

Vícedimenzionální automaty a podnikové procesy

David Ježek¹

¹Katedra informatiky, FEI, VŠB – Technická Univerzita Ostrava, 17. listopadu 15,
708 33, Ostrava-Poruba
david.jezek@vsb.cz

Abstrakt. Článek se zabývá problematikou modelování podnikových procesů, především využití Vícedimenzionálních automatů a matematické struktury Chu space k modelování těchto procesů. Také se zabývá popisem algoritmu na automatické vytvoření modelu již existujícího procesu. Článek také nabízí srovnání modelovacích schopností vícedimenzionálních automatů a Petriho sítí.

Klíčová slova: podnikový proces, modelování podnikových procesů, vícedimenzionální automat, Chu space, Petriho síť

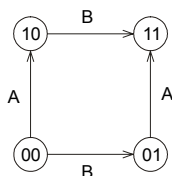
1 Úvod

Modelování podnikových procesů se v dnešní době velice dynamicky rozvíjí. Využívá se nejen ke získání potřebných údajů při specifikaci požadavků na Informační Systém podniku, ale také k analýze náročnosti procesu jeho správnosti, úplnosti, bezpečnosti a také optimalizaci. Problémem je najít model, který dobře popisuje možnost “opravdové” paralelizace, lze na něm provádět matematické analýzy a v neposlední řadě možnost vizualizace daného modelu.

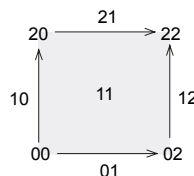
Tento článek se zabývá možností využití Vícedimenzionálních automatů a Chu space při modelování podnikových procesů.

2 Vícedimenzionální automaty (HDA)

Klasické automaty mají problém s rozlišením paralelizmu a sekvenčního provedení dvou aktivit. Většinou se modeluje paralelní provedení dvou aktivit obdobně jako v automatu na Obr. 1, problémem je, zda aktivity A a B mohou být provedeny současně nebo pouze sekvenčně, přičemž nezáleží na pořadí jejich provedení.

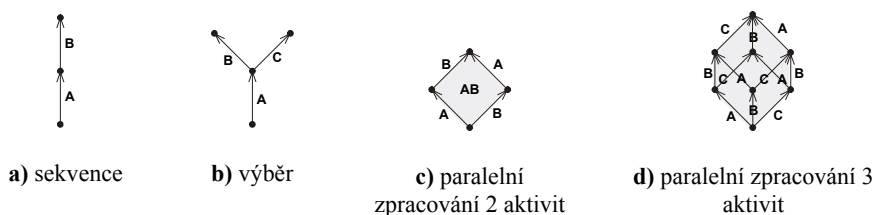


Obr. 1. Klasický automat



Obr. 2. Vícedimenzionální automat

Vícedimenzionální automaty [2] tento problém řeší přidáním plochy, přesněji 2-dimenzionálního prostoru do čtverce reprezentujícího paralelní provedení dvou aktivit (Obr. 2). Jednotlivé stavy se značí dvojicí čísel, označujících stav aktivity (0-nespuštěna, 1-běží, 2-ukončena). Toto značení lze nahradit trojicí $\{0, \frac{1}{2}, 1\}$. Obecně tedy vícedimenzionální automaty používají n-dimenzionální prostor k reprezentaci n paralelních aktivit. Vícedimenzionální automat obsahující n aktivit je složen z částí obsažených v n-dimenzionální krychli. Základní kompozice aktivit ve Vícedimenzionálních automatech jsou znázorněny na Obr. 3.



Obr. 3. Základní kompozice aktivit ve Vícedimenzionálních automatech

3 Chu space

Abychom se co možná nejvíce přiblížili požadavkům, které jsou kladeny při modelování podnikových procesů, je vhodné využít Chu spaces, což je matematická teorie rozvíjená nezávisle na Vícedimenzionálních automatech (dále jen HDA). Chu space je matematická struktura, která v určitém smyslu reprezentuje universální matematické objekty. Chu space je definován v [3] následovně:

Definice 1. Chu space nad množinou Σ , nazývanou abeceda, se skládá z množiny A prvků určujících nosič, množiny X stavů určující „konosič“ a funkce $r: A \times X \rightarrow \Sigma$ určující matici. □

Pokud chceme Chu space použít pro popis HDA, pak bude nosičem množina všech aktivit vyskytujících se v HDA a „konosičem“ bude množina všech možných stavů HDA. Abecedou pro Chu space bude množina $\{0, \frac{1}{2}, 1\}$. Funkce r pak bude definována tak, aby jednotlivé sloupce Chu space jednoznačně popisovali všechny stavy vícedimenzionálního automatu..

