

# Teória hier a princípy rozhodovania v spoločenských situáciách

Filip Gulán

xgulan00@stud.fit.vutbr.cz

Vysoké učenie technické v Brne,

Fakulta informačných technológií

---

## 1. Úvod

Ako téma projektu do predmetu Teória hier bola zvolená téma s názvom *Teória hier a princípy rozhodovania v spoločenských situáciách*. Táto práca sumarizuje poznatky získané z odborného článku *Game theory and neural basis of social decision making*[1] a článku *Social Decision-Making: Insights from Game Theory and Neuroscience*[2]. Články sú bohaté nielen na informácie z oboru teórie hier, ale aj na informácie neurovied a psychológie. Tento projekt okrem toho, že články sumarizuje, tak ich ale aj viac približuje čitateľovi, ktorý sa primárne nezaobrá neurovedami. Toto zjednodušenie je docielené vynechaním príliš veľkých detailov z oboru neurovedy alebo naopak podrobnejším popisom niektorých pasáží.

V prvej kapitole nazvanej Teória hier a sociálne rozhodovanie sú popísané psychologické aspekty ľudského rozhodovania v kontexte teórie hier, a to ako môžu byť tieto poznatky vložené do už existujúcich modelov a tým ich rozšíriť. V druhej kapitole sú popísané poznatky posledných výskumov v obore neurovied súvisiace s teóriou hier, ako napríklad mechanizmy v mozgu zodpovedné za dané rozhodnutia.

## 2. Teória hier a sociálne rozhodovanie

Problematika rozhodovania patrí medzi náročné procesy, pretože dôsledky rozhodnutia sú len veľmi zriedkavo predikovateľné. Ľudia pri rozhodovaní musia brať do úvahy vždy neistotu, ktorá plynie z rozhodnutia. Okrem toho, výsledok určitého rozhodnutia sa môže často meniť a tým pádom to vyžaduje adaptívne rozhodovacie stratégie, ktoré berú v úvahu aj výsledky predchádzajúcich rozhodnutí. Ľudia alebo zvieratá žijúce vo veľkých spoločenských, v porovnaní s ľuďmi, popríklad zvieratami, ktorí žijú osamote, čelia mnohým jedinečným výzvam a príležitostiam, ktoré sa významne odrážajú na ich kognitívnych sociálnych schopnostiach, ako napríklad komunikácia a iné prosociálne chovanie. Základné stavebné prvky rozhodovania, ktoré sú taktiež základom pre proces učenia sa a hodnotenia, tak isto hrajú významnú rolu v kontexte rozhodovania sa v sociálnych situáciách. Správanie ľudí sa môže často meniť, pretože sa snažia maximalizovať svoje vlastné záujmy podľa informácií dostupných z prostredia. Kvôli týmto faktorom je veľmi obtiažne predikovať dôsledky rozhodnutia sa a teda pre rozhodovanie v sociálnom kontexte sú vyžadované omnoho náročnejšie algoritmy. Samotná sociálna interakcia otvára možnosti pre konkurenciu

December 23, 2017

a kooperáciu. Ľudia nielenže konajú vo svoj vlastný prospech, ale ako sa ukazuje, aj v prospech či neprospech druhých okolo seba. Tieto jedinečné aspekty sociálneho rozhodovania sa odrážajú v aktivite mozgových centier, ktoré sú zodpovedné za učenie a oceňovanie.

Dobrým odrazovým mostom pre štúdium sociálneho rozhodovania ponúka teória hier. Teória hier hľadá stratégie, ktoré vedú k maximalizovaniu vlastného prospechu. Dôležitým pojmom tejto oblasti je potom pojem Nashovho equilibria, čo je vlastne stav, kedy si už žiaden hráč nemôže zmenou stratégie zlepšiť svoj zisk, každou inou možnosťou by získal menej.

