

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВАМИ

УДК 338.242.2

DOI: <https://doi.org/10.32782/2520-2200/2021-3-4>**Дубницький В.І.**доктор економічних наук, професор
Державного вищого навчального закладу
«Український державний хіміко-технологічний університет»**М'ячин В.Г.**доктор економічних наук, доцент
Державного вищого навчального закладу
«Український державний хіміко-технологічний університет»**Мирошніченко В.В.**аспірант
Державного вищого навчального закладу
«Український державний хіміко-технологічний університет»**Dubnitskyi Volodymyr, Miachyn Valentyn, Myroshnichenko Olexander**
Ukrainian State University of Chemical Technology**ПОБУДОВА НЕЧІТКОЇ ЕКСПЕРТНОЇ СИСТЕМИ
ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ СУТТЄВОЇ РИНКОВОЇ ПЕРЕВАГИ****BUILDING A FUZZY EXPERT SYSTEM FOR ASSESSING
THE LEVEL OF SIGNIFICANT MARKET ADVANTAGE**

Визначення операторів із суттєвою ринковою владою як елемент державного регулювання у сфері телекомунікацій вирішує для національного регулятора одне з ключових завдань – визначення суб'єктів, на яких може накладатися тарифне регулювання для обмеження монопольної влади. Для оцінки ступеня концентрації ринку побудовано нечітку експертну систему. Як вхідні змінні вибирали два показники. Перший показник CR – це Індекс концентрації ринку. Другим показником є Індекс Герфіндаля – Гіршмана (HHI). Як вхідні змінні, так і вихідна змінна MS перетворюються на нечіткість за допомогою побудови функцій приналежності. Обґрунтовано тип і параметри функції належності та вибрано функцію належності для опису невизначеності значень, що потрапляють під нормальний розподіл. Для розрахунку ступеня концентрації ринку застосовували нечіткий висновок *Мамдани*. Дефазифікація використовується для розрахунку значення вихідної змінної MS – інтегрального показника, який означає ступінь концентрації ринку і, отже, готовність до реалізації інноваційної стратегії для підприємств, що активно займаються інноваціями.

Ключові слова: галузь телекомунікацій, монополізація ринку, коефіцієнт ринкової переваги, індекс Герфіндаля – Гіршмана, нечітка експертна система, нечітка логіка, функція належності, дефазифікація.

Определение операторов с существенной рыночной властью как элемент государственного регулирования в сфере телекоммуникаций решает для национального регулятора одну из ключевых задач – определение субъектов, на которых может накладываться тарифное регулирование для ограничения монопольной власти. Для оценки степени концентрации рынка построена нечёткая экспертная система. В качестве входных переменных выбрали два показателя. Первый показатель CR – это индекс концентрации рынка. Вторым показателем является индекс Герфиндаля – Гиршмана (HHI). Как входные переменные, так и выходная переменная MS преобразуются в нечёткость посредством построения функций принадлежности. Обоснованы тип и параметры функции принадлежности и выбрана функция принадлежности для описания неопределенности значений, попадающих под нормальное распределение. Для расчёта степени концентрации рынка применяли нечёткий вывод *Мамдани*. Дефазификация используется для расчета значения выходной переменной MS – интегрального показателя, который означает степень концентрации рынка и, следовательно, готовность к реализации инновационной стратегии для предприятий, активно занимающихся инновациями.

Ключевые слова: отрасль телекоммуникаций, монополлизация рынка, коэффициент рыночного преимущества, индекс Герфиндаля – Хиршмана, нечёткая экспертная система, нечёткая логика, функция принадлежности, дефазификация.

