

Горбачук В.М., д. ф.-м. н.,
старший науковий співробітник
Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова
Національної академії наук України

Сирку А.А., магістр, аспірант
Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова
Національної академії наук України

Сулейманов С.-Б., магістр, аспірант
Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова
Національної академії наук України

ІРРАЦІОНАЛЬНІСТЬ І РАЦІОНАЛЬНІСТЬ У ПРИЙНЯТТІ РІШЕНЬ

Горбачук В.М., Сирку А.А., Сулейманов С.-Б. Ірраціональність і раціональність у прийнятті рішень. Особливостями прийняття рішень людиною є упередженість, недалекоглядність, нехтування розподільчою інформацією, ірраціональність. Такі людські риси ведуть до недооцінки всіх можливих випадків і спотвореного образу загальної картини. Формулювання питання до експерта може виділяти проблему серед інших. Зміна одиниць вимірювання результатів теж формує погляд на проблему. Аналітик має скористатися можливостями формування проблеми передбачення з використанням розподільчої інформації, доступної для експерта.

Ключові слова: передбачення, одинична і розподільча інформація, упередженість, недалекоглядність, охоплення даних.

Горбачук В.М., Сирку А.А., Сулейманов С.-Б. Иррациональность и рациональность в принятии решений. Особенности принятия решений человеком являются предвзятость, недальновидность, пренебрежение распределительной информацией, иррациональность. Такие человеческие черты ведут к недооценке всех возможных случаев и искаженному образу общей картины. Формулировка вопроса к эксперту может выделять проблему среди других. Изменение единиц измерения результатов также формирует взгляд на проблему. Аналитик должен воспользоваться возможностями формирования проблемы предвидения с использованием распределительной информации, доступной для эксперта.

Ключевые слова: предвидение, единичная и распределительная информация, предвзятость, недальновидность, охват данных.

Gorbachuk V.M., Syrku A.A., Suleimanov S.-B. Irrationality and rationality in decision making. The features of human decision making are bias, myopia, neglect of distributional information, irrationality. Such human traits lead to the underestimation of all possible outcomes and the distorted image of general picture. The question formulation to expert can single out the problem among others. Change of the measurement units is forming a view on the problem as well. The analyst should take advantage of opportunities to shape the forecasting problem with use of the distributional information available for the expert.

Keywords: prediction, singular and distributional information, bias, irrationality, myopia, data envelopment.

Постановка проблеми. Вирішальні рішення для втілення як державних, так і особистих цілей визначаються здебільшого інтуїтивними судженнями та поінформованими здогадами осіб, які приймають рішення (ОПР), чи незалежних експертів. Важливість інтуїтивних суджень мотивує вивчення факторів, які обмежують точність таких суджень і пошук шляхів поліпшення цих факторів. Розробки Передової програми технології рішень (Advanced Decision Technology Program) Агентства США з оборонних передових дослідницьких проєктів (Defense Advanced Research Project Agency, DARPA) виявили основні недоліки самостійних інтуїтивних суджень щодо ймовірностей невизначених подій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Звіт [1] (один з його авторів – Нобелівський лауреат 2002 р., якого журнал Foreign policy у 2011 р. включив у топ-100 глобальних мислителів) дійшов низки істотних висновків. Похибки суджень є радше систематичними, ніж випадковими, виявляючи скоріше упередженість, аніж збентеженість. Оскільки люди схильні до ментального астигматизму та недалекоглядності, то це слід брати до уваги в будь-яких коригуючих приписах. Між процесами судження біржових брокерів [2], інженерів-електриків [3], аналітиків [4], лікарів [5], експертів, юристів, інших фахівців чи обивателів немає суттєвих відмінностей, що підтверджує наявність спільних упереджень у людських професійних судженнях. До того ж будь-

яка група людей із вираженою ознакою є групою інтересів. Оманлива інтуїція породжує чарівні візуальні ілюзії, а власні похибки залишаються нездоланно привабливими для людини, яка повністю знає їхню природу: «Мене обманювати не треба, я сам обманюватися радий». Розуміння когнітивної ілюзії сприйняття не достатньо для точнішого уявлення реальності. Водночас таке розуміння може допомагати нам виявляти ситуації, в яких слід призупинити нашу фізіологічну віру до наших вражень і де варто контролювати судження через більш критичне оцінювання отриманої інформації. У ситуаціях, що можуть утворювати ілюзії власної думки чи інтуїції, переконання та дії ОПР мають керуватися критичною й осмисленою оцінкою реальності, а не нашими безпосередніми враженнями: сучасна віртуальна реальність здатна генерувати в людини будь-які враження.