Jako příklad uvedu Chu space (Tabulka 1) pro HDA z Obr. 2.

Tabulka 1. Chu space pro HDA z Obr. 2

| | | | | | | | | | |
|----------|---|---------------|---|---------------|---------------|---------------|---|---------------|---|
| A | 0 | $\frac{1}{2}$ | 1 | 0 | $\frac{1}{2}$ | 1 | 0 | $\frac{1}{2}$ | 1 |
| B | 0 | 0 | 0 | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{2}$ | 1 | 1 | 1 |

Použití Chu space má jednu velkou výhodu především v operacích a multiplikatívni lineární algebře, která je pro ně definována. Operace nad Chu space pak reprezentují jednotlivé kompozici dvou procesů.

Podrobný popis a definice lineární algebry pro Chu space je v [3].

4 Automatická konstrukce modelu podnikového procesu

Další možností, kterou přináší Vícedimenzionální automaty, je možnost nalezení modelu procesu z dat, která lze snadno získat z reality. Tento problém řeší většina podniků (společností), které zavádějí tzv. procesní řízení.

Jako vstupní data do této metody je třeba nalézt seznam všech aktivit obsažených v procesu a jejich vstupní a výstupní objekty. Tyto data lze získat od lidí provádějících (zodpovědných za) dané aktivity. Takto získaná data můžeme zapsat do tabulky jako je Tabulka 2 obsahující popis jednoduchého ukázkového příkladu procesu (nákupu zboží ve firmě).

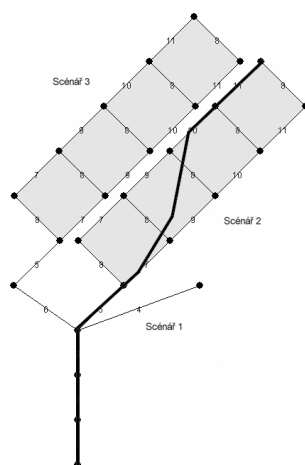
Tabulka 2. Ukázkový příklad procesu – nákup zboží ve firmě

| | 1: Objednávka | | 2: Potvrzená objednávka | | 3: Předaná objednávka | | 4: Kopie objednávky | | 5: Uložená kopie objednávky | | 6: Požadavek na nákup | | 7: Schválený požadavek | | 8: Požadavek s cenou | | 9: Požadavek s nízkou cenou | | 10: Požadavek s vyšší cenou | | 11: Požadavek s velmi vysokou cenou | | 12: Zboží | | 13: Dodané zboží | | |
|---------------------------------|---------------|---|-------------------------|---|-----------------------|---|---------------------|---|-----------------------------|---|-----------------------|---|------------------------|---|----------------------|---|-----------------------------|---|-----------------------------|---|-------------------------------------|---|-----------|---|------------------|---|--|
| | do | z | do | z | do | z | do | z | do | z | do | z | do | z | do | z | do | z | do | z | do | z | do | z | do | z | |
| 1: Schválení požadavku | | | | | | | | | | | X | | X | | | | | | | | | | | | | | |
| 2: Výběr dodavatele | | | | | | | | | | | | X | | X | | | | | | | | | | | | | |
| 3: Posouzení ceny požadavku | | | | | | | | | | | | | X | | X | | | | X | | X | | | | | | |
| 4: Realizace nákupu | | | | | | | | | | | | | | | X | | | | | | | | | X | | | |
| 5: Vystavení objednávky | | X | | | | | | X | | | | | | | | | | | X | | | | | | | | |
| 6: Výběrové řízení | | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | X | | | | | | | |
| 7: Potvrzení objednávky | X | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8: Uložení do složek objednávky | | | | | | | X | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9: Předání objednávky | | | X | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10: Dodání zboží | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | |
| 11: Přejímka zboží | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | X | | | |

Tyto data definují částečné uspořádání aktivit na základě vazby skrze objekty, které jsou některými aktivitami produkovány a jinými spotřebovávány. Toto částečné uspořádání lze popsat rovněž formulemi fuzzy logiky.

