
МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ, МОДЕЛІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОНОМІЦІ

УДК 330.46

DOI: <https://doi.org/10.32851/2708-0366/2021.5.16>

Лобода О.М.

кандидат технічних наук, доцент,
Херсонський державний аграрно-економічний університет
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9826-9443>

Loboda Olena

Kherson State Agrarian and Economic University

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОНОМІКИ МАЛОГО ТА СЕРЕДЬНОГО ПІДПРИЄМНИЦТВА

IMPROVING METHODOLOGY MAKING MANAGEMENT DECISIONS USING MATHEMATICAL MODELING THE ECONOMY OF SMALL AND MEDIUM ENTREPRENEURSHIP

У статті показано, що для реалізації інноваційного напрямку розвитку потрібна нова методологія науково-прикладних досліджень та прогнозування на основі математичного моделювання та експерименту за допомогою комп'ютерних інформаційних систем підтримки прийняття управлінських рішень, синтезу сучасних чисельних методів та комп'ютера. Компоненти вектору стану системи необхідно визначати як середні значення по даних великого числа реалізацій процесу. На реалізацію торговельного процесу впливає велика кількість чинників, але характерними з них є: конкуренція, сезонність, стан законодавчої бази, купівельна спроможність громадян, середня заробітна плата, рівень техніки й технологій та ін. Все це посилює необхідність багатofакторного аналізу результатів діяльності та розроблення заходів зі збільшення ефективності малого торговельного підприємства.

Ключові слова: система управління, математична модель, ідентифікація системи, виробничі функції, оптимізація управління.

В статті показано, що для реалізації інноваційного напрямку розвитку потрібна нова методологія науково-прикладних досліджень та прогнозування на основі математичного моделювання та експерименту з допомогою комп'ютерних інформаційних систем підтримки прийняття управлінських рішень, синтезу сучасних чисельних методів та комп'ютера. Компоненти вектору стану системи необхідно визначати як середні значення по даним більшого числа реалізацій процесу. На реалізацію торговельного процесу впливає велика кількість факторів, але характерними з них є: конкуренція, сезонність, стан законодавчої бази, купівельна спроможність громадян, середня заробітна плата, рівень техніки й технологій та ін. Все це посилює необхідність багатofакторного аналізу результатів діяльності та розроблення заходів зі збільшення ефективності малого торговельного підприємства.

Ключевые слова: система управления, математическая модель, идентификация системы, производственные функции, оптимизация управления.

The article proves that for implementation of innovative direction development, a new methodology of scientific and applied research and forecasting based on mathematical modeling and experiment using computer information systems to support management decisions, synthesis of modern numerical methods and a computer is needed. The components of system state vector must be determined as average values over the data of a large number process implementations. Estimates the required indicators obtain statistical stability in presence a large number realizations and can be taken with sufficient accuracy for practice as approximation the values sought components of system state vector. The implementation trading process is influenced by a large number of factors, but typical them are: competition, seasonality, state legislative framework, purchasing power of citizens, average wages, level of technology and technology. All this increases the need for a multifactorial analysis performance results and development of measures for increasing efficiency of small trading enterprise. At first stage modeling, using factor analysis, the main factors are identified; at second stage, on e basis of correlation analysis, it was proved that influence of factors on profit is significant and all main factors are used to build a regression model. At third stage of study, a regression model change in profit from the main factors was built, and it was proved that it has a sufficiently high level of accuracy and adequacy. The executed profit forecast allows us to make a number competent management decisions that contribute to an increase in profit a trading enterprise and ensure competitiveness in modern conditions. Use of mathematical modeling methods and adoption on their basis of informed decisions on management enterprise activities can be considered an important specific advantage of small and medium-sized businesses, since development and implementation a new system management technologies will allow efficiency of functioning entrepreneurial structures and ensure implementation a cost-oriented and oriented approach in business management.

Key words: management system, mathematical modeling, system identification, production functions, optimization of management.

