

**Economic Sciences****Экономические науки**

UDC 330.43

**Problems of a Company's Production Potential Modeling With Consideration of Intellectual Capital**<sup>1</sup> Sergei A. Aivasian<sup>2</sup> Mikhail Y. Afanasiev<sup>3</sup> Victoria A. Rudenko

<sup>1</sup> Central Economics and Mathematics Institute RAS, Russia  
Nachimovsciy st., 47, Moscow  
Dr. (Physical and Mathematical), Professor

<sup>2</sup> Central Economics and Mathematics Institute RAS, Russia  
Nachimovsciy st., 47, Moscow  
Dr. (Economy), Professor

E-mail: miafan@cemi.rssi.ru

<sup>3</sup> Central Economics and Mathematics Institute RAS, Russia  
Nachimovsciy st., 47, Moscow  
PhD student

E-mail: vika57vika@yandex.ru

**Abstract.** The article deals with methodology of three-factor models of a company's production potential that take into account intellectual capital.

**Keywords:** intellectual capital; production function; industrial potential; efficiency.

**Введение.** В соответствии с [1], модель производственной функции является детерминированной составляющей модели производственного потенциала. Рассматриваемый в данном исследовании класс моделей производственного потенциала компании имеет вид

$$R = \beta_0 K^{\beta_1} L^{\beta_2} I^{\beta_3} e^{V-U}, \quad (*)$$

где случайная величина  $V$  подчиняется  $(0; \sigma_V^2)$ -нормальному распределению (т.е.  $V \sim N(0; \sigma_V^2)$ ), а случайная величина  $U$  распределена в общем случае в соответствии с усеченным в нуле нормальным законом, имеющим среднее значение  $\mu$  и дисперсию  $\sigma_U^2$  (т.е.  $U \sim N(\mu; \sigma_U^2)$ ), причем, случайные величины  $V$  и  $U$  статистически независимы.

Цель представленного исследования — описание общей схемы и необходимых для ее реализации статистических гипотез, подлежащих проверке и позволяющих получать ответы на следующие вопросы, связанные со спецификацией модели.

(а) Правомерно ли (при принятых способах измерения интеллектуального капитала и показателей эффективности его использования) рассматривать именно трехфакторную модель (\*) (альтернатива — модель с двумя факторами)?

(б) При положительном ответе на вопрос (а), присутствует ли неэффективность в использовании факторов производства (альтернатива —  $\mu = 0$  и  $\sigma_U^2 = 0$ )?

(в) При положительном ответе на вопрос (а) и при наличии эффекта неэффективности ( $\sigma_U^2 > 0$ ), правомерно ли использовать модель (\*) при  $\mu = 0$  (альтернатива —  $\mu \neq 0$ )?

(г) Наконец, при положительных ответах на вопросы (а) и (б) и при наличии информации о показателях  $z^{(1)}, z^{(2)}, \dots, z^{(p)}$ , от которых может зависеть эффективность

использования основных факторов производства, как статистически проверить гипотезы о самом факте и характере зависимости параметров  $\mu$  и/или  $\sigma_U^2$  от этих показателей?

В качестве оценки интеллектуального капитала (ИК) можно использовать любую известную оценку, удовлетворяющую целям исследования (см. [1])

Проверка адекватности, правомерности использования того или иного способа измерения ИК при анализе компаний определенной отрасли основана на следующей логике. Свидетельством практической приемлемости использованного способа измерения, является ситуация, при которой влияние ИК на результаты производственной деятельности компании является *положительным и статистически значимым* при положительных и статистически значимых оценках коэффициентов влияния капитала ( $K$ ) и труда ( $L$ ). Если же такого результата оценивания модели (\*) добиться не удастся, то использованный способ признается непригодным для изучения его влияния на результаты производственной деятельности компании.

