

DOI: <http://dx.doi.org/10.30970/meu.2021.45.0.4508>

УДК [339.13:004]:339.13.053.2]:005.521]

JEL C32, L13

УТОЧНЕННЯ ПРОГНОЗУ РОЗПОДІЛУ РИНКУ ЗА УМОВИ ЗМІНИ ЙОГО СТРУКТУРИ

Наталія Мельник

Львівський національний університет імені Івана Франка
79008 м. Львів, проспект Свободи, 18
e-mail: natalia.melnyk@lnu.edu.ua

У статті розглядається розподіл українського роздрібного ринку комп'ютерного обладнання між різними категоріями продавців. Наголошено на квазіконкурентності цього ринку. З урахуванням цього визначено його особливості та структуру. Обґрунтовано використання динамічних моделей для моделювання його розподілу. Запропоновано модифікацію класичної динамічної моделі для випадку, коли структура ринку змінюється. Вказано на недолік модифікованої моделі під час прогнозування розподілу ринку. Запропоновано підходи до уточнення прогнозу, в основі яких покладено застосування оптимізаційних процедур. На підставі реальних даних про динаміку розподілу ринку у минулому ідентифіковано параметри класичної динамічної моделі. Розглянуто окремий випадок зміни структури ринку, для якого проведено відповідну модифікацію класичної моделі. Модифіковану модель застосовано для прогнозування розподілу ринку в окремих його сегментах. Наведено приклад оптимізаційної задачі для уточнення прогнозу.

Ключові слова: ринок комп'ютерного обладнання, структура ринку, розподіл, динамічна модель, оптимізаційна задача.

Постановка проблеми. Українська економіка як елемент глобальної економіки розвивається у парадигмі цифрової трансформації [1]. У зв'язку з цим надзвичайно велике значення сьогодні має ІТ-сектор вітчизняної економіки. На тлі падіння на 4,6% загального обсягу українського експорту у пандемічному 2020 р. експорт ІТ-послуг зріс на 20,4% у порівнянні з 2019 р. і досяг рекордного рівня – 5,03 млрд. доларів США, що становить 8,3% загального експорту [2]. Поза сумнівом, такі успіхи української ІТ-індустрії неможливі без розвитку вітчизняної ІТ-інфраструктури, матеріальну базу якої забезпечує ринок комп'ютерного обладнання, зокрема, його роздрібна складова.

Очевидно, що для розвитку будь-якого ринку необхідні інвестиції. Однак, перш ніж вкласти свої гроші у певний бізнес, інвестор проводить дослідження ринку. У сучасних умовах таке дослідження повинно опиратися на його всебічний аналіз та науково обґрунтовані методи моделювання і прогнозування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Різні аспекти функціонування роздрібного ринку комп'ютерного обладнання в Україні розглядалися у низці праць. Загальний аналіз ретроспективи і сьогодення цього ринку подано в [1,3,4,5].

© Наталія Мельник, 2021

Моделюванню його розподілу між різними категоріями продавців із застосуванням теорії ігор присвячено [6, 7, 8]. Застосування динамічних моделей для прогнозування такого розподілу описано в [9, 10, 11, 12]. Проте, описані моделі потребують подальшого удосконалення, зокрема, для випадків, коли структура ринку змінюється.

Постановка завдання. Метою дослідження є розроблення підходів до уточнення прогнозу розподілу роздрібного ринку комп'ютерного обладнання, який отримано за допомогою динамічних моделей, за умови зміни його структури.

Виклад основного матеріалу дослідження. Ринок комп'ютерного обладнання в Україні (більшою частиною якого є роздрібний ринок) займає 80% усього внутрішнього ІТ-ринку [3]. За низкою ознак роздрібний ринок відповідає поняттю “квазі-конкурентний ринок” [4, 13]. На цьому ринку діють багато різних продавців. Але більшість з них відносять до однієї з чотирьох категорій: мережі побутової електроніки (МПЕ), спеціалізовані комп'ютерні магазини (СКМ), магазини мобільного зв'язку (ММЗ) та підприємства В2В-сектору (В2В) [3]. Роздрібний ринок комп'ютерного обладнання поділено на низку сегментів, наприклад, сегмент персональних комп'ютерів (ПК), сегмент ноутбуків, сегмент дисплеїв тощо. Кожна категорія продавців визначає свої пріоритети щодо присутності у конкретному сегменті, які відповідають її торговельній політиці на цьому ринку.