Постановка проблеми. Аналіз потреби сучасної практики у сфері економіки малого та середнього підприємництва, вивчення теоретичних положень і розробок формування та прийняття управлінських рішень показують, що традиційні методи, які використовуються у сучасних умовах, не можуть служити основою для подальшого розвитку підприємства малого та середнього підприємства. Математичне моделювання володіє широкими можливостями, а метод математичного моделювання більш універсальний, оскільки: по-перше, дає змогу за допомогою одного налаштованого комп'ютерного пристрою виконувати рішення цілого класу задач, які мають однаковий математичний опис; по-друге, забезпечує простоту переходу від однієї задачі до іншої за рахунок змінення значень параметрів системи, що досліджується, різноманітних збурень та початкових умов; по-третє, реалізує можливість моделювати (обробляти) систему по частинах завдяки декомпозиції; по-четверте, використовувати безперервно комп'ютерну техніку, що має тенденцію вдосконалення. Основною перевагою математичного моделювання порівняно з аналітичним є можливість вирішення задач виняткової складності. Окрім того, математичне моделювання дає змогу обґрунтувати результати на основі параметричних досліджень, прогнозувати можливу поведінку за змінення визначних показників, визначати приховані резерви структури управління підприємством та «вузькі» місця в ній, зменшувати ступінь фінансового ризику, що за обмежених ресурсів та особливо в рамках обмеження в часі набуває першочергового значення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В економічній теорії обґрунтування оптимальних розмірів підприємств відображено у наукових працях В.К. Збарського, В.І. Мацибори, В.В. Марасанова, А.А. Чалого; структурам підприємств та критеріям оптимальності присвячено роботи С.П. Азізова, В.Г. Андрійчука, П.К. Канінського та ін. Питанням використання оптимізаційних моделей оптимального управління підприємствами присвячено роботи В.В. Вітлінського, О.Г. Івахненка, І.В. Стеценко, М.В. Кузубова. Аналіз підходів до дослідження та моделювання функціонування підприємствами показав, що побудова якісних математичних моделей є основою реалізації системного аналізу [1, с. 23], займає центральне місце в організації досліджень та

проектуванні будь-якої економічної системи, її підсистеми управління [2, с. 104]. Для організації викладеного необхідно подолати різноманіття наук та ще на етапі загального опису об'єкта малого та середнього підприємництва поєднувати окремі дослідження в єдине ціле [3, с. 54]. Таке поєднання можливо завдяки сучасним комп'ютерним інформаційним системам підтримки прийняття управлінських рішень [4, с. 35]. Воно здійснюється за допомогою цілої ієрархії математичних моделей окремих підприємств, які входять у склад малого та середнього підприємництва [6, с. 231]. Цикл обчислюваного експерименту «підприємство – математична модель – алгоритм – пакет прикладних програм – комп'ютер» відображає основні етапи процесу пізнання в теперішньому комп'ютерному втіленні [6, с. 130–134]. Проведення експериментів із математичною моделлю, а не з об'єктом супроводжується накопиченням інформації про об'єкт, який розкриває його внутрішні багатофункціональні зв'язки, що дають змогу судити про його інтегральні властивості [7, с. 64–68]. Такий алгоритм веде до суттєвої економії матеріальних та трудових витрат порівняно з традиційним експериментальним підходом [8, с. 104–110]. Існує два види математичного опису процесу: детермінований та статистичний.

Детермінований опис будується на основі фундаментальних теоретичних законів і закономірностей економіки [4, с. 56]. Множина практичних задач, аналіз процесів, котрий реалізується з урахуванням дії випадкових факторів, джерелами яких служать вплив зовнішнього середовища, помилки, збурення та відхилення різноманітних показників, що виникають усередині системи. На відміну від інших методів математичне моделювання виявляється дуже пристосованим для вивчення процесів з урахуванням випадкових факторів. Труднощі статистичного опису під час дослідження процесів методом математичного моделювання полягають у виборі вектору стану системи, елементи якого реально характеризували би процес, що реалізується.

