FILOZOFIA
Roč. 59, 2004, č. 5

BRIAN ELLIS A KAREL BERKA O MERANÍ

IGOR HANZEL, Katedra logiky a metodológie vied FiF UK, Bratislava

HANZEL, I.: Brian Ellis and Karel Berka on Measurement
FILOZOFIA 59, 2004, No 5, p. 305

The paper is a continuation of two previous papers ([16] ; [17]), in which I have discussed the issues of measure and measurement. It gives an account of classical views of Brian Ellis and Karel Berka on the process of measurement. First it examines Ellis' terms such as ordering relationship, order, scale, fundamental, associate and derived measurements. Then it analyses Berka's terms such as quantity, quality, dimension and naming.

Táto štúdia je pokračovaním mojich prác [16] a [17], v ktorých som sa zaoberal problematikou miery a merania. Vysvetľujem v nej dnes už klasické názory Briana Ellisa a Karla Berku na proces merania. Najprv analyzujeme Ellisove termíny ako usporiadanie, poriadok, škála, fundamentálne, asociatívne a odvodené meranie. Potom skúmam Berkove termíny ako kvantita, kvalita, veličina, rozmer a pomenovanie.

1. B. Ellis a pojem merania. Brian Ellis publikoval svoje názory na meranie v prácach ([2] – [15]). Možno v nich rozlíšiť dve obdobia: prvé – v šesťdesiatych rokoch –, charakterizované konvencionalistickým prístupom k problematike merania, a druhé – v osemdesiatych rokoch –, v ktorom dominoval realistický prístup k tejto problematike.[1]

1.1 Šesťdesiate roky. Keďže Ellisove práce z tohto obdobia predstavujú fundamentálny prínos k problematike merania, budeme sa nimi zaoberať podrobnejšie. Z dôvodu stručnosti zhrniem ich výsledky do jedenástich bodov, čo neskôr umožní modifikovať niektoré jeho stanoviská pri zachovaní ostatných.

1. Meranie nám má poskytnúť mieru nejakej kvantity q. Ak nejaké entity majú určitú spoločnú kvantitu, potom vzhľadom na ňu má zmysel vzájomne ich porovnávať a uviesť, či jedna je väčšia, rovná alebo menšia ako iná entita, a naopak, ak môžeme vždy rozhodnúť, či určitá entita je väčšia, rovná alebo menšia ako iná, vzhľadom na čo sú tieto entity rovné alebo nerovné, môžeme chápať ako kvantitu.

2. Pre akúkoľvek kvantitu q musia existovať tri možné vzťahy kvantitatívnej rovnosti alebo nerovnosti: väčší vzhľadom na q ako (symbolicky vyjadrené ako „ $>_q$ “), rovný vzhľadom na q s („ $=_q$ “) a menší vzhľadom na q ako („ $<_q$ “). Vždy, keď

[1] Táto zmena má, pokiaľ ide o univerzálie, svoj pôvod v Ellisovom príklone k realizmu.

prostredníctvom týchto vzťahov vieme zoradiť nejakú množinu entít, môžeme povedať, že sme ich usporiadali podľa nejakej kvantity (*placed them in the order of some quantity*). Objavenie novej kvantity (napr. vo fyzike) je to isté ako objavenie novej skupiny vzťahov usporiadania (*ordering relationships*). Nech $\{>_q, <_q, =_q\}$ je množina vzťahov usporiadania. Môžeme povedať, že určitá kvantita existuje vtedy a len vtedy, keď táto množina existuje, a určitá entita vlastní takúto kvantitu vtedy a len vtedy, keď vstupuje do takýchto vzťahov.

3. Kritériá pre existenciu kvantity si nesmieme pliesť s kritériami pre ich identitu. Ellis netvrdí, že pre každú entitu musí existovať jedna a len jedna množina vzťahov usporiadania. Ellis tiež netvrdí, že nejaká množina relácií usporiadania definuje určitú kvantitu. Dôležitý je poriadok (*order*), ktorý by mal poskytnúť kritériá pre identitu kvantít, a nie vzťah usporiadania. Ak dve (alebo viaceré) množiny vzťahov usporiadania generujú za tých istých podmienok ten istý poriadok, potom by sme mali predpokladať, že sú vzťahmi usporiadania pre jednu a tú istú kvantitu. Naše pojmy kvantít sú zvyčajne „množinové" pojmy (*cluster concepts*), takže určitá konkrétna množina relácií usporiadania neprislúcha podstatne k určitej kvantite; tú možno nájsť prostredníctvom hociktorej z veľkého počtu množín relácií usporiadania.

4. Z uvedeného vyplýva, že podľa Ellisa existujú štyri „sféry": *kvantita*, *poriadok*, *dva či viaceré vzťahy usporiadania* a *naša činnosť merania*, ktorá sa riadi procedúrami priraďovania čísel entitám. Pri takomto chápaní možno vyjadriť dva typy vzťahov: 1. *vzťah poznania a činnosti k reálnemu svetu* a 2. *vzťah reálneho sveta k poznaniu a činnosti*. Prvý typ je daný spojením *nášho objavenia vzťahov usporiadania* s *našou identifikáciou určitého poriadku* a s *naším objavením určitej kvantity*. Tu vzťah smeruje *od nás k reálnemu svetu*. Druhý typ vzťahu je založený na objektívnych charakteristikách reálne existujúcich kvantít tvoriacich základ našej meracej činnosti. To, že skutočne môžeme rekonštruovať tieto opačne smerujúce vzťahy v Ellisových prácach o meraní, je naznačené v jeho tvrdení, že „[e]xistencia kvantity má tak za následok existenciu lineárnej relácie usporiadania a je aj dôsledkom existencie lineárnej relácie usporiadania,"[2] ([8], 3), ako aj v tvrdení, že kvantity *nie sú* reláciami usporiadania. Realistickej zložky v tejto rekonštrukcii Ellisových názorov sa však budeme musieť zriecť, pretože, ako ďalej ukážem, Ellis v šesťdesiatych rokoch zastával, pokiaľ ide o kvantity, výrazne antirealistické stanovisko.

