

ROC ТА CAP АНАЛІЗ ЯК ІНСТРУМЕНТИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ МОДЕЛЕЙ ФІНАНСОВОЇ ДІАГНОСТИКИ

ROC AND CAP ANALYSIS AS TOOLS FOR EVALUATING THE QUALITY OF FINANCIAL MODELS DIAGNOSIS

**Марина
Євтушенко**
аспірант кафедри
корпоративних
фінансів і
контролінгу
ДВНЗ «Київський
національний
економічний
університет імені
Вадима Гетьмана»

**Maryna
Yevtushenko**
postgraduate of
Department of
Corporate Finance
and Controlling
SHEI «Kyiv
National Economic
University named
after Vadym
Hetman»

У статті досліджено інструменти оцінювання якості моделей фінансової діагностики та сутність характеристики понять CAP і ROC. Вказані інструменти дозволяють здійснити необхідний аналіз з єдиним показником - коефіцієнтом точності. Показано, що коефіцієнт точності це просто лінійне перетворення площини під ROC-кривою. Розкрито метод обчислення довірчих інтервалів для області під ROC-кривою, а також порядок результатів аналізу порівняння площини під ROC-кривою за двома моделями фінансової діагностики однакової вибірки.

This article explores the tools to assess the quality of financial models and diagnostic characteristics of the nature of concepts CAP and ROC. These tools allow you to carry out the necessary analysis with a single parameter - the coefficient accuracy. It is shown that the accuracy rate is a linear transformation of the plane under the ROC-curve. Reveals the method of calculating confidence intervals for the area under the ROC-curve and the procedure of the analysis comparing area under ROC-curve for the two models of financial diagnostics same sample.

The validation techniques currently used in practice are the concepts of Cumulative Accuracy Profiles and Accuracy Ratios, which deliver a single number to judge upon the quality of internal rating models. However, the reliability of such judgements is questionable if no confidence interval can be stated in addition to the Accuracy Ratio.

By using the concept of Receiver Operating Characteristics are derived in an analytical and consequently simple way. Besides, a relationship between this area and the Accuracy Ratio is proven, which demonstrates that the concepts derived for Receiver Operating Characteristic Curves can be applied to Cumulative Accuracy Profiles, too. Hence different rating models can be compared by using confidence intervals instead of single numbers, which allows a sound decision-making about the superiority of one model over another.

Ключові слова: CAP-крива, ROC-крива, довірчі інтервали, профіль акумульованої точності (CAP), розрахунок коефіцієнта прогнозної здатності (ROC), фінансово спроможне підприємство, фінансово не спроможне підприємство.

Keywords: CAP-curve, ROC-curve, confidence intervals, CAP – Cumulated Accuracy Profile, ROC – Receiver Operating Characteristic, default, non-default.

Постановка проблеми. Фінансовий стан підприємства, з одного боку, є результатом діяльності підприємства, тобто його досягненням, а з іншого – визначає передумови розвитку підприємства за його прогнозного значення. Тому виникає постійна потреба в досконалій і правильній оцінці фінансового стану підприємства. Однак, досить часто підприємства не здатні правильно оцінити свій фінансовий стан, що створює серйозні перешкоди для забезпечення ефективної поточної діяльності та подальшого розвитку. У цьому зв'язку на мікрорівні виникає основна проблема - відсутність прийняття якісних управлінських рішень у сфері виробництва, збуту, фінансування, інвестування. Це в свою чергу зумовлює необхідність керівництву підприємства мати не тільки теоретичні знання в області фінансового аналізу, але й ґрунтовні навички практичних розрахунків при дотриманні логічної послідовності господарських операцій з фінансовими розрахунками і прогнозом різноманітних економічних ситуацій. Тому із найактуальніших завдань на рівні підприємства залишається достовірна оцінка його фінансового стану, що послужить основою своєчасного прийняття необхідних управлінських рішень.

Метою статті є дослідження інструментів для оцінювання якості моделей фінансової діагностики задля виявлення та подолання недоліків в методиках оцінки визначення фінансового стану підприємств.

