

ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТИ РОСТА ВРП В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТРУКТУРЫ ИНВЕСТИЦИЙ В ДАЛЬНЕВОСТОЧНОМ ФЕДЕРАЛЬНОМ ОКРУГЕ *

© 2021 **Олейник Елена Борисовна**

доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры
Дальневосточный федеральный университет, Россия, Владивосток
e-mail: oleynik.eb@dvf.u.ru

Современные условия развития экономики потребовали качественной оценки структуры инвестиций с целью ускорения роста объема ВРП. На основе логистической регрессии предлагается вероятностный подход и бинарный классификатор для оценки роста ВРП в зависимости от распределения инвестиционных вложений и пропорциональности структуры экономики. Полученные результаты могут быть использованы как вспомогательный инструмент инвестиционной политики Дальневосточного региона при принятии решений о направлении инвестиционных потоков.

Ключевые слова: распределение инвестиции, структурный сдвиг, бинарный классификатор, предельный эффект.

Социально-экономическое развитие Дальневосточного федерального округа (ДФО) статистически характеризуется стабильной динамикой ключевых макропоказателей с признаками неустойчивости в отдельных сферах деятельности [4]. ВРП макрорегиона демонстрирует устойчивый рост, а приток инвестиций достаточно стабилен (рис. 1).

Однако субъекты Дальневосточного федерального округа значительно отличаются друг от друга по уровню инвестиций в основной капитал в расчете на душу населения. Территории с наиболее высокой долей добывающей промышленности в структуре ВРП и невысокой

плотностью населения, такие как Сахалинская и Магаданская области, Республика Саха (Якутия), Чукотский автономный округ, привлекают большой объем частных инвестиций на душу населения. В регионах без значимого промышленного сектора бюджетные инвестиции зачастую формируют существенную часть общего объема инвестиций. К таким регионам относятся, например, Республика Бурятия, Камчатский край. Средний уровень бюджетных инвестиций (из бюджетов всех уровней, включая федеральный) в ДВФО соответствует среднероссийскому показателю. Однако в связи с неравномерным распределением бюджетных инвестиций, более

* Работа подготовлена в рамках гранта РФФИ № 19-010-00085 «Комплексная оценка структурной динамики экономической системы Дальневосточного региона на основе моделирования результатов стратегических инвестиционных проектов»

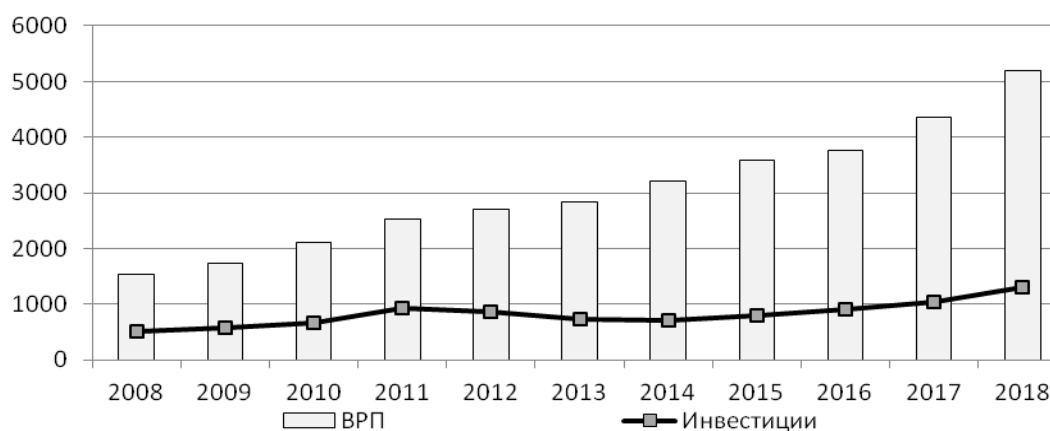


Рис. 1. ВРП и инвестиции в основной капитал ДВФО, млрд. руб.

Источник: <https://rosstat.gov.ru/folder/512>

высокой стоимостью жизни, а также ограниченной транспортной доступностью территорий макрорегиону требуется значительно больший объем инвестиций [5]. Современные условия развития экономики потребовали качественной оценки структуры инвестиций с целью ускорения роста объема ВРП. Такую оценку можно получить с помощью эконометрического моделирования зависимости роста объемов ВРП от структуры инвестиций и сдвигов в структуре экономики.

