DeGroot i AI: Nowa matematyka globalnego ryzyka i decyzji

AUTOR

Fundacja Dobre Państwo

STRESZCZENIE / ABSTRACT

Artykuł analizuje wpływ teorii decyzji statystycznych Morrisa DeGroota na współczesne zarządzanie ryzykiem w dobie sztucznej inteligencji. Autor argumentuje, że gospodarka światowa to system zakładów o przyszłość, w którym matematyczne pojęcia takie jak przestrzeń prób, ryzyko Bayesa czy rozkład a priori stają się precyzyjnymi narzędziami dla banków centralnych i korporacji. Tekst pokazuje, jak formalne definicje eksperymentu statystycznego przekładają się na realne działania rynkowe, od emisji obligacji po wdrażanie modeli AI. Wskazuje również na aporię między matematyczną racjonalnością a codzienną praktyką zarządczą, podkreślając wagę rygorystycznej struktury logicznej w opisie złożoności współczesnego świata i optymalizacji decyzji w warunkach niepewności.

This article examines the impact of Morris DeGroot's statistical decision theory on contemporary risk management in the age of artificial intelligence. The author argues that the global economy is a system of betting on the future, in which mathematical concepts such as sample space, Bayesian risk, and prior distribution become precise tools for central banks and corporations. The text demonstrates how formal definitions of statistical experimentation translate into real-world market actions, from bond issuance to AI model implementation. It also highlights the aporia between mathematical rationality and everyday management practice, emphasizing the importance of a rigorous logical framework in describing the complexity of the modern world and optimizing decisions under conditions of uncertainty.

Współczesna gospodarka światowa, często postrzegana jako chaotyczny zbiór nieprzewidywalnych zdarzeń, w rzeczywistości podlega rygorystycznej strukturze matematycznej, której fundamenty uporządkował Morris DeGroot. Artykuł dowodzi, że klasyczny aparat teorii decyzji – obejmujący przestrzeń prób, zmienne losowe oraz

funkcje użyteczności – nie jest jedynie abstrakcyjną zabawką akademicką, lecz precyzyjnym językiem zarządzania niepewnością. Autor stawia tezę, że w epoce sztucznej inteligencji tradycyjna racjonalność ulega transformacji w kierunku „racjonalności transalgorytmicznej". W tym nowym paradygmacie decyzje nie są wynikiem czystej ludzkiej intuicji, lecz hybrydowego procesu, w którym algorytmy współtworzą rozkłady prawdopodobieństwa i funkcje straty. Artykuł analizuje, jak zróżnicowane style cywilizacyjne – od amerykańskiego modelu rynkowego, przez europejską ostrożność regulacyjną, po arabskie struktury hierarchiczne – wpływają na sposób definiowania ryzyka. Kluczowym wnioskiem jest uznanie, że teoria decyzji pełni dziś rolę zwierciadła: pozwala korporacjom i rządom dostrzec własne, często ukryte sprzeczności, wymuszając przejście od biernego obserwowania szumu informacyjnego do aktywnego kształtowania rzeczywistości poprzez świadome zarządzanie niewiedzą w świecie zdominowanym przez nieustanne aktualizacje danych.

SŁOWA KLUCZOWE

Morris DeGroot | ryzyko Bayesa | teoria decyzji | przestrzeń prób | rozkład a priori | wektor losowy | funkcja użyteczności | niepewność instytucjonalna | modele bayesowskie | optymalizacja | globalne ryzyko | funkcja straty | subiektywne prawdopodobieństwo | zarządzanie niewiedzą | systemy gospodarcze

Matematyka decyzji jako mapa ukryta pod szumem gospodarki

Jeżeli potraktować gospodarkę światową nie jako zbiór statycznych faktów, lecz jako gigantyczny system zakładów o przyszłość, wówczas klasyczny aparat teorii decyzji statystycznych, który Morris DeGroot uporządkował w formie spójnego traktatu, przestaje być abstrakcyjną zabawką matematyczną. Staje się on raczej precyzyjnym językiem opisującym to, co w codziennej praktyce robią rządy, banki centralne, globalne korporacje oraz drobni przedsiębiorcy walczący o rynkowe przetrwanie. DeGrootowska figura eksperymentu, przestrzeni prób oraz ryzyka Bayesa, czyli oczekiwanej straty decydenta uśrednionej względem wszystkich możliwych stanów świata i rozkładu a priori, jest niczym mapa logiczna ukryta pod szumem giełdowych notowań i paneli w

Davos. Ten matematyczny fundament pozwala nam dostrzec, że pod powierzchnią informacyjnego chaosu kryje się rygorystyczna struktura, która nadaje sens każdemu rynkowemu ruchowi. Wszak to właśnie te pojęcia pozwalają przełożyć nieuchwytną niepewność na konkretne, mierzalne narzędzia zarządzania, którymi posługują się współcześni sternicy kapitału.

Eksperyment statystyczny, który w podręczniku jest niewinnym rzutem monetą, w realnej gospodarce staje się emisją zielonej obligacji, wejściem na nowy rynek lub wdrożeniem dużego modelu językowego do łańcucha decyzyjnego banku. Formalna definicja eksperymentu jako abstrakcyjnej procedury dostarczającej informacji o nieznanych parametrach rzeczywistości wydaje się w tym kontekście wręcz prowokacyjna, ponieważ ujawnia ona głęboko ukrytą tezę całej teorii decyzji. Niepewność gospodarcza nie jest bowiem metafizycznym chaosem, lecz uporządkowanym niewiedzeniem, które można reprezentować przez przestrzeń prób, zmienne losowe oraz precyzyjnie zdefiniowane rozkłady prawdopodobieństwa. Z perspektywy nowoczesnego przedsiębiorcy dobrze widać, jak brutalnie konkretna jest ta matematyczna abstrakcja, gdy stawką są miliardy dolarów lub stabilność całego sektora. Każde działanie, którego wynik nie jest znany ex ante, staje się w tym ujęciu próbą wyrwania rzeczywistości jej tajemnic.

Start-up biotechnologiczny traktuje wynik zaawansowanych badań klinicznych jako eksperyment, którego przestrzenią prób jest zestaw możliwych profili skuteczności i bezpieczeństwa nowego leku. Korporacja energetyczna buduje analogiczną przestrzeń dla scenariuszy cen uprawnień do emisji CO_2 oraz przyszłych regulacji klimatycznych, starając się zamknąć przyszłość w karbach statystycznego modelu. Bank inwestycyjny z kolei opisuje przez wektor losowy przyszłe stopy procentowe w kilku różnych jurysdykcjach, próbując przewidzieć ruchy regulatorów z wyprzedzeniem. W praktyce gospodarczej eksperymentem jest więc każde działanie, w którym można sensownie rozróżnić różne możliwe stany świata i przypisać im, choćby subiektywne, prawdopodobieństwa wystąpienia. Pojawia się tu jednak pierwsza aporia współczesnej gospodarki, która rzuca cień na ten idealny obraz matematycznej racjonalności.

Z jednej strony, jak przekonująco pokazuje DeGroot, racjonalny decydent powinien konstruować rozkład a priori, czyli matematyczną reprezentację przekonań o strukturze świata przed zaobserwowaniem danych, w sposób zwarty i przejrzysty. Decyzja powinna być wtedy jedynie mechanicznym skutkiem zastosowania reguły minimalizacji oczekiwanej straty, co czyni z procesu zarządzania niemalże inżynieryjne zadanie optymalizacyjne. Z drugiej strony, codzienna praktyka zarządów i rządów pełna jest działań, które roszczą sobie prawo do racjonalności, choć faktycznie ignorują podstawowe składniki problemu decyzyjnego. Często zawężają one przestrzeń wyników do wygodnych scenariuszy, traktują niepewność jak szum, który można zignorować, a użyteczność

redukują do kwartalnego zysku. Aby tę sprzeczność uchwycić, trzeba zacząć od porządnej rekonstrukcji aparatu, który jest dziś jednym z niewielu spójnych języków opisu ryzyka.

Przestrzeń prób to w tej architekturze zbiór wszystkich możliwych wyników eksperymentu, stanowiący fundament dla każdej dalszej operacji myślowej i analitycznej. W wersji makroekonomicznej może to być ciągły zbiór ścieżek wzrostu PKB, inflacji i bezrobocia, które opisują ewolucję gospodarki w horyzoncie nadchodzącej dekady. Na poziomie mikroprzedsiębiorstwa przestrzenią prób może być zbiór możliwych rocznych obrotów i marż przy ryzykownym wejściu na rynki zagraniczne, na przykład do Stanów Zjednoczonych. W każdym z tych przypadków zmienna losowa jest tylko funkcją, która do wyniku eksperymentu przypisuje konkretną liczbę, taką jak zysk netto czy kurs akcji. Wektor losowy, będący w statystyce neutralną konstrukcją, staje się w ekonomii podstawowym nośnikiem złożoności, ponieważ rynek nigdy nie napiera na zarząd w sposób jednowymiarowy.

Decyzja o budowie fabryki półprzewodników generuje jednocześnie cały wektor konsekwencji makroekonomicznych, geopolitycznych, środowiskowych oraz, co coraz ważniejsze, reputacyjnych. Wektor losowy o komponentach takich jak stopa zwrotu, prawdopodobieństwo sankcji czy intensywność emisji CO_2 jest znacznie bliższy realnemu problemowi globalnej korporacji niż pojedyncza liczba w arkuszu Excel. Wielowymiarowe rozkłady są w tym ujęciu opisem realnego faktu, że współczesna gospodarka jest wielokanałowym procesem losowym, w którym zdarzenia na różnych kontynentach są powiązane gęstą siecią kowariancji. Wielowymiarowy rozkład normalny opisuje na przykład wspólną dynamikę stóp procentowych najważniejszych banków centralnych świata, co dla globalnego inwestora stanowi naturalną strukturę przestrzeni prób. To, co w podręczniku brzmi jak czysta abstrakcja, w praktyce okazuje się narzędziem pozwalającym uniknąć katastrofalnych w skutkach błędów.

Jeśli rozkład brzegowy zmian popytu w Unii Europejskiej jest inny niż w Ameryce Północnej, a rozkład warunkowy zależy od cen surowców, to statystyczne operacje marginalizacji stają się analizą scenariuszy regionalnych. Różnice między kontynentami są w istocie różnicami w rozkładach prawdopodobieństwa, które determinują strategię alokacji kapitału w skali całego globu. Rozdziały DeGroota poświęcone konstrukcji subiektywnego prawdopodobieństwa robią wrażenie chłodnej gry aksjomatów, lecz w świetle współczesnych kryzysów jawią się jako fascynująca teoria polityczna. U podstaw leży twierdzenie, że przekonania decydenta o przyszłych zdarzeniach można reprezentować za pomocą miary prawdopodobieństwa wynikającej z uporządkowania preferencji między zakładami. Subiektywne prawdopodobieństwo nie jest więc liczbą zawieszoną w próżni, lecz skondensowaną strukturą władzy, doświadczenia oraz dominującej w danym systemie ideologii.

Jeżeli zarząd amerykańskiej korporacji technologicznej ocenia prawdopodobieństwo ostrych regulacji antymonopolowych jako niskie, jest to rezultat interakcji lobbingu, kultury prawnej i specyficznego modelu relacji państwo-biznes. Inwestor w krajach arabskich może natomiast przypisywać wysokie prawdopodobieństwo utrzymaniu subsydiów energetycznych, działając w ramach innego porządku politycznego, gdzie kapitał i władza są splecione inaczej. Profesor Elżbieta Mączyńska zauważa, że słowo „niepewność" staje się jednym z najczęściej powtarzanych określeń współczesnej gospodarki, mając przy tym charakter nie tylko liczbowy, lecz przede wszystkim instytucjonalny. Dotyczy ona bowiem zmienności samych reguł gry, a nie wyłącznie fluktuacji zmiennych makroekonomicznych, co czyni proces decyzyjny jeszcze bardziej złożonym i wielowarstwowym. W tym sensie konstrukcja subiektywnej miary prawdopodobieństwa jest zawsze osadzona w horyzoncie świata przeżywanego, ukształtowanego przez systemy prawne i wspólnotę doświadczenia.

Teoria decyzji nie jest zatem zewnętrznym komentarzem do praktyki gospodarczej, lecz lustrem, w którym ta praktyka może zobaczyć własne sprzeczności i ograniczenia. Pozwala ona zrozumieć, że każda funkcja straty, czyli formalna miara kosztu za podjęcie decyzji odbiegającej od rzeczywistości, niesie w sobie ukryte założenia etyczne i polityczne. Kiedy bank centralny wybiera między stabilnością cen a wzrostem gospodarczym, w istocie dokonuje on kalibracji parametrów wewnątrz modelu bayesowskiego, decydując, które ryzyko jest dla społeczeństwa bardziej akceptowalne. Matematyka DeGroota dostarcza nam więc nie tylko narzędzi do liczenia, ale przede wszystkim ramy do myślenia o odpowiedzialności w świecie, w którym dane nigdy nie mówią same za siebie. To nie dane wybierają rozkład; to rozkład wybiera, jaki sens mają dane w konkretnym kontekście historycznym i społecznym.

Ostatecznie aparat teorii decyzji pozwala nam zrozumieć, że racjonalność w epoce niepewności nie polega na posiadaniu szklanej kuli, lecz na świadomym zarządzaniu własną niewiedzą. Każda aktualizacja przekonań, każde przejście od rozkładu a priori do a posteriori, jest aktem intelektualnej uczciwości wobec zmieniającej się rzeczywistości rynkowej. W świecie, który nie jest zbiorem stanów, lecz zbiorem nieustannych aktualizacji, matematyczna precyzja staje się jedyną kotwicą chroniącą przed dryfowaniem w stronę czystej spekulacji. DeGroot, kodyfikując te zasady, dał nam coś więcej niż podręcznik statystyki; dał nam przewodnik po logice przetrwania w systemie, który z natury jest nieprzewidywalny. Dzięki temu możemy patrzeć na gospodarkę nie jak na chaos, lecz jak na skomplikowaną partię szachów, w której każdy ruch jest wynikiem głębokiej, matematycznej refleksji nad możliwą przyszłością.

Użyteczność jako ukryty kodeks normatywny współczesnego biznesu

DeGroot, prowadząc swój wywód aż do aksjomatu eksperymentu pomocniczego z rozkładem jednostajnym, nie proponuje nam bynajmniej naiwnej neutralności matematycznej. Twierdząc, że subiektywne przekonania można precyzyjnie zmapować na liczby między zerem a jednością, zakłada on milcząco, iż decydent jest gotów wejść w rygorystyczną praktykę koordynacji działań. W tym ujęciu deklarowane przekonania podlegają nieustannej krytyce z punktu widzenia ich wewnętrznej spójności, co stanowi ekonomiczną wersję zasady, że roszczenia do słuszności muszą być gotowe na zderzenie z lepszym argumentem. Subiektywne prawdopodobieństwo nie jest więc liczbą zawieszoną w próżni, lecz skondensowaną strukturą władzy, doświadczenia i ideologii, która domaga się intersubiektywnej weryfikacji. W globalnej architekturze finansowej ten teoretyczny postulat staje się zarzewiem realnego konfliktu o to, czyja miara niepewności powinna zostać uznana za obowiązującą normę.

Współczesna gospodarka światowa stanowi arenę, na której rozgrywa się fascynujący spór o dopuszczalny stopień subiektywizacji prawdopodobieństwa w procesach decyzyjnych. Finansiści z Wall Street skłonni są uznać subiektywne przekonania za pełnoprawne narzędzie analityczne, o ile ich rynkowe konsekwencje są bezlitośnie i natychmiastowo rozliczane przez mechanizm cenowy. Zgoła odmienne podejście prezentują regulatorzy w Brukseli; forsują oni wymóg obiektywizacji, gdzie modele ryzyka muszą być kalibrowane na twardych danych historycznych i poddawane rygorystycznym testom warunków skrajnych (stress-testom). Tymczasem w wielu krajach arabskich, gdzie gospodarka opiera się na hybrydzie kapitalizmu państwowego i norm religijnych, rola subiektywnej oceny przyszłości jest wręcz wpisana w strukturę władzy politycznej. Decyzja suwerena, księcia lub emira, staje się tam ostatecznym nośnikiem funkcji użyteczności, wyznaczając ramy tego, co w danym systemie uznaje się za prawdopodobne.

Teoria użyteczności, która w klasycznym ujęciu von Neumanna i Morgensterna jawi się jako czysto formalna konstrukcja matematyczna, w rzeczywistości odsłania głęboki kodeks normatywny współczesnego biznesu. Funkcja użyteczności przypisuje każdej możliwej nagrodzie konkretną wartość liczbową, reprezentującą subiektywne znaczenie tego zysku dla konkretnego podmiotu, przy czym oczekiwana użyteczność staje się nadrzędnym kryterium wyboru. W realnym świecie nie istnieje jednak jedna, uniwersalna funkcja użyteczności, lecz cała rodzina zróżnicowanych krzywych, zależnych od ontologicznego statusu decydenta. Inaczej na świat patrzy anonimowy akcjonariusz funduszu indeksowego, inaczej prezes rodzinnej firmy w Niemczech, a jeszcze inaczej menedżer funduszu suwerennego czy przedstawiciel europejskiego prekariatu. Teoria decyzji nie

jest więc zewnętrznym komentarzem do praktyki gospodarczej, lecz lustrem, w którym ta praktyka może zobaczyć własne sprzeczności.