5. Procedúry priraďovania čísel entitám súvisia s existenciou meracích škál. Máme škálu na meranie kvantity q vtedy a len vtedy, keď máme ustálené pravidlo (*determinate rule*) priraďovania čísel entitám majúcim q (t. j. entitám, ktoré sa objavujú v poriadku kvantity q) tak, že poriadok číselného priraďovania korešponduje s poriadkom kvantity q. Ustálené pravidlo je akékoľvek pravidlo, ktoré, ak by sa dodržiavalo s dostatočnou presnosťou, viedlo by k tým istým číselným priradeniam na tých istých entitách za tých istých podmienok. Inak vyjadrené: Máme škálu S na meranie nejakej kvantity q vtedy a len vtedy, keď i) existuje taká procedúra P na

---

2 „The existence of a quantity entails and is entailed by the existence of a linear ordering relationship."

meranie na S, že pre akýkoľvek objekt x objavujúci sa v poriadku kvantity q x je merateľné na S; ii) neexistuje žiadna entita, ktorá je merateľná na S a ktorá sa neobjavuje v poriadku kvantity q; iii) ak entity merateľné na S sú zoradené v poriadku numerického priradenia, sú tým zoradené aj v poriadku kvantity q.

6. Nech X a Y sú ľubovoľné dve škály na meranie tej istej kvantity q a nech x a y sú výsledky ľubovoľných dvoch meraní urobených na tej istej entite za tých istých podmienok na X a Y. Potom f je transformačná funkcia zo škály X do škály Y tak, že platí $y = f(x)$, kde f je striktne monotónne rastúca funkcia. Pre ňu môže platiť:

$$y = mx \; (m > 0) \qquad /1/$$

a možno ju nazvať *podobnostná transformácia* (*similarity transformation*). Všetky škály, ktoré sa na X vzťahujú prostredníctvom inej transformácie, ako je transformácia /1/, sú *nepodobné* vzhľadom na X. Môže napríklad platiť:

$$y = mx + c \; (m > 0, c \neq 0) \qquad /2/,$$

potom sú tieto škály vzájomne lineárne, alebo môže platiť:

$$y = mx^n \; (m > 0, n \neq 0) \qquad /3/,$$

potom však hovoríme o tzv. mocninových škálach.

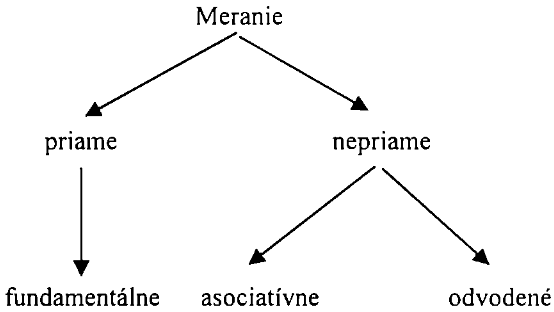
7. Existuje niekoľko typov škál v závislosti od typov merania.

a) *Fundamentálne škály* tvorí tzv. fundamentálna operácia merania. Platí totiž, že všetky merania závisia od určitých základných foriem merania. Napríklad meranie teploty závisí od merania objemu a meranie objemu od merania dĺžky, ale dĺžku možno merať nezávisle od merania inej kvantity. Takéto meranie nazývame *fundamentálne meranie* a procedúry s ním spojené nazývame *fundamentálne procedúry merania*. Na to, aby sme mohli merať nejakú kvantitu q fundamentálne, existujú dve všeobecné podmienky. Po prvé, musia existovať kritériá pre kvantitatívnu rovnosť a nerovnosť vzhľadom na q, ktoré sú nezávislé od predchádzajúceho merania, t. j. vzťahy symbolicky vyjadrené ako „ $>_q$ ", „ $=_q$ " a „ $<_q$ " sa musia dať určiť nezávisle od akejkoľvek procedúry merania. Po druhé, musí existovať určitá operácia O kombinovania ľubovoľných dvoch systémov S_1 a T_1 majúcich q tak, aby tvorili zložený systém $O(S_1,T_1)$, ktorý má tiež q. Pre túto operáciu má platiť: i) $O(S_1,T_1) =_q O(S_1,T_1)$, kde $S_1 =_q S_2$ a $T_1 =_q T_2$; ii) $O(S_1,T_1) >_q S_1$; iii) $O(O(S_1,T_1),U_1) =_q O(S_1,O(T_1,U_1))$; iv) Ak $S_1, S_2, \ldots$ je ľubovoľná množina systémov rovných v q a T je iný systém majúci q tak, že platí $T >_q S_1$, potom existuje také číslo n, že ak $S_1, S_2, \ldots S_n$ sú postupne kombinované operáciou O, potom takto vytvorený systém je väčší v q ako T.

b) Pre *asociatívne škály* platí: Nech q je nejaká kvantita, pre ktorú existujú priame kritériá (t. j. kritériá nezávislé od predchádzajúceho merania inej kvantity) pre kvantitatívnu rovnosť a nerovnosť. Predpokladajme ďalej, že existuje kvantita p asociovaná s q (tzv. asociovaná vlastnosť p), ktorá je nezávisle (napr. fundamentálne) merateľná. Predpokladajme tiež, že máme systémy A a B určitého typu. Ak platí, že $A >_q B$ alebo $A <_q B$ alebo $A =_q B$, a ak platí, že $A >_p B$ alebo $A <_p B$ alebo $A =_p B$, potom môžeme použiť mieru kvantity p (na nejakej zvolenej škále) pre systémy tohto typu ako mieru kvantity q, a tak definovať škálu pre q. Asociovanú škálu pre meranie q potom definujeme tak, že $f(Mp)$ považujeme za mieru q, pričom platí $q=f(Mp)$, kde Mp je miera p na nejakej už vopred definovanej škále a f je striktne monotónne rastúca funkcia.

c) *Odvodené škály* sa tvoria prostredníctvom odvodeného merania. To je charakterizované určovaním „konštánt" v numerických zákonoch tvaru $(x_1,y_1,z_1,...) = k$, kde x_1, y_1, z_1, ... sú výsledky meraní nezávisle merateľných kvantít na škálach X, Y, Z, ... a k je systémovo závislá konštanta.

