

**ОСОБЛИВОСТІ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЛЮДИНОЮ  
ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ СКЛАДНИХ МІЖДИСЦИПЛІНАРНИХ  
ПРОБЛЕМ**

**В.М. ГОРБАЧУК, О.С. МАКАРЕНКО**

**Анотація.** Проаналізовано особливості прийняття рішень людиною, на які звертали увагу Д. Канеман і В. Сміт. Розглянуто обмеження припущення конструктивістської раціональності, що лежить в основі класичної економічної теорії, коли постулюється раціональність поведінки всіх її учасників, кожному з яких завжди вдається максимізувати свою функцію корисності. Обговорено зв'язки між внутрішнім порядком мислення (тим, як працює розум або мозок) і поведінкою в умовах індивідуального прийняття рішень, соціальної взаємодії, ринкових інституцій. Запропоновано деякі подальші напрями досліджень та постановки, а також можливості нових постановок завдань міждисциплінарної спрямованості, включаючи системний аналіз та моделювання. Наведено результати досліджень з експериментальної економіки зі спостереження виникнення порядку в дослідженнях існуючих ринкових інститутів. Розглянуто конструктивну та екологічну раціональність, нейроекономіку та можливості їх взаємовпливу.

**Ключові слова:** прийняття рішень, обмежена раціональність, екологічна раціональність, експериментальна економіка, нейроекономіка.

**ВСТУП**

Сучасні інформаційно-комунікаційні технології дозволяють знаходити рішення, досконаліші за рішення людини [1–3]. Недосконалість людських рішень обґрунтували Д. Канеман (Ізраїль) і В.Сміт (США), які у 2002 р. удостоєні Нобелівської премії в галузі економічної психології та експериментальної економіки. Засадничі недосконалості людських рішень були темою звіту, який Д. Канеман та А. Тверський підготували у 1977 р. для Передової програми технології рішень Агентства США з оборонних передових дослідницьких проектів (Defense Advanced Research Project Agency, DARPA) [4]. Зауважимо, що один з авторів звіту застосовував деякі методи експериментальної економіки для навчання студентів Фізико-технічного інституту (ФТІ) Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» (таке застосування, як і застосування більшості сучасних методів навчання, потребує деякої матеріально-технічної бази).

Оскільки нинішні інформаційні війни застосовують широкий арсенал засобів — від організованих фінансових спекуляцій або хакерських атак до особливостей прийняття рішень людиною, то актуальна тематика прийняття рішень потребує новітніх поглядів і підходів. Перекладам праць Д. Канемана [5, 6] і В. Сміта [7, 8] притаманні ті ж недоліки, що і перекладу 1996 р. книги Ж. Тіроля [9]. Саме тому у 2000 р. з'явився виправлений переклад цієї книги — двотомник [10]. Те, що книга Ж. Тіроля була перекладена вдруге з науковим редагуванням свідчить як про інтерес до індустріальної організації, так і про рівень її складності [11, с. 3]; роль індустріальної організації підкріплений тим фактом, що Ж.Тіроль (Франція) був удостоєний Нобелівської премії 2014 р.

За підтримки Ради молодих учених при Міністерстві освіти і науки України у період 25 травня – 3 червня 2017 р. В. Сміт виступив з лекціями в ряді університетів України (керівник докторської дисертації В. Сміта — Нобелівський лауреат 1973 р. В.Леонтьєв (СРСР, США)). Одну з них відвідав автор цієї публікації. На думку В. Сміта, економіка — це наука про поведінку людей, які формують суспільну та індустріальну організацію. Праці Д. Канемана і В. Сміта відомі не лише економістам або військовим, але й біологам, політологам, фінансистам, менеджерам, психологам, фізіологам [12]. Це свідчить про міждисциплінарне значення експериментальної економіки й економічної психології.

**Мета роботи** — проаналізувати особливості прийняття рішень людиною, на які звертали увагу Д. Канеман і В. Сміт, та запропонувати деякі подальші напрями досліджень і постановки та можливості нових постановок завдань міждисциплінарної спрямованості, включаючи системний аналіз і моделювання; розглянути конструктивну, екологічну раціональність, нейро-економіку та можливості їх взаємовпливу.

## **ОБМЕЖЕННЯ КОНСТРУКТИВІСТСЬКОЇ РАЦІОНАЛЬНОСТІ**

В основу економічної теорії покладено припущення про раціональність поведінки всіх її учасників, кожному з яких завжди вдається максимізувати свою функцію корисності. Утім професор Школи права Університету Берклі Д. Рубінфельд, автор відомого підручника з мікроекономіки [13] (за яким автори навчали студентів ФТІ), на своїй лекції 12 квітня 2010 р. у Києві визнав, що оцінювати такі функції складно.

Оскільки наші теорії та процеси мислення про соціальні системи включають свідоме й обдумане застосування обґрунтувань, то варто постійно нагадувати собі, що людська діяльність поширюється і керується також не-свідомими, автономними, нейрофізіологічними системами, які дозволяють людям ефективно діяти, не завжди звертаючись до найціннішого ресурсу мозку — мозкової схеми уваги і міркування. Це є важливою ощадливою властивістю роботи нашого мозку. Інакше людина не змогла б витримати тягар осмисленого покрокового моніторингу і планування кожної буденної справи протягом дня. Нобелівський лауреат 1974 р. Ф. фон Хайек (Австро-Угорщина, Великобританія) зазначав: «Якби ми припинили робити все, про що не знаємо пояснення, або про що не можемо дати обґрунтування ... ми, мабуть, незабаром би зникли» [14]. Плануючи певну осмислену дію, людина