### 2.1. Väzňova dilema

Väzňova dilema je hra v ktorej sa nachádzajú 2 hráči. Obidvaja hráči sú podozriví a zadržaní políciou. Polícia nemá dostatok dôkazov a preto navštívi týchto hráčov, ktorí sú v oddelených miestnostiach a ponúkne im rovnakú dohodu. Ak bude jeden z nich svedčiť proti druhému, teda zradí druhého, ktorý nič neprezradí, zradca bude prepustený a spolupáchateľ si bude musieť odsedieť 10 rokov. V prípade, že obidvaja nebudú svedčiť, tak budú odsúdení iba na 6 mesiacov. Ak sa väzni zradia navzájom, budú odsúdení na 5 rokov. Každý hráč získa viac v prípade že zradí spolupáchateľa bez ohľadu na to, ako sa rozhodne druhý hráč. Ale najväčší zisk je vtedy, ak vzájomne spolupracujú a nepriznajú sa. Ak je hra hraná iba raz a hráči sú racionálni, starajú sa iba o svoj vlastný zisk, obidvaja hráči by mali svedčiť, čo aj korešponduje s Nashovým equilibriumom pre túto hru.

V realite a dokonca aj v laboratórnych experimentoch sa tomu však nedeje. Hra môže byť hraná znovu a často s rovnakými hráčmi. Práve to dáva možnosť ovplyvňovať sa navzájom, a tak sa odchyľovať od predikcie Nashovho equilibria. Naviac sa ukazuje, že ľudia majú tendenciu spolupracovať pri tejto hre a to dokonca nielen pri viackolovej hre, ale aj pri jednokolovej. Preto rozhodovanie sa pre ľudí v sociálnom kontexte nemusí byť nutne riadené iba ich vlastným záujmom, ale aj záujmom v pomoci, poprípade v ublížení druhým. V skutočnosti kooperatívne a altruistické chovanie môže byť nájdené už aj pri primátoch.

### 2.2. Úžitková funkcia

Úžitková funkcia je v ekonomike vyjadrenie subjektívnej túžby. Aj keď pojem úžitkovosti sa spája skôr so stavom osobného bohatstva, v prípade, že ľudia berú do úvahy blahobyť ostatných osôb, tak samotná úžitková funkcia môže byť rozšírená, tak aby zahŕňala aj túto zložku. *Fehr* a *Schmidt* navrhli úžitkovú funkciu, ktorá berie do úvahy odpor k sociálnej nerovnosti. Pre hry dvoch hráčov, úžitková funkcia prvého hráča  $U_1(x)$  pre zisk dvoch hráčov  $x = [x_1 x_2]$  môže byť definovaná nasledovne

$$U_1(x) = x_1 - \alpha I_d - \beta I_a$$

kde  $I_d = \max\{x_2 - x_1, 0\}$  a  $I_a = \max\{x_1 - x_2, 0\}$  označujú nerovnosti, ktoré zvýhodňujú a znevýhodňujú prvého hráča. Koefficient  $\alpha$  a  $\beta$  označujú citlivosť na znevýhodnenie a zvýhodnenie a predpokladá sa, že  $\beta \leq \alpha \wedge 0 \leq \beta < 1$ . Preto pre prvého hráča je zisk maximálny keď  $x_1 = x_2$ , čo predstavuje sociálnu rovnosť. V prípade, že je vo Väzňovej dileme prospech nahradený touto modifikovanou úžitkovou funkciou s dostatočne veľkou betou, tak sa vzájomná spolupráca a vzájomné svedectvo stanú Nashovým equilibriumom.

### 2.3. Sociálne aspekty v hrách

Dôkazy toho, že hráči prirodzene inklinujú k sociálnemu altruizmu a nemajú radi nerovnosť boli nájdené v ďalších experimentálnych hrách. V hre Diktátor, osoba, ktorá predstavuje diktátora obdrží peniaze a časť ich späť venuje príjemcovi. Týmto jedným kolom hra končí, takže príjemca nemá možnosť na to adekvátne zareagovať. Akákoľvek čiastka, ktorú diktátor daruje, znižuje jeho vlastný zisk a tým pádom môže byť chápaná ako miera jeho vlastného altruizmu. Behom týchto hier majú ľudia tendenciu darovať v priemere asi 25 percent svojich peňazí. V hre Ultimátum, ktorá je veľmi podobná hre Diktátor, avšak s tým rozdielom, že tentokrát navrhovateľ ponúka peniaze príjemcom, ktorí ale môžu túto ponuku odmietnuť. V prípade odmietnutia peniaze nedostane nikto. Priemerná ponuka v tejto hre je okolo 40 percent, keďže samotní navrhovatelia sú v tomto prípade motivovaní tým, aby sa vyhli potencionálnemu odmietnutiu. V skutočnosti v tejto hre príjemcovia odmietnu ponuky pod 20 percent asi v polovici prípadov.