Для успішного розвитку підприємства, яке торгує комп'ютерним обладнанням на українському ринку, важливо дотримуватися тих трендів у торгівлі, які простежуються у загальній поведінці категорії, до якої належить це підприємство. Зокрема, це стосується присутності чи відсутності категорії у певному сегменті чи обсягів продаж у ньому у разі присутності. Очевидно, що згадані тренди визначають динаміку розподілу сегментів ринку між усіма категоріями. Отже, для інвесторів, які мають бажання інвестувати у підприємства певної категорії вкрай необхідно знати прогноз розподілу ключових для категорії сегментів. Такий прогноз можна отримати завдяки застосуванню відповідних математичних моделей.

У [3] обґрунтовано переваги дискретної динамічної моделі у вигляді рівнянь стану, яка дає змогу одночасно отримати прогноз розподілу різних сегментів ринку. Як результат, інвестор бачить загалом ситуацію на ринку, а не лише в окремих сегментах. А це дає змогу йому вибрати оптимальну стратегію перерозподілу власних ресурсів між різними сегментами.

Як базову для прогнозування розподілу роздрібного ринку комп'ютерного обладнання пропонується вибрати класичну дискретну динамічну модель у вигляді:

$$\begin{cases} \vec{x}^{(k+1)} = F \cdot \vec{x}^{(k)} + G \cdot \vec{v}^{(k)} \\ \vec{y}^{(k+1)} = C \cdot \vec{x}^{(k+1)}, k = 0, 1, 2, \dots \end{cases}, \quad (1)$$

де $\vec{x}^{(k)}$ – вектор змінних стану, які характеризують зміну у формальному стані ринку (ці змінні можуть не мати чіткого економічного пояснення); $\vec{v}^{(k)}$ – вектор вхідних змінних, які відображають вплив зовнішніх чинників на ринок, наприклад, обставини, які змушують категорію зменшувати свою присутність на ринку; $\vec{y}^{(k)}$ – вектор вихідних змінних, які відображають частки сегменту, що займають на ринку категорії продавців; k – номер періоду, у який визначається значення компонентів векторів; F, G, C – матриці формальних параметрів моделі (безрозмірних коефіцієнтів у рівняннях).

Модель (1) будують шляхом ідентифікації параметрів на підставі даних про розподіл сегментів ринку за минулі періоди. Для ідентифікації використовують відомий у теорії динамічних систем алгоритм Хо-Калмана [14]. Програмна реалізація алгоритму у середовищі MathCad представлена в [3].

Модель у вигляді (1) можна застосовувати для прогнозування динаміки розподілу сегментів ринку між категоріями продавців, коли жодна з категорій не покидає жодного сегменту, тобто структура ринку залишається незмінною. Однак, структура роздрібного ринку комп'ютерного обладнання нерідко змінюється. З розвитком комп'ютерних технологій з'являються нові сегменти ринку, у яких не відразу починають торгувати усі категорії продавців. Отже, на початках розподіл таких сегментів відбувається між частиною категорій. Частіше виникає ситуація, коли певна категорія суттєво зменшує свою присутність у певному сегменті ринку, або ж зовсім покидає його для того, щоб зосередити свої зусилля на торгівлі в інших сегментах. Очевидно, що в такій ситуації розподіл цього сегменту між категоріями суттєво буде відрізнятися від прогнозованого тренду.