не може виразити думками (не тільки словами) все, що вона про цю дію знає чи не знає, але могла б згадати або потребувала б знайти. Наприклад, якщо від покупця в супермаркеті вимагати явної оцінки своїх переваг для кожної комбінації з тисяч бакалійних товарів, доступної за певного бюджету, то це потребуватиме зайвого мозкового напруження покупця. Подібні психічні процеси мають надзвичайно високу альтернативну вартість, позаяк мозок людини неявно розуміє (коли цього не усвідомлює її розум), що не слід брати на себе таку альтернативну вартість, яка не виправдовується виграшем. Теорію сподіваної корисності можна вивчати в мікроекономіці, а також застосовувати для конструктивного моделювання узгодженого вибору. Ця теорія не видається придатною для передбачення (екологічного розуміння) поведінки [15, 16], але видається придатнішою для розуміння поведінки учасників ринку, які підсвідомо максимізують свою корисність [17–19]. Виявилось, що вимірювання ухилення від ризику залежить від типу ринкової інституції чи процедури, що використовується для виведення мір ризику зі спостережень рішень учасників ринку [20]. Є конструктивна утилітарна модель рішення, виграш від якого потребує когнітивних (пізнавальних) витрат [21]: оскільки об'єктивна раціональність не є суб'єктивною раціональністю, то для індивідуума не є оптимальним застосовувати приписи, що вважаються об'єктивно оптимальними. Виклик будь-якої незнайомої дії або проблеми спочатку проявляється переключенням пошуку мозком до свідомої думки, яка знає пов'язане з контекстом рішення. Контекст включає автобіографічну емпіричну пам'ять, яка пояснює нетривіальність контексту, особливо для експериментів з малими групами. Мозок (включаючи всю нейрофізіологічну систему) підключається безпосередньо у випадку знайомих та засвоєних завдань, подібно до гри майстрів у швидкі шахи, виконання маестро П'ятого фортепіанного концерту Бетховена, реакції бейсболістів на швидкі м'ячі, коли обмаль часу для усвідомленого обдумування.

Людині не вдається оволодіти природними механізмами пригадування про мимовільну діяльність і результативність її мозку. Професор психології М.Газзаніга, директор Центру з вивчення розуму при Університеті Каліфорнії у Санта-Барбарі пояснив, чому мозок уводить в оману розум, коли розум вважає, що контролює мозок: «На час, коли ми думаємо, що щось знаємо, – це частина нашого свідомого досвіду – мозок уже виконав свою роботу. Це стара новина для мозку, але свіжа для «нас». Вбудовані у мозок системи виконують свою роботу автоматично і здебільшого поза нашою свідомою думкою. Мозок завершує цю роботу на півсекунди раніше, ніж інформація, яку він обробляє, сягає нашої свідомості... Ми неuki у тому, як це все виконується і втілюється. Ми не плануємо чи виражаємо ці дії. Ми просто спостерігаємо наслідок... Мозок починає охоплювати цей бік «зробленої справи» у своїй роботі через створення у нас ілюзії, що події, які ми переживаємо, трапляються в реальному часі – не раніше нашого свідомого пізнання про рішення щось зробити» [22, с. 63–64]. Це глибоко розумів Ф. фон Хайек як «згубне марносластво». Ідея про здатність набуття навичок започатковується підставою: «Конструктивістська думка робить фатальну «помилку», заплющуючи свої очі, як нас остерігали, на розуміння того, що «не слід розглядати наше обґрунтування на вищому критичному рівні і що поважними є тільки моральні правила, які підтверджуються обґрунтуванням» [14, с. 21].

Більша частина наших оперативних знань не зберігає інформацію про навчання. Ф. фон Хайек зазначає, що «... сучасне вживання англійської мови загалом не допускає дієслова «can» (у сенсі німецького «können» або українського «може»), щоб характеризувати всі ті випадки, у яких індивідуум просто «знає, як» робити річ ... (зокрема) ... здатність діяти відповідно до правил, які ми можемо бути здатними знаходити, але яких нам не треба бути здатними формулювати для того, щоб їх дотримуватися» [23, с. 44]. Природна мова є найскравішим прикладом цього. Подібні приклади дають музика, архітектура і фактично все, що становить еволюційну соціалізацію. Ми навчаємося правил мови й ефективного соціального спілкування без явних директив, а просто через вплив соціальних мереж звичної сім'ї або великої сім'ї, включаючи родичів [24–27]. Таким чином, конструктивістська раціональність має свої обмеження та застереження.

Те, що мозок здатний до мимовільного підсвідомого навчання, показується експериментами з хворими на амнезію, яким задають новий урок. Ці особи навчаються добре виконувати завдання уроку, але не зберігають пам'ять про те, як вони навчилися виконувати завдання [28].

## ЕКОЛОГІЧНА РАЦІОНАЛЬНІСТЬ

Викладене вище веде до такого поняття раціонального порядку, як спонтанна екологічна система, що виникає з культурних і біологічних еволюційних процесів, – виплеканих принципів дій, норм, традицій і «моральності». Хоча багато дослідників визнає, що еволюційні процеси обов'язково коеволюційні (взаємно еволюційні), водночас є заперечення та упередження стосовно цього, виходячи з «культури». При цьому поняття культури виявляється складнішим, ніж поняття біології [29]. Спадкова функція абстрагування може стати бездіяльною, атрофованою чи несправною за відсутності її ініціалізації в еволюційному часовому режимі для мозкової схеми бачення, мови та соціалізації. Коеволюційність цих процесів підтверджується дослідженням близнюків [30]. Деконструктивісти вважають, що ці дослідження виявляють багато звичайних статистичних проблем даних та ідентифікації [31], а також потребу позитивного ревізійного аналізу. «Моральність» стосується будь-якого принципу згуртованої суспільної поведінки, який пройшов випробування часом, і виділяється базовими табу провідних світових релігій: не можна 1) красти, 2) жадати власності інших, вчиняти 3) вбивство, 4) перелюбство чи 5) неправдиве свідчення. Принципи 1) і 2) захищають права власності на продукт праці іншої особи та всі ресурси, нагромаджені такою працею, уможливаючи виникнення розвиненого ендогенного порядку думки через ринки. Заповіді 3)–5) захищають святість суспільної взаємодії – зовнішній порядок думки. Водночас ці помірні обмеження залишають величезний простір для свободи, що виражається їх наслідком — золотим правилом моральності «Не роби іншим того, чого не бажаєш собі»; за М. Ганді, єдиний спосіб жити — це давати жити іншим [32, с. 81]. Екологічна раціональність використовує смисл (раціональне пояснення) для: а) перевірки поведінки індивідуумів, основаної на їх досвіді та повсякденних знаннях, які намагаються застосовувати конструктивістські засоби для прийняття своїх рішень; б) розуміння усталеного порядку у куль-

турах людей; в) пошуку можливого інтелекту, втіленого у правилах, нормах та інститутах нашої культурної і біологічної спадщини, створеної у процесі взаємодії людей, а не згідно з обдуманим планом. Люди дотримуються правил без здатності висловлювати їх, але зі спроможністю виявляти їх індуктивно [33]. На це звернули увагу шотландські філософи, які окреслили та пояснили спостережуваний ними соціально-економічний порядок.

