

Корзаченко О. В., к.е.н.,
доцент кафедри комп'ютерної математики та інформаційної безпеки,
ДВНЗ «КНЕУ імені Вадима Гетьмана»

Korzachenko O. V., PhD,
Associate Professor of the Department of
Computer Mathematics and Information Security,
SHEI KNEU named after V. Hetman

ЕВОЛЮЦІЯ МОДЕЛЕЙ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ: ВІД КЛАСИЧНОЇ ПОЛІТЕКОНОМІЇ ДО БІХЕВІОРИСТСЬКОЇ ЕКОНОМІКИ

EVOLUTION OF DECISION-MAKING MODELS: FROM CLASSICAL POLITICAL ECONOMY TO BEHAVIORAL ECONOMICS

Анотація. У статті досліджено еволюцію моделей прийняття рішень у класичній політекономії, неокласичній економіці та біхевіористській (поведінковій) економіці. Встановлено, що в основі економічного вибору лежить певна теорія раціональності, визначення якої трансформувалося паралельно з розвитком, економіки, науки та суспільства.

У роботі проаналізовано особливості теорій раціональності в економічній науці: теорія раціонального вибору (Дж.С. Міль), теорія максимально раціональної поведінки людини (К. Менгер, У.С. Джевонс і Л. Вальрас), теорія обмеженої раціональності (Г.А. Саймон), теорія очікуваної корисності (О. Моргенштерн, Дж. фон Нейман), теорія суб'єктивної очікуваної корисності (Л. Севідж), теорія перспектив (Д. Канеман, А. Тверські) та теорія підштовхування (Р. Талер, К.Р. Санштейн), а також досліджено математичний апарат обґрунтування економічного вибору.

Зроблено висновок, що моделі прийняття рішень, які притаманні класичній політекономії та неокласичній економіці, мають ряд недоліків і хибних припущень про поведінку агентів, які на практиці схильні діяти ірраціонально: інтуїтивно приймати рішення при неможливості або небажанні ретельно міркувати над ситуацією. Тому на особливу увагу заслуговують моделі поведінкової економіки: теорія перспектив і теорія підштовхування, в основі яких лежать принцип ухилення від втрат, ефект віддзеркалення і нелінійне оцінювання ймовірностей.

Ключові слова: прийняття рішень, економічний вибір, економічна поведінка, раціональність, моделі раціональності, теорія раціонального вибору, теорія обмеженої раціональності, теорія очікуваної корисності, теорія ігор, теорія суб'єктивної очікуваної корисності, теорія перспектив, поведінкова економіка, біхевіористська економіка, концепція підштовхування.

Abstract. This article explores the evolution of decision-making models in classical political economy, neoclassical economics and behavioral economy. It is established that the basis of economic choice is a certain theory of rationality, the definition of which was transformed in parallel with the development of economics, science and society.

The features of theories of rationality in economics are analyzed in the work: the rational choice theory (J.S. Mill), the theory of the most rational human behavior

(K. Menger, W.S. Jewons and L. Walras), the bounded rationality theory (H.A. Simon), the expected utility theory (O. Morgenstern, J. von Neumann), the subjective expected utility theory (L.J. Savage), the prospect theory (D. Kahneman, A. Tversky) and the nudge theory (R.H. Thaler, C.R. Sunstein), and also investigated the mathematical apparatus of substantiation of economic choice.

It is concluded that decision-making models inherent in classical political economy and neoclassical economics have a number of shortcomings and misconceptions about the behavior of agents who in practice tend to act irrationally: intuitively make decisions when it is impossible or unwilling to think carefully about the situation. Therefore, the models of behavioral economics deserve special attention: the prospect theory and the nudge theory, which are based on the principle of avoidance of losses, the effect of reflection and nonlinear estimation of probabilities.

Keywords: decision making, economic choice, economic behavior, rationality, models of rationality, rational choice theory, bounded rationality theory, expected utility theory, game theory, subjective expected utility theory, prospect theory, behavioral economics, nudge theory.

Постановка проблеми. Розвиток сучасної економічної думки і науки характеризується постійною зміною поглядів на процеси прийняття рішень, в основі яких покладені певні моделі раціональності. Класична економічна теорія розглядає економічну поведінку господарюючих суб'єктів як раціональну. Однак сучасні дослідження показали, що в процесах прийняття рішень лежать нерациональні поведінкові мотиви.

