ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

DOI: 10.26794/2587-5671-2024-28-2-112-127
УДК 330.42(045)
JEL C38, C65

Модифицированная методика цепных подстановок как альтернатива интегральному методу экономического анализа

Ю.В. Кириллов
Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск, Россия

АННОТАЦИЯ

Цель исследования — разработать модифицированную методику цепных подстановок, которая основана на использовании среднеарифметической суммы результатов влияния каждого фактора на интересующий показатель с учетом приоритета каждого фактора во всех возможных вариантах. При этом с точки зрения точности результаты, получаемые с помощью модифицированной методики, практически не отличаются от результатов интегрального метода, однако превосходят его в плане использования более простого математического аппарата. **Актуальность** работы определяется тем, что в современных экономических условиях (заметно возросшая инфляция, проблемы с ценами на энергоносители) особенно значимым становится вопрос применения методов детерминированного факторного анализа расходов и доходов с целью возможно более точного определения размера влияния каждого фактора на конкретный экономический показатель. Однако применяемый в подавляющем большинстве случаев для детерминированного факторного анализа метод цепных подстановок уступает по точности интегральному методу. **Научная новизна** работы заключается в том, что автор использует строгие математические доказательства совпадения точности результатов модифицированной методики и интегрального метода для различных типов детерминированных факторных моделей (аддитивных, мультипликативных, кратных), которые подкрепляются реальными практическими расчетами. **Выводы**: предлагаемая модифицированная методика цепных подстановок в силу своей математической простоты и доказанной точности получаемых результатов может иметь самое широкое применение в реальных практических расчетах с использованием методов экономического анализа, особенно с учетом компьютерной реализации алгоритмов, разработанных в данной методике.

Ключевые слова: факторный анализ; метод цепных подстановок; интегральный метод; модифицированная методика

Для цитирования: **Кириллов Ю.В. Модифицированная методика цепных подстановок как альтернатива интегральному методу экономического анализа. *Финансы: теория и практика.* 2024;28(2):112-127. DOI: 10.26794/2587-5671-2024-28-2-112-127**

ORIGINAL PAPER

Modified Method of Chain Substitutions as an Alternative to the Integral Method of Economic Analysis

Yu.V. Kirillov
Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia

ABSTRACT

The **aim** is to present the results of the development of a modified method of chain substitutions, which is based on the use of the arithmetic mean sum of the results of the influence of each factor on the indicator of interest, taking into account the priority of each factor in all possible variants. At the same time, from the point of view of accuracy, the results obtained using the modified technique practically do not differ from the results of the integral method, however, they exceed it in terms of using a simpler mathematical apparatus. The **relevance** of the work is determined by the fact that in modern economic conditions (noticeably increased inflation, problems with energy prices), the issue of applying methods of deterministic factor analysis of expenses and incomes becomes especially significant in order to determine the size of the impact of each factor on a specific economic indicator as accurately as possible. However, the chain substitution method used in the vast majority of cases for deterministic factor analysis is inferior in accuracy to the integral method. The **scientific novelty** of the work lies in the fact that the author uses strict mathematical proofs of the coincidence of

the accuracy of the results of the modified methodology and the integral method for various types of deterministic factor models (additive, multiplicative, multiple), which are supported by real practical calculations. **Conclusions**: the proposed modified method of chain substitutions, due to its mathematical simplicity and proven accuracy of the results obtained, can be widely used in real practical calculations using methods of economic analysis, especially taking into account the computer implementation of algorithms developed in this technique.
Keywords: factor analysis; the method of chain substitutions; integral method; modified methodology

For citation: **Kirillov Yu.V. Modified method of chain substitutions as an alternative to the integral method of economic analysis. *Finance: Theory and Practice.* 2024;28(2):112-127. DOI: 10.26794/2587-5671-2024-28-2-112-127**

ВВЕДЕНИЕ

Последние политические события, конфликт с Украиной, многочисленные санкции Запада против России, проблемы в энергетической сфере уже вызвали и, наверняка, еще вызовут серьезные изменения в экономической жизни не только отдельных стран, но уже целых континентов.

Неизбежное повышение цен из-за нехватки ресурсов, стремительно растущая инфляция вызывают совершенно естественное желание не столько сократить расходы, сколько определить за счет изменения каких факторов происходит наибольшая доля увеличения расходной части интересующего экономического показателя [1–11].

Все эти примеры показывают, что из всех методов экономического анализа сейчас наибольшее значение приобретает метод детерминированного факторного анализа, который позволит количественно определить влияние отдельных факторов на интересующий результативный показатель. Совершенно очевидно, что желание определить влияние факторов на результат наиболее точно является вполне обоснованным, особенно в нынешних непростых условиях. Именно поэтому следует внимательно отнестись к выбору метода факторного анализа, который позволит достичь поставленной цели: точного определения влияния каждого фактора на экономический показатель [12–19].

Чаще всего на практике используется метод цепных подстановок (МЦП). Это объясняется его математической простотой и доступностью. Однако МЦП имеет и существенный недостаток: размер влияния каждого фактора на результат будет сильно зависеть, по сути дела, от выбранного порядка изменения аргументов в факторной модели показателя [20]. С теоретической точки зрения точное количественное определение влияния факторов на результат можно получить с помощью использования интегрального метода (ИМ) [20], однако с математической точки зрения он является достаточно сложным.

Отсюда возникает идея постановки задачи в данной работе — разработать такой метод факторного анализа, который:

1) с одной стороны, обладал бы достаточной точностью оценки влияния фактора на результат;

2) а с другой стороны, был бы достаточно простым с точки зрения его математического инструментария.

Следует отметить, что в работах В. Митева [21, 22] была сделана попытка решения такой задачи, однако, с нашей точки зрения, ей недостает математически строгой оценки точности получаемых результатов в сравнении с классическим ИМ.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В практике применения экономического анализа наиболее часто используются аддитивные, мультипликативные и кратные факторные модели. Это наиболее ярко проявляется в финансовом анализе форм бухгалтерской отчетности. Например, выражения

$$\text{В} - \text{С} = \text{П}_{\text{вал.}}$$

или

$$\text{В} - \text{С} - \text{КР} - \text{УР} = \text{П}_{\text{прод.}}$$

где $\text{П}_{\text{вал.}}$ и $\text{П}_{\text{прод.}}$ — прибыль валовая и от продаж; В, С, КР, УР — выручка, себестоимость, коммерческие и управленческие расходы представляют аддитивные модели.

В свою очередь, выражение для выручки

$$\text{В} = p \cdot Q,$$

где p — цена продукции; Q — ее объем — пример мультипликативной модели.

Выражения для различных видов рентабельности (R):

$$R = \frac{\text{П}}{\text{В}},$$

где П — различные виды прибыли, представляют примеры кратных факторных моделей.

Таким образом, для достижения поставленных в работе целей необходимо сравнить результаты факторного анализа для всех упомянутых выше моделей по МЦП с аналогичными результатами по ИМ с точки зрения полученной точности.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

1. Рассмотрим аддитивную модель для двухфакторного показателя

$$F_1 = f_1(A,B) = A + B\,. \tag{1}$$

Проведем факторный анализ по МЦП с *приоритетом фактора* A*, т.е. когда первым в цепи подстановок в модели (1) используется изменение фактора А*. Тогда изменение показателя F_1 будет определяться как

$$\Delta F_{1\,\text{МЦП}}^{A} = \Delta F_{1\,\text{МЦП}}^{A}(\Delta A) + \Delta F_{1\,\text{МЦП}}^{A}(\Delta B),$$

где $\Delta F_{1\,\text{МЦП}}^{A}$ — общее изменение показателя F_1 с приоритетом показателя A;

$\Delta F_{1\,\text{МЦП}}^{A}(\Delta A)$ — изменение показателя F_1 за счет изменения фактора A;

$\Delta F_{1\,\text{МЦП}}^{A}(\Delta B)$ — изменение показателя F_1 за счет изменения фактора B.

Тогда, по правилам метода МЦП [20], получим:

$$\Delta F_{1\,\text{МЦП}}^{A}(\Delta A) = (A_1 - B_0) - (A_0 - B_0) = A_1 - A_0\,, \tag{2}$$

$$\Delta F_{1\,\text{МЦП}}^{A}(\Delta B) = (A_1 - B_1) - (A_1 - B_0) = B_0 - B_1\,, \tag{3}$$

где индекс 0 определяет значение фактора в базовом периоде, а индекс 1 — в текущем.