Шотландський філософ Д. Юм (1711–1776), вивчаючи межі смислу й людського розуміння, реалістичніше визначав можливості декартового конструктивізму: раціональність – це явище, яке виявляє смисл в усталених інститутах, а «правила моральності ... не є висновками (нашого) смислу» [34, 35]. Ці ідеї розробляв Г. Саймон (США) [36, 37], удостоєний Нобелівської премії 1978 р. за піонерські дослідження процесу прийняття рішень економічними організаціями. Шотландський економіст А. Сміт (1723–1790) розвивав ідею усталеного порядку для економіки [38]. Істина виявляється у формі інтелекту, втіленого у правилах і традиціях, що споконвіку формувалися у процесі соціальних взаємодій людей. Це дає антитезу до антропоцентричної думки про те, що функціональність деякого спостережуваного суспільного механізму означає свідоме використання кимось колись певного обґрунтування для створення такого механізму, спрямованого на досягнення осмислених бажаних цілей [39]. За культурної і біологічної еволюції порядок виникає з процесів породження мінливості, до яких застосовуються механізми відбору. Обґрунтування потрібне для забезпечення мінливості, а не відбору [40]. Конструктивізм є рушієм породження мінливості, але мало підходить до досягнення і застосування всіх досліджуваних фактів і до ролі процесу відбору, який краще вважати екологічним.

Шотландська філософська традиція виявила через експериментальну економіку спостереження усталеного порядку у численних дослідженнях існуючих ринкових інститутів, такого як неперервний подвійний аукціон (Continuous Double Auction (CDA)). CDA — це механізм взаємодії покупців і продавців певного товару, а також визначення цін, за яких відбуваються торгові угоди. У будь-який момент часу торговці можуть розміщувати кінцеві замовлення у формі заявок купівлі (bids) та заявок продажу (asks). Видані заявки зберігаються у реєстрі (order book). Торговці можуть у будь-який час розмістити ринкову заявку негайної купівлі чи негайного продажу за ринковою ціною, яка визначається набором заявок у реєстрі. Торгові угоди здійснюються тоді, а) коли надходить нове кінцеве замовлення, а найвища ціна заявки купівлі не менша за найвищу ціну заявки продажу, або б) коли надходить нове ринкове замовлення, а реєстр містить заявки, які можна пов'язати з цим ринковим замовленням. Мимоволі експериментальна економіка дала наукову методологію об'єктивної перевірки гіпотез Д. Юма та А. Сміта, відповідаючи на зауваження Нобелівського лауреата 1976 р. М. Фрідмана (США) до теорії Ф. фон Хайєка про походження суспільних правил. Нобелівський лауреат 1993 р. Д. Норт (США) і Нобелівська лауреатка 2009 р. Е. Остром (США) досліджували втілені в усталених соціально-економічних інституціях розумність і дієвість, за допомогою яких вдається чи не вдається вирішувати проблеми зростання й управління ресурсами [41–44]. Д. Норт, Е. Остром, інші історики й економісти багато дізналися з «природних» екологічних експериментів. Подібно до «невидимої» руки А. Сміта

в цих експериментах люди керуються сприянням груповому добробуту, досягаючи реалістичних соціальних цілей, а не ідеалістичних особистих. Цей знайдений принцип підтримується сотнями експериментів (на подвійних аукціонах, закритих торгах, опублікованих пропозиціях (posted offers, PO) тощо), оточення та інституції яких можуть виходити за межі теоретико-ігрового аналізу при побудові прогнозних моделей. Водночас такі експерименти не виходять за межі функціональної спроможності колективів, які складаються з неповністю інформованих людей, які приймають рішення і чий автономні алгоритми мислення координують їхню поведінку за допомогою інституційних правил (соціальних алгоритмів), щоб поліпшувати вимірювані результати роботи.

Визнання та дослідження дій невидимих процесів істотні для поліпшення нашого розуміння соціальних явищ, дозволяючи нам виходити за антропоцентричні обмеження конструктивізму.

Як екологічна, так і конструктивістська раціональність впливала на планування та інтерпретацію експериментів в економіці. Коли люди за певних умов приймають рішення, що суперечать формальній теорії раціональності, то замість висновку про їхню ірраціональність можна з'ясувати обставини таких рішень, перевіряти усталені гіпотези, включаючи всі характеристики експерименту (процедури, виграші, зв'язки, приписи тощо), і запитувати, які нові поняття й експериментальні конструкції можуть нам допомагати глибше розуміти людську поведінку. Важливо розуміти сприйняття суб'єктами проблеми, яку вони намагаються вирішити.

Д. Юм та А. Сміт вважали, що розуміння людських рішень потребує наукових знань поза традиційною економікою. Економіка застосовує фактично одну модель — оптимізаційну модель за ресурсних обмежень, інституційних правил і припущень про поведінку інших (скажімо, поведінку в рівновагах Курно–Неша (Cournot–Nash)). Щоб вийти за межі цих традиційних технічних методів моделювання, хороший економіст є, насамперед, хорошим науковцем: «Економіст, який є лише економістом, не може бути хорошим економістом. Ще більше, ніж для природничих наук, для суспільних наук вірно те, що навряд чи існує конкретна проблема, яка може бути адекватно вирішена на основі єдиної спеціальної дисципліни» [23, с. 267]. Це видно у недавніх дослідженнях нервальної кореляції стратегічної взаємодії з використанням функціональної магнітно-резонансної томографії (Functional Magnetic Resonance Imaging (fMRI)) [45]. Ці можливості дозволяють вивчати нейрокореляцію намірів («читати думки»), перевіряти гіпотези про інформацію, вибір, порівняння власного результату з результатами інших при визначенні інтерактивної поведінки. Професор К. Маккейб, який виконував свою пост-докторську роботу у Д. Норта, назвав такі дослідження нейроекономікою.

Класична й експериментальна економіка, право, психологія дають багато прикладів інтерактивної поведінки. Безособистий обмін через ринки, спираючись на навчання у ході експериментів і польових спостережень, розрізняє конструктивну й екологічну раціональність та постачає інформацію спостережень для навчання. Особистий обмін, зокрема гра двох осіб у розширеній формі, виявляє недоліки конструктивістських моделей з передбаченням поведінки в однокрокових іграх анонімно об'єднаних суб'єктів.