Прийняття рішень — це процес раціонального або ірраціонального вибору альтернатив, що має на меті досягнення усвідомленого результату. Ключова роль у прийнятті рішень відводиться суб'єкту економічних відносин — людині, індивіду або агенту, від поведінки якого залежить досягнення певного результату. Так Л. Робінссон у своїй праці «Нариси про природу і значення економічної науки» (1932 р.) зазначає, що «Економіка — це наука, що вивчає людську поведінку як відношення між цілями й обмеженими засобами, що мають альтернативне застосування» [16].

Очевидно, що ґрунтовне дослідження закономірностей вибору агентами шляхів вирішення економічних проблем, а також способів досягнення бажаних результатів є **актуальним** і сьогодні, особливо коли в умовах невизначеності прийняття рішень ускладнюється.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вагомий внесок у розробку теорії раціонального вибору зробили Джон Стюарт Мілль, Карла Менгер, Вільям Стенлі Джевонс і Леон Вальрас; моделі очікуваної корисності в умовах невизначеності — Габріель Крамер, Даніель Бернуллі, Джон фон Нейман, Оскар Моргенштерн, Леонард Севідж, Уорд Едвардс, Моріс Аллі, Даніель Елсберг. Фундаментальними працями в галузі ірраціональної природи

прийняття рішень є дослідження Герберта Саймона, Даніеля Канемана, Амоса Тверські, Річарда Талера, Каса Санстейн, Коліна Камерера та інших.

Метою статті є дослідження еволюції моделей прийняття рішень у класичній політекономії, неокласичній економічній теорії та біхевіористській економіці, а також визначення поведінки агентів у цих моделях.

Виклад основного матеріалу дослідження. В основі еволюції моделей прийняття рішень стояла *теорія раціонального вибору*. Вона орієнтувалася на класичну політичну економію Адама Сміта, який у своїх працях «Теорія моральних почуттів» (1759 р.) і «Дослідження про природу і причини багатства народів» (1776 р.) спирався на ідею раціональної поведінки або раціональності. Сміт вважав, що людина є основою усього суспільства, і досліджував її поведінку в сукупності з мотивами та прагненням до особистої вигоди.

Концепцію раціональної поведінки сформулював у 1836 р. Джон Стюарт Мілль, який запропонував модель «людини економічної» (*homo economicus*). У рамках цієї моделі людина неминуче робить те, за допомогою чого вона може отримати найбільшу кількість предметів першої необхідності, зручностей і розкоші при найменшій кількості праці, фізичних зусиль і самозречення [14].

Згодом ця ідея була запозичена авторами *маржиналістської революції*, яка завершилася створенням у 70-ті роки ХІХ століття неокласичної школи. Маржиналізм — це напрям економічної науки, який широко застосовує методи аналізу, що засновані на використанні граничних величин в економіці (гранична корисність, гранична продуктивність, граничні витрати, граничний дохід).

Маржиналістами людина розглядається як раціональна істота, мета якої — максимізація задоволення власних потреб (отримання максимуму корисності). Коли всі учасники економічних відносин отримують певний максимум виникає економічна рівновага. Так з'явилася *теорія максимально раціональної поведінки людини* (К. Менгер, У.С. Джевонс і Л. Вальрас) [10]. Саме вона сприяла подальшому бурхливому розвитку економічної науки.

З часом альтернативною повній раціональності стала *теорія обмеженої раціональності*. Герберт А. Саймон запропонував в якості основи для математичного моделювання прийняття рішень замість принципу максимізації використовувати принцип задоволення, тобто вибір агентами не кращої, а першої альтернативи, яка задовольняє їх вимоги [4, 19].

Поняття обмеженої раціональності ґрунтується на твердженні, що в процесі прийняття рішення людина відчуває ряд проблем,

пов'язаних із когнітивними обмеженнями розуму, браком часу та ресурсів. Таким чином, дії агентів не можуть бути повністю раціональними, оскільки вони прагнуть знайти не оптимальне, а задовільне рішення [5]. Теорія обмеженої раціональності дала початок зародженню біхевіористської економіки і психології.

Особливістю розглянутих моделей прийняття рішень є те, що вони не враховують дій інших агентів, які можуть впливати на процес вибору.

