

УДК 330.44:351.824.11

**В.Г. Фурик**, канд. екон. наук, доцент

**О.Ю. Царук**, магістрантка

**Д.Д. Воєділова**, студентка

Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна

## МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ ПРОГНОЗУВАННЯ ПЛАТОСПРОМОЖНОГО ПОПИТУ СПОЖИВАЧІВ КОМУНАЛЬНИХ ПОСЛУГ НА ОСНОВІ ФУНКЦІЇ КОРИСНОСТІ

*Досліджено та сформовано економіко-математичну модель прогнозування платоспроможного попиту споживачів, застосовуючи для факторних змінних бінарні ознаки. Розглянуто приклад інтерпретації параметрів регресійного рівняння.*

*Исследованы и сформирована экономико-математическая модель прогнозирования платежеспособного спроса потребителей, применяя в качестве факторных переменных бинарные признаки. Рассматривается пример интерпретации параметров регрессионного уравнения.*

*The economic-mathematical model predicting the effective demand of consumers, using a binary variable factor attributes, are investigated and generated. An example of interpreting the parameters of the regression equation are considered.*

**Постановка проблеми.** За останнє десятиріччя, яке характеризувалося значними змінами в економіці, зниженням рівня життя людей, що призвело до значних обсягів неплатежів за послуги водопостачання та водовідведення, державні комунальні підприємства не мають змоги проводити планове оновлення основних виробничих фондів у повному обсязі. Тому для більш ефективного функціонування таких установ необхідно проводити якісне прогнозування платоспроможного попиту.

**Аналіз останніх досліджень.** Як вважає О.І. Демків, особливо важливими для економіки є прогнози соціально-економічного розвитку суспільства. Рівень прогнозування процесів суспільного розвитку обумовлює ефективність планування та управління економікою підприємств та держави загалом. Як зазначив А.І. Орлов, методи прогнозування – це сукупність прийомів і способів мислення, що дозволяють на основі аналізу ретроспективних даних, екзогенних та ендегенних зв'язків об'єкта прогнозування, а також їхніх змін у рамках розглянутого явища або процесу вивести судження певної достовірності щодо майбутнього розвитку об'єкта.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Зараз проблема ефективного функціонування комунальних підприємств є досить широкою, адже їх діяльність впливає на всю економіку держави. Проте цілеспрямовано вирішення даних питань через математичні методи не відбувається, а ця сфера потребує чітких і спланованих дій.

**Мета статті.** Головною метою цієї роботи є підвищення ефективності роботи бюджетних установ завдяки розробкам економіко-математичних моделей оптимального розподілу коштів та платоспроможного попиту споживачів комунальних послуг.

**Виклад основного матеріалу.** Модель було побудовано на базі даних вибіркового обстеження споживачів комунальних послуг (міських дошкільних навчальних закладів) та баз даних комунальних підприємств про суми нарахувань за надані установам послуги. З цієї метою в масивах мікроданих було створено нові змінні:

– “Чи є можливість платити більше за холодне водопостачання та водовідведення?”  
Ця змінна приймала значення 1, якщо змінна “Чи раціональним є збільшення плати при покращенні якості послуг?” мала значення більше 1 (установа готова платити більше) та установа користується послугами холодного водопостачання та водовідведення;

– "Чи є можливість платити більше за централізоване гаряче водопостачання?" Ця змінна приймала значення 1, якщо змінна "Чи раціональним є збільшення плати при покращенні якості послуг?" мала значення більше 1 (установа готова платити більше) та установа користується послугами гарячого водопостачання;

– "Чи є можливість платити більше за централізоване опалення?" Змінна приймала значення 1, якщо змінна "Чи раціональним є збільшення плати при покращенні якості послуг?" мала значення більше 1 (установа готова платити більше) та установа користується послугами централізованого опалення.

На основі цих змінних було створено результативну ознаку "можливість платити більше за послуги належної якості" по кожній групі установ, які визначаються обраними факторними змінними (дивіться нижче), і користуються відповідними послугами. Бажання платити більше по кожній групі визначалось як відношення кількості установ, які мають можливість платити більше.

Для факторних змінних використовувалися такі бінарні ознаки:

1. HSIZE\_2 – установа складається з 20 осіб (1 – так, 0 – ні);

HSIZE\_3 – установа складається з 30 осіб (1 – так, 0 – ні);

HSIZE\_4 – установа складається з 40 та більше осіб (1 – так, 0 – ні).

2. INC\_2 – установа належить до другої квінтильної групи (1 – так, 0 – ні);

INC\_3 – установа належить до третьої квінтильної групи (1 – так, 0 – ні);

INC\_4 – установа належить до четвертої квінтильної групи (1 – так, 0 – ні).

Окрім цих змінних, які за результатами виконаних досліджень увійшли до кінцевих моделей, було розглянуто чимало інших бінарних змінних (місце розташування установи, тип будівлі тощо), вплив яких на можливість платити більше виявився відносно незначним.