Необхідно відзначити, що між традиційними методами (аналітичним і натуральним експериментом) та новою науково-практичною методологією немає ніякого протиріччя. У цих умовах математичне моделювання виступає як поєднуючий та концентруючий фактор, завдяки якому класичні методи здобувають нові вимірювання та додаткові обґрунтування, фундаментальні дослідження – чітку спрямованість, а прикладні розробки – теоретичну базу.

Існуючі пооб'єктні підходи до формування економіко-математичних моделей та їх вирішення (коли практично під кожен об'єкт малого та середнього підприємництва створюється своя модель) уявляються нераціональними, оскільки пов'язані з необхідністю виконання кожен раз невиправдано великого обсягу підготовчої роботи, дублювання, не забезпечують накопичення та узагальнення опиту створення та застосування моделей з єдиних методологічних позицій.

Формулювання цілей статті. Метою дослідження є отримання наукової та практичної методики розроблення моделей на основі сучасних особливостей математичного моделювання та постійного вдосконалення комп'ютерних інформаційних систем, які орієнтовані на вирішення широкого кола економічних задач, стандартизацію структурних блоків моделі та застосування уніфікованих прийомів моделювання в різних сферах економіки, у тому числі в підсистемах підтримки прийняття управлінських рішень.

Виклад основного матеріалу. З урахуванням накопиченого досвіду створення моделі повинно виконуватися з дотриманням таких принципів [5, с. 136].

Перший принцип – модульний принцип організації структури економіко-математичної моделі. Він забезпечує незалежність формування результуючої моделі економічного об'єкта будь-якого рівня від конкретних методів розрахунку і, як наслідок, можливість порівняно простого переходу до більш сучасних методів розрахунку характеристик складових частин задачі шляхом заміни одного модуля іншим.

Другий принцип – уніфікація моделі. Сьогодні математичне моделювання має рівень розвитку та вдосконалення, коли можливий перехід від поштучного виробництва до створення уніфікованих моделей, які дають змогу з єдиних позицій розглядати достатньо широкий круг завдань. Такими властивостями володіє, наприклад, імітаційна модель роботи підприємства малого та середнього підприємництва. Усі прикладні моделі розглядаються як окремий випадок уніфікованої моделі, а умови переходу до тієї або іншої моделі зумовлюється завданням вхідних даних [9]. Використання вказаного принципу дає змогу значно швидше визначати ефективні методи вирішення комплексних задач, виключати помилки під час переходу до вирішення нових завдань та значно спростити процедуру засвоєння математичних моделей користувачем. Використання модульного принципу дає змогу розширити матеріальну базу уніфікації моделі насамперед у сфері нелінійної оптимізації.

Третій принцип – сполучуваність з іншими моделями. Реалізація даного принципу потребує розроблення спеціальних методів дослідження. Принцип сполучуваності, як і принцип уніфікації, спрямований передусім на забезпечення оперативності формування моделі підприємства середнього та малого підприємництва у цілому та простоти її освоєння.

Четвертий принцип – виділення базових моделей. Згідно із цим принципом, процес створення моделі підприємства поділяється на низку етапів: відбір або формування моделі навколишнього середовища, елементів та підсистем, які входять у склад об'єкта; побудова базової моделі; модифікація базової моделі оптимізації або її ускладнення під конкретні задачі. Два перших етапи найбільш трудомісткі та реалізується спільно спеціалістами з численних методів і економістами. Третій етап істотно просте перших двох, легко піддається формалізації та може виконуватися дослідниками, які не є, наприклад, спеціалістами у сфері прийняття управлінських рішень. Тобто принцип виділення базової моделі забезпечує порівняльну простоту та доступність її використання для проведення широкого кола прикладних досліджень. При цьому реальною становиться можливість одночасного створення підприємства малого і середнього підприємництва та його математичної моделі – «математичного дублеру», який у подальшому може бути використаний під час дослідження і повсякденної управлінської діяльності.

З огляду на те, що підприємство само по собі є складною соціально-економічною системою, яка функціонує в умовах невизначеності, здобуття комплексної оцінки фінансового забезпечення підприємства є складним завданням не тільки з економічного, а й із математичного погляду.

