

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ФИНАНСОВОГО  
СОСТОЯНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ  
МЕКЕМЕНИН ФИНАНСЫЛЫК АБАЛЫН ПРОГНОЗДООНУН МАТЕМАТИКАЛЫК  
МОДЕЛИ  
A MATHEMATICAL MODEL FOR PREDICTING THE FINANCIAL CONDITION OF THE  
COMPANY

*Сапарова Г.Б. – доцент, ОшТУ, кафедра  
«Прикладная математика», г. Ош, [gulya141005@mail.ru](mailto:gulya141005@mail.ru).  
Маматова Р. – магистр, ОшТУ, г. Ош*

***Аннотация:** Описано построение линейной множественной регрессионной модели прогнозирования финансового предприятия способом расчета будущей величины его чистых активов на основе данных финансовой отчетности организации г. Ош (на примере частной аптеки «Абай»)*

***Аннотация:** Финансылык мекеменин сызыктуу көптүктүк регрессиялык прогноздоо моделинин анык келечектеги таза активдерин Ош шаарындагы мекемелердин финансылык отчеттунун берилгендеринин негизинде тургузушу баяндалган (жеке аптека «Абай» мисалында)*

***Annotation:** We describe the construction of the linear multiple regression model predicting the enterprises financial means for calculating the future value of its net assets on the basis of the financial statements of Osh data*

***Ключевые слова:** модель, линейной, множественной, регрессия, финансовое, активы, регрессионная модель*

***Ачык сөздөр:** модель, сызыктуу, көптүктөр, регрессия, финансылык, активы, регрессиялык модель*

***Key words:** model, linear, multiple, regression, financial, assets, the regression model*

Основными задачами экономико – математического моделирования являются построение модели, определение ее параметров и применение для решения современных проблем. При этом точность и обоснованность анализа, прогнозирования и, соответственно, планирования и употребления зависят от того, насколько в разработанных моделях отражены реальные процессы и связи между показателями развития экономических объектов, ограничения, накладываемые на развитие системы объектов, достоверна информация, используемая при моделировании.

В настоящее время при разработке методов моделирования экономических объектов все больше внимания уделяется адекватности структуры моделей реальными процессам.

Одна из наиболее сложных проблем современной экономики – это предсказание финансового состояния предприятий, а особенно неплатежеспособности. Среди различных способов решения такой задачи, наиболее эффективным методом является математическое моделирование величины чистых активов предприятия. Причем в основе множественной линейной регрессионной модели должны присутствовать реальные статистические данные предприятий.

Рассмотрим линейные по параметрам и по переменным множественные регрессионные модели:

$$y_i = b_0 + b_1 x_{i1} + b_2 x_{i2} + \dots + b_k x_{ik} + \varepsilon_i, \quad i = 1, \dots, n \quad (1)$$

где  $b_0, b_1, \dots, b_k$  – неизвестные параметры модели, а  $\varepsilon_i$  – случайные ошибки модели.

Класс линейных множественных регрессионных моделей выбран не случайно. Коэффициенты, полученные в результате использования именно данного типа моделей, легко поддаются экономической интерпретации.

По данным балансов были рассчитаны 29 показателей, характеризующих финансовое состояние предприятий. Применяя показатели деятельности организаций за 2016 год, была построена модель для прогнозирования величины чистых активов на последующий год, в которой зависимой переменной  $Y$  выступает величина чистых активов на 1.01.2017 г. (NET\_ASSETS) как основной показателя  $X_1, \dots, X_k$  выступают следующие финансовые показатели балансов организаций на 1.01.2016 г. :

