

СЕКЦІЯ 11 МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ, МОДЕЛІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОНОМІЦІ

УДК 519.8

Горбачук В.М.
*доктор фізико-математичних наук,
старший науковий співробітник,
старший науковий співробітник відділу
математичних методів дослідження операцій
Інституту кібернетики імені В.М. Глушкова
Національної академії наук України*

ГЛОБАЛЬНІ ІНВЕСТИЦІЇ У МАЙБУТНІЙ ЛЮДСЬКИЙ КАПІТАЛ

GLOBAL INVESTMENTS TO THE FUTURE HUMAN CAPITAL

АНОТАЦІЯ

Належна всебічна оцінка наявної ситуації дає змогу впевненіше моделювати майбутнє. Моделювання майбутнього є надзвичайно важливим для фінансово-інвестиційних рішень. У новому технологічному світі не буде чіткого розмежування між людиною і машиною, фактичною і віртуальною реальністю. На початку третього тисячоліття людство вступило у захоплюючий період найбільших змін у своїй історії. Наприкінці XXI ст. небіологічна частка нашого інтелекту буде у трильйони трильйонів разів потужніша, ніж позбавлений допомоги людський інтелект.

Ключові слова: інформаційно-комунікаційні технології, глобальні інвестиції, моделювання майбутнього, людський капітал, кібернетика.

АННОТАЦИЯ

Надлежащая всесторонняя оценка имеющейся ситуации позволяет увереннее моделировать будущее. Моделирование будущего чрезвычайно важно для финансово-инвестиционных решений. В новом технологическом мире не будет четкого разграничения между человеком и машиной, фактической и виртуальной реальностью. В начале третьего тысячелетия человечество вступило в захватывающий период наибольших изменений в своей истории. В конце XXI столетия небіологическая доля нашего интеллекта будет в триллионы триллионов раз мощнее, чем лишенный помощи человеческий интеллект.

Ключевые слова: информационно-коммуникационные технологии, глобальные инвестиции, моделирование будущего, человеческий капитал, кибернетика.

ANNOTATION

A proper comprehensive evaluation for the present situation allows more confident modeling of the future. Modeling of the future is extremely important for finance and investment decisions. The distinct boundaries between a man and a machine, actual and virtual reality would not exist in the new technology world. At the beginning of the third millenium, the humankind entered the most intriguing period in its history. At the end of the 21-st century, a non-biological part of our intelligence will be in trillions of trillions times more powerful than a unaided human intellect.

Keywords: information and communication technologies, global investments, modeling of the future, human capital, cybernetics.

Постановка проблеми. За даними Міжнародного валютного фонду (МВФ), у 2015 р. Україна посідала 133-тє місце серед 184-х держав світу за валовим внутрішнім продуктом (ВВП) у номі-

нальних доларах США на душу населення. Цей факт, думки моїх колег і колишніх студентів, які працюють у провідних фінансово-економічних організаціях, свідчать про поточну низьку оцінку активів України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За даними Світової організації торгівлі (СОТ), за якими у 2014 р. Україна посідала 30-тє місце у світі за експортом телекомунікаційних, комп'ютерних та інформаційних послуг (ТКІП), обсяг такого експорту за 2011–2014 рр. (за чотири роки) зріс вдвічі. Про перспективність цих послуг для України порівняно з іншими галузями йшлося у доповіді автора в лютому 2012 р. на конференції в Інституті міжнародних відносин Київського національного університету (КНУ) імені Т. Шевченка виходячи з даних СОТ за 2005–2009 рр. [9]. Перспективність вступу України до СОТ обговорювалася у вересні 1999 р. на круглому столі «Україна у світовій торгівлі та світовій організації торгівлі: за і проти», який організував автор разом зі своїми колегами в Українському союзі промисловців і підприємців (УСПП) [11]. Процес вступу України до СОТ протягом 1999–2008 рр. формували нові соціально-економічні фактори, що стимулювали економічне зростання – найшвидше порівняно з усіма сусідніми державами зростання ВВП (у номінальних доларах США) на душу населення. Однією із сусідніх держав України є Словаччина, яка з 2007 р. посідає перше місце у світі за випуском автомобілів на душу населення. У 2015 р. країна виграла у сусідньої Польщі «битву за прямі іноземні інвестиції» 1,4 млрд. євро, щоб з 2018 р. виробляти 150 тис. автомобілів Jaguar Land Rover щорічно.