Сформулируем гипотезу исследования: пропорциональность структуры экономики и преимущественное перераспределение инвестиций в обрабатывающую промышленность и социальную сферу и инфраструктуру увеличивают вероятность роста ВРП в Дальневосточном регионе.

Методологический подход к исследованию. В работах [2,10] и других описаны логистические регрессии, которые применяются для построения моделей бинарного выбора. Подобную логистическую панельную регрессию мы и будем использовать для оценки вероятности роста доли субъекта в ВРП и построим уравнение (1).

$$\frac{P(Y_i = 1)}{P(Y_i = 0)} = \exp(\alpha_0 + \alpha_1 \cdot x_{i1} + \alpha_2 \cdot x_{i2} + \dots + \alpha_n \cdot x_{in}) \quad (1)$$

где Y — эндогенная дамми-переменная, которая принимает значение 1, если наблюдался положительный прирост доли субъекта в ВРП региона и 0 — иначе; $X=(x_1, \dots, x_n)$ — матрица значений экзогенных экономических переменных в каждом субъекте региона; $\alpha=(\alpha_1, \dots, \alpha_n)$ — вектор неизвестных параметров, оцениваемых с помощью метода максимального правдоподобия.

С помощью уравнения (1) мы сможем определить вероятность, с которой зависимая переменная Y примет значение равное 1 при некоторых заданных факторах X . Величина $P(Y_i=1)/P(Y_i=0)$ является шансами события $\{Y_i=1\}$, что соответствует росту ВРП.

При каком значении вероятности будем полагать, что получен положительный прирост ВРП? Для этого нам нужна бинарная классификация. Проведение ROC-анализа для бинарной классификации, на основе логистических регрессий представлено в работах [6, 9, 11]. Необходимо рассчитать порог отсечения — критерий классификации: если полученная вероятность

выше порога отсечения, будем считать, что произошло событие $\{Y_i=1\}$, то есть имеем рост ВРП. В противном случае будем считать, что произошло событие $\{Y_i=0\}$, то есть рост ВРП не наблюдается. Чтобы классифицировать вероятностный результат, полученный с помощью модели логистической регрессии, будем использовать анализ receiver operating characteristic (ROC-анализ).

Основой ROC-анализа является построение ROC-кривой на основании результатов логит-регрессии. ROC-кривая характеризует зависимость количества (доли) верно классифицированных положительных результатов (эту величину называют чувствительностью, Se) от количества (доли) ложноположительных результатов, что часто записывается, как $1-Sp$, где Sp — специфичность, то есть доля верно классифицированных отрицательных случаев. Количественную интерпретацию ROC даёт показатель AUC (area under ROC-curve). Чем выше показатель AUC, тем качественнее классификатор. В соответствии со шкалой экспертных оценок [1] значение 0,5 демонстрирует непригодность выбранного метода классификации.

Определим оптимальный порог отсечения с помощью индекса Йодена (формула 2), как максимальное отличие ординат ROC-кривой и диагонали $Se=1-Sp$ [12]:

$$J = \max(Se + Sp - 1) \quad (2)$$

Если полученная вероятность превышает порог отсечения, то мы полагаем $\{Y_i=1\}$, в противном случае $\{Y_i=0\}$.

Описание переменных логистической регрессии. В результате исключения незначимых факторов и факторов, имеющих неинтерпретируемые знаки, в модель логистической панельной регрессии были включены следующие переменные: year — год наблюдения; ID — индексная переменная, которая используется для организации панели и соответствует следующим субъектам ДВФО: 1 — Якутия; 2 — Камчатская область; 3 — Приморский край; 4 — Хабаровский край; 5 — Амурская область; 6 — Магаданская область; 7 — Сахалинская область; 8 — Еврейская АО; 9 — Чукотский АО. Все остальные переменные представлены для каждого из 9 субъектов ДВФО:

D_GRP — дамми-переменная, принимающая значение 1, что соответствует приросту доли субъекта в ВРП региона и 0 — иначе; Sdv_kv_GRP — квадратичные сдвиги в структуре ВРП

каждого субъекта региона (формула 3), измеряется в долях.

$$S_{\text{относ}} = \sqrt{\sum_{j=1}^n \frac{(f_j^l - f_j^{l-1})^2}{f_j^{l-1}}}, \quad (3)$$

