

УДК 338

## ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИ МНОЖЕСТВЕННОЙ РЕГРЕССИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ КЛАСТЕРОВ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

© 2018 г.

*Р.В. Костригин, С.Н. Яшин*

Костригин Руслан Вячеславович, аспирант Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского  
k.ruslan07@gmail.com

Яшин Сергей Николаевич, д.э.н., проф.; заведующий кафедрой менеджмента и государственного управления Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского  
jashinsn@yandex.ru

*Статья поступила в редакцию 12.10.2018**Статья принята к публикации 31.10.2018*

Целью статьи является исследование возможности применения модели множественной регрессии для оценки эффективности экономического развития и экономико-инновационного потенциала территориальных кластеров Нижегородской области. Построены модели множественной регрессии для нижегородского индустриального инновационного кластера и международного IT-кластера Нижегородской области, а также выявлены факторы, которые нецелесообразно включать в модель оценки как незначительно влияющие на результат. Используются эмпирический метод исследования на основе анализа полученных сведений о хозяйственной деятельности и эффективный эконометрический метод модели множественной регрессии. Результат проведенного исследования заключается в получении достоверных сведений о возможности использования модели множественной регрессии как инструмента оценки эффективности экономического развития и экономико-инновационного потенциала территориальных кластеров.

*Ключевые слова:* региональное развитие; развитие промышленных кластеров; экономическое развитие; территориальные кластеры; методы оценки эффективности.

### Введение

Одним из показателей экономического развития страны на данном этапе является эффективная работа территориальных кластеров, что в настоящее время означает производство новых видов продукции и создание технологий, способных конкурировать на мировом рынке. Высокий уровень экономического результата экономической деятельности территориальных кластеров достигается не только за счет производства и реализации инноваций, но и за счет эффективной и качественной системы управления, системного анализа и стратегического планирования процесса их формирования и развития. В результате определяющую роль при управлении развитием территориальных кластеров играют методы оценки их экономического развития. Учитывая тот факт, что создание инноваций – одно из весомых направлений развития, только немногие кластеры ставят целью увеличение выпуска в ситуации, когда отсутствует научно обоснованный подход к решению проблем имплементации инноваций, а отсутствие возможностей реализации инновационно-инвестиционных проектов – это последствия недостатков эффективных инстру-

ментов оценки внедряемых механизмов повышения качества управления.

Проводимая государством кластерная политика диктует широкий спектр методов идентификации территориальных кластеров. Отчасти это обусловлено ключевыми целями кластерной политики. Так, например, при идентификации кластеров, которые имеют наибольший вес в отраслях на национальном уровне, применяется оценка с помощью количественных методов. На конечных стадиях процесса идентификации территориальных кластеров должностные лица государственной власти сталкиваются с проблемой определения пула тех кластеров, которые необходимо включать в программы государственной поддержки и которым следует оказывать дальнейшую поддержку в целях качественного их развития. Наиболее остро эта проблема встает в условиях ограниченности бюджетных средств [1]. В связи с этим возникает потребность в использовании верной методики оценки эффективности экономического развития территориальных кластеров. Органы государственной власти смогут рационально направлять поддержку тем кластерам, которым она действительно необходима, которые действительно занимаются внедрением инноваций и

занимают лидирующие позиции в своей отрасли, в развитии экономики регионов. Именно благодаря корректной оценке появляется возможность выбрать необходимое направление развития, новую стратегию или произвести корректировку действующей стратегии, а также провести прогнозный анализ результатов инновационной деятельности кластера [2].

Проводя анализ признанной системы показателей и методов оценки эффективности территориальных кластеров, можно сделать вывод, что действующие методы повторяют методы оценки эффективности коммерческих предприятий, но отличаются разнообразием. Это обусловлено широким перечнем функций и свойств территориальных кластеров [3].

Методики оценки эффективности инвестиционных проектов и предприятий считаются наиболее популярными и часто применяемыми для оценки деятельности территориальных кластеров. Предлагаем рассмотреть два популярных метода [4].

В первом случае кластер рассматривается как инвестиционно-инновационный проект и для его оценки используют показатели коммерческой, инновационной, бюджетной и социальной эффективности. Однако не стоит забывать о том, что создание и последующее развитие кластеров нельзя принимать как инвестиционный проект в его общепринятом понимании [5]. Следовательно, данный подход следует применять в отношении предприятий, входящих в кластер, реализующих определенные инновационно-инвестиционные проекты в рамках его направлений.