Перше і друге місця у світі за експортом ТКІП у 2014 р. посідали Ірландія та Індія. Важливими соціально-економічними факторами цих держав є культурно-історична спадщина, знання місцевим населенням англійської

мови, британська правнича традиція, практика широких ділових зв'язків діаспори та застосування передового світового досвіду. На початку 1990-х років фахівці у галузі телекомунікаційних, комп'ютерних та інформаційних послуг Індії відвідували Кібернетичний центр (Кібцентр) на проспекті Глушкова у Києві з метою обміну досвідом. На жаль, в Україні до початку 2000-х років про успіхи Індії у цій галузі було мало відомо. Наприклад, мої студенти фізико-технічного факультету Київського політехнічного інституту (КПІ) дізналися про успіхи Індії в цій галузі лише під час вибору тем реферату з економіки (портрети низки студентів цього факультету – переможців і призерів міжнародних студентських олімпіад – розміщені у першому корпусі КПІ поруч із портретами Д. Менделєєва і С. Корольова). Водночас студент цього факультету Єгор Анчишкін (зараз – власник солідної фірми у США) виявив неабиякий інтерес до економіки і застосував знання з розпізнавання образів, отримані на лекціях професора Михайла Шлезінгера з Кібцентру, для розробки стартапу Viewdle, який компанія Google купила восени 2012 р. за 30 млн. дол. Приклад Viewdle показує ефективність системи фізтеху – взаємодії університетської та академічної роботи. Viewdle сприяв розвитку і капіталізації інших стартапів України.

Мета статті полягає у з'ясуванні фактори рішень для глобальних інвестицій у майбутній людський капітал.

Виклад основного матеріалу дослідження. Серед тисяч моїх колишніх студентів є багато тих, хто розробив і розробляє успішні проекти у галузі інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) – Djuiсe, Viewdle, Highbrow та ін. Авжеж, кожний проект має свій шлях. За експертними оцінками, згаданий проект Djuiсe приніс компанії KyivStar дохід, що перевищує 10 бюджетів усієї Національної академії наук (НАН) України на 2016 р. Подібні проекти потребують ґрунтовної підготовки в економіці та фінансах, що завжди розумів основоположник ІКТ і засновник Кібцентру академік Віктор Глушков (1923–1982).

Необхідність ґрунтовної підготовки в економіці та фінансах розумів Юлій Санніков, який здобув три золоті медалі для України на міжнародних шкільних математичних олімпіадах 1994–1996 рр. (де науковим керівником команд України у 1992–2002 рр. був Вадим Радченко, доктор фізико-математичних наук, професор кафедри математичного аналізу КНУ імені Т. Шевченка, заслужений учитель України, який доповідав свою докторську дисертацію у відділі математичних методів дослідження операцій (ММДО) Інституту кібернетики (ІК) імені В.М. Глушкова НАН України).

Коли у травні-червні 2000 р. я був запрошеним дослідником у Принстонському університеті на кафедрі фінансової інженерії з проектом *Integral indicators of creditworthiness,*

competitiveness and sustainable growth («Інтегральні індикатори кредитоспроможності, конкурентоздатності та самопідтримуваного росту»), то в усіх обговореннях наголошував на важливості глибокого розуміння фінансових інструментів, зокрема низьких відсоткових ставок як своєрідних бар'єрів (із 2009 р. від'ємну відсоткову ставку використовує Швеція, а з 2012 р. – Данія). Слід також сказати, що одна з публікацій мого колеги у відділі ММДО ІК імені В.М. Глушкова НАН України Станіслава Урясьєва (зараз – професор університету Флориди і власник фірми AORDA у США) входить до ТОП-100 найцитованіших у світі у галузі фінансів.