Теперь проведем факторный анализ (1) тем же методом (МЦП) *с приоритетом фактора В, когда первым в цепи подстановок в модели (1) используется изменение фактора В*. Тогда изменение показателя F_1 будет определяться как

$$\Delta F_{1\,\text{МЦП}}^{B} = \Delta F_{1\,\text{МЦП}}^{B}(\Delta B) + \Delta F_{1\,\text{МЦП}}^{B}(\Delta A),$$

где

$$\Delta F_{1\,\text{МЦП}}^{B}(\Delta B) = (A_0 - B_1) - (A_0 - B_0) = B_0 - B_1\,, \tag{4}$$

$$\ddot{A}F_{1\,\text{МЦП}}^{B}(\ddot{A}A) = (A_1 - B_1) - (A_0 - B_1) = A_1 - A_0\,. \tag{5}$$

Сравнивая (2) и (5), а также (3) и (4), очевидно, что результаты, полученные с помощью МЦП для обоих факторов в обоих вариантах, абсолютно совпадают, поэтому применение ИМ здесь не требуется.

2. Рассмотрим теперь мультипликативную модель для двухфакторного показателя. Применение МЦП для такой модели:

$$F_2 = f_2(A,B) = A \cdot B \tag{6}$$

с приоритетом фактора A приводит к результату:

$$\Delta F_{2\,\text{МЦП}}^{A} = \Delta F_{2\,\text{МЦП}}^{A}(\Delta A) + \Delta F_{2\,\text{МЦП}}^{A}(\Delta B),$$

$$\Delta F_{2\,\text{МЦП}}^{A}(\Delta A) = (A_1 \cdot B_0) - (A_0 \cdot B_0) = (A_1 - A_0) \cdot B_0\,, \tag{7}$$

$$\Delta F_{2\,\text{МЦП}}^{A}(\Delta B) = (A_1 \cdot B_1) - (A_1 \cdot B_0) = A_1 \cdot (B_1 - B_0)\,. \tag{8}$$

Однако применение МЦП к модели (6) с приоритетом фактора B дает совершенно другой результат:

$$\Delta F_{2\,\text{МЦП}}^{\,B} = \Delta F_{2\,\text{МЦП}}^{\,B}(\mathrm{D}B) + \Delta F_{2\,\text{МЦП}}^{\,B}(\mathrm{D}A),$$

$$\Delta F_{2\,\text{МЦП}}^{\,B}(\mathrm{D}B) = (B_1 \cdot A_0) - (B_0 \cdot A_0) = (B_1 - B_0)\cdot A_0, \tag{9}$$

$$\Delta F_{2\,\text{МЦП}}^{\,B}(\mathrm{D}A) = (B_1 \cdot A_1) - (B_1 \cdot A_0) = B_1 \cdot (A_1 - A_0). \tag{10}$$

Сравнение (7) и (10), (8) и (9) отражает тот самый существенный недостаток МЦП, о котором говорилось выше — размер влияния фактора на показатель будет сильно зависеть от *выбранного приоритета (по сути, порядка изменения) фактора в модели показателя*.

Размер влияния каждого фактора на показатель, вычисленный по правилам ИМ [20] в применении к модели (6), дает следующий результат:

$$\Delta F_{2\,\text{ИМ}}(\Delta A) = B_0 \cdot (A_1 - A_0) + \frac{(A_1 - A_0)\cdot(B_1 - B_0)}{2} = \frac{(A_1 - A_0)\cdot(B_0 + B_1)}{2}, \tag{11}$$

$$\Delta F_{2\,\text{ИМ}}(\Delta B) = A_0 \cdot (B_1 - B_0) + \frac{(A_1 - A_0)\cdot(B_1 - B_0)}{2} = \frac{(B_1 - B_0)\cdot(A_0 + A_1)}{2}. \tag{12}$$

Докажем, что результаты, полученные с помощью использования ИМ, совпадают со среднеарифметической суммой результатов, полученных с помощью МЦП с использованием приоритета обоих факторов. Тогда

$$\left[\Delta F_{2\,\text{МЦП}}^{\,A}(\Delta A) + \Delta F_{2\,\text{МЦП}}^{\,B}(\Delta A)\right]\cdot\frac{1}{2} = \frac{(A_1 - A_0)\cdot B_0 + B_1\cdot(A_1 - A_0)}{2} = \\ = \frac{(A_1 - A_0)\cdot(B_0 + B_1)}{2}. \tag{13}$$

При сравнении (11) и (13) можно сделать однозначный вывод, что

$$\Delta F_{2\,\text{ИМ}}(\Delta A) = \left[\Delta F_{2\,\text{МЦП}}^{\,A}(\Delta A) + \Delta F_{2\,\text{МЦП}}^{\,B}(\Delta A)\right]\cdot\frac{1}{2}.$$

Аналогичным образом можно определить, что

$$\left[\Delta F_{2\,\text{МЦП}}^{\,A}(\Delta B) + \Delta F_{2\,\text{МЦП}}^{\,B}(\Delta B)\right]\cdot\frac{1}{2} = \frac{A_1\cdot(B_1 - B_0) + (B_1 - B_0)\cdot A_0}{2} = \\ = \frac{(B_1 - B_0)\cdot(A_0 + A_1)}{2}. \tag{14}$$

Тогда, сравнивая (12) и (14), можно сделать такой же однозначный вывод, что

$$\Delta F_{2\,\text{ИМ}}(\Delta B) = \left[\Delta F_{2\,\text{МЦП}}^{\,A}(\Delta B) + \Delta F_{2\,\text{МЦП}}^{\,B}(\Delta B)\right]\cdot\frac{1}{2}.$$

Таким образом, результаты факторного анализа двухфакторной мультипликативной модели, полученные с помощью использования ИМ*, совпадают со среднеарифметической суммой результатов, полученных для той же модели с помощью* МЦП *в обоих вариантах экономического анализа, в каждом из которых используется приоритет определенного фактора.*

3. Рассмотрим далее применение обоих методов экономического анализа (МЦП и ИМ) для факторного анализа трехфакторной мультипликативной модели

$$F_3 = f_3(A, B, C) = A \cdot B \cdot C. \tag{15}$$

Очевидно, что количество приоритетных вариантов, определяющих порядок влияния факторов *A, B* и *C* на показатель F_3, будет равно количеству перестановок факторов в записи модели (15). Из комбинаторики известно, что это количество равно $n!$, где *n* — число факторов, поэтому число приоритетных вариантов для модели (15) будет $3!=6$. Тогда

$$F_3 = A\cdot B\cdot C = A\cdot C\cdot B = B\cdot A\cdot C = B\cdot C\cdot A = C\cdot A\cdot B = C\cdot B\cdot A. \tag{16}$$

Методика сравнения результатов, полученных по МЦП и по ИМ, будет заключаться в следующем:

1) сначала проведем факторный анализ модели (15) по МЦП для каждого из шести вариантов с приоритетом, например фактора *A*, чтобы определить среднеарифметическую сумму результатов влияния изменений фактора *A* на показатель F_3

$$\begin{aligned}\overline{\Delta F_{3\,\text{МЦП}}(\Delta A)} = \big[&\Delta F_{3\,\text{МЦП}}^{A}(A,B,C)+\Delta F_{3\,\text{МЦП}}^{A}(A,C,B)+\Delta F_{3\,\text{МЦП}}^{A}(B,A,C)+\\ &+\Delta F_{3\,\text{МЦП}}^{A}(B,C,A)+\Delta F_{3\,\text{МЦП}}^{A}(C,A,B)+\Delta F_{3\,\text{МЦП}}^{A}(C,B,A)\big]\cdot\frac{1}{6};\end{aligned} \tag{17}$$

2) проведем факторный анализ модели (15) по ИМ, чтобы определить результат изменение показателя F_3 при изменении того же фактора *A*: $\Delta F_{3\,\text{ИМ}}(\Delta A)$;

3) полученный результат необходимо сравнить с $\overline{\Delta F_{3\,\text{МЦП}}(\Delta A)}$ и проверить выполнение равенства

$\Delta F_{3\,\text{ИМ}}(\Delta A) = \overline{\Delta F_{3\,\text{МЦП}}(\Delta A)}$?