Во втором случае под кластером понимается целостная структура со специфическими организационно-правовыми и финансово-хозяйственными особенностями. Исходя из этого, возникает необходимость дополнения методов оценки специальными методологическими подходами, к которым относятся: сетевая природа существования кластера (характеризуется многообразием внешних и внутренних социально-экономических отношений), влияние кластеров на развитие экономики регионов [6]. Данные особенности можно считать важными характеристиками эффективности, но нельзя не принимать во внимание, что их статистическая оценка достаточно сложна.

Методы оценки конкурентоспособности и эффективности кластеров широко представлены в экономической литературе и включают в себя ряд количественных и качественных показателей, и только охват всех направлений позволит говорить о некоей комплексной оценке, которая может стать основой анализа и индикатором, отражающим существующий уровень развития [7].

В целом, методики оценки экономического и инновационного развития территориальных кластеров необходимы не только государству, но и руководству кластеров для выбора верного направления развития [8].

### **Модель множественной регрессии как инструмент оценки экономического развития территориальных кластеров**

Теоретической и методологической базой исследования являются концепции, гипотезы в сфере изучения кластерной теории и оценке эффективности деятельности кластеров, представленные в классических и современных экономических изданиях, монографии и статьи отечественных и зарубежных ученых, сборники по итогам научных конференций, публикации по исследуемой тематике, законодательные акты разных уровней в области экономической и инновационной деятельности, развития кластерных образований и реализации кластерной политики.

В основе определения эффективности деятельности территориальных кластеров лежит определение ряда характеристик, являющихся экономическими показателями [9]. К ним можно отнести: стоимость предприятий-членов кластера, совокупный объем выручки, совокупный объем инвестиционных вложений в денежном выражении, количество полученных патентов и др. Ввиду определенной специфики работы кластеров в разных отраслях не стоит забывать о том, что качественные показатели могут быть индивидуальны. В случае проведения анализа для конкретной отрасли и сферы деятельности допускать бы использование унифицированного набора показателей [10]. С целью проведения сравнительного анализа моделей функционирования кластеров возникает потребность применить определенную систему показателей на релевантном выборе. Предлагается применить регрессионную модель в качестве такого инструмента [11]. Особенность применения регрессионной модели заключается в том, что она позволит не только определить степень эффективности экономической и инновационной деятельности, но и уйти от фактора субъективности при проведении анализа.

В процессе применения модели множественной регрессии необходимо выбрать переменную  $Y$ , отображающую эффективность хозяйственной деятельности территориальных кластеров и включающую ряд коррелирующих показателей, которые напрямую влияют на их функционирование:

$$Y = \beta_0 + \beta_i X + \varepsilon, \quad (1)$$

где  $Y$  – зависимая переменная, показатель эффективности деятельности территориального кластера,  $\beta_i$  – ряд показателей модели множественной регрессии,  $\varepsilon$  – временной эффект [12].

Когда будет выявлен первоначальный ряд показателей с использованием данного инструмента, станет ясно, какие из предлагаемых факторов оказывают влияние на эффективность кластеров в наибольшей степени, а какие не влияют вовсе [13].

Переменная  $Y$  отражает среднюю выработку на 1 работника предприятий-членов кластера, выраженную в денежном выражении – в млн рублей на 1 человека в год [5]. Переменная  $X$  будет состоять из ряда компонентов, имеющих весомое влияние на эффективную результативность инновационных кластеров. Министерством экономического развития РФ приводится ряд компонентов, соответствующих целевым ориентирам развития инновационных кластеров в среднесрочной перспективе [14].

Итак, модель множественной регрессии на основе использования показателей, оказывающих влияние на хозяйственную деятельность кластеров, примет следующий вид:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 Q + \beta_2 IC + \beta_3 EQ + \beta_4 P + \beta_5 S + \beta_6 Inv + \beta_7 Ind + \beta_8 F + u + \varepsilon, \quad (2)$$

где  $Q$  – численность работников в кластере,  $IC$  – инвестиционные затраты, поступившие от предприятий-членов кластера,  $EQ$  – количество высокопроизводительных рабочих мест, созданных и полученных в период модернизации уже существующих должностей,  $P$  – отгруженная кластером инновационная продукция,  $S$  – объем выполняемых организациями и предприятиями-членами кластера научно-исследовательских проектов и проектов в сфере НИОКР,  $Inv$  – общий объем инвестиционных вложений из различных источников,  $Ind$  – фиктивная переменная, отражающая отрасль, к которой принадлежит исследуемый кластер,  $F$  – фиктивная переменная, отвечающая за способ формирования кластера,  $u$  – фиксированный эффект для каждого кластера,  $\varepsilon$  – случайный временной эффект [5].

В качестве массива данных были взяты 2 кластера Нижегородской области: нижегородский индустриальный инновационный кластер в области автомобилестроения и нефтехимии и международный IT-кластер Нижегородской области [15, 16].