Identifying operators with significant market power as an element of state regulation in the field of telecommunications solves one of the key tasks for the national regulator – identifying business entities that may be subject to tariff regulation to limit monopoly power. Unlike existing methods, especially when a telecommunications operator operates simultaneously in several service markets, this method provides a comprehensive analysis of the state and degree of power of the operator – the share that a monopolist can simultaneously hold. The developed algorithm for comprehensive analysis of the telecommunications market of operators in the markets of telecommunications services forms an important component of analytical tools for collecting, processing and calculating at the level of the national regulatory body. The methodological basis of the study, consisted of scientific works of domestic and foreign scientists and leading specialists, statistical and analytical materials of state authorities. Fuzzy Inference is introduced for the integrated indicator construction. Two indicators are chosen as input variables. The first indicator *CR* is a level of concentration ratio. The second indicator *HHI* is a Herfindahl-Hirschman index. Output variable is defined as *MC* indicator which means a degree of market concentration. Both input variables and the output one are transformed to fuzziness through the construction of membership function. The function type and parameters are substantiated and “bell”-shaped membership function to describe uncertainty of the values falling under normal distribution is chosen. The quantity of fuzzy sets at every input is considered as $z = 3$ and the quantity of input variables is considered as $\omega = 2$. To achieve completeness of the model, the quantity of logic rules is considered as $r = 3^2 = 9$. To calculate a degree of market concentration, *Mamdani* fuzzy conclusion is applied. Defuzzification is engaged to calculate value of the output variable which is *MC* – indicator to mean a degree of market concentration and therefore readiness to implement the innovation strategy for enterprises active in innovation.

Key words: telecommunications industry, monopolization of the market, market concentration coefficient, Herfindahl-Hirschman index, fuzzy expert system, fuzzy logic, membership function, defuzzification.

Постановка проблеми. Загострення конкуренції на висококонкурентних ринках, наприклад на ринках телекомунікаційних послуг, ставить питання про регулювання економічної конкуренції операторів зв'язку під час об'єднання телекомунікаційних мереж і надання телекомунікаційних послуг. У телекомунікаційній галузі корисно враховувати досвід застосування різних механізмів антимонопольного та конкурентного регулювання різних галузей або ринків у країнах по всьому світу.

Згідно з Рішенням Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сфері зв'язку (НК) № 640 від 11.12.2018, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 17 січня 2019 р. за № 54/33025 «Про затвердження Порядку проведення аналізу ринків певних телекомунікаційних послуг та визначення операторів, провайдерів телекомунікацій з істотною ринковою перевагою на ринках таких послуг», оцінка стану економічної конкуренції на ринку телекомунікаційних послуг НКРЗІ з метою встановлення доцільності визначення операторів, провайдерів з істотною ринковою перевагою (*ІРП*), до яких застосовуватимуть зобов'язання, встановлені Законом, проводить оцінку стану економічної конкуренції на ринку певних послуг [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для галузі телекомунікацій коефіцієнт ринкової концентрації є сумою найбільших часток трьох ранжируваних за зменшенням доходу операторів, провайдерів, що отриманий протягом року на певному ринку послуг.

Згідно із розглянутим вище Рішенням, якщо значення коефіцієнта ринкової концентрації *CR* перевищує 45% та (або) значення *HHI* перевищує 1000, рівень концентрації на ринку певних послуг, що аналізується, свідчить, що за цим критерієм ринок сприятливий до застосування попереднього регулювання й є необхідність визначення наявності структурних, стратегічних та адміністративних бар'єрів для входження на ринок. Але вказане Рішення не визначає єдиний, комплексний показник ринків за мірою їх концентрації [2].

Ідентифікація типу ринкової структури являє собою досить складне завдання. Це значною мірою пояснюється відсутністю чітких меж критеріїв, що їх поділяють. Тому для визначення типу ринкової структури має сенс використовувати інструментарій теорії нечіткої логіки [3].

Застосування методу прикладної математики, заснованого на теорії нечіткої логіки Л. Заде, в економічних дослідженнях є відносно новим явищем [4].

Як відомо, в умовах олігополії діє невелика кількість великих організацій – від 2 до 10, в умовах досконалої конкуренції – відносно велика кількість (понад 100 одиниць) рівних за розміром організацій. Друга ознака, що дає змогу розмежовувати ринкові структури, – щільність розподілу часток організацій на ринку [5].

Метою дослідження є побудова нечіткої експертної системи для визначення єдиного інтегрального показника, що характеризує рівень суттєвої ринкової переваги.

