

KOGNITIVNÍ ZÁKLADY FUZZY LOGIKY

Petr Šlechta
Psychologický ústav AV ČR

Souhrn:

Práce zprostředkovává základní seznámení se základy fuzzy logiky a teorie fuzzy množin, rozpracovává pohled na kognitivní procesy, jež identifikuje zdroje neurčitosti při zpracovávání informací o okolním světě, poukazuje na souvislosti mezi kognitivní neurčitostí a neurčitostí zpracovávanou fuzzy logikou a zprostředkovává stručný úvod do problematiky fuzzy modelování kognitivních procesů.

Po nastínění historických souvislostí je fuzzy logika nejprve charakterizována jako zobecnění klasické logiky připouštějící hodnoty částečné pravdivosti a na několika příkladech je představen koncept fuzzy množin, jejichž relevance pro popis procesu kategorizace je demonstrována na experimentálních datech. V této části práce je rovněž podán přehled základního matematického formalizmu teorie fuzzy množin a je zde definován vztah mezi touto teorií a fuzzy logikou.

Následná analýza stavu zážitkového pole novorozence a paměťových procesů podílejících se na jeho diferenciaci identifikuje základní paměťové zákonitosti a podává stručný nástin mechanismu formace konceptů. Definuje pojem významového pocitu a zabývá se jeho vztahy k symbolům a událostem, k nimž odkazuje.

Celý příspěvek pak směřuje k formulaci obecného pohledu na fuzzy modelování jakožto na nástroj pro zachycení transformací jedněch psychických obsahů v jiné psychické obsahy a závěrem je diskutována možnost využití fuzzy modelování.

Pro rozsáhlost zpracovávané problematiky je patrné, že předkládaná práce představuje nanejvýš stručné nahlédnutí do relativně nové oblasti psychologického myšlení a její přínos lze proto spatřovat především v představení základních pojmů a myšlenek.

klíčová slova: fuzzy logika, neurčitost, formace konceptů, mentální reprezentace

key words: fuzzy logic, uncertainty, concept formation, mental representation

Fuzzy logika a kognitivní psychologie¹

Fuzzy logika je logikou neurčitosti a právě pro svůj potenciál neurčitost modelovat představuje výhodný metodologický rámec psychologického výzkumu a teorie, zejména pak v oblasti kognitivní psychologie. Nejen, že umožňuje formalizovat lingvisticky vyjádřené psychologické zákonitosti a kvantifikovat tak postupy kvalitativní metodologie, ale přináší především nové perspektivy pro řešení problematiky mentální logiky a nabízí nástroje jak pro konstruování modelů mentálních modelů, tak pro tvorbu funkčních systémů simulujících kognitivní procesy.

1. Základy fuzzy logiky

Cílem příspěvku je podat stručný nástin kognitivních zákonitostí podílejících se na existenci neurčitosti při zpracovávání informací o světě a ukázat, jak je tato inherentní nepřesnost lidské kognice simulována matematickým formalizmem fuzzy teoretického přístupu. Před podrobnějším výkladem kognitivní podstaty fuzzy logiky však nejprve zmapujme myšlenkový prostor, jenž fuzzy logika otevírá.

1.1. HISTORICKÉ SOUVISLOSTI

Fuzzy logiku lze ve vší stručnosti představit jako logický systém, který byl rozšířen o pojem *částečné pravdivosti*, tj. systém, jehož výroky mohou nabývat pravdivostních hodnot ležících mezi hodnotami *zcela pravdivý* a *zcela nepravdivý*. Tento systém však není stavěn do rozporu s klasickou dvouhodnotovou logikou, nýbrž tuto logiku zobecňuje a je schopen její výsledky reprodukovat jako speciální případ vícehodnotového kalkulu.

Do povědomí vědecké veřejnosti začala fuzzy logika pronikat počátkem 70. let a zatímco v roce 1970 bylo publikováno 25 prací s touto tematikou, v roce 1975 to bylo již 227 prací a koncem 80. let dosahoval jejich počet několika tisíc (Novák, 1990, str. 281) a dále prudce roste. V 90. letech pak tento rozmach ústí, zejména v asijských zemích (v čele s

¹ Příspěvek je upravenou verzí přednášky přednesené na zasedání Sekce obecné a teoretické psychologie Českomoravské psychologické společnosti dne 24. 6. 1998 v Psychologickém ústavu AV ČR v Praze.

Japonskem), do průmyslové produkce spotřební fuzzy elektroniky, hardware a softwarových aplikací využívajících fuzzy algoritmy.

Fuzzy logika vstoupila do širšího vědeckého povědomí tedy relativně nedávno, myšlenkový proud, z něhož pramení, však sám o sobě nikterak novým není. Teoretická možnost konstrukce vícehodnotových kalkulu byla v historii formální logiky přítomna vždy - dá se říci že do té míry, do jaké použití klasické aristotelovské logiky produkovalo paradoxy. Bertrand Russell (1923) tak např. poukázal na to, že požadavek bivalence, jednoznačné pravdivosti či nepravdivosti výroků, ústí v rozpor, jenž dezintegruje samotnou základnu matematiky¹. Říká:

*All traditional logic habitually assumes that precise symbols are being employed. It is therefore not applicable to this terrestrial life, but only to an imagined celestial one. The law of excluded middle [tj. principu A nebo non-A] is true when precise symbols are employed but it is not true when symbols are vague, as, in fact, all symbols are.*²
(Russell, 1923, citován v Kosko, 1993, str. 92, důraz přidán)

a ačkoliv tuto myšlenku dále nerozvíjel, přesvědčivě demonstroval význam neurčitosti v matematickém modelování a řadí se tím k praotcům fuzzy myšlení.

Přibližně v téže době rozpracovával v Polsku Jan Lukasiwicz matematické aspekty multivalentního, vícehodnotového logického kalkulu a Werner Heisenberg o několik let po té formulaci principu neurčitosti poukázal na nedostatečnost bivalentní logiky pro popis kvantových událostí.

Poprvé pojem *neurčité množiny* definoval článek uveřejněný Maxem Blackem roku 1937 a Black v něm zavedl rovněž pojem *křivka příslušnosti* (oba termíny budou vysvětleny později). Jako první zde Black aplikoval multivalentní logiku na teorii množin a ukázal, že tyto „fuzzy množiny“ odpovídají našim představám konceptů³.