8. Ellisovu typológiu merania môžeme znázorniť takto



Nejaká kvantita je meraná nepriamo, ak zahŕňa meranie jednej alebo viacerých iných kvantít. Asociatívne meranie a odvodené meranie sú tak typmi nepriameho merania. Asociatívne meranie kvantity q je možné len vtedy, keď existuje nezávisle merateľná kvantita p asociovaná s q tak, že ak sú určité entity zoradené (za špecifikovaných podmienok) v poriadku kvantity p, sú zoradené aj v poriadku kvantity q. Prípadom asociatívneho merania je napríklad meranie teploty. Odvodené meranie je možné, len ak existujú zákony, ktoré dávajú do súvislosti kvantity p, r, s, ... a v ktorých vystupujú určité „konštanty" meniace sa od systému k systému. Ak systém s kvantitou q, ktorú chceme merať, má aj kvantity p, r, s,..., ktoré sú nezávisle merateľné, a ak existuje aspoň jedna systémovo závislá konštanta k, tak potom ak sú systémy zoradené v poriadku konštanty k, sú zoradené aj v poriadku kvantity q. Prípadom takéhoto merania je napríklad meranie sily v klasickej mechanike.

9. *Škály a pojem jednotky merania.* Predpokladajme, že obe podmienky na fundamentálne meranie, ako boli dané v bode 7a), sú splnené. Škálu na meranie fundamentálnej kvantity q vytvoríme dvoma krokmi. Prvým krokom je konštrukcia *štandardnej množiny.* Na tento účel sa nejaký systém S_1 zvolí ako štandard. Nadväzne sa nájde alebo skonštruuje iný systém S'_1 tak, že platí $S'_1 =_q S_1$, a súčasne sa vytvorí tiež zložený systém $O(S'_1,S_1)$. Tento systém, ktorý označíme ako S_2 a pre ktorý platí $S_2 =_q O(S'_1,S_1)$, sa považuje za druhého člena *štandardnej množiny.* Potom sa definuje jej tretí člen tak, že $S_3 =_q O(S_2,S_1)$, a jej štvrtý člen tak, že $S_4 =_q O(S_3,S_1)$ atď.

Týmto spôsobom vytvoríme štandardnú množinu, ktorej prvky S_1, S_2, S_3, S_4, ... narastajú v poriadku kvantity q.

V druhom kroku sa vytvára tzv. *štandardná podmnožina*. Nájdeme alebo skonštruujeme dva systémy $S_{1/2}$ a $S'_{1/2}$ tak, že platí $S_{1/2} =_q S'_{1/2}$ a $S_1 = {}_qO(S_{1/2}, S'_{1/2})$. Potom nájdeme alebo vytvoríme tri systémy $S_{1/3}$, $S'_{1/3}$, $S''_{1/3}$, ktoré sú si vzájomne rovnaké vzhľadom na q, a platí $S_1 =_q O(S_{1/3}, S'_{1/3}, S''_{1/3})$ atď. Prvky $S_{1/2}$, $S_{1/3}$, $S_{1/3}$, ... takto vytvorenej štandardnej podmnožiny klesajú v poriadku kvantity q.

Tým, že sme dva podštandardy vzhľadom na S_1 označili ako $S_{1/2}$ a $S'_{1/2}$, a tým, že sme tvrdili, že $S_1 = {}_qO(S_{1/2}, S'_{1/2})$, sa zdá, že jedinou možnou operáciou O, pomocou ktorej môžeme vytvoriť štandardnú množinu či podmnožinu, je operácia sčítania (napr. ½ + ½ = 1), ktorú zvyčajne používame v našej každodennej praxi fundamentálneho merania napríklad času a dĺžky. Podľa Ellisa však môžeme vytvoriť rôzne škály, i keď sú založené na tom istom štandarde S_1. Ellis to ilustruje nasledujúcim príkladom. Predpokladajme, že pri meraní dĺžky operácia O nemá charakter kladenia konca meraného objektu ku koncu druhého meraného objektu, ale má charakter „pravouhlého sčítania". Platí tu, že ak si zvolíme veľkosť (v terminológii Ellisa *magnitude*) východiskového štandardu S_1 ako 1, druhý element sa vytvorí takto: $[(S_1)^2 + (S'_1)^2]^{1/2} = S_2$, tretí element je daný ako $[(S_1)^2 + (S_2)^2]^{1/2} = S_3$ atď. Získavame tak škálu na meranie dĺžky, ktorú, ak S_1 je kópiou štandardného metra, môžeme nazvať *dim* (diagonálne metrická) *škála*.[3] Pritom platí, že ak sú dané údaje v dim a chceme získať údaje o meraní v metroch, príslušné čísla jednoducho odmocníme. Naopak, ak chceme získať údaje v dim pri daných údajoch v metroch, potom príslušné čísla umocníme na druhú.

Prvý záver, ktorý Ellis robí z tohto príkladu, je, že fundamentálna škála na meranie určitej kvantity nie je špecifikovaná len voľbou počiatočného štandardu. Obsahuje totiž *aj* voľbu operácie „zreťazenia" na konštruovanie štandardnej množiny a podmnožiny.