Як наслідок, зростає актуальність розроблення економіко-математичних моделей, які можуть дати змогу реалізувати комплексну оцінку фінансового стану підприємства з достатньою точністю та надійністю. Поєднання використання економіко-математичних моделей та сучасних комп'ютерних технологій, результати аналізу стану економічних об'єктів і процесів, економічне прогнозування розвитку економічних процесів, розроблення управлінських рішень на всіх рівнях господарської ієрархії, здобуття точних результатів діагностики та оцінки фінансового стану не лише скорочують час оперативного прийняття рішень, а й сприяють підвищенню конкурентоздатності малого та середнього підприємництва.

Загальне застосування економіко-математичних методів і моделей та методів економічного аналізу дає змогу здобути якісно нові висновки про економічні процеси та явища, перспективи їх розвитку. Економіко-математичне моделювання нині стає все більш затребуваним у процесі проведення економічних досліджень та використовується як один з основних інструментів кількісного аналізу статистичних даних у діяльності підприємства. Це пояснюється тим, що, по-перше, математичне моделювання можна розглядати як ефективний засіб структурованого, більш компактного та доступного до огляду уявлення вхідної інформації. По-друге, існує ціла низка типових

управлінських ситуацій, які допускають формалізацію, де саме математичні підходи та судження обґрунтовано стають вирішальними.

Вищезазначені проблеми розглядаються у статті на основі конкретної практичної діяльності підприємства малого бізнесу – торгового підприємства (ТП). На реалізацію торгового процесу впливає велика кількість чинників, але характерними з них є: конкуренція, сезонність, стан законодавчої бази, купівельна здатність громадян, середня заробітна плата, рівень техніки й технології та ін. Усе це збільшує необхідність багатофакторного аналізу результатів діяльності та розроблення заходів зі збільшення ефективності малого ТП.

Із цією метою доцільно виділити основні етапи математичного моделювання, на кожному з яких згідно з методологією багатофакторного статистичного аналізу використовується відповідний метод [8, с. 104–110]: етап 1 – виділення головних факторів, які впливають на весь процес реалізації продукції підприємством; етап 2 – оцінка кореляційного зв'язку головних факторів і виручки ТП; етап 3 – прогноз виручки ТП на заданий період на основі якісної моделі регресії. Реалізація даної моделі виконується із застосуванням теорії багатомірних методів статистики та стандартного пакету прикладних статистичних програм.

Для проведення дослідження сформована таблиця вхідних даних (табл. 1 – фрагмент). Показником в даному дослідженні є виручка підприємства Y . Як фактори X_i визначено такі види продукції, що реалізуються: x_1 – молочна продукція; x_2 – м'яса; x_3 – консервована; x_4 – крупи, макарони; x_5 – масложирова; x_6 – рибна; x_7 – напівфабрикати; x_8 – кондитерська; x_9 – спиртні напої; x_{10} – пивна; x_{11} – соки, води; x_{12} – хлібобулочна.

Періодом дослідження вибраний часовий інтервал із 2017 по 2019 р. помісячно. Значення всіх ознак вимірюється в сотнях тисяч гривень.

Таблиця 1

Динаміка показників діяльності торговельного підприємства

	Y	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}
2017 рік													
1	645	42,4	56,8	49,9	32	80,8	18,5	31	62,2	99,4	93,2	57,8	35
2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
12	654	48,2	62,2	52,7	37,2	78,3	32,1	32,6	66,3	94,5	92,8	24,9	31,7
2018 рік													
13	650	48,7	62,2	50,1	37,1	74,7	30,8	32,1	66,3	97,5	94,3	23,1	30,6
14	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
24	514	37,8	46,2	35,5	24,4	62,6	25	24	51,8	77,5	91,4	20,8	27,7
2019 рік													
25	503	38,5	45,2	33,4	24,5	60,2	25,9	21	50,7	75,4	82,1	18,7	26,2
26	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
36	416	36,2	37,2	19,3	18,1	45,7	19,1	32,6	48,2	49,2	78,5	17,8	21,3

Етап 1. Значення показників реалізації продукції x_i торговельного підприємства є тільки його непрямі характеристики. Насправді, існують скриті, невидимі чинники (фактори), яких мало та які визначають значення показників, що досліджуються, реалізації продукції. Ці внутрішні чинники у факторному аналізі прийнято називати головними факторами, а сам метод «факторний аналіз» – методом формування гіпотез.