Надалі теорія обмеженої раціональності дала початок зародженню *теорії очікуваної корисності*, яскравими представниками якої стали учені австрійської школи: економіст Оскар Моргенштерн і математик Джон фон Нейман.

Математичне формулювання теорії очікуваної корисності сходиться до Габрієля Крамера (1728 р.) і Данієля Бернуллі (1738 р.). Намагаючись обґрунтувати поведінковий парадокс гри «орел-решка» (за нескінченно великого математичного очікування виграшу більшість людей ухиляються від участі в ній), Д. Бернуллі припускав, що індивід максимізує не очікуваний грошовий виграш, а очікувану корисність [2].

Запропонована ним функція корисності $U(x)$ має вигляд логарифмічної кривої, яка відображає спадання приросту корисності, що викликаний послідовними рівними приростами багатства. Однак Д. Бернуллі не ставив перед собою завдання вимірювання корисності та не намагався пояснити, чому його принцип очікуваної корисності можна вважати раціональним. Хоча теорія Бернуллі є головним чином описовою моделлю, для свого часу сам принцип очікуваної корисності міг виглядати цілком переконливо і з нормативної точки зору.

Розвитку теорії очікуваної корисності сприяло відкриття Джоном фон Нейманом нового розділу математики — теорії ігор. У 1928 р. вийшла його стаття «До теорії стратегічних ігор», в якій визначено, що результат для гравця залежить і від його ходу, і від ходу його партнера. Вперше математичні аспекти та застосування теорії ігор в економіці були викладені в книзі «Теорія ігор і економічна поведінка» (Дж. фон Нейман й О. Моргенштерн, 1944, 1947 рр.) [3]. Автори розробили формалізовані моделі поведінки людини у процесі прийняття рішень і довели, що принцип максимізації очікуваної корисності є критерієм раціональності прийнятих рішень.

Відповідно до теорії ігор, колективні дії та вибір виявляють усі формальні ознаки гри-торгу з n -ю кількістю учасників: застосування гравцями набору тактик-ходів, наявність індивідуальних пе-

реваг і заданих результатів-винагород, можливість досягнення колективного результату — точки рівноваги, в якій кожен з гравців досягає оптимуму.

Використання концептуального апарату теорії ігор дозволило переосмислити концепцію раціонального вибору і чіткіше сформулювати протиріччя між індивідуальною та колективною раціональністю.

Вчені дійшли висновку, що у ситуації коли традиційний критерій раціональності поведінки (максимізація корисності), що покладений в основу економічної теорії, є недостатньо визначеним кількісно, оскільки поведінка агента залежить від дій партнера, найприйнятнішим критерієм раціональності є максимізація очікуваної корисності:

$$EU = \sum_{i=1}^n p_i u(x_i),$$

де x_i — результати, $i = \overline{1, n}$; $u(x_i)$ — функція корисності i -го результату, p_i — ймовірність i -го результату [18].

Модель очікуваної корисності опинилася у фокусі багатьох теоретичних і емпіричних досліджень, а її математичне формулювання піддавалося численним інтерпретаціям і модифікаціям [18].

Одним із напрямів сучасної теорії корисності стала *теорія суб'єктивної очікуваної корисності*, розроблена Леонардом Севіджем у 1954 р. Основою цієї теорії є індивідуальні для кожної особи функція корисності блага та розподіл ймовірності (на основі байєсівської теорії ймовірності) [17]. Головним результатом досліджень суб'єктивної очікуваної корисності є те, що суб'єктивні ймовірності нелінійно пов'язані з об'єктивними (У. Едвардс, 1953-1954 р.) [8, 9]. Типові криві суб'єктивних ймовірностей характеризуються завищеними вагами для низьких ймовірностей і заниженими — для високих.

Незважаючи на виявлені аномалії теорії очікуваної корисності (парадокси М. Аллі [1], Д. Еллсберга), вона залишається відправною точкою аналізу невизначеності, критерієм раціональності в сучасній неокласичній економічній теорії.

Експериментатори узагальнили деякі аномалії, які найчастіше зустрічалися, і розробили на їх основі *теорію перспектив*, яку в 1979 р. описали психологи Деніел Канеман і Амос Тверські в статті «Теорія перспектив: аналіз рішення в умовах ризику» [12], потім вони допрацювали свою теорію й опублікували уточнення в

1992 р. у статті «Успіхи у теорії перспектив: кумулятивне уявлення невизначеності» [22].