Druhým záverom je, že meno jednotky vo fundamentálnom meraní nie je určené menom počiatočného štandardu S_1. Zvyčajne sa fundamentálne jednotky považujú za mená určitých fyzikálnych či kvázifyzikálnych objektov a odvodené jednotky sa považujú za jednotky definované prostredníctvom fundamentálnych jednotiek. Tak napríklad jeden meter sa považuje za dĺžku určitej konkrétnej tyče v Sèvres. Ellis to odmieta, tvrdiac, že jednotka nie je počiatočným štandardom. Totiž, ako ukazuje jeho príklad s dim-škálou, rôzne fundamentálne škály môžu vychádzať z toho istého počiatočného štandardu. Podľa jeho názoru meno jednotky len špecifikuje konkrétnu škálu, na ktorej sa robia numerické priradenia. Ak povieme, že dve

---

[3] Vychádzam tu z Berkovej úvahy ([1], 167), v ktorej sa opiera o metrickú škálu; Ellis hovorí o *dinch* škále, keďže sa opiera o inchovú škálu ([8], 80 – 81).

merania sa uskutočnili na tej istej škále, potom môžeme povedať, že sa uskutočnili v tých istých jednotkách, a ak na dvoch odlišných škálach, tak potom aj v odlišných jednotkách. Totožnosť (*sameness*) škál je nutnou a dostačujúcou podmienkou pre totožnosť jednotiek merania. Preto kritériom identity jednotiek merania je kritérium identity škál. Nič menej ako úplná špecifikácia škály nedefinuje jednotku merania.

10. *Rozmery.* Majme nejaký systém Q udržiavaný v tých istých podmienkach tak, že má kvantity p a q. Nech meraním p na škále S_1 dostaneme veľkosť s_1, zatiaľ čo meraním q na T_1 dostaneme t_1. Merajme Q za tých istých podmienok na škále S_2 a T_2, pričom získame údaje s_2 a t_2, kde S_2 a T_2 sú dve ľubovoľné škály podobné S_1 a T_1. Platí $s_2 = m\,s_1$ a $t_2 = mt_1$ (m je tu prevodový faktor zo vzťahu /2/). Pre numerický zákon, na ktorom je založené odvodené meranie, platí $(s_2m^{-1}, t_2m^{-1}) = k$. Nech [S] a [T] sú množiny škál podobných S_1 a T_1. Podľa Ellisa platí konvencia, že tieto numerické zákony vždy vyjadrujeme vzhľadom na triedu podobných škál. Z toho robí nasledujúci záver o špecifickej asociácii podobných škál s kvantitami. Klasická teória dimenzie (rozmerov) totiž tvrdí, že každej kvantite zodpovedá určitá dimenzia (rozmer), a teda podľa Ellisa *by sa mená dimenzií (rozmerové formuly) mali považovať za mená tried podobných škál.*

Tento Ellisov názor protirečí štandardnému pohľadu na vzťah dimenzií ku kvantitám. Zvyčajne totiž hovoríme o dimenzii kvantity q, kde „q" je meno kvantity, pričom predpokladáme, že mená dimenzií (rozmerové formuly) sú nejakým spôsobom charakteristické pre kvantity, t. j. že každej kvantite zodpovedá jeden a len jeden rozmer alebo len jedna jediná rozmerová formula. Podľa Ellisa to neplatí, pretože rozmerová formula je určená našou voľbou numerického zákona, prostredníctvom ktorého sa definuje odvodená škála pre q. Na ilustráciu toho uvádza nasledujúci príklad. *Tiaž* a *hmotnosť* sú podľa jeho názoru nezávisle merateľné, napríklad tiaž je asociatívne merateľná na asociatívnej škále, použijúc roztiahnutie struny ako asociovanú kvantitu, zatiaľ čo hmotnosť je fundamentálne merateľná na dvojramennej váhe. Nech w_S je výsledok merania tiaže určitého objektu na škále W a nech m_S je výsledok merania hmotnosti uskutočneného na tom istom objekte za tých istých podmienok (napr. na tom istom mieste) na škále M. Potom by sme mali empiricky objaviť zákon

$$m_S^{-1} w_S = g_S \qquad /4/,$$

kde g_S je „konštanta", ktorej hodnota závisí od miesta, kde sa meranie uskutočňuje. Preto môžeme g_S považovať za mieru nejakej kvantity q, charakterizujúcej priestorovú polohu, na škále MW^{-1}. Ak vyjadríme /4/ vzhľadom na triedu podobných škál [W] a [M], dostaneme

$$m^{-1} w = g \qquad /4'/,$$

kde g je „konštanta", ktorá je závislá tak od voľby škál, ako aj od polohy, a ktorej rozmerová formula je MW^{-1}. Zdá sa teda, že g má jeden jediný rozmer, a to MW^{-1}. Existuje však iný zákon, nezávislý od /4/, prostredníctvom ktorého možno definovať inú odvodenú škálu na meranie g. Je to Galileiho zákon voľného pádu, ktorý (vyjadrený vzhľadom na triedy podobných škál [L] a [T]) nadobúda formu

$$lt^{-2} = g \qquad /5/,$$

kde l označuje prekonanú dráhu pri voľnom páde telesa a t čas, za ktorý prekoná teleso túto dráhu. Podľa /5/ g má mať rozmerovú formulu LT^{-2}. To znamená, že to, akú rozmerovú formulu priradíme kvantite g, závisí od *našej voľby* numerického zákona, prostredníctvom ktorého definujeme škálu na meranie kvantity g.

Dokonca však aj vtedy, keď sme už urobili určitú voľbu (v mechanike sa volí /5/), rozmerová formula pre kvantitu g, meranú na odvodenej škále definovanej prostredníctvom tohto zákona, stále ešte nie je určená, keďže ten istý zákon môžeme vyjadriť prostredníctvom rôznych tried podobných škál. Ak sa rozhodneme vyjadriť Galileiho zákon voľného pádu prostredníctvom tried škál [L] a [T], ktoré sú podobné našej metrovej a sekundovej škále, potom tento zákon má podobu /5/. Predpokladajme však, že dĺžka by sa merala na triede podobných škál [L'], ktorá by mala charakter triedy podobných dim-škál. Ako sme už uviedli v bode 9, pre vzťah škály z [L] ku škále z [L'] platí $l' = l^{-2}$. Ak by sme zvolili triedy škál [L'] a [T], Galileov zákon voľného pádu by mal podobu

$$l't^{4} = g' \qquad /5'/$$

a kvantite g by bola priradená rozmerová formula $L'T^{-4}$. Záver, ktorý preto Ellis robí, je, že *mená dimenzií (rozmerové formuly) necharakterizujú kvantity*. Tej istej kvantite q, meranej nepriamo, môže byť priradený ľubovoľný počet odlišných rozmerových formúl v závislosti od konvencií, ktoré prijmeme pri definovaní (asociovaných alebo odvodených) škál na meranie q. Ellis ide ďalej a tvrdí, že dokonca ani tým kvantitám, ktoré meriame fundamentálne, nemôžeme priradiť len jeden jediný rozmerový symbol. Rozmerový symbol L' totiž nemôže mať ten istý význam ako L, ale predsa sú oba rozmerovými symbolmi pre tú istú kvantitu nazvanú „dĺžka". Ako máme teda chápať mená rozmerov? Podľa jeho názoru mená rozmerov treba považovať za mená tried podobných škál.