где f_j^l — доля j -го элемента структуры в периоде l ; f_j^{l-1} — доля j -го элемента структуры в периоде $l-1$; n — число элементов структуры. В научной литературе [3,7,8 и других] описаны различные показатели структурных изменений в экономике. В данной статье рассмотрим только квадратичный коэффициент относительных структурных сдвигов, который характеризует равномерность изменения удельных весов в динамике и поэтому может быть использован для отражения во времени пропорциональности развития структуры. Этот коэффициент показывает, на сколько, в среднем отклоняются коэффициенты (или темпы) роста отдельных частей совокупности от их среднего значения, или иначе: какова средняя квадратичная величина относительного отклонения удельных весов;

IND_quality — индекс качества структуры инвестиций (формула 4), измеряется в долях. Структуру привлеченных инвестиций будем рассматривать в разрезе отраслей экономики, и через направление инвестиционных вложений определим качество структуры инвестиций.

$$IND_{\text{quality}} = \frac{Inv_{Obr} + Inv_{Zdr} + Inv_{ObrAz} + Inv_{Infr}}{Inv_{Dob}} \quad (4)$$

где Inv_{Obr} — инвестиции в обрабатывающую промышленность, Inv_{Zdr} — инвестиции в здравоохранение, Inv_{ObrAz} — инвестиции в образование, Inv_{Infr} — инвестиции в развитие инфраструктуры; Inv_{Dob} инвестиции в добывающую промышленность.

Чем больше единицы этот индекс, тем более качественной будет структура инвестиций. Так как экономика ДВФО имеет ресурсную направленность, то показателем качества структуры инвестиций является ее сбалансированность:

превышение доли инвестиций в социальную сферу, инфраструктуру и обрабатывающие отрасли промышленности над добывающими отраслями. Соотношение инвестиций, представленное в формуле (4) в перспективе должно снизить миграцию населения в центр из регионов.

С помощью такого набора переменных мы учитываем динамику и пропорциональность развития структуры экономики.

Описание исходных данных и результатов. Исходными данными для моделирования послужили статистические выборки за период с 2006 по 2019 год из официальных источников*. Для оценки влияния квадратичных сдвигов предварительно были рассчитаны доли отраслей в структуре ВРП, а также индекс качества инвестиций для каждого из девяти субъектов Дальневосточного региона.

Расчет параметров модели произведен с помощью эконометрического пакета Gretl. Результаты представлены в таблице 1. Зависимой в этом уравнении является дамми-переменная D_GRP.

Уравнение логистической регрессии выглядит так:

$$\frac{P(D_{\text{GRPi}} = 1)}{P(D_{\text{GRPi}} = 0)} = \exp(-0.687927 + 0.383229 * Sdv_{kv_{\text{GRPi}}} + 0.000991271 * IND_{\text{quality}_i}) \quad (5)$$

Все коэффициенты регрессии являются значимыми. Константа является значимой и отрицательной, следовательно, существуют и другие, достаточно влияющие факторы, которые снижают вероятность роста ВРП. Но эти факторы остаются за рамками нашего исследования. Коэффициент при переменной Sdv_{kv_GRP} значим на уровне 5%, а при переменной $IND_quality_1$ на уровне 10%. Знаки коэффициентов положительные, следовательно, увеличение значений факторных переменных увеличивает в целом вероятность роста ВРП, так как сами переменные не могут быть отрицательными, что подтверждает нашу гипотезу. Рассчитанное значение параметра

* Данные Федеральной службы государственной статистики https://rosstat.gov.ru/regional_statistics; Министерства Российской Федерации по развитию Дальнего Востока и Арктики <https://minvr.gov.ru/opendata>; Управления федеральной службы государственной статистики по Приморскому краю <https://primstat.gks.ru/statistic>; Управления федеральной службы государственной статистики по Хабаровскому краю, Магаданской области, Еврейской автономной области и Чукотскому автономному округу <https://habstat.gks.ru/>; данные о TOP <https://rosinfostat.ru/territorii-operezhayushhego-razvitiya>.