Определим влияние фактора *A* на показатель F_3 в каждом из вариантов (16):

$$\Delta F_{3\,\text{МЦП}}^{A}(A,B,C) = A_1\cdot B_0\cdot C_0 - A_0\cdot B_0\cdot C_0 = (A_1-A_0)\cdot B_0\cdot C_0 = \Delta A\cdot B_0\cdot C_0,$$

$$\Delta F_{3\,\text{МЦП}}^{A}(A,C,B) = A_1\cdot C_0\cdot B_0 - A_0\cdot C_0\cdot B_0 = (A_1-A_0)\cdot C_0\cdot B_0 = \Delta A\cdot C_0\cdot B_0,$$

$$\Delta F_{3\,\text{МЦП}}^{A}(B,A,C) = B_1\cdot A_1\cdot C_0 - B_1\cdot A_0\cdot C_0 = (A_1-A_0)\cdot B_1\cdot C_0 = \Delta A\cdot B_1\cdot C_0,$$

$$\Delta F_{3\,\text{МЦП}}^{A}(B,C,A) = B_1\cdot C_1\cdot A_1 - B_1\cdot C_1\cdot A_0 = (A_1-A_0)\cdot B_1\cdot C_1 = \Delta A\cdot B_1\cdot C_1,$$

$$\Delta F_{3\,\text{МЦП}}^{A}(C,A,B) = C_1\cdot A_1\cdot B_0 - C_1\cdot A_0\cdot B_0 = (A_1-A_0)\cdot C_1\cdot B_0 = \Delta A\cdot C_1\cdot B_0,$$

$$\Delta F_{3\,\text{МЦП}}^{A}(C,B,A) = C_1\cdot B_1\cdot A_1 - C_1\cdot B_1\cdot A_0 = (A_1-A_0)\cdot C_1\cdot B_1 = \Delta A\cdot C_1\cdot B_1.$$

Несложные преобразования при использовании полученных результатов в (17) приводят к определению среднеарифметической суммы результатов влияния изменений фактора *A* на показатель F_3 во всех вариантах (16) с приоритетом фактора *A*:

$$\begin{aligned}\overline{\Delta F_{3\,\text{МЦП}}(\Delta A)} = \big[&\Delta A\cdot B_0\cdot C_0 + \Delta A\cdot C_0\cdot B_0 + \Delta A\cdot B_1\cdot C_0 + \Delta A\cdot B_1\cdot C_1 +\\ &+\Delta A\cdot C_1\cdot B_0 + \Delta A\cdot C_1\cdot B_1\big]\cdot\frac{1}{6} =\\ =\frac{1}{6}\cdot\Delta A\cdot B_1\cdot C_0 &+ \frac{1}{6}\cdot\Delta A\cdot C_1\cdot B_0 + \frac{1}{3}\cdot\Delta A\cdot C_1\cdot B_1 + \frac{1}{3}\cdot\Delta A\cdot B_0\cdot C_0.\end{aligned} \tag{18}$$

Определим теперь изменение показателя F_3 при изменении того же фактора *A* с помощью ИМ, используя правила факторного анализа этого метода [20] в применении к модели (15):

$$\Delta F_{3\,\text{ИМ}}(\Delta A) = \frac{1}{2}\cdot\Delta A\cdot(B_1\cdot C_0 + B_0\cdot C_1) + \frac{1}{3}\cdot\Delta A\cdot\Delta B\cdot\Delta C.$$

Используя в последнем равенстве замены

$$\Delta A = A_1 - A_0; \quad \Delta B = B_1 - B_0; \quad \Delta C = C_1 - C_0; \tag{19}$$

раскрыв в нем скобки и приведя подобные, получим окончательный результат:

$$\Delta F_{3\,\text{ИМ}}(\Delta A) = \frac{1}{6}\cdot \Delta A \cdot B_1 \cdot C_0 + \frac{1}{6}\cdot \Delta A \cdot C_1 \cdot B_0 + \frac{1}{3}\cdot \Delta A \cdot C_1 \cdot B_1 + \frac{1}{3}\cdot \Delta A \cdot B_0 \cdot C_0, \tag{20}$$

который полностью совпадает с результатом (18).

Пользуясь той же самой методикой, определим влияние фактора B на показатель F_3 с использованием МЦП в каждом из вариантов (16):

$$\Delta F_{3\,\text{МЦП}}^{\,B}(A,B,C) = (B_1 - B_0)\cdot A_1 \cdot C_0 = \Delta B \cdot A_1 \cdot C_0,$$

$$\Delta F_{3\,\text{МЦП}}^{\,B}(A,C,B) = (B_1 - B_0)\cdot A_1 \cdot C_1 = \Delta B \cdot A_1 \cdot C_1,$$

$$\Delta F_{3\,\text{МЦП}}^{\,B}(B,A,C) = (B_1 - B_0)\cdot A_0 \cdot C_0 = \Delta B \cdot A_0 \cdot C_0,$$

$$\Delta F_{3\,\text{МЦП}}^{\,B}(B,C,A) = (B_1 - B_0)\cdot C_0 \cdot A_0 = \Delta B \cdot C_0 \cdot A_0,$$

$$\Delta F_{3\,\text{МЦП}}^{\,B}(C,A,B) = (B_1 - B_0)\cdot C_1 \cdot A_1 = \Delta B \cdot C_1 \cdot A_1,$$

$$\Delta F_{3\,\text{МЦП}}^{\,B}(C,B,A) = (B_1 - B_0)\cdot C_1 \cdot A_0 = \Delta B \cdot C_1 \cdot A_0.$$

Тогда среднеарифметическая сумма влияния изменений фактора B на показатель F_3:

$$\overline{\Delta F_{3\,\text{МЦП}}(\Delta B)} = \frac{1}{6}\cdot \Delta B \cdot A_1 \cdot C_0 + \frac{1}{6}\cdot \Delta B \cdot C_1 \cdot A_0 + \frac{1}{3}\cdot \Delta B \cdot A_1 \cdot C_1 + \frac{1}{3}\cdot \Delta B \cdot A_0 \cdot C_0. \tag{21}$$

Изменение показателя F_3 при изменении того же фактора B с помощью ИМ:

$$\Delta F_{3\,\text{ИМ}}(\Delta B) = \frac{1}{2}\cdot \Delta B \cdot \left(A_0 \cdot C_1 + A_1 \cdot C_0\right) + \frac{1}{3}\cdot \Delta A \cdot \Delta B \cdot \Delta C.$$

Используя в последнем равенстве замены (19) и соответствующие преобразования, получим:

$$\Delta F_{3\,\text{ИМ}}(\Delta B) = \frac{1}{6}\cdot \Delta B \cdot A_1 \cdot C_0 + \frac{1}{6}\cdot \Delta B \cdot C_1 \cdot A_0 + \frac{1}{3}\cdot \Delta B \cdot A_1 \cdot C_1 + \frac{1}{3}\cdot \Delta B \cdot A_0 \cdot C_0, \tag{22}$$

который полностью совпадает с результатом (21).

Точно так же определяется влияние фактора C на показатель F_3 с использованием МЦП в каждом из вариантов (16):

$$\Delta F_{3\,\text{МЦП}}^{\,C}(A,B,C) = \Delta C \cdot A_1 \cdot B_1; \; \Delta F_{3\,\text{МЦП}}^{\,C}(A,C,B) = \Delta C \cdot A_1 \cdot B_0; \; \Delta F_{3\,\text{МЦП}}^{\,C}(B,A,C) = \Delta C \cdot B_1 \cdot A_1;$$

$$\Delta F_{3\,\text{МЦП}}^{\,C}(B,C,A) = \Delta C \cdot B_1 \cdot A_0; \; \Delta F_{3\,\text{МЦП}}^{\,C}(C,A,B) = \Delta C \cdot A_0 \cdot B_0; \; \Delta F_{3\,\text{МЦП}}^{\,C}(C,A,B) = \Delta C \cdot B_0 \cdot A_0$$

и среднеарифметическая сумма влияния изменений фактора C на показатель F_3:

$$\overline{\Delta F_{3\,\text{МЦП}}(\Delta C)} = \frac{1}{6}\cdot \Delta C \cdot A_1 \cdot B_0 + \frac{1}{6}\cdot \Delta C \cdot B_1 \cdot A_0 + \frac{1}{3}\cdot \Delta C \cdot A_1 \cdot B_1 + \frac{1}{3}\cdot \Delta C \cdot A_0 \cdot B_0. \tag{23}$$

Изменение показателя F_3 при изменении того же фактора C с помощью ИМ:

$$\Delta F_{3\,\text{ИМ}}(\Delta C)=\frac{1}{2}\cdot\Delta C\cdot\left(A_0\cdot B_1+A_1\cdot B_0\right)+\frac{1}{3}\cdot\Delta A\cdot\Delta B\cdot\Delta C\,,$$

с использованием замены (19) и соответствующих преобразований приводится к виду:

$$\Delta F_{3\,\text{ИМ}}(\Delta C)=\frac{1}{6}\cdot\Delta C\cdot A_1\cdot B_0+\frac{1}{6}\cdot\Delta C\cdot B_1\cdot A_0+\frac{1}{3}\cdot\Delta C\cdot A_1\cdot B_1+\frac{1}{3}\cdot\Delta C\cdot A_0\cdot B_0\,, \tag{24}$$

который полностью совпадает с результатом (23).