Велика мінливість цін акцій галузі ІКТ (так звана «доткомівська криза», пов'язана з позначенням *.com для комерційних Інтернет-ресурсів), моє спілкування у Принстоні в 2000 р., загальна математизація економічних наук, можливо, вплинули на те, що в 2000 р. математик Ю. Санніков вирішив стати фінансистом і вступити на докторську програму з ділової адміністрації Стенфордського університету. У 2004 р. Ю. Санніков здобув ступінь доктора філософії з ділової адміністрації Стенфордського університету (науковий керівник – професор Роберт Вілсон, який також був керівником Нобелівського лауреата 2012 р. Елвіна Рота). У 2016 р. професор Принстонського університету Ю. Санніков здобув медаль Кларка (John Bates Clark (1848–1937) – професор Колумбійського університету (Нью-Йорк), один з основоположників теорії граничної корисності) 2016 р. Американської економічної асоціації (American Economic Association, АЕА). Цю медаль також свого часу здобули Нобелівські лауреати П. Самуельсон (1947), М. Фрідман (1951), Д. Тобін (1955), К. Ерроу (1957), Л. Клейн (1959), Р. Солоу (1961), Г. Бекер (1967), Д. Макфадден (1975), Д. Стігліц (1979), М. Спенс (1981), Д. Хекман (1983), П. Кругман (1991). Більше половини володарів медалі Кларка, які здобули її до 1991 р., згодом стали Нобелівськими лауреатами. Медаль Кларка, заснована у 1947 р. для працюючих у США фахівців віком до 40 років за найвизначніший внесок в економічні дослідження й знання, вважалася найвищою нагородою серед економістів до введення у 1969 р. Нобелівської премії з економіки; до 2009 р. ця медаль присуджувалася кожні два роки у квітні, а з 2010 р. присуджується щороку.

Розроблений Ю. Санніковим новий метод розв'язання задач динамічних контрактів має застосування до теорії репутацій, ринкових змов, цінних паперів, корпоративних фінансів, фінансових посередників, макроекономічних процесів. У 2000 р. мені випала нагода зустрітися і поговорити у США з Джеймсом Б'юкененом (1919–2013), удостоєним Нобелівської премії 1986 р. за розвиток контрактних і конституційних засад теорії економічного і політичного прийняття рішень. Один із висновків тієї розмови полягає у тому, що для України важливі власні

й міжнародні контрактні та договірні засади.

Щоб уникати ризиків ситуацій біблійної притчі, вираженої картиною «Притча про сліпих» великого голландця Пітера Брейгеля Старшого, потрібна візія. Досить точно, обгрунтоване і сміливе бачення нашого сьогодення й завтрашнього дня дав майже століття тому винахідник Нікола Тесла (1859–1943). Здатність В. Глушкова моделювати майбутнє залишається важливою для розвитку сучасного суспільства. Знаючи погляди Н. Тесли та В. Глушкова, сучасний футуролог Рей Курцвейл (якого Ларрі Пейдж у 2012 р. запросив у Google «для того, щоб Google зрозумів природну мову») не вважає себе першим, хто став усвідомлювати Сингулярність – еру, в якій наш інтелект ставатиме дедалі небіологічним і в трильйони разів більш потужним, ніж на початку третього тисячоліття, епоху започаткування нової цивілізації, яка дасть нам змогу подолати біологічні обмеження і посилити нашу креативність.

Пам'ятаю, як під час одного із семінарів у проекті громадянської освіти (Civic Education Project, CEP) у 2002 р. кожний учасник малював на окремому плакаті свій образ; уже тоді не уявляв себе без мобільних телефонів, зарядних пристроїв, ноутбука, модема, Інтернету. Про модем уперше дізнався на лекціях В. Глушкова у 1979 р., оснований на його препринті [4].

Першим сучасним ноутбуком в УСПП був, напевне, мій IBM ThinkPad, куплений у США на початку 1990-х років за рахунок моєї стипендії Бенджаміна Франкліна – Едмунда Маскі (за модем тоді довелося заплатити майже половину ціни ноутбука). Застосування персональних комп'ютерів (ПК) суттєво зміцнило можливості УСПП та інших неурядових організацій. Свій перший ноутбук застосував для написання книг [5; 6] (для доповнення спецкурсу «Макроекономіческие модели», прочитаного академіком В. Глушковым для групи із шести студентів, куди я входив) і книг [7; 8] (для першого курсу з фінансів, прочитаного у Києво-Могилянській академії завдяки проекту CEP).