Таблица 1. Логистическая регрессия
Model 3: **Logit**, using 126 observations
Dependent variable: D_GRP
QML standard errors

	<i>Coefficient</i>	<i>Std. Error</i>	<i>z</i>	<i>p-value</i>	
const	-0.687927	0.329331	-2.0889	0.0367	**
Sdv_kv_GRP	0.383229	0.195392	1.9613	0.0498	**
IND_quality	0.000991271	0.00052341	1.8939	0.0582	*

Meandependentvar	0.468254
McFadden R-squared	0.030877
Log-likelihood	-84.39359
Schwarzcriterion	183.2960

S.D. dependentvar	0.500983
Adjusted R-squared	-0.003573
Akaikecriterion	174.7872
Hannan-Quinn	178.2441

Number of cases 'correctly predicted' = 72 (57.1%)
f(beta'x) at mean of independent vars = 0.501
Likelihood ratio test: Chi-square(2) = 5.37763 [0.0680]

тра AUC=0.61, следовательно, в соответствии со шкалой экспертных оценок [1] качество модели удовлетворительное.

В этой модели в правую часть включена дамми-переменная D_GRP, которая принимает значение 1, если в *i*-том году был получен положительный прирост ВВП и значение 0 в противном случае. Коэффициенты модели логистической регрессии интерпретируются как отношение шансов. Уравнение (5) может быть использовано для оценки шансов наступления события D_GRP=1. Зависимая переменная D_GRP показывает вероятность того, что прирост ВВП будет положительным. С увеличением квадратичного структурного сдвига на 1%, шансы роста ВВП возрастут в $\exp(0.383229) \approx 1.5$ раза. Так как коэффициент при переменной IND_quality_1 достаточно мал, мы можем интерпретировать рост ВВП в процентах, то есть с увеличением индекса качества структуры в предыдущем году на 1%, шансы роста ВВП возрастут на 0,1%, то есть не уменьшаются и будут достаточно стабильны. Легче интерпретировать полученные значения в терминах предельных эффектов. Оценим вероятность роста ВВП с помощью предельных эффектов — частных производных в средних значениях факторов. Среднее значение квадратичного сдвига равно 1.4158, предельный эффект составил 178%; в среднем вероятность роста ВВП возрастет в 1.78 раза с увеличением квадратичного сдвига на 1%. Среднее значение индекса качества структуры инвестиций равно

3.264, предельный эффект составил 0,4%; в среднем вероятность роста ВВП возрастет на 0,4% с увеличением индекса качества на 1%.

С помощью модели можно прогнозировать вероятность того, что будет получен рост ВВП, что не очень удобно при принятии решений. Возникает вопрос: при каком значении величины отношения шансов $P(Y_i=1)/P(Y_i=0)$ можно считать, что мы получим положительный прирост ВВП? Нам нужна бинарная классификация: есть или нет прирост ВВП при распределении инвестиций, которое задается с помощью индекса качества.

Определим критерий классификации, то есть рассчитаем порог отсека. Это максимальное отличие ординат ROC-кривой и диагонали. Соответствующее ему расчетное значение на оси абсцисс равно 0.64. Также в R Studio с использованием пакета rROC рассчитаем порог отсека как абсциссу точки пересечения кривых чувствительности и специфичности. Соответствующее ему расчетное значение на оси абсцисс равно 0.47. Проинтерпретируем полученные результаты (рис. 2).

При вероятности D_GRP < 0.47, считаем, что D_GRP=0. В этом случае имеем максимальный риск того, что реализуемые инвестиционные проекты не дадут положительного прироста ВВП и надо перераспределить инвестиции между инвестиционными проектами так, чтобы индекс качества структуры был больше 1.