Сравнивая результаты (18) и (20), (21) и (22), (23) и (24), можно сделать однозначный вывод — для трехфакторной мультипликативной модели получаем тот же результат, что и для двухфакторной модели: среднеарифметическая сумма результатов влияния изменений определенного фактора на показатель F_3 во всех приоритетных вариантах с использованием МЦП совпадает с изменением показателя F_3 при изменении того же фактора с использованием ИМ.

Используя аналогичную методику для мультипликативных моделей с четырмя и более факторами, очевидно, придем к такому же выводу, что сделан выше. Это означает, что в практических расчетах экономического анализа мультипликативных моделей сложный алгоритм интегрального метода можно с успехом заменить гораздо более простой, рассмотренной выше, модифицированной методикой цепных подстановок.

4. Рассмотрим далее использование методики, приведенной в п. 3 настоящей работы, для сравнения результатов влияния факторов на показатель по обоим методам, полученных при анализе двухфакторной кратной модели. Как правило, такая модель используется для оценки эффективности финансово-хозяйственной деятельности с помощью показателя рентабельности.

Запишем показатель рентабельности валовой в форме:

$$R_{\text{вал.}}=\frac{\text{П}_{\text{вал.}}}{\text{С}}=\frac{\text{В-С}}{\text{В}}=1-\frac{\text{С}}{\text{В}}=R_{\text{вал.}}=f\,(\text{С},\text{В}), \tag{25}$$

чтобы использовать только независимые факторы. Определим влияние фактора С на показатель $R_{\text{вал.}}$ по МЦП с приоритетом фактора С:

$$\Delta R^{\text{C}}_{\text{вал. МЦП}}(\Delta\text{C})=\left(1-\frac{C_1}{\text{B}_0}\right)-\left(1-\frac{\text{C}_0}{\text{B}_0}\right)=\frac{\text{C}_0\text{-C}_1}{\text{B}_0}$$

и с приоритетом фактора В

$$\Delta R^{\text{B}}_{\text{вал. МЦП}}(\Delta\text{C})=\left(1-\frac{\text{C}_1}{\text{B}_1}\right)-\left(1-\frac{\text{C}_0}{\text{B}_1}\right)=\frac{\text{C}_0\text{-C}_1}{\text{B}_1}.$$

Определим теперь влияние фактора С на показатель $R_{\text{вал.}}$ по правилам ИМ [20] в применении к модели (25):

$$\Delta R_{\text{вал. ИМ}}(\Delta\text{C})=\frac{\text{C}_0\text{-C}_1}{\text{B}_1\text{-B}_0}\cdot Ln\left|\frac{\text{B}_1}{\text{B}_0}\right|. \tag{26}$$

Следуя вышеприведенной методике, необходимо сравнить среднеарифметическую сумму влияния изменений фактора С на показатель $R_{\text{вал.}}$ по обоим приоритетным вариантам МЦП

$$\overline{\Delta R_{\text{вал. МЦП}}(\Delta\text{C})}=\left[\Delta R^{\text{C}}_{\text{вал. МЦП}}(\Delta\text{C})+\Delta R^{B}_{\text{вал. МЦП}}(\Delta\text{C})\right]\cdot\frac{1}{2}=\left(\frac{\text{C}_0\text{-C}_1}{\text{B}_0}+\frac{\text{C}_0\text{-C}_1}{\text{B}_1}\right)\cdot\frac{1}{2} \tag{27}$$

с результатом (26).

Преобразуем (27) следующим образом:

$$\overline{\Delta R_{\text{вал. МЦП}}(\Delta \text{C})} = \left(\frac{\text{C}_0\text{-C}_1}{\text{B}_0}+\frac{\text{C}_0\text{-C}_1}{\text{B}_1}\right)\cdot\frac{1}{2} = \frac{\text{C}_0\text{-C}_1}{\text{B}_1\text{-B}_0}\cdot\left(\frac{\text{B}_1\text{-B}_0}{\text{B}_0}+\frac{\text{B}_1\text{-B}_0}{\text{B}_1}\right)\cdot\frac{1}{2} = \tag{28}$$

$$= \frac{\text{C}_0\text{-C}_1}{\text{B}_1\text{-B}_0}\cdot\frac{1}{2}\cdot\left(\frac{\text{B}_1}{\text{B}_0}-\frac{\text{B}_0}{\text{B}_1}\right).$$

Сравнивая выражения (26) и (28), очевидно, что разница в их значениях будет определяться разницей в значениях двух функций: $f_1(x,y) = \frac{1}{2}\cdot\left(\frac{y}{x}-\frac{x}{y}\right)$ и $f_2(x,y) = Ln\frac{y}{x}$, где $x=\text{B}_0$, а $y=\text{B}_1$. Таким образом, с математической точки зрения разница в значениях $\overline{\Delta R_{\text{вал. МЦП}}(\Delta \text{C})}$ и $\Delta R_{\text{вал. ИМ}}(\Delta \text{C})$ будет зависеть от поведения функции $f_1(x,y)$ и функции $f_2(x,y)$ в окрестности определенных точек.

Обозначим $\frac{y}{x}=t$ и разложим функцию $f_1(t)=\frac{1}{2}\cdot\left(t-\frac{1}{t}\right)$ и функцию $f_2(t)=Ln\,t$ в ряд Тейлора в окрестности т. $t_0=\frac{y_0}{x_0}=1$. Поскольку $y_0=\text{B}_1$ и $x_0=\text{B}_0$ определяют значения выручки в текущем и базовом периодах, т.е. окрестность т. $t_0=1$ будет определяться близостью значений B_0 и B_1, что является вполне возможным в большинстве практических случаев реализации формы 2 бухгалтерской отчетности. Тогда по правилам разложения функции в ряд Тейлора [23]:

$$f(t) = f(t_0-1)+\frac{f'(t_0)}{1!}\cdot(t-1)+\frac{f''(t_0)}{2!}\cdot(t-1)^2+\frac{f'''(t_0)}{3!}\cdot(t-1)^3+\frac{f^{(4)}(t_0)}{4!}\cdot(t-1)^4+\ldots,$$

после вычисления производных получим ряд для функции $f_1(t)$:

$$f_1(t)=0+1\cdot(t-1)-\frac{1}{2!}\cdot(t-1)^2+\frac{3}{3!}\cdot(t-1)^3-\frac{12}{4!}\cdot(t-1)^4+\ldots \tag{29}$$

Так же разложим функцию $f_2(t)=Ln\,t$ в ряд Тейлора в окрестности точки $t_0=1$, в результате для функции $f_2(t)$ получим ряд:

$$f_2(t) = 0+1\cdot(t-1)-\frac{1}{2!}\cdot(t-1)^2+\frac{2}{3!}\cdot(t-1)^3-\frac{6}{4!}\cdot(t-1)^4+\ldots \tag{30}$$

Сравнивая выражения (29) и (30), можно однозначно сказать, что незначительная разница в значениях $f_1(t)$ и $f_2(t)$ будет иметь место лишь в четвертом и пятом членах рядов (29) и (30). Отсюда, возвращаясь к сравнению выражений (26) и (28), следует важный экономический вывод: в практических задачах значение $\Delta R_{\text{вал. ИМ}}(\Delta \text{C})$ можно с достаточной степенью точности заменить значением $\overline{\Delta R_{\text{вал. МЦП}}(\Delta \text{C})}$:

$$\Delta R_{\text{вал. ИМ}}(\Delta \text{C}) \cong \overline{\Delta R_{\text{вал. МЦП}}(\Delta \text{C})} = \left[\Delta R^{\text{C}}_{\text{вал. МЦП}}(\Delta \text{C}) + \Delta R^{\text{B}}_{\text{вал. МЦП}}(\Delta \text{C})\right]\cdot\frac{1}{2}.$$