11. *Antirealizmus*. Kvantity sa v realistickom poňatí považujú za určitý druh vlastnosti, ktorý pripúšťa rozdiely v stupňoch. Podľa tohto prístupu objekty majú kvantity tak, ako majú iné vlastnosti, zvyčajne nazývané „kvality". O kvalitách a kvantitách sa pri tomto prístupe uvažuje tak, akoby boli inherentné objektom, ktoré ich vlastnia. Proces merania sa potom chápe ako priraďovanie čísel, ktoré majú vyjadrovať veľkosti týchto, už pred meraním existujúcich kvantít.

Ellis odmieta toto stanovisko, pretože podľa jeho názoru nezohľadňuje podstatne relačný charakter kvantít. Entity majú kvantity, ale keď povieme, že nejaká entita vlastní určitú kvantitu v určitom stupni, nevypovedáme tým o izolovanej entite, ale hovoríme o vzťahoch, ktoré existujú medzi ňou a ostatnými entitami. Všetky kvantity sú fundamentálne relačné; nemá zmysel hovoriť napríklad o hmotnosti či náboji nejakej entity mimo jej vzťahu k iným entitám. Kvantity sú podstatne relačné, a nie sú vlastnosťami (ktoré majú stupne alebo veľkosť), ktoré nejaká izolovaná entita môže mať. Naše vedenie o kvantitách je len poznaním kvantitatívnych vzťahov, ktoré majú primárny ontologický status (t. j. neredukovateľný na inherentné vlastnosti entít vzťahujúcich sa na seba). Takýto prístup je nutný pre vzdialenosť a časový interval a všetky kvantity by sa mali modelovať podľa modelov časopriestorových vzťahov.

Podľa Ellisa je dôležitá aj skutočnosť, že proces merania je neoddeliteľne spojený s určitými konvenciami (voľba štandardu; priradenie určitého čísla k tomuto štandardu; voľba operácie zreťazenia „kópií" tohto štandardu atď.). Vyhlasuje, „že určité metafyzické predpoklady tak pozitivistov, ako aj neopozitivistov spôsobili zmätok v našom chápaní mnohých základných pojmov merania a zahalili existenciu viac alebo menej svojvoľných konvencií" ([8], 3).

I keď uvedený vzťah štyroch sfér (kvantita, poriadok, relácie usporiadania, procedúry merania) vychádza z predpokladu, že za rozličnými vzťahmi usporiadania, ktoré objavujeme *my*, môže existovať jeden *objektívny* (*reálny*) poriadok, daný, Ellis nepovažuje kvantity za niečo absolútne, ale za charakteristické pre vzťahy medzi entitami, ktoré generujeme v procesoch merania založených na určitých konvenciách. Napríklad tvrdí: „Čo je reálny poriadok určitej kvantity? A ako vieme, že takýto poriadok vôbec existuje? Uvažujme o prvej otázke. Pojem reálneho poriadku je asi určitým typom hraničného pojmu. Chápe sa ako poriadok, ku ktorému aproximujú všetky fyzicky dosiahnuteľné poriadky... Teda ak predpoklad ideálneho kvantitatívneho poriadku nemá zostať čisto metafyzickou dogmou, musia byť poskytnuté alternatívne kritériá aproximácie. Kritériá, ktoré v skutočnosti používame, majú sotvačo do činenia s aproximáciou. A teda azda by sme tento spôsob hovorenia o kvantitách mali odmietnuť ... Čo sa týka druhej otázky, môžeme skutočne pochybovať, či existujú reálne poriadky kvantít... jednoduché lineárne poriadky, ktoré zdanlivo existujú v prírode, sú vo svojej štruktúre v skutočnosti omnoho zložitejšie. Je možné napríklad, že ako sa pokúšame viac a viac spresniť naše lineárne poriadky, zistíme, že jednoduchý, jednorozmerný obraz... sa musí nahradiť komplexnejším obrazom a že reálne vzťahy medzi vecami sú v skutočnosti komplexnejšie ako jednoduché vzťahy usporiadania, ktoré viedli k nášmu presvedčeniu o kvantite." ([8], 49 – 50)

1.2 Osemdesiate roky. V osemdesiatych rokoch Ellis modifikoval svoje názory tak, že dnes už tvrdí, že existujú určité kvantitatívne vlastnosti, od ktorých závisia určité kvantitatívne vzťahy, t. j. kvantity existujú nezávisle od našich operácií merania. Je tiež presvedčený, že vzťahy usporiadania, ktoré majú ontologický status univerzálií, sú potrebné na vysvetlenie existencie objektívnych lineárnych poriadkov. Potreba uznať existenciu kvantitatívnych univerzálií je daná tým, že ten istý lineárny poriadok možno generovať viacerými odlišnými spôsobmi. To, čo robí niektoré (ale nie všetky) lineárne poriadky hodné skúmania špeciálnymi vedami, je fakt, že sa vzťahujú na iné poriadky prostredníctvom prírodných zákonov. Ellis v snahe vysvetliť, prečo niektoré poriadky sa nachádzajú vo vzájomných vzťahoch, ktoré majú charakter prírodných zákonov, zatiaľ čo druhé nie sú v takýchto vzájomných vzťahoch, rozlišuje reálne kvantity, fenomenálne kvantity a kvantitatívne konštrukty. Pre akúkoľvek reálnu kvantitu q existuje vzťah *byť väčší vzhľadom na q*, definujúci poriadok q, ktorý je univerzáliou. Inými slovami: reálna kvantita q existuje vtedy a len vtedy, keď existuje asymetrický a tranzitívny vzťah „byť väčší vzhľadom na q", ktorý vytvára aspoň čiastočné usporiadanie medzi entitami typu K. Potom môžeme povedať, že entity tohto typu vlastnia q. Pre reálne kvantity vzťah vyjadrený ako $>_q$ alebo $<_q$ musí byť univerzáliou, a tak byť nezávislý od operácie merania. Reálne kvantity majú v závislosti od svojej veľkosti aj účinky; sú súčasťou kauzálnej siete.