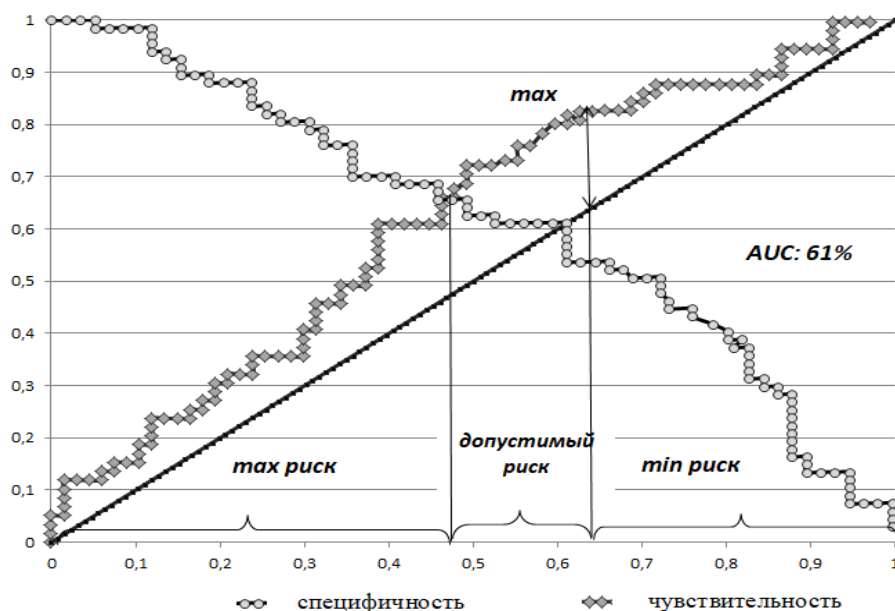


Рис.2 ROC-анализ Logit-модели

На интервале $0.47 \leq D_GRP \leq 0.64$ имеем допустимый риск того, что распределение инвестиций, заданное индексом качества структуры, не приведет к росту GRP. В этом случае нужно провести дополнительный анализ инвестиционных проектов, которые предполагается реализовать на территории ДВФО.

При вероятности $D_GRP > 0.64$ считаем, что $D_GRP = 1$. В этом случае предполагаем, что получим положительный прирост ВРП, и с минимальным риском ошибки можно предполагать, что реализуемые инвестиционные проекты будут удачно завершены и будет наблюдаться рост ВРП в макрорегионе.

Выводы и заключение. В своем исследовании мы оценили вероятность роста ВРП при

заданной структуре инвестиций, выдвинули и подтвердили с помощью логистической регрессии гипотезу о том, что на рост ВРП в Дальневосточном регионе положительное влияние оказывает пропорциональность структуры экономики, вызванная преимущественным распределением инвестиций в обрабатывающие отрасли промышленности, инфраструктуру и социальную сферу. Предложенный подход оценки связи роста ВРП и распределения инвестиций между отраслями экономики, а также разработанный критерий бинарной классификации может являться вспомогательным инструментом инвестиционной политики Дальневосточного региона при принятии решений о направлении инвестиционных потоков.

Библиографический список

1. Ковалев А. А., Кузнецов Б. К., Ядченко А. А., Игнатенко В. А. Оценка качества бинарного классификатора в научных исследованиях // Проблемы здоровья и экологии, 2020. – № 4 (66). – С. 105–113
2. Матраева Л. В. Использование логистической регрессии при выявлении приоритетов региональной инвестиционной политики в отношении иностранных инвесторов в регионы РФ // Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО. 2013. № 6. С. 170–174
3. Олейник Е. Б., Захарова А. П., Юрченко Е. Г. Комплексный анализ сдвигов в структуре инвестиций Дальневосточного региона // Экономические науки, 2020. – № 190. – С. 119–124
4. Першин М., Анисимова Е. ДФО — долгосрочно финансировать облигациями: источники бюджетных инвестиций для регионов Дальневосточного федерального округа // Исследование Аналитического кредитного рейтингового агентства (АКРА) [Электронный ресурс] https://roscongress.org/upload/medialibrary/345/far-east-federal-district-_long_term-debt-financing-needed.pdf (дата обращения: 11.11.2021)

5. Прокапало О.М., Бардаль А.Б., Исаев А.Г., Мазитова М.Г., Суслов Д.В.. Экономическая конъюнктура в Дальневосточном федеральном округе в 2019 г.// Пространственная экономика, 2020. – т. 16.– № . 2. – С. 142–184
6. Старовойтов В. В., Голуб Ю.И. Сравнительный анализ оценок качества бинарной классификации //Информатика, 2020. – Т.17. – № 1. С. 87–101.
7. Сухарев О. С. Экономический рост и технологическое обновление: структурная динамика // Journal of New Economy, 2019. –Т. 20. –№ 2. –С. 30–54.
8. Узяков Р. М. Метрики структурных сдвигов и необходимость учета межотраслевых связей// Проблемы прогнозирования, 2020.– № 2. –С. 25–35.
9. Fawcett T. An Introduction to ROC analysis // Pattern Recognition Letters. 2006. No 27 P. 861–874.
10. Hosmer D. W., Lemeshow S. Applied Logistic Regression. 2nd edn. Wiley, New York, 2000
11. Powers D. Evaluation: From Precision, Recall and F-Measure to ROC, Informedness, Markedness & Correlation. Journal of Machine Learning Technologies, 2011, no. 2 (1), pp. 37–63.
12. Youden, W.J. Index for rating diagnostic tests // Cancer. 1950. Vol.3, Issue1. pp. 32–35.