Першим іноземним ПК в Україні був, напевне, монохромний IBM PC/XT, привезений в ІК імені В.М. Глушкова АН УРСР моїм науковим керівником і завідувачем відділу ММДО ІК імені В.М. Глушкова АН УРСР Юрієм Єрмольєвим із Міжнародного інституту прикладного системного аналізу (International Institute for Applied Systems Analysis, IIASA) у 1986 р. Цей ПК (на який поширювалися обмеження Координаційного комітету з багатостороннього експортного контролю – CoCom (Coordinating Committee for Multilateral Export Controls), до якого входили 15 держав – членів НАТО, а також Австралія та Японія) подарував відомий демограф Натан Хейфец, колега Ю. Єрмольєва по IIASA, розташованому у м. Лаксенбург (Австрія). Тоді офіційним представником СРСР у IIASA був академік Володимир Михалевич (1930–1994), директор ІК імені В.М. Глуш-

кова АН УРСР (сайт Фонду імені академіка В.С. Михалевича містить низку світлин про участь В. Михалевича у заходах IIASA). Працюючи одночасно на цьому ПК, обчислювальних центрах ІК імені В.М. Глушкова АН УРСР та інших відомств, у 1986 р. я поділився своїм досвідом з деякими керівниками Спеціального конструкторсько-технологічного бюро програмного забезпечення з дослідним виробництвом (СКТБ ПЗ з ДВ) при ІК імені В.М. Глушкова АН УРСР. Тоді я припускав, що невдовзі малі ПК витіснятимуть великі обчислювальні машини (у 1985 р. я захистив дисертацію з пошуку конкурентних рівноваг і розумів процесу ринкової конкуренції), хоча більшість керівників СКТБ ПЗ при ІК імені В.М. Глушкова АН УРСР із цим не погоджувалася. Мое припущення справдилося, а ринкова конкуренція серйозно зачепила не лише СКТБ ПЗ з ДВ при ІК імені В.М. Глушкова АН УРСР, але й цілу низку академічних і галузевих науково-дослідних установ.

У кіберфізичну еру сама сутність того, що означає бути людиною, збагачуватиметься і переглядатиметься, бо людський рід розсуває уявлення про своє генетичне походження й досягає неосяжних висот інтелекту, матеріального прогресу і довговічності.

Після появи персональних комп'ютерів видатний винахідник, мислитель і футуролог Р. Курцвейл постійно наголошує на ролі технологій для нашого майбутнього, розкриваючи несподівані наслідки підвищення загального інтелекту істот, народжених на планеті Земля [12]. У своїх книгах він сміливо і точно передбачав, що з прискоренням технологічних змін комп'ютери суперничатимуть із людським інтелектом за всіма показниками [13]. Р. Курцвейл також вивчав наступний крок у неухильному еволюційному процесі зростання загального інтелекту – об'єднання людини і створеної нею машини, в якому знання і навички, вбудовані у людську нервову систему, поєднуюватимуться зі значно більшою потужністю, швидкістю, здатністю поширення знань, притаманними машинам [14].

Можна зрозуміти, чому багато спостерігачів не готові до очевидних наслідків так званого закону Р. Курцвейла щодо прискореної віддачі (внутрішнього прискорення темпу еволюції, де технологічна еволюція є продовженням біологічної): розробка цього закону Р. Курцвейлом потребувала близько 40 років, причому далеко не всі наслідки закону сприймає його автор. Ключова ідея, яка лежить в основі Сингулярності, що насувається, – це прискорення темпу зміни нашої створеної людиною технології, причому її потужності розширюються експоненційно [15]. Експоненційне зростання є оманливим: воно починається майже непомітно, а потім вибухає з настільки несподіваною силою, що неможливо відстежувати подальшу траєкторію зростання.

Природу експоненційного зростання можна проілюструвати на прикладі власника ставка,

який бажає бути вдома, розводити ставкову рибу і бути впевненим, що ставок не покритиметься лілієвим (білим) лататтям, яке подвоюється кожні декілька днів. Місяцями спостерігаючи за ставком, його власник помічає лише невеликі клаптики лілієвого латаття і не очікує їхнього значного поширення. Коли ці клаптики покривають менше 1% ставка, його власник думає, що можна піти у відпустку разом зі своєю сім'єю і не спостерігати за ставком. Після повернення з відпустки через кілька тижнів власник ставка вражений тим, що весь ставок покритий лататтям, а його риба загинула: сім подвоєнь означають число $2^7=2^3 \cdot 2^4=8 \times 16=128$, чого достатньо для покриття лататтям усього ставка за початкової площі латаття 1%.