Виклад основного матеріалу. Коло необхідності проведення діагностики фінансового стану є досить широким, так як будь-яку методику оцінки кредитоспроможності позичальника можна вважати такою, яка присвячена проблематиці прогнозування фінансової неспроможності, відповідно, фінансовій діагностиці. Метою оцінки кредитоспроможності підприємства є прогнозування його можливості своєчасно та в повній мірі розрахуватися за своїми борговими зобов'язаннями. За неспроможності погашення боргу виникає підстава для порушення справи про банкрутство. У разі високої ймовірності неплатоспро-

можності чи незадовільного фінансового стану підприємство вважається таким, якому загрожує фінансова криза та банкрутство. Отже, природа і цілі фінансової діагностики та оцінки кредитоспроможності підприємства є ідентичними. Так як судять про кредитоспроможність на основі оцінки фінансового стану та віднесення підприємства до певної групи з відповідним рівнем фінансового стану [1, 252].

Банкрутство є однією з найбільш складних економічних ситуацій, яка може мати місце в житті фірми і визначаються за оцінкою фінансового стану. Воно має загрозові наслідки для всіх зацікавлених сторін - від акціонерів і кредиторів до постачальників і співробітників. Рівень заподіяної шкоди для економіки і суспільства буде залежати від розміру боргу та систематичності прояву неплатоспроможності підприємств. Однак, навіть для невеликої фірми, банкрутство буде важливою та негативною подією для зацікавлених сторін.

У 2013 році в Україні у процедурі банкрутства знаходилося 8811 підприємств. З них 438 підприємств - це державні або підприємства, у статутному капіталі яких державі належать більше 25%. Решта - це підприємства приватного сектору економіки, у тому числі фізичні особи – підприємці [2].

Основна кількість банкрутів у державному секторі відноситься до таких галузей як сільське господарство, добувна, переробна промисловості, сфера торгівлі, транспорт, складське господарство, поштова та кур'єрська діяльність, операції з нерухомим майном, професійна, наукова, технічна діяльність, освіта, охорона здоров'я.

Слід підкреслити, що на практиці мали місце різні варіанти проведення банкрутства. Так, за загальною процедурою у державному секторі України ліквідується 84% банкрутів, 7% - припадає на випадки банкрутства боржника, що ліквідується власником, 6% - складало банкрутство відсутнього боржника і лише 3% - санація боржника його керівником.

Щодо підприємств-банкрутів приватного сектору економіки, то ситуація з банкрутством у 2013 році була

така: понад 38% - це банкрутство відсутнього боржника, 37% - загальна процедура банкрутства, майже 12% - банкрутство фізичних осіб - підприємців, 11% - банкрутство боржника, що ліквідується власником, понад 1,5% - санація боржника його керівником [2].

У цьому зв'язку враховуючи негативну ситуацію в країні необхідною є оцінка ризику ймовірності банкрутства. Це є важливим кроком на шляху до розуміння ризику неплатоспроможності боржника. Глибоке розуміння кредитного ризику допомагають користувачам розробляти інструменти для пом'якшення негативних наслідків дефолту підприємств. Слід вказати, що аналітики мають різні погляди щодо того, як краще здійснювати аналіз кредитоспроможності. Протягом останніх кількох років були розроблені різні моделі оцінки кредитоспроможності. Тому українським підприємствам необхідно обрати таку модель для фінансової діагностики суб'єктів господарювання, яка б врахувала всі особливості вітчизняного економічного простору та напряму економічної діяльності, функціонування підприємства. Враховуючи, що якість моделей, з допомогою яких здійснюється діагностика фінансового стану досить важко виміряти, а використання моделі для діагностики, яка не надає точної правдивої інформації для прийняття ефективних управлінських рішень, часто призводить до неоптимального розподілу капіталу. Це примушує як банки, так і підприємства відшукати належні інструменти для оцінки якості внутрішньо-рейтингових моделей.

У документі Базельського комітету з банківського нагляду (2001) підкреслено, що підхід, основою якого є внутрішні рейтинги, має стати головним для обґрунтування та встановлення вимог до необхідної величини капіталу з урахуванням кредитного ризику. Тому Базельським комітетом (2000) підкреслено, що перевірка моделі є однією з головних проблем для фінансових установ та керівників підприємств [4; 5].