Результати розрахунків за допомогою модуля «Факторний аналіз» програмного пакета представлено в табл. 2 та 3. Окрім того, у табл. 2 представлено значення окупності.

Таблиця 2

Матриця повернутого факторного навантаження та спільності

	Показник 1	Показник 2	Показник 3	Показник 4	Показник 5
x_1	0,878	0,79	0,162	0,345	0,897
x_2	0,852	0,102	0,178	0,435	0,963
x_3	0,863	0,312	0,318	0,169	0,978
x_4	0,808	0,254	0,197	0,422	0,928
x_5	-0,864	0,118	0,309	0,318	0,956
x_6	-0,883	0,301	0,160	0,194	0,932
x_7	0,506	0,021	0,172	0,832	0,982
x_8	-0,830	0,195	0,342	0,353	0,971
x_9	-0,912	0,034	0,278	0,185	0,945
x_{10}	0,148	-0,931	0,265	0,025	0,962
x_{11}	0,245	-0,316	0,878	0,152	0,956
x_{12}	-0,815	0,215	0,432	0,205	0,936

Таким чином, згідно з даними табл. 2, на процес торгівлі впливають чотири головних фактори. У табл. 3 представлено дані, які відображають динаміку впливу головних факторів на процес торгівлі. Для зручності представлення даних табл. 3 по тексту вона трансформована.

Таблиця 3

Динаміка впливу головних факторів на процес торгівлі

Період	F_1	F_2	F_3	F_4
2017 рік				
1	-0,205	-0,533	4,618	0,66
2	...	...	...	...
12	1,132	0,633	-0,397	0,93
2018 рік				
13	1,223	0,89	-0,608	0,864
14	...	...	...	...
24	0,208	-0,263	0,056	-0,806
2019 рік				
25	0,197	-0,086	-0,245	-1,095
26	...	...	...	...
36	-2,166	-0,25	-0,28	2,465

Ідентифікація головних факторів по значеннях факторного навантаження (табл. 2) та динаміка їхнього впливу на процес торгівлі (табл. 3) показують, що об'єктивно існують чотири головних фактори, які впливають на реалізацію товарів даного ТП: конкуренція, сезонність, контингент покупців, доходи покупців.

Етап 2. У матрицю значень головних факторів (табл. 3) додається стовпець значення показника Y (дохід) з табл. 1, таким чином, сформовано таблицю для подальшого проведення дослідження. Із використанням кореляційного аналізу вирішувалася задача виявлення ступеня та характеру впливу головних факторів F_i на показник Y та їх взаємного впливу. Значення парних коефіцієнтів кореляції розраховувалися за програмного забезпечення в режимі «Кореляція».

Критичне значення на рівні 80% за двох ступенів свободи дорівнює 0,1446. Фактор F_1 (конкуренція) на змінення виручки показує високий негативний вплив ($r_{21} = -0,847$), фактор F_2 (сезонність) – помірний негативний вплив ($r_{31} = -0,312$). Вплив фактору F_3 (контингент покупця) і фактору F_4 (доходи покупців) на звільнення виручки чинять помірний позитивний вплив ($r_{41} = 0,3$; $r_{51} = -0,324$ відповідно). Взаємна кореляція між факторами відсутня, що, по-перше, підтверджує теоретичні положення щодо незалежності головних факторів, по-друге, цей факт свідчить про достатню якість регресійної моделі на майбутнє.

Таким чином, для побудови моделі регресії виручки використовуємо дані головних факторів.