- K1 – отношение оборотного капитала к общим активам.
- K2 – отношение нераспределенной прибыли к общим активам.
- K3 – отношение прибыли до выплаты процентов и налогов к общим активам.
- K4 – отношение рыночной стоимости акций к стоимости балансовых обязательств.
- K5 – отношение выручки от реализации к общим активам.
- K6 – отношение нераспределенной прибыли прошлых лет к общим активам.
- K7 – рентабельность вложений в предприятие.
- K8 – отношение денежного потока к обязательствам.
- K9 – отношение оборотного капитала к обязательствам.
- K10 – коэффициент абсолютной ликвидности.
- K11 – промежуточный коэффициент покрытия.
- K12 – коэффициент текущей ликвидности.
- K13 – коэффициент соотношения собственных и заемных средств.
- K14 – рентабельность продаж.
- K15 – коэффициент рентабельности оборотных активов.
- K16 – коэффициент рентабельности в необоротных активов.
- K17 – коэффициент наличия собственных средств.
- K18 – рентабельность деятельности предприятия.
- K19 – доля денежных средств в выручке.
- K20 – отношение прибыли до налогообложения к собственному капиталу.
- K21 – отношение (прибыль до налогообложения + проценты к уплате) к общим активам.
- K22 – отношение прибыли до налогообложения к краткосрочным обязательствам.
- K23 – отношение прибыли от реализации к краткосрочным обязательствам.
- K24 – отношение оборотных активов к сумме обязательств.
- K25 – отношение чистого собственного капитала к сумме задолженности.
- K26 – отношение чистой прибыли к совокупным активам.
- K27 – величина чистых активов.
- K28 – отношение общих активов к краткосрочным обязательствам.
- K29 – отношение совокупных активов к совокупному долгу.

Отбор переменных, вошедших в итоговую модель, производился на основе метода пошаговой регрессии. Критериями выбора наилучшей регрессионной модели являлись значение скорректированного коэффициента детерминации  $R^2$ , значимость всех коэффициентов модели по критерию Стьюдента, значимость модели на основе критерия Фишера, а также значение коэффициента корреляции между фактическим значением зависимой переменной и расчетным, найденным по модели.

В итоговую же модель вошли следующие независимые переменные: K2, K8, K13, K14, K17, K24, K26.

Определив входящие в исходную базу данных переменные, вычислили описательные статистики по каждой из них. (таблица 1)

Таблица 1.

	K2	K8	K13	K14	K17	K24	K26	NET_ASSETS
Выборочное среднее	0,103	0,068	0,475	0,053	0,244	0,973	0,035	65497,670
Медиана	0,063	0,021	0,161	0,030	0,171	0,979	0,016	21944,000

Максимум	0,644	0,845	3,214	0,429	0,794	2,111	0,287	597558,000
Минимум	0,000	-0,118	-0,047	-0,098	0,002	0,166	-0,042	-436,000
Стандартное отклонение	0,135	0,141	0,662	0,079	0,236	0,357	0,055	119408,000
Выборочная дисперсия	0,018	0,020	0,438	0,006	0,056	0,128	0,003	14258270464,0
Коэффициент асимметрии	2,349	3,450	1,872	2,298	0,768	0,228	2,129	2,794
Коэффициент эксцесса	9,280	17,485	6,609	10,671	2,245	4,509	9,030	10,900

Положительные значения коэффициента асимметрии показывают, что распределения имеют правостороннюю асимметрию по сравнению с нормальным распределением, то есть значения показателей, находящиеся справа от среднего значения ряда, имеют большую частоту. Положительные значения эксцесса показывают, что распределения имеют более крутую вершину по сравнению с кривой нормального распределения. Полученные значения этих двух показателей обусловлены особенностями анализируемых выборочных данных.

Далее была построена корреляционная матрица для рассматриваемых переменных. (таблица 2)

Таблица 2.