Лише через п'ять років після, того як у 1992 р. чемпіон світу з шахів Гарі Каспаров переміг комп'ютерну шахову програму Fritz і низько оцінив подібні програми взагалі, він програв комп'ютерній шаховій програмі Deep Blue матч із шести партій із рахунком $2\frac{1}{2}$ – $3\frac{1}{2}$ (Каспаров виграв одну партію і програв дві за трьох нічиїх). Цей результат був однією з причин відходу чемпіона світу від активного спорту. Слід сказати, що першою комп'ютерною шаховою програмою чемпіоном світу була радянська «Каїсса», яку створили співробітники Інституту проблем управління АН СРСР Георгій Адельсон-Вельський (1922–2014), Володимир Арлазаров, Михайло Донской (1948–2009) [1]. За це в 1974 р. Володимир Арлазаров був нагороджений золотою медаллю Міжнародної федерації з обробки інформації (International Federation for Information Processing, IFIP), штаб-квартира якої розташована у м. Лаксенбург (Австрія) поруч з ПАСА. Із моїм однокурсником Віктором Арлазаровим, сином Володимира Арлазарова, я часто грав у шахових турнірах, де головний наш інтерес був радше дослідницьким, ніж спортивним.

Екс-чемпіон світу з шахів Анатолій Карпов зазначав: «Комп'ютери вже впливають на розвиток шахів, бо ми були вимушені відмовитися від традиційних догравань, як це було за старих часів. Це вплинуло на якість гри шахістів, бо зараз ми не можемо відкласти партію, якщо вона не завершується за п'ять годин і 40 ходів. Це негативно вплинуло на силу шахістів. Якість гри в ендшпілях стало гіршим, ніж раніше». Призовий фонд матчу 1975 р. між Анатолієм Карповим і Робертом Фішером (1943–2008) на першість світу з шахів становив безпрецедентну на той час суму – 5 млн. доларів. Р. Фішер казав: «Я доб'юся, щоб до шахів ставилися з не меншою повагою, ніж до боксу. Скільки б не запросив Мохаммед Алі за свій черговий виступ, я вимагатиму більше». Формування призового фонду матчу Карпов–Фішер, що не відбувся, вплинуло на формування призового фонду 12 млн. доларів бою між Мохаммедом Алі (1942–2016) та Джорджем Форменом на першість світу з боксу, що відбувся у 1974 р. у столиці Заїру м. Кіншаса. Це був перший бій, який

організував промоутер Дон Кінг. Формування зазначених призових фондів фактично створило сучасний професійний спорт, розвинуло індустрію дозвілля, комп'ютерних ігор, різноманітних мобільних і персоналізованих додатків.

Програма Deep Blue стала сильнішою, ніж Fritz завдяки подвоєнню комп'ютерних потужностей щороку: число транзисторів на одиницю собівартості подвоювалося кожні два роки, причому транзистори ставали ще швидшими, що створило багато інших рівнів інновацій і вдосконалень. Кількість обчислень (за секунду) у шахових програмах і комп'ютерах подвоювалася протягом 1990-х років. Швидко зростає перелік шляхів, якими комп'ютери можуть перевершувати людські здібності. Застосування комп'ютерного інтелекту поступово розширюються на різні сфери діяльності: комп'ютери діагностують електрокардіограми і медичні знімки, контролюють зліт і посадку літаків, управляють тактичними рішеннями автоматичної зброї, надають кредити і приймають фінансові рішення, беруть відповідальність за багато інших завдань, що потребували людського інтелекту. Робота таких систем усе більше покладається на інтегрування багатьох типів штучного інтелекту. Оскільки штучного інтелекту недостатньо для роботи подібних систем, можна подумати, що людський інтелект завжди матиме певну перевагу над спроможностями людських створінь. Фільм «Термінатор 2: Судний день» (який здобув чотири Оскари за 1991 р.) змушує задуматися над цим питанням.

Перший радянський чемпіон світу з шахів Михайло Ботвинник (1911–1995) відвідував ІК АН УРСР, опублікував низку книг [2; 3], розробляв шахову програму «Піонер». Знаючи про створення в 1951 р. ентузіастами АН УРСР у післякупаційному Києві першого в континентальній Європі (й третього у світі) комп'ютера, у 1954 р. М. Ботвинник направив до ЦК КПРС пропозиції щодо зміни економічного плану розвитку СРСР і використання у майбутньому комп'ютерного управління економікою. Ці ідеї згодом розвивалися у Кібцентрі.