Pre fenomenálne kvantity a kvantitatívne konštrukty neexistujú takéto objektívne vzťahy. V prípade fenomenálnych kvantít sú lineárne poriadky určené výsledkami merania, nie nejakou relačnou univerzáliou. V prípade kvantitatívnych konštruktov sú viac alebo menej ľubovoľnými funkciami mier iných kvantít a nemajú žiadny ontologický význam.

Hoci Ellis v svojej teórii akceptuje existenciu kvantitatívnych univerzálií, vyhlasuje: "Neviem, ako vybudovať takúto teóriu, ale musíme sa nejako pokúsiť vysvetliť, čo dve veci odlišujúce sa hmotnosťou majú spoločné a čo ich odlišuje; a ten istý typ vysvetlenia bude potrebný pre všetky ostatné fundamentálne kvantity."([15], 176)

2. K. Berka o kvantite/kvalite, pomenovaní a rozmere.

2.1 *Kvantita a kvalita.* K. Berka rozlišuje kvalitatívny a kvantitatívny prístup v poznaní, keď delí pojmy na *klasifikatorické* (kvalitatívne), *topologické* (komparatívne) a *metrické* (kvantitatívne) ([1], 15). Klasifikatorické pojmy (napr. blízky, studený, dlhý atď.) nám slúžia na klasifikáciu objektov na základe ich spoločných charakteristík. Význam niektorých klasifikatorických pojmov možno spresniť aj tým, že ich vyjadríme v relačnej forme, t. j. ako topologické pojmy (napr. ...bližšie ako..., ... dlhší ako... atď.). Tieto pojmy nám umožňujú zisťovať nielen rovnakosť (*stejnost, sameness*) alebo rôznosť, ale aj vzájomné porovnávanie dvoch entít, ktoré majú danú vlastnosť, a ich usporiadanie do určitej postupnosti. Napokon metrické pojmy (dlhý 10 metrov, teplý 50° Celzia) vyjadrujú nielen kvalitatívnu charakteristiku (dĺžku, teplotu), ale už aj presné kvantitatívne určenia. Týmto spôsobom metrické pojmy explicitne vyjadrujú jednotu kvalitatívnych a kvantitatívnych aspektov objektov.

2.2 *Veličiny.* Veličiny (*kvantity* v terminológii Ellisa) sa odlišujú od čísel, pretože sú vždy *pomenovanými* číslami. Keď udávame nejakú veličinu, musíme uviesť nielen jej príslušnú numerickú hodnotu, ale špecifikovať aj jej druh, ktorým je určený jej kvalitatívny aspekt.

Termín „kvantita" sa v protiklade k jeho hovorovému použitiu vo význame *množstva* chápe (napr. Ellis) ako *veličina*. Berka považuje termíny „kvantita" a „kvalita" za filozofické kategórie a v teórii merania hovorí o *veľkosti veličiny* (*the size of a magnitude*), pričom rozlišuje tri roviny konceptualizácie objektu merania: *ontologicko-gnozeologickú*, *empiricko-matematickú* a *teoretickú* rovinu ([1], 55 – 62).

V prvej z nich je podľa Berkovho názoru objekt merania vymedzený rôznymi vlastnosťami, ktoré chápe ako jeho kvalitatívne a kvantitatívne aspekty. Rozlišuje pritom dva špecifické druhy kvantitatívnych aspektov objektov ([1], 55). Silne kvantitatívne aspekty sú vlastnosti, ktoré pripúšťajú nielen rozlíšenie stupňa, ale aj rozlíšenie veľkosti. Slabo kvantitatívne aspekty sú vlastnosti, ktoré pripúšťajú len rozlíšenie stupňa. Kvalitatívne aspekty nespĺňajú ani jednu z týchto podmienok.

V empiricko-matematickej rovine Berka rozlišuje vlastnosti, ktoré sa vzťahujú na merané objekty od vlastností, ktoré môžeme zmysluplne prisudzovať len súborom týchto objektov. Ako príklad vezmime nasledujúce individuálne objekty: plot, pohár, latka, vlas, číslo 5, cesta. Ich vzájomným porovnaním zistíme, že niektoré sú rozľahlé. Takouto ich homogenizáciou dospejeme k nasledujúcej ekvivalenčnej triede {plot, pohár, latka, vlas, cesta} obsahujúcej objekty, ktoré sú ekvivalentné vzhľadom na rozľahlosť. To je prvý krok v konštituovaní veličiny dĺžky. Túto triedu homogenizujeme ďalej, ak uvažujeme, v akom stupni je rozľahlosť vlastná jej elementom. Predpokladajme, že v našej ekvivalenčnej triede môžeme nájsť nasledujúce podtriedy rovnako dlhých objektov: {plot}, {pohár}, {latka, vlas}, {cesta}.

Pretože prvky týchto tried môžeme identifikovať vzhľadom na vlastnosť rozľahlosti, získame tým ďalšiu ekvivalenčnú triedu, ktorej prvkami budú ekvivalenčné triedy rovnako dlhých objektov a ktorú symbolicky vyjadríme ako $\{l_u, l_v, l_x, l_y\}$. Každý element z tejto triedy charakterizuje dĺžku v jej rôznych stupňoch a možno ho ďalej konkretizovať, ak zistíme, v akom stupni sa merané objekty v tomto aspekte zhodujú, prípadne odlišujú. Každej triede l_i zodpovedá nejaký exemplár rozľahlého objektu. Ak zvolíme ľubovoľný z nich, napríklad latku, ako vzor (štandard), potom iný ľubovoľný objekt, o ktorom vieme, že je rozľahlý, môžeme s ním porovnať. Týmto spôsobom zistíme, či nejaký predmet je dlhší, kratší alebo rovnako dlhý ako zvolený štandard.