¹ Jedná se o paradox *množiny množin*. V klasické teorii množin objekt buďto prvkem množiny X je, nebo prvkem množiny X není. Chceme-li však sestavit množinu všech množin, které neobsahují sebe sama jako prvek, dospíváme k variantě starořeckého paradoxu *krétského lháře*. Je taková množina množin prvkem sebe sama? Jestliže ano, tak podle své definice takovým prvkem není. Jestliže však prvkem sebe sama není, tak podle kritéria členství takovým prvkem je.

² Tradiční logika obvykle předpokládá, že jsou používány přesné symboly. Není tudíž použitelná pro tento pozemský život, ale pouze pro život imaginární, nebeský. Zákon vyloučeného třetího [tj. v zásadě požadavek bivalence] je pravdivý pouze tehdy, používáme-li přesné symboly, a neplatí, když jsou symboly nepřesné, **jaké, ovšem, všechny symboly jsou**.

³ Jeho článek nicméně zůstal převážně nepovšimnut.

Tyto množiny Black nicméně v návaznosti na Russella a Peirceho ještě označoval jako „neurčitě“¹. Termín „fuzzy“ se poprvé objevuje až ve článku Lotfiho Zadeha z roku 1965², v němž tento na práci Blacka navázal a použil algebru rozpracovanou půl století předtím Lukasiwiczem³. Zadeha tak lze považovat za vlastního otce fuzzy teorie.

1.2. FUZZY MNOŽINY A NEURČITOST PŘIROZENÝCH POJMŮ

V základech multivalentního kalkulu fuzzy logiky stojí teorie fuzzy množin. Ta, na rozdíl od klasické teorie množin, jejíž předpoklad ostrosti hranice množiny⁴ vede k paradoxům, jakým je např. Russelem zmiňovaný paradox *množiny množin*, připouští existenci *částečné příslušnosti* do množiny. Fuzzy množina je tak tvořena prvky, z nichž každý je charakterizován *stupněm příslušnosti* do dané množiny. Hranice fuzzy množiny jsou proto neostré, mlhavé a právě toto je reflektováno přívlastkem *fuzzy*.

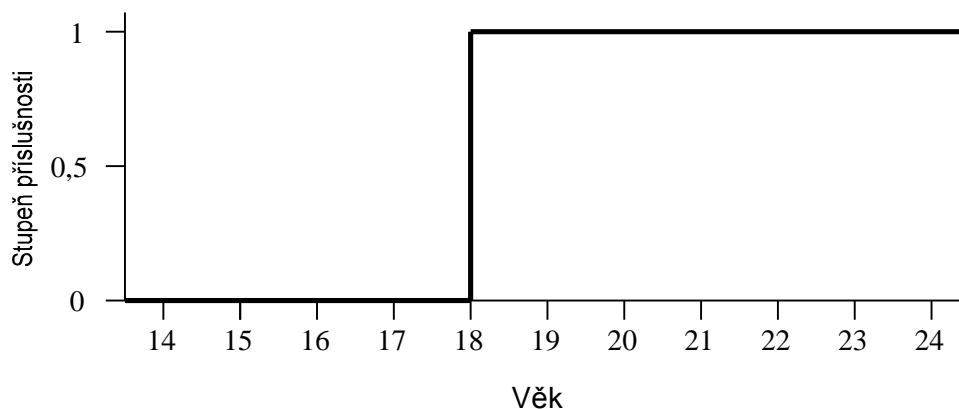
Uvažujme například množinu nazvanou *dospělost*. Necht' prvky této množiny jsou celá čísla z intervalu $\langle 14, 24 \rangle$, která označují stáří člověka v rocích života. Grafy 1 a 2 pak znázorňují *křivky příslušnosti* jednotlivých věků do množiny *dospělost* (grafy převzaty z Kosko, 1993, str. 35). A zatímco graf 1 ukazuje, že klasická teorie množin vnímá situaci jako ostrý přechod k dospělosti v okamžiku 18. narozenin (jak je dospělost zákonně zakotvena), fuzzy pojetí pohlíží na otázku dospělosti jako na záležitost míry (graf 2). *Stupně příslušnosti* prvků do množiny zde leží v intervalu $\langle 0, 1 \rangle$, přičemž 0 znamená, že daný věk není prvkem množiny, 1 značí, že prvek do množiny zcela náleží, a hodnoty mezi 0 a 1 udávají míru částečné příslušnosti do fuzzy množiny *dospělost*.

¹ vague

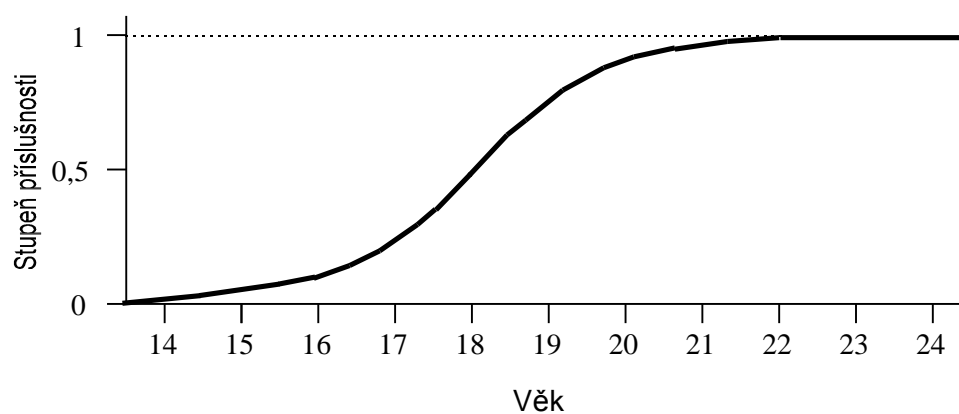
² Přesněji řečeno, termín *fuzzy* použil Zadeh již ve svém článku z roku 1962. Jednalo se však pouze o poukaz na potřebu nového matematického přístupu k problematice neurčitosti, jež není popsitelná termíny pravděpodobnostních distribucí. V té době Zadeh ještě termín *fuzzy* alternoval s přívlastkem *cloudy*, tj. mlhavý.

³ Ani jednoho však Zadeh ve svém článku necituje. Místo toho odkazuje k práci svého přítele Stephena Kleeneho z Princeton's Institute for Advanced Studies (Kosko, 1993).

⁴ Tzn. že prvek do množiny buďto náleží, nebo nenáleží.