Нині найбільш достовірним способом перевірки, який використовують

на практиці є профіль акумульованої точності (CAP) та коефіцієнт прогностичної здатності (ROC). Сутність вказаного методу розкрито в Sobehart, Keenan&Stein (2000) та розрахунок коефіцієнта прогностичної здатності (ROC). Цей метод походить від теорії «визначення сигналу», яку використовують в психології та в медицині (див., наприклад, Hanley&McNeil, 1982). Sobehart&Keenan (2001), де пояснюють, як використовувати цю концепцію для перевірки якості внутрішніх рейтингових моделей. У своїх роботах вказані вчені зосереджуються на якісних особливостях ROC-кривих. Основний висновок, який можна зробити з їх досліджень, полягає в тому, що розмір області під кривою ROC є показником ефективності для моделі фінансової діагностики [6; 7; 8].

Однак, такий показник, як коефіцієнт точності або область під ROC-кривою, зі статистичної точки зору містять мало інформації. Щоб переконатись в якості обраної моделі фінансової діагностики, доцільно побудувати довірчі інтервали. Також недостатньо порівняти дві рейтингові моделі, результати яких отримано на основі одного набору даних порівнюючи тільки декілька показників. Ретельно здійснений аналітичний аналіз являється єдиним способом отримати правдивий висновок щодо переваг однієї рейтингової моделі над іншою.

Перш ніж здійснити оцінку ефективності моделей фінансової діагностики необхідно їх розрахувати для певної сукупності підприємств. Так для аналізу фінансової спроможності можна використати дискримінантну чи логіт-модель, або будь-який інший підхід.

Щоб отримати CAP-криву, яка характеризує залежність вірно прогнозованих фінансово неспроможних підприємств (вісь у) від загальної сукупності аналізованих підприємств (вісь x). Необхідно спочатку всю досліджену вибірку підприємств розподілити залежно від отриманих балів, тобто, від суб'єкта господарювання з найнижчим балом до підприємства з найвищим балом. CAP –крива зображена на рис. 1.

