

System, struktura, informace

Kdybychom při pokusu o definici systému vyšli z používání tohoto pojmu, příklady by nebraly konce a dostaly bychom velmi vágní, mlhavý obraz – politický systém, systém opevnění, filosofický systém, kvantový systém, logický systém, operační systém, vzdělávací systém atd. Nicméně i přes veškerou neurčitost se zde rýsuje jedna společnou vlastnost, kterou vyjádřil například Condillac: „Systém je to, co umožňuje lidskému duchu pochopit souvislost fenoménů“.¹ To ovšem okamžitě vyvolává otázku ontického statusu systému. Je systém k nalezení v přírodě, je „věcí fyzickou“, nebo je to záležitost pouze teoretického konceptu, abstraktní pomůcka? Condillacova definice by nasvědčovala tomu, že systém je naše pomůcka, kterou samozřejmě v přírodě nenajdeme. Můžeme ale nabídnout jinou, velmi obecnou definici nebo spíše jen přiblížení k ní: systém je souhrn prvků ve vzájemné interakci.² Nehledě na to, že by jistě bylo dobré dále zpřesňovat charakter tohoto souhrnu, je patrné, že toto přiblížení systému míří více k fyzikální realitě. Jako nejužitečnější se zřejmě ukáže ponechat si obě možnosti. Systém může být určen arbitrárně, tj. jeho vymezení bude plně v moci subjektu, ale aby toto určení bylo plodné, aby dokázalo vyjevit souvislosti mezi fenomény, mělo by respektovat jisté ontické charakteristiky, tzn. že z tohoto hlediska bude systém objektivní, fyzickou skutečností. Nazveme-li tyto *systémy fyzikální* (objektivní, reálné, předmětné), můžeme pak hovořit ještě o druhé skupině systémů, které bychom mohli nazývat *systémy abstraktní* (teoretické, nepředmětné, ideální). Takovými systémy jsou vědecké teorie a hypotézy, metody, souřadnice, měřítka a jednotky, počítačové programy atd. Protože se domníváme, že oba dva typy systémů mají více společného než rozdílného (a v případě kulturních systémů by toto rozlišování mohlo vést ke zbytečným terminologickým sporům), budeme se snažit je v dalším textu nerozlišovat a z kontextu bude jistě zřejmé, co je možné na který typ systému aplikovat. Kromě toho to není samozřejmě jediné možné dělení systémů, jiným řezem bychom například dostali *systémy přirozené* a *systémy umělé*. Už jen letmou prohlídkou jednotlivých konkrétních systémů bychom mohli dospět k doplnění naznačené definice – systém je souhrn prvků ve vzájemné interakci, ale není redukovatelný na jejich prostý součet ani souhrn jejich vlastností. Každý systém vykazuje určité vlastnosti, které nejsou vlastní jeho jednotlivým částem, ale objevují se až na úrovni, kde dochází k vzájemným energetickým výměnám mezi těmito částmi. Jednotlivé části systému lze chápat jako podsystem, který je dále dělitelný a tak vzniká obraz hierarchického uspořádání systémů. Zakladatel obecné teorie systémů nabízí takovouto hierarchii:

Statické systémy – krystaly, molekuly, *mechanické systémy* – stroje, sluneční soustava – jsou předmětem klasické fyziky, *autoregulační systémy* – termostat, homeostatické podsystemy živých organismů – jsou to systémy, které vykazují zpětnou vazbu a tok informace, stávají se tak i předmětem kybernetiky, *otevřené systémy* – plamen, buňka, organismus – jsou charakteristické látkovou výměnou s okolím nebo i uchováváním informace³. Většina systému tak vykazuje energetické změny, které mají podstatný vliv na další chování či samotnou existenci systému a z toho hlediska se jeví jako zásadní dělení systémů na *uzavřené* a *otevřené*. Za uzavřené systémy označujeme ty, u kterých zanedbáváme jejich energetické výměny s okolím a předpokládáme, že jsou od svého okolí izolované. Tyto systémy jsou předmětem klasické vědy, zejména fyziky, explicitně se na ně odvolává termodynamika (zákony termodynamiky jsou formulovány pro uzavřené systémy), ale v přírodě se většinou setkáváme se systémy, které si vyměňují látku a energii se svým okolím, vzpírají se 2. termodynamickému zákonu, tzn. že v nich roste uspořádanost (snižuje se entropie), jejich jednotlivé části mohou vznikat a zanikat, to jsou systémy otevřené, které již nemohou být popsány v rámci klasické fyziky. Pokud se otevřenému systému daří při všech energetických výměnách a dílčích změnách udržet své podstatné vlastnosti (identitu), hovoříme o jejich relativní stabilitě a o stabilních otevřených systémech. Je potřeba zdůraznit nezaměnitelnost statickosti a stabilnosti systému. Stabilní systém nemusí být, a vlastně ani nemůže být statický, má-li zůstat systémem otevřeným. V určitých mezích se může měnit, oscilovat kolem rovnovážného stavu a jeho zachování v dané podobě zajišťuje pevnost uspořádání jeho prvků. Toto uspořádání, které je pro systém podstatné, identifikační, nazýváme také *strukturou*. Pokud se tato struktura podstatně nemění, zůstává i systém sám sebou. Jakmile již není schopen udržet své části ve stávající podobě, struktura se začíná měnit a systém se stává *nestabilním*. Nestabilita systému může mít dvě podoby. Dezintegrační, kdy se definitivně ruší vazby mezi jednotlivými prvky a systém zaniká

¹ In: D. Lecourt: Dictionnaire d'histoire des sciences et philosophie des sciences, PUF 1999, p. 901.