Поскольку по смыслу факторного анализа общее изменение показателя (в данном случае $R_{\text{вал.}}$) определяется как сумма изменений по обоим факторам (независимо от их приоритета).

$$\Delta R_{\text{вал.}} = \Delta R_{\text{вал.}}(\Delta \text{C}) + \Delta R_{\text{вал.}}(\Delta \text{B}) = \Delta R_{\text{вал.}}(\Delta \text{B}) + \Delta R_{\text{вал.}}(\Delta \text{C}),$$

причем $\Delta R_{\text{вал.}}(\Delta\text{С}) = \overline{\Delta R_{\text{вал. МЦП}}(\Delta\text{С})} = \Delta R_{\text{вал. ИМ}}(\Delta\text{С})$, как доказано выше, то результат влияния фактора В на показатель $R_{\text{вал.}}$, определенный с помощью ИМ — $\Delta R_{\text{вал. ИМ}}(\Delta\text{В})$, можно точно так же заменить в практических расчетах на $\overline{\Delta R_{\text{вал. МЦП}}(\Delta\text{В})}$ — среднеарифметическую сумму изменений показателя $R_{\text{вал.}}$ при изменении фактора В по обоим приоритетным вариантам МЦП

$$\Delta R_{\text{вал.}}(\Delta\text{В}) = \overline{\Delta R_{\text{вал. МЦП}}(\Delta\text{В})} = \frac{1}{2}\cdot\left[\Delta R^{\text{В}}_{\text{вал. МЦП}}(\Delta\text{В}) + \Delta R^{\text{С}}_{\text{вал. МЦП}}(\Delta\text{В})\right].$$

Таким образом, общее изменение показателя $R_{\text{вал.}}$ в двухфакторной модели (25) будет определяться суммой

$$\Delta R_{\text{вал.}} = \overline{\Delta R_{\text{вал. МЦП}}(\Delta\text{С})} + \overline{\Delta R_{\text{вал. МЦП}}(\Delta\text{В})}.$$

5. Трехфакторная кратная модель, которая чаще всего используется на практике, представляет собой выражение для рентабельности продаж

$$R_{\text{прод.}} = \frac{\text{В} - \text{С} - \text{КиУР}}{\text{В}}, \tag{31}$$

где КиУР — сумма коммерческих и управленческих расходов. Тогда (31) можно записать в форме

$$R_{\text{прод.}} = 1 - \frac{\text{С}}{\text{В}} - \frac{\text{КиУР}}{\text{В}}. \tag{32}$$

Очевидно, что $1 - \frac{\text{С}}{\text{В}} = R_{\text{вал.}}(\text{С},\text{В})$, а $\left(-\frac{\text{КиУР}}{\text{В}}\right) = f(\text{КиУР},\text{В})$ — функция независимых переменных КиУР и В, поэтому показатель $R_{\text{прод.}}$ можно записать как сумму двух слагаемых

$$R_{\text{прод.}} = R_{\text{вал.}}(\text{С},\text{В}) + f(\text{КиУР},\text{В}),$$

где каждое слагаемое является двухфакторной кратной моделью, экономический анализ которой был подробно рассмотрен в п. 4 раздела «Теоретический анализ» настоящей работы. Следовательно, результат факторного анализа показателя $R_{\text{прод.}}$ будет определяться суммой:

$$\Delta R_{\text{прод.}} = \Delta R_{\text{вал.}} + \Delta f(\text{КиУР},\text{В}), \tag{33}$$

причем каждое из слагаемых (33) представляет среднеарифметическую сумму изменений показателей $R_{\text{вал.}}(C,B)$ и $f(\text{КиУР},B)$ при изменении обоих факторов по обоим приоритетным вариантам МЦП:

$$\Delta R_{\text{прод.}} = \overline{\Delta R_{\text{вал. МЦП}}(\Delta C)} + \overline{\Delta R_{\text{вал. МЦП}}(\Delta B)} + \overline{\Delta f_{\text{МЦП}}(\Delta\text{КиУР})} + \overline{\Delta f_{\text{МЦП}}(\Delta B)},$$

где

$$\overline{\Delta f_{\text{МЦП}}(\Delta\text{КиУР})} = \left[\Delta f^{\text{КиУР}}_{\text{МЦП}}(\Delta\text{КиУР}) + \Delta f^{B}_{\text{МЦП}}(\Delta\text{КиУР})\right]\cdot\frac{1}{2},$$

а

$$\overline{\Delta f_{\text{МЦП}}(\Delta\text{В})} = \left[\Delta f^{B}_{\text{МЦП}}(\Delta\text{В}) + \Delta f^{\text{КиУР}}_{\text{МЦП}}(\Delta\text{В})\right]\cdot\frac{1}{2},$$

как было доказано в п. 4 раздела «Теоретический анализ».

Аналогичным образом можно, очевидно, провести факторный анализ экономических моделей других видов рентабельности, используя при этом математические выражения соответствующих показателей формы 2 финансовой отчетности:

1) рентабельность бухгалтерская (рентабельность до налогообложения):

$$R_{\text{бух.}} = R_{\text{д/нал.}} = \frac{\text{В} - \text{С} - \text{КиУР} + S_{\text{внеш.}}}{\text{В}};$$

2) рентабельность чистая:

$$R_{\text{чист.}} = \frac{\text{В} - \text{С} - \text{КиУР} + S_{\text{внеш.}} + S_{\text{налог.}}}{\text{В}};$$

где $S_{\text{внеш.}}$ и $S_{\text{налог.}}$ — сальдо внешних операций, а также налоговых отчислений и активов соответственно.

Таким образом методика использования среднеарифметической суммы влияния каждого фактора на результирующий показатель по модифицированной методике цепных подстановок вместо использования интегрального метода, особенно в случае многофакторных моделей, доказывает свою состоятельность и в случае кратных экономических моделей.

РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Практические результаты числовых расчетов, которые подтверждают теоретические выводы, сделанные в предыдущем разделе, начнем рассматривать с двухфакторной мультипликативной модели выручки (*В*), полученной при продаже продукции в объеме Q по рыночной цене *p*

$$\text{В} = p \cdot Q.$$

Числовые данные этой операции, совершенной в базовом (0) и текущем (1) периодах, представлены в *табл. 1.*

Таблица 1 / Table 1

Числовые данные / Numeric Data

Параметры \ Период	1	0
p, руб.	20	14
Q, шт.	60	50

Источник / Source: составлено автором / Compiled by the author.

Изменение показателя В при изменении обоих факторов *p* и Q в обоих приоритетных вариантах с использованием МЦП представлено следующими расчетами:

$$\Delta \text{В}^{p}_{\text{мцп}}(\Delta p) = p_1 \cdot Q_0 - p_0 \cdot Q_0 = 20 \cdot 50 - 14 \cdot 50 = 300,$$

$$\Delta \text{В}^{p}_{\text{мцп}}(\Delta Q) = p_1 \cdot Q_1 - p_1 \cdot Q_0 = 20 \cdot 60 - 20 \cdot 50 = 200,$$

$$\Delta \text{В}^{Q}_{\text{мцп}}(\Delta Q) = Q_1 \cdot p_0 - Q_0 \cdot p_0 = 60 \cdot 14 - 5 \cdot 14 = 140,$$

$$\Delta \text{В}^{Q}_{\text{мцп}}(\Delta p) = Q_1 \cdot p_1 - Q_1 \cdot p_0 = 60 \cdot 20 - 60 \cdot 14 = 360.$$

Изменение показателя В при изменении каждого фактора как среднеарифметическая сумма результатов МЦП в каждом приоритетном варианте по методике, представленной в п. 2 раздела «Теоретический анализ»:

$$\overline{\Delta \text{В}_{\text{МЦП}}(\Delta p)} = \left[\Delta \text{В}^{p}_{\text{мцп}}(\Delta p) + \Delta \text{В}^{Q}_{\text{мцп}}(\Delta p)\right] \cdot \frac{1}{2} = (300 + 360) \cdot \frac{1}{2} = 330, \quad (34)$$

$$\overline{\Delta \text{В}_{\text{МЦП}}(\Delta Q)} = \left[\Delta \text{В}^{p}_{\text{мцп}}(\Delta Q) + \Delta \text{В}^{Q}_{\text{мцп}}(\Delta Q)\right] \cdot \frac{1}{2} = (200 + 140) \cdot \frac{1}{2} = 170. \quad (35)$$