Виклад основного матеріалу дослідження. Під час аналізу антимонопольно-конкурентно-

го регулювання, зокрема у телекомунікаційній галузі, корисним буде врахування досвіду застосування різних механізмів антимонопольного та конкурентного регулювання різних галузей або ринків у країнах світу. Рівень концентрації та монополізації ринку визначається за допомогою індексу *Герфіндаля* або *Герфіндаля – Гіршмана* та індексу концентрації, що є дієвими інструментами антимонопольного регулювання. За абревіатурою від початкової англійської назви показника індекс *Герфіндаля – Гіршмана* позначається як *HHI* (*Herfindahl-Hirschman Index*), а індекс концентрації позначається як *CR* (*Concentration Ratio*).

Індекс концентрації *CR* є показником, що показує ринкову частку (або індекс концентрації) вибраної кількості великих за обсягами суб'єктів господарювання на ринку або суму їхніх часток на ринку. Верхньою межею даного індексу є 100, що означає повну монополізованість ринку. Для уточнення заданої кількості великих суб'єктів господарювання на ринку даний показник визначається цифрою, що характеризує цю кількість гравців ринку, наприклад CR_2 , CR_5 або CR_n , що означає розгляд питомої ваги на ринку 2, 5 або n фірм:

$$CR_n = \sum_{i=1}^n S_i, \quad (1)$$

де CR_n – індекс концентрації n -ої кількості суб'єктів господарювання на ринку;

S_i – частки найбільших компаній на ринку (у відсотках).

Визначення індексу *HHI* використовується під час аналізу рівня конкуренції та враховує частку на ринку кожного з учасників [6]. Порядок його розрахунку полягає у визначенні суми квадратів відсотків кожного суб'єкта на ринку або в галузі:

$$HHI = S_1^2 + S_2^2 \dots + S_n^2 = \sum_{i=1}^n S_i^2, \quad (2)$$

де S_i – частка на ринку i -ого суб'єкта господарювання.

Сучасний математичний апарат дає змогу враховувати відразу кілька ознак й їхніх видів під час використання методу нечіткої логіки, тобто цілком можна врахувати всі або основні показники концентрації. Беручи до уваги, що

верхня межа індексу *Герфіндаля – Гіршмана* дорівнює 10 000, а нижня прагне до нуля, тоді чіткою множиною для ринку монополії буде значення $x = 10000$, для олігополії – $x \in [1000; 5000]$, для досконалої конкуренції – $x \in (0; 1000)$ (x – базова змінна).

Таким чином, для реалізації нечітко-логічного підходу з метою визначення інтегрального показника концентрації ринку підприємств *Market Concentration (MC)* нами вибрано основні групи вхідних показників, що впливають на цільовий показник, а саме: індекс *Герфіндаля – Гіршмана (HHI)* та індекс концентрації n -ої кількості суб'єктів господарювання на ринку (CR_n).

Розроблення інтелектуальних систем, заснованих на багатокритеріальних методах теорії нечітких множин, а також на моделях багатовимірного аналізу економічних систем, має життєве значення для прийняття економічних рішень про концентрацію ринку.

На рис. 1 представлено загальну будову конструктора нечіткої логіки як перетворення даних усередині самої системи.

Наступний етап побудови нечіткої експертної системи засновано на виборі функції належності. Нечітка модель досить ускладнює модель, якщо вона заснована на значній кількості вхідних змінних, у зв'язку з чим кількість вхідних змінних вимагає обґрунтованого оптимального скорочення [7; 8].

Дзвонувата функція належності візуально має вигляд симетричної кривої, яка нагадує форму дзвону. Означена функція задається формулою, параметри якої інтерпретуються так:

$$\mu(x) = 1/(1 + |(x-c)/a|^{(2 \times b)}), \quad (3)$$

де a – коефіцієнт концентрації функції належності; b – коефіцієнт кривини функції належності; c – координата максимуму функції належності.