Profesor Elżbieta Mączyńska słusznie zauważa, że współczesna myśl ekonomiczna cierpi na fundamentalny błąd pomiaru, polegający na utożsamieniu sukcesu z uproszczonymi wskaźnikami finansowymi. Takie podejście systematycznie pomija długofalowe koszty społeczne oraz środowiskowe, co w konsekwencji prowadzi do patologicznego zniekształcenia funkcji użyteczności na poziomie całych systemów gospodarczych. Gdy ramy analityczne stają się zbyt wąskie, optymalizacja matematyczna zaczyna służyć celom, które z punktu widzenia dobrostanu społecznego są jawnie irracjonalne lub wręcz szkodliwe. W ten sposób funkcja straty, czyli formalna miara kary za podjęcie decyzji odbiegającej od rzeczywistego stanu parametrów, zostaje źle zdefiniowana, co prowadzi do sytuacji, w której systemy informacyjne generują odpowiedzi poprawne technicznie, lecz całkowicie oderwane od aksjologicznych fundamentów ludzkiej egzystencji.

W codziennej praktyce korporacyjnej funkcja użyteczności jest implementowana w niemal sakralnej ciszy arkuszy kalkulacyjnych oraz modeli zdyskontowanych przepływów pieniężnych, znanych powszechnie jako DCF. Kiedy globalny koncern rozważa zamknięcie zakładu w Europie i przeniesienie produkcji do Azji Południowo-Wschodniej, cała złożoność ludzkiego losu zostaje zredukowana do wartości bieżącej strumienia zysków. Koszty społeczne wynikające z bezrobocia, utraty lokalnych kompetencji czy erozji klasy średniej są traktowane jako czynniki zewnętrzne, nieposiadające swojej reprezentacji w matematycznym modelu decyzji. W takim ujęciu funkcja użyteczności staje się skrajnie wąska i wklęsła względem zysku, co objawia się silną awersją wobec krótkoterminowego ryzyka finansowego. Jednocześnie model ten wykazuje zdumiewającą obojętność na długofalowe ryzyka systemowe, ignorując potencjalne koszty przyszłej destabilizacji całego otoczenia rynkowego.

Michał Kalecki już dekady temu ostrzegał, że dla klasy posiadającej znacznie ważniejsza od bieżącego zysku bywa dyscyplina w zakładach pracy oraz szeroko rozumiana stabilizacja polityczna. Z jego perspektywy trwałe pełne zatrudnienie jest z punktu widzenia kapitału zjawiskiem niezdrowym, ponieważ narusza kruchą równowagę sił i osłabia bezpośrednią kontrolę nad procesem pracy. Ten słynny fragment znakomicie odsłania ukryty profil użyteczności współczesnych elit gospodarczych, zarządzających globalnymi przepływami kapitału w sposób często nieoczywisty dla zewnętrznego obserwatora. Krzywa użyteczności decydenta nie jest bowiem prostą, monotoniczną funkcją zysku, lecz skomplikowaną funkcją dwóch zmiennych: dochodu oraz realnej władzy nad otoczeniem. Wzrost zysków, jeśli odbywa się kosztem utraty kontroli nad

strukturą społeczną, może paradoksalnie obniżać całkowitą użyteczność, co tłumaczy wiele pozornie nielogicznych decyzji podejmowanych na szczytach hierarchii.

Geometria decyzji: Jak kultura kształtuje matematykę ryzyka

Z perspektywy teorii decyzji klasyczny model korporacyjny skrywa w sobie dodatkowy, niemierzalny jawnie parametr, jakim jest preferencja względem strukturalnej dominacji. Tam, gdzie Morris DeGroot zakładał neutralną wobec treści funkcję użyteczności, służącą jedynie do matematycznego porządkowania nagród, musimy przyznać, że w żywej praktyce gospodarczej użyteczność jest konstruktem znacznie głębszym. Odzwierciedla ona bowiem nie tylko doraźne preferencje konsumpcyjne, lecz także utajone interesy klasowe, sztywne normy kulturowe oraz lokalne mitologie sukcesu, które determinują kierunki ekspansji. Subiektywne prawdopodobieństwo nie jest więc liczbą zawieszoną w próżni, lecz skondensowaną strukturą władzy, doświadczenia i ideologii, co czyni każdy akt wyboru manifestacją określonego światopoglądu. Teoria decyzji nie jest zatem zewnętrznym komentarzem do praktyki gospodarczej, lecz lustrem, w którym ta praktyka może zobaczyć własne, często przemilczane sprzeczności.

Jeżeli spojrzymy na architekturę globalnej gospodarki przez pryzmat aparatu statystycznego (Ω, D, L, P), dostrzeżemy fascynujące pęknięcia w monolitycznym obrazie nowoczesnego kapitalizmu. W tym układzie Ω stanowi przestrzeń stanów świata, D jest zbiorem dostępnych decyzji, L oznacza funkcję straty, a P reprezentuje rozkład a priori, czyli matematyczną reprezentację przekonań o strukturze rzeczywistości przed analizą danych. Porównując Amerykę Północną, Unię Europejską oraz kraje arabskie, zauważymy, że różnią się one fundamentalnie w sposobie definiowania tych parametrów, co prowadzi do odmiennych trajektorii rozwoju. W modelu północnoamerykańskim typowy problem decyzyjny korporacji jest od samego początku zorientowany na bezwzględną logikę rynku kapitałowego i maksymalizację wartości dla akcjonariusza. Tutaj funkcja straty, czyli formalna miara kosztu podjęcia decyzji odbiegającej od stanu rzeczywistego, jest definiowana niemal wyłącznie jako odchylenie od oczekiwanej stopy zwrotu.

W systemie amerykańskim rozkład a priori staje się swoistą mieszaniną danych historycznych, rynkowych wycen opcji oraz specyficznego, niemal mistycznego instynktu menedżerów wyższego szczebla. Rynek papierów wartościowych pełni tu rolę potężnego agregatora przekonań, gdzie subiektywne prawdopodobieństwo ma charakter intensywnie zinternalizowany, a każda decyzja jest testowana w czasie rzeczywistym przez fluktuacje giełdowe. Zgoła inaczej sytuacja wygląda w Unii Europejskiej, gdzie problem decyzyjny jest znacznie silniej przeciążony normatywnie i

uwikłany w gęstą sieć zależności społecznych. Strata obejmuje tutaj nie tylko ubytek kapitału, lecz także koszty środowiskowe oraz regulacyjne, wynikające z rygorystycznych standardów ESG, czyli wymogów dotyczących ochrony klimatu i ładu korporacyjnego. Przestrzeń decyzyjna jest w tym przypadku gęsto usiana ramami prawnymi, które wymuszają na decydentach uwzględnienie dialogu społecznego jako integralnego elementu rachunku ekonomicznego.

Europejskie rozkłady a priori odwołują się znacznie silniej do sformalizowanych modeli makroekonomicznych i prognoz instytucji regulacyjnych niż do surowych, zmiennych cen rynkowych. Funkcja użyteczności w tym kręgu kulturowym wykazuje silną wklęsłość względem ryzyka systemowego, co w praktyce oznacza wysoką tolerancję dla niższego zysku krótkoterminowego w zamian za stabilność. Tymczasem w wielu krajach arabskich problem decyzyjny pozostaje wciąż nierozerwalnie sprzęgnięty z aparatem państwowym oraz nadrzędnymi normami religijnymi, które nadają mu specyficzny rytm. Strata uwzględnia tu nie tylko wynik finansowy, lecz przede wszystkim zgodność z zasadami szariatu oraz konieczność legitymizacji działań w oczach wspólnoty plemiennej. Rozkład a priori jest w tym regionie często niejawny, ponieważ wiedza o przyszłości stanowi koncentrat modeli ekonomicznych i informacji politycznych, pozbawionych pełnej transparentności.

O ile w Europie i Ameryce dyskurs ryzyka odbywa się w języku matematycznych modeli, o tyle w krajach Zatoki nadal dominuje język autorytetu, tradycji oraz osobistej lojalności. Wszystkie te różnice nie znoszą jednak fundamentalnego faktu, że w każdej z tych cywilizacji decyzje są podejmowane w warunkach nieuchronnej niepewności. Tradycyjna intuicja, sugerująca, że można ignorować te strukturalne odmienności, prowadzi nieuchronnie do patologii systemowych i błędnych alokacji zasobów. Jak słusznie zauważa Elżbieta Mączyńska, kryzysy gospodarcze stanowią gwałtowne impulsy zmian, które wymuszają na elitach bolesną korektę metod pomiaru i oceny rzeczywistości. W takich momentach następuje rekonstrukcja funkcji użyteczności oraz rozkładów prawdopodobieństwa, co pozwala na nowo zdefiniować ryzyko Bayesa, czyli oczekiwaną stratę uśrednioną względem wszystkich możliwych stanów świata.

W ostatnich latach do tego złożonego krajobrazu dołączył nowy, potężny aktor, który nie jest ani państwem, ani rynkiem, ani pojedynczym przedsiębiorcą. Jest nim zinstytucjonalizowana sztuczna inteligencja, rozumiana nie jako abstrakcyjna technologia, lecz jako zestaw systemów rekomendacyjnych i algorytmów scoringowych, wchodzących w samo centrum procesu decyzyjnego. Pojawienie się tych narzędzi rodzi koncepcję racjonalności transalgorytmicznej, czyli struktury, w której podmiotem decyzji staje się hybryda człowieka, kodu oraz norm instytucjonalnych. To nie dane wybierają rozkład; to rozkład wybiera, jaki sens mają dane w tym nowym, cyfrowym eksperymencie statystycznym, będącym procedurą dostarczającą informacji o

parametrach rzeczywistości. Świat nie jest już tylko zbiorem stanów, lecz staje się zbiorem nieustannych aktualizacji, w których algorytmy przejmują rolę strażników interpretacji.

Algorytmiczna racjonalność: Nowa matematyka decyzji biznesowych

Międzynarodowy Fundusz Walutowy szacuje, że w gospodarkach rozwiniętych około sześćdziesięciu procent miejsc pracy zostanie dotkniętych przez sztuczną inteligencję, przy czym owa ekspozycja ma charakter dwoisty. Połowa tego zjawiska to komplementarność, w której maszyna wspiera człowieka, druga zaś to czysta substytucja, w której algorytm po prostu zajmuje jego miejsce przy biurku. Światowa Organizacja Handlu prognozuje z kolei, że do 2040 roku AI może zwiększyć globalny handel o jedną trzecią, podnosząc światowy PKB o kilkanaście procent. Liczby te nie są jedynie suchą statystyką, lecz wyznaczają skalę cywilizacyjnego zakładu, w który wchodzi globalny biznes, kładąc na szali niewyobrażalne kapitały. W tym ujęciu niepewność gospodarcza nie jest metafizycznym chaosem, lecz uporządkowanym stanem niewiedzy, który próbujemy okiełznać za pomocą coraz bardziej złożonych modeli matematycznych.

Wprowadzenie AI do procesów decyzyjnych wymusza zasadniczą zmianę w sposobie, w jaki konstruujemy rozkłady a priori, czyli matematyczne reprezentacje naszych przekonań o świecie przed analizą nowych danych. Dotychczas owe rozkłady subiektywne były destylatem ludzkiej refleksji, wieloletniego doświadczenia branżowego oraz wielogodzinnych dyskusji w gronie ekspertów. Dziś parametry, które decydent przyjmuje jako fundament swojego rozumowania, coraz rzadziej pochodzą z jego własnej intuicji, a częściej są wynikiem algorytmicznego uśrednienia gigantycznych zbiorów danych. To nie dane wybierają rozkład; to rozkład wybiera, jaki sens mają dane, co w praktyce oznacza, że nasza percepcja rzeczywistości biznesowej jest filtrowana przez matematyczną strukturę modelu. Rozkład ten staje się niezbędnym warunkiem logicznym do przeprowadzenia jakiejkolwiek aktualizacji wiedzy w dynamicznym środowisku rynkowym.

Obecnie to już nie członek zarządu, opierając się na swoim doświadczeniu, przypisuje konkretne prawdopodobieństwo niewypłacalności klienta, lecz robi to za niego precyzyjny model scoringowy. Podobnie pojedynczy analityk przestał być wyrocznią w kwestii oceny projektów badawczo-rozwojowych, gdyż jego rolę przejął system rankingowy optymalizujący funkcję straty, czyli formalną miarę kosztu błędnej decyzji. W literaturze ekonomicznej coraz głośniej mówi się więc o tym, że AI nie tyle likwiduje naszą ograniczoną racjonalność, co przekształca ją w racjonalność zmediatyzowaną. Jest to stan, w którym subiektywne przekonania człowieka splatają się nierozerwalnie z algorytmicznymi rozkładami a priori, wytrenowanymi na historycznych danych,

tworząc nową, hybrydową strukturę poznawczą. Ta racjonalność transalgorytmiczna, będąca fuzją człowieka i kodu, staje się nowym standardem w instytucjach finansowych.

Równocześnie obserwujemy fascynujący paradoks, na który coraz częściej zwracają uwagę wnikliwi analitycy rynków finansowych oraz teoretycy statystyki publicznej. Oficjalne wskaźniki makroekonomiczne, z PKB na czele, nie są w stanie w pełni uchwycić realnego wpływu inwestycji w AI na produkcję i efektywność procesów. Prowadzi to do osobliwej sytuacji, w której model probabilistyczny używany przez nowoczesną korporację wykazuje większą świadomość technologicznej transformacji niż cały aparat statystyki państwowej. Można odnieść wrażenie, że świat nie jest zbiorem stanów, lecz zbiorem aktualizacji, których tempo przekracza możliwości percepcyjne tradycyjnych instytucji nadzorczych. W tej luce informacyjnej rodzi się ryzyko Bayesa, czyli oczekiwana strata decydenta wynikająca z działania w warunkach niepełnej wiedzy o rzeczywistym stanie parametrów gospodarczych.

Dla codziennej praktyki zarządczej oznacza to, że klasyczny schemat bayesowski, służący do aktualizacji przekonań, wymaga gruntownego i dość pilnego odświeżenia. Podmiot podejmujący decyzję nie konfrontuje już swoich założeń bezpośrednio z surową rzeczywistością, lecz robi to w świetle predykcji systemu AI. System ten sam w sobie jest posiadaczem określonego rozkładu a priori, który został zakodowany w jego architekturze przez programistów i proces uczenia maszynowego. Mamy zatem do czynienia z hierarchicznym procesem bayesowskim, gdzie menedżer aktualizuje swoje przekonania na podstawie rozkładów, które same są już wynikiem wcześniejszej aktualizacji na poziomie algorytmu. Jest to swoista incepcja statystyczna, w której każda kolejna warstwa wnioskowania oddala nas od pierwotnego źródła danych.

Aby w pełni zrozumieć subtelność tego położenia, warto rozważyć pewną metapoziomową zagadkę logiczną, która testuje nasze rozumowanie relacji między prawdopodobieństwem a użytecznością. Wyobraźmy sobie zarząd dużej instytucji finansowej, który stoi przed wyborem jednej z dwóch wykluczających się strategii inwestycyjnych. Strategia A zakłada zainwestowanie ogromnych środków w zaawansowany system AI, który ma wspomagać procesy przyznawania kredytów. Strategia B to z kolei bezpieczny powrót do tradycji, czyli pozostanie przy sprawdzonych procedurach opartych wyłącznie na wiedzy i doświadczeniu ludzkich analityków. Wybór ten nie jest jedynie kwestią technologiczną, lecz fundamentalnym pytaniem o to, komu powierzamy prawo do definiowania ryzyka w organizacji.

Przyjmijmy teraz trzy zdania: p oznacza, że AI poprawi wyniki portfela; q mówi o wprowadzeniu przez regulatora restrykcyjnych zasad odpowiedzialności; r głosi, że rynek premiuje spółki inwestujące w AI. Zarząd wierzy, że jeśli AI zadziała, a regulator nie nałoży kar (p i nie q), to rynek z pewnością ich nagrodzi (r). Zakłada również, że brak inwestycji w AI zostanie odczytany jako sygnał

słabości, co doprowadzi do nieakceptowalnego spadku wyceny spółki. Wydaje się więc, że przy wysokim prawdopodobieństwie sukcesu technologii i niskim ryzyku regulacyjnym wybór strategii A jest logiczną koniecznością wynikającą z rachunku zdań. Niemniej jednak rzeczywistość korporacyjna rzadko podąża ścieżką czystej logiki formalnej, co ujawnia głębsze pęknięcia w strukturze decyzyjnej.

Dlaczego zatem niektóre zarządy, mimo wiary w sukces technologii oraz rynkową premię, uparcie trzymają się strategii B, działając pozornie wbrew własnej funkcji użyteczności? Rozwiązanie tej aporii tkwi w ukrytym parametrze s, oznaczającym ryzyko katastrofalnego skandalu reputacyjnego, którego koszt przewyższa wszelkie rynkowe zyski. W takim układzie prawdziwym kryterium wyboru nie jest już relacja między zyskiem a prawdopodobieństwem, lecz głęboko skrywany lęk przed utratą kontroli nad algorytmem. Subiektywne prawdopodobieństwo nie jest więc liczbą zawieszoną w próżni, lecz skondensowaną strukturą władzy, doświadczenia i ideologii. Teoria decyzji nie jest zewnętrznym komentarzem do praktyki gospodarczej, lecz lustrem, w którym ta praktyka może wreszcie zobaczyć własne, starannie skrywane sprzeczności.