Итак, приступая к эконометрическому анализу модели (\*) в общем случае\*, имеем массив данных вида:

$E^2 = \{R_i, K_i, L_i, I_i, z_i^{(1)}, z_i^{(2)}, \dots, z_i^{(p)}\}_{i=1}^n$ , где  $R_i$  — объем производства  $i$ -ой компании,  $K_i, L_i, I_i$  — объемы основных факторов производства  $i$ -ой компании,  $z_i^{(1)}, \dots, z_i^{(p)}$  — значения поддающихся измерению переменных, характеризующих эффективность использования основных факторов производства в  $i$ -ой компании, а  $n$  — число компаний в выборке.

Формализация задач, сформулированных в вопросах (а)–(г), требует рассмотрения следующих моделей:

$$M_0 : R = \beta_0 K^{\beta_1} L^{\beta_2} I^{\beta_3} e^V, \quad \text{где } V \sim N(0; \sigma_V^2).$$

$$M_1 : R = \beta_0 K^{\beta_1} L^{\beta_2} I^{\beta_3} e^{V-U}, \quad \text{где } V \sim N(0; \sigma_V^2), \quad U \sim N^+(0; \sigma_U^2).$$

$$M_2 : R = \beta_0 K^{\beta_1} L^{\beta_2} I^{\beta_3} e^{V-U}, \quad \text{где } V \sim N(0; \sigma_V^2), \quad U \sim N^+(\mu; \sigma_U^2).$$

$$M_3 : R = \beta_0 K^{\beta_1} L^{\beta_2} I^{\beta_3} e^{V-U}, \quad \text{где}$$

$$V \sim N(0; \sigma_V^2), \quad U \sim N^+(\mu; \sigma_U^2(z)), \quad \ln \sigma_U^2(z) = \theta_0 + \theta_1 z^{(1)} + \dots + \theta_p z^{(p)},$$

$$M_4 : R = \beta_0 K^{\beta_1} L^{\beta_2} I^{\beta_3} e^{V-U}, \quad \text{где}$$

$$V \sim N(0; \sigma_V^2), \quad U \sim N^+(\mu(z); \sigma_U^2), \quad \mu(z) = \delta_0 + \delta_1 z^{(1)} + \dots + \delta_p z^{(p)}.$$

При этом некоторые модели являются «вложенными» в другие.

Для ответа на вопрос о корректности использования того или иного способа измерения ИК необходимо уметь проверять гипотезы:

$H_0 : \exists i = 1, 2, 3 : \beta_i \leq 0$  (среди факторов производства существует незначимый фактор или фактор с отрицательным коэффициентом),

$H_0^A : \forall i = 1, 2, 3 : \beta_i > 0$  (все факторы производства значимы и имеют положительные коэффициенты).

Способы проверки этой и нижеследующих гипотез приведены в [1]. Процедура получения ответа на вопрос (б) может быть формализована в рамках рассмотрения модели  $M_1$  и статистической проверки следующей гипотезы:

$$H_1 : \sigma_U^2 = 0 \quad (\text{неэффективности нет})$$

при альтернативе

$$H_1^A : \sigma_U^2 > 0 \quad (\text{неэффективность присутствует}).$$

\* Подробное описание частного случая данной модели при отсутствии информации о показателях эффективности можно найти в [1]

Процедура получения ответа на вопросы (б) и (в) может быть формализована в рамках рассмотрения модели  $M_2$  и статистической проверки гипотез:

Формализация процедуры выбора между моделями  $M_1$  и  $M_2$  основана на статистической проверке гипотез:

$H_{1,2}$  :  $\mu = 0$  в модели  $M_2$  (неэффективность в моделях  $M_1$  и  $M_2$  неразличима)

$H_{1,2}^A$  :  $\mu \neq 0$  в модели  $M_2$  (неэффективность в моделях  $M_1$  и  $M_2$  различима)