Tyto formule lze pak využít k nalezení částí n-dimenzionální krychle, které popisují hledaný model procesu. Jednotlivé části n-dimenzionální krychle lze popsat n-ticemi cifer z množiny $\{0, \frac{1}{2}, 1\}$. Tyto n-tice slouží jako hodnoty proměnných v fuzzy formulích. Pokud jsou všechny formule pravdivé pro hodnoty dané n-tice, pak je část n-dimenzionální krychle popsána touto n-ticí součástí hledaného modelu procesu. Podrobnější popis metody nalezení modelu může čtenář nalézt v [1].

Hledaný automat pro příklad z Tabulky 2 je uveden na Obr. 4. Z Obr. 3 je zřejmé, že po ukončení aktivity číslo 3 se rozhoduje mezi třemi scénáři procesu. Také můžeme z tohoto obrázku vyčíst, že v procesu se mohou provádět současně pouze dvě aktivity (aktivita 8 může běžet paralelně s aktivitou 7,9,10 nebo 11).



Obr. 4. Vícedimenzionální automat modelující příklad z Tabulky 2

5 Srovnání Vícedimenzionálních automatů a Petriho sítí

Jednou ze základních vlastností Vícedimenzionálních automatů je, že každá aktivita může být provedena maximálně jednou. Z tohoto důvodu nemohou Vícedimenzionální automaty modelovat cykly. Přesněji řečeno nemohou modelovat nekonečné cykly, konečný cykly lze modelovat sekvenčním zřetěžením jednotlivých průchodů cyklem.

Pokud se Vícedimenzionální automat nachází ve stavu S a existují dvě posloupnosti aktivit takové, že je lze provést z výchozího stavu S a obsahují stejné aktivity, pouze v různém pořadí, pak obě posloupnosti vedou ke stejnému stavu S' . Toto je jedna z důležitých vlastností Vícedimenzionálních automatů. Tuto vlastnost mají také Petriho sítě což je důsledek Tvzení 1.

Tvrzení 1. *Nechť existuje PN systém kde jsou proveditelná slova $\sigma_1=t_{i1}...t_{in}$ a $\sigma_2=t_{j1}...t_{jn}$, taková že $|\sigma_1|=|\sigma_2|$, $M_0 \xrightarrow{\sigma_1} M_{\sigma_1}$, $M_0 \xrightarrow{\sigma_2} M_{\sigma_2}$ a každá událost obsažena ve slově σ_1 je obsažena ve slově σ_2 . Pak $M_{\sigma_1} = M_{\sigma_2}$.*

Důkaz. Provedení jakékoliv události můžeme vyjádřit jako $M'(q)=M(q)-w(q,t)$ pro $\forall q \in \bullet t$ a $M'(q)=M(q)+w(t,q)$ pro $\forall q \in t \bullet$ kde $M(q)$ je počet tokenů v místě q při značení M . Zavedme funkce $w'(q,t)$ a $w'(t,q)$ definované takto:

$$w'(q,t) = \begin{cases} 0 & q \notin \bullet t \\ w(q,t) & q \in \bullet t \end{cases} \text{ a } w'(t,q) = \begin{cases} 0 & q \notin t \bullet \\ w(t,q) & q \in t \bullet \end{cases}$$

Pak provedení události t můžeme zapsat takto $M'(q)=M(q)-w'(q,t)+w'(t,q)$ pro $q \in P$. Provedení slova σ pak můžeme vyjádřit jako

$$M'(q) = M(q) + \sum_{t \in \sigma} (-w'(q,t) + w'(t,q))$$

pro $\forall q \in P$. Pak tedy

$$M_{\sigma_1}(q) = M_0(q) + \sum_{t \in \sigma_1} (-w'(q,t) + w'(t,q))$$

pro $\forall q \in P$. Značení $M_{\sigma_2}(q)$ lze vyjádřit obdobně. Víme, že operace plus a mínus jsou komutativní a slova σ_1, σ_2 obsahují stejné přechody, pouze v rozdílném pořadí, pak tedy platí $M_{\sigma_1}(q) = M_{\sigma_2}(q)$ pro $\forall q \in P$ z čehož plyne $M_{\sigma_1} = M_{\sigma_2}$. \square