² L. v. Bertalanffy: General System Theory, citováno z francouzského překladu, 1973, p. 37.

³ L. v. Bertalanffy: General System Theory, citováno z francouzského překladu, 1973, p. 26.

v důsledku nedostatečného přísunu energie nebo neschopnosti jejího využití, ať již z vlastních příčin nebo pod tlakem okolí. Druhý projev nestability také v důsledcích vede k zániku systému, ale ne jeho rozpadem, ale přetvořením, přestrukturováním, kdy získává nové vlastnosti a stává se jiným systémem, to je cesta autoregulační. Systém zde projevuje schopnost reagovat na podněty okolí zpracováváním přicházející informace tak, zůstal zachován jako celek a postupně, takto vyvolané změny vedou ke vzniku nových systémů. Z uvedeného je zřejmé, že z hlediska evoluce jsou nejzajímavější nestabilní otevřené systémy, které projevují schopnost autoorganizace a autoregulace. Základní charakteristikou systému potom není jaký je, ale jak se vyvíjí, tzn. že důležitou složkou jejich popisu je čas⁴.

Snaha o přesný popis systémů vede k základnímu pojmu *stav systému*. Vychází se z předpokladu, že v každém okamžiku může být systém definován pomocí základních parametrů a souhrn těchto charakteristik tvoří stav. Systém ve svém vývoji prochází od jednoho stavu k druhému a k popisu změn nebo i evoluce systému by pak měla stačit úplná znalost parametrů stavu, zákony, kterým je systém podřízen a pravidla přechodu z jednoho stavu do druhého. Typickým příkladem takovýchto systémů jsou *dynamické systémy*, které s jejichž studiem začala klasická fyzika. U těchto systémů se předpokládá, že na základě znalostí jejich stavu a zákonitostí, jimiž se řídí, je možné spočítat jakýkoli předchozí či následující stav a plně tak popsat systém v jeho proměnách. Víra, že vesmír a většinu jeho částí lze popsat jako dynamické systémy, se ukázala snad ještě větším omylem, než bylo přesvědčení mechanistů, že člověk je koneckonců jenom stroj.

Problém je způsoben tím, že fyzikální systémy jsou popsány parametry, jejichž hodnota se získává měřením. A každé měření obsahuje nějakou chybu, je více či méně aproximativní, tzn. že znalosti o stavu systému jsou přibližné. Ukazuje se, že i tyto odchylky, byť by byly velmi malé, mohou mít takové důsledky pro další vývoj systému, že se jeho stav radikálně vzdálí od stavy vypočítaného z naměřených hodnot. Dlouhodobá předpověď chování takových systémů je pak nemožná. Lze najít i případy jednoduchých matematických systémů, které mají tu vlastnost, že každý přechod k dalšímu stavu znamená snížení přesnosti hodnot popisujících tento nový stav. Možnost předpovídat chování takového systému je pak dána mírou přesnosti hodnot vystihujících počáteční stav, přičemž s tím, jak se požadavek na počet předvídaných stavů blíží k nekonečnu, musí být i přesnost počátečních hodnot blízká nekonečnu.⁵ A nakonec lze nalézt i takové systémy, pro které platí, že i předpověď pro konečnou dobu by vyžadovala nekonečnou přesnost hodnot parametrů počátečního stavu.⁶ To jsou příklady *chaotických systémů*, u kterých je předpověď na libovolně dlouhou dobu dopředu principiálně nemožná a důsledkům této skutečnosti věnujeme další část práce. Chaos v tomto případě tedy neodkazuje na protiklad řádu či počáteční stav, z kterého se řád rodí, jak je tomu v mytologii a i dlouhé filosofické tradici. Chaotický zde znamená prakticky nepředpovědatelný nebo pouze v omezené míře. (Často je možné se setkat s označením deterministický chaos.)