Ďalší zaujímavý prvok spoločenskej interakcie je zachytený v hre Dôvera<sup>1</sup>, v ktorej jeden z hráčov, nazvaný investor, investuje časť svojich peňazí. Tieto peniaze sa potom znásobujú, často ztrojnásobujú, a sú prevedené na iného hráča, ktorý vystupuje ako správca. Tento správca potom rozhodne, koľko prevedených peňazí bude vrátených investorovi. Čiastka investovaných peňazí investorom môže byť chápaná ako miera dôvery, ktorú má investor v správcu a výška splátok odráža dôveryhodnosť správcu. Inak povedané, táto hra vyčísluje efekt morálnych záväzkov, ktoré môže správca pociťovať voči investorovi. Empiricky dokázané má investor tendenciu investovať zhruba polovicu svojich peňazí a správca má tendenciu splácať čiastku približne rovnakú ako bola pôvodná investícia.

Keď skupina hráčov hrá opakovane rovnakú hru, niektorí hráči môžu skúsiť iných ovplyvniť. Napríklad v hre Ultimátum môže hráč odmietnuť niektoré ponuky, avšak nie v dôsledku averzie voči nerovnosti, ale jednoducho iba s cieľom taktizovať a zvýšiť svoj dlhodobý zisk tým, že penalizuje chamtivého navrhovateľa. Aby bolo možné izolovať efekt sociálnej preferencie, tak veľa štúdií v experimentálnych hrách neumožňuje subjektu opakovane interagovať s rovnakými hráčmi. V skutočnosti učenie hrá ale dôležitú úlohu, pretože ľudia a zvieratá v realite opakovane interagujú s rovnakými jedincami.

### 2.4. Teória posilovaného učenia

Teória posilovaného učenia formalizuje problém, ktorému čelí človek snažiaci sa nájsť optimálnu stratégiu v neznámom prostredí. Teória bola úspešne aplikovaná na prostredie, v ktorom sa nachádza niekoľko osôb, ktoré sa rozhodujú. Významným prvkom teórie posilovaného učenia je hodnotiacia funkcia, ktorá predstavuje súčet budúcej očakávanej odmeny ako výsledok nejakého rozhodnutia v danom prostredí. Podobne ako v prípade užitočnej funkcie v ekonomike, tak aj hodnotiacu funkciu určujú rozhodnutia. Rozdiel medzi odmenou predikovanou hodnotiacou funkciou a reálne získanou odmenou sa nazýva chyba predpovede odmeny. V jednoduchších algoritmoch posilovaného učenia je hodnotiacia funkcia menená iba pre vybrané rozhodnutia a iba v prípade chyby predpovede odmeny.

---

<sup>1</sup>z originálneho názvu Trust game

Napriek tomu, že samotná odmena má veľmi silný vplyv na rozhodnutie, ľudia, ktorí sa rozhodujú dostávajú veľa ďalších podnetov z prostredia. Jedným z dobrých príkladov môže byť to, keď človek zistí, ako veľa by získal, keby sa rozhodne inak. Keď sa takéto hypotetické odmeny líšia od odmien aktuálnej hodnotiacej funkcie, tak chyba fiktívnej predpovede odmeny môže zmeniť aktuálnu hodnotiacu funkciu. V teórii hier sa odhad odmeny z alternatívnych stratégií založených na očakávaných rozhodnutiach iných hráčov označuje ako učenie založené na predpokladoch<sup>2</sup>. Príkladom môže byť situácia, kedy má určitý človek behom hry Vážňovej dilemy tendenciu všetko oplácať. Simuláciou hypotetických interakcií s takýmto hráčom môže človek meniť hodnotiacu funkciu pre spoluprácu a zradu a dá sa zistiť, že v tomto prípade by bolo spoluprácou možné získať väčšiu priemernú odmenu. Učenia založené na predpokladoch a ostatné takto modelovo založené algoritmy posilovaného učenia môžu dokonca meniť svoje hodnotiace funkcie pre viacero rozhodnutí súčasne.