Постановка завдання. Щоб виявляти та коригувати інтуїтивні передбачення, розробляються підходи до збереження найраціональніших рис інтуїтивного процесу та коригування деяких помилок, до яких цей процес схильний. Такі підходи застосовуються для завдань, з якими часто звертаються до експертів з прогнозування та підтримки прийняття рішень, – передбачення невизначених величин та оцінювання ймовірнісних розподілів. Аналіз цих завдань виявив спільні упередженості: нерегресійність передбачень і надупевненість у точності оцінок. Щоб усувати чи знижувати ці упередженості, пропонуються певні процедури обробки експертних суджень та оцінки коригованих величин. Звіт [1] рекомендує діалог (комунікацію) експерта й аналітика (технолога), який допомагатиме експерту найефективніше скористатися знаннями й уникнути поширених пасток інтуїції. Авжеж, експерт може вважати себе аналітиком. Рекомендації ґрунтуються на психологічному аналізі упередженості суджень, а також на певному досвіді застосування, який потребує всебічної перевірки.

Виклад основних результатів. Будь-яка серйозна діяльність із прогнозування включає судження, інтуїцію та обґрунтовані припущення. Думки експертів – важливе джерело багатьох технологічних і соціально-політичних прогнозів, а також спосіб верифікації математичних моделей або імітаційних експериментів. Інтуїтивні судження входять у подібні моделі з призначеними факторами впливу (*impact factors*) і початковими значеннями. Вирішальна роль інтуїції в усьому розмаїтті прогнозування потребує аналізу чинників, які обмежують точність експертних суджень, і розроблення процедур, спрямованих на поліпшення якості цих суджень.

Питання про те, як люди думають за умов невізначеності, привертає велику увагу. Із цього питання є докладний огляд результатів [6], серед наслідків яких уваги заслуговує наявність спільних упередженостей у думках людей [7]. Коли від експертів

вимагають надати найкращий здогад, оцінку чи передбачення відносно такої мінливої величини, як значення індексу Доу-Джонса у певний день, майбутні продажі даного продукту, результати виборів, то слід розрізняти типи інформації, наявної у прогнозіста: інформація одиничного типу містить дані про даний окремий випадок (кейс), а інформація розподільчого типу включає знання про результати розподілу у подібних ситуаціях, тобто знання про базовий клас імовірностей. Скажімо, передбачаючи продажі нового музичного альбому співака, одиничною інформацією є особистість, стиль, жанр і репертуар, а розподільчою – обсяги продажів. Аналогічно, передбачаючи довголіття пацієнта, одиничною інформацією є його вік, стать, стан здоров'я, медична передісторія, а розподільчою – відповідна статистика населення. Якщо одинична інформація вирізняє окремі риси даного випадку серед інших, то розподільча інформація характеризує результати, які спостерігалися серед подібних випадків деякого загального класу. Таке поняття розподільчих даних визначається їх природою і відрізняється від байєсівського поняття апіорного розподілу ймовірностей, що задається послідовністю збору інформації.

Багато задач передбачення є, по суті, неповторними у тому сенсі, що для них, як правило, немає розподільчої інформації. Прикладами таких задач є прогноз попиту на бензин у 2030 р., прогноз попиту на електромобілі у 2030 р., прогноз дати появи роботів-прибиральників. У таких задачах експерт має покладатися виключно на одиничну інформацію. Водночас практика свідчить, що люди надають недостатньої ваги наявній розподільчій інформації, покладаючись здебільшого на одиничну інформацію, не перевіряючи достовірність або надійність останньої [8; 9]. Такі людські риси часто використовуються в інформаційній війні, поширенні панік, чуток і фейків.