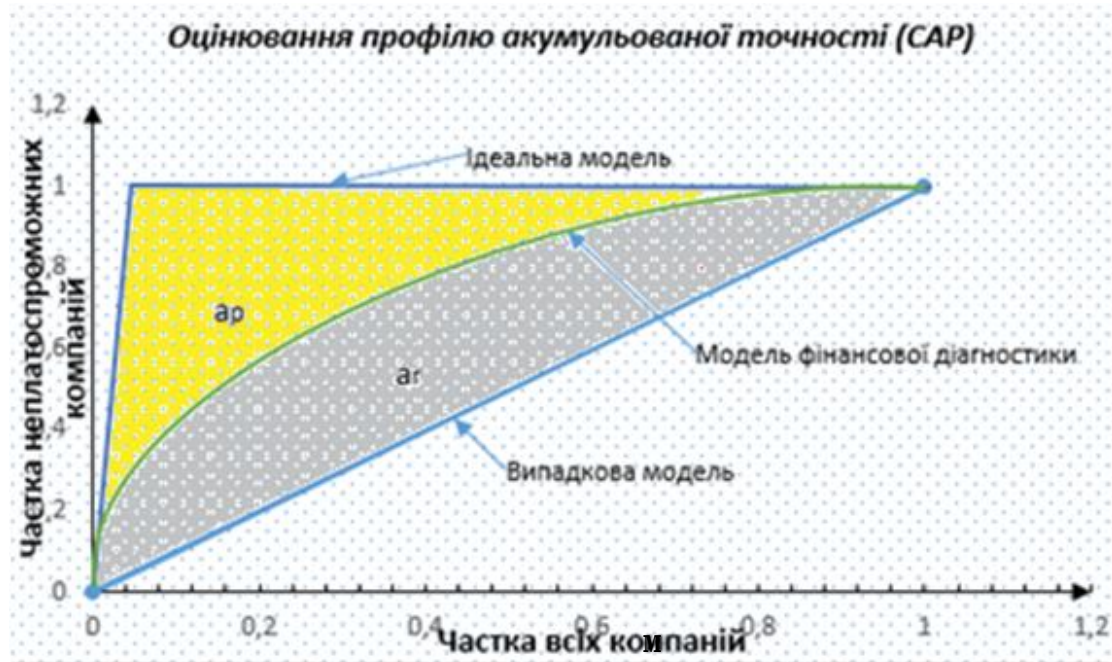


Рис. 1. Графічне зображення CAP-кривої

Отже, ідеальній рейтинговій моделі буде відповідати найнижча оцінка неплатоспроможності. У цьому випадку, CAP зростає лінійно, а потім різко зупиняється. Для випадкової моделі без будь-якої дискримінуючої здатності, частка x всієї вибіркової сукупності з найнижчими балами міститиме $x\%$ всіх неплатоспроможних підприємств. Крива для моделі фінансової діагностики, ефективність якої перевіряється буде знаходитись між цими двома протилежностями. Якість рейтингової системи вимірюється за допомогою коефіцієнта точності AR. Якість моделі, що перевіряється може бути виміряна за допомогою площини між CAP-кривою моделі фінансової діагностики та CAP-кривою випадкової моделі. Показник a_r відображає площину між CAP-кривою оціночної моделі та CAP-кривою випадкової моделі, а a_p область між CAP-кривою досконалої моделі та CAP-кривою випадкової моделі. Звідси, коефіцієнт точності (AR) визначається як [7; 8]:

$$AR = a_r / a_p.$$

Таким чином, найкращою рейтинговою моделлю є така модель значення якої знаходяться ближче до коефіцієнта AR.

На рис. 2 зображена ROC-крива, яка показує можливість розподілу рейтингових оцінок на фінансово не-

стійкі та платоспроможні підприємства. Отримані в теорії результати за допомогою рейтингової моделі (лівий та правий розподіли на рис.2) перетинатись не будуть. Однак на практиці ж ідеального розподілу не існує. Сукупність стійких та підприємств схильних до банкрутства будуть перетинатися, як показано на рис. 2 [6].

Спираючись на результати рейтингової моделі, необхідно визначити які підприємства зможуть заплатити по своїх боргах протягом наступного періоду, а які зазнають дефолту. Для цього необхідно визначити (Cut-off-точки поділу підприємств на групи) точку C , як показано на рис. 2, кожний суб'єкт господарювання з рейтинговим балом нижче, ніж точка C відноситься до потенційного неплатника і кожну компанію з рейтинговим балом вище, ніж точка C визначають як таку, що не зазнала дефолту. Тут можливі результати чотирьох рішень, які представлено в таблиці 1:

- $Z\text{-score} > C$ (correct prediction) – правильно класифіковані фінансово спроможні підприємства;
- $Z\text{-score} \leq C$ (hit) - правильно класифіковані фінансово неспроможні підприємства;
- $Z\text{-score} > C$ (miss) - фінансово неспроможні підприємства, класифіковані як фінансово спроможні;

