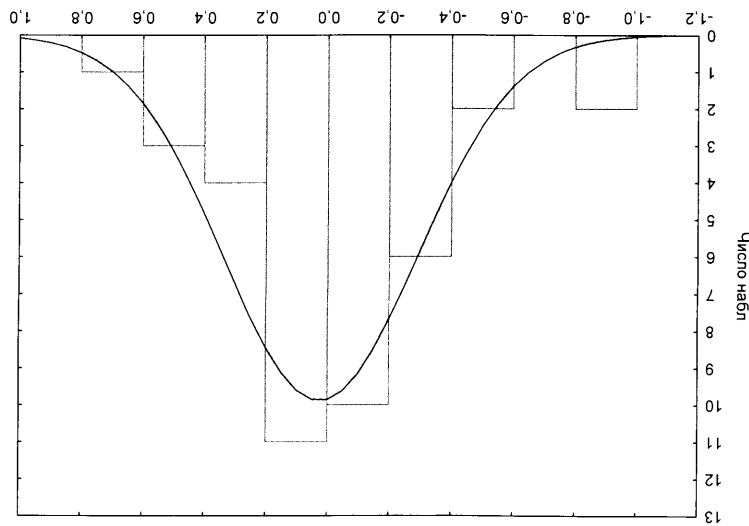


Рис. 6. Гистограмма остатков.

Качество полученной модели было про-
верено путем добавления количества наблюде-
ний. Были добавлены данные по пяти дейст-
вующим предприятиям и построена модель

Результаты представим на рисунке 7.

Модель: Логит регрессия
Число 0:19,00000 (43,18182%)
Число 1:25,00000 (56,81818%)

Завис. переменная: 8 Незав. переменные: 3

Функция потерь: Макс. правдоподоб. Окон. значая: 11,187313984
-2*log(Правдоп.): для данной модели=22,37463 только со свобод.

chi=60,17622

Хи-квадрат = 37,80159 cc = 3 p = ,00000000

Рис. 7. Результаты моделирования.

Согласно рисунку 7 качество модели ос-
талось на высоком уровне. Получившиеся ко-
эффициенты представлены в таблице 6.

Таблица 6

Модель: Логистическая регрессия Число 0: 19 1: 25 (Таблица 6)
Логит: Максимум правдоподобия
Итоговые потери: 11,187313984 Хи2(3)=37,802 p=.00000

N = 44	B_0	x_3	x_4	x_7
Оценка	-0,119	-0,126	42,817	4,279
Станд. ошибка	0,671	0,059	21,968	2,752
t(40)	-0,177	-2,151	1,949	1,555
p-уров.	0,860	0,038	0,058	0,128
-95% CL	-1,475	-0,244	-1,581	-1,283
+95% CL	1,237	-0,008	87,215	9,842
Хи-квадрат Вальда	0,031	4,629	3,799	2,418
p-уров.	0,860	0,031	0,051	0,120
Отн. шансов (ед. изм.)	0,888	0,882	0,206	72,204
-95% CL	0,229	0,783	0,206	0,277
+95% CL	3,447	0,992	18802,780	5104632000000
Отн. шансов (размах)		0,000	51101420	0,000
-95% CL		0,000	0,519	0,000
+95% CL		0,479		

Качество коэффициентов также увеличи-
лось. Была вычислена разница между оценками
данной модели и предыдущей. Для $x_3 = 0,004$,

для $x_4 = -1,617$, для $x_7 = -0,098$ отклонения меж-
ду оценками параметров незначительные, что

говорит о высоком качестве оценок отобранных факторов.

В работе был проведен финансовый анализ деятельности «Птицефабрики «Надеждинская» и определена по полученной методике вероятность банкротства [1]. Значения факторов работы предприятия: $x_3 = 22,4$ - степень платежеспособности, отражающая степень зависимости предприятия от заемных источников, $x_4 = 0,1$ - коммерческая маржа, $x_7 = 0,13$ - коэффициент автономии.

Логистическая функция имеет вид

$$f(z) = \frac{1}{1 + e^{-z}}, \quad (1)$$

где $z = \beta_0 + x_1 \cdot \beta_1 + x_2 \cdot \beta_2 + \dots + x_n \cdot \beta_n$.