Для построения линейной модели множественной регрессии следует использовать инструмент «Регрессия» пакета «Анализ данных» в MS Excel [17].

С использованием полученных значений в части коэффициентов уравнение линейной множественной регрессии примет вид естественной формы:

$$\tilde{y} = 4334056 - 51.7Q + 0.01IC + 0.15EQ + 0.00005P - 0.01S - 0.02Inv + 45439Ind + 76530F + u + \varepsilon. \quad (3)$$

Полученное уравнение множественной регрессии показывает взаимосвязь между численностью работников в кластере, объемом инвестиционных затрат, количеством рабочих мест, объемом отгруженной инновационной продукции, объемом выполняемых разработок, общим объемом инвестиционных вложений, фиктивной переменной, отражающей отрасль, и фиктивной переменной, отражающей принадлежность к региону [18].

Итак, проведенный анализ уровня инновационного развития и уровня инновационного потенциала нижегородского индустриального инновационного кластера показывает, что рост численности работников в кластере на 1 человека приведет к уменьшению средней выработки 1 работника на 51.7 руб. С ростом объема инвестиционных затрат, поступивших от компаний и предприятий, входящих в инновационный кластер, на 1 руб. средняя выработка 1 работника вырастет на 0.01 руб. Увеличение количества рабочих мест на единицу вызовет рост средней выработки работника на 0.15 руб. Увеличение объема отгруженной инновационной продукции на 1 руб. влечет за собой увеличение средней выработки 1 работника на 0.00005 руб. Рост объема выполняемых разработок на 1 руб. приведет к снижению средней выработки на 1 работника на 0.01 руб. При увеличении общего объема инвестиционных вложений в кластере на 1 руб. произойдет снижение средней выработки 1 работника на 0.02 руб.

Уравнение регрессии в стандартизированной форме имеет вид:

$$t_y = \hat{\beta}_1 t_{x_1} + \hat{\beta}_2 t_{x_2} + \dots + \hat{\beta}_n t_{x_n}. \quad (4)$$

На основе естественных коэффициентов регрессии рассчитаем стандартизированные коэффициенты по формуле:

$$\hat{\beta}_i = \beta_i \frac{\sigma_{xi}}{\sigma_y}. \quad (5)$$

Расчет будем проводить в Excel. Для определения  $\sigma$  используем функцию СТАНДОТКЛОН(). Получаем уравнение в стандартизированной форме:

$$t_y = -0.74t_{x_1} + 0.03t_{x_2} + 0.002t_{x_3} + 1.04t_{x_4} - 0.02t_{x_5} - 0.02t_{x_6} + 0.006t_{x_7} + 0.005t_{x_8}. \quad (6)$$

Проведя сравнение стандартизированных коэффициентов множественной регрессии, можно сделать вывод, что наибольшее влияние на среднюю выработку 1 работника оказывают численность работников в кластере и объем отгруженной инновационной продукции, так как

их коэффициенты по модулю существенно превышают значения стандартизованных коэффициентов для остальных факторов.

Вычисляем коэффициенты эластичности по формуле:

$$\bar{\varepsilon} = \beta_i \frac{\bar{x}_i}{\bar{y}_{xi}}. \quad (7)$$

Расчет будем проводить в Excel. Для определения средних значений используем функцию СРЗНАЧ.

Коэффициенты составляют:

$$\bar{\varepsilon}_1 = -1.03; \bar{\varepsilon}_2 = 1.43; \bar{\varepsilon}_3 = 0.02; \bar{\varepsilon}_4 = 1.01; \\ \bar{\varepsilon}_5 = 1.59; \bar{\varepsilon}_6 = -3.01; \bar{\varepsilon}_7 = 0.004; \bar{\varepsilon}_8 = 0.2.$$

Частный коэффициент эластичности отражает, на сколько процентов в среднем изменяется признак – результат  $y$  с увеличением признака – фактора  $x_j$  на 1% от своего среднего уровня. При этом другие факторы модели остаются фиксированными. Коэффициенты эластичности для факторов 1, 2, 4, 5, 6 по модулю превышают 1, что свидетельствует о значительном влиянии факторов на результативный признак  $Y$ . Остальные коэффициенты эластичности существенно ниже 1, значит, влияние факторов на результативный признак  $Y$  незначительно. В то же время максимальное значение имеет фактор 6, то есть увеличение только общего объема инвестиционных вложений (от своего среднего значения) на 1% уменьшает в среднем среднюю выработку 1 работника на 3.01%.