Изменение показателя В при изменении каждого фактора с использованием ИМ дает следующие результаты:

$$\Delta \text{В}_{\text{ИМ}}(\Delta p) = (p_1 - p_0)\cdot Q_0 + \frac{(p_1 - p_0)\cdot(Q_1 - Q_0)}{2} = (20-14)\cdot 50 + \frac{(20-14)\cdot(60-50)}{2} = 330, \tag{36}$$

$$\Delta \text{В}_{\text{ИМ}}(\Delta Q) = (Q_1 - Q_0)\cdot p_0 + \frac{(p_1 - p_0)\cdot(Q_1 - Q_0)}{2} = (60-50)\times 14 + \frac{(20\cdot 14)\cdot(60-50)}{2} = 170. \tag{37}$$

Сравнение результатов (34) и (35) с результатами (36) и (37), соответственно, позволяет сделать вывод, что

$$\overline{\Delta \text{В}_{\text{МЦП}}(\Delta p)} = \Delta \text{В}_{\text{ИМ}}(\Delta p) \text{ и } \overline{\Delta \text{В}_{\text{МЦП}}(\Delta Q)} = \Delta \text{В}_{\text{ИМ}}(\Delta Q),$$

и этот факт полностью подтверждает выводы п. 2 раздела «Теоретический анализ».

2. Для трехфакторной мультипликативной модели

$$F = A\cdot B\cdot C$$

соответствующие числовые данные представлены в *табл. 2*.

Таблица 2 / Table 2

Числовые данные / Numeric Data

Период / Параметры	1	0
A	15	10
B	25	20
C	35	30

Источник / Source: составлено автором / Compiled by the author.

Изменение показателя F при изменении фактора A во всех вариантах с приоритетом A по МЦП представлено следующими расчетами:

$$F(A,B,C):\ \Delta F_1^A(\Delta A) = (A_1 - A_0)\cdot B_0\cdot C_0 = (15-10)\cdot 20\cdot 30 = 3000,$$

$$F(A,C,B):\Delta F_2^A(\Delta A) = (A_1 - A_0)\cdot C_0\cdot B_0 = (15-10)\cdot 30\cdot 20 = 3000,$$

$$F(B,A,C):\Delta F_1^B(\Delta A) = B_1\cdot(A_1 - A_0)\cdot C_1 = 25\cdot(15-10)\cdot 30 = 3750,$$

$$F(B,C,A):\Delta F_2^B(\Delta A) = B_1\cdot C_1\cdot(A_1 - A_0) = 25\cdot 35\cdot(15-10) = 4375,$$

$$F(C,A,B):\Delta F_1^C(\Delta A) = C_1\cdot(A_1 - A_0)\cdot B_0 = 35\cdot(15-10)\cdot 20 = 3500,$$

$$F(C,B,A):\Delta F_2^C(\Delta A) = C_1\cdot B_1\cdot(A_1 - A_0) = 35\cdot 25\cdot(15-10) = 4375.$$

Изменение показателя F при изменении фактора A как среднеарифметическая сумма результатов МЦП в каждом приоритетном варианте по методике, представленной в п. 3 раздела «Теоретический анализ»:

$$\overline{\Delta F_{\text{МЦП}}(\Delta A)} = \frac{\Delta F_1^A(\Delta A) + \Delta F_2^A(\Delta A) + \Delta F_1^B(\Delta A) + \Delta F_2^B(\Delta A) + \Delta F_1^C(\Delta A) + \Delta F_2^C(\Delta A)}{6} = \frac{3000+3000+3750+4375+3500+4375}{6} = 3666{,}6(6). \tag{38}$$

Изменение показателя F при изменении фактора A с использованием ИМ дает результат:

$$\Delta F_{\text{ИМ}}(\Delta A) = \frac{1}{2}\cdot(A_1 - A_0)\cdot(B_0\cdot C_1 + B_1\cdot C_0) + \frac{1}{3}\cdot(A_1 - A_0)\cdot(B_1 - B_0)\cdot(C_1 - C_0) = \frac{1}{2}\cdot(15-10)(20\cdot 35 + 25\cdot 30) + \frac{1}{3}\cdot(15-10)(25-20)(35-30) = 3666{,}6(6). \tag{39}$$

Аналогичные расчеты для изменения показателя F при изменении фактора B во всех вариантах с приоритетом B по МЦП дают результаты:

$$\Delta F_1^A(\Delta B) = A_1 \cdot (B_1 - B_0) \cdot C_0 = 2250,$$

$$\Delta F_2^A(\Delta B) = A_1 \cdot C_1 \cdot (B_1 - B_0) = 2625,$$

$$\Delta F_1^B(\Delta B) = (B_1 - B_0) \cdot A_0 \cdot C_0 = 1500,$$

$$\Delta F_2^B(\Delta B) = (B_1 - B_0) \cdot C_0 \cdot A_0 = 1500,$$

$$\Delta F_1^C(\Delta B) = C_1 \cdot A_1 \cdot (B_1 - B_0) = 2625,$$

$$\Delta F_2^C(\Delta B) = C_1 \cdot (B_1 - B_0) \cdot A_0 = 1750.$$

Изменение показателя F при изменении фактора B как среднеарифметическая сумма результатов МЦП в каждом приоритетном варианте по методике, представленной в п. 3 раздела «Теоретический анализ»:

$$\overline{\Delta F_{\text{МЦП}}(\Delta B)} = \frac{\Delta F_1^A(\Delta B) + \Delta F_2^A(\Delta B) + \Delta F_1^B(\Delta B) + \Delta F_2^B(\Delta B) + \Delta F_1^C(\Delta B) + \Delta F_2^C(\Delta B)}{6} = \\ = 2041{,}6(6). \tag{40}$$

Изменение показателя F при изменении фактора B с использованием ИМ дает результат:

$$\Delta F_{\text{ИМ}}(\Delta B) = \frac{1}{2} \cdot (B_1 - B_0) \cdot (A_0 \cdot C_1 + A_1 \cdot C_0) + \frac{1}{3} \cdot (A_1 - A_0) \cdot (B_1 - B_0) \cdot (C_1 - C_0) = \\ = 2041{,}6(6). \tag{41}$$

Аналогичные расчеты для изменения показателя F при изменении фактора C во всех вариантах с приоритетом B по МЦП дают результаты:

$$\Delta F_1^A(\Delta C) = A_1 \cdot B_1 \cdot (C_1 - C_0) = 1875,$$

$$\Delta F_2^A(\Delta C) = A_1 \cdot (C_1 - C_0) \cdot B_0 = 1500,$$

$$\Delta F_1^B(\Delta C) = B_1 \cdot A_1 \cdot (C_1 - C_0) = 1875,$$

$$\Delta F_2^B(\Delta C) = B_1 \cdot (C_1 - C_0) \cdot A_0 = 1250,$$

$$\Delta F_1^C(\Delta C) = (C_1 - C_0) \cdot A_0 \cdot B_0 = 1000,$$

$$\Delta F_2^C(\Delta C) = (C_1 - C_0) \cdot B_0 \cdot A_0 = 1000.$$

Изменение показателя F при изменении фактора C как среднеарифметическая сумма результатов МЦП в каждом приоритетном варианте по методике, представленной в п. 3 раздела «Теоретический анализ»:

$$\overline{\Delta F_{\text{МЦП}}(\Delta C)} = \frac{\Delta F_1^A(\Delta C) + \Delta F_2^A(\Delta C) + \Delta F_1^B(\Delta C) + \Delta F_2^B(\Delta C) + \Delta F_1^C(\Delta C) + \Delta F_2^C(\Delta C)}{6} = \\ = 1416{,}6(6). \tag{42}$$

Изменение показателя F при изменении фактора C с использованием ИМ дает результат:

$$\Delta F_{\text{ИМ}}(\Delta C) = \frac{1}{2} \cdot (C_1 - C_0) \cdot (A_0 \cdot B_1 + A_1 \cdot B_0) + \frac{1}{3} \cdot (A_1 - A_0) \cdot (B_1 - B_0) \cdot (C_1 - C_0) = \\ = 1416{,}6(6). \tag{43}$$

Сравнение результатов (38), (40) и (42) с результатами (39), (41) и (43), соответственно, позволяет сделать вывод, что

$$\overline{\Delta F_{\text{МЦП}}(\Delta B)} = \Delta F_{\text{ИМ}}(\Delta A);\ \overline{\Delta F_{\text{МЦП}}(\Delta A)} = \Delta F_{\text{ИМ}}(\Delta B);\ \overline{\Delta F_{\text{МЦП}}(\Delta C)} = \Delta F_{\text{ИМ}}(\Delta C);$$

и этот факт полностью подтверждает выводы п. 3 раздела «Теоретический анализ».