Наступним етапом побудови нечіткої моделі є ідентифікація нечітко-логічних правил. Ураховуючи, що кількість вхідних даних моделі (вхідних змінних) дорівнює ω , а кожен вхід має z нечітких множин (функцій належності), то кількість правил нечіткої логіки можна визначити формулою:

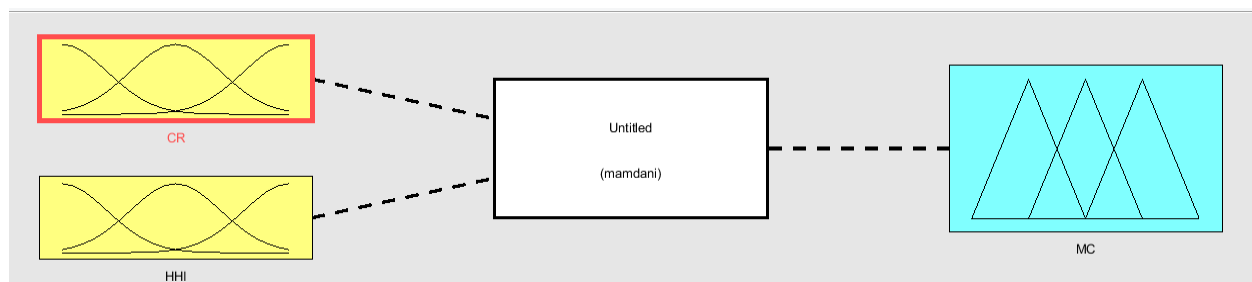


Рис. 1. Загальна будова конструктора нечітко-логічної системи

$$r = z^{\omega}. \quad (4)$$

Зі збільшенням кількості вхідних даних моделі (вхідних змінних) ω поряд зі збільшенням кількості нечітких множин z призводить до збільшення нечітких правил, що робить побудову моделі досить ускладненою [9; 10].

Кількість нечітких множин на кожному вході приймаємо як $z = 3$, кількість вхідних змінних приймаємо як $\omega = 2$. Тоді кількість правил нечіткої логіки повинна бути $r = 3^2 = 9$ для забезпечення повноти моделі.

Моделювання інтегрального ступеня концентрації ринку було виконано в програмному забезпеченні *FuzzyLogic Toolbox* середовища *Matlab* (версія *R2015B*) фірми *MathWorks*, що вплинуло на настройку і представлення дзвонуватої функції належності. Налаштування функції виглядає так: $\mu(x) = gbellmf(x, [a \ b \ c])$, де x – вхідна змінна, a, b і c – вищезгадані параметри (формула (3)).

На рис. 2–4 представлено атрибути та функції належності для двох вхідних змінних і однієї вихідної змінної. На рис. 2 представлено вхідну змінну *CR*. Ця функція є дзвонуватою і приймає значення в діапазоні [0;100]. Функція *Low* – низька концентрація – має параметри [45 2.5 -0.108], функція *Middle* – середня концентрація – має параметри [13.9 1.57 60], функція *High* – висока концентрація – параметри [25.51 2.5 100].

На рис. 3 представлено вхідну змінну *HHI* (*Індекс Герфіндаля – Гіршмана*), що має три атрибути (функції належності). Ця функція дзвонувата і приймає значення в діапазоні [0;10000]. Функція *Low* – низький рівень *HHI* – має параметри [550 2.5 20.1], функція *Middle* – середній рівень *HHI* – має параметри [739 2.38 1320], функція *High* – високий рівень *HHI* – має параметри [7452 20.3 9530].

На рис. 4 представлено вихідну змінну *MC* («ступінь концентрації ринку»), яка має три атрибути (функції належності): *Low* – низький ступінь – має параметри [0,4046 4,97 6,94e-18], *Middle* – середній ступінь – має параметри [0,154 2,11 0,556], *High* – високий ступінь – має параметри [0,2 2,95 0,908]. Ця функція є дзвонуватою за формою і має значення в діапазоні [0;1].

На основі опису двох вхідних змінних і однієї вихідної змінної визначимо $3^2 = 9$ нечітких правил для висновку вихідної змінної.