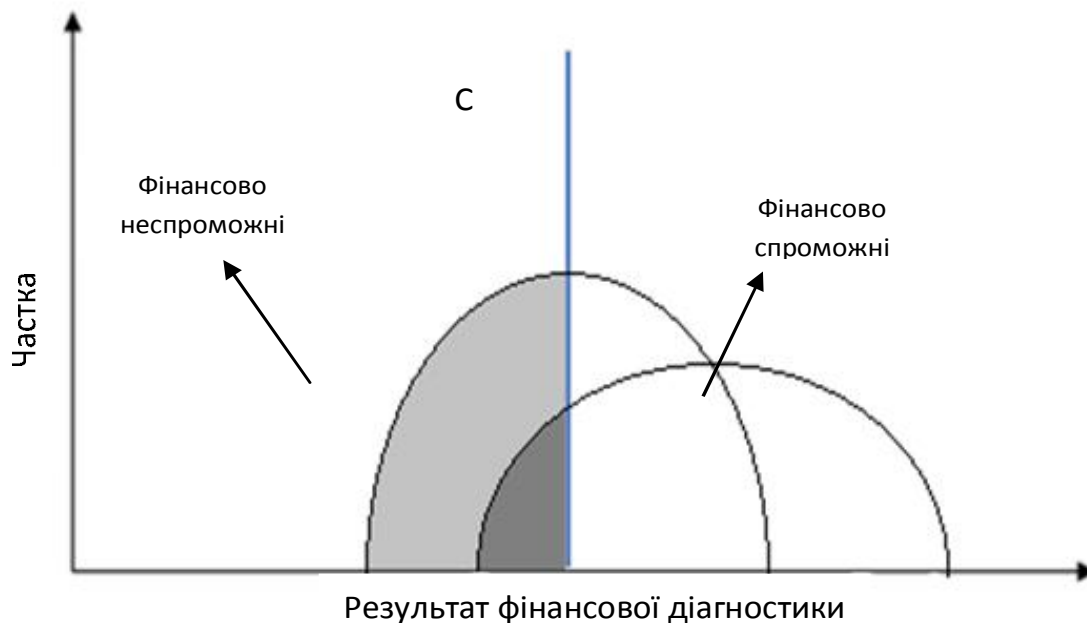


Рис. 2. Розподіл підприємств за результатами оцінки фінансової діагностики на фінансово спроможні та неспроможні

Таблиця 1

Матриця рішень фінансової діагностики

Істинний стан	Класифікація рішень	
	Фінансово спроможні	Фінансово неспроможні
Фінансово спроможні	Z-score > C (correct prediction)	Z-score ≤ C (falsealarm: помилка II-го типу)
Фінансово неспроможні	Z-score > C (miss: помилка I-го типу)	Z-score ≤ C (hit)

• Z-score ≤ C (falsealarm) – фінансово спроможні підприємства, класифіковані як фінансово неспроможні.

Слід підкреслити, що існує два варіанти можливих хибних класифікацій. Наприклад, для неплатоспроможної групи може бути невірно занесені підприємства, які належать до платоспроможної групи (miss). Дана помилка буде представляти перший тип. Другою можливою неправильною класифікацією будуть фінансово стійкі фірми в групі неплатоспроможних (FalseAlarm). Цей тип помилки відноситься до другого типу. Метод класифікації вважається кращим, якщо він веде до зниження тип помилки 1 для будь-якого рівня помилки типу 2, або навпаки.

Важливо відзначити, що тип 1 і тип 2 помилки залежить від значення точки поділу груп підприємств C. Змінюючи значення C, ми можемо значно зменшити похибку типу 1, але це зазвичай буде призводити

до підвищення похибки тип 2. З помилки типу 1 і типу 2 залежить від вибору значення точки поділу груп підприємств, слід оцінити підходящу міру продуктивності як загальної оцінки trade-off між помилкою 1 та 2 типу всього діапазону значень cut-off. ROC є однією із таких величин.

Використовуючи позначення Sobehart&Keenan (2001), ми визначаємо коефіцієнт співпадіння HR (C) [7], як:

$$HR(C) = H(C) / N_D,$$

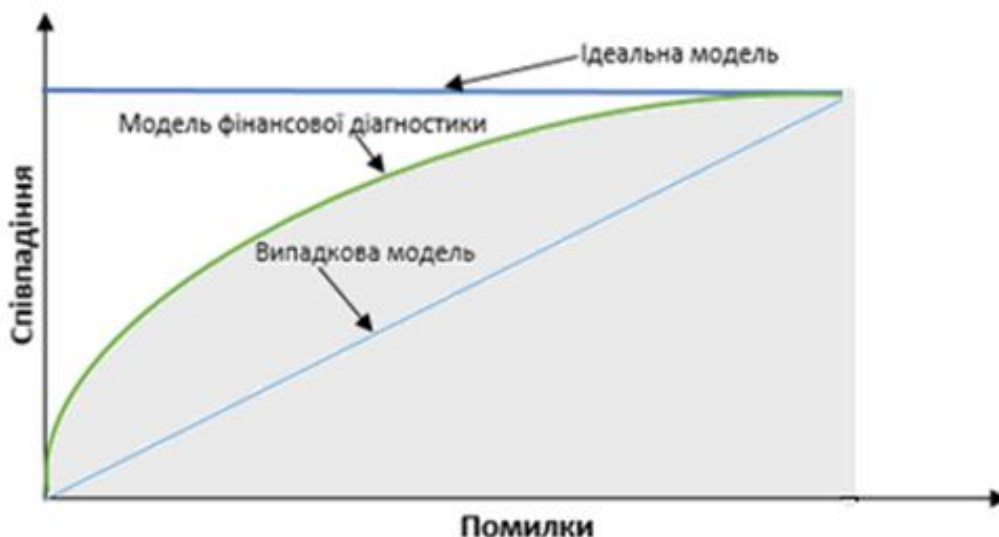
де H(C) (представлено світлою областю на рис. 2) кількість фінансово неспроможних підприємств, що були визначені правильно точкою поділу C, і коефіцієнтом N_D , який показує загальну кількість підприємств у вибірці, яким загрожує банкрутство. Коефіцієнт помилок FAR (C) (єдина темна область на рис. 2) визначається як:

$$FAR(C) = F(C) / N_{ND},$$

де $F(C)$ є кількістю помилок, тобто кількість фінансово стійких підприємств, які були класифіковані як нестійкі. Загальна кількість фінансово спроможних підприємств у вибірці позначаються як N_{ND} . ROC-крива будується наступним

чином. $HR(C)$ і $FAR(C)$ розраховуються для всіх точок поділу підприємств на групи C , що містяться в межах оціночної величини. ROC-крива є графіком, що лежить на площині $HR(C)$, $FAR(C)$. Це показано на рис. 3.

Коефіцієнт прогностичної здатності (ROC)



Якість моделі фінансової діагностики тим вища чим крутіша ROC-крива в лівому кінці та чим ближче розташування ROC-кривої до точки $(0, 1)$. А також, чим більший масштаб площі під ROC-кривою, тим точнішими будуть результати моделі кредитоспроможності. Позначимо цю область за допомогою A . Вона може бути розрахована як:

$$A = \int_0^1 HR(FAR) d(FAR)$$

Площа A становить 0,5 для випадкової моделі та 1,0 для ідеальної моделі. Площа знаходиться між 0,5 і 1,0 для будь-якої рейтингової моделі на практиці.

Необхідно довести зв'язок між коефіцієнтом точності та площиною під ROC-кривою (A) для того, щоб продемонструвати, що обидві величини є еквівалентними.

Застосувавши формулу наведену нижче, отримуємо область a_p , яка знаходиться між CAP досконалою та випадковою моделлю фінансової діагностики:

$$a_p = \frac{0.5N_{ND}}{N_D + N_{ND}}$$

Введемо деякі додаткові позначення. Якщо підприємство випадково обрали з загальної вибірки досліджуваних суб'єктів господарювання, то така оцінка описується за допомогою випадкової змінної St_0 . Якщо підприємство навмання вибрано з сукупності тих, що зазнали дефолту, то відповідна випадкова величина позначається SD , а якщо підприємство взято із сукупності фінансово спроможних, випадкова величина позначається S_{ND} . Зверніть увагу, що

$$HR(C) = P(S_D < C) \text{ і } FAR(C) = P(S_{ND} < C).$$

Для обрахунку площі a_p , яка розташована між CAP , тої рейтингової моделі ефективність якої оцінюється і CAP випадкової моделі, необхідна кумулятивна функція розподілу $P(S_T < C)$, де S_T є розподілом рейтингових балів в загальній кількості всіх боржників. З точки зору S_D і S_{ND} , сукупна функція розподілу $P(S_T < C)$ може бути виражена як:

$$P_{ND,ND,D}^{12} = P(S_D^1 > S_{ND,1}^1, S_D^2 > S_{ND,2}^2) + P(S_D^1 < S_{ND,1}^1, S_D^2 < S_{ND,2}^2) - P(S_D^1 > S_{ND,1}^1, S_D^2 < S_{ND,2}^2) - P(S_D^1 < S_{ND,1}^1, S_D^2 > S_{ND,2}^2)$$

Величини S_D^i , $S_{D,1}^i$ і $S_{D,2}^i$ є незалежними зображеннями з сукупності фінансово неспроможних підприємств. Верхній індекс i вказує, яка з оцінок рейтингової моделі 1 або 2 повинна бути прийнята. Сутність S_{ND}^i , $S_{ND,1}^i$ і $S_{ND,2}^i$ аналогічна.