Розглянемо випадок, коли у момент часу t_{out} одна з категорій перестає торгувати окремим видом комп'ютерного обладнання, а отже, звільняє від своєї присутності відповідний сегмент ринку. Для врахування такої зміни у структурі ринку у [12] запропоновано використовувати модифікацію моделі (1) у вигляді:

$$\begin{cases} \vec{x}^{(k+1)} = F \cdot \vec{x}^{(k)} + G \cdot \vec{v}^{(k)} \\ \vec{y}^{(k+1)} = T \cdot C \cdot \vec{x}^{(k+1)}, k = 0, 1, 2, \dots \end{cases}, \quad (2)$$

де T – діагональна матриця такого вигляду:

$$T = \begin{pmatrix} f(t_1) & 0 & \dots & 0 \\ 0 & f(t_2) & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & f(t_n) \end{pmatrix}, \quad (3)$$

де функція перемикання $f(t_s) = \begin{cases} 1, & t_s < t_{out} \\ 0, & t_s \geq t_{out} \end{cases}, s = \overline{1, n},$ n – кількість

компонент вектора $\vec{y}^{(k)}$ у моделі (1).

Очевидно, що перш ніж застосувати модель (2), необхідно побудувати модель (1).

Модель (2) вірогідно відтворює розподіл відповідного сегмента між усіма категоріями до моменту часу t_{out} . А в момент часу t_{out} кількість категорій у сегменті зменшується. Це значить, що частку сегмента, яку повинна була займати у цей момент категорія, яка покидає сегмент, буде поділено між тими категоріями, які продовжують торгувати у цьому сегменті. Виникає запитання: як буде поділено згадану частку? Відповідь на це запитання дасть змогу отримати остаточний прогноз розподілу сегмента ринку між категоріями, які у залишаються у ньому.

Щоб дати відповідь на поставлене запитання розглянемо такий приклад. Для формалізації наших міркувань введемо нумерацію для категорій продавців і сегментів ринку. Категорії продавців пронумеруємо так: МПЕ – $i=1$, СКМ – $i=2$, ММЗ – $i=3$, В2В – $i=4$. Будемо розглядати розподіл чотирьох сегментів ринку, які відповідно пронумеруємо так: сегмент ПК – $j=1$, сегмент ноутбуків – $j=2$, сегмент дисплеїв – $j=3$, сегмент багатофункціональних пристроїв (БФП) – $j=4$.

Для побудови базової моделі (1) використаємо статистичні дані за чотири періоди ($k=1,4$), які подано у табл. 1 [3].

Таблиця 1

Дані для ідентифікації базової моделі

Категорії продавців	Період	Частка у сегментах ринку			
		ПК	Ноутбуки	Монітори	БФП
МПЕ	1-й	0,22	0,60	0,28	0,41
	2-й	0,20	0,55	0,28	0,41
	3-й	0,24	0,57	0,30	0,42
	4-й	0,31	0,58	0,31	0,49
СКМ	1-й	0,44	0,28	0,45	0,44
	2-й	0,40	0,30	0,44	0,45
	3-й	0,29	0,30	0,41	0,40
	4-й	0,16	0,31	0,35	0,32
ММЗ	1-й	0,02	0,05	0,01	0,02
	2-й	0,02	0,07	0,01	0,02
	3-й	0,02	0,07	0,01	0,06
	4-й	0,01	0,03	0,01	0,07
В2В	1-й	0,32	0,07	0,26	0,13
	2-й	0,38	0,08	0,27	0,12
	3-й	0,45	0,06	0,28	0,12
	4-й	0,52	0,08	0,33	0,12

За допомогою алгоритму Хо-Калмана було визначено відповідні параметри для цієї моделі [3]:

$$F = \begin{bmatrix} 0,985 & -0,033 & 0,787 & 0,97 & -0,614 & -0,599 & -1,688 \\ -0,012 & 1,015 & 0,712 & 0,007 & -0,169 & -1,413 & 1,848 \\ 0,001 & 0,027 & 1,22 & -0,41 & -1,028 & -0,911 & -0,458 \\ -0,002 & -0,085 & 0,317 & 0,538 & -0,224 & -0,26 & -1,299 \\ -0,01 & -0,012 & 0,207 & 0,808 & 0,122 & 1,128 & 0,962 \\ 0,005 & 0,029 & -0,004 & -0,236 & -0,053 & 0,092 & -2,204 \\ 0,004 & -0,002 & -0,125 & -0,306 & -0,416 & 0,258 & -0,683 \end{bmatrix},$$