У березні 2016 р. програма AlphaGo виграла матч у людини – чемпіона світу зі стратегічної гри го (яка вважається складнішою, ніж шахи) з рахунком 4–1 (чотири перемоги та одна поразка), а призовий фонд матчу 1 млн. дол. пішов на благодійність для організацій UNICEF та STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics). Цю програму у 2014 р. розробила фірма DeepMind, яку згодом придбала компанія Google. У липні 2016 р. команда України стала чемпіоном Європи із цієї гри, причому до складу команди входив Богдан Жураківський, який доповідав свою кандидатську дисертацію у відділі ММДО ІК імені В.М. Глушкова НАН України.

Уже в ХХІ ст. основані на інформації технології охоплюють всі людські знання та вміння, включаючи спроможності розпізнавання обра-

зів, навички розв'язання задач, емоційний і моральний інтелект людського мозку.

Незважаючи на всю унікальність, мозок має жорсткі обмеження. Ми використовуємо масовий паралелізм (100 трильйонів міжнейронних зв'язків, які діють одночасно), щоб швидко розпізнавати найменші нюанси. Водночас наше мислення є надзвичайно повільним: базові нейронні трансакції у кілька мільйонів разів повільніші, ніж сучасні електросхеми, тому наша фізіологічна пропускна смуга для переробки нової інформації є дуже обмеженою порівняно з експоненційним зростанням загальної людської бази знань.

Наші біологічні тіла версії 1.0 також крихкі і вразливі до безлічі типів відмов, на додаток до обтяжливих ритуалів обслуговування, якого ці тіла потребують. Хоча людський інтелект іноді сягає вершин творчості і виразності, багато людських суджень є похідними, вузькими й обмеженими. На недосконалостях людських думок ґрунтуються інформаційні та гібридні війни, що активно застосовують сучасні засоби масової комунікації.

Сингулярність дасть змогу подолати згадані обмеження наших біологічних тіл і мізків, дістати владу над нашими долями, почати контролювати терміни нашого існування. У фільмі «Мозок академіка Глушкова» йдеться про подібний підхід до людських організмів, започаткований у 1960-х роках академіком Миколою Амосовим в ІК імені В.М. Глушкова НАН України. Ми повністю розумітимемо людське мислення і значно розширимо сферу його застосування.

На початку ХХІ ст. прискорення зсуву парадигми (швидкості, з якою ми змінюємо наші фундаментальні технічні підходи) та експоненційне зростання спроможностей ІКТ починають переходити у стадію своєї видимості. Незабаром це експоненційне зростання перейде у вибухову стадію. До 2050 р. темпи зростання наших технологій будуть настільки стрімкими, що відповідні зміни, напевне, розпочнуть історію нового технологічно посиленого людства на місці історії біологічного людства.

Сингулярність стане кульмінацією поєднання нашого біологічного мислення і нашої постійно оновлюваної технології, яке дасть людству змогу перевершувати свої біологічні можливості. У постсингулярний період не буде принципової відмінності між людиною і машиною, між фізичною і віртуальною реальністю. Тоді справді людською залишиться така наша видова властивість, як прагнення поширювати свої фізичні й розумові здібності за межі наявних обмежень. Багато наших сучасників, виходячи з історії розвитку машин без витончених людських біологічних якостей, звертають увагу на втрату певної життєво важливої особливості людства внаслідок технологічних змін. Найважливіший наслідок Сингулярності у тому, що наша технологія сягне і значно перевершить

вишуканість і витонченість того, що ми вважаємо найкращими людськими рисами.

Людський прогрес є радше експоненційним, ніж лінійним: рівень економіки зростає шляхом скоріше повторного множення на константу, ніж повторного додавання константи. Тому експоненційне зростання на відміну від лінійного стає вибуховим. Експоненційне зростання спочуває тим, що починається повільно і майже непомітно, але після досягнення певного рівня стає вибуховим і настільки трансформаційним, що мало хто усвідомлює наше майбутнє. Наші предки сподівалися, що майбутнє буде доволі схожим до їхнього сучасного, яке, своєю чергою, було схожим до їхнього минулого. Тисячу років назад експоненційні тренди існували на дуже ранній стадії, коли були настільки пологіми і повільними, що зовсім не виглядали як тренди, тому справджувалася інтуїтивна лінійна точка зору про незмінне майбутнє. Сьогодні ми передбачаємо неперервний технологічний прогрес і наступні соціальні відгуки. Проте майбутнє буде набагато несподіванішим, ніж вважає більшість людей, бо декілька спостерігачів справді усвідомили історичні наслідки того факту, що темп змін прискорюється.