Для ответа на вопрос, действительно ли показатели эффективности  $z^{(1)}, \dots, z^{(p)}$  влияют на величину дисперсии  $\sigma_U^2$  в модели  $M_3$ , проверяются гипотезы:

$H_{3,1}$  :  $\forall j = 1, \dots, p : \theta_j = 0$  (показатели эффективности в модели  $M_3$  незначимы в совокупности)

$H_{3,1}^A$  :  $\exists j = 1, \dots, p : \theta_j \neq 0$  (в модели  $M_3$  существует хотя бы один незначимый фактор эффективности)

При формировании апостериорного набора показателей эффективности в модели  $M_3$  проверяют гипотезы вида:

$H_{3,2}$  :  $\exists j = 1, \dots, p : \theta_j = 0$  (в модели  $M_3$  существуют незначимые показатели эффективности),

$H_{3,2}^A$  :  $\forall j = 1, \dots, p : \theta_j \neq 0$  (в модели  $M_3$  все показатели эффективности значимы).

При анализе модели  $M_4$  необходимо ответить на вопрос, действительно ли показатели эффективности  $z^{(1)}, \dots, z^{(p)}$  влияют на величину среднего  $\mu$  в распределении  $N^+(\mu; \sigma_U^2)$ . С этой целью проверяется гипотеза:

$H_{4,1}$  :  $\forall j = 1, \dots, p : \delta_j = 0$  (показатели эффективности в модели  $M_4$  незначимы в совокупности)

при альтернативе

$H_{4,1}^A$  :  $\exists j = 1, \dots, p : \delta_j \neq 0$  (в модели  $M_4$  существует хотя бы один значимый показатель эффективности)

При формировании апостериорного набора показателей эффективности в модели  $M_4$  проверяют гипотезы вида:

$H_{4,2}$  :  $\exists j = 1, \dots, p : \delta_j = 0$  (в модели  $M_4$  существуют незначимые показатели эффективности)

$H_{4,2}^A$  :  $\forall j = 1, \dots, p : \delta_j \neq 0$  (в модели  $M_4$  все показатели эффективности значимы)

При выборе характера и формы зависимости эффективности использования основных факторов производства от показателей  $z^{(1)}, \dots, z^{(p)}$  полезно проверить гипотезы вида:

$H_{2,3}$  :  $\mu \neq 0, \sigma_U^2 = const$  (не следует раскладывать дисперсию компоненты  $U$  по показателям эффективности)

В качестве альтернативной гипотезы будем рассматривать:

$H_{2,3}^A$  :  $\mu = 0, \sigma_U^2 = e^{\theta_0 + \theta_1 z^{(1)} + \dots + \theta_p z^{(p)}}$  (следует раскладывать дисперсию компоненты  $U$  по показателям эффективности, полагая математическое ожидание  $\mu$  нулевым).

Наконец, при выборе характера и формы зависимости эффективности использования основных факторов производства от показателей  $z^{(1)}, \dots, z^{(p)}$ , учитывающих возможность

зависимости от этих показателей *обоих* параметров распределения случайной величины  $U$ , рекомендуется проверить гипотезу:

$$H_{3,4} : \mu = 0, \sigma_U^2 = e^{\theta_0 + \theta_1 z^{(1)} + \dots + \theta_p z^{(p)}} \quad (\text{следует раскладывать по показателям}$$

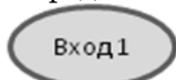
эффективности дисперсию  $\sigma_U^2$ , а не математическое ожидание  $\mu$ ), при альтернативе

$$H_{3,4}^A : \mu = \delta_0 + \delta_1 z^{(1)} + \dots + \delta_p z^{(p)}, \sigma_U^2 = const \quad (\text{следует раскладывать по показателям}$$

эффективности математическое ожидание  $\mu$ , а не ее дисперсию)

При построении расширенной общей методической схемы выбора конкретного варианта модели в рамках класса (\*), учитывающей наличие информации о показателях эффективности, используются следующие обозначения:

В представленной схеме использованы следующие обозначения:



— начало работы с использованием массива  $E^1 = \{R_i, K_i, L_i, I_i\}_{i=1}^n$ ,



— применение метода расчета оценок в модели  $M_i$ ,



— в модели удалось получить оценки,



— в модели не удалось получить оценки (вследствие специфики состава выборочных данных, проблем неидентифицируемости и т.п.),



— применение процедуры проверки гипотезы,



— в результате проверки гипотеза не отвергается,



— в результате проверки гипотеза отвергается в пользу альтернативы  $H_i^A$ ,



— выбор модели  $M_i$  в качестве результирующей,

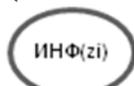


— вывод о незначимости используемой оценки интеллектуального капитала.

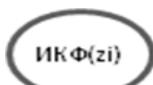


— начало работы с использованием массива

$$E^2 = \{R_i, K_i, L_i, I_i, z_i^{(1)}, z_i^{(2)}, \dots, z_i^{(p)}\}_{i=1}^n,$$



— исключение  $i$ -го незначимого показателя эффективности, имеющего наибольшее  $p$ -значение, при проверке гипотез  $H_{3,2}$  и  $H_{4,2}$ ,

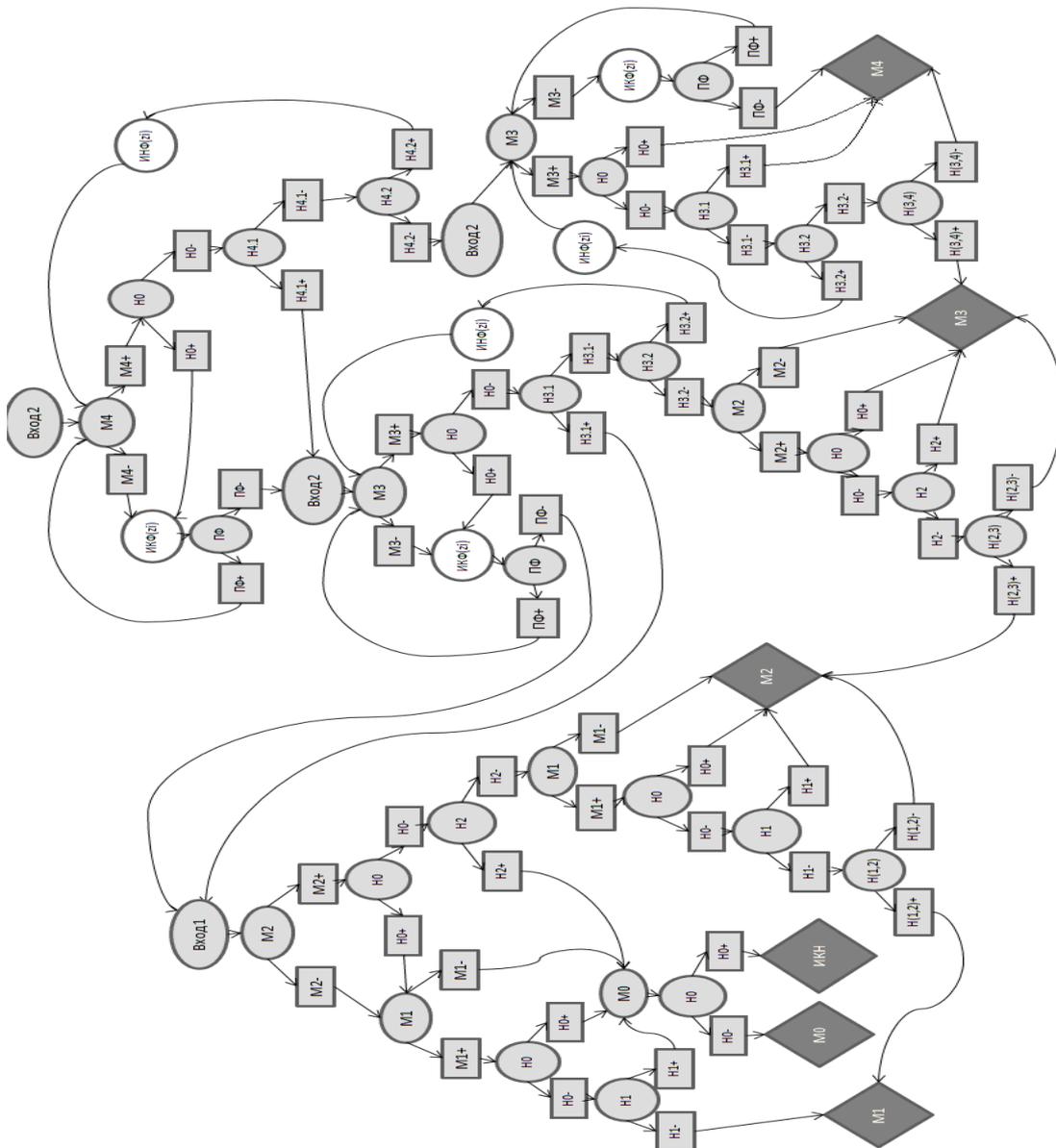


— исключение  $i$ -го показателя эффективности, имеющего наибольший по модулю коэффициент корреляции с показателем интеллектуального капитала,

-  — проверка наличия неисключенных показателей эффективности,
-  — в исследуемой модели есть неисключенные показатели эффективности,
-  — в исследуемой модели нет неисключенных показателей эффективности.

Как показано на рисунке ниже процедура выбора начинается с модели, включающей наибольшее число переменных и дающей больше возможностей для анализа, т.