Graf 1: Křivka příslušnosti věku (v rocích) do ostré množiny *dospělost*.

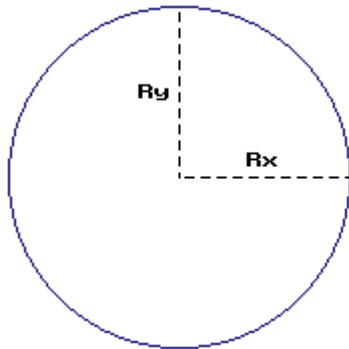


Graf 2: Křivka příslušnosti věku (v rocích) do fuzzy množiny *dospělost*.

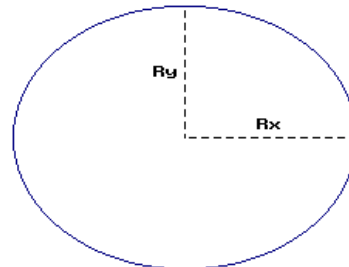
Matematický potenciál teorie množin spočívá obecně v tom, že teorie množin formalizuje tendenci kognitivních procesů ke kategorizaci zážitku, a množiny tak v procesu matematických inferencí imitují funkci přirozených konceptů. Akcentace neurčitosti v teorii fuzzy množin pak pouze odráží neurčitost, jež je pro proces konceptualizace charakteristická, a fuzzy množiny, jak na to ve svém článku poukazoval již Black, se hodí pro modelování přirozených pojmů, jenž jsou inherentně fuzzy.

Následující experiment tuto neurčitost procesu konceptualizace vjemu demonstruje. V počítačovém programu je pokusné osobě nejprve zadána instrukce, že v průběhu pokusu se vždy po zmáčknutí klávesy na obrazovce objeví kruh nebo elipsa. Objeví-li se kruh, je pokusná osoba žádána, aby stiskla klávesu [k]. Jestliže je zobrazena elipsa, má pokusná osoba zmáčknout jinou klávesu nežli klávesu [k]. Na obrazovce se pak postupně objeví 105 kruhovitých útvarů, z nichž každý má vždy jeden z 15 možných rozdílů mezi horizontálním (R_x) a vertikálním (R_y) poloměrem (každý rozdíl poloměrů je tedy na obrazovce

reprezentován 7 útvary). Tyto rozdíly nabývají hodnot $\{0, 2, 4, \dots, 28\}$ a útvary tak postupují od matematicky přesného kruhu ($R_x - R_y = 0$, obrázek 1) až k výrazné elipse ($R_x - R_y = 28$, obrázek 2). Pořadí typů útvarů, jejich velikost a umístění na obrazovce je náhodné.



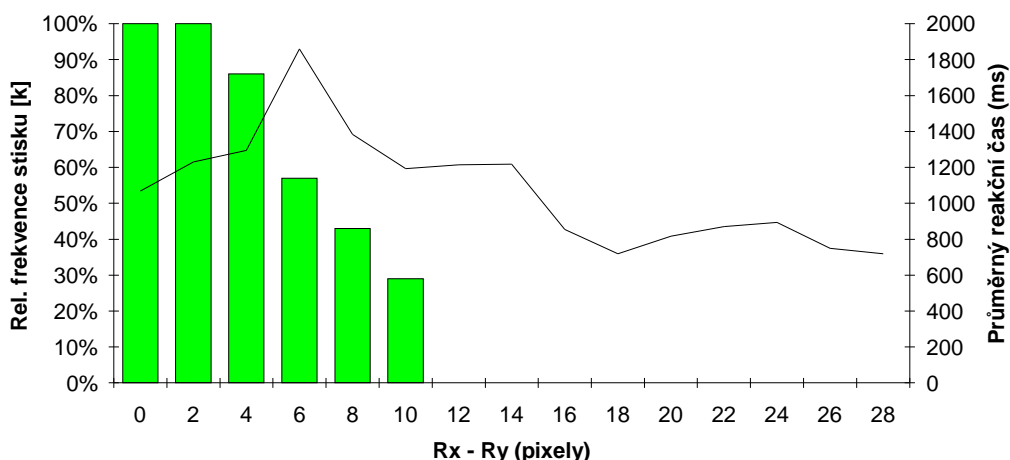
Obrázek 1: Přesný kruh.



Obrázek 2: Výrazná elipsa.

V průběhu experimentu je pro každý typ útvaru (charakterizovaný daným rozdílem poloměrů) zaznamenáván počet stisků klávesy [k] a na konci je pro každý typ útvaru spočítán průměrný reakční čas. Graf 3 znázorňuje typický výsledek jednoho takového experimentu.

Přestože mezi přesným kruhem (útvary s nulovým rozdílem poloměrů) a útvarem s rozdílem poloměrů 2 pixely (dále jen „útvary typu 2“) je rozeznatelný rozdíl, v průběhu experimentu označovala pokusná osoba útvary typu 2 vždy ještě jako kruh. Jak se však útvary stávaly stále elipsovitějšími (útvary typu 4, 6, 8 a 10), vzrůstal počet případů, kdy jej pokusná osoba kromě označení jako kruh označila také jako elipsu. Na křivce průměrného reakčního času lze zároveň pozorovat, že zařazení těchto útvarů, které jsou ve vnímání pokusné osoby na přechodu mezi kruhem a elipsou, vyžadovalo delší rozhodování nežli zařazení jednoznačného kruhu či jednoznačné elipsy. Zvýšená ambivalence v pojmenování útvaru se odráží v prodlouženém reakčním čase a kulminuje u útvaru typu 6, který byl v tomto pokusu ve čtyřech případech označen jako kruh a ve třech jako elipsa.



Graf 3: Relativní frekvence stisku klávesy [k] a průměrný reakční čas pro jednotlivé typy útvarů.

Fuzzy množiny lze formálně definovat takto: Nechť je U univerzem všech uvažovaných prvků a nechť $M = \langle 0, 1 \rangle$ reprezentuje škálu, v níž budou měřeny stupně příslušnosti prvků do fuzzy množiny. Fuzzy množina A v univerzu U je pak dána funkcí

$$A: U \rightarrow M,$$

která každému prvku $x \in U$ přiřazuje prvek $m_A \in M$, jenž se nazývá stupeň příslušnosti prvku x do fuzzy množiny A . Je-li $m_A = 0$, pak x nepatří do A , je-li $m_A = 1$, pak x patří do A . Je-li $m_A \neq 0$ a současně $m_A \neq 1$, pak x částečně patří do fuzzy množiny A .