Більшість довгострокових прогнозів про те, що буде технічно можливим у майбутні періоди часу, дуже недооцінює потужність майбутнього розвитку, бо ґрунтується радше на інтуїтивному лінійному погляді на історію, ніж на історичному експоненційному погляді. Моделі Р. Курцвейла показують, що кожні 10 років людство подвоює темп зсуву парадигми: у ХХ ст. цей темп поступово зростав, у середньому на 8% щорічно. Отже, досягнення 100 років ХХ ст. рівносильні приблизно 22 рокам початку ХХІ ст. із темпом зростання, який був наприкінці ХХ ст.: якщо рівень економіки початку ХХ ст. становив 1, то за моделлю Р. Курцвейла рівень економіки наприкінці ХХ ст. становив $(1+0.08)^{99} = 2037$, сума рівнів економіки за 100 років ХХ ст. становить $\sum_{i=0}^{99} (1+0.08)^i = 25448$, що приблизно дорівнює 2037×22 . З іншого боку, сума рівнів економіки за 100 років ХХ ст. дорівнює приблизно сумі рівнів економіки за перші 10 років ХХІ ст., оскільки $\sum_{i=0}^{109} (1+0.08)^i = 50883$. Іншими словами, у ХХІ ст. ми не знатимемо 100 років попереднього технологічного просування, бо будемо свідками прогресу, еквівалентного приблизно попереднім 20 000 рокам історії людства. Оскільки

$$\frac{\sum_{i=0}^{199} (1+0.08)^i - \sum_{i=0}^{99} (1+0.08)^i}{\sum_{i=0}^{99} (1+0.08)^i} = \frac{56006348 - 25448}{25448} = 2201,$$

то сума рівнів економіки за 100 років ХХІ ст. на три порядки перевищуватиме суму рівнів економіки за 100 років ХХ ст.

Темп зсуву парадигми, вимірюваний часом, потрібним для прийняття нових комунікацій-

них технологій (часом, потрібним для масового прийняття технологій – прийняття технологій четверто населення США), подвоюється кожні дев'ять років. Починаючи з 1870-х років цей час стійко зменшується. Цей час для телефона становив 35 років, а для радіо, винайденого у 1897 р. на 21 рік пізніше, – 31 рік, тобто менше на $(35 - 31)/35 = 4/35 = 11\%$ загалом або менше на $(35 - 31)/(35 \times 21) = 4/(35 \times 21) = 0.54\%$ в рік. Цей час для телебачення становив на 0,60% в рік менше, ніж для радіо; цей час для ПК становив на 1% в рік менше, ніж для телебачення; цей час для мобільного телефону становив на 2,6% в рік менше, ніж для ПК; цей час для світової павутини (World Wide Web, WWW), започаткованої у 1991 р., становив на 7,4% в рік менше, ніж для мобільного телефону. Оскільки цей час для світової павутини дорівнював сім років, то порівняно з радіо він був меншим на $(31-7)/31=77\%$ загалом, або менше на $(31-7)/[31 \times 1991-1897]=0.82\%$ в рік; 77% за $1991-1897=94$ роки відповідає $\frac{77 \times 100}{94} = 82\%$ за 100 років.

Перевага в 7,4% в рік світової павутини порівняно з мобільним телефоном дає 82% за $n=8.4$ роки: $(1+0.074)^n=1.82$; $n = \frac{\ln 1.82}{\ln 1.074} = 8.4$. Тоді темп зсуву парадигми подвоюється за приблизно дев'ять років (коли час прийняття технологій зменшується на 50%). Тому протягом XXI ст. $\frac{100}{9} = 11$ подвоєнь дадуть темп у $2^{11} = (2^4)^2 \times 2^3 = 64^2 \times 8 = 2048$ разів більший, ніж темп наприкінці XX ст. Насправді протягом XXI ст. темп буде ще більшим унаслідок очікуваного прискореного зростання, яке спостерігається у XX ст.