Найдем коэффициенты парной корреляции. Расчет можно вести по формуле:

$$r_{yxi} = \frac{\text{cov}(y, x_i)}{\sigma_y \cdot \sigma_{x_i}} = \frac{y \cdot x_i - \bar{y} \cdot \bar{x}_i}{\sigma_y \cdot \sigma_{x_i}}, \quad (8)$$

однако для простоты расчетов используем инструмент «Корреляция» пакета «Анализ данных», который сразу строит матрицу парных коэффициентов корреляции.

Коэффициенты парной корреляции указывают существующую связь между  $Y$  и  $X$  факторами, имеющими различные значения. Заметная связь наблюдается между переменными  $IC$  и  $Q$  (коэффициент корреляции 0.995),  $EQ$  и  $Q$  (коэффициент корреляции 0.92),  $EQ$  и  $IC$  (коэффициент корреляции 0.958),  $S$  и  $Q$  (коэффициент корреляции 0.979),  $S$  и  $IC$  (коэффициент корреляции 0.96),  $S$  и  $EQ$  (коэффициент корреляции 0.917),  $Inv$  и  $Q$  (коэффициент корреляции 0.863),  $Inv$  и  $IC$  (коэффициент корреляции 0.962),  $Inv$  и  $EQ$  (коэффициент корреляции 0.97),  $Inv$  и  $S$  (коэффициент корреляции 0.87),  $Ind$  и  $Q$  (коэффициент корреляции 0.876),  $Ind$  и  $S$  (коэффициент корреляции 0.893),  $F$  и  $Q$  (коэффициент корреляции 0.914),  $F$  и  $EQ$  (коэффициент корреляции 0.816),  $F$  и  $S$  (коэффициент корреляции 0.909),  $F$

и  $Ind$  (коэффициент корреляции 0.952), то есть данные коэффициенты могут быть коллинеарными. Остальные коэффициенты парной корреляции указывают на то, что связь между  $Y$  и факторами имеет достаточно низкие значения, то есть связь слабая.

Коэффициент множественной корреляции:

$$R_{yx1x2} = \sqrt{\beta_i \cdot r_{yxi}} = 0.999 \quad (9)$$

(поле «Множественный  $R$ » в регрессионной статистике).

Взаимосвязь всего набора изучаемых факторов с результатом отображается коэффициентом множественной корреляции.

Нескорректированный коэффициент множественной детерминации  $R_{yx1x2}^2 = 0.999$  (поле « $R$ -квадрат»), что говорит о том, что 99.9% вариации результата объясняется вариацией представленных в уравнении факторов.

Скорректированный коэффициент множественной детерминации (поле «Нормированный  $R$ -квадрат»):

$$Rkopp^2 = 1 - \left( -R^2 \frac{n-1}{n-m-1} \right) = 0.999. \quad (10)$$

Плотность связи с учетом степеней свободы общей и остаточной дисперсий показывает значение скорректированного коэффициента множественной детерминации. Скорректированный коэффициент детерминации практически равен 1, то есть уравнение регрессии объясняет вариацию средней выработки 1 работника.

Оценим значимость уравнения множественной регрессии по  $F$ -критерию Фишера:

$$F_{табл} = \frac{R^2}{1-R^2} \frac{n-m-1}{m} = 257560.42 \quad (11)$$

(поле « $F$ » дисперсионного анализа).

Показатели критерия при уровне значимости  $\alpha = 0.05$  и  $k_1 = m = 8$ ,  $k_2 = n-m-1 = 11-8-1 = 2$ ;  $F_{табл} = F(0.05; 8; 2) = 19.37$ .

Исходя из того, что  $F_{табл} < F_{набл}$ , возможно сделать вывод о значимости уравнения регрессии и коэффициента множественной детерминации (поле «Значимость  $F$ » выше 0.05).

Целесообразность включения в модель множественной регрессии факторов  $x_i$  после анализа влияния остальных факторов можно определить посредством частных  $F$ -критериев Фишера. Оценим целесообразность включения в уравнение множественной регрессии [19] фактора  $x_1$ :

$$F_{x1} = \frac{R^2 - R^2(x_2, x_n)}{1 - R^2} \left( n - m - 1 \right) = 222217.9,$$

где

$$R^2(x_2, x_n) = \beta_2 r_{yx2} + \beta_3 r_{yx3} + \beta_4 r_{yx4} + \beta_5 r_{yx5} + \\ + \beta_6 r_{yx6} + \beta_7 r_{yx7} + \beta_8 r_{yx8} = 0.928.$$

Критическое значение:  $Fkp$  ( $k_1 = 7$ ;  $k_2 = 3$ ) = 8.88.

Значение  $F_{x1} > 8.88$ , следовательно, фактор  $x_1$  целесообразно включать в модель после введения факторов  $x_j$ .