Правила нечіткої логіки представлено нами так:

Rule 1: IF (CR is Low) OR (HHI is Low) THEN (MC is Low);

Rule 2: IF (CR is Low) OR (HHI is Middle) THEN (MC is Low);

Rule 3: IF (CR is Low) OR (HHI is High) THEN (MC is Middle);

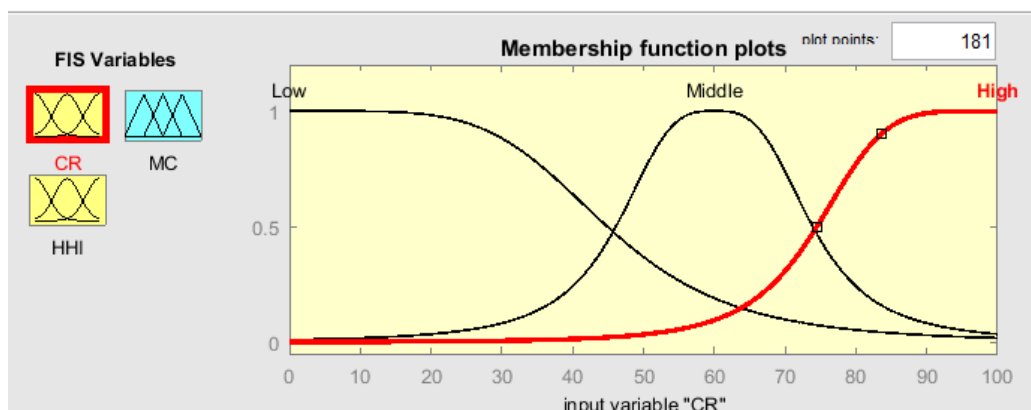


Рис. 2. Функція належності для вхідної лінгвістичної змінної *CR* («індекс концентрації»)

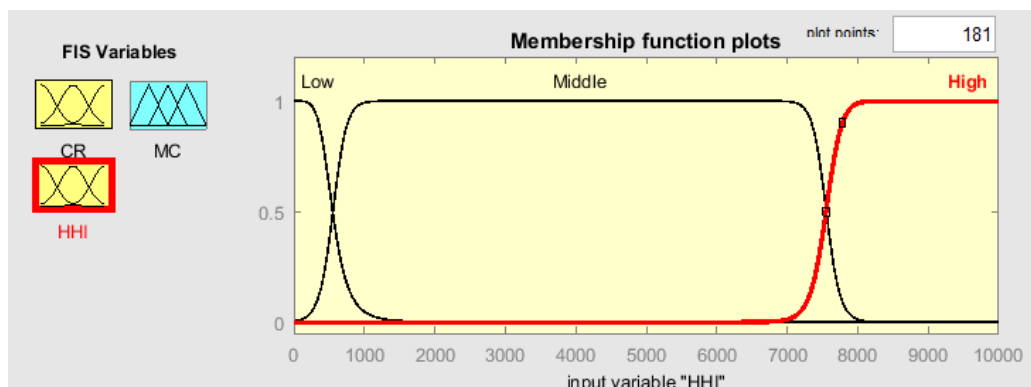


Рис. 3. Функція належності для вхідної лінгвістичної змінної *HHI* (*Індекс Герфіндаля – Гіршмана*)