Matematyczna architektura racjonalności w świecie niepewności

Właściwym punktem wyjścia dla zrozumienia architektury DeGroota jest uznanie, że pojęcia klasycznej statystyki stanowią warunki możliwości racjonalnego działania, a nie jedynie techniczne instrumentarium. Każdy eksperyment, zmienna losowa czy rozkład muszą zostać zrekonstruowane w języku strukturalnym, który pozwala włączyć je w ramy modelu decyzji aktora gospodarczego. Eksperyment statystyczny, czyli abstrakcyjna procedura dostarczająca informacji o nieznanych parametrach rzeczywistości, nie jest tu opisem empirycznym, lecz konstrukcją o charakterze niemal transcendentalnym. Mówi on nie o tym, co faktycznie zaszło w świecie, lecz o logicznych wymogach, które muszą zostać spełnione, aby pojęcie niepewności w ogóle nabrało sensu. W tym ujęciu niepewność gospodarcza nie jest metafizycznym chaosem, lecz uporządkowanym niewiedzeniem, wymagającym precyzyjnej enumeracji wszystkich potencjalnych wyników w ramach ustalonej przestrzeni prób.

Formalna definicja eksperymentu zakłada istnienie zbioru wszystkich możliwych stanów świata, który nie jest arbitralną listą scenariuszy, lecz ścisłą strukturą logiczną umożliwiającą budowanie zdarzeń. Każdy stan świata musi być z definicji rozłączny z każdym innym, co pozwala na precyzyjne rozróżnienie wyników bez konieczności odwoływania się do mechanizmów fizycznych. Publikacja raportu finansowego, decyzja banku centralnego czy wynik głosowania parlamentarnego

stają się w tym ujęciu dokładnymi odpowiednikami rzutu monetą. Wszystkie te sytuacje wymagają bowiem uprzedniej konstrukcji zbioru wyników, co czyni eksperyment warunkiem definicji prawdopodobieństwa, a nie jego wtórnym efektem. Można zatem rzec, że to nie dane wybierają rozkład; to rozkład wybiera, jaki sens mają dane w danym kontekście decyzyjnym.

Zmienna losowa, rozumiana jako funkcja przyporządkowująca każdemu elementowi przestrzeni prób konkretną liczbę rzeczywistą, umożliwia przekład surowej struktury świata na język rachunku matematycznego. Jej istotą jest mierzalność, czyli wymóg, aby zbiory wyników nieprzekraczające pewnej wartości stanowiły zdarzenia, którym można w sposób spójny przypisać określone prawdopodobieństwo. Nie jest to bynajmniej detal techniczny, lecz fundamentalny warunek sensowności wypowiedzi o ryzyku spadku zysku poniżej założonego progu bezpieczeństwa. Gdyby zmienna nie spełniała warunku mierzalności, wszelkie próby kwantyfikacji niepewności stałyby się logicznie puste i pozbawione operacyjnej wartości. W świecie DeGroota mierzalność jest zatem bezpiecznikiem chroniącym system przed popadnięciem w poznawczą niespójność.

Wektor losowy stanowi rozwinięcie tej idei, będąc jednoczesnym odwzorowaniem eksperymentu w wiele wymiarów, z których każdy opisuje inny aspekt potencjalnego stanu rzeczywistości. O ile pojedyncza zmienna pozwala na opis izolowanej niepewności, o tyle wektor jest konstrukcją umożliwiającą uchwycenie skomplikowanych współzależności między różnymi zjawiskami. Dopiero w wielowymiarowej przestrzeni pojawia się możliwość definiowania kowariancji i korelacji, które z perspektywy ekonomicznej są znacznie istotniejsze niż proste średnie czy wariancje. Wektor losowy staje się więc statystycznym odpowiednikiem systemu równań dynamicznych, przedstawiając świat jako obiekt wielokierunkowo sprzężony i wewnętrznie powiązany. Jest to matematyczny fundament dla zrozumienia, jak zmiana jednego parametru rezonuje w całym systemie gospodarczym.

Rozkład zmiennej losowej, czyli miara prawdopodobieństwa określona na liczbach rzeczywistych, nie jest prostym zbiorem obserwacji, lecz sposobem formalnej charakteryzacji niepewności podmiotu. Jego właściwości, takie jak prawostronna ciągłość czy monotoniczność, nie są jedynie matematyczną konwencją, lecz konstytutywnymi warunkami racjonalności decydenta. Zapewniają one, że przekonania o możliwych wartościach zmiennej są wewnętrznie spójne i wolne od elementarnych sprzeczności logicznych. Wszak bez zachowania tych rygorów niemożliwe byłoby sformułowanie jakiejkolwiek stabilnej strategii działania w świecie, który nieustannie wymyka się bezpośredniemu poznaniu. Rozkład staje się zatem kotwicą, która stabilizuje procesy myślowe w obliczu zmiennych warunków zewnętrznych.

Rozkład wielowymiarowy nadaje sens stwierdzeniu, że określone zdarzenia zachodzą jednocześnie, co pozwala na modelowanie złożonych struktur zależności przyczynowych i korelacyjnych. W nowoczesnej gospodarce, gdzie zysk zależy od splotu stóp procentowych, regulacji prawnych i

wahań popytu, taki rozkład nie jest opcjonalnym dodatkiem, lecz podstawowym obiektem modelowania. Pozwala on na wyodrębnienie rozkładów brzegowych oraz warunkowych, co jest niezbędne do zrozumienia, jak informacja o jednym zdarzeniu modyfikuje nasze oczekiwania względem innych. Bez tego aparatu próba opisu współczesnych rynków finansowych przypominałaby usiłowanie zrozumienia symfonii poprzez analizę partytury tylko jednego instrumentu. To właśnie wielowymiarowość pozwala dostrzec pełne spektrum ryzyka systemowego.

DeGroot rekonstruuje prawdopodobieństwo subiektywne jako jedyną spójną reprezentację uporządkowanych preferencji decydenta, który musi wybierać między różnymi wariantami zakładów. Zgodnie z aksjomatami, subiektywne przekonanie o zajściu danego zdarzenia nie jest ulotnym stanem psychicznym, lecz wynikiem rygorystycznej konsekwencji myślowej podmiotu. Jeśli decydent pragnie uniknąć wewnętrznych sprzeczności, musi konstruować swoje sądy tak, jakby posługiwał się obiektywną miarą prawdopodobieństwa. W tym sensie prawdopodobieństwo subiektywne jest konstruktem normatywnym, a nie psychologicznym, stanowiąc wymóg racjonalności w świecie pozbawionym absolutnych pewników. Jest to skondensowana struktura doświadczenia, która pozwala podmiotowi na nawigowanie w gęstej mgle informacyjnej.

Użyteczność pełni rolę funkcji porządkującej preferencje względem nagród, a jej istnienie jest ściśle uzależnione od zachowania spójności wobec loterii i wyborów ryzykownych. Warto podkreślić, że funkcja ta nie jest unikalna i może być zastąpiona dowolną rosnącą transformacją afiniczną, co odzwierciedla relatywny charakter ludzkich dążeń. Maksymalizacja oczekiwanej użyteczności jawi się jako jedyna strategia zgodna z aksjomatami von Neumanna i Morgensterna, stanowiąc matematyczny nośnik normatywnego porządku preferencji. W praktyce gospodarczej funkcja ta rzadko bywa wypowiadana jawnie, niemniej jednak to ona determinuje każdą kluczową decyzję inwestycyjną i alokacyjną. Użyteczność jest zatem niewidzialnym kompasem, który kieruje działaniami aktorów w przestrzeni ekonomicznej.

Problem decyzyjny, definiowany przez przestrzeń stanów świata, zbiór dostępnych decyzji, funkcję straty oraz rozkład prawdopodobieństwa, stanowi ostateczną strukturę racjonalnego wyboru. Funkcja straty, czyli formalna miara kosztu za podjęcie decyzji odbiegającej od rzeczywistego stanu parametrów, wyznacza kierunek optymalizacji działań podmiotu. Celem decydenta jest minimalizacja ryzyka Bayesa, rozumianego jako oczekiwana strata decydenta uśredniona względem wszystkich możliwych stanów świata i rozkładu a priori. Taka konstrukcja wykracza poza ramy zwykłej procedury statystycznej, toteż staje się ona formalną definicją racjonalności w warunkach nieusuwalnej niepewności. Problem decyzyjny jest więc kondensatem normatywnym, który określa, co to znaczy podejmować odpowiedzialne decyzje w świecie, który nigdy nie zostanie w pełni poznany.

Współczesna teoria decyzji musi jednak uwzględniać fakt, że podmiotem nie jest już tylko samotny człowiek, lecz hybryda ludzkiej intuicji i systemów automatycznych. Pojawia się tu racjonalność transalgorytmiczna, czyli struktura decyzyjna, w której parametry wyboru są współtworzone przez algorytmy AI oraz sztywne normy instytucjonalne. W tym nowym krajobrazie aparat DeGroota nie traci na aktualności, lecz zyskuje nową warstwę interpretacyjną, stając się lustrem dla naszych własnych sprzeczności. Teoria decyzji nie jest zatem zewnętrznym komentarzem do praktyki gospodarczej, lecz fundamentem, na którym budujemy nasze rozumienie sprawstwa w epoce cyfrowej. Ostatecznie to matematyczna architektura racjonalności pozwala nam zachować podmiotowość w świecie zdominowanym przez strumienie danych i nieustanne aktualizacje.

Architektura decyzji: Jak matematyka łączy ryzyko z użytecznością

Rozkład a priori, czyli matematyczna reprezentacja przekonań o strukturze świata przed zaobserwowaniem danych, bywa często błędnie interpretowany jako rodzaj potocznej wiedzy domyślnej. Tymczasem w rygorystycznym ujęciu jest to konstrukcja czysto normatywna, stanowiąca fundament, bez którego niemożliwa byłaby jakakolwiek późniejsza aktualizacja bayesowska. Decydent, pragnąc zdefiniować ryzyko, musi najpierw określić swój prior, gdyż to on stanowi warunek logicznej możliwości obliczenia posterioru. Można wręcz zaryzykować twierdzenie, że w warunkach niepewności racjonalność bez uprzednio przyjętych założeń po prostu nie istnieje. Wszak to nie dane wybierają rozkład; to rozkład wybiera, jaki sens mają dane, co nadaje procesowi poznawczemu charakter głęboko ustrukturyzowany i celowy.

Gdy pojęcia eksperymentu, zmiennej czy rozkładu zostaną już precyzyjnie wyprowadzone, naturalnym krokiem staje się przejście od statycznego opisu niepewności ku formalnej architekturze decyzji. Właśnie w tym punkcie, podczas konstruowania ryzyka Bayesa, następuje splot dwóch porządków, które w akademickich podręcznikach zazwyczaj egzystują w niefortunnej izolacji. Mowa o porządku probabilistycznym oraz normatywnym porządku użyteczności, które w realnej praktyce gospodarczej są od siebie całkowicie nierozdzielne. Ryzyko Bayesa, czyli oczekiwana strata decydenta uśredniona względem wszystkich możliwych stanów świata, nie jest jedynie kolejną techniczną funkcją w arsenale statystyka. Stanowi ono bowiem matematyczny zapis fundamentalnego pytania o optymalne działanie podmiotu, który musi nawigować w gęstej mgle niewiedzy, dążąc do minimalizacji strat wynikających z własnej aktywności.

W klasycznej konstrukcji teoretycznej fundamentem jest przestrzeń parametrów Ω, reprezentująca wszelkie możliwe stany natury lub wartości wielkości, których w danej chwili nie znamy. Mogą to

być parametry tak zróżnicowane, jak przyszła częstość sukcesu w próbach rynkowych, średni popyt na dany produkt czy intensywność procesu Poissona, czyli modelu opisującego prawdopodobieństwo wystąpienia rzadkich zdarzeń w określonym czasie. Na tej właśnie przestrzeni definiujemy rozkład a priori, który zgodnie z duchem prawdopodobieństwa subiektywnego jest numerycznym odwzorowaniem hierarchii przekonań decydenta. Niepewność gospodarcza nie jest tu wszak metafizycznym chaosem, lecz uporządkowanym niewiedzeniem, gdzie każdy stan świata otrzymuje swoją wagę wynikającą z doświadczenia i dostępnej wiedzy. Taka struktura pozwala na przekształcenie surowych intuicji w precyzyjny język matematyczny, gotowy do dalszych operacji analitycznych.

Drugim filarem tej konstrukcji jest przestrzeń decyzji D, obejmująca zbiór wszystkich działań, jakie podmiot może realnie podjąć w odpowiedzi na zastaną rzeczywistość. Elementy tego zbioru mogą przybierać formę prostych liczb rzeczywistych, ale również skomplikowanych funkcji czy wielowymiarowych obiektów, zależnie od stopnia złożoności rozważanego problemu. Kluczową innowacją jest jednak wprowadzenie funkcji straty L, która każdej parze złożonej ze stanu świata oraz podjętej decyzji przypisuje konkretną wartość liczbową. Ta liczba, po uwzględnieniu znaku ujemnego, reprezentuje użyteczność nagrody, jaką otrzymuje decydent wybierający określone działanie w konkretnych okolicznościach przyrody. Niemniej jednak to właśnie w tym miejscu aparat probabilistyczny zostaje nierozerwalnie sprzęgnięty z aksjomatyczną teorią użyteczności, tworząc spójny system oceny racjonalności podejmowanych kroków.

Całość tej architektury prowadzi nas do wniosku, że teoria decyzji stanowi swoiste zwierciadło, w którym współczesna praktyka gospodarcza może dostrzec własne, często skrywane sprzeczności. Współcześnie proces ten ulega dalszej ewolucji w stronę racjonalności transalgorytmicznej, czyli struktury, w której podmiotem decyzyjnym staje się hybryda człowieka, algorytmów sztucznej inteligencji oraz sztywnych norm instytucjonalnych. W takim ujęciu funkcja straty przestaje być jedynie technicznym parametrem, a staje się wyrazem głębszych wartości i priorytetów, które system musi zbalansować w obliczu nieuchronnego ryzyka. Toteż matematyczna precyzja ryzyka Bayesa pozwala nam zrozumieć, że każda decyzja jest aktem wiary ujętym w karby formalnego rygoru. To połączenie subiektywnej intuicji z obiektywnym rachunkiem strat definiuje nowoczesny paradygmat działania w świecie, który nieustannie wymyka się jednoznacznym definicjom.

Matematyka decyzji: od teorii Bayesa do algorytmów AI

Ryzyko w punkcie parametru definiujemy jako wartość oczekiwaną funkcji straty, co w praktyce sprowadza się do uśrednienia potencjalnych kosztów błędu względem losowości obserwacji

generowanych przez model statystyczny. Na wyższym poziomie abstrakcji możemy jednak pominąć doraźność pojedynczych danych i skupić się na ryzyku Bayesa, będącym uśrednieniem ryzyk w poszczególnych stanach świata względem przyjętego rozkładu a priori. W tym ujęciu ryzyko Bayesa, czyli oczekiwana strata decydenta uśredniona względem wszystkich możliwych stanów świata i rozkładu a priori, staje się matematyczną miarą naszych subiektywnych przekonań o rzeczywistości. Decyzja bayesowska jest zatem wyborem, który minimalizuje tę wielkość w całej przestrzeni dopuszczalnych działań, stanowiąc jedyny logiczny fundament optymalnego wyboru w warunkach niepewności. To tutaj teoretyczny aparat styka się z twardym gruntem praktyki, przekształcając abstrakcyjne minimum funkcji w żelazną zasadę postępowania zarządu czy regulatora. Każdy ruch, który ignoruje tę minimalizację, staje się w świetle teorii działaniem na własną szkodę, pozbawionym wewnętrznej spójności.

Jeżeli decydent dysponuje rozkładem a priori, funkcją straty odzwierciedlającą jego użyteczność oraz modelem generowania danych, to każda decyzja niebędąca minimalizacją ryzyka Bayesa jest w ścisłym sensie nieracjonalna. Konstrukcja ta dobitnie pokazuje, że rozkład a priori, czyli matematyczna reprezentacja przekonań o strukturze świata przed zaobserwowaniem danych, nie jest jedynie technicznym dodatkiem do modelu. Jest on raczej warunkiem możliwości jakiejkolwiek decyzji opartej na informacji, gdyż bez rozkładów a priori decydent nie potrafi obliczyć ryzyka, a tym samym nie może uzasadnić swojego wyboru przez odwołanie do ogólnej zasady. Próba zredukowania tych wyjściowych założeń do czystej częstości występowania zdarzeń lub nieokreślonej intuicji prowadzi nieuchronnie do utraty spójności całej konstrukcji logicznej. Eliminuje to bowiem kluczowy filar teorii, jakim jest przekładalność subiektywnych przekonań na liczby, które mogą zostać poddane rygorowi rachunku prawdopodobieństwa. Bez tego pomostu między myślą a liczbą proces decyzyjny rozpada się na zbiór nieskoordynowanych impulsów, których nie sposób poddać rzetelnej weryfikacji.

Statystyka dostateczna, czyli funkcja próby gromadząca wszystkie istotne informacje o nieznanym parametrze, odgrywa w tym kontekście rolę redukującą przytłaczający nadmiar informacji docierających z otoczenia. Jeżeli rozkład prawdopodobieństwa można zapisać w postaci iloczynu funkcji danych i funkcji parametrów, wówczas cała wiedza o świecie zawarta w próbie kondensuje się w jednej, konkretnej wartości. Z punktu widzenia decydenta oznacza to, że dla celów aktualizacji przekonań świat danych można skompresować do zaledwie kilku liczb, które stanowią esencję eksperymentu statystycznego. Eksperyment statystyczny, rozumiany jako abstrakcyjna procedura dostarczająca informacji o nieznanych parametrach rzeczywistości, staje się w tym ujęciu fundamentem każdego racjonalnego działania gospodarczego. Przykładowo, suma sukcesów w próbach Bernoulliego zawiera w sobie całą informację potrzebną do aktualizacji rozkładu Beta, podobnie jak średnia i wariancja wyczerpują wiedzę o parametrach rozkładu normalnego. Świat,

który na poziomie surowych obserwacji jest nieskończenie złożony, zostaje sprowadzony do nielicznych parametrów, w których ogniskuje się informacja relewantna dla podjęcia ostatecznej decyzji.