е. с модели  $M_4$ . Соответственно, в случае, когда хотя бы в одной из моделей  $M_4$  и  $M_3$  показатели эффективности являются значимыми, и при этом не нарушены базовые принципы разработанной методологии, итоговый выбор следует делать в пользу такой модели. Если же в обеих моделях показатели эффективности незначимы в совокупности или незначим хотя бы один из факторов производства, проводимый анализ сводится к построению модели производственного потенциала для рассмотренного выше случая, когда отсутствует необходимая информация о показателях эффективности.

Расширенная общая схема выбора модели в случае наличия необходимой информации о показателях эффективности выглядит следующим образом:



Общая методическая схема решения задач спецификации модели внутри класса (1) в случае наличия информации о показателях эффективности.

**Примечания:**

1. Некоторые вопросы спецификации трехфакторных моделей производственного потенциала компании, учитывающих интеллектуальный капитал / С.А. Айвазян, М.Ю. Афанасьев, В.А. Руденко // Прикладная эконометрика. 2012. №3(27). С. 36-69.

УДК 330.43

**Проблемы моделирования производственного потенциала компании  
с учетом интеллектуального капитала**

<sup>1</sup> Сергей Артемьевич Айвазян

<sup>2</sup> Михаил Юрьевич Афанасьев

<sup>3</sup> Виктория Алексеевна Руденко

<sup>1</sup> Центральный экономико-математический институт РАН, Россия

Москва, Нахимовский проспект 47,

Доктор физико-математических наук, профессор

<sup>2</sup> Центральный экономико-математический институт РАН, Россия

Москва, Нахимовский проспект 47,

Доктор экономических наук, профессор

E-mail: miafan@cemi.rssi.ru

<sup>3</sup> Центральный экономико-математический институт РАН, Россия

Москва, Нахимовский проспект 47,

Аспирант

E-mail: vika57vika@yandex.ru

**Аннотация.** Описывается методология спецификации трехфакторных моделей производственного потенциала компании, учитывающих интеллектуальный капитал.

**Ключевые слова:** интеллектуальный капитал; производственная функция; производственный потенциал; эффективность.