Doteraz však štúdie nedokázali pri kompetitívnych hrách nájsť presvedčivé dôkazy pre posilované učenie založené na týchto modeloch. Na druhú stranu teoretické a empirické štúdie ukazujú, že reputácia a povahové črty hráčov značne ovplyvňujú pravdepodobnosť a úroveň spolupráce. Napríklad, ak hráč v minulosti prispieval peniaze častejšie a je táto informácia zverejnená, tak sú mu potom častejšie darované peniaze. Taktiež ľudia mali tendenciu investovať viac peňazí, keď čelili jedincom s pozitívnymi morálnymi hodnotami.

### 3. Teória hier a neuroveda

Neurobiologické štúdie, ktoré sa zaoberajú teóriou rozhodovania, sa zameriavajú na mechanizmy v mozgu zodpovedné za spracovanie neistoty pri rozhodovaní a zlepšovanie rozhodovacej stratégie na princípe pokus-omyl. Tieto štúdie ukazujú, že signály v mozgu spojené s veľkosťou odmeny sa aktívne zapájajú do procesu rozhodovania sa. Niektoré oblasti mozgu sa dokonca podieľajú na zmene preferencií a samotných stratégií ľudí, ktorí sa rozhodujú. Vedci sa v posledných rokoch snažili a stále snažia pozorovať aktivitu, ktorú vykazuje mozog pri ľuďoch, keď interagujú s ostatnými ľuďmi v reálnych spoločenských situáciách. Napriek tomu, že tento výskum je nový a stále predstavuje pre vedcov výzvu, bolo aj napriek tomu objavených niekoľko zaujímavých tém popísaných bližšie ďalej.

#### 3.1. Sociálna odmena

Prienik neurovied a teórie hier sa snaží ozrejmiť proces, ktorým človek kóduje výsledky rozhodnutia a ako to môže ovplyvniť jeho budúce rozhodnutia. Predpokladá sa, že mozog používa na zistenie úspešnosti rozhodnutia metriku založenú na odmenách. Jedným z kandidátov na tento post je mezolymbický dopamínový systém<sup>3</sup>. Sieť stredomozgových dopaminových buniek spoľahlivo reaguje na veľkosť odmeny. Tieto výsledky boli pozorované hlavne u ľudí, kde zmeny v sriatum<sup>4</sup> priamo súviseli s veľkosťou peňažnej odmeny alebo

---

<sup>2</sup>v originálne belief learning

<sup>3</sup>časť mozgu, ktorá hrá významnú rolu pri vzniku motivácie, emócií a odmien. Spôsobuje vznik príjemných pocitov buď reakciou na rôzne udalosti, alebo vplyvom drôg.[3]

<sup>4</sup>hlboká oblasť šedej hmoty vo vnútri hemisfér koncového mozgu, ktorá sa podieľa predovšetkým pri kontrole pohybov človeka a kognitívnych funkcií.[4]

trestu. Výskumníci zistili, že ľudské striatum sa javí, že sa aktívne zapája do sociálnych rozhodnutí. Niektoré štúdie demonštrujú, že striatum sleduje rozhodnutia partnera, ktorý sa rozhoduje buď pre kooperáciu, alebo konkurenciu a snaží sa to zakomponovať do abstraktnej odmeny, ktorá môže byť napríklad v podobe dobrého pocitu zo vzájomnej spolupráce. Ak sa porovná jednotlivec, ktorý získal určitú odmenu s jednotlivcom, ktorý získal tú istú odmenu, ale pri tom spolupracoval s iným človekom, tak práve spolupráca viedla k navýšeniu aktivity v striatum. Aktivita je navyše spojená so zvyšovaním spolupráce v nasledujúcich kolách, čo naznačuje, že striatum môže registrovať chyby sociálnej predikcie na to aby viedlo rozhodnutia o vzájomnosti. Poskytnutím všeobecných osobnostných profilov partnerov predtým, než začali hrať hru Dôvera viedlo k redukcii kaudalnej aktivity, či už mal človek reagovať na partnera vykresleného v negatívnom, alebo pozitívnom svetle. Pri hráčoch popísaných neutrálne zostali reakcie na nich nezmenené. Toto zistenie naznačuje, že znalosť, poprípade viera v osobnosť, môže redukovať učenie na báze pokus-omyl.