В нашем случае $z = -22,4 \cdot 0,122 + 0,1 \cdot 41,2 + 0,13 \cdot 4,18 = 1,9$. Тогда $f(z) = 0,83$. Так как мы приняли за единицу действующее предприятие, а за ноль - предприятие банкрот, то вероятность банкротства вычисляется по формуле $1 - f(z) = 0,17$. Согласно logit-модели вероятность банкротства «Птицефабрики «Надеждинская» равна 0,17, что соответствует действительности - предприятие устойчиво работает.

Таким образом, при построении модели прогнозирования банкротства были рассмотрены семь факторов-показателей, характеризующих финансово - хозяйственную деятельность.

Полученная модель характеризует деятельность предприятий Приморского края с точки зрения платежеспособности (x_3), эффективности (x_4) и финансовой устойчивости (x_7), то есть со всех значимых позиций. В разработанной модели показатель эффективности характеризуется рентабельностью продаж, показателем платежеспособности и показателем финансовой устойчивости, редко встречающимся в российских разработках [5].

Расхождения полученной модели с известными российскими моделями прогнозирования банкротства можно также объяснить тем, что российские методики разрабатывались с учетом отраслевой принадлежности предприятий; и, что рассматриваемые предприятия принадлежали к другим регионам России. Различия в показателях также связаны с изменениями в экономике в различные периоды времени.

Библиографический список:

1. Баканов М.И., Шеремет А.Д. Теория экономического анализа. Учебник. - М.: Финансы и статистика, 2011. - 420 с.
2. Банкротство предприятия: анализ, учет и прогнозирование: учебное пособие [для студентов вузов] / К. В. Балдин, В. В. Белугина, С. Н. Голдицкая, И. И. Передеряев. - 4-е изд. - М.: Дашков и К, 2012. - 375 с.

3. Тихомиров Н.П. Эконометрика: учебник / Н.П. Тихомиров, Е.Ю. Дорохина. - 2-е изд., стереотип. - М.: Издательство «Экзамен», 2007. - 512 с.

4. Учет и анализ банкротства: учебник для студентов вузов / Г. В. Федорова. - 2-е изд., стер. - М.: Омега-Л, 2011. - 284 с.

5. Шмидт Ю.Д., Мазелис Л.С. Прогнозирование банкротства предприятия // Вестник Тихоокеанского государственного экономического университета. - 2012. - № 2. С. 87 - 94.

684 Эффективные формы развития промышленности предприятий на основе трансформации производственных процессов в рамках реализации кластерной политики

689 Методы управления ресурсами в интегрированных структурах сферы услуг Ю.В. Сауш

695 Инновационное предприятие и его сущность в трудах отечественных и зарубежных исследователей Ю.В. Сауш

699 Управление аспекты организации учета затрат труда и его оплаты А.В. Фролов, А.А. Фролова

705 Модели бинарного выбора в оценке банкротства предприятия А.Г. Лузнецко, Н.Н. Обяко, Д.А. Вишневецкий

712 Современные тенденции развития российских ТНК А.О. Бедрис, И.Б. Хмельев

716 Инновации как инструмент внедрения энергоберегающих технологий О.С. Гадфутдинова

719 Обеспечение обязательств, связанных с инновационной деятельностью хозяйствующих субъектов А.В. Сямчихин

723 О методике расчёта показателей инновационной привлекательности предприятий А.А. Камуева

727 Актуарные расчёты в экологическом страховании К.А. Намилова

730 Теоретико-методические основы формирования концепции оценки инновационного потенциала на наукоемкой компании С.Ф. Федоров

736 Факторы формирования продуктово-технологических механизмов импортозамещения со стороны предложения и спроса И.А. Сопоева, С.С. Камбердиева, А.А. Сопоев

741 Современные теоретические концепции и международная практика управления нечестными активными и их адаптации в России И.Т. Рустамова

747 Оценка эффективности системы бюджетирования на примере машиностроительных предприятий Украины С.В. Полещук

751 Эффективность управленческого труда: анализ и механизмы повышения А.С. Вакулова

754 Формирование инвестиционного портфеля имитационным моделированием А.И. Буреш

759 Формирование направлений повышения конкурентоспособности производственных предприятий О.А. Мезенцева

768 Особенности формирования конкурентных преимуществ предприятий в условиях торговли на основе маркетингового подхода В.П. Ковалевский

772 Планирование потребности в рабочей силе как инструмент развития кадрового потенциала на предприятиях аграрного сектора Восточно-Казахстанской области К.С. Алпысбаев

ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВО

775 Семейный бизнес: феномен трансфера и предпринимательской ответственности Д.А. Волков