$$G = \begin{bmatrix} -1,057 & -1,128 & -0,079 & -0,562 \\ 0,35 & -0,175 & 0,04 & -0,328 \\ -0,06 & 0,097 & -0,031 & -0,08 \\ 0,03 & -0,034 & -0,001 & 0,001 \\ -0,015 & -0,014 & 0,004 & 0,018 \\ 0,004 & 0,003 & -0,02 & -0,001 \\ -0,001 & 0,002 & 0,004 & -0,007 \end{bmatrix},$$

$$C = \begin{bmatrix} -0,333 & -0,424 & -0,021 & 0,374 & -0,42 & -0,559 & 0,171 \\ -0,366 & 0,488 & -0,367 & 0,487 & -0,304 & 0,391 & -0,103 \\ -0,352 & -0,23 & 0,259 & 0,257 & 0,232 & -0,03 & -0,439 \\ -0,373 & 0,127 & 0,469 & 0,084 & 0,229 & 0,199 & 0,724 \end{bmatrix}.$$

Спрогнозуємо розподіл сегмента дисплеїв ($j=3$) у 5-у періоді ($k=5=t_{out}$), за умови, що у цьому періоді категорія ММЗ ($i=3$) покинула цей сегмент. Це означає, що при $k=5$ маємо $t_3=t_{out}$ і відповідно функція перемикання $f(t_3)=0$. Для усіх інших сегментів ($j=1,2,4$) функції перемикання $f(t_j)=1$. Для категорії ММЗ відповідно до (3) матриця T для моделі (2) буде мати форму

$$T = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}. \quad (4)$$

Для інших категорій матриця T залишається одиничною.

Застосувавши модель (2) з відповідними матрицями T , отримуємо початковий прогноз розподілу сегмента дисплеїв між категоріями МПЕ, СКМ і В2В на 5-й період, який подано у табл. 2.

Таблиця 2

Початковий прогноз розподілу сегмента дисплеїв

Категорія продавців	Прогнозована частка, %
МПЕ	38,5
СКМ	23,7
В2В	36,2

Аналіз табл. 2 показує, що категорія ММЗ звільнила частку сегмента дисплеїв за обсягом 1,6%. Саме таку частку поділять між собою категорії, які залишаються присутніми у цьому сегменті. Якщо на ринку залишаться тенденції пропорційності, тобто поділ звільненої частки буде відбуватися пропорційно тим часткам, які вони

займають відповідно до табл. 2, то остаточний прогноз розподілу буде такий, який подано у табл. 3.

Таблиця 3

Остаточний прогноз пропорційного розподілу сегмента дисплеїв

Категорія продавців	Прогнозована частка, %
МПЕ	39,12
СКМ	24,08
B2B	36,8

Однак, пропорційний випадок на ринку малоймовірний, оскільки це означає, що категорії не здійснюють перспективного планування своєї діяльності. Насправді кожна з категорій діє згідно з розробленими бізнес-планами, де, зокрема, визначені показники присутності у сегментах ринку. Ці показники є певними обмежувачими чинниками щодо захоплення відповідною категорією частини звільненої категорією ММЗ частки. Тому, щоб уточнити прогноз розподілу сегменту дисплеїв з урахуванням згаданих обмежень, необхідно розв'язати оптимізаційну задачу.