Таблиця 4

Матриця парних кореляцій доходу та головних факторів

	Y	F_1	F_2	F_3	F_4
Y	1,000	-0,847	-0,312	0,343	0,324
F_1	-0,847	1,000	-0,018	-0,021	-0,031
F_2	-0,312	-0,018	1,000	-0,035	0,020
F_3	0,34	-0,02	0,035	1,000	-0,018
F_4	0,324	-0,031	0,20	-0,018	1,000

Етап 3. На третьому етапі дослідження програма працювала в режимі «Лінійна множинна регресія». У результаті розрахунку регресійна модель змінення виручки від головних факторів має вигляд (табл. 5):

$$Y = 529,559 - 78,955F_1 - 25,548F_2 + 32,497F_3 + 30,877F_4 \quad (1)$$

де Y – виручка торгового підприємства; F_1 – конкуренція; F_2 – сезонність; F_3 – контингент покупців; F_4 – доходи покупців.

Параметри моделі b_i – значущі, оскільки розрахункові значення їх коефіцієнтів Стьюдента трозр, представлені в табл. 5, більше табличного (критичного) значення (табл. 5): $|t_{розр}| > t_{кр} = 1,055$.

Включені в модель фактори на 96,64% описують змінення виручки (табл. 6). Множинний коефіцієнт детермінації $R^2_{F_1, F_2, F_3, F_4} = 0.9673$ істотний, оскільки розрахункове значення критерію Фішера $F_{расч}$ більше табличного (табл. 6): $F_{расч} = 4587,125 > F_{табл}$ ($\alpha = 0,05$; $k_1 = 4$; $k_2 = 31$) = 2,69.

Оцінка впливу окремих факторів, включених у модель, на змінення виручки по еластичності дає змогу зробити висновок про те, що відхилення будь-якого з головних факторів на 1% практично не призводить до відхилення виручки від його середнього (табл. 5).

Оцінка впливу варіації окремих факторів, включених у модель, на змінення виручки по β -коефіцієнту дає змогу зробити висновок, що найбільший вплив чинить конкуренція ($\beta_1 = 0,513$, табл. 5). Конкуренція як головний фактор багатогранна за своєю суттю, тому її мінливість істотно впливає на коливання значень виручки. Окрім

того, варіація факторів впливає на варіацію значення виручки, тобто вона чутлива до коливань значень головних факторів. Це пояснюється низкою причин: конкуренція чинить безпосередній вплив на виручку; сезонні коливання визивають спади і підйоми виручки залежно від попиту на визначені групи товарів; на розмір виручки впливає швидкість товарообороту, який, своєю чергою, залежить від контингенту покупців та їхніх доходів.

Таблиця 5

Оцінка параметрів моделі прибутку торговельного підприємства

	Параметр моделі	Середньо-квадратичне відхилення	t-значення	Еластичність	B-коефіцієнт	Δ-коефіцієнт
Вільний член	529,559	0,471	11,49564	0,000	0,000	0,000
F_1	-78,955	0,465	-176,581	-0,037	0,513	0,697
F_2	-25,548	0,459	-55,613	-0,003	0,145	0,198
F_3	32,497	0,458	73,758	0,003	0,52	0,071
F_4	30,877	0,458	68,678	0,020	0,026	0,32

Частка внеску кожного фактору F_i у сумарний вплив усіх факторів, які включені до моделі, оцінюється дельта-коефіцієнтом, і, як видно з табл. 5, внесок фактору F_1 у сумарний вплив факторів, включених у модель, становить 69,7% ($\Delta_1 = 0,697$) та є найбільшим. Це пояснюється тим, що конкуренція для торгівлі – найголовніший фактор з усіх досліджуваних, під його впливом проходять істотні зміни змінення товарообороту за рахунок утрати (придбання) покупців.

Таким чином, під час прогнозування та планування роботи ТП необхідно враховувати розподіл ступеня впливу головних факторів на змінення виручки.