Pokud se tedy omezíme na Petriho sítě, kde lze každý přechod provést maximálně jednou můžeme říct, že Vícedimenzionální automaty mají stejnou modelovací schopnost jako Petriho sítě, protože potom síť může akceptovat slova kde se každá událost vyskytuje maximálně jednou a jelikož Vícedimenzionální automat je částí n -dimenzionální krychle, ve které se vyskytují všechny možné kombinace musí existovat Vícedimenzionální automat modelující stejný proces jako Petriho síť. V teorii Petriho sítí existují tzv. „Occurrence nets“ což jsou vlastně sítě bez cyklů popisující jeden průchod cyklem obdobně jako Vícedimenzionální automaty.

6 Závěr

Jednou z hlavních předností Vícedimenzionálních automatů je možnost jejich dobré vizualizace. Nezanedbatelnou vlastností je rovněž možnost provádění matematických operací, což umožnilo použití teorie Chu space.

Oproti Petriho sítím nemohou Vícedimenzionální automaty modelovat nekonečné cykly, ty se většinou při modelování podnikových procesů nevyužívají. Pokud tedy budeme modelovat procesy bez nekonečných cyklů, jsou modelovací schopnosti Vícedimenzionálních automatů a Petriho sítí stejné.

Nevýhodou Vícedimenzionálních automatů je možná exploze stavů a nárůst dimenze což znemožňuje jejich přehledné zobrazení. Tato nevýhoda se dá odstranit vhodnou hierarchizací modelovaného procesu.

Reference

1. Ježek D., Vondrák I., Snášel V. Automated Construction of Model of Concurrency in Business Process Modeling. sborník konference *European Concurrent Engineering Conference '03*, pages 105-113. Plymouth, United Kingdom 2003.
2. Pratt V.R. Modeling Concurrency with geometry. sborník konference *18th Ann. ACM Symposium on Principles of Programming Languages*, pages 311-322. 1991.
3. Pratt V.R. Chu spaces. *Course notes for the School in Category Theory and Applications*. Coimbra, Portugal 1999.
4. Pratt V.R. Higher dimensional automata revisited. *Math. Structures in Comp. Sci. Vol. 10*, pages 525-548. 2000.
5. Vondrák I., Szturc R., Kruzal M. Company Driven by Process Models. sborník konference *European Concurrent Engineering Conference '99*, pages 188-193. Erlangen-Nuremberg, Germany 1999.

Publikace autora

1. Ježek D., Vondrák I., Snášel V. Automated Construction of Model of Concurrency in Business Process Modeling. sborník konference *European Concurrent Engineering Conference '03*, pages 105-113. Plymouth, United Kingdom 2003.
2. Ježek D., Vondrák I., Snášel V. Automated Construction of Model of Concurrent Processes. sborník konference *Information Systems Implementation and Modeling*, pages 25-32. Ostrava 2003. ISBN 80-85988-84-8.
3. Ježek D., Vondrák I. Využití HDA pro popis a simulaci podnikových procesů. sborník semináře *Informační Technologie pro Praxi*. Ostrava 2003.
4. Vondrák I., Snášel V., Ježek D. Organizational Structures Modeling and Analyze. sborník konference *DATESO '02*. Ostrava 2002. ISBN 80-248-0080-2.

Granty autora

1. Grant FRVŠ č. 1730 okruh G1. Jazyky pro workflow, modelování podnikových procesů. Rozpočet grantu 126000,-Kč. Rok řešení 2003.

Annotation.

Higher Dimensional Automata and Business Process

This paper describe Business Process Modeling and usage of Higher dimensional Automata and mathematical structure called “Chu space” for modeling concurrent processes. Description of algorithm of automated construction of model of concurrency of existing process is included in this paper. We mentioned comparison between Higher Dimensional Automata and Petri nets.