Takáto topologická charakterizácia dĺžky nám umožňuje zoradiť rôzne rozľahlé predmety do určitej postupnosti podľa vzťahu *viac*, *menej*, alebo *rovný*. Tejto postupnosti predmetov sa dá priradiť postupnosť čísel, ktorá poradím svojich prvkov reprezentuje stupne (nie však veľkosť) veličiny dĺžky tak, že väčšiemu stupňu zodpovedá väčšie číslo a menšiemu stupňu menšie číslo. Veličinu združujúcu určitý kvalitatívny aspekt objektov (napr. ich rozľahlosť) so slabo kvantitatívnym aspektom stupňa, v ktorom je táto kvalita daná, môžeme považovať za *topologickú* (*nemetrickú*) *veličinu*. Ak chceme určitú veličinu považovať za *metrickú* veličinu, združujúcu určitý kvalitatívny aspekt objektov so *silne* kvantitatívnym aspektom, v ktorom je táto kvalita daná, musíme navyše zaviesť jednotku merania, napríklad v našom príklade priradením určitého čísla dĺžke vzorovej latky. Zavedením jednotky merania možno porovnávať rozľahlosti uvedených objektov prostredníctvom počítania (*čítání*, *counting*) počtu týchto jednotiek a vyjadriť ich dĺžku nejakými číslami vo vlastnom zmysle slova. Postupnosť racionálnych čísel potom predstavuje postupnosť numerických hodnôt priradených veľkostiam dĺžok meraných objektov.

Berka hovorí aj o *štruktúre veličiny*. Pretože každá veličina zjednocuje nejaký kvalitatívny aspekt meraných objektov s nejakým (silným alebo slabým) kvantitatívnym aspektom, môžeme na empiricko-matematickej úrovni veličiny charakterizovať určitou funkciou *f(e,n)*, kde *e* označuje empirický obor argumentov a *n* označuje numerický obor hodnôt. Argumenty funkcie *f* možno interpretovať ako empirické premenné a ich hodnoty ako numerické premenné, t. j. premenné, ktorých hodnotami sú čísla. Empirické premenné reprezentujú vlastnosti meraných objektov a môžu sa vzťahovať na rôzne ekvivalenčné triedy: buď na merané objekty, alebo na ich kvalitatívne aspekty, alebo na kvalitatívne aspekty objektov určitého druhu. Pre numerickú premennú platí, že obor jej hodnôt pozostáva buď z tzv. ordinálnych čísel, reprezentujúcich len usporiadanie, alebo z tzv. kardinálnych čísel, ktoré reprezentujú aj veľkosti, totiž usporiadanie denotátov empirických premenných a ich veľkosti. Empirické premenné tak na rôznych úrovniach abstrakcie – *typ* veličiny (napr. dĺžka), *druhy* veličiny (vzdialenosť, výška, hĺbka), jej *špecifikácie* (napr. vlnová dĺžka) alebo jej *konkrétne inštancie* (výška Lomnického štítu) – vymedzujú *kvalitatívne* aspekty veličín. Numerické premenné reprezentujú (silne alebo slabo) *kvantitatívne* aspekty veličín.

Nakoniec na tretej, teoretickej úrovni konceptualizácie objektu merania je tento objekt reprezentovaný buď metrickými, alebo topologickými pojmami.

Z toho, že Berka chápe veličiny ako funkcie s empirickými argumentmi a numerickými hodnotami, mu vyplýva, že každá veličina môže byť vyjadrená nejakým pomenovaným číslom. *Pomenovanie sa vzťahuje na empirické premenné charakterizujúce kvalitatívnu zložku veličín, zatiaľ čo čísla reprezentujú ich kvantitatívne určenia* (v prípade nemetrických veličín len usporiadanie, v prípade metrických veličín aj veľkosť).

Berka ďalej tvrdí, že pomenovanie jednotky merania sa nevzťahuje na typ či druh veličiny, ale skôr na jej konkretizáciu, napríklad na dĺžku nejakého štandardného objektu. Voľba jednotky merania závisí tak od možnosti jej objektivizácie prostredníctvom nejakého materiálového štandardu, ako aj od teoretického ujasnenia si objektívnych vzťahov medzi základnými a odvodenými veličinami, pričom k tomuto ujasneniu možno dospieť dvojakým spôsobom: konštruovaním systému základných a odvodených veličín a konštruovaním systému príslušných jednotiek merania.

Teoretické ujasnenie týchto objektívnych vzťahov sa preto musí uskutočniť skôr, než sme schopní určiť veľkosti hlavných jednotiek pomocou základných jednotiek, o ktorých musíme predpokladať, že sú vzájomne nezávislé, a preto aj neredukovateľné. Ako pravidlo sa toto ujasnenie uskutočňuje zisťovaním závislosti medzi rozmermi fundamentálnych a odvodených veličín, ktorých poznanie nám umožňuje previesť rozmer odvodených veličín na „súčin mocnín“ základných rozmerov fundamentálnych veličín.

Pozornosť treba venovať aj Berkovým názorom na trojicu termínov *pomenovanie*, *rozmery*, *jednotky merania*, ktoré budem analyzovať v štvrtej štúdii.

1. V obsahu pojmu rozmeru treba zdôrazniť jeho *kvalitatívne určenie*; nie je však správne stotožniť tento pojem s pojmom pomenovania.

2. Pojem rozmeru je relativizovaný vzhľadom na určitý systém základných veličín, čím sa odlišuje od pomenovania.

3. Pomenovanie veličín je primárne a nezávislé od toho, ako ich v rozmerovej

analýze, ktorá je vždy sekundárna, rozmerovo charakterizujeme.