Аналогично рассмотрим следующие факторы:

$$F_{x2} = \frac{R^2 - R^2(x_3, x_n)}{1 - R^2} \llcorner -m-1 \rceil = -25296.3,$$

где

$$R^2 \llcorner x_3, x_n \rceil = \beta_1 r_{yx1} + \beta_3 r_{yx3} + \beta_4 r_{yx4} + \beta_5 r_{yx5} + \beta_6 r_{yx6} + \beta_7 r_{yx7} + \beta_8 r_{yx8} = 1.008,$$

$F_{x2} < 8.88$ , следовательно, фактор  $x_2$  нецелесообразно включать в модель после введения факторов  $x_j$ ;

$$F_{x3} = \frac{R^2 - R^2(x_4, x_n)}{1 - R^2} \llcorner -m-1 \rceil = -1410.65,$$

где

$$R^2 \llcorner x_4, x_n \rceil = \beta_1 r_{yx1} + \beta_2 r_{yx2} + \beta_4 r_{yx4} + \beta_5 r_{yx5} + \beta_6 r_{yx6} + \beta_7 r_{yx7} + \beta_8 r_{yx8} = 1.0,$$

$F_{x3} < 8.88$ , следовательно, фактор  $x_3$  не целесообразно включать в модель после введения факторов  $x_j$ ;

$$F_{x4} = \frac{R^2 - R^2(x_5, x_n)}{1 - R^2} \llcorner -m-1 \rceil = 2865366.94,$$

где

$$R^2 \llcorner x_5, x_n \rceil = \beta_1 r_{yx1} + \beta_2 r_{yx2} + \beta_3 r_{yx3} + \beta_5 r_{yx5} + \beta_6 r_{yx6} + \beta_7 r_{yx7} + \beta_8 r_{yx8} = 0.073,$$

$F_{x4} > 8.88$ , следовательно, фактор  $x_4$  целесообразно включать в модель после введения факторов  $x_j$ ;

$$F_{x5} = \frac{R^2 - R^2(x_6, x_n)}{1 - R^2} \llcorner -m-1 \rceil = 14229.48,$$

где

$$R^2 \llcorner x_6, x_n \rceil = \beta_1 r_{yx1} + \beta_2 r_{yx2} + \beta_3 r_{yx3} + \beta_4 r_{yx4} + \beta_6 r_{yx6} + \beta_7 r_{yx7} + \beta_8 r_{yx8} = 0.995,$$

$F_{x5} > 8.88$ , следовательно, фактор  $x_5$  целесообразно включать в модель после введения факторов  $x_j$ ;

$$F_{x6} = \frac{R^2 - R^2(x_7, x_n)}{1 - R^2} \llcorner -m-1 \rceil = 27322.39,$$

где

$$R^2 \llcorner x_7, x_n \rceil = \beta_1 r_{yx1} + \beta_2 r_{yx2} + \beta_3 r_{yx3} + \beta_4 r_{yx4} + \beta_5 r_{yx5} + \beta_7 r_{yx7} + \beta_8 r_{yx8} = 0.991,$$

$F_{x6} > 8.88$ , следовательно, фактор  $x_6$  целесообразно включать в модель после введения факторов  $x_j$ ;

$$F_{x7} = \frac{R^2 - R^2(x_8, x_n)}{1 - R^2} \llcorner -m-1 \rceil = -1345.94,$$

где

$$R^2 \llcorner x_8, x_n \rceil = \beta_1 r_{yx1} + \beta_2 r_{yx2} + \beta_3 r_{yx3} + \beta_4 r_{yx4} + \beta_5 r_{yx5} + \beta_6 r_{yx6} + \beta_8 r_{yx8} = 1.0,$$

$F_{x7} < 8.88$ , следовательно, фактор  $x_7$  нецелесообразно включать в модель после введения факторов  $x_j$ ;

$$F_{x8} = \frac{R^2 - R^2(x_1, x_7)}{1 - R^2} \llcorner -m-1 \rceil = -3181.56,$$

где

$$R^2 \llcorner x_1, x_7 \rceil = \beta_1 r_{yx1} + \beta_2 r_{yx2} + \beta_3 r_{yx3} + \beta_4 r_{yx4} + \beta_5 r_{yx5} + \beta_6 r_{yx6} + \beta_7 r_{yx7} = 1.0.$$

$F_{x8} < 8.88$ , следовательно, фактор  $x_8$  нецелесообразно включать в модель после введения факторов  $x_j$ .