Прогнозування виконуються з використанням виключно якісної моделі. Модель є якісною, якщо вона адекватна і має високу ступінь точності. Потрібно визначити, що проблема створення адекватної математичної моделі реального процесу, а в даному разі – моделі змінення виручки торгового підприємства, – дуже трудомістке завдання. У кінцевому підсумку заключний успіх побудови моделі фактично повністю залежить від ступеня вирішування цієї вузлової проблеми.

Оцінка якості моделі виконується за характеристиками остаточної компоненти, значення якої розраховується за формулою:

$$\varepsilon_i = Y_i - \hat{Y}_i,$$

де ε_i – значення остаточної компоненти виручки; Y_i – фактичне значення виручки; \hat{Y}_i – значення виручки, здобутої за допомогою моделі.

Модель (1) є адекватною (98,48%), оскільки властивість її остаточної компоненти виконується (табл. 6).

Математичне сподівання залишкової компоненти ε дорівнює нулю. Рівні залишкової компоненти не корелюються між собою, оскільки розрахункове значення критерію Дарбіна-Уотсона більше верхньої границі d_α табличного ($d_{11} = 1,24$; $d_6 = 1,73$); $d_{розр} = 1,987 > d_6 = 1,73$.

Модель має достатньо високий рівень точності – 96,942% (табл. 6) за значення середньої відносної помилки $\varepsilon_{відн} = 0,368\%$ (табл. 6). Інтегральний критерій якості моделі становить 97,328% (табл. 6). Тобто модель значима з імовірністю 0.95 та може використовуватися для прогнозу виручки ТП.

На заключному етапі дослідження за допомогою моделі (1) виконано прогноз виручки. Надійність прогнозу має достатньо високий рівень – 95%. На один період уперед передбачається зменшення виручки порівняно з попереднім періодом на 5,98%.

За прогнозу на два періоди вперед передбачається збільшення виручки в магазинах порівняно з попереднім на 5,1%. За прогнозу на три періоди передбачається зменшення виручки на 9,6%. Аналіз прогнозу показує, що до 2017 р. виручка практично знаходилася на одному рівні, а за весь наступний період спостерігається тенденція її зменшення, що є наслідком низки причин: посилення конкуренції, зниження доходів населення під впливом інфляції та кризи і, як наслідок, зниження попиту та зниження виручки.

Таблиця 6

Характеристики залишків прибутку

Параметр	Значення
Середнє значення	0,000
Середній модуль залишків	1,929
Дисперсія	6,586
Приведена дисперсія	7,647
d-критерій	1,987
Відносна похибка	0,368
F-значення	4588,125
Коефіцієнт детермінації	0,9673
Адекватність	98,480
Якість	97,328
Точність	96,942

Таблиця 7

Значення залишків прибутку

	Y	\hat{Y}	e_{abs}	$e_{відн}$	P
1	656,7	651,9	4,712	0,719	0
2	...	...	...	...	...
35	369,2	367,2	-0,063	-0,025	1
36	427,2	418,1	0,038	0,009	0

Висновки. На основі здобутого прогнозу виручки на перший квартал 2020 р. група незалежних експертів запропонувала провести низку заходів, які сприяють її збільшенню. Це зниження цін, розширення та оновлення асортименту, посилення рекламної діяльності. Розрахунки та аналіз запропонованих експертами заходів показали, що попит збільшиться на 11,47% тис грн. Збільшення товарообороту передбачається на 42 тис грн, а прискорення обороту товару призведе до збільшенню виручки на 4,050 грн. Усе це свідчить про правильність вибраної тактики в конкурентній боротьбі.

Отже, нами отримано наукову та практичну методичку розроблення моделей на основі сучасних особливостей математичного моделювання та комп'ютерних інформаційних систем, стандартизовано структурні блоки моделі та уніфіковано прийоми моделювання в підсистемах підтримки прийняття управлінських рішень. Таким чином, грамотний підхід спільно з використанням економіко-математичної моделі та фінансово-економічного аналізу дав змогу виявити низку агрегованих факторів, які чинять істотний вплив на процеси реалізації продукції. Це дало можливість прийняти низку грамотних управлінських рішень, які здатні збільшити дохід малого торгового підприємства та стати конкурентоздатним у сучасних реаліях економіки.