3. Для практических расчетов по проверке методики, рассмотренной в п. 4 раздела «Теоретический анализ», рассмотрим двухфакторную кратную модель в форме выражения валовой рентабельности:

$$R_{\text{вал.}} = \frac{\text{В} - \text{С}}{\text{В}} = 1 - \frac{\text{С}}{\text{В}} = R_{\text{вал.}} = f\,(\text{С}, \text{В})$$

с числовыми данными в *табл. 3*.

Таблица 3 / Table 3

Числовые данные / Numeric Data

Период / Параметры	1	0
В, тыс. руб.	1000	910
С, тыс. руб.	720	750

Источник / Source: составлено автором / Compiled by the author.

Изменение показателя $R_{\text{вал.}}$ при изменении обоих факторов В и С в обоих приоритетных вариантах с использованием МЦП представлено следующими расчетами (с точностью до шестого знака после запятой):

$$\Delta R^{\text{С}}_{\text{вал. МЦП}}(\Delta\text{С}) = \frac{\text{С}_0 - \text{С}_1}{\text{В}_0} = \frac{750 - 720}{910} = 0{,}03296\ldots,$$

$$\Delta R^{\text{В}}_{\text{вал. МЦП}}(\Delta\text{С}) = \frac{\text{С}_0 - \text{С}_1}{\text{В}_1} = \frac{750 - 720}{1000} = 0{,}03,$$

$$\Delta R^{\text{С}}_{\text{вал. МЦП}}(\Delta C) = \frac{C_1}{\text{В}_0} - \frac{\text{С}_1}{\text{В}_1} = \frac{720}{910} - \frac{720}{1000} = 0{,}07120\ldots,$$

$$\Delta R^{\text{В}}_{\text{вал. МЦП}}(\Delta\text{С}) = \frac{\text{С}_0}{\text{В}_0} - \frac{\text{С}_0}{\text{В}_1} = \frac{750}{910} - \frac{750}{1000} = 0{,}07417\ldots.$$

Изменение показателя $R_{\text{вал.}}$ при изменении каждого фактора как среднеарифметическая сумма результатов МЦП в каждом приоритетном варианте по методике, представленной в п. 4 раздела «Теоретический анализ»:

$$\overline{\Delta R_{\text{вал. МЦП}}(\Delta\text{С})} = \left[\Delta R^{\text{С}}_{\text{вал. МЦП}}(\Delta\text{С}) + \Delta R^{\text{В}}_{\text{вал. МЦП}}(\Delta\text{С})\right]\cdot\frac{1}{2} = \frac{0{,}03296\ldots + 0{,}03}{2} = 0{,}03148\ldots, \quad (44)$$

$$\overline{\Delta R_{\text{вал. МЦП}}(\Delta\text{В})} = \left[\Delta R^{\text{С}}_{\text{вал. МЦП}}(\Delta\text{В}) + \Delta R^{\text{В}}_{\text{вал. МЦП}}(\Delta\text{В})\right]\cdot\frac{1}{2} = \frac{0{,}07417\ldots + 0{,}07120}{2} = 0{,}07268\ldots \quad (45)$$

Изменение показателя $R_{\text{вал.}}$ при изменении каждого фактора с использованием ИМ дает следующие результаты:

$$\Delta R_{\text{вал.ИМ}}(\Delta\text{C}) = \left|\frac{\text{C}_1 - \text{C}_0}{\text{B}_1 - \text{B}_0}\right| \cdot Ln\left|\frac{\text{B}_1}{\text{B}_0}\right| = 0{,}03143\ldots, \tag{46}$$

$$\Delta R_{\text{вал.ИМ}}(\Delta\text{B}) = \Delta R_{\text{вал.}} - \Delta R_{\text{вал.ИМ}}(\Delta\text{C}) = \left(1 - \frac{\text{C}_1}{\text{B}_1}\right) - \left(1 - \frac{\text{C}_0}{\text{B}_0}\right) - \Delta R_{\text{вал.ИМ}}(\Delta\text{C}) =$$
$$= \left(\frac{\text{C}_0}{\text{B}_0} - \frac{\text{C}_1}{\text{B}_1}\right) - \Delta R_{\text{вал.ИМ}}(\Delta\text{C}) = 0{,}10417 - 0{,}03148\ldots = 0{,}07269\ldots \tag{47}$$

Сравнение результатов (44) и (45) с результатами (46) и (47), соответственно, позволяет сделать вывод, что

$$\overline{\Delta R_{\text{вал. МЦП}}(\Delta\text{C})} = \Delta R_{\text{вал.ИМ}}(\Delta\text{C}) \text{ и } \overline{\Delta R_{\text{вал. МЦП}}(\Delta\text{B})} = \Delta R_{\text{вал.ИМ}}(\Delta\text{B})$$

с точностью до пятого знака после запятой, и этот факт полностью подтверждает выводы п. 4 раздела «Теоретический анализ».

ВЫВОДЫ

Полученные результаты теоретического анализа в разделе 2 и подтверждающие их практические расчеты в разделе 3 позволяют сделать однозначный вывод о том, что предложенная в статье модифицированная методика цепных подстановок детерминированного факторного анализа различных экономических моделей полностью доказала свою состоятельность. Результаты этой методики, полученные с помощью среднеарифметической суммы результатов влияния каждого фактора на показатель во всех приоритетных вариантах по методу цепных подстановок, могут с успехом заменить результаты с использованием интегрального метода. Точность полученных результатов с помощью модифицированной методики практически не отличается от результатов интегрального метода, но с математической точки зрения предложенная методика гораздо проще математического аппарата интегрального метода. Это обстоятельство позволяет использовать модифицированный таким образом метод цепных подстановок для широкого применения в реальных практических расчетах экономического анализа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ekouala U.M. The role of socio-political factors in public debt accumulation: Evidence from CEMAC countries. *International Studies of Economics*. 2023;18(3):306–325. DOI: 10.1002/ise3.17
2. Gillitzer C., Prasad N., Robinson T. Political attitudes and inflation expectations: Evidence and implications. *Journal of Money, Credit and Banking*. 2021;53(4):605–634. DOI: 10.1111/jmcb.12797
3. Goodwin A. UK economic outlook / UK overview. *Economic Outlook*. 2022;46(4):1–3. DOI: 10.1111/1468–0319.12648
4. Gu Y., Jiang G., Liang X. The transmission mechanism analysis of the impact of economic policy uncertainty on household consumption. *International Studies of Economics*. 2022;17(3):371–393. DOI: 10.1002/ise3.21
5. Kantor B. Recent monetary history: A monetarist perspective. *Journal of Applied Corporate Finance*. 2022;34(2):82–99. DOI: 10.1111/jacf.12508
6. May B. Feature article: What we do — and don't know — about surging inflation. *Economic Outlook*. 2022;46(4):23–28. DOI: 10.1111/1468–0319.12653
7. Nguyen V.B. Does governance matter for the public debt-inflation relationship in developed countries? Panel quantile regression approach. *Annals of Public and Cooperative Economics*. 2022;93(4):1153–1173. DOI: 10.1111/apce.12367
8. Taylor L.D. Analysis of impacts of inflation on the distribution of household consumption expenditures. *Canadian Journal of Agricultural Economics / Revue canadienne d'agroéconomie*. 2022;70(3):239–258. DOI: 10.1111/cjag.12315
9. Triantafyllou A., Bakas D., Ioakimidis M. Commodity price uncertainty as a leading indicator of economic activity. *International Journal of Finance & Economics*. 2023;28(4):4194–4219. DOI: 10.1002/ijfe.2642

