

$$\sum_i X_{ij} = 1 \quad \sum_j X_{ij} = 1$$

Очевидно, что  $X_{ij} = 0$ , поэтому:  $X_{ij} \leq A_{ij}$ .

В качестве минимизируемого функционала используется условие минимального расстояния обхода:

$$\sum_i \sum_j A_{ij} X_{ij} = \min$$

Приведенная модель полностью соответствует классической задаче о назначении. Однако эта модель не гарантирует выполнение условия однократного посещения города, что соответствует условию односвязности графа обхода городов. В работе [1] приводится математическая модель учета условия односвязности графа. С алгоритмической точки зрения такой алгоритм учета односвязности сложно реализуем. В настоящей работе предлагается просто разрешить эту проблему только на основе особенностей матрицы  $X$ . Очевидно, что прямым обходом городов по заданной матрице  $X$  всегда можно получить логистическую цепочку обхода начиная, например, с первого города. В процессе обхода необходимо проверить появился ли цикл, указывающий на неодносвязность графа. Если до конца просмотра матрицы  $X$  такой цикл не появился, то граф односвязен. Например, цепочка (1, 3, 2, 1) означает условие неодносвязности графа, так как цикл 1-1 появился раньше полного просмотра матрицы  $X$  и остались не обойденными города 4 и 5. Подобный алгоритм проверки односвязности можно реализовать в виде функции на VBA в среде Excel.

Предложенная модель может быть использована для решения более важных задач транспортной логистики — задачи о Гамильтоновом пути, задачи о «рюкзаке» и задачи о дереве Штейнера.

#### Литература:

1. Мину, М. Математическое программирование / М. Мину. — М: Наука, 1990.



**О. Н. Поддубная**, канд. физ.-мат. наук  
 e-mail: poddubnaia.olesia@gmail.com  
 г. Минск

## Индикатор приведенного роста внутренних инвестиций как инструмент оценки технологических сдвигов экономических систем

Регулируемая и управляемая динамика процессов производственно-инвестиционного цикла односекторной экономики описывается системой [1, с. 80]:

$$\begin{cases} \frac{dV(t)}{dt} = \frac{1}{1-a} I(t) - bV(t) + U(t), & t > h \\ \frac{I(t) - I(t-h)}{h} = m_h V(t), & t \geq h. \end{cases}$$

Первое дифференциальное уравнение описывает динамику валового выпуска (зависимость *мгновенной скорости валового выпуска* от внутренних и внешних инвестиций) в производственном цикле односекторной экономики в рамках *действующей технологической структуры системы*. Второе разностное уравнение описывает динамику внутренних инвестиций (зависимость *средней скорости инвестиций* от валового выпуска) в инвестиционном цикле для формирования *потенциала будущих технологических сдвигов* экономической системы.

В обсуждаемой модели присутствует новый макроэкономический параметр  $m_h = \frac{MI_t^h b_h (1 - a_h)}{h}$ , определяемый автором как показатель технологического сдвига экономической системы, оцениваемый в момент времени  $t$ , но потенциал для которого закладывался и накапливался за период  $[t - h; t)$ . Символами  $a_h$  и  $b_h$  обозначены средние значения за период  $[t - h; t)$  норм производственного потребления и накопления соответственно,  $MI_t^h$  — динамический индикатор роста внутренних инвестиций, вычисляемый по формуле  $MI_t^h = \frac{I(t) - I(t-h)}{I(t)} = 1 - \frac{I(t-h)}{I(t)}$ . В качестве эмпирической апробации функциональности индикатора  $MI_t^h$

был проведен предварительный анализ динамики внутренних инвестиций по данным Национального статистического комитета Республики Беларусь за период с 1990 по 2020 гг., приняв в качестве показателя, характеризующего потоки таких инвестиций, объем валового накопления основного капитала. Для приведения показателей статистического ряда в сопоставимый вид были рассчитаны обратные цепные индексы дефлятора ВВП по отношению к 2020 г., денежные единицы, имевшие обращение на территории Республики Беларусь в 1990–2020 гг. были приведены к единицам 2020 г. (с учетом всех деноминаций).

Индикатор  $MI_t^h$  был рассчитан для  $h = 7, 10, 15$  и  $20$  лет.



Рис. 1 - Значения динамического индикатора приведенного роста валовых накоплений в основные фонды  $MI_t^h$  для Республики Беларусь при  $h=7$  лет



Рис. 4 - Значение динамического индикатора приведенных валовых накоплений в основные фонды  $MI_t^h$  для Республики Беларусь при  $h=20$  лет

На рисунках хорошо заметен волновой характер изменения  $MI_t^h$  с более ярко выраженным разбросом числового значения показателя на малых интервалах  $h$ , что обусловлено содержательной природой предложенного индикатора. Анализируя представленные графики, видно, что, чем меньше значение  $h$ , тем больше чувствительность  $MI_t^h$  к краткосрочным факторам внутренней инвестиционной активности в экономике; при увеличении интервала  $h$  оценки темпов прироста в обратном времени происходит постепенное выравнивание (сглаживание пиков) его значений, и оценка этих показателей в динамике позволяет улавливать все более долгосрочные тренды в формировании накоплений, что, в свою очередь, дает возможность переходить от сугубо количественных оценок внутренних инвестиций к качественным.

#### Литература:

1. Поддубная, О. Н. Модель производственно-инвестиционного цикла односекторной экономики / О. Н. Поддубная // Вестник Белорусского государственного экономического университета. — 2022. — Вып. 5. — С. 75–82.

**Т. А. Позняк**, аспирант  
e-mail: pazniakta@gmail.com  
БГУИР (г. Минск)

## Проблематика цифровой трансформации высшего образования

В научной литературе Н. Р. Камынина описывает цифровую трансформацию (ЦТ) высшего образования в нескольких аспектах: 1) ЦТ образовательного процесса с помощью цифровых технологий; 2) трансформацию систем управления и инфраструктуры; 3) повышение компетенций профессиональной деятельности преподавателей, руководителей организаций [2].

О. В. Усачева, М. К. Черняков вышеназванные направления дополняют оценкой внесенных изменений для целей принятия коррекционных мер.

По нашему мнению, данный перечень направлений ЦТ высшей школы является неполным [1]. При этом аспекты ЦТ образовательного процесса, систем управления, инфраструктуры, повышения компетенций и оценку ЦТ предлагаем рассмотреть на основе отчета ОЭСР [1] в виде составляющих:

– Цифровая доступность, включающая цифровую инфраструктуру, уровень готовности для использования цифровых технологий, контента вуза (администрация, студенты, академические кадры), правительство