Умови планування дають багато прикладів нехтування розподілом результатів минулого досвіду. Наприклад, письменники й учені відомі своєю схильністю до недооцінки часу, потрібного для завершення проекту, незважаючи на їхній чималий досвід минулих невдач дотримання запланованих графіків. Подібна упередженість засвідчена оцінками інженерів про час завершення ремонту електростанцій [3]. Інженерам-програмістам відома книга «Міфічний людино-місяць, або Як створюються програмні системи». Хоча цю хибу планування іноді відносять до таких мотиваційних факторів, як прийняття бажаного за дійсне (*wishful thinking*), вона часто спостерігається за умов реального покарання за недооцінку тривалості чи вартості проекту.

Хиба планування – це наслідок людської схильності до нехтування розподільчими даними (які краще враховує й обробляє робот), надмірної уваги до складників окремого випадку, а не до загальних імовірнісних властивостей подібних випад-

ків. Складний проект завершується вчасно лише за умови вчасної реалізації всіх його компонентів: безперебійних поставок, сприятливих погодних умов, технологічних процесів тощо. Кожний окремих компонент, як правило, реалізується, але це не виключає високої ймовірності того, що серед усіх компонентів знайдеться такий, який не реалізується вчасно. Проте таке комбінаторне міркування часто суперечить людській інтуїції [10]. Спроби долати цю похибку шляхом урахування додаткового фактора не виправляють картину, бо зберігають близькість до початкових оцінок [7]. Щоб подолати цю упередженість, потрібен погляд на конкретну проблему як одну з багатьох інших. Такий погляд пов'язує конкретний проект із розподілом часу завершення подібних проектів, а не з обставинами, які можуть заважати вчасному завершенню даного проекту. Прийнятніші (точніші) відповіді можна отримати, запитуючи про тривалість проекту, а не про обставини і труднощі даного проекту. Загалом в управлінні відомий принцип *Who can't measure cannot manage* – «хто не може вимірювати, той не може керувати».

Схильності покладатися на одиничну інформацію й нехтувати розподільною інформацією сприяє будь-який чинник, що виділяє проблему серед інших. Чим більше людина сприймає інформації про окрему проблему, тим більше покладається на одиничну інформацію. Наприклад, питання про вартість розробки нового продукту може спонукати до виділення складників загальних витрат на розробку. Якщо експерта запитати про те, на який відсоток розробка нового продукту перевищить поточний бюджет подібної розробки, то експерт напевне скористається розподільною інформацією стосовно перевитрат у подібних розробках.

Один з альтернативних підходів до аналізу охоплення даних (*data envelopment analysis, DEA*) дає модель оболонки вільного розміщення (*free disposal hull, FDH*). Множину виробничих можливостей (*production possibility set, PPS*) чи еталонну технологію можна уявляти як заявку на цілковите використання виробничих потужностей, що мала б місце виходячи з фактично спостережуваних діяльностей. Для оцінювання спостережуваних діяльностей *DEA* користується межею *PPS*, визначеною за допомогою деяких спостережуваних діяльностей, що вважаються ефективними, а також за допомогою їхніх конкретних лінійних або опуклих комбінацій. У моделі *FDH* межу *PPS* утворюють лише спостережувані підрозділи прийняття рішень (*decision making units, DMUs*), а не їхні лінійні чи опуклі комбінації [11; 12].

Таку межу генерує модель *FDH* – модель *DEA* зі змінною віддачею від масштабу (*variable returns to scale, VRS*) [13] і додатковим обмеженням $\lambda_j \in \{0,1\}$. Незважаючи на критику моделі *FDH* в економічній теорії [14], ця модель вимірювання ефективності

залишається перспективною, але маловивченою [15; 16].