Výše jsme uvedli, že strukturou rozumíme uspořádání prvků systému, které je pro daný systém podstatné. Struktura tak není redukovatelná na prostý souhrn prvků tvořících systém, ale je nutno vzít v úvahu i vzájemné vazby mezi těmito prvky a tím i nové vlastnosti, které může systém vykázat. Takto chápaná struktura má velmi blízko k pojmu uspořádanosti a tím i k informaci. Uspořádanosti v této souvislosti můžeme rozumět právě vazby mezi jednotlivými, přičemž klademe již menší důraz na tyto prvky nebo je dokonce zcela zanedbáváme. U jednoduchých systémů (anorganických) je pak informace totožná s uspořádaností, u složitějších systémů část jejich struktury různými způsoby uchovává algoritmy, které umožňují v případě potřeby systém opravit nebo vystavět zcela nový. Z tohoto hlediska je výhodné rozlišovat dva typy informace. Shanon zdůrazňuje kvantitativní aspekt informace v podobě míry určitosti, jistoty, rozlišení v předávané zprávě a v té souvislosti hovoří také o ceně informace, která je nepřímou úměrná její pravděpodobnosti, Wiener kvalitativní význam informace, to je pro něj strukturovanost systému a kvantitativní, což je míra uspořádanosti. Brillouin hovoří o *bound information*, nabízející spíše statický obraz spojený se strukturovaností a identitou systému, a *free information*, vyjadřující dynamičnost, proměnlivost a vnější projevy systému, jeho řídicí a komunikační možnosti⁷.

⁴ Na jiném místě se pokusíme ukázat, že vztah mezi časem a vývojem systému je o něco složitější, zde ale zůstaneme u tradičního pojetí času jako pozadí události.

⁵ M. Serres, N. Farouki: *Le Trésor. Dictionnaire des sciences*. Flammarion 1997, p. 140.

⁶ Zde můžeme odkázat na knihu J. Gleicka: *Chaos. Vznik nové vědy*. Ando Publishing 1996.

⁷ Podle J. Zemana: *Dialektika, informace, odraz*, Praha 1978.

Výraz informace, jak je nejčastěji používán v běžném i odborném jazyce, označuje zprávu či sdělení, předávané komunikačním kanálem a jedná se o *sémantickou informaci*. Informace, která je bezprostředně dána strukturou, resp. uspořádáním, představuje *strukturní informaci*. Hranice mezi oběma typy není nijak ostrá, nicméně dají se vymezit jisté charakteristické rysy, a to zejména ve způsobech její předávání. Strukturní informace může být předána pouze v bezprostředním kontaktu – chemické či fyzikální reakci – setká-li se s jiným systémem, který je s ní kompatibilní a schopný tak reakci realizovat. Pro informaci samotnou je podstatné, že touto reakcí, vznikem nového systému, ona sama zaniká. Strukturní informace v krystalu ve vodě rozpustné látky se na úrovni těchto jednoduchých systémů projeví pouze tak, že se ve vodě rozpustí. Jakmile ale začneme uvažovat o tom, že již ze samotné stavby (struktury, uspořádání) a chemického složení krystalu je zřejmé, že látka je ve vodě rozpustná, aniž bychom přistoupili k praktickému experimentu, začínáme mluvit o *sémantické informaci*, jejíž přenos se vyznačuje tím, že originál zůstává zachován. Přenáší se pouze kopie a my v přenosu můžeme rozeznat tři základní prvky – zdroj, přenosový kanál a příjemce. Neostrost této hranice se projeví právě u složitějších systémů, které si část své struktury vyčleňují pro uchování informace o celku systému a pro její předávání dál. Typickým příkladem může být genetická informace --- systém má specializovanou část, nosiče informace o celku ---, která v kontaktu s částmi jiného systému spouští složitou reakci, při které tyto nosiče zanikají, a samozřejmě nemusí zanikat původní rodičovský systém. Na druhou stranu podobný mechanismus můžeme najít i v detailech přenosu *sémantické informace*. Mluvené slovo samozřejmě neznamená zánik právě sdělované vědomosti mluvčího, ale ke svému šíření potřebuje přenosový kanál, v tomto případě například vzduch, ve kterém se šíří v podobě akustických vln, ale tyto vlny již zanikají při setkání s příjemcem, jemuž předají nesenou informaci. Podobně změny bychom samozřejmě mohli sledovat i na straně samotného příjemce. Je jasné, že v případě *strukturní informace* je rozlišení na zdroj a příjemce čistě arbitrární a oba doznávají zásadních proměn. Ale i v případě *sémantické informace* lze hovořit o proměně příjemce, a to dokonce ve dvou významech. První je úzce spjat se samotným procesem vnímání, během kterého jistě musí v receptorech docházet k fyziologickým změnám, ať už vratným či nevratným, druhý význam bychom dokonce mohli označit za smysl přenosu *sémantické informace*, neboť mluvíme proto, abychom na posluchače nějak zapůsobili, tj. vyvolali v nich jisté změny v myšlení, v postojích, v jednání. Nicméně toto jsou proměny, které nemají ve většině případů zásadní vliv na proměnu celého systému, neznamenají jeho zánik metamorfózou do nového systému, a to nám umožňuje stále sledovat hranici mezi *strukturním* a *sémantickým*.