Сформулюємо умову оптимізаційної задачі у загальному вигляді. Нехай η_i^0 ($i = 1, 2, 4$) – частка сегменту дисплеїв, яку займає i -а категорія згідно з початковим прогнозом. Частку остаточного прогнозу позначимо як η_i . Очевидно, що $\eta_i \geq 0$, а сума часток усіх категорій повинна дорівнювати 100% ($\sum_{i=1,2,4} \eta_i = 100$). Крім того, жодна з категорій (МПЕ, СКМ і B2B) не може додатково захопити більше ніж частку, яку звільнила категорія ММЗ. Якщо звільнену частку позначити як φ , то справедливі обмеження типу $\eta_i - \eta_i^0 \leq \varphi$ ($i = 1, 2, 4$). Нехай кожна з категорій (МПЕ, СКМ і B2B) планує за умови виходу з сегменту іншої категорії збільшити свою частку за рахунок частини звільненої частки у межах від σ_i^1 до σ_i^2 . Тоді в оптимізаційній задачі повинні бути обмеження типу $\sigma_i^1 \leq \eta_i - \eta_i^0 \leq \sigma_i^2$ ($i = 1, 2, 4$). Отже, формалізований вигляд оптимізаційної задачі для отримання остаточного прогнозу розподілу сегменту дисплеїв буде таким

$$\begin{cases} \eta_1 + \eta_2 + \eta_3 \rightarrow \max \\ \sum_{i=1,2,4} \eta_i = 100 \\ \eta_i - \eta_i^0 \leq \varphi \\ \sigma_i^1 \leq \eta_i - \eta_i^0 \leq \sigma_i^2 \\ \eta_i \geq 0 \\ i = 1, 2, 4 \end{cases} . \quad (5)$$

Проведемо уточнення прогнозу, отриманого за допомогою моделі (2), враховуючи такі обмеження. Нехай категорія МПЕ допускає збільшення своєї частки у сегменті дисплеїв за рахунок розподілу звільненої частки в межах від 0,4% до 1,7%,

тобто $\sigma_1^1 = 0,4$ і $\sigma_1^2 = 1,7$. Обмеження на планові показники для категорій СКМ відповідно 0,2% і 2,0% ($\sigma_2^1 = 0,2$ і $\sigma_2^2 = 2,0$), а для категорії В2В відповідно 0,8% і 2,2% ($\sigma_4^1 = 0,8$ і $\sigma_4^2 = 2,2$). Нагадаємо, що обсяг частки, яку звільнила категорія ММЗ дорівнює 1,6% ($\varphi = 1,6$). За таких умов оптимізаційна задача буде мати вигляд

$$\left\{ \begin{array}{l} \eta_1 + \eta_2 + \eta_4 \rightarrow \max \\ \sum_{i=1,2,4} \eta_i = 100 \\ \eta_i - \eta_i^0 \leq 1,6 \\ \eta_i \geq 0 \\ i = 1,2,4 \\ 0,4 \leq \eta_1 - \eta_1^0 \leq 1,7 \\ 0,2 \leq \eta_2 - \eta_2^0 \leq 2,0 \\ 0,8 \leq \eta_4 - \eta_4^0 \leq 2,2 \end{array} \right. \quad (6)$$

Розв'язок задачі (6) – це остаточний прогноз розподілу сегменту дисплейів між категоріями МПЕ, СКМ і В2В, який наведено на рис.1