Samozrejme sociálna odmena nemusí byť vždy spojená s pozitívnou vzájomnou spoluprácou. Hráči môžu tiež pociťovať satisfakciu za potrestanie zradcu, a to dokonca aj v prípade, že to vedie k vlastnému finančnému poškodeniu. To bolo ilustrované na experimente, kde investori boli konfrontovaní s nevzájomnosťou v hre Dôvera. Hráči mali možnosť potrestať týchto “zradcov”, ale znamenalo to aj stratu vlastného zisku. Hráči sa aj napriek strate zisku väčšinou rozhodli vykonať trest, čo bolo spojené s nárastom kaudálnej aktivity. Táto aktivita bola pri tom o to väčšia, ak išlo o skutočný trest a nie iba fiktívny. Ďalšie štúdie skúmajúce sociálny altruizmus v úlohe, či hráči darujú peniaze charitatívnej organizácii, ukazujú, že sa striatum zapájalo aj v prijímaní peňazí, ale aj v darovaní peňazí, a že pri darovaní peňazí bola aktivita posilnená, ak išlo o dobrovoľný dar a nie nútený.

### *3.2. Súťaženie, spolupracovanie a koordinácia*

Okrem trestania a odmeňovania hrajú významnú rolu pri rozhodovaní aj emócie. Klasické modely rozhodovania ignorovali vplyv emócií a ich vplyv na samotné rozhodnutie. Posledné výskumy však ukazujú, že emócie výrazne ovplyvňujú rozhodovanie. Emocionálne procesy sa zdajú, že patria medzi súbory procesov zodpovedných za spracovanie odmeňovania a prejavujú sa v oblasti stredného mozgu a mozgovej kôry, ale aj v oblastiach ako amygdala<sup>5</sup> a insula<sup>6</sup>. Bolo zistené, že pacienti, ktorí trpeli poškodením určitej časti mozgovej kôry následne vykazovali emocionálne defekty v bežnom živote a taktiež boli horší pri vykonávaní herných úkonov v porovnaní so zdravými jedincami.

Čo sa týka nerovnosti a nevzájomnosti, tak sú pri nich pozorované negatívne emocionálne stavy (napríklad pri neférových ponukách v hre Ultimatum). Tieto emocionálne reakcie môžu byť navrhnuté, ako mechanizmy, pomocou ktorých sa ľudia vyhýbajú nerovnosti a mohli byť vyvinuté kvôli tomu, aby sa podporila vzájomná reciprocita, poprípade aby sa povzbudilo trestanie tých, ktorí sa iba snažia využiť ostatných. Už niektoré primáty negatívne reagovali na nerovnomerné rozdelenie odmien, tým že odmietli ďalej byť súčasťou

---

<sup>5</sup>párová mozgová štruktúra umiestnená v strednej časti spánkového laloku, ktorá slúži prevažne na vytváranie a ukladanie spomienok spojených s emocionálnymi udalosťami.[5]

<sup>6</sup>úsek mozgovej kôry skrytý pod spánkovým lalokom.[6]

hry, keď videli, že niektorí jedinci dostali rovnakú odmenu za menšiu prácu ako iné. Štúdie vykonané pomocou magnetickej rezonancie skúmali mozog pri nespravodlivých chovaniach v hre Ultimátum a našli oblasti mozgu, hlavne insula, ktoré vykazovali väčšiu aktivitu, keď sa zvýšila miera nespravodlivosti. Táto oblasť bola naviac viac aktívna v prípade, keď subjekt hral s reálnym hráčom, ako keď hral s počítačom. Zistilo sa, že aktivita v tejto oblasti celkom spoľahlivo predikovala, či hráč prijme ponuku alebo ju odmietne, pričom odmietnutie bolo spojené s výrazne vyššou aktivitou ako to bolo pri prijatí. Taktiež v opakovanej Väzňovej dileme ľudí, pri ktorých sa zaznamenala veľká aktivita v insula vykazovali tendenciu nespôlupráce a boli potenciálne naklonení k usvedčovaniu spolupáchateľa. Aktivita oblasti, v týchto štúdiách je obzvlášť zaujímavá, keďže sa jedná o oblasť mozgu, ktorá reaguje pri fyzicky bolestných podnetoch. Insula a súvisiace oblasti okrem toho môžu hrať rolu pri vyhodnocovaní sociálnej interakcie za nechcenú a tým odradzovať od dôvery v partnera v budúcnosti.