## **РИНКОВІ ІНСТИТУЦІЇ ТА РЕЗУЛЬТАТИ**

Теорія некооперативної конкурентної рівноваги (Competitive Equilibrium, CE) Курно–Неша зазвичай висувала дві передумови досягнення CE. За першою передумовою всі учасники (гри) потребують повної («досконалої») інформації про рівняння, що задають CE. Крім того, ця інформація є всім відомим фактом (common knowledge): усі мають знати, що всі знають, що всі знають, що вони мають цю інформацію. Тоді всі учасники мають спільні очікування щодо CE, а їхня поведінка має вести до CE. За другою передумовою, що угалньоє першу, учасники є лише ціноотримувачами (price takers) на ринку.

Перша передумова про повну, спільну чи досконалу інформацію не є змістовною: немає теореми, що наявність такої інформації (в учасників) достатня для досягнення CE, а відсутність такої інформації гарантує недосягнення CE. Якби така теорема існувала, то допомагала б планувати експерименти з досягнення чи недосягнення CE. Зазначена передумова — це наслідок інтроспективної помилки теоретиків, яким потрібна повна інформація для обчислення CE: для учасників ця передумова може бути не так важлива, як для теоретиків. Ця передумова не стосується того, як наявність або відсутність інформації впливає на досягнення чи недосягнення CE. Ця передумова свідчить про неявне припущення теоретиків, що їхніми конструктивістськими моделями керуються учасники. Щоб розуміти мотиви поведінки учасників, слід будувати моделі процесів, якими учасники рухаються від своїх початкових обставин і знань, використовуючи алгоритми інституції, до своїх оновлених обставин і знань, досягаючи або не досягаючи передбаченої рівноваги. Про складність рівноважного моделювання CDA свідчить нечисленність відповідних публікацій [46–48]. Для вдосконалення аналізу Курно–Неша вводилося нестандартне припущення про відсутність перенавантаження, яке дає ефективність і кінцеву конкурентну клірингову ціну [46]. Уводилися стандартні припущення про всім відомі факти (кількість покупців (продавців), кожний з яких має нееластичний попит (нееластичну пропозицію) одиниці продукту та лінійні за виграшем переваги, нейтральність до ризику (без ефектів багатства), оцінки учасників мають спільний розподіл), щоб кожний учасник був здатний обчислювати рівноважні стратегії та вибирати рівновагу як усім відомі факти [48, с. 411]. При цьому всі учасники вважаються теоретиками-конструктивістами, що навряд чи припускають у застосуваннях теорії ігор для CDA. Модель [48] породжує таку власну проблему, як виродженість ендшпілью, коли залишаються тільки один покупець та один продавець, які можуть торгувати. Водночас такий ендшпіль не є проблемою для учасників, бо покупці і продавці з недосконалою інформацією продовжують намагатися торгувати, встановлюючи деяку ціну. Додаткові торговці забезпечать альтернативну вартість ендшпільних обмежень на ціну. Пропонується відмовлятися від обмежень декартового конструктивізму: «Однак найсуттєвіші хиби — це невідворотні наслідки теоретико-ігрових постановок» [48, р. 411]. Організаторам і так званим «найвним» суб'єктам експерименту важко уявити, як їхній мозок без особливих зусиль вирішує проблему врівноваження, взаємодіючи з іншим мозком через інститути CDA, закриті торги, РО тощо. Щоб це збагнути, не обов'язково моделювати реальний світ.

Для вивчення поведінки ціноотримувачів важливо знати, хто встановлює ціну. Якщо ціну встановлює аукціоніст за Вальрасом, то ця поведінка виявляється неефективною [49].

Сотні експериментів, починаючи з 1960-х років, показують, що повна інформація не є обов'язковою для досягнення СЕ на основі саморегульованої взаємодії між поведінкою учасників і правилами обміну інформацією та контрактів у різних інститутах, особливо у СДА [19, 50–53]. З'ясовано, що механізм СДА роздрібно ціноутворення збігається швидше, ніж РО [54]. Ефективніший механізм СДА не витісняє РО, бо підготовка ефективного посередника з кожного роздрібного продавця дорого коштуватиме фірмі. Інститути відображають тонку структуру альтернативної вартості, а втрати ефективності обміну при РО повністю покриваються розподільною продуктивною ефективністю за рахунок інновації масовості роздрібно торгівлі, починаючи з 1880-х років, яка вела до централізації цінової політики. Така політика видозмінюється в Інтернеті, де ціни можна налаштовувати до характеристик альтернативної вартості покупців, наприклад, до кількості відвідувань веб-сайтів [55]. Інституційні зміни у відповідь на інновації (наприклад, на організацію масової роздрібно торгівлі) — це частина виникнення екологічно раціональної рівноваги. Повної інформації може бути недостатньо для досягнення СЕ (на малих вибірках), бо повна інформація за певних обставин гальмує або припиняє збіжність до СЕ [56, 57].

Важливий компонент посталою порядку, спостережуваного у ринкових експериментах, походить від інституту, а не лише від гаданої раціональності індивідуумів [58, 59]. Ефективність обов'язково є спільним продуктом інституту та поведінки учасників. Показано, що на ринку подвійного аукціону з єдиним товаром ефективність є високою для учасників-роботів, які мають нульовий природний інтелект і кожний з яких обирає заявки купівлі чи продажу цілком випадково серед усіх беззбиткових для учасника заявок [59]. Отже, учасники, які не є раціональними конструктивістами, що прагнуть максимізації своїх прибутків, і які не використовують алгоритмів навчання чи оновлення, дістають більшість можливих соціальних вигравів торгівлі, використовуючи інститут СДА. Цей приклад свідчить, що «надіндивідуальні структури, у яких індивідуумам відкриваються величезні можливості ... (та які) ... можуть брати до уваги більше фактичних обставин, ніж це можуть відчувати індивідууми, і, як наслідок ... у певних сенсах є вищими чи «мудрішими», ніж людський розум» [14, р. 77].

Неясно, чи результати [58] узагальнюються на постановки з множинними ринками. Проте результати [58] підтверджуються у досить простому середовищі двох ринків однакового товару, розділених у часі [60]. Виникає складна цінова динаміка, зокрема динаміка фінансових «бульбашок», з невеликою втратою ефективності (у середньому від 94% до 88%).