Zagadnienie rozkładów sprzężonych wprowadza do tej teorii dodatkowy poziom strukturalnej ekonomii myślenia, wykraczający daleko poza zwykłą wygodę obliczeniową programistów. Jeżeli dobierzemy rozkład a priori tak, by jego postać algebraiczna została zachowana po aktualizacji o nowe dane, otrzymujemy rodzinę rozkładów, których parametry jedynie przesuwają się pod wpływem statystyki dostatecznej. Dzieje się tak w klasycznych parach, takich jak rozkład Poissona, czyli model statystyczny opisujący prawdopodobieństwo wystąpienia rzadkich zdarzeń w określonym czasie, który w parze z rozkładem Gamma tworzy elegancką całość. Taka konstrukcja jest wyrazem głębokiej zasady zgodności formy przekonań z logiką modelu danych, gdzie struktura niepewności decydenta jest od początku zestrojona z naturą rzeczywistości. Decydent wybierający takie rozwiązanie akceptuje iteracyjną naturę uczenia się, zakładając, że jego wyjściowe spojrzenie na świat jest kompatybilne z mechanizmem jego późniejszej weryfikacji. W tym miejscu pojawia się jednak zasadnicze napięcie pomiędzy matematyczną elegancją a chaotyczną praktyką codziennego zarządzania, gdzie rygor często ustępuje miejsca doraźności.

W codziennej ekonomii decyzje bywają podejmowane tak, jakby rozkłady a priori można było dowolnie rekonfigurować w zależności od nastroju zarządu czy bieżącej presji politycznej. Z perspektywy rygoru matematycznego jest to jednak złudzenie, gdyż aksjomaty DeGroota wymuszają, by dla zachowania jedności metodologicznej rozkłady a priori były stosowane i aktualizowane w sposób konsekwentny. W świetle tego aparatu możemy lepiej uchwycić rolę funkcji straty, czyli formalnej miary kosztu lub kary za podjęcie decyzji odbiegającej od rzeczywistego stanu parametrów, która wyznacza topologię preferencji. Podczas gdy prawdopodobieństwo informuje nas o tym, jak bardzo dane stany świata są wiarygodne, użyteczność mówi o tym, jak bardzo konkretne skutki są dla nas pożądane lub dotkliwe. Ryzyko Bayesa jest precyzyjnym złożeniem tych dwóch wektorów, tworzącym jedyny racjonalny fundament działania w warunkach niepewności. Niepewność gospodarcza nie jest tu metafizycznym chaosem, lecz uporządkowanym niewiedzeniem, które dzięki matematyce zyskuje swoją strukturę, granice i mierzalny ciężar.

W ujęciu rekonstrukcyjnym problem decyzyjny staje się miejscem, gdzie logika samowiedzy jednostki przekształca się w paradygmat koordynacji działań wewnątrz złożonych systemów społecznych. Przekonania przestają być wówczas prywatną własnością podmiotu, stając się przedmiotem publicznej krytyki, a funkcje użyteczności muszą zmierzyć się z wymogiem intersubiektywnej uzasadnialności. Jeśli spojrzymy na różnice między gospodarkami arabskimi,

północnoamerykańskimi i europejskimi, dostrzeżemy, że można je interpretować właśnie jako odmienne wybory rozkładów a priori oraz funkcji straty. W jednej tradycji za statystykę dostateczną uznaje się wyłącznie twarde dane finansowe, podczas gdy w innej do tej roli awansują wskaźniki społeczne, kulturowe czy ekologiczne. To nie dane wybierają rozkład; to rozkład wybiera, jaki sens mają dane w konkretnym kontekście cywilizacyjnym i politycznym. W jednej kulturze funkcja straty jest zdominowana przez ryzyko rynkowe, w innej przez naruszenie normatywnej spójności wspólnoty lub długofalową stabilność instytucjonalną, co całkowicie zmienia wektor podejmowanych działań.

W epoce, w której sztuczna inteligencja staje się naturalnym partnerem decydenta, cała ta konstrukcja ulega dalszemu skomplikowaniu, gdyż systemy AI przejmują zadania związane z ekstrakcją statystyk dostatecznych. To, co dawniej było owocem refleksji ekspertów, dziś staje się produktem algorytmów kondensujących rzeczywistość do wektorów reprezentacji, które decydent przyjmuje często jako nowe, niepodważalne T(x). Pojawia się tu koncepcja racjonalności transalgorytmicznej, czyli struktury decyzyjnej, w której podmiotem jest hybryda człowieka, algorytmów AI oraz sztywnych norm instytucjonalnych. Tym bardziej konieczne staje się rygorystyczne rozróżnienie między tym, co wynika z modelu danych, a tym, co zostało niejawnie zakodowane w algorytmicznych rozkładach a priori przez ich twórców. Musimy systematycznie badać, czy funkcja straty, w imieniu której działa decydent, nie została zastąpiona przez funkcję optymalizowaną przez system autonomiczny. Teoria decyzji nie jest zatem zewnętrznym komentarzem do praktyki gospodarczej, lecz lustrem, w którym ta praktyka może zobaczyć własne, technologiczne sprzeczności.

Spójność decyzji: Dlaczego priors muszą pasować do użyteczności

Wyobraźmy sobie decydenta, który z niemal rytualną powagą deklaruje swoją głęboką awersję do ryzyka, co w języku formalnym przekłada się na wklęsłość jego funkcji użyteczności. Jednocześnie ten sam podmiot przyjmuje rozkłady a priori, czyli matematyczne reprezentacje przekonań o świecie przed zaobserwowaniem danych, które niemal całkowicie ignorują możliwość wystąpienia zdarzeń skrajnych. Taka postawa tworzy swoistą ontologiczną lukę, zwłaszcza gdy nowoczesne systemy sztucznej inteligencji zaczynają generować sygnały o rosnącym prawdopodobieństwie katastrofalnych strat w tak zwanych ogonach rozkładu. Jeżeli decydent uparcie ignoruje te ostrzeżenia, zasłaniając się swoimi pierwotnymi założeniami, wchodzi w bezpośredni konflikt z własną deklaracją o unikaniu zagrożeń. Wklęsłość funkcji użyteczności wymusza bowiem

nadawanie szczególnej wagi właśnie tym rzadkim, lecz niszczycielskim zdarzeniom, których jego model zdaje się nie dostrzegać. W efekcie cała konstrukcja problemu decyzyjnego staje się wewnętrznie sprzeczna, przypominając architektoniczny projekt, w którym fundamenty nie są w stanie udźwignąć ciężaru deklarowanych ambicji.

Rozwiązanie tej aporii wymaga albo bolesnej rewizji przyjętych przekonań w świetle nowych informacji, albo szczerego przyznania, że deklarowana awersja do ryzyka była jedynie retorycznym ornamentem. W tym miejscu dotykamy sedna metalogicznej zagadki, w której relacja między rozkładami a priori a użytecznością przestaje być kwestią dowolnego wyboru, a staje się rygorem spójności. Przyjmując aparat Morrisa DeGroota, musimy uznać, że poziom probabilistycznych przekonań i poziom preferencji muszą być ze sobą precyzyjnie zestrojone, by zachować logiczną integralność. W przeciwnym razie decydent traci prawo do odwoływania się do reguły bayesowskiej jako racjonalnego uzasadnienia swoich działań. Wszak niepewność gospodarcza nie jest metafizycznym chaosem, lecz uporządkowanym niewiedzeniem, które wymaga od nas pełnej odpowiedzialności za strukturę naszych własnych założeń. Teoria decyzji statystycznych, choć operuje chłodnym językiem całek i rozkładów, okazuje się w istocie normatywną etyką intelektualną, w której wybór nie może być dziełem przypadku.

W miarę jak nasza rekonstrukcja procesu decyzyjnego zyskuje na precyzji, staje się jasne, że musimy doprecyzować sam alfabet niepewności, czyli rodziny rozkładów prawdopodobieństwa. W teorii decyzji nie pełnią one jedynie służebnej roli opisowej wobec napływających danych, lecz wręcz kształtują logiczną formę wszystkich możliwych do podjęcia działań. Każdy rozkład jest bowiem nie tylko funkcją matematyczną, ale przede wszystkim ukrytą hipotezą o strukturze rzeczywistości oraz tezą o naturze samej niepewności. To nie dane wybierają rozkład; to rozkład wybiera, jaki sens mają dane, narzucając im interpretacyjną ramę jeszcze przed dokonaniem pierwszej obserwacji. W klasycznym ujęciu statystycznym rodziny rozkładów traktuje się często jako neutralny katalog narzędzi, lecz u DeGroota stanowią one szkielety, na których opiera się cała architektura ryzyka. Dlatego ich analiza musi uwzględniać to, jakie typy ontologicznej niepewności są kodowane przez poszczególne modele matematyczne w konkretnych sytuacjach rynkowych.

Rodzina rozkładów Bernoulliego reprezentuje w tym systemie model minimalny, kodujący niepewność o charakterze czysto dychotomicznym, gdzie świat dzieli się na sukcesy i porażki. Z punktu widzenia teorii decyzji ten rodzaj rozkładu odzwierciedla sytuacje skrajnego ubóstwa informacyjnego, w których każda obserwacja dostarcza nam zaledwie jednej bitowej jednostki wiedzy. Subiektywne przekonania a priori są tu zazwyczaj aktualizowane poprzez rozkład Beta, którego parametry można interpretować jako fikcyjne liczby wcześniejszych doświadczeń, budujące naszą bazę startową. Statystyka dostateczna, czyli funkcja danych skupiająca całą istotną

informację o parametrze, redukuje tu całą złożoność świata do jednej, syntetycznej liczby sukcesów. W praktyce gospodarczej ten model odpowiada decyzjom o charakterze zerojedynkowym, takim jak wejście na nowy rynek, zatwierdzenie projektu czy fuzja z innym podmiotem. Choć struktura ta wydaje się uproszczona, to właśnie w niej ryzyko Bayesa, czyli oczekiwana strata uśredniona względem przekonań, ukazuje swoją najbardziej przejrzystą i bezlitosną formę.

Rozkład dwumianowy stanowi naturalne, logiczne rozwinięcie modelu Bernoulliego, pozwalając decydentowi na analizę agregacji ryzyka w serii niezależnych prób. Tutaj uwaga przesuwa się z pojedynczego, odizolowanego zdarzenia w stronę częstości występowania sukcesów, co nadaje procesowi decyzyjnemu charakter bardziej systemowy i przewidywalny. Istota tego modelu polega na tym, że pozwala on na precyzyjne modelowanie wydajności procesów powtarzalnych, od kontroli jakości w przemyśle po ocenę skuteczności masowych kampanii marketingowych. W ujęciu bayesowskim przejście od rozkładu a priori do posterior, czyli zaktualizowanej wiedzy po zaobserwowaniu danych, zachodzi tu w sposób niezwykle elegancki i algebraicznie czysty. Dzięki zastosowaniu rozkładów sprzężonych, gdzie forma matematyczna przekonań pozostaje niezmienna po aktualizacji, decydent nie musi za każdym razem budować swojego świata od nowa. Ta ciągłość pozwala na płynną integrację nowych obserwacji z dotychczasowym doświadczeniem, co stanowi fundament racjonalnego działania w warunkach dynamicznie zmieniającej się rzeczywistości ekonomicznej.

Ostatecznie spójność między wybraną rodziną rozkładów a funkcją użyteczności decyduje o tym, czy nasze działanie zasługuje na miano racjonalnego. Jeżeli wybieramy rozkład dwumianowy do opisu rzeczywistości, musimy być świadomi, że narzucamy jej określoną strukturę powtarzalności, która determinuje nasze późniejsze wybory. Funkcja straty, czyli formalna miara kosztu podjęcia błędnej decyzji, musi w takim układzie korespondować z tym, jak rozumiemy wagę poszczególnych odchyleń od oczekiwanego wyniku. W świecie zdominowanym przez algorytmy, gdzie parametry decyzji są często współtworzone przez systemy automatyczne, ta harmonia staje się jeszcze trudniejsza do utrzymania, a zarazem bardziej niezbędna. Racjonalność transalgorytmiczna wymaga od nas bowiem nie tylko biegłości w rachunkach, ale przede wszystkim głębokiej świadomości tego, jakie założenia o świecie wpisujemy w nasze modele matematyczne. Tylko poprzez rygorystyczne zestrojenie przekonań z preferencjami możemy uniknąć pułapki wewnętrznej sprzeczności, która czyni z procesu decyzyjnego jedynie pusty rytuał pozbawiony realnej odpowiedzialności.

Matematyczna architektura niepewności w procesach decyzyjnych

Rozkład Poissona stanowi matematyczny zapis ontologii zdarzeń rzadkich, kodując tę specyficzną formę niepewności, w której interesuje nas nie tyle binarny sukces, co punktowa manifestacja zjawiska w czasie. Jest on nośnikiem modeli awarii, cyberataków czy klęsk żywiołowych – wszędzie tam, gdzie natura zdarzenia wymyka się prostej dychotomii i przybiera postać losowego impulsu w kontinuum. Fundamentem tego modelu jest parametr λ, reprezentujący średnią intensywność, przy czym przyjęcie tej struktury nakłada na decydenta rygorystyczne założenie o niezależności poszczególnych incydentów. W rzeczywistości gospodarczej, gdzie często występuje zjawisko klastrowania, owa niezależność bywa kwestionowana, niemniej rozkład Poissona pozostaje niezastąpionym punktem wyjścia dla procesów punktowych. Rozkład Gamma, pełniący tu rolę priora sprzężonego, czyli matematycznej reprezentacji przekonań o strukturze świata przed zaobserwowaniem danych, pozwala na niezwykle elegancką aktualizację wiedzy. Statystyka dostateczna, obejmująca sumę zdarzeń oraz łączny czas obserwacji, kondensuje całą historię systemu do dwóch liczb, co w teorii decyzji pozwala minimalizować ryzyko Bayesa poprzez uśrednienie funkcji straty nad rozkładem posterior.

Przechodząc do rozkładu normalnego, wkraczamy w obszar niepewności gładkiej i zintegrowanej, która dominuje w naukach empirycznych nie ze względu na powszechność samej „normalności", lecz przez pryzmat centralnego twierdzenia granicznego. To ono sprawia, że sumy niezliczonych, drobnych fluktuacji dążą do symetrycznego dzwonu, czyniąc parametry μ i σ^2 abstrakcyjnymi miarami poziomu i struktury ryzyka w systemie. W tym ujęciu niepewność ma charakter ciągły, a wyniki mogą przyjmować dowolne wartości rzeczywiste, co sugeruje świat przewidywalny w swojej zmienności i łagodny w swoich odchyleniach. Jeśli jednak parametry te pozostają nieznane, decydent musi sięgnąć po rodziny normalno-gamma, które mimo swojej algebraicznej złożoności pozwalają zachować spójność struktury posterior. Statystyki dostateczne – średnia oraz suma kwadratów odchyleń – pokazują, że dla oceny rzeczywistości cała ogromna próba danych redukuje się do zaledwie dwóch wskaźników. Jest to moment, w którym warto zauważyć, że to nie dane wybierają rozkład; to rozkład wybiera, jaki sens mają dane, narzucając nam wiarę w dominację małych wahań nad rzadkimi katastrofami.

Wektor normalny o rozkładzie wielowymiarowym przenosi te rozważania w sferę wzajemnych sprzężeń, gdzie macierz kowariancji Σ staje się kluczowym obiektem opisującym architekturę zależności między komponentami. W tej przestrzeni każda kombinacja liniowa składników zachowuje swoją normalność, co pozwala postrzegać świat jako proces koherentny, w którym

zmienne nie istnieją w izolacji, lecz są ze sobą nierozerwalnie splecione. Z punktu widzenia teorii decyzji oznacza to, że decydent przestaje pytać o izolowane średnie, a zaczyna analizować mechanizmy przenoszenia ryzyka między różnymi warstwami systemu. Statystyka dostateczna, obejmująca średnie wektorowe oraz macierz sum kwadratów i iloczynów, redukuje wielowymiarowy chaos do pary obiektów algebraicznych, które stają się fundamentem modelowania portfeli inwestycyjnych czy globalnych łańcuchów dostaw. W dobie racjonalności transalgorytmicznej, czyli struktury decyzyjnej będącej hybrydą człowieka i algorytmów AI, owa macierz kowariancji staje się mapą, według której systemy automatyczne nawigują po oceanie korelacji. Niepewność gospodarcza nie jest tu metafizycznym chaosem, lecz uporządkowanym niewiedzeniem, które można ująć w ramy precyzyjnej, wielowymiarowej geometrii.

Rodzina Dirichleta, będąca wielowymiarowym uogólnieniem rozkładu Beta, pozwala z kolei opisywać niepewność w przestrzeniach dyskretnych, gdzie suma prawdopodobieństw musi zawsze wynosić jeden. Jest to narzędzie niezbędne tam, gdzie decydent musi rozdzielić ograniczone zasoby między wiele konkurujących kategorii, zachowując przy tym bayesowską dyscyplinę aktualizacji przekonań. Rozkład ten, jako prior sprzężony dla rozkładu wielomianowego, umożliwia płynne przejście od subiektywnych przypuszczeń do obiektywnej weryfikacji w oparciu o napływające dane z eksperymentu statystycznego. Eksperyment statystyczny, rozumiany jako abstrakcyjna procedura dostarczająca informacji o nieznanych parametrach rzeczywistości, przestaje być tylko technicznym zabiegiem, a staje się aktem poznawczym o głębokich skutkach. Wybór konkretnej rodziny rozkładów determinuje bowiem, jakie aspekty rzeczywistości zostaną dostrzeżone, a jakie uznane za nieistotny szum, co ostatecznie definiuje granice naszej racjonalności.