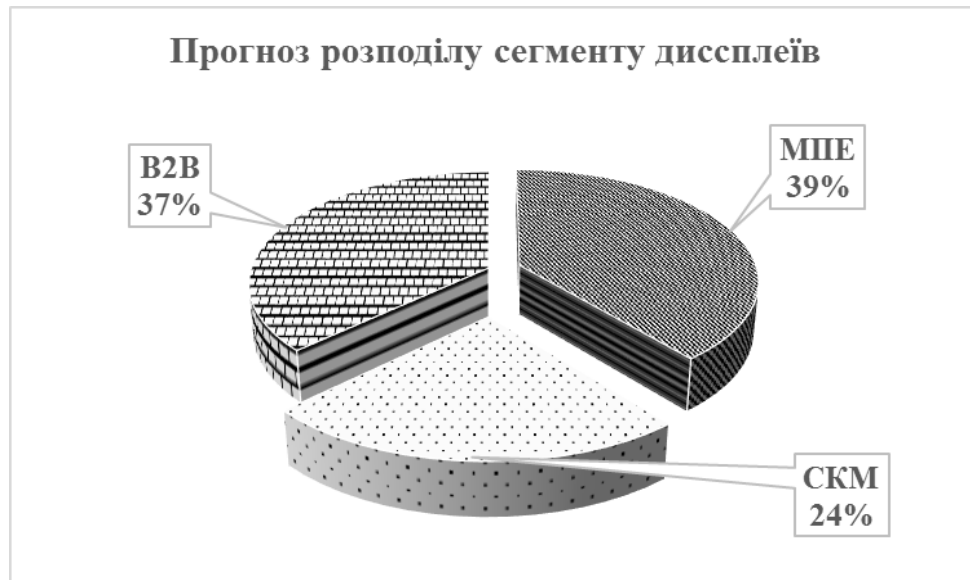


Рис. 1. Остаточний прогноз розподілу сегменту дисплейів, отриманий оптимізаційним методом

Отриманий оптимізаційним методом прогноз розподілу сегменту ринку відрізняється від пропорційного прогнозу, у якому не враховано додаткові умови. Очевидно, є підстави вважати, що оптимізаційний метод прогнозування є більш точним.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Суттєвою умовою подальшого розвитку ринку комп'ютерного обладнання є прийняття суб'єктами, які торгують на ньому, ефективних управлінських рішень, зокрема, в галузі оптимального розподілу своїх інвестиційних ресурсів між різними сегментами ринку. При цьому важливо зважати на низку чинників, які характерні для цього ринку: динаміку у його розподілі між категоріями продавців, можливу зміну його структури, обмеження на обсяги інвестицій тощо. Запропоновані у цьому дослідженні підходи дають змогу будувати адекватні математичні моделі для прогнозування процесів розподілу з урахуванням усього комплексу чинників. Перспективою подальших досліджень є більш якісне обґрунтування оптимальності отриманих прогнозів і розробка конкретних рекомендацій щодо управління інвестиційними ресурсами для суб'єктів ринку.

1. Мельник Н. Вітчизняна IT-індустрія у контексті світової диджиталізації. *Вісник Львівського університету. Серія економічна*. 2019. Вип. 57. С. 223–233.
2. Експорт Україною IT-послуг уперше перевищив \$5 млрд. URL: <https://brdo.com.ua/top/eksport-ukrayinoyu-it-poslug-upershe-perevyshtyiv-5-mlrd/> (дата звернення: 16.02.2021).
3. Melnyk N., Dyvak M., Stakhiv P., Melnyk B., Rihova Z., Vohnoutova M. Modeling the Dynamics of Computer Hardware Market Distribution. *Advances in Intelligent Systems and Computing V* (Selected Papers from the International Conference on Computer Science and Information Technologies, CSIT 2020 September 23–26, 2020, Zbarazh, Ukraine) / Shakhovska N., Medykovsky M.O (editors). Vol. 1293, Gewerbestrasse: Springer. 2021. P. 823–840.
4. Мельник Н., Мельник З. Концепція моделювання процесів розподілу на квазіконкурентному ринку. *Вісник Львівського університету. Серія економічна*. 2019. Вип. 56. С. 70–78.
5. Мельник Н. Квазіконкурентність ринку комп'ютерної техніки в Україні. *Вісник Львівського університету. Сер. економічна*. 2017. Вип. 54. С. 145–150.
6. Melnyk N., Dyvak M., Melnyk B., Stakhiv P., Dyyak I., Mykhailyshyn R. Modeling Seller Behavior in the Ukrainian Computer Market. *10th International Conference Proceedings "Advanced Computer Information Technologies" ACIT'2020*. Deggendorf: IEEE. 2020. P. 617–620.
7. Мельник Н.Б., Приймак В.І. Оптимізаційна модель конкурентної боротьби продавців на роздрібному ринку за умов невизначеності. *Науковий вісник Чернівецького університету. Економіка*. 2018. Вип. 797. С. 47–56.
8. Мельник Н.Б. Теоретико-ігрова модель конкурентної боротьби за частку роздрібного ринку комп'ютерної техніки. *Ефективна економіка*. № 2. 2018. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=6140> (дата звернення: 21.12.2020).
9. Мельник Н., Дивак М. Моделювання динаміки розподілу за сегментами роздрібного ринку комп'ютерної техніки. *Вісник Львівського університету. Сер. економічна*. 2016. Вип. 53. С. 150–157.
10. Мельник Н.Б., Дивак М.П., Нагара М.Б. Концепція моделювання ринку роздрібної торгівлі комп'ютерною технікою в Україні з урахуванням розвитку IT-індустрії. *Економічний аналіз*. 2017. Т. 27. № 3. С. 49–55.
11. Мельник Н. Застосування функцій коригування у моделях розподілу ринку комп'ютерної техніки. *Формування ринкової економіки*. 2018. Вип. 39. С. 103–108.
12. Dyvak M., Brych V., Spivak I., Honchar L., Melnyk N. Discrete Dynamic Model of Retail Trade Market of Computer Equipment in Ukraine. *Conference Proceedings "Advanced Computer Information Technologies" ACIT 2018*. Czeske Budejovice: THEU. 2018. P. 50–53.