Fuzzy množinu A lze explicitně definovat výčtem

$$A = \{x_1/m_{A1}, x_2/m_{A2}, \dots, x_n/m_{An}\}, n \in N.$$

a -řez fuzzy množinou A , kde $a \in M$, je potom ostrá (klasická) množina

$$A_a = \{x; m_A \geq a\},$$

tj. množina všech prvků, jejichž stupeň příslušnosti je roven nebo větší než požadovaný stupeň příslušnosti a .

Lze rovněž hovořit o a -hladině fuzzy množiny A , kde $a \in M$, kterou je ostrá množina

$$A^a = \{x; m_A = a\},$$

a jádrem fuzzy množiny A je pak nazývána a -hladina, pro níž $a = 1$.

Kromě těchto základních definic existuje přirozeně další rozsáhlý formální aparát pro popis fuzzy množin a práci s nimi. Cílem tohoto příspěvku však není podat vyčerpávající výklad této problematiky a pro podrobnější pojednání viz Novák, 1990.

1.3. PRAVDIVOST VÝROKŮ

Teorie fuzzy množin představuje matematickou základnu fuzzy logiky. Je-li totiž stupeň příslušnosti prvku x do fuzzy množiny A roven m_A , lze m_A interpretovat jako *pravdivostní hodnotu* (dále t_A) výroku $x \in A$. Pravdivost složených výroků o fuzzy množinách¹ pak lze vyhodnocovat pomocí fuzzy logických operátorů, které jsou definovány následovně:

$$\text{negace: } t(\neg t_A) = 1,0 - t_A$$

$$\text{konjunkce: } t(t_A \wedge t_B) = \text{minimum}(t_A, t_B)$$

$$\text{disjunkce: } t(t_A \vee t_B) = \text{maximum}(t_A, t_B)$$

Vedle těchto operátorů existuje celá řada dalších (viz např. Bandler & Kohout, 1980; Novák, 1990) a operace konjunkce a disjunkce mají navíc několik alternativních definic. Důležité však je, že když do výše uvedených definic dosadíme pouze hodnoty 1 nebo 0, dostaneme stejnou pravdivostní tabulku, jakou bychom sestavili za použití klasických Booleovských operátorů. Tento fakt pouze dokumentuje tvrzení, že fuzzy logika je zobecněním klasické logiky, a eliminujeme-li hodnoty částečné pravdivosti, hodnoty klasické logiky přesně reprodukuje.

2. Formace konceptů

Jak již bylo několikrát naznačeno, teorie fuzzy množin a následně pak fuzzy logika zpracovávají neurčitost, jež je zakotvená v samém fungování lidské kognice. Věnujme tedy nyní pozornost kognitivnímu podloží, z něhož tato neurčitost primárně pramení.

2.1. DIFERENCIACE ZÁŽITKU NOVOROZENCE A PAMĚŤOVÉ PROCESY

Pro ucelený pohled na problematiku utváření pojmů je přínosné prozkoumat výchozí bod, z něhož se mentální reprezentace, jíž jsou pojmy nedílnou součástí, počíná vyvíjet.

¹ Přičemž za výrok o fuzzy množinách lze považovat jakýkoliv výrok.

Zájem o mysl novorozence je navíc již tradičně sycen předpokladem, že způsob jeho prožívání je od našeho radikálně odlišný. V klasickém pojetí je vědomí narozeného dítěte považováno za „blooming, buzzing confusion“¹, jak William James slavně podotkl, a předpokládá se, že nemá žádnou, či jen velmi omezenou, kognitivní strukturu. Typický příklad klasického pohledu reprezentuje např. Spitz:

At this stage the newborn cannot distinguish one 'thing' from another; he cannot distinguish an (external) thing from his own body, and he does not experience the surround as separate from himself. Therefore, he also perceives the need-gratifying, food-providing breast, if at all, as part of himself. Furthermore, the newborn in himself is not differentiated and organized either... .² (1965, str. 36)

Tento postoj je rozvinutím Freudova prohlášení, že novorozenec se nachází ve stavu neomezené oceánické jednoty s celým světem (Freud, 1930/1961) a ve svém díle se k němu hlásili zejména Heinz Hartman a Margaret Mahlerová.

Zážitkové pole novorozence je na počátku jeho vývoje tedy dosud výrazněji nestrukturované a celistvé a k jeho diferenciaci dochází až v procesu interakce novorozence s prostředím a manipulací sama sebou. Klíčovou roli v této diferenciaci ovšem hrají paměťové procesy.

Protože paměť, podobně jako řada dalších fundamentálních psychologických pojmů, po staletí úspěšně odolává snaze o dosažení konsensu v jeho definici, bude zde tento pojem, zcela v Ebbinghausově (1885/1966) duchu, odkazovat ke schopnosti organismu přijímat, podržet a opět oživovat minulé vjemy. Přestože však tato definice zmiňuje tři komponenty paměťového procesu, za základní komponentu zkoumání paměti lze považovat proces ožívání minulých vjemů sám o sobě, neboť naše představy o procesu kódování a uchovávání paměťového materiálu, kapacitě paměti či trvalosti paměťových stop jsou, přísně vzato, teoretickými konstrukcemi vyvozenými z dat získaných právě vybavováním minulých vjemů.

V tomto procesu vybavování paměťového materiálu lze dále rozlišit dva funkční principy. O hlavním z nich bývá hovořeno jako *principu podobnosti* (Grusec, Lockhart & Walters, 1990, str. 345). Když se snažíme vybavit si informaci, vždy máme nějakou představu

¹ kvetoucí, bzučící zmatek

² V této fázi novorozenec není schopen odlišit jednu 'věc' od druhé; neumí rozlišit vnější věci od svého těla a neprožívá okolí jako odlišné od sebe sama. Tudíž i prs, jenž uspokojuje jeho potřeby a poskytuje mu jídlo, prožívá, když už vůbec nějak, jako součást sebe sama. A kromě toho, novorozenec jako takový není rovněž diferencovaný a organizovaný... .

o tom, co hledáme. Princip podobnosti pak odkazuje k pozorování, že se nám vybaví informace, jež je konzistentní s představou, kterou jsme o této informaci měli ještě před jejím vybavením. Tedy např. snažím-li se rozvzpomenout, kdy jsem viděl určitého člověka, již předem vím, jakého člověka mám na mysli. Tato představa mi pak na základě principu podobnosti vyvolá do vědomí vzpomínky na zážitky, v nichž právě tento člověk figuruje.