Щоб знайти рівень перехресної ефективності (*cross efficiency*) даного *DMU* [17], треба обчислити середнє для n рівнів технічної ефективності виходячи з n множин оптимальних ваг, які відповідають n *DMUs*. Отже, обчислення рівня перехресної ефективності не зводиться виключно до самооцінювання, властивого звичайному аналізу *DEA*, а поєднується з іншими ($n - 1$) рівнями, пов'язаними з оптимальними множниками кожного з решти *DMUs* [18]. Перехресна ефективність, упорядковуючи всі *DMUs*, розрізняє кращих і гірших виконавців. Вона не потребує додаткових (не завжди реалістичних) обмежень на вагові обмеження множників [19]. Перехресна ефективність застосовується для відбору дослідницьких проектів [20], переважного голосування [21] тощо. Оскільки неєдиність оптимальних ваг *DEA* веде до неєдиності рівня перехресної ефективності, пропонуються різні вторинні критерії – від песимістичних до оптимістичних [18]. Для подальшого вдосконалення ідеї рівня перехресної ефективності використовувалися поняття теорії ігор [22]. *DMUs* уважаються гравцями, для кожного з яких рівень ефективності визначається задачею *CCR* (за прізвищами *Charnes, Cooper, Rhodes* – авторів роботи [23]) чи задачею *BCC* (за прізвищами *Banker, Charnes, Cooper* – авторів роботи [13]) [24]. Якщо даний гравець *DMU 1* має певний рівень ефективності, то інший гравець *2* максимізує свій рівень ефективності, не зменшуючи рівня ефективності гравця *1*. Пропонується алгоритм неперервного оновлення рівнів ефективності, яке веде до найкращої множини рівнів ефективності за конкуренції заданих *DMUs* [22].

Для пошуку проекції найменшої відстані (найближчої точки) до ефективної межі пропонуються різні моделі [25], зокрема евклідова норма [26]. Знаходиться найменша відстань міського кварталу до слабкої ефективної межі [27–29]. Мінімізується скорочення входів [30], виявляючи всі ефективні грані [31; 32]. Проекцію найбільшої відстані шукають в адитивній моделі Парето – Купманса [33]. Позначимо цю модель *ADD*.

Через необхідність або зручність дослідник іноді змушений змінювати чи перетворювати дані, що мають використовуватися під час аналізу *DEA*. Наприклад, із міркувань масштабу може бути зручніше виражати ресурс у тисячах доларів, а не в доларах. Якщо значення прибутку бувають від'ємними для деяких *DMUs*, то може бути бажаним гарантувати невід'ємність значень прибутку всіх *DMUs* шляхом додавання достатньо великої константи до прибутку кожного *DMU*. Тоді постає питання, чи впливають такі перетворення первинних даних на результати застосування моделей вимірювання ефективності [34–37].

Властивості моделей DEA

Властивість / Модель		CCR-I	CCR-O	BCC-I	BCC-O	ADD	SBM
Дані	X	Д	Д	Д	В	В	Д
	Y	В	В	В	Д	В	В
Інваріантність зсуву	X	Ні	Ні	Ні	Так	Так	Ні
	Y	Ні	Ні	Так	Ні	Так	Ні
Ефективність		Т	Т	Т	Т	З	З
Віддача від масштабу		CRS	CRS	VRS	VRS		

Для даного фактора x_{ij} важливі два способи перетворення даних: 1) масштабування на спільний множник α , тобто перетворення $\hat{x}_{ij} = \alpha x_{ij}$; 2) зсув на спільний доданок a , тобто перетворення $\bar{x}_{ij} = a + x_{ij}$. Якщо перетворення 1) або 2) не змінює висновків моделі DEA порівняно з первинними даними, то говорять, що ця модель має властивість інваріантності одиниць або інваріантності зсуву відповідно. Позначимо CCR-I та BCC-I вхід-орієнтовану (input-oriented) модель CCR та вхід-орієнтовану модель BCC відповідно; позначимо CCR-O та BCC-O вихід-орієнтовану (output-oriented) модель CCR та вихід-орієнтовану модель BCC відповідно [24]. Позначимо SBM (slacks-based measure) міру ρ [24], основу на нев'язках [38].

Порівнюючи основні моделі DEA (табл. 1) [37], позначаємо Д вимогу наявності принаймні одного додатного елемента серед невід'ємних вхідних даних X або вихідних даних Y для кожного DMU і В – відсутність такої вимоги за довільності знаків даних. Значення θ^* цільової функції [24] належить відрізьку [0,1] у всіх згаданих моделях, окрім ADD. Усі згадані моделі мають властивість інваріантності одиниць, окрім ADD. Позначаємо Т або З те, що

відповідна модель вимірює технічну ефективність або змішану ефективність відповідно. Стандартне позначення CRS (constant returns to scale) стосується постійної віддачі від масштабу. Для моделей ADD та SBM віддача від масштабу може виявляти CRS або VRS залежно від урахування обмеження опуклості $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ [24]. ADD має властивість інваріантності зсуву за урахування цього обмеження.