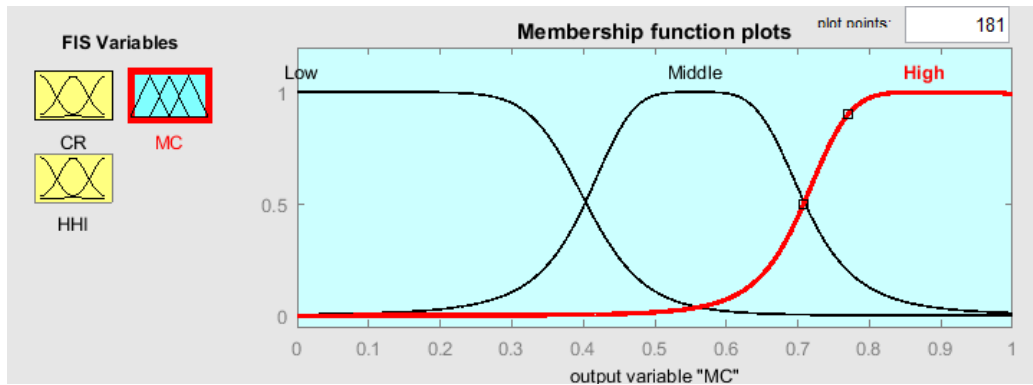


Рис. 4. Функція належності для вихідної лінгвістичної змінної *MC* («рівень ринкової концентрації»)

Rule 4: IF (CR is Middle) OR (HHI is Low) THEN (MC is Middle);

Rule 5: IF (CR is Middle) OR (HHI is Middle) THEN (MC is Middle);

Rule 6: IF (CR is Middle) OR (HHI is High) THEN (MC is Middle);

Rule 7: IF (CR is High) OR (HHI is Low) THEN (MC is Middle);

Rule 8: IF (CR is High) OR (HHI is Middle) THEN (MC is High);

Rule 9: IF (CR is High) OR (HHI is High) THEN (MC is High).

Лівий стовпчик на рис. 5 являє собою номери всіх дев'яти визначених нечітких правил, наступні два стовпчики показують значення двох вхідних змінних $CR = 8.39$ та $HHI = 766$. Значення вихідної змінної MC показано у правому стовпчику для кожного нечіткого правила як *рівень концентрації ринку*. На прикладі для

рис. 5 вихідне значення *рівня концентрації ринку* дорівнює $MC = 0.476$. Результати візуалізації у середовищі *Matlab* представлено за допомогою візуалізатора *Rule Viewer*.

Побудована модель нечіткого висновку дає змогу оцінити *рівень концентрації ринку* MC залежно від змінної CR , що являє собою *коефіцієнт концентрації*, та *індикатора HHI*, що являє собою *індекс Герфіндала – Гіршмана*. Залежність вихідної змінної MC , яка є *рівнем концентрації ринку*, від вхідних змінних являє собою нескінченність значень MC , представлених у вигляді поверхні відгуку, побудованої за допомогою візуалізатора *Surface Viewer* (рис. 6).

Висновки з проведеного дослідження. Підбиваючи підсумок усьому вищевикладеному, слід констатувати, що для оцінки ступеня *концентрації ринку* методи нечітких множин уважаються найбільш ефективними порівняно з