У разі торгівлі на множинних ринках у нелінійних взаємозалежних середовищах попиту максимальна готовність кожного індивідуума платити за одиницю товару А залежить від ціни товару В, і навпаки (товари А і В є диференційованими [61]); у такій складнішій економіці ринки подвійних аукціонів також збігаються до вектора цін та обсягів торгів СЕ. Вивчався приклад двох товарів з нелінійними функціями попиту (функціями виграву, що мають постійну еластичність заміщення (Constant Elasticity of Substitution



(CES)) та лінійними функціями пропозиції [62–64]. В експериментах для цього прикладу серед студентів-бакалаврів поширювалися числові таблиці, основані на інформації про переваги і витрати, що дає значення загальної рівноваги з розв'язання чотирьох нелінійних рівнянь, куди входять дві невідомі ціни та два невідомі торгові обсяги. Вони купують і продають одиниці кожного з двох товарів у послідовних торгових періодах. Після кількох періодів ціни і торгові обсяги збігаються до СЕ, визначеної нелінійними рівняннями, хоча суб'єкти торгівлі не мають уявлення про математичне розв'язання цих рівнянь. Для пошуку опорної СЕ експериментатор застосовує засоби конструктивістського обгрунтування, але у повторюваній грі такий же розв'язок виникає з мимовільного порядку, створеного суб'єктами, які торгують за правилами ринкового інституту CDA. Інші численні експерименти з багатьма одночасними взаємозалежними ринками виявляють подібні результати збіжності [19, 65].

Незважаючи на розбіжності між економістами і психологами, вони мають багато спільних засадничих поглядів. Покладаючись на конструктивізм, вони визначають ступінь раціональності чи ірраціональності ринку (наприклад, CDA) на основі виключно раціональності чи ірраціональності його учасників. На довгому шляху досягнення рівноваги експериментальні ринки активів утворюють «бульбашки» і зазнають крахів [66–68].

## **НЕЙРОЕКОНОМІКА**

На противагу з розглянутими вище підходами зовсім недавно з'явилась нова галузь у дослідженні економічних процесів — нейроекономіка. Нейроекономіка займається вивченням зв'язків між внутрішнім порядком мислення (тим, як працює розум або мозок) і поведінкою в умовах індивідуального прийняття рішень, соціальної взаємодії, ринкових інституцій. Робоча гіпотеза полягає в тому, що мозок розкриває різні, але взаємозалежні адаптивні механізми у конкретних умовах, — механізми досвіду, пам'яті, відчуття. Засоби перевірки гіпотези включають технологію томографії мозку та існування пацієнтів з локалізованими ураженнями мозку, спричиненими конкретно втратою певних розумових функцій.

Прийняття рішень привертає увагу нейробіологів, які вивчають девіантну (ненормальну) поведінку неврологічних пацієнтів з конкретними мозковими ураженнями, такими як пошкодження лобової (вентромедіальної передлобової) частки мозку. Про таких пацієнтів давно відомо, що вони мають проблеми з плануванням і координацією у часі, хоча виявляють нормальні результати за багатьма психологічними тестами [69]. Проводилося ґрунтовне експериментальне вивчення таких пацієнтів для контрольної вибірки [70]. Маючи початковий (умовний) запас 2000 дол, кожний суб'єкт у кожній спробі витягає карту з однієї серед чотирьох довільно вибраних колод А, В, С, D. У колодах А, В кожна карта містить виграш 50 дол, а в колодах С, D — 100 дол. При цьому в колодах С, D є багато випадково розміщених карт з від'ємним виграшем, а в колодах А, В таких карт значно менше. Ця інформація про колоди карт може визначатися шляхом витягування однієї карти у послідовності спроб з підрахунком поточного підсумкового значення виграшу. Результати суб'єкта набагато кращі, коли він навчився надавати пе-

ревагу колодам А, В порівняно з колодами С, D. Для нормальних суб'єктів достатньо 60 спроб, щоб пізнати цю перевагу, але цього не достатньо для суб'єктів з ураженнями мозку. Більше того, пацієнти контрольної вибірки пізнавали цю перевагу раніше, ніж були здатними пояснювати свої дії; крім того, вони виявляли попередні емоційні реакції переваги, вимірювані тестом електропровідності шкіри (skin conductivity test, SCT) у реальному часі (подібний тест застосовують у поліграфі). Проте пацієнти з ураженнями мозку були схильні до вербальної раціоналізації своєї поведінки продовження витягування карт з колод С, D, а деякі типи цих пацієнтів (з ураженою міндалиною (amygdala)) не виявляли відгуку на SCT. Вивчення результатів пацієнтів, які розв'язували завдання складного фінансового планування [71], підтверджують висновки праці [70].

У середині минулого сторіччя проводилися експерименти з поведінки тварин, які показали, що мотивація ґрунтується на відносній або втраченій винагороді (альтернативній вартості [72, с. 38, 49]), а не на абсолютній шкалі значень, породженій мозком. Проводилися експерименти, у яких пацюків тренували бігати за ціллю, мотивованою великою винагородою [73]. Коли винагороду зменшували, то пацюки реагували миттєво, повільніше порівняно з мотивацією малою винагородою. Пацюкам контрольної групи спочатку давали малу винагороду, а потім — більшу; при отриманні великої винагороди такі пацюки бігали швидше, ніж пацюки, яким завжди давали велику винагороду. Аналогічно реагували мавпи на розмір винагороди. Установлено, що нейронна активність орбітофронтальної зони кори головного мозку (над очима) мавп дозволяє їм розрізнити винагороди, безпосередньо пов'язані з тваринними відносними, а не абсолютними перевагами поміж таких винагород, як зерно, яблуко, родзинки (у міру зростання переваг мавп) [74].

Виходячи з реакції вибору, припустимо, що винагорода А має перевагу над В, а В — над С. Тоді нейронна активність більша для А порівняно з В, коли а) суб'єкт споглядає А, В; аналогічно нейронна активність більша для В порівняно з С, коли б) суб'єкт споглядає В, С. Проте активність, пов'язана з В, значно більша у ситуації а), ніж у ситуації б); такого не було б, якби значення А, В, С вимірювалися шкалою заданих властивостей. Отже, значення мотиваційних винагород вимірюються деякою відносною шкалою [74, с. 706].