Загальний вигляд лінійної ймовірнісної моделі для кожної послуги задається формулою:

$$p = \beta_0 + \beta_1 b_1 + \beta_2 b_2 + \dots + \beta_n b_n, \quad (1)$$

де  $p$  – емпірична ймовірність можливості сплачувати більше за більш якісну послугу;

$b_i$  – бінарні факторні змінні (група за доходом, розмір установи тощо),  $i = 1, 2, \dots, n$ ;

$\beta_0$  – вільний член, який має значення емпіричної ймовірності можливості сплачувати більше для групи установ, яка відповідає нульовим значенням усіх бінарних факторних ознак;

$\beta_i$  – коефіцієнти регресії, які відображають вплив кожної факторної змінної (при  $b_i = 1$ ) на емпіричну ймовірність можливості сплачувати більше,  $i = 1, 2, \dots, n$ .

*Результати моделювання.* Моделі будувались для установ, які споживають послуги холодного водопостачання та водовідведення, централізованого гарячого водопостачання, центрального опалення.

Кінцевий вигляд моделей, які були побудовані на цьому етапі дослідження, наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

*Можливість установ оплачувати за більши високими тарифами послуги кращої якості*

Модель	Середня можливість сплачувати	Характеристики якості моделі
Для установ, які споживають послуги холодного водопостачання та водовідведення: $p_h = 0.177 + 0.144 \cdot INC4 + 0.201 \cdot INC5 + 0.101 \cdot HSIZE\_3 + 0.193 \cdot HSIZE\_4 - 0.124 \cdot ID\_PENS + 0.196 \cdot ID\_CH3$	0,285	$R^2 = 0.797$ $F = 8.501$ $(F_{кр(0.95)} = 3.06)$
Для установ, які споживають послуги централізованого гарячого водопостачання: $p_g = 0.017 + 0.188 \cdot INC3 + 0.185 \cdot INC4 + 0.319 \cdot INC5 + 0.126 \cdot HSIZE\_3 + 0.240 \cdot HSIZE\_4 - 0.040 \cdot ID\_PENS + 0.310 \cdot ID\_CH3$	0,290	$R^2 = 0.722$ $F = 5.949$ $(F_{кр(0.95)} = 2.90)$
Для установ, які споживають послуги центрального опалення: $p_o = 0.131 + 0.058 \cdot INC3 + 0.145 \cdot INC4 + 0.242 \cdot INC5 + 0.090 \cdot HSIZE\_3 + 0.200 \cdot HSIZE\_4 - 0.098 \cdot ID\_PENS + 0.230 \cdot ID\_CH3$	0,284	$R^2 = 0.779$ $F = 9.087$ $(F_{кр(0.95)} = 2.84)$

Слід пам'ятати, що всі незалежні (факторні) ознаки в цій моделі є бінарними змінними, тобто вони можуть приймати лише одне із двох можливих значень (0 або 1).

Необхідно звернути увагу, що в окремих моделях, наведених у таблиці 1, використовуються не всі факторні ознаки, перелічені вище. Наприклад, модель за послугою холодного водопостачання та водовідведення не містить змінних INC2, INC3, HSIZE\_2. Це відображає той факт, що вказані змінні несуттєво впливають на значення результативної ознаки (коефіцієнти при них значно менші від коефіцієнтів при інших факторних змінних), а їх використання погіршує якість моделі.

Крім того, при моделюванні слід враховувати, що відсутність змінних INC2, INC3 означає, що установи з коштами, які відповідають першій, другій і третій квінтільним групам, розглядаються як установи однієї групи за коштами. Аналогічно відсутність змінної HSIZE\_2 означає, що установи, які складаються з 1 або 2 осіб, розглядаються як установи однієї групи за розміром.

Коефіцієнт детермінації  $R^2$  показує частку змін результативної ознаки (дисперсії результативної ознаки), яка пояснюється регресійною моделлю.  $R^2$  змінюється від 0 до 1. Чим ближчі значення  $R^2$  до 1, тим краще лінійна модель апроксимує результативну ознаку.

$F$ -відношення відображає ступінь взаємозв'язку між результативною і факторними ознаками. Якщо розрахункове значення  $F$ -відношення перевищує критичне  $F_{кр}$ , то це свідчить про наявність взаємозв'язку між результативною та факторними ознаками. У таблиці 1 наведено також критичні значення  $F$ -відношення для 95-ої процентилі  $F$ -розподілу. Це відповідає 95 % імовірності наявності взаємозв'язку між результативною та факторними ознаками.

Значення цих характеристик для кожної з одержаних моделей наведено у таблиці 1. Оскільки у всіх випадках значення коефіцієнта детермінації  $R^2$  є близьким до 1, а розрахункове значення F-відношення суттєво перевищує його критичне значення  $F_{кр}$ , є всі підстави стверджувати, що зв'язок між результативною та обраними факторними ознаками адекватно описується одержаними регресійними рівняннями.

Розглянемо зміст та правило користування моделями, наведеними в таблиці 1.