Vedle principu podobnosti operuje při vybavování ještě *princip styčnosti*, který říká, že obsahy, které se spolu vyskytly ve vědomí společně, mají tendenci se vzájemně do vědomí vyvolávat. Oba principy oživují myšlenku Aristotelových asociačních zákonů, který kromě zákona podobnosti a styčnosti (kontiguity) hovořil ještě o zákonu protikladů, a jsou rovněž ve shodě s Humeovo pojetím, jež principy podobnosti a shody [místa a času] prohlašuje za základní zásady *sdrůžování idejí* (v angl. originále „*images*“) (Hume, 1748/1972, str. 52) a řadí k nim ještě princip kauzality.



Obrázek 3: Dworetzky, 1988, str. 257

Vidíme-li tedy na obrázku 3 psa skloněného hlavou k zemi, podílejí se na našem vjemu oba zmiňované principy. Princip podobnosti zajišťuje, že do našeho vědomí vstupují představy, které nejlépe odpovídají aktuální smyslové stimulaci (tj. představy psa), a princip styčnosti pak odpovídá za to, že máme přístup k dalším informacím, jež se k těmto představám váží (že se jedná o psa, kde a kdy jsme takového psa viděli, jaká je to rasa apod.).

Je nutné zdůraznit, že oba principy jsou pouze deskriptivními kategoriemi a nelze je tudíž používat pro příčinné vysvětlení paměťových mechanismů. Ačkoliv však uvedená analýza zdaleka nevyčerpává rozsáhlou problematiku, kterou fenomén paměti představuje, a zcela pomíjí např. rozdíly mezi procedurální, sémantickou a episodickou pamětí, krátkodobou a dlouhodobou pamětí a pamětí implicitní či explicitní, umožní nám sledovat, způsob, jakým dochází k formaci konceptů¹.

2.2. PERCEPČNÍ A PROCESUÁLNÍ INVARIANTY

Předpokládejme, že organizmus novorozence od prvních okamžiků registruje a uchovává obsah zážitkového pole. Protože se však toto pole neustále mění, se vzrůstajícím množstvím paměťových záznamů se stává možným vyčlenit v něm percepční invarianty - části zážitkového pole, které zůstávají v proměnném vjemovém poli zcela či relativně neměnné. Pozvolný vznik těchto percepčních invariant připravuje základnu pro formaci vyspělé mentální reprezentace a tvoří samotné jádro konceptů, elementárních významových jednotek, se kterými lidská kognice pracuje.

Jaký je mechanismus vzniku těchto percepčních invariant? Po přenosu senzorické stimulace do centrální nervové soustavy jsou zde data z extero-, intero- a propriocepce komplexně syntetizována a vzniklý percept je dále integrován se záznamy o minulých stavech zážitkového pole. Mechanismem popsaným jako princip podobnosti jsou do vědomí jedince vyvolány všechny záznamy o situacích, které se nějak podobají této. Záznamy se nicméně neobjeví ve své „rozvinuté“ podobě se všemi detaily, ale zpřítomní se všechny najednou ve formě globálního *významového pocitu*² (Gendlin, 1962), který podbarvuje vzniklý percept a obsahuje v sobě aktivované informace, které jsou, dle principu styčnosti, na tyto vzpomínky navázány.

Mechanismus působení principu styčnosti je navíc možné, s velice podstatnými implikacemi, zobecnit i na časový rozměr zážitku, v němž vjemové pole prochází změnami.

¹ Tento teoretický přístup rovněž osvětluje problematiku paměti závislé na kontextu („*context-dependent memory*“). Na základě uvedeného modelu lze totiž předpokládat, a experimentální výzkum učení to potvrzuje, že jedním z faktorů, jenž přispívá ke zvýšení schopnosti znovu vyvolat danou informaci do vědomí, je i podobnost subjektivního stavu, ve kterém se jedinec nachází při pokusu vybavit danou informaci, a stavu, ve kterém se jedinec nacházel, když danou informaci přijímal do paměti (Godden & Baddeley, 1975).

² felt meaning, viz níže

Do vědomí jsou totiž vyvolávány nejen události, jež se vyskytly současně, ale i ty obsahy, které se v zážitkovém poli vyskytly s časovým odstupem, a to tak, že čím větší časový odstup, tím slabší asociace mezi oběma obsahy. Princip podobnosti je pak možné rozšířit na vyvolávání celých sekvencí dějů, které sdílejí ve svém průběhu něco společného. Vedle percepčních invariant se tak v zážitkovém poli analogickým způsobem vyčleňují invarianty procesuální. Jež v podstatě informují organismus o tom, že za tohoto konkrétního stavu jeho zážitkového pole v minulosti dosud vždy následovaly určité konkrétní změny v tomto poli.

Souhrnně reformulováno: hovoříme-li o percepčních a procesuálních invariantách, jedná se pouze o názorné rozlišení mezi dvěma aspekty jinak jednotného procesu, v němž dochází k extrakci pravidelností z minulých zážitků organismu a jejich zpřítomnění ve formě významového pocitu. Tváří v tvář aktuální sensorické stimulaci vyvolají paměťové procesy do zážitkového pole informace o všem, co kdy bylo obsahem zážitkového pole za podobné sensorické stimulace a to před tím, nežli nastala, během ní a poté. Toto je pak tím, co prožíváme jako význam dané situace a co nám umožňuje v ní smysluplně (nenáhodně) reagovat.

