

Celulární automaty

Ondřej Dohnal

26.01.2020

1 Úvod

Celulární automat je označení pro určitý typ fyzikálního modelu reálné situace, v podobě reálného přístroje, či častěji počítačového algoritmu (programu). Slouží k časové i prostorové diskrétní (nespojité) idealizaci fyzikálních systému, kde hodnoty veličin nabývají pouze diskrétních hodnot v průběhu času. Je to tedy dynamický systém, který modeluje živý systém. Tento automat je tvořen buňkami (cells - od toho odvozeno celulární). Ty mohou být uspořádány do tvaru přímky, pravidelné mřížky, třírozměrné struktury. Každá buňka může nabývat různých stavů, nejčastěji dvou (prázdné pole = mrtvá buňka-0, plné pole = živá buňka-1). Buňky mají informaci nejen o sobě, ale i o svém okolí a na základě toho se rozhoduje. To znamená že buňku ovlivňuje nejen její vstup ale i prostředí ve kterém se nachází. Hlavními rysy celulárního automatu je paralelismus (výpočty v jednotlivých buňkách probíhají zároveň, ne sériově), lokalita (nový stav závisí na aktuálním stavu buňky a okolních buněk), homogenita (všechny buňky používají stejnou lokální přechodovou funkci tzn. stejné podmínky pro všechny)

2 Historie a vývoj

První, kdo se začal zabývat problematikou celulárních automatů, byl J. von Neumann, který se zabýval sebereprodukcí. Jeho snahy se upíraly k vytvoření výpočetního systému, který by byl schopný vytvářet své vlastní kopie (sebeprodukovat se). Myšlenku o tomto přístroji poprvé uvedl roku 1948 na přednášce pojmenované "Obecná teorie automatů". Čerpal z prací vědců, intenzivně zabývajících se neuronovými sítěmi. Neumann při návrhu samoreprodukujícího automatu došel k závěru, že postupnou sebeprodukcí dochází k degeneraci. To znamená že automat, který vytvoří jiné automaty, je tvoří jednodušší, než je on sám. Avšak nad danou minimální úroveň to přestává platit a automat dokáže udržovat sám sebe. Neumann také tvrdil, že umělé automaty jsou mnohem méně složitější než přirozené organismy. Pozorováním procesů v takovýchto automatech můžeme najít podobnosti s živou hmotou. To umožňuje pohrávat si a studovat "život" v takovémto automatu. Spojením

matematické teorie skrývající se za automaty a biologie, Neumann vytvořil automat s 29 stavy a 200000 buňkami, kdy neurony zjišťovali logiku automatu. Ten byl vyřešen velmi složitě, a tak Neumann svůj automat za pomoci S. Ulama zjednodušil. Nyní se teprve dá mluvit o pojmu celulární automat. Neumann zaujala Ulamova myšlenka paralelních výpočtů. Tito pánové tedy dali vzniknout základům pro studium celulárních automatů. Po Neumannově smrti pokračovalo par lidí v této studii. Jejich celulární automaty využili pro optimalizační úlohy. Nadšení pro výzkum celulárních automatů bohužel trošku opadlo. Důvodem byl nedostatečný výkon tehdejších počítačů, a také odlišnost od ostatních věd. Zájem o celulární znovu obnovil J. H. Conway jeho hrou Life – Život.

Jedná se o hru, kterou nehraje žádný hráč, jelikož do hry nepřivádí žádné vstupy. Při vytváření hry Life se Conway inspiroval výzkumem sebereprodukce od Neumanna, s cílem vytvořit taková jednouchá pravidla, u kterých bude jejich chování obtížně předvídatelné. Vývoj buňky je dán jejími stavy, stavy okolních buněk a pravidly, která charakterizují její chování. Svět hry je uspořádán do dvoudimenzionální mřížky, ve které buňky existují.

3 Využití a význam

Význam celulárních automatů spočívá v konstrukcích modelů, simulujících živou hmotu. Za pomoci výpočetních systémů lze tyto modely zkoumat a třeba upravovat podmínky modelu. Tím zjišťujeme, jaké jednání způsobují, jaké podmínky. Využívá se při modelování a simulacích dynamických systémů, návrhu hardwaru provádějící paralelní výpočty a konstrukce modelů pro účely fyziky a astronomie. Díky kterým lze zkoumat velmi komplexní systémy.

Celulární automaty přinesly základní přínosy i do biologie, jelikož na biologické systémy je často nahlíženo jako na ukázkou nesmírně komplexního chování, a to znesnadňuje pochopení a zjištění, jak daný biologický systém pracuje. Proto nějaké přístupy nahlížejí na problematiku z elementární strany. Díky tomu se lze dostat z komplexní smyčky a pochopit základní funkční principy, z nichž se skládá komplexní chování systému. Příkladem tohoto přístupu mohou být genetické algoritmy např. včelí algoritmus. Užitím základních pravidel v komunikaci a schopnosti vyhledat potravu u každého jedince, vzniká komplexní chování celého roje. Na to hledíme již jako na chování skupiny, aniž bychom potřebovali vnější řízení. Podobný přístup se používá také u celulárních automatech.

Jednoduchým příkladem užití celulárního automatu je modelování barevného pigmentu mušlí. Pigment produkovaný živočichem klouže po mušli a její nová barva vzniká na základě předchozího zbarvení mušle a barvy okolí. Přesněji vývoj takového automatu při každém kroku závisí na váženém průměru výskytu okolních barev. Pokud je vážený průměr kladný, buňka zčerná, v opačném případě zbělá. Z původní předlohy rychle vzniká pigment různého tvaru, který vidáme u různých organismů.

4 Zdroje

1. https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=29333
2. https://cs.dbpedia.org/page/Celulární_automat
3. <http://scienceworld.cz/sw.nsf/ID/738973EF6627B006C125700300648D1D?OpenDocument&cast=1>
4. <http://alife.tuke.sk/index.php?clanok=2264>
5. <http://alife.tuke.sk/index.php?clanok=145>
6. <http://www.fi.muni.cz/~xpelanek/IV109/slidy/ca.pdf>