Як прояв нерозуміння образу майбутнього можна навести слова одного Нобелівського лауреата стосовно можливості молекулярного виробництва: «Ми не побачимо самовідтворюваних наноінженерних утворень (механізмів, які будуть молекулярний фрагмент за фрагментом) ще сотні років». На думку Р. Курцвейла, 100 років – слушна оцінка досягнення технічним прогресом такої важливої віхи за темпів прогресу початку XXI ст., який у $\frac{7.4}{(0.6+1.0+2.6)/3} = 5.3$ разів більший медіанного темпу прогресу XX ст. Оскільки темп прогресу подвоюється кожні 10 років, то еквівалентом 100 років із темпом прогресу початку XXI ст. буде лише $m = 30$ календарних років:

$$\sum_{i=0}^{30} (1+0.08)^i = 103.$$

Люди інтуїтивно вважають, що нинішній темп прогресу триватиме в майбутні періоди часу. У тих, хто спостерігає збільшення темпу змін, інтуїція залишає враження, що зміни відбуваються з темпом, який вони спостерігали останнім часом: на короткому проміжку часу

експоненційна крива виглядає як пряма лінія. Коли люди зазвичай екстраполюють майбутнє на десятиліття вперед із наявним темпом змін, то виявляють інтуїтивну лінійну точку зору.

Результатом завершеного у 2003 р. міжнародного проекту «Геном людини» є інформація про послідовність 3 млрд. чотирьох різних букв, властивості якої можна досліджувати за допомогою ІКТ. Застосуванню ІКТ для вивчення ДНК присвячена книга [10]. За експертними оцінками, біоінформатика – потужне джерело зростання ВВП у XXI ст.

Висновки. Під час оцінки активів України слід виходити зі світової динаміки. Сучасними інструментами оцінки активів залишаються біржі, але операції на них здебільшого вже виконують комп'ютерні програми, подібні згаданим вище програмам «Піонер», «Каїсса», Fritz, Deep Blue, AlphaGo. Причина того, що в Україні недостатньо застосовуються комп'ютерні програми під час організації Фонду державного майна, фондового ринку і ринків цінних паперів, аналогічна причині того, що в Україні недостатньо цінуються десятки тисяч своїх імен-брендів.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Машина играет в шахматы / Г.М. Адельсон-Вельский, В.Л. Арлазаров, А.Р. Битман, М.В. Донской. – М. : Наука, 2003. – 208 с.
2. Ботвинник М. Алгоритм игры в шахматы / М. Ботвинник. – М. : Наука, 1968. – 96 с.
3. Ботвинник М. О кибернетической цели игры / М. Ботвинник. – М. : Советское радио, 1975. – 88 с.
4. Глушков В.М. Сети ЭВМ / В.М. Глушков. – К. : ИК АН УССР, 1978. – 16 с. – Препринт 78-68.
5. Горбачук В. Макроекономічні методи / В. Горбачук. – К. : Альтерпрес, 1999. – 263 с.
6. Горбачук В. Макроекономічні методи: теорії та застосування / В. Горбачук. – К. : Київ, 2000. – 271 с.
7. Горбачук В. Фінансові методи / В. Горбачук. – К. : Альтерпрес, 2002. – 176 с.
8. Горбачук В. Фінансові рішення / В. Горбачук. – К. : Альтерпрес, 2003. – 176 с.
9. Горбачук В.М., Лещинська Л.В. Міжнародні інтеграційні процеси та вимірювання рівня піратства / В.М. Горбачук, Л.В. Лещинська // Актуальні питання міжнародних відносин. – 2012. – Вип. 109(1). – С. 40–42.
10. Гупал А.М., Сергиенко І.В. Симметрия в ДНК. Методы распознавания дискретных последовательностей / А.М. Гупал, І.В. Сергиенко. – К. : Наук.думка, 2016. – 227 с.
11. Лещенко С. Последний шанс тысячелетия / С. Лещенко // Зеркало недели. – 1999. – 16 октября.
12. Kurzweil R. The age of spiritual machines: when computers exceed human intelligence. – Penguin Books, 2000. – 400 p.
13. Kurzweil R. The Singularity is near: when humans transcend biology. – Penguin Books, 2006. – 672 p.
14. Kurzweil R., Grossman T. Fantastic voyage: live long enough to live forever. – Plume, 2005. – 464 p.
15. Yudkowsky E.S. Creating friendly AI 1.0: the analysis and design of benevolent goal architectures. – San Francisco, CA: Machine Intelligence Research Institute, 2001. – 278 p.