Приклад. Розглянемо спершу модель прогнозування можливості споживачів послуг холодного водопостачання та водовідведення платити більше за послуги кращої якості. Ця модель має вигляд (таблиця 1, модель 1):

$$p_h = 0.177 + 0.144 \cdot INC4 + 0.201 \cdot INC5 + 0.101 \cdot HSIZE\_3 + 0.193 \cdot HSIZE\_4 - 0.124 \cdot ID\_PENS + 0.196 \cdot ID\_CH3$$

Інтерпретацію значень параметрів цього рівняння наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

*Приклад інтерпретації параметрів регресійного рівняння*

Параметр	Значення параметра	Пояснення
Вільний член рівняння	+0.177	Це можливість платити більше за більш якісні послуги холодного водопостачання та водовідведення тих установ, які складаються з однієї або двох осіб, належать за рівнем доходів до першої, другої або третьої квінтільної групи, не мають у своєму складі дітей у віці до 3-х років та пенсіонерів. А саме, 17,7 % таких установ мають можливість платити більше
Коефіцієнт регресії при змінній INC4	+0.144	За інших рівних умов для установ, які належать до четвертої квінтільної групи за рівнем доходів, можливість платити більше зростає в середньому на 14,4 %
Коефіцієнт регресії при змінній HSIZE 3	+0.101	За інших рівних умов для установ, які складаються з трьох осіб, можливість платити більше зростає в середньому на 10,1 %
Коефіцієнт регресії при змінній HSIZE 4	+0.193	За інших рівних умов для установ, які складаються з чотирьох і більше осіб, можливість платити більше зростає в середньому на 19,3 %
Коефіцієнт регресії при змінній ID_PENS	-0.124	За інших рівних умов для установ, які мають у своєму складі пенсіонерів, можливість платити більше зменшується в середньому на 12,4 %
Коефіцієнт регресії при змінній ID_CH3	+0.196	За інших рівних умов для установ, які мають у своєму складі дітей віком до трьох років, можливість платити більше зростає в середньому на 19,6 %

Використовуючи це рівняння, можна розрахувати можливість платити більше для будь-якої установи із 55 можливих типів.

Зокрема, розглянемо установу з набором факторних ознак за номером 1. Така установа складається з однієї або двох осіб (оскільки  $HSIZE\_3 = HSIZE\_4 = 0$ ), належить за рівнем доходів до першої, другої або третьої квінтільних груп. Для такої установи можливість сплачувати більш високі тарифи за послуги холодного водопостачання та водовідведення складає:

$$p_h = 0,177 + 0,144 * 0 + 0,101 * 0 + 0,193 * 0 - 0,124 * 0 + 0,196 * 0 = 0,177.$$

Іншими словами, лише 17,7 % таких установ мають можливість платити більше за послуги вищої якості.

У таблиці 1 наведено також середні значення можливості платити більше за кожний вид послуги окремо, які були розраховані як середньозважені з врахуванням кількості установ кожного типу.

**Висновки і пропозиції.** На підставі цих даних приходимо до висновку, що мають можливість сплачувати більше за вищу якість:

- 28,5 % установ – за послуги холодного водопостачання та водовідведення;
- 29,0 % установ – за послуги централізованого гарячого водопостачання;
- 28,4 % установ – за послуги центрального опалення.

Отже, в цілому, установи найшвидше мають можливість оплачувати за більш високими тарифами послуги централізованого гарячого водопостачання порівняно з іншими видами комунальних послуг.

Можливість платити більше залежно від типу установи. На основі використання цієї моделі було розраховано середню можливість оплачувати комунальні послуги за більш високими тарифами для установ різного типу і складу. Зокрема, було проведено додаткові розрахунки для установ залежно від сукупних річних витрат установи та розмірів установи.

Як свідчать результати аналізу, вищою є можливість платити в установи, які складаються з 30 та більшої кількості осіб.

Одержані результати сформовано під впливом таких факторів, як величина сукупних витрат, розмір установи, наявність та чисельність осіб.

Більш чіткий взаємозв'язок між коштами та готовністю установ платити більше простежується у моделях, наведених у таблиці 1. Зокрема, результати свідчать, що установи, які належать до вищих квінтилей за рівнем доходів, за інших рівних умов висловлюють більшу можливість сплачувати послуги за вищими тарифами.

Недоліком лінійної імовірнісної моделі є те, що інколи значення показника «можливість платити більше» може перевищувати одиницю або ж бути від'ємним. У таких випадках слід вважати, що значення можливості сплачувати більш високі тарифи дорівнює відповідно 1 та 0.

### Список використаних джерел

1. Демків О. І. Напрями подальшого удосконалення міжбюджетних відносин / О. І. Демків. – Фінанси України. – 2007. – № 1. – С. 153-157.
2. Колемаев В. А. Математическая экономика / В. А. Колемаев. – М.: Юнити, 1998.
3. Попович П. Я. Економічний аналіз діяльності суб'єктів господарювання / П. Я. Попович. – Тернопіль: Економічна думка, 2006.
4. Савицкая Г. В. Анализ хозяйственной деятельности предприятия / Г. В. Савицкая. – Минск: Экоперспектива, 2007.
5. Чумученко М. Г. Економічний аналіз / М. Г. Чумученко. – К.: КНЕУ, 2006. – 540 с.