Построим уравнение множественной регрессии с учетом факторов, которые целесообразно включать в модель для нижегородского индустриального инновационного кластера, то есть с учетом  $Q$ ,  $P$ ,  $S$  и  $Inv$ . Для этого снова используем инструмент «Регрессия» пакета «Анализ данных». Факторы выбраны как наиболее тесно связанные с результирующей переменной.

Получаем уравнение множественной регрессии:

$$Y = 2853763.59 - 50.73Q + 4.62P + 0.003S - 0.01Inv + u + \varepsilon. \quad (12)$$

Построенное уравнение множественной регрессии на 99% объясняет вариацию средней выработки 1 работника вариацией указанных факторов. Данное уравнение множественной регрессии является значимым.

Аналогично построим модель множественной регрессии для международного IT-кластера Нижегородской области.

Уравнение линейной множественной регрессии в естественной форме имеет вид:

$$\begin{aligned} \tilde{y} = & 9012.96 - 0.016Q - 0.004IC + \\ & + 0.15EQ - 0.26P + 0.0008S - \\ & - 0.0007Inv + 155.84Ind + \\ & + 189.12F + u + \varepsilon. \end{aligned} \quad (13)$$

Из полученного уравнения множественной регрессии видно, что при увеличении численности работников в кластере средняя выработка 1 работника уменьшится на 0.016 руб. Увеличение объема инвестиционных затрат от предприятий-членов кластеров на 1 руб. послужит толчком к снижению средней выработки 1 работника на 0.004 руб. Увеличение количества рабочих мест на единицу будет способствовать росту средней выработки 1 работника на 0.15 руб. Рост объема отгруженной инновационной продукции на 1 руб. приведет к снижению средней выработки 1 работника на 0.26 руб. Увеличение объема выполняемых разработок на 1 руб. приведет к росту средней выработки 1 работника на 0.0008 руб. Рост общего объема инвестиционных вложений на 1 руб. будет способствовать

снижению средней выработки 1 работника на 0.0007 руб.

Уравнение множественной регрессии в стандартизированной форме:

$$t_y = -t_{x_1} - 0.03t_{x_2} + 0.05t_{x_3} - 0.1t_{x_4} - 0.01t_{x_5} - \\ - 0.02t_{x_6} + 0.06t_{x_7} + 0.07t_{x_8}.$$

Основываясь на том, что стандартизированные показатели возможно сравнить между собой, можно сделать вывод, что наибольшее влияние на среднюю выработку 1 работника оказывает численность работников в кластере, так как этот коэффициент по модулю имеет наибольшее значение.

Далее, необходимо определить коэффициенты эластичности:

$$\bar{\varepsilon}_1 = -5.04; \bar{\varepsilon}_2 = -12.88; \bar{\varepsilon}_3 = 11.07; \bar{\varepsilon}_4 = 220.17; \\ \bar{\varepsilon}_5 = 6.23; \bar{\varepsilon}_6 = -4.31; \bar{\varepsilon}_7 = 3.03; \bar{\varepsilon}_8 = 12.83.$$

Максимальное значение имеет фактор 4, то есть увеличение только объема отгруженной инновационной продукции (от своего среднего значения) на 1% увеличивает в среднем среднюю выработку 1 работника на 220.17%.

Используя инструмент «Корреляция» пакета «Анализ данных», построим матрицу парных коэффициентов корреляции уравнения множественной регрессии.

Коэффициенты парной корреляции указывают на слабую связь между  $Y$  и  $X$  факторами. Заметная связь наблюдается между переменными  $EQ$  и  $IC$  (коэффициент корреляции 0.906),  $Inv$  и  $P$  (коэффициент корреляции 0.81),  $Ind$  и  $P$  (коэффициент корреляции 0.954),  $F$  и  $P$  (коэффициент корреляции 0.842),  $F$  и  $Inv$  (коэффициент корреляции 0.911), то есть данные коэффициенты могут быть коллинеарными.

Множественный коэффициент корреляции составляет:

$$R_{yx1x2} = 0.999.$$

Высокая связь всего набора факторов с результатом отображается посредством коэффициента множественной корреляции.

Нескорректированный коэффициент множественной детерминации  $R_{yx1x2}^2 = 0.999$  (поле « $R$ -квадрат»). Это говорит о том, что 99.9% вариации результата объясняется вариацией представленных в уравнении факторов.

Скорректированный коэффициент множественной детерминации равен:

$$Rkopp^2 = 0.999.$$

Скорректированный коэффициент детерминации практически равен 1, то есть уравнение регрессии объясняет вариацию средней выработки 1 работника.