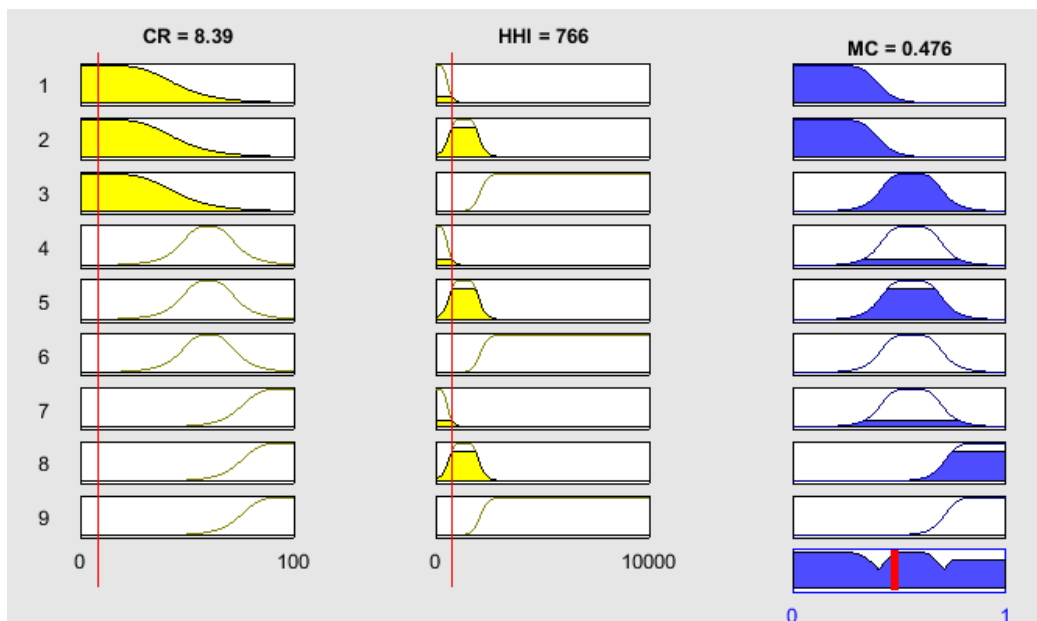


Рис. 5. Реалізація нечіткого висновку *Мамдані* в пакеті *FuzzyLogic Toolbox* у середовищі *Matlab* фірми *MathWorks* для оцінювання ступеня концентрації ринку

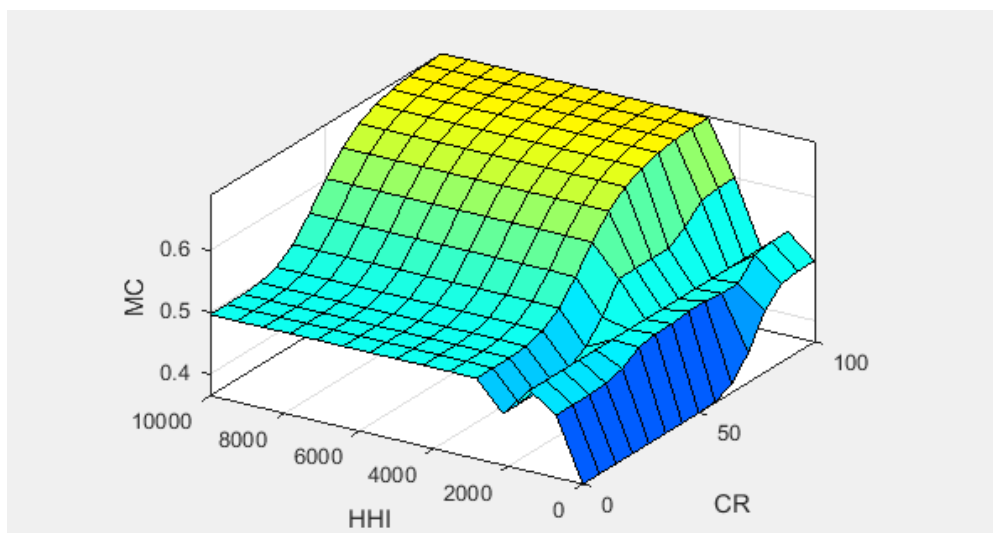


Рис. 6. Залежність вихідної змінної MC , що визначає рівень концентрації ринку, від вхідної змінної CR (індекс концентрації) та вхідної змінної HHI (індекс Герфіндаля – Гіршмана)

лінійними моделями. Нечітко-логічна модель теоретично дає змогу залучити значну кількість показників для оцінки ступеня концентрації ринку. Проте практичний вибір повинен бути обґрунтований вагою показників, з одного боку, й інтенсивністю збору даних,

необхідних для оцінки ступеня концентрації ринку – з іншого.

Подальші дослідження авторів будуть спрямовані на побудову та вдосконалення нечітких моделей для оцінки значних ринкових переваг підприємств інших секторів української економіки.

Список використаних джерел:

1. Про затвердження Порядку проведення аналізу ринків певних телекомунікаційних послуг та визначення операторів, провайдерів телекомунікацій з істотною ринковою перевагою на ринках таких послуг. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0054-19#n33> 17.02.2021
2. Припуга Н.В. Методичні підходи до оцінки рівня монополізованості економіці. *Науковий вісник Мукачівського державного університету. Серія «Економіка»*. 2016. Вип. 1(5). С. 51–55.
3. Николаев Д.В. Методический подход к идентификации типа рыночной структуры (на примере рынка рыбной продукции Приморского края). *Проблемы прогнозирования*. 2013. № 1. С. 95–101.
4. Arbabi, L., & Tash M. (2018). Study of the Relationship between Concentration, Skilled Labor and Efficiency Using the Fuzzy Logic Approach in Iranian Manufacturing Industries. *The Open Access Journal of Resistive Economics (OAJRE)*. Vol. 6. № 4. P. 1–18.
5. Tash, M., Molaei, S., & Barghandan K. (2014). Impact of Structural Components of Market on the Markup Level Based on Radial Basis Neural Network and Fuzzy Logic. *International Journal of Business and Development Studies*. 2014. Vol. 6. № 1. P. 99–112.
6. Posner, R.A. (1999). *Natural Monopoly and its Regulation*. Washington DC., Cato Institute, 115 p.
7. Korol, T., & Korodi, A. (2012). An evaluation of effectiveness of fuzzy logic model in predicting the business bankruptcy. *Institute for Economic Forecasting*. № 3. P. 92–107.
8. Пегат А. Нечёткое моделирование и управление ; 2-е изд. Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. 798 с.
9. Gawronska, A., & Gawronski, T. (2012). Assessment of bankruptcy threat of furniture manufacturing companies with fuzzy logic. *Intercathedra*. № 28(1). P. 13–18.
10. Sivanandam, S.N., & Sumathi, S.D.S. (2006). *Introduction to Fuzzy Logic using MATLAB*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 430 p. (in English)

References:

1. Pro zatverdzhennia Poriadku provedennia analizu rynkiv pevnykh telekomunikatsiinykh posluh ta vyznachennia operatoriv, provaideriv telekomunikatsii z istotnoiu rynkovoju perevahoiu na rynkakh takykh posluh [On approval of the procedure for analyzing the markets of certain telecommunications services and identifying operators and telecommunications providers with a significant market advantage in the markets of such services]. Cabinet of Ministers of Ukraine. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0054-19#n33>. 17.02.2021 (in Ukrainian)

2. Pryputa T. (2016). Methodological approaches to assessing the level of monopolization in the economy. *Scientific Bulletin of Mukachevo State University. Economy Series*, issue 1(5), pp. 51–55. (in English)
3. Nikolaev D.V. (2013). *Metodicheskij podhod k identifikacii tipa rynochnoj struktury (na primere rynka ryboprodukcii Primorskogo kraja)* [Methodological approach to identifying the type of market structure (on the example of the fish market of Primorsky Krai)]. *Forecasting problems*, no. 1, pp. 95–101. (in Russian)
4. Arbabi, L., & Tash M. (2018). Study of the Relationship between Concentration, Skilled Labor and Efficiency Using the Fuzzy Logic Approach in Iranian Manufacturing Industries. *The Open Access Journal of Resistive Economics (OAJRE)*, vol. 6, no. 4, pp. 1–18. (in English)
5. Tash, M., Molaei, S., & Barghandan K. (2014). Impact of Structural Components of Market on the Markup Level Based on Radial Basis Neural Network and Fuzzy Logic. *International Journal of Business and Development Studies*, vol. 6, no. 1, pp. 99–112. (in English)
6. Posner, R.A. (1999). *Natural Monopoly and its Regulation*. Washington DC., Cato Institute, 115 p. (in English)
7. Korol, T., & Korodi, A. (2012). An evaluation of effectiveness of fuzzy logic model in predicting the business bankruptcy. *Institute for Economic Forecasting*, no. 3, pp. 92–107. (in English)
8. Pegat, A. (2009). *Nechetkoe modelirovanie i upravlenie* [Fuzzy modeling and control]. Moscow: BINOM. *Laboratoriya znaniy* [BINOMIAL. Knowledge lab], 798 p. (in Russian)
9. Gawronska, A., & Gawronski, T. (2012). Assessment of bankruptcy threat of furniture manufacturing companies with fuzzy logic. *Intercathedra*, no. 28(1), pp. 13–18. (in English)
10. Sivanandam, S.N., & Sumathi, S.D.S. (2006). *Introduction to Fuzzy Logic using MATLAB*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 430 p. (in English)