Ці дослідження мають особливе значення для людей. За теорією проспектів, оцінювання гри залежить від загального стану активу, а також від міопічного враження про альтернативну вартість, виграш або програш відносно поточного стану активів певної людини. При цьому існує асиметрія: програш впливає сильніше, ніж виграш такої ж величини [75]. Показано, що емоційний відгук на результат гри залежить від величини сприйняття та ймовірності результату, а також від втраченого результату [76]: людина краще сприймає отримання нульового виграшу із втраченим результатом 10 дол., ніж отримання нульового виграшу із втраченим результатом 90 дол. Замість альтернативної вартості говорять про контрафактну вартість для врахування іншого можливого варіанта. Отже, здатність людини формувати порівняння альтернативної вартості має важливу нейрофізіологічну базу у схемі її емоцій. Ці принципи використовують у плануванні дослідження fMRI для гемодинамічних реакцій людини як на очікування, так і на отримання грошових виграшів і програшів за невизначеності [77]. Дослідження

[77] виявило значні активації у міндалині та орбітальних звивинах, причому активації збільшувалися з ростом очікуваного виграшу. Були деякі ознаки того, що права півкуля здебільшого активна для виграшів, а ліва — для програшів. Це потребує більш ґрунтового аналізу відображення однакового завдання кожною півкулею окремо.

Порівняння мозкової активації у разі грошових винагород зі зворотним зв'язком заохочення в завданні дихотомічного вибору свідчить про вплив платежів на суб'єктів [78]. Грошові винагороди давали значно вищу активацію орбітофронтальної зони головного мозку та інших суміжних ділянок мозку [79, 80]. Нервові взаємозв'язки індивідуального прийняття рішень узагальнювалися у дослідженні (за допомогою fMRI) поведінки двох осіб за їх стратегічної взаємодії, подібної до ігор довіри в розширеній формі [81].

## **ВИСНОВКИ**

На підставі наведеного в роботі аналізу підходів та їх порівняння доходимо висновку, що стандартні загальновідомі підходи до прийняття рішень потребують подальшого уточнення з урахуванням реальної складної природи людини та процесів прийняття нею рішень, особливо з урахуванням сучасної нейрофізіології (як експериментальної, так і теоретичної). Декартовий конструктивізм передбачає смисл у плануванні правил індивідуальних дій та інституцій, які дають суспільно оптимальні результати у стандартній соціально-економічній моделі. Проте більша частина операційних знань, здатностей приймати рішення та їх виконувати не є усвідомленими. Мозок людини заощаджує ресурси уваги, понятійного та символічного мислення через їх обмеженість, делегуючи більшість функцій прийняття рішень автономним процесам (зокрема емоціям) без потреби усвідомленої уваги. Усталені механізми нейрофізіології (можливо, конструктивістські на початку еволюції) повинні мати властивості виживання, які поєднують альтернативні вартості з викликами довкілля. Такі інстинктивні властивості ведуть до іншої раціональності — екологічної, що впорядковує рішення на основі культурних та біологічних процесів спроб і помилок. Екологічна раціональність дає правила дій, традиції, моральні принципи, які перевіряються власним досвідом і досвідом соціального життя, вбудовуються у права власності за безособовою взаємодією та суспільною згуртованістю при особистій взаємодії. Для вивчення екологічної раціональності застосовують раціональну реконструкцію (наприклад, принципи взаємності або переваг щодо інших осіб), яка дозволяє досліджувати стійкість, різноманіття, динаміку індивідуальної поведінки, усталеного порядку у людській культурі та соціальних інститутах. Реконструкція висуває експериментальні гіпотези.

Вивчення конструктивістської та екологічної раціональності посідає важливе місце в експериментальній економіці, де будуються прямі тести для спостереження наслідків економічних і теоретико-ігрових гіпотез. Але чимало експериментів виходить за межі економічної теорії або теорії ігор, коли наслідки відповідних тестів не збігаються з очікуваними. Тоді для наукового пошуку слід використовувати інші наукові дисципліни [82]. При цьому в галузі теорії прийняття рішень слід ширше застосовувати методи нейронаук [83, 84].

## ЛІТЕРАТУРА

1. Горбачук В.М. Суспільні та університетські зміни від Третьої до Четвертої промислової революції / В.М. Горбачук // *Classic university in the context of challenges of the epoch* (September 22–23, 2016, Kyiv). — Kyiv: T.Shevchenko Kyiv National University, 2016. — С. 215–216.
2. Горбачук В.М. Глобальні інвестиції у майбутній людський капітал / В.М. Горбачук // *Глобальні та національні проблеми економіки*. — 2016. — Вип. 13. — С. 633–638.
3. Горбачук В.М. На порозі Четвертої промислової революції / В.М. Горбачук // *Причорноморські економічні студії*. — 2016. — Вип. 8. — С. 216–220.
4. Kahneman D. Intuitive prediction: biases and corrective procedures. Technical report RTR-1042-77-6 / D. Kahneman, A. Tversky. — Eugene, OR: Decision Research; A Branch of Perceptronics. Arlington, VA: Office of Naval Research; DARPA, 1977. — 44 p.
5. Канеман Д. Принятие решений в неопределенности: правила и предубеждения / Д. Канеман, П. Словик, А. Тверски. — Х.: Ин-т прикладной психологии «Гуманитарный Центр», 2005. — 632 с.
6. Канеман Д. Думай медленно ... Решай быстро / Д. Канеман. — М.: АСТ, 2016. — 656 с.
7. Смит В. Конструктивистская и экологическая рациональность в экономической теории / В. Смит // *Эковест*. — 2006. — Вип. 5. — № 4. — С. 536–617.
8. Smith V.L. Constructivist and ecological rationality in economics / V.L. Smith // *Les Prix Nobel 2002*. T. Frängsmyr (ed.). — Stockholm: Nobel Foundation, 2003. — P. 502–561.
9. Тироль Ж. Рынки и рыночная власть: теория организации промышленности / Ж. Тироль. — СПб: Экон. шк., 1996. — 745 с.
10. Тироль Ж. Рынки и рыночная власть: теория организации промышленности / Ж. Тироль. — СПб: Экон. шк., 2000. — Т. 1. — 384 с.; Т. 2. — 592 с.
11. Горбачук В.М. Методи індустріальної організації. Кейси та вправи. Економіка та організація виробництва. Економічна кібернетика. Економіка підприємства / В.М. Горбачук. — К.: А.С.К., 2010. — 224 с.
12. Горбачук В.М. Нейрофізіологія прийняття рішень людиною / В.М. Горбачук, О.С. Макаренко // VII Конгрес Українського товариства нейронаук. — К.: Ін-т фізіології ім. О.О.Богомольця НАН України, 2017. — С. 82.
13. Піндайк Р.С. Мікроекономіка / Р.С. Піндайк, Д.Л. Рубінфельд. — К.: Основи, 1996. — 646 с.
14. Hayek F. The fatal conceit / F. Hayek. — Chicago, IL: University of Chicago Press, 1988. — 194 p.
15. Tversky A. Rational choice and the araming of decisions / A. Tversky, D. Kahneman / Rational choice. R.M.Hogarth, M.W.Redder (eds.). — Chicago, IL: University of Chicago Press, 1987. — P. 167–192.
16. Gigerenzer G. Simple heuristics that make us smart / G. Gigerenzer, P.M. Todd. — NY: Oxford; ABC Research Group, 1999. — 432 p.
17. Smith V.L. Papers in experimental economics / V.L. Smith. — Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1991. — 828 p.
18. Smith V.L. Bargaining and market behavior / V.L. Smith. — Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2000. — 474 p.
19. Plott C. Equilibrium, equilibration, information and multiple markets: from basic science to institutional design / C. Plott // *Nobel Symposium* (December 4–6, 2001). Behavioral and experimental economics. — Grand Hotel Saltsjöbaden, 2001. — 52 p.