10. Tsiaplias S. Consumer inflation expectations, income changes and economic downturns. *Journal of Applied Econometrics.* 2021;36(6):784–807. DOI: 10.1002/jae.2836
11. Vinturis C. How do fiscal rules shape governments' spending behavior? *Economic Inquiry.* 2023;61(2):322–341. DOI: 10.1111/ecin.13120
12. Вержбицкий В.В. и др. Применение методов факторного анализа для оценки эффективности геолого-технических мероприятий на скважинах подземных хранилищ газа. *Вестник Евразийской науки*. 2021;13(6):39. URL: https://esi.today /PDF/45NZVN 621.pdf
13. Воробьева Е.И. и др. Методы финансового анализа для оценки состояния предприятий. *Научный вестник: финансы, банки, инвестиции.* 2016;(2):5–13.
14. Ларичкин Ф.Д. Методические подходы к факторному анализу изменений параметров горно-промышленного производства. *Записки Горного института*. 2014;208:132–140.
15. Лебедев К.Н. Проблемы факторного анализа, основанного на методах детерминированного факторного анализа. *ЭТАП: экономическая теория, анализ, практика*. 2012;(3):4–13.
16. Новоселов А.Л., Новоселова И.Ю., Желтенков А.В. Перспективы развития предприятия: анализ и моделирование. *Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Экономика.* 2021;(4):64–75. DOI: 10.18384/2310–6646–2021–4–64–75
17. Прокофьев В.А., Носов В.В., Саломатина Т.В. Предпосылки и условия развития детерминированного факторного анализа. *ЭТАП: экономическая теория, анализ, практика.* 2014;(4):133–145.
18. Хорольская Т.Е., Калашникова Е.В., Еленская Е.И. Методика проведения анализа финансовых результатов деятельности коммерческой организации. *Вестник Академии знаний*. 2020;(38):286–290. DOI: 10.24411/2304–6139–2020–10367
19. Шадурина З.А. Практические аспекты анализа финансовых результатов деятельности торговой организации по данным упрощенной бухгалтерской отчетности. *Деловой вестник предпринимателя*. 2022;(7):227–234. DOI: 10.24412/2687–0991–2022–1–7–227–234
20. Баканов М.И., Шеремет А.Д. Теория экономического анализа. М.: Финансы и статистика; 2001. 416 с.
21. Mitev V. Averaged chain substitution method. *Ikonomiceski i Sotsialni Alternativi = Economic and Social Alternatives.* 2020;(4):90–100. (In Bulgar.). DOI: 10.37075/ISA.2020.4.09
22. Mitev V. Averaged chain substitution method — applicability, advantages, and disadvantages. *Ikonomiceski i Sotsialni Alternativi = Economic and Social Alternatives.* 2021;(2):127–138. (In Bulgar.). DOI: 10.37075/ISA.2021.2.08
23. Фихтенгольц Г.М. Курс дифференциального и интегрального исчисления. Т. 1. СПб.: Лань; 2016. 608 с.

REFERENCES

1. Ekouala U.M. The role of socio-political factors in public debt accumulation: Evidence from CEMAC countries. *International Studies of Economics.* 2023;18(3):306–325. DOI: 10.1002/ise3.17
2. Gillitzer C., Prasad N., Robinson T. Political attitudes and inflation expectations: Evidence and implications. *Journal of Money, Credit and Banking.* 2021;53(4):605–634. DOI: 10.1111/jmcb.12797
3. Goodwin A. UK economic outlook / UK overview. *Economic Outlook.* 2022;46(4):1–3. DOI: 10.1111/1468–0319.12648
4. Gu Y., Jiang G., Liang X. The transmission mechanism analysis of the impact of economic policy uncertainty on household consumption. *International Studies of Economics*. 2022;17(3):371–393. DOI: 10.1002/ise3.21
5. Kantor B. Recent monetary history: A monetarist perspective. *Journal of Applied Corporate Finance*. 2022;34(2):82–99. DOI: 10.1111/jacf.12508
6. May B. Feature article: What we do — and don't know — about surging inflation. *Economic Outlook*. 2022;46(4):23–28. DOI: 10.1111/1468–0319.12653
7. Nguyen V.B. Does governance matter for the public debt-inflation relationship in developed countries? Panel quantile regression approach. *Annals of Public and Cooperative Economics.* 2022;93(4):1153–1173. DOI: 10.1111/apce.12367
8. Taylor L.D. Analysis of impacts of inflation on the distribution of household consumption expenditures. *Canadian Journal of Agricultural Economics / Revue canadienne d'agroéconomie.* 2022;70(3):239–258. DOI: 10.1111/cjag.12315
9. Triantafyllou A., Bakas D., Ioakimidis M. Commodity price uncertainty as a leading indicator of economic activity. *International Journal of Finance & Economics.* 2023;28(4):4194–4219. DOI: 10.1002/ijfe.2642

10. Tsiaplias S. Consumer inflation expectations, income changes and economic downturns. *Journal of Applied Econometrics*. 2021;36(6):784–807. DOI: 10.1002/jae.2836
11. Vinturis C. How do fiscal rules shape governments' spending behavior? *Economic Inquiry*. 2023;61(2):322–341. DOI: 10.1111/ecin.13120
12. Verzhbitsky V.V., et al. Applying factor analysis methods to assess the efficiency of well interventions at underground gas storage facilities. *Vestnik Evraziiskoi nauki = The Eurasian Scientific Journal*. 2021;13(6):39. URL: https://esi.today /PDF/45NZVN 621.pdf (In Russ.).
13. Vorobyova E.I., et al. Methods of financial analysis for enterprises state assessment. *Nauchnyi vestnik: finansy, banki, investitsii = Scientific Bulletin: Finance, Banking, Investment*. 2016;(2):5–13. (In Russ.).
14. Larichkin F.D. Methodological approaches to factor analysis of changes in mining production parameters. *Zapiski Gornogo instituta = Journal of Mining Institute*. 2014;208:132–140. (In Russ.).
15. Lebedev K.N. Problems of factor analysis based on methods of determined factor analysis. *ETAP: ekonomicheskaya teoriya, analiz, praktika = ETAP: Economic Theory, Analysis, and Practice*. 2012;(3):4–13. (In Russ.).
16. Novoselov A.L., Novoselova I. Yu., Zheltenkov A.V. Enterprise prospects: Analysis and modelling. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta. Seriya: Ekonomika = Bulletin of the Moscow Region State University. Series: Economics*. 2021;(4):64–75. (In Russ.). DOI: 10.18384/2310–6646–2021–4–64–75
17. Prokofiev V.A., Nosov V.V., Salomatina T.V. Prerequisites and conditions for the development of deterministic factor analysis. *ETAP: ekonomicheskaya teoriya, analiz, praktika = ETAP: Economic Theory, Analysis, and Practice*. 2014;(4):133–145. (In Russ.).
18. Khorolskaya T.E., Kalashnikova E.V., Yelenskaya E.I. Methodology for the analysis of financial performance of a commercial organization. *Vestnik Akademii znanii = Bulletin of the Academy of Knowledge*. 2020;(38):286–290. (In Russ.). DOI: 10.24411/2304–6139–2020–10367
19. Shadurina Z.A. Practical aspects of analysis of financial results of a trading organization according to the simplified accounting statements. *Delovoi vestnik predprinimatelya = Entrepreneur's Business Herald*. 2022;(7):227–234. (In Russ.). DOI: 10.24412/2687–0991–2022–1–7–227–234
20. Bakanov M.I., Sheremet A.D. Theory of economic analysis. Moscow: Finansy i statistika; 2001. 416 p. (In Russ.).
21. Mitev V. Averaged chain substitution method. *Ikonomiceski I Sotsialni Alternativi = Economic and Social Alternatives*. 2020;(4):90–100. (In Bulgar.). DOI: 10.37075/ISA.2020.4.09
22. Mitev V. Averaged chain substitution method — applicability, advantages, and disadvantages. *Ikonomiceski i Sotsialni Alternativi = Economic and Social Alternatives*. 2021;(2):127–138. (In Bulgar.). DOI: 10.37075/ISA.2021.2.08
23. Fikhtengol'ts G.M. Course of differential and integral calculus. Vol. 1. St. Petersburg: Lan'; 2016. 608 p. (In Russ.).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ / ABOUT THE AUTHOR

Юрий Васильевич Кириллов — кандидат технических наук, доцент кафедры экономической информатики, Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск, Россия

Yuri V. Kirillov — Cand. Sci. (Eng.), Assoc. Prof. of the Department of Economic Informatics, Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia

https://orcid.org/0000-0002-1704-8399

Yu. Kirillov-NSTU@yandex.ru

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.
Conflicts of Interest Statement: The author has no conflicts of interest to declare.

Статья поступила в редакцию 14.01.2023; после рецензирования 15.02.2023; принята к публикации 27.02.2023.
Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.
The article was submitted on 14.01.2023; revised on 15.02.2023 and accepted for publication on 27.02.2023.
The author read and approved the final version of the manuscript.