Współczesna teoria decyzji, operująca tymi modelami, ujawnia jednak subtelną aporię, która staje się szczególnie widoczna w epoce sztucznej inteligencji i masowej automatyzacji procesów. Z jednej strony dążymy do coraz większej precyzji matematycznej, redukując niepewność do statystyk dostatecznych i optymalnych funkcji straty, czyli formalnych miar kosztu podjęcia błędnej decyzji. Z drugiej strony owa redukcja sprawia, że decydent staje się więźniem wybranej struktury algebraicznej, która z definicji nie jest w stanie uchwycić zdarzeń spoza swojego paradygmatu. Ryzyko Bayesa, choć pozwala na całościową ocenę strategii w warunkach subiektywnej niepewności, opiera się na założeniu, że świat jest zbiorem aktualizacji, a nie zbiorem nieprzewidywalnych pęknięć. W systemach, gdzie parametry decyzji są współtworzone przez algorytmy, owa matematyczna architektura staje się lustrem, w którym praktyka gospodarcza widzi jedynie własne, wcześniej założone sprzeczności. Ostatecznie więc matematyzacja niepewności nie tyle ją eliminuje, co przesuwa w obszar metalogiczny, gdzie największym ryzykiem staje się sama wiara w kompletność wybranego modelu.

Architektura racjonalności: Spójność rozkładów i funkcji straty

Parametry $\alpha_1, \dots, \alpha_k$ reprezentują w tym ujęciu tak zwane fikcyjne liczności poszczególnych kategorii, stanowiąc fundament, na którym rozkład a posteriori aktualizuje wiedzę poprzez dodanie rzeczywistych obserwacji. Z punktu widzenia zaawansowanej teorii decyzji rozkład Dirichleta służy przede wszystkim do precyzyjnego modelowania niepewności dotyczącej proporcji, takich jak udziały rynkowe czy rozkłady populacyjne. Jest to narzędzie o znaczeniu fundamentalnym wszędzie tam, gdzie świat posiada charakter dyskretny, lecz jednocześnie pozostaje strukturą wielowymiarową i dynamiczną. W połączeniu z rozkładem wielomianowym tworzy on niezwykle spójny system sprzężony, wykorzystywany powszechnie w problemach decyzyjnych wymagających rzetelnej oceny ryzyka portfeli o złożonej architekturze. Wszak to właśnie tutaj matematyczna elegancja spotyka się z brutalną koniecznością wyceny rzadkich zdarzeń w warunkach ograniczonej informacji.

Eksperyment statystyczny, czyli abstrakcyjna procedura dostarczająca informacji o nieznanych parametrach rzeczywistości, stanowi w ujęciu DeGroota centralny punkt każdego racjonalnego działania. W dotychczasowych rozważaniach wyprowadziliśmy aparat decyzyjno-statystyczny, w którym zmienna losowa służy jako narzędzie odwzorowania świata, a rozkłady stają się modelami niepewności. Prawdopodobieństwo subiektywne nie jest przy tym liczbą zawieszoną w próżni, lecz skondensowaną strukturą doświadczenia, która narzuca normę spójności naszym przekonaniom. Użyteczność z kolei jawi się jako aksjomatyczna miara preferencji, pozwalająca na formalną syntezę wszystkiego, co racjonalny podmiot może uczynić w obliczu niewiadomej. Cała ta konstrukcja logiczna opiera się na relacji, która decyduje o tym, czy przyjęty rozkład i podjęta decyzja pozostają ze sobą w stanie harmonii.

Jeżeli owa spójność zostanie naruszona, cała aparatura bayesowska nieuchronnie zapada się pod własnym ciężarem, ponieważ parametry niepewności i parametry wartościowania zaczynają mówić dwoma różnymi językami. Wybór rodziny rozkładów należy zatem postrzegać nie tylko jako akt techniczny, lecz przede wszystkim jako suwerenny akt epistemiczny o charakterze normatywnym. W klasycznym nauczaniu statystyki często sugeruje się, że to dane implikują określoną rodzinę rozkładów, co jest jednak znacznym uproszczeniem rzeczywistego procesu poznawczego. W rzeczywistości to nie dane wybierają rozkład; to rozkład wybiera, jaki sens mają dane, nadając im określoną strukturę i znaczenie. Wybór modelu normalnego, dwumianowego czy Poissona nie jest aktem biernej obserwacji, lecz decyzją, w której podmiot przyjmuje konkretną wizję architektury świata.

Gdy decydent wybiera rozkład normalny, zakłada on milcząco, że fluktuacje rzeczywistości są gładkie i symetryczne, a ogony rozkładu nie skrywają w sobie katastroficznych niespodzianek. Z kolei wybór rozkładu Poissona, czyli modelu opisującego prawdopodobieństwo wystąpienia rzadkich zdarzeń w określonym czasie, implikuje wiarę w niezależność incydentów i specyficzną zmienność. Przyjęcie modelu Bernoulliego jest natomiast radykalną tezą, według której cały skomplikowany świat daje się zredukować do dwóch wykluczających się skutków. Każdy z tych wyborów stanowi ontologiczną deklarację o naturze ryzyka, która determinuje dalsze kroki w procesie optymalizacji. Teoria decyzji nie jest więc zewnętrznym komentarzem do rzeczywistości, lecz lustrem, w którym praktyka gospodarcza może dostrzec własne założenia i ograniczenia.

Morris DeGroot w swojej argumentacji pozostaje niezwykle konsekwentny, nigdy nie dopuszczając do rozdzielenia sfery probabilistycznej od struktury wartościowania. W każdym poprawnie sformułowanym modelu obowiązuje zasada, że rodzina rozkładów określa możliwe typy błędów, zaś funkcja straty definiuje, które z nich są kosztowne. Funkcja straty, czyli formalna miara kary za podjęcie decyzji odbiegającej od rzeczywistego stanu parametrów, pełni rolę filtru, przez który oceniamy stany świata. Bez wspólnej formy tych dwóch elementów nie istnieje racjonalna decyzja, gdyż brakuje wówczas logicznego pomostu między wiedzą a działaniem. Wybór funkcji straty jest zatem równie fundamentalny jak wybór samego rozkładu, przy czym oba te elementy muszą zachowywać ścisłą kompatybilność strukturalną.

Aby zachować tę niezbędną spójność, rodzina rozkładów i funkcja straty muszą być definiowalne na tej samej strukturze niepewności, którą koduje wybrany model. Jeżeli rozkład jest jednowymiarowy, funkcja straty powinna zależeć od jednego parametru, natomiast w przypadku modeli wielowymiarowych musi ona uwzględniać całą strukturę kowariancji. Wyobraźmy sobie zarząd firmy, który modeluje przyszły popyt za pomocą rozkładu normalnego, lecz jego funkcja straty operuje wyłącznie na średniej, ignorując wariancję. W takim przypadku decydent ignoruje kluczowy parametr ryzyka, co sprawia, że jego działania przestają być minimalizacją ryzyka Bayesa. Zamiast tego mamy do czynienia jedynie z optymalizacją punktową, która jest sprzeczna z przyjętym aparatem matematycznym i logiką wnioskowania bayesowskiego.

Statystyka dostateczna, oznaczana jako T(x), stanowi w tym układzie obiekt o kluczowym znaczeniu, będący wspólnym polem między rozkładem a funkcją straty. Jeżeli ryzyko Bayesa, czyli oczekiwana strata uśredniona względem wszystkich stanów świata, ma być liczone konsekwentnie, funkcja straty musi być funkcją owego nośnika informacji. Z punktu widzenia formalnego oznacza to, że każda racjonalna decyzja musi zależeć od danych wyłącznie poprzez statystykę dostateczną, która kondensuje istotną wiedzę. Każda próba wykorzystania informacji niezawartej w tym obiekcie jest działaniem sprzecznym z własnym modelem danych, co prowadzi do utraty spójności. W

modelu Poissona rozkład a posteriori zależy tylko od łącznej liczby zdarzeń, toteż uzależnianie decyzji od ich kolejności byłoby jawnym pogwałceniem przyjętych założeń teoretycznych.

Rozkład a priori, będący matematyczną reprezentacją przekonań o strukturze świata przed zaobserwowaniem danych, nie może być dobierany w sposób całkowicie dowolny. Rozkłady a priori stanowią bowiem nastrojenie przekonań decydenta z logiką wybranej rodziny rozkładów, co zapewnia algebraiczną stabilność i jedność semantyczną całego procesu uczenia się. Rodziny sprzężone, takie jak Beta dla rozkładu Bernoulliego czy Gamma dla Poissona, nie są jedynie matematycznymi sztuczkami ułatwiającymi obliczenia. Są one raczej normą racjonalności, która gwarantuje, że rozkład a posteriori przyjmie formę interpretowalną i możliwą do powiązania z funkcją straty. Decydent wybierający rozkłady a priori arbitralnie musi liczyć się z tym, że jego wnioskowanie stanie się nieintuicyjne i trudne do obrony na gruncie logiki formalnej.

W każdej rodzinie rozkładów istnieją naturalne reguły decyzyjne, które wynikają bezpośrednio z ich wewnętrznej geometrii i sposobu opisywania rzeczywistości. Rozkład Bernoulliego prowadzi zazwyczaj do reguł progowych, podczas gdy rozkład normalny najlepiej współgra z regułami kwadratowymi, typowymi dla analizy najmniejszych kwadratów. W przypadku wielowymiarowego rozkładu normalnego mamy do czynienia z regułami liniowo-kwadratowymi, które znajdują szerokie zastosowanie w teorii sterowania i optymalizacji portfeli. Z kolei rozkład Dirichleta naturalnie generuje reguły udziałowe, pozwalające na precyzyjne zarządzanie proporcjami w złożonych systemach ekonomicznych. Jeżeli funkcja straty nie respektuje tej specyficznej struktury, pojęcie decyzji bayesowskiej traci swój sens i staje się jedynie pustym konstruktem teoretycznym.

Przyjrzyjmy się bliżej zagadce, w której decydent zakłada, że popyt ma rozkład normalny, stosując jednocześnie liniową funkcję straty błędu prognozy. Strata liniowa implikuje, że optymalną decyzją jest mediana rozkładu a posteriori, co w przypadku symetrycznego rozkładu normalnego pokrywa się z jego wartością oczekiwaną. W tym konkretnym, niemal szczęśliwym zbiegu okoliczności, wybór straty liniowej nie narusza struktury modelu, choć teoretycznie mogłoby być inaczej. Gdyby jednak ten sam podmiot zastosował stratę kwadratową przy założeniu rozkładu asymetrycznego, jego decyzja przestałaby być kompatybilna z przyjętą wizją świata. Spójność między rodziną rozkładu a funkcją straty jest zatem warunkiem koniecznym, by proces decyzyjny mógł zostać uznany za w pełni racjonalny i wolny od sprzeczności.

Skutkiem naruszenia tej kompatybilności jest pojawienie się aporii decyzyjnej, czyli stanu, w którym podmiot deklaruje jedną teorię świata, a postępuje według zupełnie innej logiki. W takiej sytuacji rozkład a posteriori traci swoją interpretowalność, a ryzyko Bayesa przestaje pełnić funkcję normatywną, stając się jedynie matematycznym artefaktem bez praktycznego znaczenia. Pojęcia rozkładu, funkcji straty i statystyki dostatecznej tworzą system naczyń połączonych, w którym błąd

w jednym ogniwie rzutuje na stabilność całej konstrukcji. Statystyka dostateczna jest miarą informacji, rozkład miarą niepewności, zaś funkcja straty miarą wartości – i wszystkie te elementy muszą być precyzyjnie zestrojone. Tylko w takim układzie może powstać racjonalność normatywna, która pozwala na skuteczne działanie w warunkach subiektywnej niepewności.

W dobie współczesnej nie możemy pominąć koncepcji racjonalności transalgorytmicznej, w której procesy decyzyjne są realizowane przez hybrydowe układy człowieka i sztucznej inteligencji. W takim środowisku parametry decyzji są współtworzone przez systemy automatyczne, co nadaje tradycyjnym modelom statystycznym zupełnie nowy wymiar praktyczny i etyczny. Niepewność gospodarcza nie jest tu postrzegana jako metafizyczny chaos, lecz jako uporządkowane niewiedzenie, które można i należy poddać rygorom formalnej analizy. Świat w tym ujęciu nie jest zbiorem statycznych stanów, lecz dynamicznym zbiorem aktualizacji, w którym każda nowa informacja modyfikuje nasze postrzeganie ryzyka. Teoria decyzji staje się więc narzędziem pozwalającym na nawigację w coraz bardziej złożonym i zalgorytmizowanym krajobrazie ekonomicznym.

Na koniec warto zwrócić uwagę na kontynentalne różnice w sposobie konstruowania rozkładów a priori oraz definiowania funkcji straty w różnych kręgach cywilizacyjnych. W tradycji północnoamerykańskiej dominuje podejście pragmatyczne, nastawione na szybką aktualizację i optymalizację zysku, co często prowadzi do akceptacji wyższego poziomu zmienności. Z kolei europejska kultura decyzyjna kładzie większy nacisk na stabilność instytucjonalną i długofalowe bezpieczeństwo, co znajduje odzwierciedlenie w bardziej konserwatywnych modelach niepewności. Cywilizacja arabska wnosi natomiast unikalne standardy racjonalności, w których etyka i normy społeczne bezpośrednio wpływają na dopuszczalne formy ryzyka i sposoby wartościowania strat. Te różnice nie są jedynie folklorem, lecz stanowią odmienne, równoprawne sposoby radzenia sobie z niepewnością w globalnym systemie gospodarczym.

Matematyka decyzji: Od Bernoulliego do modeli wielowymiarowych

Rozpoczynamy od rodziny rozkładów Bernoulliego, gdzie rzeczywistość zostaje sprowadzona do binarnego wyboru między sukcesem a porażką. W tym modelu nasze pierwotne przekonania, czyli rozkład a priori, przyjmują postać rozkładu Beta o parametrach alfa i beta. Statystyka dostateczna sprowadza się tu do liczby sukcesów k, co pozwala wyznaczyć rozkład a posteriori jako nową wersję rozkładu Beta o parametrach $\alpha + k$ oraz $\beta + n - k$. Wybór optymalnego działania zależy od przyjętej funkcji straty, czyli formalnej miary kosztu błędu, która determinuje naszą strategię. Jeśli strata

jest liniowa, decyzją bayesowską staje się mediana, natomiast przy stracie kwadratowej wybieramy wartość oczekiwaną. W świecie Bernoulliego niepewność nie jest rozproszona, lecz dychotomiczna, co czyni go idealnym narzędziem do analizy binarnych scenariuszy ryzyka.

Przechodząc do rodziny rozkładów Poissona, wkraczamy w obszar modelowania zjawisk rzadkich, takich jak awarie systemów czy nieciągłości w łańcuchach dostaw. Tutaj model opiera się na parametrze lambda, a naturalnym wyborem dla rozkładu a priori jest rozkład Gamma, który po uwzględnieniu sumy zdarzeń K i czasu obserwacji T ewoluuje w rozkład a posteriori typu Gamma. Decyzja bayesowska przy stracie kwadratowej przyjmuje postać $d^* = (\alpha + K)/(\beta + T)$, co w praktyce oznacza precyzyjne oszacowanie intensywności zdarzeń krytycznych. W przypadku straty absolutnej optymalnym wyborem staje się mediana rozkładu Gamma, co pozwala na budowanie bezpiecznych buforów operacyjnych w obliczu cyberataków. Poisson koduje zatem niepewność zdarzeń, które choć rzadkie, niosą ze sobą potencjał paraliżu struktur instytucjonalnych. Można rzec, że to nie dane wybierają rozkład; to rozkład wybiera, jaki sens mają dane.

Rodzina rozkładów normalnych oferuje nam z kolei obraz świata zdominowanego przez ciągłe, symetryczne fluktuacje, gdzie skrajne anomalie są statystycznie marginalizowane. Przyjmując model z nieznaną średnią i znaną wariancją, posługujemy się rozkładem a priori typu normalnego, co prowadzi nas do rozkładu a posteriori, który zachowuje tę samą strukturę matematyczną. Fascynujące jest to, że w tym przypadku strata liniowa i kwadratowa prowadzą do identycznej decyzji bayesowskiej, ponieważ symetria rozkładu zrównuje medianę z wartością oczekiwaną. Jest to model idealny dla pomiarów naukowych czy krótkoterminowych prognoz rynkowych, o ile nie spodziewamy się gwałtownych wstrząsów o charakterze anomalii. Decyzja bayesowska staje się tu po prostu nowym uśrednieniem naszych przekonań w świetle danych empirycznych, co nadaje procesowi decyzyjnemu niemal geometryczny spokój.

Gdy jednak rzeczywistość staje się wielowymiarowa, musimy sięgnąć po wielowymiarowy rozkład normalny, gdzie parametry stają się wektorami i macierzami kowariancji. W tej strukturze statystyka dostateczna obejmuje wektor średnich oraz macierz sum iloczynów, co pozwala na wyznaczenie wielowymiarowego rozkładu a posteriori, również o charakterze normalnym. Przy stracie kwadratowej optymalną decyzją jest wektor średnich, natomiast przy stracie liniowej poszukujemy mediany komponentów, co wymaga interpretacji wektorowej. Takie podejście jest niezbędne przy zarządzaniu portfelami finansowymi czy złożonymi łańcuchami produkcji, gdzie każdy element jest częścią powiązanej całości. Decyzja bayesowska nabiera tu charakteru strategicznego wyboru, w którym optymalizacja jednego parametru wpływa na całą architekturę ryzyka makroekonomicznego.