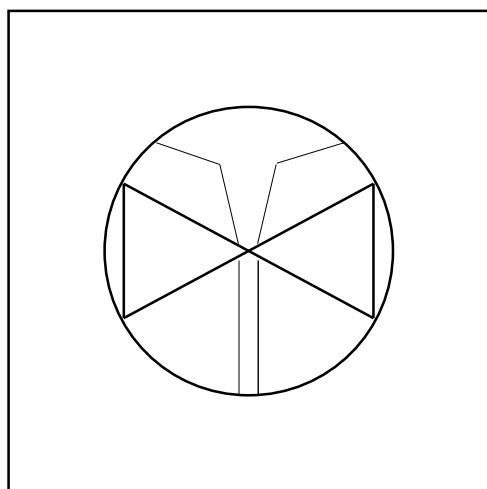
2.3. VÝZNAM A MENTÁLNÍ REPREZENTACE

Nositelem významu situace je v rozvíjeném pojetí právě významový pocit. Vyčerpávající analýzu tohoto těžko uchopitelného kognitivního fenoménu podává Gendlin (1962) ve svém díle *Zážitek a tvorba významu* a ukazuje, že významový pocit je možné považovat za vitální podloží kognice vůbec. Ze své existencialistické pozice zdůrazňuje, že právě neustále se měnící a symbolicky nerepresentovaný prekonceptuální zážitek¹ je determinujícím faktorem průběhu kognitivních procesů a jejich reprezentační a symbolická rovina představuje již pouhý proces referování k zážitkově zakotvenému významu, jenž stojí v pozadí a přesahuje všechny snahy o jeho explicitní reprezentaci. Významový pocit je pak sémantickou jednotkou vyčleněnou z kontinua zážitkového pole a Gendlin zdůrazňuje, že se nejedná o hypotetický konstrukt, nýbrž empiricky ověřitelnou a introspektivně pozorovatelnou skutečnost.

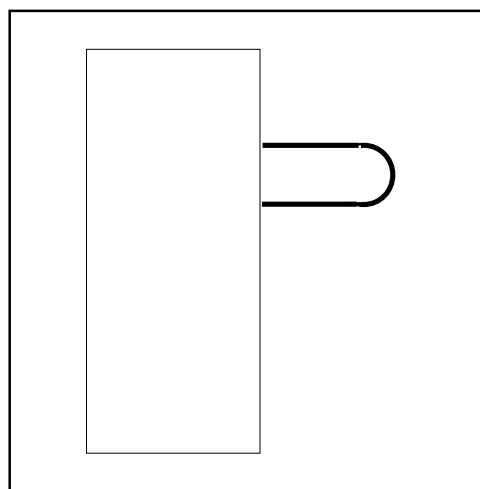
Gendlin na několika desítkách příkladů demonsturuje způsob, jakým významový pocit v kognici operuje a ukazuje jeho odlišnost od symbolů, které *samy o sobě neznamenají nic, ale*

ke svému významu odkazují. Uvádí například, že hovoříme-li, pocítujeme již předem, co chceme říci, a existenci tohoto preverbálního významového pocitu jasně vnímáme např. v okamžiku, kdy slyšíme sami sebe říkat něco, co jej nevyjadřuje úplně přesně. Nebo např. vnímáme-li umělecké dílo, sochu či obraz, vytváří v nás toto pozorování zcela zřejmý prekonceptuální rámec, který není doprovázen verbální symbolizací.

Existenci významového pocitu můžeme rovněž pozorovat při pohledu na obrázky 4 a 5. Přestože je náš vjem opticky strukturovaný, sám o sobě postrádá jakýkoliv smysl. Přidáme-li však k oběma obrázkům informaci, že se jedná o muže s motýlkem pozorovaného kukátkem



Obrázek 4: archiv autora



Obrázek 5: Dworetzky, 1988, str. 232

u dveří (obrázek 4) a o člověka hrajícího v telefonní budce na trombón (obrázek 5), to, co v našem zážitkovém poli přibude, je právě významový pocit.

Přestože ontogenetickému procesu vzniku významu Gendlin explicitní pozornost nevěnuje, můžeme v jeho díle najít několik odkazů na mechanismus jeho formace. Říká:

*If we say the word „life“, a large mass of undifferentiated experience is called forth as the felt meaning of that word. ... And the same goes on for „yesterday“. It does not really seem that there are **fewer** experiences in the undifferentiated mass called forth by ..., „yesterday“, or „life“. We could differentiate and create an endless number of specific experiences from out of either „life“ or „yesterday“.² (Gendlin, 1962, str. 151, důraz v původním textu)*

¹ raw experience

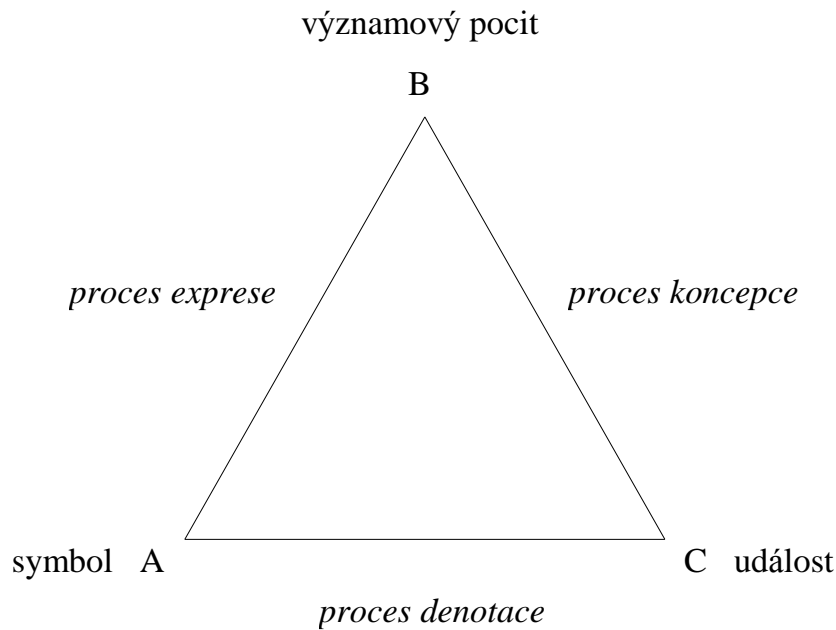
² Když řekneme slovo „život“, jako významový pocit tohoto slova se v nás vyvolá velké množství nerozlišených zážitků. ... A to samé se stane, řekneme-li slovo „včera“. Nezdá se, že by bylo **méně**

a cituje Platóna, jenž ve svém díle Menon podotýká, že jakýkoliv zážitek je spojen s jiným zážitkem či zážitky a ty jsou samy spojeny s dalšími zážitky atd. a že tímto způsobem by, v principu, bylo možné dojít k postupnému vybavení všech paměťových obsahů v úsilí pochopit byt' jeden jediný zážitek. Dospívá tak k závěru, že význam je tvořen nediferencovanou masou minulých zážitků, které jsou přítomny v zážitkovém poli všechny najednou v podobě významového pocitu.