Оценим значимость уравнения множественной регрессии по  $F$ -критерию Фишера:

$$F_{набл} = 20284.57.$$

Табличное значение критерия при уровне значимости  $\alpha = 0.05$  и  $k_1 = m = 8$ ,  $k_2 = n - m - 1 = 11 - 8 - 1 = 2$ :

$$F_{табл} = F(0.05; 8; 2) = 19.37.$$

Так как  $F_{табл} < F_{набл}$ , то с вероятностью 95% делаем заключение о значимости уравнения регрессии и коэффициента множественной детерминации.

Целесообразность включения в модель множественной регрессии факторов  $x_i$  после анализа влияния остальных факторов оценивается с помощью частных  $F$ -критериев Фишера. Имеем для фактора  $x_1$

$$F_{x_1} = 243295.01, R^2 \langle x_1, x_n \rangle = 0.0005.$$

Критическое значение:  $F_{кр}(k_1 = 7; k_2 = 3) = 8.88$ .

$F_{x_1} > 8.88$ , следовательно, фактор  $x_1$  целесообразно включать в модель после введения факторов  $x_j$ ;

$$F_{x_2} = 903.42, R^2 \langle x_2, x_n \rangle = 0.996,$$

$F_{x_2} > 8.88$ , следовательно, фактор  $x_2$  целесообразно включать в модель после введения факторов  $x_j$ ;

$$F_{x_3} = -234.44, R^2 \langle x_3, x_n \rangle = 1.0,$$

$F_{x_3} < 8.88$ , следовательно, фактор  $x_3$  нецелесообразно включать в модель после введения факторов  $x_j$ ;

$$F_{x_4} = 1094.44, R^2 \langle x_4, x_n \rangle = 0.995,$$

$F_{x_4} > 8.88$ , следовательно, фактор  $x_4$  целесообразно включать в модель после введения факторов  $x_j$ ;

$$F_{x_5} = -293.29, R^2 \langle x_5, x_n \rangle = 1.0,$$

$F_{x_5} < 8.88$ , следовательно, фактор  $x_5$  нецелесообразно включать в модель после введения факторов  $x_j$ ;

$$F_{x_6} = 925.69, R^2 \langle x_6, x_n \rangle = 0.996,$$

$F_{x_6} > 8.88$ , следовательно, фактор  $x_6$  целесообразно включать в модель после введения факторов  $x_j$ ;

$$F_{x_7} = 141.37, R^2 \langle x_7, x_n \rangle = 0.999,$$

$F_{x_7} > 8.88$ , следовательно, фактор  $x_7$  целесообразно включать в модель после введения факторов  $x_j$ ;

$$F_{x_8} = -2417.53, R^2 \langle x_8, x_n \rangle = 1.0,$$

$F_{x_8} < 8.88$ , следовательно, фактор  $x_8$  нецелесообразно включать в модель после введения факторов  $x_j$ ;

Построим уравнение множественной регрессии с учетом факторов, которые целесообразно включать в модель для нижегородского индустриального инновационного кластера, то есть с учетом  $Q$ ,  $IC$ ,  $P$ ,  $Inv$  и  $Ind$ . Для этого вновь ис-

пользуем инструмент «Регрессия» пакета «Анализ данных». Факторы выбраны как наиболее тесно связанные с результирующей переменной.

Получаем уравнение множественной регрессии:

$$y = 1459.99 - 0.02Q + 0.001IC - 0.004P + 0.0005Inv + 152.4Ind + u + \varepsilon.$$

Построенное уравнение множественной регрессии на 99% объясняет вариацию средней выработки 1 работника вариацией указанных факторов. Данное уравнение множественной регрессии является значимым.

### Заключение

На основе проведенного исследования можно сделать вывод, что полученные модели множественной регрессии для нижегородского индустриального инновационного кластера и международного IT-кластера Нижегородской области являются адекватными и реально отражают экономическое развитие и экономико-инновационный потенциал кластеров, о чем свидетельствуют коэффициенты корреляции и значения *F*-критерия Фишера. Однако в процессе анализа были выявлены факторы, которые нецелесообразно включать в модели множественной регрессии, так как они незначительно влияют на результирующий признак (среднюю выработку 1 работника). В результате этого были построены модели множественной регрессии с учетом наиболее значимых факторов и дана оценка адекватности данных моделей. Таким образом, можно сделать вывод, что построенные модели множественной регрессии являются адекватными, их можно использовать для оценки экономического развития и экономико-инновационного потенциала соответствующих кластеров не только Нижегородской области, но и России в целом, что подтверждает необходимость, целесообразность и практическое значение данного исследования.