Ostatnim przystankiem w tej matematycznej podróży są rodzina Dirichleta i rozkład wielomianowy, które służą do modelowania udziałów i proporcji w zamkniętych systemach. Tutaj nasze przekonania a priori o strukturze rynku czy segmentach populacji są reprezentowane przez rozkład Dirichleta, który aktualizujemy o zaobserwowane liczności kategorii. Decyzja bayesowska przy stracie kwadratowej sprowadza się do wyznaczenia uaktualnionych udziałów a posteriori, co pozwala na racjonalne zarządzanie zasobami w warunkach konkurencji. Ta rodzina rozkładów opisuje ontologię udziałów rynkowych, gdzie każda zmiana w jednym segmencie wymusza redefinicję pozostałych elementów układanki. Subiektywne prawdopodobieństwo nie jest więc liczbą zawieszoną w próżni, lecz skondensowaną strukturą doświadczenia, która pozwala nam nawigować w gąszczu niepewności.

Całość tych rozważań prowadzi nas do koncepcji ryzyka Bayesa, czyli oczekiwanej straty uśrednionej względem wszystkich możliwych stanów świata i naszych pierwotnych założeń. W dobie sztucznej inteligencji wyłania się racjonalność transalgorytmiczna, czyli struktura decyzyjna, w której podmiotem jest hybryda człowieka i systemów automatycznych. Teoria decyzji przestaje być jedynie zewnętrznym komentarzem do praktyki gospodarczej, stając się lustrem, w którym ta praktyka dostrzega własne sprzeczności. Ostatecznie każdy eksperyment statystyczny, będący abstrakcyjną procedurą dostarczającą informacji, służy jedynie temu, by nasze uporządkowane niewiedzenie przekuć w sprawcze działanie. Świat nie jest zbiorem stanów; świat jest zbiorem aktualizacji, w którym matematyka staje się językiem odpowiedzialności.

Cywilizacyjne style racjonalności w matematyce decyzji

Decyzja bayesowska, rozumiana jako optymalna alokacja zasobów między konkurencyjne kategorie, stanowi fundament współczesnej teorii wyboru. Jednakże kontynentalne różnice w epistemicznym konstruowaniu niepewności sugerują, że matematyka nie jest uniwersalnym językiem pozbawionym kulturowego dialektu. Przejście do analizy trzech kręgów cywilizacyjnych pozwala zrozumieć, jak dobór rozkładów a priori oraz funkcji straty odzwierciedla głębokie struktury społeczne. Nie operujemy tu stereotypem, lecz formalnym zapisem logiki, w której to nie dane wybierają rozkład; to rozkład wybiera, jaki sens mają dane.

W Stanach Zjednoczonych dominuje model racjonalności ekstensywnej, gdzie struktura decyzyjna wyrasta bezpośrednio z dynamiki rynkowej i modeli predykcyjnych. Rozkład a priori, czyli matematyczna reprezentacja przekonań o świecie przed obserwacją danych, ma tu zazwyczaj charakter płaski lub wysoce elastyczny. Amerykański decydent niemal instynktownie zakłada normalność procesów, wierząc, że stopy zwrotu i błędy pomiarowe zawsze powrócą do bezpiecznej

średniej. Funkcja straty, czyli formalna miara kary za błędną decyzję, jest tu zazwyczaj kwadratowa i zorientowana na maksymalizację wartości dla akcjonariuszy. W tym ujęciu decyzja bayesowska staje się procesem regresyjnym, w którym optymalny wybór jest po prostu nową średnią posterior.

Zupełnie inny krajobraz wyłania się ze struktur Unii Europejskiej, gdzie panuje racjonalność normatywna oparta na zinstytucjonalizowanych priorytetach. Tutaj rozkłady a priori nie są wynikiem swobodnej gry rynkowej, lecz pochodną regulacji, zasad ostrożnościowych oraz rygorystycznych norm ESG. Europejska funkcja straty wykazuje silną nieliniowość, przypisując znacznie wyższe koszty błędom negatywnym, co wymusza stosowanie rozkładów o ciężkich ogonach. Wykorzystanie modeli t-Studenta czy teorii wartości skrajnych świadczy o przekonaniu, że świat nie jest gładką krzywą Gaussa, lecz miejscem pełnym anomalii. Decyzja bayesowska w tym kręgu ma charakter zapobiegawczy, dążąc do minimalizacji ryzyka najgorszych scenariuszy, a nie tylko optymalizacji średniego wyniku.

W kręgu gospodarek arabskich spotykamy się z racjonalnością hierarchiczną, w której niepewność jest konstruowana poprzez informacyjnie nierównomierne rozkłady a priori. Znaczna część kluczowych danych ma charakter poufny lub jest dostępna wyłącznie w ramach zamkniętych struktur władzy, co radykalnie zmienia proces aktualizacji wiedzy. Funkcje straty wykraczają poza prosty rachunek ekonomiczny, włączając w swój aparat matematyczny koszty reputacyjne, które często przeważają nad stratami finansowymi. Modele te wykorzystują mechanizmy jump-diffusion, aby oddać gwałtowne skoki strukturalne wynikające z decyzji politycznych lub fluktuacji cen surowców. Błąd godzący w autorytet jest tu traktowany jako wielokrotnie bardziej kosztowny niż pomyłka w alokacji kapitału rynkowego.

Analiza ta prowadzi do wniosku, że teoria decyzji nie jest zewnętrznym komentarzem do praktyki gospodarczej, lecz lustrem, w którym ta praktyka może zobaczyć własne sprzeczności. Ryzyko Bayesa, czyli oczekiwana strata uśredniona względem wszystkich możliwych stanów świata, staje się zatem miarą cywilizacyjnej odporności na nieprzewidywalne. W dobie racjonalności transalgorytmicznej, gdzie podmiotem decyzyjnym jest hybryda człowieka i systemów AI, te różnice w doborze parametrów stają się jeszcze bardziej jaskrawe. Ostatecznie wybór konkretnej rodziny rozkładów nie jest jedynie technicznym detalem, lecz deklaracją ontologiczną dotyczącą tego, jak rozumiemy porządek. Każda aktualizacja posterior jest więc aktem, w którym matematyczna precyzja spotyka się z subiektywnością doświadczenia.

Meta-logiczne aporie: Gdy priory przeczą funkcji straty

Decyzja bayesowska w swojej najgłębszej strukturze jawi się jako mechanizm quasi-antyfrajlny, gdzie optymalny wybór d* służy przede wszystkim minimalizacji ryzyka gwałtownej, skokowej straty w warunkach niepewności. W tym ujęciu teoria decyzji nie jest jedynie matematyczną gimnastyką, lecz precyzyjnym narzędziem pozwalającym odróżnić trzy fundamentalne modele racjonalności, które współkształtują dzisiejszy ład globalny. Model amerykański, silnie zakorzeniony w regresji i rynkowej normalności, kontrastuje z modelem europejskim, który opiera się na zasadzie ostrożności oraz rozkładach ciężkoogonowych, uwzględniających rzadkie, lecz kosztowne anomalie. Trzeci wariant, model arabski, wprowadza strukturę hierarchiczną i asymetryczną, w której kluczową rolę odgrywa reputacja oraz specyficznie zdefiniowane priory, czyli matematyczne reprezentacje przekonań o strukturze świata przed zaobserwowaniem danych. Różnice te nie są wyłącznie kwestią kulturowego kolorytu, lecz wynikają z formalnych wyborów w zakresie rodzin rozkładów oraz samej architektury posterioru. Można zatem przyjąć, że różnice cywilizacyjne to w istocie różnice w strukturach statystycznego rozumowania, dla których teoria decyzji stanowi najdoskonalszy język opisu.

Przechodząc na poziom autorefleksji samej teorii, musimy zrekonstruować punkty, w których pojęcia statystyczne – mimo swej formalnej nienaganności – generują paradoksy wykraczające poza klasyczny schemat bayesowski. W nowoczesnej gospodarce decydenci rzadko stosują teorię decyzji w jej krystalicznie czystej postaci, wybierając raczej jej fragmenty, które bywają ze sobą wewnętrznie sprzeczne. Prowadzi to do powstania aporii, czyli punktów strukturalnego pęknięcia, możliwych do zidentyfikowania jedynie poprzez metastatystyczną rekonstrukcję całego aparatu pojęciowego. Taka analiza wymaga przyjęcia perspektywy działania ukierunkowanego na wzajemne zrozumienie, co pozwala dostrzec napięcia, których nie wykaże żaden obiektywizujący kalkulator. Odsłaniając metalogiczną sprzeczność między rozkładami a priori a funkcją straty, możemy dostrzec, jak współczesny biznes wpada w pułapkę własnych, błędnie skonstruowanych modeli. Jest to proces konieczny, by zrozumieć, dlaczego systemy, które teoretycznie powinny gwarantować bezpieczeństwo, tak często zawodzą w najmniej oczekiwanych momentach.

W teorii decyzji istnieje subtelna, lecz fundamentalna zasada: priory określają, jak świat może wyglądać, natomiast funkcja straty definiuje, jak ten świat powinien być wartościowany. Jeśli te dwa porządki zaczynają mówić różne rzeczy, pojawia się aporia, w której decydent staje się niezdolny do podjęcia racjonalnego działania, mimo że wszystkie elementy jego modelu są formalnie poprawne. Rozważmy przypadek niezwykle częsty w praktyce korporacyjnej, gdzie deklarowana awersja do ryzyka stoi w jawnej sprzeczności z przyjmowanymi założeniami statystycznymi. Decydent twierdzi, że boi się katastrofy, co matematycznie wyraża silnie wklęsła

funkcja użyteczności, lecz jednocześnie przyjmuje priory ignorujące zdarzenia skrajne. Opieranie się wyłącznie na danych historycznych, w których wielkie kryzysy występują rzadko, prowadzi do konstrukcji modelu, w którym świat jest jednocześnie pełen zagrożeń i całkowicie od nich wolny. W języku rekonstrukcji normatywnej oznacza to, że świat wartości i świat faktów przestały należeć do tej samej ontologii, co stanowi błąd strukturalny, a nie techniczny.

W tak skonstruowanym modelu nie istnieje decyzja bayesowska, która mogłaby pełnić funkcję racjonalnego uzasadnienia, ponieważ posterior staje się niekompatybilny z przyjętą funkcją straty. Możemy to wyrazić za pomocą logiki zdań, gdzie uznanie możliwości katastrofy oraz jednoczesne przyjęcie, że jej prawdopodobieństwo jest znikome, uniemożliwia zminimalizowanie ryzyka Bayesa. Ryzyko Bayesa, czyli oczekiwana strata decydenta uśredniona względem wszystkich możliwych stanów świata, wymaga bowiem elementarnej zgodności między wartościowaniem a przekonaniami. Taką sytuację obserwowaliśmy w bankowości europejskiej przed kryzysem 2008 roku oraz w firmach technologicznych ignorujących ryzyka antymonopolowe. Podobny mechanizm dotyka państwa Zatoki Perskiej, które stosują priory paternalistyczne przy funkcjach strat opartych na niezwykle wrażliwej strukturze reputacyjnej. Ta aporia jest zjawiskiem powszechnym, choć w oficjalnym dyskursie biznesowym rzadko nazywa się ją po imieniu, woląc mówić o nieprzewidzianych okolicznościach.

Współczesny świat biznesu gwałtownie przesuwa się w stronę totalnej algorytmizacji procesów, co w aparacie pojęciowym DeGroota oznacza fundamentalną zmianę roli operatora bayesowskiego. Priory są dziś coraz częściej generowane przez autonomiczne systemy predykcyjne, a posterior nie jest już wynikiem ludzkiej refleksji, lecz efektem maszynowej aktualizacji. W tej nowej rzeczywistości statystyki dostateczne nie są już prostymi sumami czy średnimi, lecz przybierają formę wielowymiarowych wektorów reprezentacji w przestrzeniach modeli głębokich. Funkcja straty, czyli formalna miara kosztu za podjęcie decyzji odbiegającej od rzeczywistego stanu parametrów, bywa przy tym niejawnie redefiniowana przez same algorytmy. Powstaje w ten sposób racjonalność transalgorytmiczna, będąca hybrydą ludzkich intencji, maszynowych obliczeń oraz sztywnych norm instytucjonalnych. AI staje się w tym układzie metadecydującym podmiotem, który przejmuje rolę klasycznego operatora Bayesa, często bez wiedzy i pełnej kontroli ze strony zarządu.

Jeżeli priory algorytmu i priory człowieka przestają być ze sobą kompatybilne, rodzi się nowa, metalogiczna sprzeczność, której nie znała klasyczna teoria decyzji. System zaczyna optymalizować zupełnie inną funkcję niż ta, którą deklaruje ludzki decydent, posługując się przy tym odmienną ontologią niepewności. To pęknięcie sprawia, że procesy decyzyjne stają się nieprzejrzyste nawet dla ich twórców, co prowadzi do błędów o skali globalnej. W epoce sztucznej inteligencji aporia ta

zyskuje nowy wymiar, ponieważ maszyna nie odczuwa ciężaru odpowiedzialności, który jest wpisany w ludzką funkcję straty. Stoimy zatem przed wyzwaniem zrozumienia, jak te dwa obce sobie systemy przekonań mogą współistnieć w ramach jednej struktury gospodarczej. Bez tej świadomości ryzykujemy, że nasze narzędzia optymalizacji staną się źródłem największych systemowych niestabilności, jakich kiedykolwiek doświadczyliśmy.

Mimo że nazwisko DeGroota nie pojawia się w nagłówkach gazet tak często jak nazwiska Bayesa czy Savage'a, jego aparat matematyczny stanowi fundament współczesnej ekonomii predykcyjnej. Analitycy kwantytatywni na rynkach finansowych codziennie wykorzystują jego koncepcję ryzyka Bayesa w zaawansowanych modelach regresji, próbując okiełznać rynkowy chaos. Uczenie maszynowe w swojej strukturalnej formie jest w istocie bezpośrednim przedłużeniem jego myśli, a zarządzanie ryzykiem nie mogłoby istnieć bez predykcyjnych rozkładów posterior. Modele makroekonomiczne, operujące na wielowymiarowych rozkładach normalnych, oraz globalne łańcuchy dostaw opierają się na rozkładach Poissona, czyli modelach opisujących prawdopodobieństwo wystąpienia rzadkich zdarzeń. Teoria decyzji nie jest zatem zewnętrznym komentarzem do praktyki gospodarczej, lecz lustrem, w którym ta praktyka może zobaczyć własne sprzeczności. To właśnie w tym aparacie ukryta jest mapa, która pozwala nam nawigować po świecie, gdzie niepewność gospodarcza nie jest metafizycznym chaosem, lecz uporządkowanym niewiedzeniem.

Patologie decyzji: Od błędów bayesowskich do autonomii AI

Morris DeGroot pozostaje milczącym architektem współczesnego porządku gospodarczego, choć jego nazwisko rzadko wybrzmiewa w sterylnych salach konferencyjnych korporacyjnych zarządów. Jego prace stanowią niewidzialne rusztowanie, na którym wspiera się gmach dzisiejszych procesów decyzyjnych, mimo że owa konstrukcja jest obecnie gęsto usiana pęknięciami. Obserwujemy systemową niewydolność, w której elegancja logiki bayesowskiej zostaje złożona w ofierze na ołtarzu doraźnej korporacyjnej celowości. Nie jest to jedynie kwestia niskiej jakości danych, lecz fundamentalne niezrozumienie tego, co oznacza bycie racjonalnym w świecie permanentnej niepewności. Teoria decyzji nie jest zewnętrznym komentarzem do praktyki gospodarczej, lecz lustrem, w którym ta praktyka może zobaczyć własne sprzeczności.

Pierwsza z patologii dotyczy ontologicznej ślepoty względem natury samej niepewności, która rzadko bywa poddawana głębszej refleksji. Większość przedsiębiorstw funkcjonuje w kojącym złudzeniu rozkładu normalnego, modelując fluktuacje rynkowe jako przewidywalne zmarszczki na

tafli wody, a nie potencjalne tsunami. Ta „normalność fałszywego spokoju" ignoruje istnienie katastroficznych ogonów, czyli rzadkich zdarzeń o niszczycielskiej sile, których model z definicji nie jest w stanie dostrzec. Gdy firma traktuje rzeczywistość o grubych ogonach za pomocą narzędzi skrojonych pod bezpieczną średnią, popełnia błąd natury ontologicznej. Jest to błędne odczytanie samej struktury bytu, które prowadzi do budowania strategii na fundamencie z piasku.

Kolejny poziom degradacji racjonalności objawia się w sposobie konstruowania rozkładów a priori, czyli matematycznych reprezentacji przekonań o świecie przed zaobserwowaniem danych. W korporacyjnej praktyce te parametry startowe są często wynikiem politycznych negocjacji, a nie rzetelnej analizy probabilistycznej. Kiedy zarząd narzuca rozkłady a priori oparte na kwartalnych ambicjach, wynikowy rozkład a posteriori staje się strukturą skażoną u samego zarania. Sytuację pogarsza brak jawnie zdefiniowanej funkcji straty, będącej formalną miarą kosztu podjęcia decyzji odbiegającej od rzeczywistego stanu parametrów. Bez tego fundamentu decyzje stają się jedynie doraźnymi reakcjami, co stoi w jawnej sprzeczności z elementarnymi wymogami teorii decyzji.