Existenci významového pocitu lze považovat za základní krok směrem k formaci vyspělé mentální reprezentace. Události v zážitkovém poli jsou totiž primárně zpracovány do podoby významových pocitů a až následně jsou symbolizovány a propracovávány propoziční formou reprezentace. Vztahy mezi reprezentovanou událostí a symboly, sloužícími k zachycení a komunikaci významového pocitu, je možné osvětlit s pomocí upraveného Ogden-Richardsova trojúhelníku na obrázku 6. Vrchol C zde představuje události v zážitkovém poli, zkušenosti s nimiž dávají v procesu koncepce (na základě principu podobnosti) vzniknout významovým pocitům (vrchol B), které jsou pak symbolizovány v procesu exprese. Vzniklá symbolická reprezentace (vrchol A) pak odkazuje k množině událostí, jež stály v počátcích jejího vytváření (vrchol C), a zde hovoříme o vztahu reference či, lingvisticky, o denotaci.

Na vztah mezi významovým pocitem či symbolem a vlastní událostí (vrchol C), lze pak souhrnně nahlížet jako na proces reprezentace této původní události v intrapsychickém prostoru jedince a vrcholy A a B společně představují koncept, významovou jednotku vyčlenitelnou z kontinua zážitkového pole.

zážitků obsaženo v nediferencované zážitkové masě vyvolané slovem „včera“ nebo slovem „život“. Z významového pocitu obou slov bychom mohli dále vyčleňovat a vytvářet nespočet specifických zážitků.



Obrázek 6: Upravený sémiotický trojúhelník Ogdena a Richardse

3. Fuzzy modelování kognitivních procesů

Formace konceptů a diferenciací vjemového pole do smysluplných celků závisí na funkci paměťových mechanismů. Protože však principy podobnosti a styčnosti jsou inherentně neurčitě, výsledné pojmy, s nimiž lidská kognice pracuje, jsou nepřesné v samých základech. Sledujme nyní, jak lze využít matematického aparátu teorie fuzzy množin pro práci s touto přirozenou nepřesností kognitivních kategorií.

3.1. KONCEPTY A VJEMY JAKO FUZZY MNOŽINY VZPOMÍNEK

Významy jsou na symbolické rovině reprezentovány znaky či symboly. V procesu percepcie daného symbolu je tak nejprve zapojen princip podobnosti, díky němuž je tento vůbec z percepčního pole vyčleněn, a poté jsou na základě principu styčnosti do vědomí vyvolány ty paměťové obsahy, jež se s daným stimulem v minulosti pojily. Intenzita vyvolání těchto vzpomínek je závislá především na častosti společného výskytu a na jejich časové vzdálenosti. Na výsledný významový pocit pak lze nahlížet jako na fuzzy množinu, jejíž prvky tvoří všechny aktivované paměťové obsahy s mírou příslušnosti vždy odpovídající

intenzitě jejich vyvolání do zážitkového pole. Slyšíme-li nebo čteme-li slovo „židle“, v procesu interpretace tohoto verbálního symbolu nejprve identifikujeme daný zvuk či vizuální stimul jako nám známý jazykový výraz (princip podobnosti) a poté asociujeme množství představ různých židlí, které se s tímto slovem pojí (princip styčnosti). Tyto představy se však nezpřítomní v našem zážitkovém poli jedna vedle druhé, ale jsou aktivovány všechny najednou ve formě globálního významového pocitu. Míra aktivace představ jednotlivých druhů židlí se pak nepřímo projevuje např. frekvencí spontánního popisu představované židle (při takovém úkolu) či dobou nutnou k posouzení, zda daný útvar je ještě židle (viz Roschův experiment s pojmem „pták“ (Rosch, 1978)).

Podobným způsobem probíhá i opačný proces, kdy k určitému zážitku hledáme vhodnou konceptualizaci. Nejprve jsou dle principu podobnosti aktivovány všechny paměťové obsahy, které se v nějaké míře podobají danému vjemu, a na základě principu styčnosti jsou pak asociovány symbolické výrazy, které se s těmito zážitky pojí. Daný zážitek je pak charakterizován fuzzy množinou konceptů, z nichž každý přísluší do této množiny s určitou mírou relevance pro popis daného zážitku.

3.2. SYMBOLICKÉ TRANSFORMACE

Oba výše uvedené případy představují varianty obecného procesu transformace jednoho psychického obsahu v obsah jiný a tyto procesy již z podstaty paměťových mechanismů probíhají s určitou mírou neurčitosti. Usiluje-li matematika a jiné lidmi vytvářené myšlenkové systémy o minimalizaci neurčitosti těchto transformací, jedná se o speciální případy kognitivních postupů, jež jsou jinak inherentně fuzzy.

Aplikujeme-li na zachycení těchto transformací matematický formalizmus - uvažujme např. proces symbolizace zážitku - můžeme zavést univerzum $U = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$, kde $m \in N$, jakožto ostrou množinu všech posuzovaných událostí (objektů či procesů), a fuzzy množiny K_1, K_2, \dots, K_n , kde $n \in N$, jakožto reprezentace konceptů $1, 2, \dots, n$. Každá událost x_m je pak charakterizována vektorem $v_m = [m_{m1}, m_{m2}, \dots, m_{mn}]$, jenž představuje uspořádanou množinu stupňů příslušnosti události do jednotlivých fuzzy množin, tj. konceptů, a výsledná matice

$$\mathbf{P} = \begin{bmatrix} \mathbf{v}_1 \\ \mathbf{v}_2 \\ \dots \\ \mathbf{v}_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{m}_{11} & \mathbf{m}_{12} & \dots & \mathbf{m}_{1n} \\ \mathbf{m}_{21} & \mathbf{m}_{22} & \dots & \mathbf{m}_{2n} \\ & & \dots & \\ \mathbf{m}_{n1} & \mathbf{m}_{n2} & \dots & \mathbf{m}_{nn} \end{bmatrix}$$

určuje umístění jednotlivých uvažovaných událostí v n -rozměrném sémantickém prostoru použitých konceptů.

Matrice \mathbf{P} zde představuje zjednodušený model paměti zachycující expertní kategorizaci uvažovaných událostí. Nová událost x_{m+1} nyní může být konceptualizována za použití matice \mathbf{P} tak, že jsou určeny její míry podobnosti s jednotlivými událostmi x_1, x_2, \dots, x_m a výsledný vektor \mathbf{v}_{m+1} je dán vertikálním průměrem stupňů příslušnosti těchto událostí do jednotlivých kategorií, přičemž stupně příslušnosti jsou vážené mírou podobnosti události x_{m+1} s událostí, jejíž stupeň příslušnosti je brán v úvahu.

