

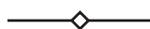
связи, число абонентов, подключенных по волоконно-оптической линии связи, составило 2838,9 тыс. на 01.01.2022. На 2021 г. сотовой связью (4G) покрыто 97,4 % населения.

Современная ИК-инфраструктура — это экономическая система, которая включает в себя связь 5G, центры обработки данных, искусственный интеллект. Все эти составляющие являются доступными инструментами для всех отраслей современной экономики.

Таким образом, информационно-коммуникационная инфраструктура является основным источником развития современных информационно-коммуникационных технологий, которые имеют прямое влияние на становление электронной экономики и цифровой промышленности. Можно утверждать, что современная ИК-инфраструктура является вектором устойчивого развития электронной экономики.

#### Литература:

1. Эталонное нормативное определение [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://multilang.pravo.by/ru/Term/Index/15448?langName=ru&page=1&type=3>.
2. Беляцкая, Т. Н. Формирование и развитие национальной электронной экономической системы (теория, методология, управление): автореф. дис. д-ра экономич. наук : 08.00.05 / Т. Н. Беляцкая; БГУИР. — Минск, 2019. — 47 с.
3. Государственная программа «Цифровое развитие Беларуси на 2021–2025 гг.» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.mpt.gov.by/ru/gosudarstvennaya-programma-cifrovoe-razvitie-belarusi-na-2021-2025-gody>.
4. Барышев, Р. С. Планирование и оптимизация информационной инфраструктуры организации / Р. С. Барышев // Социально-экономические явления и процессы. — 2013. — № 6 (52). — С. 49–52.



**А. А. Литвинович**, аспирант, преподаватель

e-mail: [litvinovich@bsu.by](mailto:litvinovich@bsu.by)

БГУ (г. Минск)

**Э. М. Аксень**, д-р экон. наук, профессор

e-mail: [eaksen@mail.ru](mailto:eaksen@mail.ru),

БГЭУ (г. Минск)

## Методика учета запаздывания при моделировании влияния объемов жилищного строительства на социально-экономические показатели

Установление заданий по строительству в Республики Беларусь, в том числе с господдержкой, должно рассматривать возможность влияния объемов строительства жилья на основные социально-экономические показатели. Обозначим через  $x(t)$  общую площадь жилых домов, введенных в эксплуатацию за  $t$ -й год. Естественно считать, что показатель  $x(t)$  оказывает влияние на такие показатели, как численность родившихся за  $t$ -й год или численность безработных, зарегистрированных в органах по труду, занятости и социальной защите в среднем за  $t$ -й год. При этом мы учитываем, что социально-экономические показатели (в частности, упомянутые выше показатели) зависят от  $x(t)$  с запаздыванием. (Например, численность родившихся за  $t$ -й год зависит от общей площади жилых домов, введенных не только в  $t$ -м году, но и в предыдущие годы.) На основе показателя  $x(t)$  введем ненаблюдаемый показатель  $\tilde{x}(t)$ , учитывающий запаздывание, по следующей рекуррентной формуле (в соответствии с методом экспоненциального сглаживания):

$$\tilde{x}(t) = \tilde{x}(t-1) + \gamma \cdot [x(t) - \tilde{x}(t-1)], \quad (1)$$

где  $\gamma \in [0, 1]$  — коэффициент сглаживания.

Будем считать, что социально-экономический показатель  $y(t)$  зависит от показателя  $\tilde{x}(t)$  общей площади жилых домов (введенных в эксплуатацию не только в  $t$ -м году, но и в более ранние годы) в соответствии с уравнением парной линейной регрессии:  $y(t) = \alpha + \beta \tilde{x}(t) + \varepsilon(t)$ , где  $\alpha$  и  $\beta$  — коэффициенты регрессии,  $\varepsilon(t)$  — случайное отклонение (с нулевым математическим ожиданием). Используя указанное уравнение парной линейной регрессии, получим формулу для прогнозных значений показателя  $y(t)$ :

$$\hat{y}(t) = a + b \tilde{x}(t), \quad t \geq t_0, \quad (2)$$

где  $a$  и  $b$  — (пока еще не известные) оценки параметров  $\alpha$  и  $\beta$ .