20. *Berg J.* Risk preference instability across institutions: a dilemma / J. Berg, J. Dickhaut, K. McCabe. — Minneapolis, MN: Carlson School of Management, University of Minnesota. — Working paper. — 1994. — P. 4209–4214.
21. *Smith V.L.* Monetary rewards and decision cost in strategic interactions / V.L. Smith, F. Szidarovszky // *Models of a man: essays in memory of Herbert A. Simon*. M. Augier, J. March (eds.). — Cambridge, MA: MIT Press, 2002. — P. 169–182.
22. *Gazzaniga M.S.* The mind's past / M.S. Gazzaniga. — Berkeley, CA: University of California Press, 1998. — 263 p.
23. *Hayek F.A.* Studies in philosophy politics and economics / F.A. Hayek. — Chicago, IL: Chicago University Press. 1967. — 356 p.
24. *Pinker S.* The language instinct / S. Pinker. — New York, NY: William Morrow, 1994. — 494 p.
25. *Kagan J.* The emergence of morality in young children / J. Kagan, S. Lamb. — Chicago, IL: University of Chicago Press, 1987. — 374 p.
26. *Kagan J.* Galen's prophecy / J. Kagan. — New York, NY: Basic Books, 1994. — 376 p.
27. *Fiske A.P.* The structures of social life: the four elementary forms of human relations / A.P. Fiske. — New York, NY: Free Press, 1991. — 500 p.
28. *Knowlton B.* A neostriatal habit learning system in humans / B. Knowlton, J. Mangels, L. Squire // *Science*. — 1996. — 273. — P. 1399–1402.
29. *Pinker S.* The blank slate / S. Pinker. — New York, NY: Viking, 2002. — 528 p.
30. *Segal N.* Entwined lives / N. Segal. — New York, NY: Plume, 1999. — 396 p.
31. *Goldberger A.* Heritability / A. Goldberger // *Economica*. — 1979. — 46. — P. 327–347.
32. *Горбачук В.М.* Втрата ефективності в рівновагах Неша / В.М. Горбачук, Н.І. Гаркуша // *Математичне моделювання в економіці*. — 2013. — 3. — С. 79–89.
33. *Hume D.* A treatise of human nature / D. Hume. — London, UK: Penguin Books, 1985. — 688 p.
34. *Г'юм Д.* Трактат про людську природу / Д. Г'юм. — К.: Всесвіт, 2003. — 552 с.
35. *Simon H.* The sciences of the artificial. 3-rd edition / H. Simon. — Cambridge, MA: The MIT Press, 1996.
36. *Саймон Г.* Науки об искусственном / Г. Саймон. — М.: Мир, 1972. — 142 с.
37. *Сергієнко І.В.* Індуктивна математика / І.В. Сергієнко, А.М. Гупал // *Вісн. НАН України*. — 2002. — № 5. — С. 19–25.
38. *Smith A.* The theory of moral sentiments / A. Smith. — Indianapolis, IN: Liberty Classics, 1982. — 412 p.
39. *Zavertanuy V.* Genotype dynamic for agent neuroevolution in artificial life model / V. Zavertanuy, A. Makarenko // *Системні дослідження та інформаційні технології*. — 2017. — № 1. — С. 75–87.
40. *Zywicki T.J.* Posner, Hayek, and the economic analysis of law / T.J. Zywicki, A.B. Sanders // *Iowa law review*. — 2008. — 93. — P. 559–603.
41. *North D.C.* Structure and change in economic history / D.C. North. — New York, NY: Norton, 1981. — 240 p.
42. *Норт Д.* Інституції, інституційна зміна та функціонування економіки / Д. Норт. — К.: Основи, 2000. — 198 с.
43. *Ostrom E.* Governing the commons / E. Ostrom. — Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1990. — 298 p.
44. *Остром Е.* Керування спільним / Е. Остром. — К.: Наш час, 2012. — 400 с.
45. *McCabe K.* A functional imaging study of cooperation in two-person reciprocal exchange / K. McCabe, D. Houser, L. Ryan, V.L. Smith, T. Trouard // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. — 2001. — 98. — P. 11832–11835.