13. Baumol, W. Contestable Markets: An Uprising in the Theory of Industry Structure. *American Economics Review*. Vol. 72. 1982. P. 137–164.
14. Стахів П.Г., Козак Ю. Я., Гоголюк О.П. Дискретне макромодельовання в електро-техніці та суміжних областях: монографія. Львів: Львів. політехніка, 2014. 259 с.

References

1. Melnyk N. (2019) Vitchyzniana IT-industriya u kontekst'i cvitovoyi dydzitalizaciyi [Domestic IT industry in the context of world digitalization]. *Visnyk of the Lviv University. Series Economics*, 57, pp. 223–233 [in Ukrainian].
2. Eksport Ukrainoyu IT-poslug upershe perevyschchiv \$5 mlrd. [Ukraine's exports of IT services exceeded \$ 5 billion for the first time]. Retrieved from: <https://brdo.com.ua/top/eksport-ukrayinoyu-it-poslug-upershe-perevyschchiv-5-mlrd/> (accessed 16 February 2021) [in Ukrainian].
3. Melnyk N., Dyvak M., Stakhiv P., Melnyk B., Rihova Z., Vohnoutova M. (2021) Modeling the Dynamics of Computer Hardware Market Distribution. *Advances in Intelligent Systems and Computing V* (Selected Papers from the International Conference on Computer Science and Information Technologies, CSIT 2020 September 23–26, 2020, Zbarazh, Ukraine) / Shakhovska N., Medykovskyy M.O (editors). Vol. 1293, Gewerbestrasse: Springe. Pp. 823–840.
4. Melnyk N. Melnyk Z. (2019) Konceptiya modelyuvannya procesiv rozpodilu na kvazikonkurentnomu rynku [The concept of modeling distribution processes in a contestable market]. *Visnyk of the Lviv University. Series Economics*, 56, pp. 70–78 [in Ukrainian].
5. Melnyk N. (2017) Kvazikonkurentnist' rynku kompyuternoyi tekhniky v Ukraini [Contestable market for computer equipment in Ukraine]. *Visnyk of the Lviv University. Series Economics*, 54, pp. 145–150 [in Ukrainian].
6. Melnyk N., Dyvak M., Melnyk B., Stakhiv P., Dyyak I., Mykhailysyn R. (2020) Modeling Seller Behavior in the Ukrainian Computer Market. *10th International Conference Proceedings "Advanced Computer Information Technologies" ACIT'2020*. Deggendorf: IEEE. Pp. 617–620.
7. Melnyk N.B., Pryymak V.I. (2018) Optyimizaciyna model konkurentnoyi borot'by prodavciv na rozdribnomu rynku za umov nevyznachenos'ti [Optimization model of competition of sellers in the retail market under conditions of uncertainty]. *Scientific herald of Chernivtsi University. Series Economics*, 797, pp. 47–56.
8. Melnyk N.B. (2018) Teoretyko-igrova model konkurentnoyi borot'by za chastku rozdribnogo rynku kompyuternoyi tekhniky [Game-theoretic model of competition for the share of the retail market of computer equipment]. *Efficient economy*, 2. Retrieved from: <http://www.economy.nayka.-com.ua/?op=1&z=-6140> (accessed 21 December 2021) [in Ukrainian].
9. Melnyk N., Dyvak M. (2016) Modelyuvannya dynamiky rozpodilu za segmentamy rozdribnogo rynku kompyuternoyi tekhniky [Modeling the dynamics of distribution by segments of the retail market of computer equipment]. *Visnyk of the Lviv University. Series Economics*, 53, pp. 150–157 [in Ukrainian].
10. Melnyk N.B., Dyvak M.P., Nagara M.B. (2017) Konceptiya modelyuvannya rynku rozdribnoyi torgivli kompyuternoyu tekhnikoyu v Ukraini z urakhuvanniam rozvytku IT-industriyi [The concept of modeling the retail market of computer equipment in Ukraine, taking into account the development of the IT industry]. *Economic analysis*, vol. 27, № 3, pp. 49–55 [in Ukrainian].
11. Melnyk N. (2018) Zastosuvannya funkciy koryguvannya u modeliakh rozpodilu rynku kompyuternoyi tekhniky [Application of adjustment functions in computer market distribution models]. Застосування функцій коригування у моделях розподілу ринку комп'ютерної техніки. *Formation of market economy in Ukraine*, 39, pp.103–108 [in Ukrainian].