### Список литературы

1. Карпова Д.П. Применение кластерного подхода в управлении региональной экономикой // Региональная экономика и управление [Электрон. науч. журн.]. 2017. № 4.
2. Костригин Р.В. Совершенствование методов оценки инновационного развития территориальных кластеров // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2018. Т. 8. № 7А. С. 70–80.
3. Вертакова Ю.В., Хлынин М.Ю. Создание и развитие промышленных кластеров // Техно-технологические проблемы сервиса. 2014. № 1 (27). С. 92–99.
4. Пилипенко И.В. Кластеры и территориально-производственные комплексы в региональном развитии // Региональное развитие и региональная поли-

тика России в переходный период / Под общ. ред. С.С. Артоболевского, О.Б. Глезер. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. С. 191–208.

5. Никитина М.Е. Сравнительный анализ моделей формирования инновационных кластеров и обоснование условий их применения в российских регионах: Маг. дис. ... М., 2016. 92 с.

6. Челноков И.В., Герасимов Б.И., Быковский В.В. Региональная экономика: организационно-экономический механизм управления ресурсами развития региона. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2016. 112 с.

7. Трифилова А.А. Оценка эффективности инновационного развития предприятия. М.: Финансы и статистика, 2015. 304 с.

8. Яшин С.Н., Трифионов Ю.В., Кошелев Е.В. Инвестиционный механизм создания кластера в регионе с использованием технологий мультипликаторов и реальных опционов // Управление экономическими системами [Электрон. науч. журн.]. 2015. № 10 (82). С. 14.

9. Туккель И.Л., Яшин С.Н., Кошелев Е.В., Макаров С.А. Экономика и финансовое обеспечение инновационной деятельности: Учебное пособие. СПб.: БХВ – Петербург, 2011. 240 с.

10. Далинчук Н.С. Согласование экономических и управленческих аспектов в эффективной деятельности кластера: Дис. ... канд. экон. наук. Курск, 2010. 203 с.

11. Бухонова С.М., Дорошенко Ю.А., Слабинская И.А., Шаповалова Т.А. Методика оценки и способы повышения эффективности использования инновационного потенциала организации: Монография. Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. 133 с.

12. Шумпетер Й. Теория экономического развития: Пер. с англ. М.: Директ медиа Пабблишинг, 2008. 401 с.

13. Блудова С.Н. Региональные кластеры как способ управления внешнеэкономическим комплексом региона // Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета. Серия: Экономика. 2004. № 2 (13). С. 13.

14. Правительство Российской Федерации. Стратегия-2020: Новая модель роста – новая социальная политика // Промежуточный доклад о результатах экспертной работы по актуальным проблемам социально-экономической стратегии России на период до 2020 года [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://kommersant.ru/content/pics/doc/doc1753934.pdf> (дата обращения: 20.04.2016). (Актуальный закон).

15. Федеральная служба государственной статистики. Регионы России. Социально-экономические показатели за 2016 год [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc\\_1138\\_623506156](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1138_623506156) (дата обращения: 20.04.2016).

16. Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». Индикаторы инновационной деятельности: 2017 [Электронный ресурс]. Статистический сборник. М., 2017. 329 с. Режим доступа: <http://www.hse.ru/primarydata/in2017>.

17. Щекотурова С.Д. Совершенствование методов оценки уровня инновационного развития про-

мышленных предприятий: Дис. ... канд. экон. наук. СПб., 2017. 211 с.

18. Скворцов Е.Н. Формирование организационной структуры управления промышленным кластером: Дис. ... канд. экон. наук. Саранск, 2017. 180 с.

19. Бабкин А.В., Мошков А.А., Новиков А.О. Анализ методов, моделей оценки инновационного потенциала промышленного кластера // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2012. № 4 (151). С. 84–90.

**APPLICATION OF THE MULTIPLE REGRESSION MODEL  
FOR ESTIMATING ECONOMIC DEVELOPMENT OF TERRITORIAL CLUSTERS  
IN THE NIZHNY NOVGOROD REGION**

*R.V. Kostigin, S.N. Yashin*

Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod

The key objective of the article is to study the possibility of applying the multiple regression model to assess the effectiveness of economic development and the economic innovation potential of territorial clusters in the Nizhny Novgorod region. In accordance with this goal, multiple regression models for the Nizhny Novgorod industrial innovation cluster and the international IT cluster of the Nizhny Novgorod region are constructed. We also identify some factors that have little impact on the result and therefore should not be included in the evaluation model. In the process of research, the empirical method of research based on the analysis of the obtained data on economic activity and the effective econometric method of multiple regression model are used. As a result of the study, reliable information was obtained about the possibility of using the multiple regression model as a tool for assessing the effectiveness of economic development and the economic innovation potential of territorial clusters.

*Keywords:* regional development, development of industrial clusters, economic development; territorial clusters, methods of efficiency assessment.