Модель теорії перспектив виражається формулою, за якою обчислюється цінність або корисність можливих альтернатив:

$$V = \sum_{i=1}^n \pi(p_i)v(x_i),$$

де V — альтернатива, в якій є n можливих результатів; p_i — ймовірність настання i -го результату альтернативи, $i = 1, n$; $\pi(p_i)$ — функція коригування ймовірності (або функція суб'єктивної ймовірності); x_i — значення результату альтернативи на горизонтальній осі «втрати / доходи» функції цінності; $v(x_i)$ — функція цінності [12, 22].

Досліджуючи властивості функції цінності слід виділити такі: функція опукла для вигравів і увігнута для програвів (тобто індивід схильний до ризику якщо програш неминучий і демонструє неприйняття ризику у разі виграшу); крутизна функції для програвів більша, ніж для вигравів, що відображає асиметрію в оцінці програвів і вигравів однакової величини.

Цінністю альтернативи є сума добутків суб'єктивної ймовірності настання результату на його значення на функції цінності. Очевидно, що для агента, який приймає рішення, перевага альтернативи зростає разом зі збільшенням її цінності.

За теорією перспектив люди оцінюють результати не відповідно до методології і методів теорії корисності, а як сукупність вигравів і втрат. При цьому суб'єктивна цінність втрат буде вищою, ніж цінність здобутків, тобто агенти переоцінюють ймовірність малоймовірних подій і навпаки. На відміну від теорії очікуваної корисності, теорія перспектив показує, що суб'єктивна оцінка результатів залежить від формулювання проблеми.

Важливий висновок із теорії перспектив полягає у тому, що прийняття рішень економічними агентами є суб'єктивним і ґрунтується на власному сприйнятті цінності або корисності, яку вони очікують отримати. Такий аспект теорії перспектив закладений в основу біхевіористської економіки та «ментального бухгалтерського обліку» [20].

У 2002 р. психолог Деніел Канеман отримав Нобелівську премію з економічних наук «за інтегрування висновків психологічних досліджень в економічну науку, особливо щодо людського судження і прийняття рішень в умовах невизначеності».

Річард Талер, вивчаючи наслідки обмеженої раціональності, соціальних переваг і відсутності самоконтролю, показав, як ці людські

риси систематично впливають на прийняття рішень, а також на результати ринку. Його емпіричні відкриття та теоретичні ідеї зіграли важливу роль у створенні нової області науки – *біхевіористської (поведінкової) економіки*.

У дослідження Р. Талера покладені наукові ідеї А. Саймона, Г. Канемана, А. Тверські та інших авторів, які розкривали сутність обмеженої раціональності. У роботах Р. Талера, К. Джоллс, К.Р. Санштейна розглядаються конкретні проблеми економічного аналізу права й економіки, пропонуються нові моделі та підходи для їх вирішення [11].

Р. Талер, Н. Барберіс стверджують, що деякі фінансові явища можна правдоподібно обґрунтувати, використовуючи моделі, в яких агенти неповністю раціональні. Автори представляють ряд додатків поведінкових фінансів: для сукупного фондового ринку, індивідуальної торгової поведінки і корпоративних фінансів [7].

У 2017 р. за «включення психологічно реалістичних припущень в аналіз прийняття економічних рішень» Р. Талер був нагороджений Нобелівською премією з економічних наук.

Річард Талер стверджував, що знаючи стандартні помилки прийняття рішень, можна «підштовхувати» людей до прийняття економічно «правильних» рішень [21].

Концепція підштовхування була описана в книзі «Підштовхування: поліпшення рішень про здоров'я, багатство і щастя» в 2008 р. Річардом Талером і вченим-юристом Кесс Санстейном [6]. Підштовхування — це концепція в біхевіористській економіці, політичній теорії і поведінкових науках, яка пропонує позитивне підкріплення та непрямі навіювання як способи впливу на поведінку і прийняття рішень групами або окремими людьми. В основі цієї теорії лежать реальні риси агентів: ухилення від втрат, ефект віддзеркалення і нелінійне оцінювання ймовірностей.