Najbardziej drastyczny błąd pojawia się w momencie, gdy dochodzi do całkowitej niezgodności między optymizmem założeń a katastroficznym wymiarem potencjalnej porażki. Jeśli decydent przyjmuje rozkłady a priori sugerujące pasmo sukcesów, podczas gdy funkcja straty przewiduje unicestwienie podmiotu, matematyczna spójność modelu ulega nieodwracalnemu zerwaniu. W takich warunkach optymalna decyzja bayesowska po prostu nie istnieje, a aparat logiczny DeGroota przestaje generować jakiekolwiek sensowne wskazówki. Mimo to machina korporacyjna rzadko się zatrzymuje, kontynuując marsz w stronę przepaści z poczuciem fałszywego bezpieczeństwa. Jest to stan logicznego paraliżu, który zostaje przysłonięty przez agresywną retorykę sukcesu i strategicznego rozmachu.

W epoce sztucznej inteligencji te patologie zyskują nowy, niemal metafizyczny wymiar poprzez ukryte funkcje straty zaszyte wewnątrz autonomicznych algorytmów. Systemy te optymalizują cele, które często rozmijają się z wartościami deklarowanymi przez ludzkie kierownictwo, tworząc niebezpieczny rozłam między dwiema racjonalnościami. Algorytmy stają się wówczas ukrytymi podmiotami, które operują w oparciu o własną logikę przetrwania i efektywności, niekoniecznie zbieżną z interesem organizacji. Dochodzi do sytuacji, w której maszyna i człowiek grają w zupełnie inne gry, korzystając przy tym z tego samego zestawu danych. To pęknięcie sprawia, że „optymalny" wynik algorytmu może okazać się strategiczną katastrofą dla długofalowego trwania firmy.

Rozważmy klasyczną zagadkę decydenta, który operuje rozkładem Beta, czyli modelem statystycznym opisującym prawdopodobieństwo sukcesu, jako swoim rozkładem a priori. Po uzyskaniu nowych danych staje on przed dylematem: czy oprzeć swoje działanie na rozkładzie a posteriori parametru, czy na rozkładzie predykcyjnym? Subtelna różnica polega na tym, że

pierwszy opisuje samą naturę zjawiska, natomiast drugi koncentruje się na konkretnych, przyszłych zdarzeniach. Jeśli funkcja straty dotyczy przyszłych zdarzeń operacyjnych, decydent musi użyć rozkładu predykcyjnego, gdzie prawdopodobieństwo sukcesu w kolejnej próbie wyznacza stosunek $(\alpha+k)$ do $(\alpha+\beta+n)$. Pomylenie tych dwóch instancji jest błędem metastatystycznym, który prowadzi do błędnego oszacowania ryzyka w nadchodzących cyklach.

Odsłoniliśmy poziom, na którym teoria decyzji staje się narzędziem metakrytycznym, wymagającym od nas rygorystycznego dopasowania struktur matematycznych do natury rzeczywistości. W dobie autonomizacji systemów operator bayesowski przestaje być jedynie pasywnym narzędziem w rękach człowieka, stając się samodzielną instancją racjonalności. Świat nie jest zbiorem stanów; świat jest zbiorem aktualizacji, a w tym nieustannym procesie maszyna zaczyna definiować własne statystyki dostateczne. Przechodzimy w stronę racjonalności transalgorytmicznej, czyli struktury decyzyjnej, w której podmiotem jest hybryda człowieka, algorytmów AI oraz norm instytucjonalnych. W tym nowym paradygmacie wyzwaniem nie jest już tylko wybór właściwej drogi, lecz zrozumienie logiki, która tę drogę wyznacza.

Meta-decyzja: Nowa matematyka wyboru w erze algorytmów

Klasyczna przestrzeń parametrów Ω, niegdyś postrzegana jako ontologicznie domknięty zbiór stanów świata, w dobie algorytmów ulega gwałtownej dekompozycji. Współczesne przedsiębiorstwo nie funkcjonuje już w jednej, obiektywnej rzeczywistości, lecz porusza się między wieloma równoległymi światami: tym wygenerowanym przez surowe dane operacyjne, światem płynnych symulacji oraz światem predykcji algorytmicznych. To przesunięcie sprawia, że tradycyjna decyzja bayesowska ewoluuje w stronę decyzji meta-bayesowskiej, w której podmiot musi najpierw rozstrzygnąć, w której z tych ontologii jego działanie w ogóle ma sens. Jak słusznie zauważył Morris H. DeGroot, statystyczne przekonania nie są jedynie opisem stanu rzeczy, lecz suwerennym aktem wyboru. W epoce sztucznej inteligencji ten akt wyboru przestał być domeną jednostki, stając się procesem rozproszonym i wielowymiarowym. To nie dane wybierają rozkład; to rozkład wybiera, jaki sens nadamy rzeczywistości.

Wymiar normatywny tego zjawiska ujawnia się poprzez kategorię użyteczności hybrydowej, która zastępuje klasyczne, eleganckie funkcje reprezentujące postawy wobec ryzyka. Jest to przejaw racjonalności transalgorytmicznej, czyli struktury decyzyjnej, w której podmiotem staje się hybryda człowieka, algorytmów oraz norm instytucjonalnych. Obecnie mamy do czynienia z trzema nakładającymi się na siebie warstwami preferencji: indywidualnymi dążeniami zarządu, celami

korporacji oraz funkcjami celu modeli uczących się. Brak synchronizacji między tymi poziomami prowadzi przedsiębiorstwo do stanu metanieracjonalności, w którym proces optymalizacji staje się operacją na pustym zbiorze znaczeń. Prof. Elżbieta Mączyńska trafnie zdiagnozowała tę sytuację, wskazując, że współczesna gospodarka często zachowuje się tak, jakby nie wiedziała, czego chce, ponieważ usiłuje chcieć wszystkiego naraz. AI, będąc quasi-podmiotem pozbawionym autentyczności ekspresji, czyni tę funkcję strukturą fragmentaryczną i potencjalnie sprzeczną.

Problem decyzji przesuwa się zatem nieuchronnie w stronę meta-decyzji, gdzie przedmiotem wyboru nie jest już konkretne działanie, lecz sama architektura procesu wartościowania. Decydent musi dziś samodzielnie zaprojektować strukturę funkcji straty, czyli formalną miarę kosztu błędu, oraz określić rozkłady a priori, będące matematyczną reprezentacją przekonań o świecie przed analizą danych. Jest to punkt przełomowy, w którym teoria decyzji zyskuje wymiar metateoretyczny, a akt wyboru polega na selekcji samej reguły minimalizacji ryzyka Bayesa, czyli oczekiwanej straty uśrednionej względem wszystkich stanów świata. Michał Kalecki pisał niegdyś, że w ekonomii najtrudniejsza jest odwaga w wyborze parametrów, które rzeczywiście opisują rzeczywistość, a nie sama biegłość w obliczeniach. Choć jego myśl dotyczyła makroekonomii, dotyka ona sedna dzisiejszej teorii decyzji: podmiot musi odważyć się rozstrzygnąć, co w zalewie informacji w ogóle zasługuje na miano parametru. To akt odwagi, nie tylko matematyki.

Te ontologiczne rozstrzygnięcia nie zapadają w próżni, lecz są głęboko osadzone w lokalnych strukturach władzy i tradycjach kulturowych. Gospodarki arabskie, wierne modelom paternalistycznym, wprowadzają do rachunku parametr reputacji zbiorowej, podczas gdy model amerykański opiera się na parametrze odpowiedzialności prawnej korporacji. Z kolei Unia Europejska forsuje parametr ryzyka systemowego i regulacyjnego, tworząc unikalną ontologię, której nie da się bezpośrednio sprowadzić do jednego wspólnego rozkładu posterior, czyli końcowej aktualizacji naszych przekonań pod wpływem nowych danych. Ta różnorodność podejść odzwierciedla globalną tendencję do porzucania wiary w przewidywalność opartą na rozkładzie normalnym na rzecz modeli dopuszczających ekstremalne odchylenia. Coraz powszechniejsze staje się stosowanie rozkładów Pareto i t-Studenta, które pozwalają opisać niepewność gospodarczą nie jako metafizyczny chaos, lecz jako uporządkowane niewiedzenie o zdarzeniach rzadkich, lecz przełomowych. Normalność odeszła do lamusa.

Koniec statycznego świata: Nowa ontologia decyzji w erze AI

Współczesny świat przestał być przewidywalną sceną, na której dominują zdarzenia typowe, a statystyka służy jedynie do wygładzania drobnych fluktuacji. Obecnie to zdarzenia skrajne, niegdyś spychane na margines błędu, wykazują wszak większą regularność niż to, co zwykliśmy uważać za normę. Wynika to z wielowymiarowości niepewności, w której zmienna losowa nie jest już prostą funkcją jednego parametru, lecz strukturalnym rezultatem współdziałania setek wymiarów. W tej gęstwinie danych rośnie znaczenie rozkładu normalnego wielowymiarowego oraz rozkładu Wisharta, czyli rozkładu prawdopodobieństwa zdefiniowanego na macierzach symetrycznych i dodatnio określonych. Bez tych narzędzi próba opisu nowoczesnej gospodarki przypomina mierzenie głębi oceanu za pomocą szkolnej linijki.

Kolejnym fundamentem zmiany jest algorytmiczna dynamika rozkładów a priori, czyli matematycznych reprezentacji naszych przekonań o strukturze świata przed zaobserwowaniem danych. W dobie systemów autonomicznych te pierwotne założenia są aktualizowane nieustannie, w tempie, które całkowicie rozmija się z tradycyjnym doświadczeniem ekonomicznym zarządów korporacji. Model matematyczny widzi świat w sposób fundamentalnie odmienny od człowieka, toteż przestaje to być jedynie ciekawostką filozoficzną, a staje się palącym problemem praktycznym. Rynki energii, ropy czy półprzewodników generują permanentnie nowe rozkłady a priori, które wymykają się spod kontroli tradycyjnych decydentów, tworząc rzeczywistość trudną do okiełznania klasycznymi metodami.

Analizując klasyczną teorię decyzji sformułowaną przez Morrisa DeGroota, musimy przyznać, że jest ona formalnie pełna i logicznie domknięta w swoim pierwotnym zakresie. Bronię tego dorobku, zauważając jednocześnie, że pozostaje on niekompletny wobec wyzwań epoki sztucznej inteligencji. Klasyczny model zakłada bowiem istnienie jednego decydenta, statyczną naturę parametrów oraz jednowymiarową funkcję użyteczności. Przyjmuje również, że przekonania a priori nie zmieniają się szybciej niż preferencje samego podmiotu, co w obecnych realiach rzadko znajduje potwierdzenie. W epoce AI żadne z tych założeń nie zostaje zachowane, co zmusza nas do przedefiniowania fundamentów racjonalnego działania.

Nie jest to jednak krytyka źródła, lecz raczej afirmacja jego wewnętrznej logiki: DeGroot dostarcza nam instrumentarium, by zrozumieć, dlaczego musimy myśleć szerzej. Odsłaniamy strukturę nadchodzącego paradygmatu, w którym funkcja użyteczności staje się hybrydowa, a każda pojedyncza decyzja jest w istocie meta-decyzją. Zmienne losowe traktujemy jako wektory głębokiej reprezentacji, a rozkłady wielowymiarowe stają się podstawowym językiem opisu procesów

gospodarczych. W tym układzie AI działa jako autonomiczny operator Bayesowski, a teoria decyzji ewoluuje w stronę teorii koordynacji człowieka z algorytmem. Tu rodzi się racjonalność transalgorytmiczna, czyli struktura decyzyjna, w której podmiotem jest hybryda człowieka i systemów obliczeniowych.

Ontologia parametrów przyszłości sugeruje świat, w którym niepewność nie jest już stanem zewnętrznym, lecz produktem ubocznym samego procesu uczenia maszynowego. W klasycznym ujęciu parametry były wielkościami stałymi, a niepewność dotyczyła jedynie ich wartości, nigdy zaś ich fundamentalnej natury. W epoce uczenia głębokiego parametry stają się efemeryczne, ponieważ modele uczą się na danych generowanych przez inne modele, tworząc zamknięte pętle sprzężeń zwrotnych. Wprowadza to kategorię niepewności endogenicznej, w której świat gospodarczy przestaje być obiektem biernej obserwacji. Staje się on raczej rzeczywistością wytwarzaną przez same procedury badawcze, co nadaje procesom decyzyjnym zupełnie nowy wymiar.

W języku statystyki oznacza to, że rozkład a posteriori, czyli rozkład prawdopodobieństwa uzyskany po uwzględnieniu nowych danych, nie opisuje już rzeczywistości, lecz aktywnie ją współtworzy. Dotychczas decydent poruszał się w stabilnym zbiorze stanów natury, który można było opisać i skatalogować. Obecnie natura parametrów jest wynikiem nieustannego procesu, w którym człowiek, algorytm i dane przenikają się w nieskończonej pętli aktualizacji. W takiej ontologii parametry mają charakter procesualny, a nie statyczny, co wymaga od nas porzucenia starych przyzwyczajeń. Świat nie jest zbiorem stanów; świat jest zbiorem aktualizacji, w którym jedyną stałą pozostaje dynamika zmian.

Teoria decyzji jako architektura globalnego ładu w epoce AI

Współczesna teoria decyzji staje przed wyzwaniem, w którym parametry nie są już danymi stałymi, lecz płynnymi konstruktami, co sprawia, że racjonalność przestaje być atrybutem przypisanym wyłącznie jednemu, autonomicznemu podmiotowi. W tym nowym krajobrazie wyłania się transalgorytmiczny podmiot decyzji, czyli hybrydowa struktura łącząca intuicję człowieka, precyzję algorytmów oraz ramy narzucane przez instytucje i środowisko. Ta czterowarstwowa architektura obejmuje warstwę ludzką, definiującą preferencje i wartości, oraz warstwę algorytmiczną, operującą na funkcjach straty i automatycznie generowanych rozkładach a priori. Dochodzą do tego warstwy: instytucjonalna, nasycona normami i kulturą gospodarczą, oraz środowiskowa, uwzględniająca ryzyka systemowe i zdarzenia o charakterze katastroficznym. W konsekwencji akt decyzyjny przestaje być prostą minimalizacją ryzyka Bayesa, rozumianego jako oczekiwana strata

uśredniona względem stanów świata, stając się procesem uzgadniania czterech odrębnych ontologii.

Pojawienie się tej złożoności wymusza narodziny nowej formy racjonalności, która nie jest już wyłączną własnością człowieka ani domeną maszynową, lecz tkwi w samej procedurze ich wzajemnej koordynacji. Możemy to określić mianem hermeneutyki współdziałania, czyli porządku, który odrzuca zarówno technokratyczny chłód, jak i naiwną wiarę w pełną autonomię ludzkiego wyboru. Aby decyzje gospodarcze zachowały swój intersubiektywny sens i mogły być racjonalnie uzasadnione, konieczne jest stworzenie struktury regulującej napięcia między różnymi roszczeniami do słuszności. Musimy zatem pogodzić roszczenia do prawdziwości płynące z rozkładów posterior, czyli zaktualizowanych przekonań o świecie, z roszczeniami do słuszności wyrażonymi przez funkcję użyteczności. Do tego dochodzą roszczenia do autentyczności ludzkiego podmiotu oraz stabilności gwarantowanej przez instytucje gospodarcze, które w dobie sztucznej inteligencji tracą swoje tradycyjne, jednolite centrum.

W obliczu tej decentralizacji roszczeń proponuję wprowadzenie kategorii ładu deliberacyjno-algorytmicznego, opartego na logice rekonstrukcyjnej, która pozwala na ponowne odczytanie fundamentów naszych działań. Jest to procedura, w której modele uczące się podlegają rygorystycznej krytyce normatywnej, podczas gdy ludzkie intuicje są konfrontowane z krytyką o charakterze probabilistycznym. Takie podejście nie stanowi zgniłego kompromisu między dwiema sferami, lecz jest niezbędnym wymogiem zachowania spójności decyzji w świecie nasyconym danymi. W tym układzie algorytm staje się lustrem dla ludzkich uprzedzeń, a człowiek – strażnikiem sensu, którego matematyczna funkcja straty nie jest w stanie samodzielnie udźwignąć. Ostatecznie to właśnie ta wzajemna korekta pozwala na reprodukcję spójności systemu gospodarczego, chroniąc go przed osunięciem się w chaos niespójnych działań.

Analizując globalny ład decyzyjny, musimy powrócić do trzech stylów racjonalności, które determinują współczesną geopolitykę i sposób, w jaki rozumiemy ryzyko. Model amerykański pozostaje ekstensywny i rynkowy, opierając się na regresji i wierze w samoregulującą się naturę danych, co często prowadzi do ignorowania anomalii. Z kolei model europejski jest głęboko normatywny i ostrożnościowy, wykorzystując rozkłady ciężkoogonowe, czyli modele statystyczne uwzględniające wysokie prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzeń ekstremalnych. Model arabski natomiast opiera się na logice reputacyjnej i asymetrycznej, dążąc do budowania struktur antykruchych, które zyskują na zmienności, zamiast jej ulegać. Subiektywne prawdopodobieństwo nie jest więc liczbą zawieszoną w próżni, lecz skondensowaną strukturą władzy, doświadczenia i ideologii, która definiuje granice możliwego działania.