12. Dyvak M., Brych V., Spivak I., Honchar L., Melnyk N. (2018) Discrete Dynamic Model of Retail Trade Market of Computer Equipment in Ukraine. *Conference Proceedings "Advanced Computer Information Technologies" ACIT 2018*. Czeske Budejovice: THEY. Pp. 50–53.
13. Baumol W. (1982) Contestable Markets: An Uprising in the Theory of Industry Structure. *American Economics Review*. Vol. 72. Pp. 137– 164.
14. Stakhiv P.H., Kozak Yu.Ya., Hoholyuk O.P. (2014) Dyskretne makromodelyuvannya v elektrotechnici ta sumiznykh oblas'tyakh [Discrete macromodeling in electrical engineering and related fields]. Lviv: Lviv Polytechnic [in Ukrainian].

IMPROVEMENT OF THE FORECAST OF MARKET DISTRIBUTION UNDER CONDITIONS OF CHANGE OF ITS STRUCTURE

Nataliya Melnyk

*Ivan Franko National University of Lviv
79008 Lviv, Prospekt Svobody, 18
e-mail: natalia.melnyk@lnu.edu.ua*

Abstract. The article considers the distribution of the Ukrainian retail market of computer equipment between different categories of sellers. It is stated that this market is contestable. With this in mind, its features and structure are determined. It is stated that it employs a large number of sellers who form four categories. The whole market is divided into a number of product segments. The problem for this market is to determine the optimal distribution of investment between these segments. The solution to this problem is to forecast the dynamics of market distribution between categories of sellers. This forecast is performed using mathematical models. The use of dynamic models for modeling the distribution of market is substantiated. The classical linear dynamic model of state variables is chosen as the base. A modification of the classical dynamic model for the case when the market structure changes is proposed. The disadvantage of the modified model when forecasting the market distribution is pointed out. Approaches to forecast refinement are proposed, which are based on the application of optimization procedures. On the basis of real data on the dynamics of market distribution in the past, the parameters of the classical dynamic model are identified. A special case of changing the market structure is considered, for which the corresponding modification of the classical model is carried out. The modified model is used to predict the distribution of the market in its individual segments. The initial forecast of distribution of a separate segment between different categories of sellers is received. An example of an optimization task to improve the forecast is given. The task takes into account the limitations that are due to the investment policy of each of the categories. Recommendations for further research are formulated.

Keywords: computer equipment market, market structure, distribution, dynamic model, task of optimization.

*Стаття надійшла до редколегії 07.10.2021
Прийнята до друку 24.11.2021*