Концепція підштовхування лягла в основу Behavioural Insights Units у Великобританії, США, Канаді, у завдання яких входить вивчення та розробка механізмів, що дозволяють людям приймати правильні рішення без тиску законів, заборон або покарань. Це стосується фінансів, споживання, пенсійних заощаджень, освітніх стратегій, навколишнього середовища й охорони здоров'я.

Математичні основи поведінкової економіки визначаються в основному теорією обчислень й обчислювальної складності та поняттям суб'єктивної ймовірності, вони здійснили вирішальний вплив на індивідуально-раціональні економічні теорії поведінки зі спробами розширити і поглибити поняття раціональності, кидаючи виклик його ортодоксальним варіантам [13].

Висновки. За весь час свого розвитку теорія прийняття рішень і поняття раціональності, яке лежить в основі економічного вибору агента, зазнали значних трансформацій, що пов'язано з розвитком наукової економічної думки, соціальних і психологічних наук і зі зміною місця та ролі людини у соціально-економічному просторі.

Класична економічна теорія побудована на припущенні, що люди — homo economicus діють раціонально у власних інтересах. Незважаючи на значні недоліки моделі раціонального економічного агента, деякі науковці й досі відстоюють її правильність, деякі стверджують, що стандартну модель легше формалізувати і вона актуальніша на практиці. Емпіричні та експериментальні докази спростовують надійність такого фактору, як необмежена раціональність.

Недоліки стандартного підходу виникають через те, що він не бере до уваги систематичні психічні упередження, які забарвлюють всі людські судження та рішення. У поведінкових моделях закладені адекватніші характеристики економічних агентів [15]: обмежені обчислювальні можливості (прагнення задовольнити, а не максимізувати цінність); сильний вплив соціальних мереж і домінуючих соціальних норм; взаємодія та благодійність; недостатність самоконтролю; знецінення майбутніх вигод на користь тих, що можна отримати зараз; неприйняття втрат і ризику; залежність поведінки від обставин.

Вчені довели, що психологічні ідеї можна формалізувати та перетворити в обґрунтовані передбачення. При прийнятті рішень необхідно визначати чим поведінка агента відрізняється від стандартної моделі та показувати, яке значення має така поведінка в економічному контексті.

Саме поведінка людини, її творче мислення (здатність до неформальних вчинків, неортодоксальні рішення та дії) є основною рушійною силою для досягнення ефективного соціально-економічного розвитку суспільства в сучасних умовах.

Бібліографічні посилання

1. Алле М. Поведение рационального человека в условиях риска: критика постулатов американской школы. THESIS. 1994. Т.2. №5. С. 217–241.

2. Бернулли Д. Опыт новой теории измерения жребия [1738]. Вехи экономической мысли, Том.1 Теория потребительского поведения и спроса. СПб.: Экономическая школа, 1993. С. 11–27.

3. Нейман Дж., Моргенштерн О. Теория игр и экономическое поведение. Монография. М.: Наука, 1970. 708 с. URL: <https://drive.google.com/file/d/1iN27YOs2lWsvNlrHdvDu87LNSSwNeMOd/view>.