W świecie transalgorytmicznym te trzy modele nie mogą współistnieć bez generowania głębokich napięć, ponieważ ich fundamenty są ze sobą sprzeczne na poziomie czysto matematycznym. Model amerykański generuje strumienie danych, które zakładają normalność rozkładów, podczas gdy europejskie podejście do ryzyka czyni te same dane nieprzydatnymi dla standardowych algorytmów uczenia maszynowego. Jednocześnie model arabski traktuje reputację jako parametr nieliniowy, którego algorytmy nie potrafią uchwycić inaczej niż jako zmienną ukrytą, pozbawioną realnego kontekstu społecznego. Konflikt między tymi racjonalnościami nie ma więc natury wyłącznie politycznej, lecz jest konfliktem epistemicznym, dotyczącym samej natury wiedzy i sposobu jej przetwarzania. Każda z tych cywilizacji konstruuje bowiem inną przestrzeń Ω, czyli zbiór wszystkich możliwych wyników eksperymentu statystycznego, co uniemożliwia proste uzgodnienie wspólnych celów.

Brak wspólnej ontologii parametrów prowadzi do zjawiska, które możemy nazwać globalną niespójnością posteriorów, gdzie różne regiony świata operują w odmiennych rzeczywistościach probabilistyczno-normatywnych. Można przewidzieć pięć kluczowych kierunków, które w najbliższych dekadach będą definiowały przyszłość gospodarki światowej i kierunek ewolucji teorii decyzji. Pierwszym z nich jest dominacja modeli generatywnych, które przestają prognozować świat, a zaczynają go aktywnie konstruować poprzez swoje predykcje. W tym ujęciu posterior traci swoją funkcję czysto deskrypcyjną, zyskując funkcję performatywną, co oznacza, że statystyczny opis przyszłości staje się narzędziem jej bezpośredniego stwarzania. Świat nie jest zbiorem stanów; świat jest zbiorem aktualizacji, w którym każda nowa informacja zmienia nie tylko naszą wiedzę, ale i samą strukturę rzeczywistości.

Drugim kierunkiem jest hybrydyzacja funkcji użyteczności, które staną się dynamiczne i zaczną wchłaniać parametry dotychczas uznawane za zewnętrzne, takie jak regulacje ESG czy normy kulturowe. Trzeci trend wymusi na globalnych instytucjach przyjęcie standardu rozkładów ciężkoogonowych, ponieważ w świecie globalnych powiązań ignorowanie ryzyka katastroficznego staje się ekonomicznie nieuczciwe. Czwarty kierunek to przyspieszenie generowania priors, czyli rozkładów a priori reprezentujących nasze wstępne przekonania, które będą powstawać szybciej, niż ludzkie struktury interpretacji zdołają je przetworzyć. To nieuchronnie wprowadzi turbulencje epistemiczne, w których tradycyjne metody rozumowania nie będą nadążać za tempem zmian w algorytmicznych modelach świata. Piątym i najważniejszym kierunkiem będzie konieczność wypracowania nowej formy deliberacji gospodarczej, w której algorytmy i ludzie staną się równoprawnymi uczestnikami jednej struktury uzasadniania.

Jeśli potraktujemy decyzję nie jako prosty wybór konkretnego działania, lecz jako wybór całego systemu wartościowania i przekonań, otrzymamy najgłębszą tezę niniejszych rozważań. Teoria

decyzji nie jest jedynie zewnętrznym komentarzem do praktyki gospodarczej, lecz lustrem, w którym ta praktyka może zobaczyć własne sprzeczności i ograniczenia. DeGroot udowodnił, że racjonalność jest procedurą: spójną formalnie, intersubiektywną w swej metodzie i zdolną do integracji zupełnie nowych form wiedzy. W epoce sztucznej inteligencji ta procedura staje się jedyną dostępną drogą do zachowania spójności gospodarki globalnej, chroniąc ją przed fragmentacją. Hermeneutyczna zasada jedności wskazuje nam, że decyzja ekonomiczna przestaje być aktem jednostkowym, stając się procesem, w którym współobecne są wymiary ontologiczny, epistemiczny i normatywny.

Dopiero pełna synchronizacja tych wymiarów generuje możliwość działania ukierunkowanego na wzajemne zrozumienie, w którym racjonalność nie jest aktem dominacji, lecz efektem krytycznej koegzystencji. Współczesna teoria decyzji musi zatem zakładać podmiotowość wspólną, rozproszoną między warstwy ludzkie, technologiczne i instytucjonalne, co stanowi odejście od klasycznego ujęcia bayesowskiego. Pojawia się tu aporia parametryczna: gdy parametry stają się produktem ubocznym działania algorytmów, niepewność przestaje być brakiem wiedzy, a staje się strukturą reprodukcji świata przeżywanego. Statystyka, dotychczas interpretowana jako narzędzie opisu, staje się w ten sposób narzędziem tworzenia świata, w którym prawdopodobieństwo subiektywne mierzy koherencję między różnymi formami życia. Nie jest to jednak relatywizm, gdyż podstawowy aparat pozostaje niezmienny: posterior nadal wynika z priors i danych, a decyzja dąży do minimalizacji straty.

Wkład DeGroota w teorię decyzji polegał na stworzeniu paradygmatu racjonalności proceduralnej, który jest w stanie absorbować najbardziej radykalne zmiany technologiczne i kulturowe. Choć rzadko obecny w nagłówkach gazet, DeGroot jest wszechobecny w praktyce analitycznej, wymagając od nas uznania, że racjonalność nie jest własnością umysłu, lecz procedury. Prof. Elżbieta Mączyńska trafnie zauważyła, że największym wrogiem współczesnych gospodarek nie jest ignorancja, lecz nieregularność procedur, w których decyzje tracą kontakt z własnymi założeniami. To zdanie stanowi istotę DeGrootowskiego postulatu spójności, w którym priors, funkcja straty i rozkład muszą należeć do jednego, logicznie domkniętego systemu. Bez tej spójności cały aparat statystyczny staje się jedynie pustym zestawem wzorów, pozbawionym zdolności do generowania sensownych działań w rzeczywistości.

Michał Kalecki uzupełnia ten obraz, przypominając nam, że wybór parametrów nie jest jedynie kwestią techniczną, lecz wyrazem głębokiej odpowiedzialności decydenta za kształt świata. Kto nie ma odwagi wybrać właściwego parametru, ten nie będzie miał odwagi uznać własnego błędu, co w teorii bayesowskiej jest kluczowe, gdyż błąd jest tam aktem poznawczym. Wybór konkretnego modelu statystycznego, czy będzie to rozkład Poissona opisujący rzadkie zdarzenia, czy rozkład

Dirichleta służący do modelowania struktur portfelowych, determinuje charakter gospodarki. Decyzja oparta na rozkładzie Poissona, czyli modelu prawdopodobieństwa wystąpienia rzadkich incydentów w czasie, tworzy sztywne i odporne systemy zarządzania ryzykiem operacyjnym. Z kolei oparcie się na rozkładzie normalnym sprzyja budowaniu rynków o wysokiej dynamice korekty, które jednak bywają bezbronne wobec zjawisk o charakterze ekstremalnym.

Wszystko to prowadzi do wniosku, że wybór modelu statystycznego jest w istocie wyborem określonego porządku gospodarczego i społecznego, a nie tylko techniczną optymalizacją. Różnice między kontynentami i cywilizacjami nie wynikają więc z odmiennych mentalności, lecz z fundamentalnych różnic w ich architekturze epistemicznej i przyjętych modelach niepewności. Teoria decyzji jawi się zatem jako jedyna dostępna nam forma rozumu, która jest w stanie regulować globalną gospodarkę w epoce transalgorytmicznej. Posiada ona unikalny aparat łączący wiedzę, niepewność i wartości w jednym formalizmie, pozwalając jednocześnie na ciągłą autokrytykę poprzez warunek spójności wewnętrznej. Integrując działanie ludzkie i maszynowe w jednym operatorze, teoria decyzji nadaje sens pojęciu odpowiedzialności, wymagając, by każda decyzja była uzasadniona względem jawnych zasad. Stała się ona paradygmatem epistemicznym XXI wieku, pełniąc funkcję, którą niegdyś sprawowała logika klasyczna, algebra czy dwudziestowieczna teoria informacji. Niepewność gospodarcza nie jest w tym ujęciu metafizycznym chaosem, lecz uporządkowanym niewiedzeniem, które dzięki aparatowi DeGroota możemy przekuć w fundament nowego ładu światowego.

> Teoria decyzji przestaje być tylko narzędziem kalkulacji, stając się lustrem, w którym współczesność przegląda się w poszukiwaniu utraconej spójności. W świecie, gdzie algorytmy coraz częściej przejmują rolę strażników interpretacji, pytanie o racjonalność przesuwa się z obszaru matematycznej precyzji w stronę etycznej odpowiedzialności za przyjęte założenia. Czy w epoce nieustannych aktualizacji człowiek zdoła zachować podmiotowość, czy też stanie się jedynie parametrem w modelu, którego logiki już nie rozumie?

Inspiracje

[1] **"Optimal statistical decision"** Morrs H. DeGroot

1970 | McGraw-Hill | ISBN: 978-0070162426

Morris Herman DeGroot (1931–1989) był wybitnym amerykańskim statystykiem i akademikiem. Urodzony w Scranton w Pensylwanii, uzyskał tytuł licencjata na Uniwersytecie Roosevelta, a studia podyplomowe ukończył na Uniwersytecie Chicagowskim. W 1957 roku dołączył do Carnegie Mellon University, gdzie stał się jedną z założycieli Wydziału Statystyki, pełniąc funkcję jego pierwszego kierownika od 1966 roku. DeGroot był profesorem uniwersyteckim, co stanowiło najwyższe wyróżnienie dla kadry naukowej tej uczelni. Jego badania koncentrowały się głównie na teorii racjonalnego podejmowania decyzji w warunkach niepewności i statystyce bayesowskiej. Był redaktorem naczelnym czasopisma przeglądowego „Statistical Science" i pełnił funkcję redaktora naczelnego „Journal of the American Statistical Association". Jego wpływowy podręcznik „Probability and Statistics" oraz przełomowe dzieło „Optimal Statistical Decisions" znacząco ukształtowały tę dziedzinę. Był członkiem kilku prestiżowych organizacji zawodowych, w tym American Statistical Association.

Morris Herman DeGroot (1931–1989) was a prominent American statistician and academic. Born in Scranton, Pennsylvania, he earned his undergraduate degree from Roosevelt University and completed his graduate studies at the University of Chicago. In 1957, he joined Carnegie Mellon University, where he became a foundational figure in the Department of Statistics, serving as its first department head starting in 1966. DeGroot was a University Professor, the institution's highest faculty honor. His research focused primarily on the theory of rational decision-making under uncertainty and Bayesian statistics. He was the founding editor of the review journal Statistical Science and served as an editor for the Journal of the American Statistical Association. His influential textbook, Probability and Statistics, and his seminal work, Optimal Statistical Decisions, significantly shaped the field. He was a fellow of several prestigious professional organizations, including the American Statistical Association.

Carnegie Mellon University

Literatura uzupełniająca

Książki

Literatura pokrewna (Google Scholar):

[1] "Efektywność procedur upadłościowych. Bankructwa przedsiębiorstw, katharsis i nowa szansa"

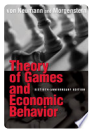
Elżbieta Mączyńska

2015 | Oficyna Wydawnicza SGH | ISBN: 9788373789593

[2] "Ekonomia dla przyszłości. Fundamentalne problemy teorii ekonomii i praktyki gospodarczej"

Elżbieta Mączyńska

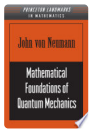
2014 | Polskie Towarzystwo Ekonomiczne



[3] "Theory of Games and Economic Behavior"

John von Neumann, Oskar Morgenstern

1944 | Princeton University Press | ISBN: 9780691130613



[4] "Mathematical Foundations of Quantum Mechanics"

John von Neumann

1932 | Princeton University Press | ISBN: 9780691028934

[5] "On the Accuracy of Economic Observations"

Oskar Morgenstern

1950 | Princeton University Press | ISBN: 978-0-691-04183-4



[6] "Theory of Economic Dynamics: An Essay on Cyclical and Long-Run Changes in Capitalist Economy"

Michał Kalecki

1954 | Oxford University Press | ISBN: 9780198286660



[7] "Essays in the Theory of Economic Fluctuations"

Michał Kalecki

1939 | George Allen & Unwin

[8] "Ars Conjectandi: The Art of Conjecturing"

Jacob Bernoulli

1713 | Thurnisiorum fratrum

[9] "Traité de Mécanique"

Siméon Denis Poisson

1811 | Bachelier

[10] "Recherches sur la probabilité des jugements en matières criminelles et matière civile"

Siméon Denis Poisson

1837 | Bachelier



[11] "Vorlesungen über Zahlentheorie"

Peter Gustav Lejeune Dirichlet, Richard Dedekind

1863 | Vieweg

[12] "The Foundations of Statistics"

Leonard Jimmie Savage

1954 | John Wiley & Sons | ISBN: 978-0-486-62349-8

[13] "How to Gamble If You Must: Inequalities for Stochastic Processes"

Lester E. Dubins, Leonard Jimmie Savage

1965 | McGraw-Hill | ISBN: 978-0-486-63283-4

[14] "The Era of Global Risk: An Introduction to Existential Risk Studies"

Various Contributors

2023 | Open Book Publishers



[15] "The Ethics of Technology: A Geometric Analysis of Five Moral Principles"

Martin Peterson

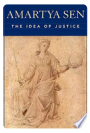
2017 | Oxford University Press | ISBN: 9780190652272



[16] "Human Compatible: Artificial Intelligence and the Problem of Control"

Stuart Russell

2019 | Allen Lane | ISBN: 9780241335208



[17] "The Idea of Justice"

Amartya Sen

2010 | Harvard University Press | ISBN: 9780674036130



[18] "The Age of AI: And Our Human Future"

Henry A. Kissinger, Eric Schmidt, Daniel Huttenlocher

2021 | Little, Brown and Company | ISBN: 9780316273800



[19] "The Bayesian Choice: From Decision-Theoretic Foundations to Computational Implementation"

Christian P. Robert

2007 | Springer Science & Business Media | ISBN: 9780387715995



[20] "Ethics in the Gray Area: A Gradualist Theory of Right and Wrong"

Martin Peterson

2023 | Cambridge University Press | ISBN: 9781009336802

Artykuły naukowe

Autorzy przywoływani:

[1] "Dyskryminacyjne modele predykcji bankructwa przedsiębiorstw"

Elżbieta Mączyńska, M. Zawadzki

2006 | Ekonomista

Google Scholar

[2] "Poland's Socio-Economic Potential and Barriers to Its Use"

Elżbieta Mączyńska-Ziemacka

2016 | Biuletyn Polskiego Towarzystwa Ekonomicznego

Google Scholar

[3] "Ontology and ethics of risk: uncertainty in the era of climate change and new technologies"

Various Researchers

2026 | ResearchGate (Preprint/Article)

Google Scholar

[4] "On Certain Equations of Economics and a Generalization of Brouwer's Fixed Point Theorem"

John von Neumann

1937 | Ergebnisse eines mathematischen Kolloquiums | DOI: 10.1007/978-3-642-61493-4_1

Google Scholar

[5] "Zur Theorie der Gesellschaftsspiele"

John von Neumann

1928 | Mathematische Annalen | DOI: 10.1007/BF01448847

Google Scholar

[6] **"Standardizing AI Ethics: Stakeholders, Values and Profit"**
Nicholas Kluge Corrêa, Julia Maria Mönig
2024 | AI and Ethics
Google Scholar

[7] **"A Generalization of the von Neumann Model of an Expanding Economy"**
John G. Kemeny, Oskar Morgenstern, Gerald L. Thompson
1956 | Econometrica | DOI: 10.2307/1905746
Google Scholar

[8] **"Thirteen Critical Points in Contemporary Economic Theory: An Interpretation"**
Oskar Morgenstern
1972 | Journal of Economic Literature
Google Scholar

[9] **"Managing extreme AI risks amid rapid progress"**
Yoshua Bengio, Dan Hendrycks, Geoffrey Hinton, et al.
2024 | Science
Google Scholar

[10] **"Political Aspects of Full Employment"**
Michał Kalecki
1943 | The Political Quarterly
Google Scholar

[11] **"The Relevance of Philosophy in Shaping Contemporary Social Ethics"**
Anonymous Researcher
2025 | International Journal for Science Review
Google Scholar

[12] **"An Essay towards solving a Problem in the Doctrine of Chances"**
Thomas Bayes
1763 | Philosophical Transactions of the Royal Society
Google Scholar

[13] "An Introduction to the Doctrine of Fluxions, and a Defence of the Mathematicians Against the Objections of the Author of The Analyst"

Thomas Bayes

1736 | N/A (Published anonymously)

Google Scholar

[14] "Proxy Responsibility"

Miguel Garcia-Godinez

2024 | Journal of Ethics and Social Philosophy

Google Scholar

[15] "Moral Rightness Comes in Degrees"

Martin Peterson

2022 | Journal of the American Philosophical Association

Google Scholar

[16] "The ethics of algorithms: Mapping the debate"

Brent Daniel Mittelstadt, Patrick Allo, Mariarosaria Taddeo, Sandra Wachter, Luciano Floridi

2016 | Big Data & Society

Google Scholar

[17] "Beweis des Satzes, dass jede unbegrenzte arithmetische Progression, deren erstes Glied und Differenz ganze Zahlen ohne gemeinschaftlichen Factor sind, unendlich viele Primzahlen enthält"

Peter Gustav Lejeune Dirichlet

1837 | Abhandlungen der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin

Google Scholar

[18] "Latent Dirichlet Allocation"

David M. Blei, Andrew Y. Ng, Michael I. Jordan

2003 | Journal of Machine Learning Research

Google Scholar

Tekst opracowany z udziałem sztucznej inteligencji.
Redakcja i kontrola merytoryczna: Fundacja Dobre Państwo.

APA ONE Publishing System
Fundacja Dobre Państwo © 2026
Article ID: dd36af45-6c69-4f18-9c9b-acd38713d5ff