	K2	K8	K13	K14	K17	K24	K26	NET_ASSETS
K2	1,000	0,741	0,502	0,338	0,517	0,429	0,769	-0,082
K8	0,741	1,000	0,618	0,395	0,501	0,346	0,926	-0,087
K13	0,502	0,618	1,000	0,232	0,886	0,538	0,458	0,145
K14	0,338	0,395	0,232	1,000	0,221	-0,073	0,452	0,179
K17	0,517	0,501	0,886	0,221	1,000	0,404	0,414	0,401
K24	0,429	0,346	0,538	-0,073	0,404	1,000	0,329	-0,051
K26	0,769	0,926	0,458	0,452	0,414	0,329	1,000	-0,131
NET_ASSETS	-0,082	-0,087	0,145	0,179	0,401	-0,051	-0,131	1,000

Анализ значимых коэффициентов корреляции факторов с зависимой переменной дает следующие выводы:

- Существует выраженная прямая зависимость между величиной чистых активов и коэффициентом наличия собственных средств, между величиной чистых активов и коэффициентом соотношения собственных и заемных средств, между величиной чистых активов и рентабельностью продукции.
- Наблюдается обратная зависимость между величиной чистых активов и отношением чистой прибыли к совокупным активам.

Анализ корреляционной матрицы показал, что между переменными K8 и K26 наблюдается сильная зависимость, так как коэффициент корреляции между ними равен 0,926.

Обратная зависимость между отношением совокупных активов к совокупному долгу и рентабельностью деятельности предприятия может быть свидетельством наличия мультиколлинеарности. Ее наличие означает, что некоторые факторы всегда будут действовать однонаправленно.

Чтобы проверить существует ли мультиколлинеарность, применили способ проверки определителя матрицы парных коэффициентов корреляции между факторами. (таблица 3)

Таблица 3.

	K2	K8	K13	K14	K17	K24	K26
K2	1,000	0,741	0,502	0,338	0,517	0,429	0,769
K8	0,741	1,000	0,618	0,395	0,501	0,346	0,926
K13	0,502	0,618	1,000	0,232	0,886	0,538	0,458
K14	0,338	0,395	0,232	1,000	0,221	-0,073	0,452
K17	0,517	0,501	0,886	0,221	1,000	0,404	0,414
K24	0,429	0,346	0,538	-0,073	0,404	1,000	0,329
K26	0,769	0,926	0,458	0,452	0,414	0,329	1,000

Определитель этой матрицы равен  $\Delta(R) = 0,0019$ . Чем меньше корреляция между факторами, тем ближе значение определителя данной матрицы к единице. Чем выше корреляция между факторами, тем ближе значение определителя к нулю. И, тем сильнее мультиколлинеарность факторов и ненадежнее результаты множественной регрессии.

Оценка значимости мультиколлинеарности факторов может быть проведена путем проверки гипотезы о независимости переменных. Гипотеза  $H_0$  представляет собой не что иное, как предположение об отсутствии мультиколлинеарности в модели. Конкурирующая гипотеза  $H_1$  предполагает обратное. Установим уровень значимости  $\alpha = 0,05$ . Уровень значимости - это максимально допустимое значение вероятности отклонения верной гипотезы  $H_0$ . Нулевая гипотеза принимается, если вычисленное значение статистического критерия не превышает его табличного значения при заданном уровне значимости.

$$H_0: \Delta R = 1; H_1: \Delta R \neq 1$$

$$k_{\text{выч}} = n - 1 - \frac{1}{6} 2m + 5 \lg \Delta(R) = 69,52.$$

$k_{\text{таб}} = x_{1-\alpha} \chi^2\left(\frac{1}{2}n(n-1)\right) = 136,15$  - квантиль распределения хи - квадрат, найденная по статистической таблице, где  $\alpha = 0,05$ ,  $n$  - количество наблюдений (61 наблюдение),  $m$  - количество параметров модели, включая константу (равно 8).

Так как  $k_{\text{выч}} < k_{\text{таб}}$ , следовательно, гипотезу  $H_0$  принимаем: мультиколлинеарность отсутствует на уровне значимости 0,05.