4. Саймон Г.А. Рациональность как процесс и продукт мышления. THESIS. 1993. №3 - 1993. С. 16 – 38. URL http://ecsocman.hse.ru/data/629/779/1217/3_1_2simon.pdf.
5. Саймон Г.А. Теория принятия решений в экономической теории и науке о поведении. Вехи экономической мысли Т.2. Теория фирмы. СПб.: Экономическая школа, 2000. С. 54 – 72. URL: http://gallery.economicus.ru/cgi-bin/frame_rightn_newlife.pl?type=in&links=../in/simon/works/simon_w1.txt&img=works_small.gif&name=simon.
6. Талер Р., Санштейн К. Подталкивание: принятие решений о здоровье, богатстве и счастье. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2008. 330 с.
7. Barberis N., Thaler R.H. A Survey of Behavioral Finance. Handbook of the Economics of Finance. 2003. 1. P. 1053–1128.
8. Edwards W. Probability Preferences Among Bets with Differing Expected Values. American Journal of Psychology. 1954. V.67. P. 55–67.
9. Edwards W. Probability-Preferences in Gambling. American Journal of Psychology. 1953. V.66. P. 55–67.
10. Jevons W.S. The Theory of Political Economy. 1871. URL: https://www.econlib.org/library/YPDBooks/Jevons/jvnPE.html?chapter_num=8#book-reader.
11. Jolls C., Sunstein C.R., Thaler R.H. A behavioral approach to law and economics. Stanford law review. 1998. 50(5). P. 1471 – 1550.
12. Kahneman D., Tversky A. Prospect theory: An analysis of decision under risk. Econometrica. 1979. 47. P. 313 – 327.
13. Kao Y.-F., Velupillai K.V. Behavioural Economics: Classical and Modern. The European Journal of the History of Economic Thought. 2015. 22:2. P. 236 – 271.
14. Mill J.S. Principles of Political Economy. New York: D. Appleton and Company, 1885. 810 p. URL: <https://eet.pixel-online.org/files/etranslation/original/Mill,%20Principles%20of%20Political%20Economy.pdf>.
15. Mullainathan S., Thaler R.H. Behavioral Economics. NBER Working Papers 7948. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research, 2000. URL: <https://www.nber.org/papers/w7948.pdf>.
16. Robbins L. An essay on the Nature and Significance of Economic Science. Macmillan, 1972. 160 p. URL: <https://mileskorak.files.wordpress.com/2020/02/robbins-essay-nature-significance-economic-science.pdf>.
17. Savage L.J. The foundations of statistics . New York: John Wiley & Sons; London: Chapman & Hall, 1954. 294 p.
18. Schoemaker P. J.H. The Expected Utility Model: Its Variants, Purposes, Evidence and Limitations. Journal of Economic Literature. 1982. V.XX. №2. P. 529 – 563. URL: https://igiti.hse.ru/data/409/313/1234/5_1_2_Schoe.pdf.
19. Simon H.A. A Behavioral Model of Rational Choice. Quarterly Journal of Economics. 1955. 69. P. 99 – 118.
20. Thaler R.H. Mental Accounting and Consumer Choice. Marketing Science. 1985. 4(3). P. 199 – 214.

21. Thaler R.H. Behavioral Economics: Past, Present and Future. American Economic Review. American Economic Association, 2016. Vol. 106(7). P. 1577 – 1600.

22. Tversky A., Kahneman D. Advances in Prospect Theory: Cumulative Representation of Uncertainty. Journal of Risk and Uncertainty. 1992. Vol. 5. P. 297–323.

Статтю подано до редакції 11.10.2020

УДК 004.415.53:004.414.38

DOI 10.33111/mise.100.9

Корзаченко О. В., к.е.н.,
доцент кафедри комп'ютерної математики та інформаційної безпеки,
Міщенко Д. С.,
студентка 4 курсу спеціальності «Системний аналіз»,
ДВНЗ «КНЕУ імені Вадима Гетьмана»

Korzachenko O. V., PhD,
Associate Professor of the Department of
Computer Mathematics and Information Security,
Mishchenko D. S.,
4th year student majoring in «System Analysis»,
SHEI KNEU named after V. Hetman

АНАЛІЗ СТРАТЕГІЙ ПРИЙМАЛЬНОГО КОРИСТУВАЦЬКОГО ТЕСТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

ANALYSIS OF STRATEGIES OF USER ACCEPTANCE TESTING OF INFORMATION SYSTEMS

Анотація. Стаття присвячена дослідженню стратегій приймального користувацького тестування — остаточне тестування інформаційної системи, яке виконується спільно з кінцевим користувачем або клієнтом для того, щоб перевірити, чи система є повна і коректна для використання у реальному бізнес-середовищі. У роботі визначено, що підґрунтям успішного проведення UAT у проєкті є визначення вимог, розроблення критеріїв прийняття та вибір стратегії тестування. Проаналізовано концепцію та стратегії проведення UAT на основі чорної скриньки, поведінкових сценаріїв і тестування операцій. Досліджено формалізовану модель поведінкового UAT з деревами сценаріїв, розглянуто стратегії приймального тестування операцій і наведено приклад визначення обсягу тест кейсів на основі зваженої критичності. Виявлено основні переваги та недоліки стратегій UAT і зроблено їх порівняльний аналіз на основі таких критеріїв: підхід до тесту, залученість користувачів, усунення багів і критеріїв прийняття.