Висновки. Переважна схильність до недооцінки чи нехтування розподільчої інформації є головною похибкою інтуїтивного передбачення. Звичайно, врахування розподільчої інформації не гарантує точності передбачень, але захищає від нереалістичних очікувань. Підбір підходящої моделі – це одне з питань DEA, яке стосується залежності результатів від обраних моделей і методів [39]. Висновки експертних оцінок і моделей DEA порівнюють із результатами статистичних регресій [40]. У США громадські університети були ефективніші за приватні за результатами навчання, а приватні – ефективніші за громадські за результатами досліджень [41]. Цей висновок виявився інваріантним відносно всіх моделей табл. 1, що свідчить про плідність аналітично-експертної взаємодії.

Список літератури:

1. Kahneman D., Tversky A. Intuitive prediction: biases and corrective procedures. Technical report RTR-1042-77-6. – Eugene, OR: Decision Research; A Branch of Perceptronics. Arlington, VA: Office of Naval Research; DARPA, 1977. – 44 p.
2. Stael von Holstein C.A.S. Probabilistic forecasting: an experiment related to the stock market // *Organizational behavior and human performance*. – 1972. – 8. – P. 139–158.
3. Kidd J.B. The utilization of subjective probabilities in production planning // *Acta psychologica*. – 1970. – 34. – P. 338–347.
4. Brown R.V., Kahr A.S., Peterson C. Decision analysis for the manager. – New York: Holt, Rinehart and Winston, 1974.
5. Zieve L. Misinterpretation and abuse of laboratory tests by clinicians // *Annals of N.Y. Academy of Science*, 1966. – 134. – P. 563–572.
6. Slovic P., Fischhoff B., Lichtenstein, S.C. Behavioral decision theory // *Annual review of psychology*. – 1977. – 28. – P. 1–39.
7. Tversky A., Kahneman D. Judgment under uncertainty: heuristics and biases // *Science*. – 1974. – 185(4157). – P. 1124–1131.
8. Kahneman D., Tversky A. On the psychology of prediction // *Psychological review*. – 1973. – 80. – P. 237–251.
9. Tversky A., Kahneman D. Causal thinking in judgment under uncertainty // *Basic problems in methodology and linguistics*. R. Butts, J. Hintikka (eds.) – Dordrecht, Holland: D. Reidel Publishing Co., 1977. – P. 167–190.
10. Bar-Hillel M. On the subjective probability of compound events // *Organizational behavior and human performance*. – 1973. – 9. – P. 396–406.
11. Deprins L., Simar L., Tulkens H. Measuring labor efficiency in post offices / *The performance of public enterprises: concepts and measurement*. M. Marchand, P. Pestieau, H. Tulkens (eds.) – Amsterdam: North Holland, 1984. – P. 243–267.
12. Tulkens H. On FDH efficiency analysis: some methodological issues and applications to retail banking, courts and urban transit // *Journal of productivity analysis*. – 1993. – 4. – P. 183–210.
13. Banker R.D., Charnes A., Cooper W.W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis // *Management science*. – 1984. – 30(9). – P. 1078–1092.