Отбор наилучшей множественной линейной регрессионной модели проводился по нескольким критериям. Прежде всего модель должна быть значима по критерию Фишера на уровне значимости 0,05. Кроме того, должны быть значимы все коэффициенты искомой модели на том же уровне значимости.

Коэффициент детерминации ( $R$  - squared) показывает качество подгонки регрессионной модели к наблюдаемым значениям зависимой переменной.

Если его значение равно нулю, то полученная регрессия не улучшает качество предсказания зависимой переменной  $Y_t$  по сравнению с тривиальным предсказанием  $Y_t = Y$ , где  $Y$  - выборочное среднее. При коэффициенте детерминации, равном 1, можно говорить о точной подгонке: все точки наблюдений удовлетворяют уравнению регрессии.

Однако использование простого коэффициента детерминации в качестве критерия сравнения качества двух моделей связано с одной существенной проблемой: значение коэффициента детерминации возрастает при добавлении в модель еще одного регрессора.

Поэтому был использован скорректированный коэффициент детерминации. Коррекция производилась с учетом числа регрессоров в модели.

Формула для расчета обычного коэффициента детерминации имеет вид:

$$R^2 = 1 - \frac{RSS}{TSS},$$

где  $RSS$  - сумма квадратов остатков по модели,  $TSS$  - сумма квадратов отклонений значения зависимой переменной от среднего значения.

При расчете скорректированного коэффициента  $R$  - squared формула корректируется в виде:

$$R^2 = 1 - \frac{RSS(n-1)}{TSS(n-k-1)},$$

где  $n$  – количество наблюдений,  $k$  – количество факторов в модели.

Применение данной формулы позволяет выбрать наилучшую линейную регрессионную модель, так как дает возможность сравнить регрессии с разным количеством переменных и корректно оценить качество модели.

В результате проведенного анализа была построена модель прогнозирования величины чистых активов предприятия:

$$\text{NET\_ASSETS} = -83453,59302 - 359873,7576 * K2 + 929388,9235 * K8 - 297979,5072 * K13 + 588912,984 * K14 + 895066,1809 * K17 + 101184,9771 * K24 - 2376563,11 * K26. \quad (2)$$

Данная модель является наилучшей среди всех возможных моделей, так как отвечает всем критериям, таким как:

- 1) Проверка значимости коэффициентов регрессии проводилась на основе критерия Стьюдента на уровне значимости 0,05.
- 2) Модель в целом значима по критерию Фишера.
- 3) Скорректированный коэффициент детерминации в модели наибольший по сравнению с другими моделями.
- 4) Коэффициент корреляции прогнозного значения по модели и фактического значения вектора значений зависимой переменной также наибольший.

Наиболее точные выводы относительно модели (2) по результатам наблюдений могут быть получены при следующих предположениях:

- 1) Значения  $x_1, \dots, x_n$  являются неслучайными величинами.
- 2) Математическое ожидание случайной ошибки в каждом наблюдении равно нулю, то есть  $M \varepsilon_i = 0, i = 1, n$ .
- 3) Дисперсия случайной ошибки постоянна для всех наблюдений, то есть  $D \varepsilon_i = M \varepsilon_i^2 = \sigma^2, i = 1, n$ .
- 4) Случайные ошибки различных наблюдений статистически не связаны между собой, то есть  $M \varepsilon_i \varepsilon_j = 0, i \neq j$ .
- 5) Случайные ошибки имеют совместное нормальное распределение.

При выполнении этих условий модель (2) называют классической линейной регрессионной моделью наблюдений.

#### Список использованной литературы:

1. Магнус Я.Р., Катышев П.К., Пересецкий А.А. Эконометрика. Начальный курс. М.: Дело, 1999.
2. Сиразетдинов Т.К. // Динамическое моделирование экономических объектов. – Казань, «Фэн», 1996.
3. Большев Л.Н., Смирнов Н.В. Таблицы математической статистики. – М.: Наука, 1977.