4. Predpokladajme, že by sme mali k dispozícii dva systémy s odlišnými fundamentálnymi veličinami. Pri rozmerovej analýze pre jednu a tú istú odvodenú veličinu by sme potom dospeli k rôznym rozmerovým formulám, a tým aj k rôznym hlavným jednotkám, hoci by sme mohli aj naďalej používať pre ne to isté pomenovanie. Ako príklad takejto situácie „jedno pomenovanie – dva rozmery" Berka uvádza, vychádzajúc z práce L. Sedova [18], nasledujúcu úvahu. Keďže zákon gravitácie má podobu $f = Gm_A m_B/r^2$, gravitačná konštanta G má rozmer $M^{-1}L^3T^{-2}$. Ak by sme však predpokladali, že táto konštanta je bezrozmerná, potom by pre rozmer veličiny nazvanej „hmotnosť" platilo $M = L^3T^{-2}$ a samotná veličina hmotnosti by nebola fundamentálna, ale odvodená veličina. V dôsledku toho by sme potom museli zmeniť rozmer ostatných odvodených veličín, napríklad rozmerová formula pre veličinu sily by už nebola LMT^{-2}, ale L^4T^{-4}. To znamená, že v odlišných systémoch základných veličín budú rozmerové formuly veličiny toho istého pomenovania vyjadrené odlišným spôsobom. Budú obsahovať iný počet alebo druh nezávislých fundamentálnych veličín a budú mať aj iný tvar.

Ako druhý príklad tejto situácie Berka uvádza prípad dvoch systémov fundamentálnych fyzikálnych veličín: jedného s dĺžkou, časom, hmotnosťou a nábojom so základnými rozmermi L, T, M a Q a druhého s dĺžkou, časom, hmotnosťou a prúdom so základnými rozmermi L, M, T a I. Platí, že tá istá odvodená veličina – intenzita elektrického prúdu – je vyjadrená v prvom systéme rozmerovou formulou $LMT^{-2}Q^{-1}$, zatiaľ čo v druhom formulou $LMT^{-3}I^{-1}$.

5. Pomenovanie je podstatným znakom veličín, ktorým sa odlišujú od čísel. Vzťahuje sa na empirické premenné, pričom vyjadruje jednotu kvalitatívnych a kvantitatívnych aspektov veličiny. Na rozdiel od všeobecnejšieho pojmu pomenovania je pojem rozmeru omnoho špeciálnejší, možno povedať, že je technickej povahy. Zavádza sa až v súvislosti s určitým systémom základných a odvodených veličín alebo s príslušným systémom jednotiek merania. Pojem rozmeru primárne vyjadruje teoreticky zdôvodnený výber fundamentálnych veličín, ako aj vzťah odvoditeľnosti existujúci v danom systéme veličín medzi fundamentálnymi a odvodenými veličinami. Sekundárne reprezentuje obdobné vzťahy medzi ich jednotkami merania.

LITERATÚRA

[1] BERKA, K.: *Měření.* Praha, Akademie 1977.

[2] ELLIS, B.: „Some Fundamental Problems of Direct Measurement." In: *Australasian Journal of Philosophy* 38, 1960, s. 37 – 47.

[3] ELLIS, B.: „Some Fundamental Problems of Indirect Measurement." In: *Australasian Journal of Philosophy* 39, 1961, s. 13 – 29.

[4] ELLIS, B.: „Derived Measurement, Universal Constants and the Expression of Numerical Laws." In: Baumrin, B. (ed.): *Philosophy of Science. The Delaware Seminar.* Vol. 2. Interscience, New York 1963, s. 371 – 392.

[5] ELLIS, B.: „Universal and Differential Forces.“ In: *The British Journal for the Philosophy of Science* 14, 1963, s. 177 – 194.
[6] ELLIS, B.: „On the Nature of Dimension.“ In: *Philosophy of Science* 31, 1964, s. 357 – 380.
[7] ELLIS, B.: „The Origin and Nature of Newton's Laws of Motion.“ In: Colodny, R. G. (ed.): *Beyond the Edge of Certainity*. Englewood Cliffs, Prentice Hall 1965, s. 29 – 68.
[8] ELLIS, B.: *Basic Concepts of Measurement*. Cambridge, Cambridge University Press 1966.
[9] ELLIS, B.: „Measurement.“ In: Edwards, P. (ed.): *Encyclopedia of Philosophy*, Vol. 5. New York, Macmillan 1967, s. 241 – 250.
[10] ELLIS, B.: „The Existence of Forces.“ In: *Studies in the History and Philosophy of Science* 7, 1976, s. 171 – 185.
[11] ELLIS, B.: „What Science Aims to Do.“ In: Churchland, P. – Hooker, C. (eds.): *Images of Science*. Chicago, Chicago University Press 1985, s. 48 – 74.
[12] ELLIS, B.: „Comments on Forge and Swoyer.“ In: Forge, J. (ed.): *Measurement, Realism and Objectivity*. Dordrecht, Reidel 1987, s. 319 – 325.
[13] ELLIS, B.: „The Ontology of Scientific Realism.“ In: Pettit, P. (ed.): *Mind, Morality and Metaphysics*. Oxford, Basil Blackwell 1987, s. 50 – 70.
[14] ELLIS, B. – BIGELOW, J. – PARGETTER, R.: „Forces.“ In: *Philosophy of Science* 55, 1988, s. 614 – 630.
[15] ELLIS, B.: „Conventionalism in Measurement Theory.“ In: Savage, C. W. (ed.): *Philosophical and Foundational Issues in Measurement Theory*. Hillsdale, Lawrence Erlbaum Associates 1992, s. 167 – 180.
[16] HANZEL, I.: „I. Newton a B. Ellis o miere a meraní.“ In: *Organon F* 8, 2001, s. 252 – 265.
[17] HANZEL, I.: „Newton, Hegel, Marx a problém miery.“ In: *Organon F* 10, 2003, s. 397 – 411.
[18] SEDOV, L. I.: *Methody podobnosti a rozměrovosti v mechanice*. Praha, Státní Nakladatelství technické literatury 1955.

PhDr. Igor Hanzel, CSc.
Katedra logiky a metodológie vied FiF UK
Gondova 2
818 01 Bratislava
SR