V opačném směru transformace pak sloupce matice \mathbf{P} představují reprezentaci významového pocitu, k němuž koncept náležející k danému sloupci odkazuje, a události v řádcích jsou instancemi těchto konceptů a míra jejich aktivace ve významovém pocitu je udávána stupněm příslušnosti \mathbf{m}_{ij} . Matici \mathbf{P} pak lze použít pro predikci podoby události na základě znalosti její kategorizace, a to i při jejím zařazení do kategorie, která není součástí matice \mathbf{P} . V takovém případě jsou opět stanoveny stupně podobnosti takové kategorie $n+1$ s koncepty $1, 2, \dots, n$ a v řádcích jsou spočítány vážené průměry stupňů příslušnosti jednotlivých událostí. Výsledná fuzzy množina příslušností jednotlivých událostí do konceptu $n+1$ pak udává míry jejich podobnosti s predikovanou událostí.

3.3. FUZZY SYSTÉMY A JEJICH VYUŽITÍ

Tento a jiné algoritmy představují výpočtové procedury, na jejichž základě lze konstruovat komplikovanější fuzzy systémy, imitující fungování lidské kognice. Pro tuto isomorfii s kognitivními procesy se fuzzy systémy navíc dobře hodí právě pro modelování těchto procesů.

Fuzzy systémy obecně sestávají z informační báze, jež dává do souvislosti vstupní a výstupní proměnné systému (ve výše uvedeném příkladě matice \mathbf{P}), a výpočtových procedur,

kteří slouží ke kalkulaci konkrétních hodnot ze vstupních údajů. Svou architekturou nejsou nepodobné modelům vytvářeným v rámci konekcionistického paradigmatu (viz McClelland, Rumelhart, 1986, 1988) a jejich grafické znázornění často připomíná strukturu umělých neuronových sítí. Fuzzy systémy mohou být vytvořeny jako expertní nebo jako adaptivní, a to podle zdroje a způsobu sestavení informační báze (ve výše uvedeném příkladě matice P). Zatímco u expertních systémů je báze pravidel definována expertem při jejich sestavování, adaptivní systémy svou databázi „zkušeností“ vytvářejí až v průběhu svého fungování.

Využití fuzzy systémů je možné všude tam, kde je potřeba transformovat vstupní údaje na údaje výstupní. Podle matematického důkazu fuzzy aproximativního teorému (Kosko, 1992)¹ jsou fuzzy systémy schopné modelovat libovolnou funkci v n -rozměrném prostoru, přičemž vstupní a výstupní údaje mohou být i ryze nenumerické povahy.

V psychologii lze očekávat využití fuzzy systémů zejména při formulaci psychologických predikcí, a to až již v oblastech sociální psychologie (např. metoda sociomapování, Bahbouh, 1996), psychologie osobnosti (možnost tvorby osobnostních fuzzy profilů a fuzzy modelů chování), pracovní psychologie (multikriteriální výběr mezi uchazeči na základě řady fuzzy proměnných) ale zejména pak v oblasti kognitivní psychologie (při studiu izomorfie fuzzy systémů a kognitivních procesů a při fuzzy modelování mentálního modelování) a v psychologické diagnostice a při monitorování rozvoje onemocnění jednotlivých pacientů a prognózování jejich dalšího vývoje.

Literatura:

Bahbouh, R. (1996). Využití sociomapování u malých sociálních skupin. Nepublikovaná diplomová práce, Universita Karlova, Praha. (K dispozici v knihovně katedry psychologie Filozofické fakulty University Karlovy)

Bandler, W., Kohout, L. J. (1980). Fuzzy power sets and fuzzy implication operators. *Fuzzy Sets and Systems*, 4, 13-30.

Black, M. (1937). Vagueness: An exercise in logical analysis. *Philosophy of Science*, 4, 427-455.

Dworetzky, J. P. (1988). *Psychology* (3rd ed.). New York: West Publishing Company.

- Ebbinghaus, H. (1966). *Über das Gedächtnis: Untersuchungen zur experimentellen Psychologie*. Amsterdam: E. J. Bonset. (Původní dílo publikováno 1885)
- Freud, S. (1961). *Civilization and its discontents*. In J. Strachey (Ed. and Trans.), *The standard edition of the complete psychological works of Sigmund Freud (Vol. 21)*. London: Hogarth Press. (Původní dílo publikováno 1930)
- Gendlin, E. T. (1962). *Experiencing and the creation of meaning: A philosophical approach to the subjective*. New York: The Free Press of Glencoe.
- Godden, D. R., & Baddeley, A. D. (1975). Context-dependent memory in two natural environments: On land and under water. *British Journal of Psychology*, 66, 325-332.
- Grusec, J., Lockhart, R., & Walters, G. (1990). *Foundations of psychology*. Toronto, Canada: Copp Clark Pitman, Ltd.
- Hume, D. (1972). *Zkoumání lidského rozumu (V. Gaja, Pøekl.)*. Praha: Svoboda. (Původní dílo publikováno 1748)
- Kosko, B. (1992, March). Fuzzy systems as universal approximators. *Proceedings of the 1992 IEEE Conference on Fuzzy Systems*, 1153 - 1162. San Diego, CA.
- Kosko, B. (1993). *Fuzzy thinking: The new science of fuzzy logic*. New York: Hyperion.
- McClelland, J. L., Rumelhart, D. E. & PDP Research Group: (1986). *Parallel distributed processing: Explorations in the microstructure of cognition (Vol. I a II)*. Cambridge, MA: MIT Press/Bradford Books.
- McClelland, J. L., Rumelhart, D. E. (1988). *Explorations in Parallel Distributed Processing: A handbook of models, programs, and exercises*. Cambridge, MA: MIT Press/Bradford Books.
- Novák, V. (1990). *Fuzzy množiny a jejich aplikace*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury.
- Rosch, E. (1978). Principles of categorization. In E. Rosch & B. E. Loyd (Eds.), *Cognition and representations*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Russell, B. (1923). Vagueness. *Australian Journal of Philosophy*, 1, 84-92.
- Spitz, R. (1965). *The first year of life*. New York: International Universities Press.

¹ Fuzzy Approximation Theorem

Zadeh, L. A. (1962, May). From circuit theory to systems theory. *Proceedings of the IRE*, 50, 856-865.

Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8, 338-353.