46. *Friedman D.* On the efficiency of double auction markets / D. Friedman // *American economic review*. — 1984. — 74. — P.60–72.
47. *Wilson R.B.* On equilibria of bid-ask markets / R.B. Wilson // *Arrow and the ascent of modern economic theory*. G.Feiwel (ed.) — New York, NY: NYU Press, 1987. — P. 375–414.
48. *Wilson R.B.* Design of efficient trading procedure / R.B. Wilson // *The double auction market: institutions, theories, and evidence*. J.Friedman, J.Rust (eds.). — Reading, MA: Santa Fe Institute Studies in the Sciences and Complexity; Addison-Wesley, 1993. — P. 125–152.
49. *Bronfman C.* An experimental examination of the Walrasian tatonnement mechanism / C. Bronfman, K. McCabe, D. Porter, S. Rassenti, V.L. Smith // *RAND journal of economics*. — 1996. — 27. — P. 681–699.
50. *Smith V.L.* An experimental study of competitive market behavior / V.L. Smith // *Journal of political economy*. — 1962. — 70. — P. 111–137.
51. *Smith V.L.* Microeconomic systems as an experimental science / V.L. Smith // *American economic review*. — 1982. — 72 (5). — P. 923–955.
52. *Davis D.* *Experimental economics* / D. Davis, C. Holt. — Princeton, NJ: Princeton University Press, 1993. — 584 p.
53. *Kagel J.* *Handbook of experimental economics* / J. Kagel, A. Roth. — Princeton, NJ: Princeton University Press, 1995. — 744 p.
54. *Ketcham J.* A comparison of posted-offer and double-auction pricing institutions / J. Ketcham, V.L. Smith, A. Williams // *Review of economic studies*. — 1984. — 51. — P. 595–614.
55. *Deck C.* Tracking customer search to price discriminate / C. Deck, B. Wilson // *Economic inquiry*. — 2006. — 44 (2). — P. 280–295.
56. *Smith V.L.* *Experimental economics: induced value theory* / V.L. Smith // *American economic review proceedings*. — 1976. — 66. — P. 274–279.
57. *Smith V.L.* Relevance of laboratory experiments to testing resource allocation theory / V.L. Smith // *Evaluation of econometric models*. J.Kmenta, J.B. Ramsey (eds.) — NY: Academic Press, 1980. — P. 345–377.
58. *Gode D.K.* Allocative efficiency of markets with zero-intelligence traders: market as a partial substitute for individual rationality / D.K. Gode, S. Sunder // *Journal of political economy*. — 1993. — 101 (1). — P. 119–137.
59. *Sunder S.* Market as artifact: aggregate efficiency from zero intelligence traders / S. Sunder // *Models of a man: essays in memory of Herbert A. Simon*. — Cambridge, MA: MIT Press, 2002. — P. 501–520.
60. *Miller R.* Don't let your robots grow up to be traders: artificial intelligence, human intelligence, and asset-market bubbles / R. Miller // *Journal of economic behavior and organization*. — 2008. — 68 (1). — P. 153–166.
61. *Gorbachuk V.M.* Cournot–Nash equilibria and Bertrand–Nash equilibria for a heterogeneous duopoly of differentiated products / V.M. Gorbachuk // *Cybernetics and systems analysis*. — 2010. — Vol. 46. — № 1. — P. 25–33.
62. *Smith V.L.* Experimental methods in the political economy of exchange / V.L. Smith // *Science*. — 1986. — 234. — P. 167–173.
63. *Williams A.* Simultaneous trading in two competitive markets: an experimental examination / A. Williams, V.L. Smith, J.O. Ledyard. — Bloomington, IN: Department of Economics; Indiana University, 1986. — P. 167–173.
64. *Williams A.* Concurrent trading in two experimental markets with demand interdependence / A. Williams, V.L. Smith, J.O. Ledyard, S. Gjerstad // *Journal of economic theory*. — 2000. — 16. — P. 511–528.
65. *Plott C.* Research on pricing in a gas transportation network. Technical report 88-2 / C. Plott. — Washington, DC: Office of Economic policy; Federal Energy Regulatory Commission, 1988. — 27 p.

66. *Smith V.L.* Bubbles, crashes and endogenous expectations in experimental spot asset markets / V.L. Smith, G. Suchanek, A. Williams // *Econometrica*. — 1988. — 56. — P. 49–51.
67. *Porter D.* Stock market bubbles in the laboratory / D. Porter, V.L. Smith // *Applied mathematical finance*. — 1994. — 1. — P. 111–127.
68. *Dufwenberg M.* Bubbles and experience: an experiment / M. Dufwenberg, T. Lindqvist, E. Moore // *American economic review*. — 2005. — 95 (5). — P. 1731–1737.
69. *Damasio A.R.* *Descartes error: emotion, reason, and the human brain* / A.R. Damasio. — NY: Putnam, 1994.
70. *Bechara A.* Deciding advantageously before knowing the advantageous strategy / A. Bechara, H. Damasio, D. Tranel, A.R. Damasio // *Science*. — 1997. — 275. — P. 1293–1295.
71. *Goel V.* A study of the performance of patients with frontal lobe lesions in a financial planning task / V. Goel, J. Grafman, J. Tajik, S. Gana, D. Danto // *Brain*. — 1997. — 120. — P. 1805–1822.
72. *Горбачук В.М.* *Фінансові методи* / В.М. Горбачук. — К.: Альтерпрес, 2002. — 175 с.
73. *Roelofs O.* The subjective duration of time-intervals: the influence of order in the estimation of duration of two successive intervals / O. Roelofs, W.P.C. Zeeman // *Acta psychologica*. — 1949. — 6. — P. 126–177.
74. *Tremblay L.* Relative reward preference in primate orbitofrontal cortex / L. Tremblay, W. Schultz // *Nature*. — 1999. — 398. — P. 704–708.
75. *Kahneman D.* Prospect theory: an analysis of decision under risk / D. Kahneman, A. Tversky // *Econometrica*. — 1979. — 47. — P. 263–291.
76. *Mellers B.A.* Decision affect theory: how we feel about risky options / B.A. Mellers, A. Schwartz, K. Ho, J. Ritov // *Psychological science*. — 1997. — 8. — P. 423–429.
77. *Breiter HC.* Functional imaging of neural responses to expectancy and experience of monetary gains and losses / HC. Breiter, I. Aharon, D. Kahneman, A. Dale, P. Shizgal // *Neuron*. — 2001. — 30. — P. 619–639.
78. *Thut G.* Activation of the human brain by monetary reward / G. Thut, W. Schultz, U. Roelcke et al. // *NeuroReport*. — 1997. — 8. — P. 1225–1228.
79. *Schultz W.* Multiple reward signals in the brain / W. Schultz // *Nature reviews: neuroscience*. — 2000. — 1. — P. 199–207.
80. *Schultz W.* Getting formal with dopamine and reward / W. Schultz // *Neuron*. — 2002. — 36. — P. 241–263.
81. *Fletcher P.* Other minds in the brain: a functional imaging study of «theory of mind» story comprehension / P. Fletcher, F. Happe, U. Frith et al. // *Cognition*. — 1995. — 57. — P. 109–128.
82. *Згуровский М.З.* Цифровая наука в программе «Горизонт 2020» / М.З. Згуровский, А.И. Петренко // *Системні дослідження та інформаційні технології*. — 2015. — № 1. — С. 7–20.
83. *Makarenko A.* Multiscale and applied system analysis of a brain activity. I. General description / A. Makarenko // *Algebras, groups, and geometries*. — Palm Harbor, FL: Hadronic Press. — 2015. — Vol. 32. — N 4. — P. 449–460.
84. *Кришталь О.* Наука та мистецтво: дві ноги для поступу. Інавгураційна лекція почесного професора Національного університету «Києво-Могилянська академія». — К.: НаУКМА, 2017. — 24 с.

Надійшла 24.07.2017