14. Thrall R.M. What is the economic meaning of FDH? // *Journal of productivity analysis*. – 1999. – 11. – P. 243–250.
15. Cherchye L., Kuosmanen T., Post T. What is the economic meaning of FDH? A reply to Thrall // *Journal of productivity analysis*. – 2000. – 13. – P. 263–267.
16. Green R., Cook W.D. A free disposal hull approach to efficiency measurement // *Journal of the Operational Research Society*. – 2004. – 55. – P. 1059–1063.
17. Sexton T.R., Silkman R.H., Hogan A.J. Data envelopment analysis: critique and extensions / *Measuring efficiency: an assessment of data envelopment analysis*. Vol. 32. R.H.Silkman (ed.) – Jossey-Bass, CA: San Francisco, 1986. – P. 73–105.
18. Doyle J., Green R. Efficiency and cross efficiency in DEA: derivations, meanings and the uses // *Journal of the Operational Research Society*. – 1994. – 45(5). – P. 567–578.
19. Anderson T.R., Hollingsworth K.B., Inman L.B., The fixed weighting nature of a cross-evaluation model // *Journal of productivity analysis*. – 2002. – 18(1). – P. 249–255.
20. Oral M., Kettani O., Lang P. A methodology for collective evaluation and selection of industrial R&D projects // *Management science*. – 1991. – 37(7). – P. 871–883.
21. Doyle J., Green R., Cook W.D. Preference voting and project ranking using DEA and cross-evaluation // *European journal of operational research*. – 1996. – 90. – P. 461–472.
22. Liang L.F., Wu J., Cook W.D., Zhu J. The DEA cross efficiency model and its Nash equilibrium // *Operations research*. – 2008. – 56(5). – P. 1278–1288.
23. Charnes A., Cooper W.W., Rhodes E.L. Measuring the efficiency of decision making units // *European journal of operational research*. – 1978. – 2(6). – P. 429–444.
24. Основи аналізу охоплення даних / В.М. Горбачук, А.А. Сирку, С.-Б. Сулейманов // *Вісник Одеського національного університету. Економіка*. – 2017. – Т. 22. – Вип. 1(54).
25. Aparicio J., Ruiz J., Sirvent I. Closest targets and minimum distance to the Pareto-efficient frontier in DEA // *Journal of productivity analysis*. – 2007. – 28. – P. 209–218.
26. Frei F., Harker P. Projections onto efficient frontiers: theoretical and computational extensions to DEA // *Journal of productivity analysis*. – 1999. – 11. – P. 275–300.
27. Charnes A., Neralic L. Sensitivity analysis in data envelopment analysis // *Glasnik matematički*. – 1992. – 27. – P. 191–201.
28. Charnes A., Rousseau J., Semple J. Sensitivity and stability of efficiency classifications in data envelopment analysis // *Journal of productivity analysis*. – 1996. – 7. – P. 5–18.
29. Briec W. Holder distance function and measurement of technical efficiency // *Journal of productivity analysis*. – 1999. – 11(2). – P. 111–131.
30. Gonzalez E., Alvarez A. From efficiency measurement to efficiency improvement: the choice of relevant benchmarks // *European journal of operational research*. – 2001. – 133. – P. 512–520.
31. Cherchye L., Van Puyenbroeck T. A comment on multistage DEA methodology // *Operational research letters*. – 2001. – 28(2). – P. 143–149.
32. Portela M., Borges P.C., Thanassoulis E. Finding closest targets in non-oriented DEA models: the case of convex and non-convex technologies // *Journal of productivity analysis*. – 2003. – 19(2). – P. 251–269.
33. Charnes A., Cooper W.W., Golany B., Seiford L.M., Stutz J. Foundations of data envelopment analysis and Pareto-Koopmans empirical production functions // *Journal of econometrics*. – 1985. – 30(1–2). – P. 91–107.
34. Ali A.I., Seiford L.M. Translation invariance in data envelopment analysis // *Operations research letters*. – 1990. – 9. – P. 403–405.
35. Thrall R.M. The lack of invariance of optimal dual solutions under translation // *Annals of operations research*. – 1996. – 66. – P. 103–108.
36. Pastor J.T. Translation invariance in DEA: a generalization // *Annals of operations research*. – 1996. – 66. – P. 93–102.
37. Cooper W.W., Seiford L.M., Tone K. *Introduction to data envelopment analysis and its uses*. – Springer Science, 2006.
38. Tone K. A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis // *European journal of operational research*. – 2001. – 130(3). – P. 498–509.
39. Cook W.D., Seiford L.M. Data envelopment analysis (DEA) – thirty years on // *European journal of operational research*. – 2009. – 192(1). – P. 1–17.
40. Lovell C.A.K., Walters L., Wood L. *Stratified models of education production using modified DEA and regression analysis / Data envelopment analysis: theory, methodology and applications*. – Norwell, MA: Kluwer Academic Publishers, 1994.
41. Ahn T., Seiford L.M. Sensitivity of DEA results to models and variable sets in a hypothesis test setting: the efficiency of university operations / *Creative and innovative approaches to the science of management*. Y. Ijiri (ed.) – New York: Quorum Books, 1993.