Список використаних джерел:

1. Марасанов В.В., Пляшкевич О.М. Основи теорії проектування і оптимізації макроекономічних систем. Херсон : Айлант, 2002. 190 с.
2. Вітлінський В.В. Моделювання економіки : навчальний посібник. Київ : КНЕУ, 2003. 408 с.
3. Ивахненко А.Г. Индуктивный метод самоорганизации моделей сложных систем. Киев : Наук. думка, 1982. 216 с.
4. Кузубов М.В., Єдинак О.М.. Моделювання економічних і еколого-економічних процесів. Київ : КСУ, 2010. 170 с.
5. Стеценко І.В. Моделювання систем. Черкаси, 2010. 399 с.
6. Лобода О.М., Кириченко Н.В. Актуальні проблеми ідентифікації та моделювання структури управління підприємством. *Наука й економіка*. 2015. № 3. С. 130–134.
7. Лобода О.М. Вирішення задачі ідентифікації структури управління підприємством. *Сучасна спеціальна техніка*. 2012. № 3. С. 64–68.
8. Лобода О.М., Димов В.С. Моделі та методи інформаційних технологій управління аграрним сектором економіки за допомогою достатніх умов оптимальності. *Проблеми інформаційних технологій*. 2018. Вип. 01(023), С. 104–110.
9. Soft Decoding Method for Turbo-Productive Codes / A. Kuznetsov et al. *International Conference on Advanced Information and Communications Technologies (AICT)*. 2–6 July 2019. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8847747> (дата звернення: 25.01.2021).

References:

1. Marasanov V.V., Pliashkevych O.M. (2002) *Osnovy teorii proektuvannya i optymizatsii makroekonomichnykh system* [Foundations the theory design and optimization of macroeconomic systems]. Kherson: Ajlant. (in Ukrainian)
2. Vitlinskyj V.V. (2003) *Modeliuvannya ekonomiky* [Economic modeling]. Kyiv: KNEU. (in Ukrainian)
3. Yvaxnenko A.G. (1982) *Ynduktyvnyj metod samoorganizatsyy modelej slozhnykh system* [Inductive method self-organization of complex systems models]. Kyiv: Naukova dumka. (in Ukrainian)
4. Kuzubov M.V., Yedynak O.M. (2010) *Modelyuvannya ekonomichnykh i ekologo-ekonomichnykh procesiv* [Modeling economic and environmental-economic processes]. Kyiv: KSU. (in Ukrainian)
5. Stecenko I.V. (2010) *Modelyuvannya system* [System modeling] Cherkasy. (in Ukrainian)
6. Loboda O.M., Kyrychenko N.V. (2015) Aktualni problemy identyfikatsii ta modeliuvannya struktury upravlinnia pidpriemstvom [Current problems of identification and modeling of enterprise management structure]. *Nauka y ekonomika*, vol. 3, pp. 130–134.
7. Loboda O.M. (2012) Vyrishennja zadachi identyfikaciji struktury upravlinnja pidpriemstva [Solving the problem of identifying the management structure of the enterprise]. *Suchasna spetsialna tekhnika*, vol. 3, pp. 64–68.
8. Loboda O.M., Dymov V.S. (2018) Modeli ta metody informacijnykh tekhnologij upravlinnja aghrarnogho sektoru ekonomiky za dopomoghoju dostatnykh umov optymjalnosti [Models and methods of information technology management of the agricultural sector of the economy with sufficient optimality conditions]. *Problemy informatsiinykh tekhnolohii*, vol. 01(023), pp. 104–110.
9. Kuznetsov A., Kiiian A., Babenko V., Smirnov O, Zhosan G., Prokopovych-Tkachenko D. (2019) Decoding Method for Turbo-Productive Codes [Decoding Method for Turbo-Productive Codes. *International Conference on Advanced Information and Communications Technologies (AICT)* (Lviv, 2–6 July, 2019). Available at: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8847747> (accessed 25 January 2021).