Jedným z najslubnejších výskumov v kooperatívnych a kompetitívnych hrách je výskum vplyvu neuropeptidov, ako je oxytocin<sup>7</sup>, ktorý je známy tým, že uľahčuje sociálne začlenenie a reguluje medziľudské vzťahy. V hre Dôvera intranasálne<sup>8</sup> podanie oxytocinu viedlo k zvýšeniu dôvery investorov. Tento efekt je, ako sa zistilo, špecifický iba pre spoločenské interakcie a neovplyvňoval napríklad mieru riskovania v hrách s náhodnými výsledkami.

### 3.3. Strategické oddvôvodnenie

Jednou z ďalších výhod štúdia spomenutých sociálnych rozhodovacích úloh spočíva v tom, že môžu poskytnúť náhľad na to, ako spracováva mozog človeka zábery a jednania druhých, čo sa často označuje za Teóriu mysli. Početné štúdie teórie mysli odhaľujú oblasti mozgu, ktoré sa zdajú zapojené do tejto schopnosti, primárne sa jedná o oblasti stredu prednej kôry a taktiež demonštrujú aktivitu v týchto oblastiach, keď sú hráči zaujatí premýšľaním o myslení druhých, poprípade sa snažia odhadnúť stratégiu protivníka. Ukazuje sa, že tieto oblasti môžu byť zapojené do detekcie úmyslov druhých. Bolo zistené, že pacienti s psychiatrickou chorobou akou je napríklad autizmus, vykazujú závažný deficit Teórie mysle. Austistickí účastníci experimentu v hre Ultimatum s väčšou pravdepodobnosťou akceptovali aj začiatkové malé ponuky, čo poukázalo na nedostatok v schopnostiach úspešne odôvodniť skutočné spoločenské interakcie pre takto postihnutých ľudí.

## 4. Záver

Táto práca ukázala niektoré z aspektov, ktoré sa zapájajú do samotného rozhodovania sa, či už počas rozhodovania pri hrách spadajúcich do oblasti teórie hier, ale aj počas rozhodnutí vykonávaných v spoločenských situáciách. Okrem toho boli stručne zhrnuté oblasti mozgu a ich mechanizmy, ktoré sú zahrnuté v tomto procese rozhodovania.

Bolo načrtnuté, že hráči sa v realite nerozhodujú iba v rámci svojho vlastného prospechu, ale častokrát aj v prospech, poprípade neprospech druhých. Všetky informácie boli čerpané

---

<sup>7</sup>hormón v mozgu, ktorý sa správa ako neurotransmitter, teda prenáša impulzy.[7]

<sup>8</sup>podanie lieku cez sliznicu nosa[8]

z 2 vedeckých článkov *Game theory and neural basis of social decision making* a článku *Social Decision-Making: Insights from Game Theory and Neuroscience* a práca sa snažila poznatky z týchto článkov priblížiť čitateľovi, ktorý nie je veľmi oboznámený neurovedami alebo psycho-soft vedami.

## Zdroje

- [1] D. Lee, Game theory and neural basis of social decision making, Nat Neurosci 11 (4) (2008) 404–409, 18368047[pmid]. doi:10.1038/nn2065.  
URL <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2413175/>
- [2] A. G. Sanfey, Social decision-making: Insights from game theory and neuroscience, Science 318 (5850) (2007) 598–602. arXiv:<http://science.sciencemag.org/content/318/5850/598.full.pdf>, doi:10.1126/science.1142996.  
URL <http://science.sciencemag.org/content/318/5850/598>
- [3] Dopamin, Wikiskripta.  
URL <http://www.wikiskripta.eu/index.php/Dopamin>
- [4] Bazální ganglia, Wikiskripta.  
URL [http://www.wikiskripta.eu/index.php/Bazální\\_ganglia](http://www.wikiskripta.eu/index.php/Bazální_ganglia)
- [5] Limbický systém, Limbický systém.  
URL [http://www.wikiskripta.eu/index.php/Limbický\\_systm](http://www.wikiskripta.eu/index.php/Limbický_systm)
- [6] Lidský mozek, Wikipedie.  
URL [https://cs.wikipedia.org/wiki/Lidský\\_mozek](https://cs.wikipedia.org/wiki/Lidský_mozek)
- [7] Oxytocin, Psychology today.  
URL <https://www.psychologytoday.com/basics/oxytocin>
- [8] Intranasální aplikace léků, Farmakoterapie.  
URL <http://www.farmakoterapie.cz/c2394/intranasalni-aplikace-leku>