Щоб провести тест для визначення різниці між цими двома методами рейтингових моделей (де нульова гіпотеза є еквівалентною обом областям нижче кривої ROC), ми повинні оцінити тестову статистику T , яка обраховується як:

$$T = \frac{(\hat{U}^1 - \hat{U}^2)^2}{\sigma_{\hat{U}^1}^2 + \sigma_{\hat{U}^2}^2 - 2\sigma_{\hat{U}^1, \hat{U}^2}}$$

Це тестова статистика асимптотично $\chi^2(1)$ - поширюється з одним ступенем свободи.

ВИСНОВОК

Для оцінки якості моделі рейтингової оцінки використовують методологію ROC-аналізу (аналіз прогностичної здатності) та CAP-аналізу (оцінка профіля акумульованої точності). Ці види аналізу можна використовувати як для оцінки ефективності моделі чи системи рейтингової оцінки, так і для визначення прогностичної здатності окремих кількісних чи якісних показників. Важливим елементом, який визначає якість моделі фінансової діагностики є правильно підібране порогове значення (лінії поділу груп підприємств). Для визначення оптимального порогового значення слід розрахувати чутливість та специфічність моделі за кожного варіанту лінії поділу. В результаті нанесення відповідних значень чутливості та специфікації на координатну площину отримуємо криву ROC. Оптимальна межа поділу груп підприємств знаходиться в точці максимального співвідношення чутливості та специфічності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Терещенко О. О., Бабяк Н.Д. Фінансовий контролінг: навч. посібник – К.: КНЕУ, 2013. – 407
2. Статистика банкрутства підприємств України за 2013 рік [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://zik.ua/ua/news/2013/07/02/417243>
3. Bamber D. The area above the ordinal dominance graph and the area below the receiver operating graph *Journal of Mathematical Psychology* – 1975, 12, pages 387–415
4. Basel Committee on Banking Supervision, 2000 Supervisory risk assessment and early warning systems December
5. Basel Committee on Banking Supervision, 2001 The internal ratings-based approach Consultative document, January
6. Hanley A and B McNeil The meaning and use of the area under a receiver operating characteristics (ROC) curve *Diagnostic Radiology*, 1982, 143 (1), pages 29–36
7. Sobehart J and S Keenan Measuring default accurately *Risk March*, 2001, pages S31–S33
8. Sobehart J, S Keenan and R Stein, 2000 Benchmarking quantitative default risk models: a validation methodology *Moody's Rating Methodology*
9. Bernd Engelmann, Evelyn Hayden and Dirk Tasche Testing rating accuracy [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://citeseerx.ist.psu.edu/>

REFERENCES

1. Tereschenko O. O., Babyak N. D. Financial Controlling: navch.posibnyk - K.: KNEU, 2013. – 407
2. Statistics bankruptcy of enterprises Ukraine for 2013 [electronic resource] - Access: <http://zik.ua/ua/news/2013/07/02/417243>

3. Bamber D. The area above the ordinal dominance graph and the area below the receiver operating graph *Journal of Mathematical Psychology* – 1975, 12, pages 387–415

4. Basel Committee on Banking Supervision, 2000 Supervisory risk assessment and early warning systems December

5. Basel Committee on Banking Supervision, 2001 The internal ratings-based approach Consultative document, January

6. Hanley A and B McNeil The meaning and use of the area under a receiver operating characteristics (ROC) curve *Diagnostic Radiology*, 1982, 143 (1), pages 29–36

7. Sobehart J and S Keenan Measuring default accurately Risk March, 2001, pages S31–S33

8. Sobehart J, S Keenan and R Stein, 2000 Benchmarking quantitative default risk models: a validation methodology Moody's Rating Methodology

9. Bernd Engelmann, Evelyn Hayden and Dirk Tasche Testing rating accuracy [electronic resource] – Access: <http://citeseerx.ist.psu.edu/>