Значения параметров  $a, b, \gamma$  и  $\tilde{x}(0)$  будем находить с помощью решения следующей оптимизационной задачи:

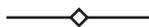
$$\sum_{t=1}^n [y(t) - \hat{y}(t)]^2 \rightarrow \min, \tag{3}$$

$$\tilde{x}(t) = \tilde{x}(t-1) + \gamma \cdot [x(t) - \tilde{x}(t-1)], \quad t = \overline{1, n}, \tag{4}$$

$$\hat{y}(t) = a + b\tilde{x}(t), \quad t = \overline{1, n}. \tag{5}$$

В этой задаче  $x(t)$  и  $y(t)$ ,  $t = \overline{1, n}$  — известные (табличные) значения,  $a, b$ , и  $\tilde{x}(0)$  — переменные. (Исходной информацией для нашей модели исследования являются данные Национального статистического комитета Республики Беларусь за 2000–2021 гг.)

С помощью уже известных значений параметров  $a, b, \gamma$  и  $\tilde{x}(0)$  и значений показателя  $x(t)$  можно найти прогнозные значения  $\hat{y}(t)$  показателя  $y(t)$  для будущих периодов времени. А именно, вначале по рекуррентной формуле (1) находим значения (ненаблюдаемого) показателя  $\tilde{x}(t)$  для будущих периодов времени, а затем по формуле (2) рассчитываем прогнозные значения  $\hat{y}(t)$ . (Нами рассчитаны прогнозные значения для 2023, 2024 и 2025 гг.) Отметим, что получаемый описанным выше образом прогноз  $\hat{y}(t)$  социально-экономического показателя  $y$  носит условный характер, поскольку он зависит от выбора траектории  $x(t)$  для будущих периодов.



**А. В. Марков**, канд. физ.-мат. наук, доцент  
e-mail: av\_markov@mail.ru  
БГЭУ (г. Минск)

**В. И. Яшкин**, канд. физ.-мат. наук, доцент  
e-mail: yashkin@bsu.by  
БГУ (г. Минск)

## Математические модели в туристском бизнесе

В настоящий момент, работодатели проявляют серьезный интерес к компетенциям специалистов. Требуются специалисты, которые готовы за счет своего мышления и способов организации деятельности быстро адаптироваться к часто меняющимся условиям профессиональной деятельности; иметь навыки самообучения; способности анализировать и принимать решения в условиях неполной информации. Внедрение математических методов способствует более эффективному и рациональному использованию материальной базы, распределению финансовых и трудовых ресурсов.

В системе туристского бизнеса предприятия работают в условиях жесткой конкуренции, появления более мощных объединенных туристских структур. С целью сохранения своих позиций на рынке туристских услуг туристское предприятие должно постоянно находиться в стадии выбора и принятия эффективных инвестиционных решений. Принятие конкретного решения на практике вызывает большие сложности, так как такого рода процессы соответствуют трудно формализуемым моделям. В качестве первого примера можно привести модель комфортного семейного отдыха, которая подробно описана в [1]. Вторая модель — исследование действия рекламы на замкнутое население в сфере туризма при определенных условиях, которая приводит к дифференциальной модели [2]. В качестве третьего примера можно привести пример модели, связанной с оптимизацией перемещения багажа.

Пусть багаж объемом 1000 условных багажных мест перемещается последовательно из пункта  $A_1$  через промежуточный  $A_2$  в конечный пункт  $A_3$  (допустим, это грузовой отсек авиалайнера). Транспортировка осуществляется с помощью двух транспортировочных механизмов, обладающих соответственно производительностью  $k_1, k_2$ . Предполагается, что скорости перемещения багажа прямо пропорциональны объемам багажа. Требуется установить зависимость количества багажных мест в пунктах  $A_i, i = 1, 2, 3$  в момент времени  $t > 0$ . Математической моделью процесса является задача Коши:

$$\begin{aligned} y_1'(t) &= -k_1 y_1, \\ y_2'(t) &= k_1 y_1 - k_2 y_2, \\ y_3'(t) &= k_2 y_2, \\ y_1(0) &= 1000, y_2(0) = y_3(0) = 0. \end{aligned} \tag{1}$$