

Doc. RNDr. PaedDr. Eva Volná, PhD.
RNDr. Martin Kotyrba, Ph.D.
RNDr. Michal Janošek, Ph.D.
Mgr. Václav Kocian

UMĚLÁ INTELIGENCE

Rozpoznávání vzorů v dynamických datech

Praha 2014



Anotace:

Cílem knihy je navázat na úspěšné publikace z oblasti umělé inteligence nakladatelství BEN – technická literatura. A právě v rámci této publikace jsou prezentovány vytvořené metodiky pro analýzu a rozpoznávání struktur v časově závislých datech. Konkrétně je čtenář seznámen s vytvořenými detekčními systémy umožňujícími rozpoznávat struktury vzorů, jež reprezentují chování komplexních systémů, jako jsou například struktury Elliottových vln a jejich deformací. Všechny zde prezentované klasifikátory jsou založené na umělých neuronových sítích a jejich funkčnost byla ověřena v experimentálních simulacích. Velká část knihy se proto věnuje samotným vzorům, jejich popisu, reprezentaci a přípravě trénovacích množin pro adaptaci vybraných neuronových sítí. Časově závislá data reprezentují chování systémů, na které nahlížíme „zdola-nahoru“, a proto zde uplatňujeme přístup bottom-up se znaky samoorganizace a emergence. Nejprve vždy vymezíme jednotlivé entity systému a jejich chování, přičemž interakce mezi entitami včetně chování systému jako celku poté vyplynou během činnosti systému – emergují za jeho běhu. Čtenář je v rámci této publikace seznámen s různými klasifikátory na bázi umělých neuronových sítí jako nástroje pro klasifikaci a rozpoznávání vzorů v grafech, které jsou použitelné v běžném (komerčním) prostředí burzy či při simulacích.

Eva Volná, Martin Kotyrba, Michal Janošek, Václav Kocian

UMĚLÁ INTELIGENCE

Rozpoznávání vzorů v dynamických datech

Bez předchozího písemného svolení nakladatelství nesmí být kterákoli část kopírována nebo rozmnožována jakoukoli formou (tisk, fotokopie, mikrofilm nebo jiný postup), zadána do informačního systému nebo přenášena v jiné formě či jinými prostředky.

Autor a nakladatelství nepřijímají záruku za správnost tištěných materiálů. Předkládané informace jsou zveřejněny bez ohledu na případné patenty třetích osob. Nároky na odškodnění na základě změn, chyb nebo vynechání jsou zásadně vyloučeny.

Všechny registrované nebo jiné obchodní známky použité v této knize jsou majetkem jejich vlastníků. Uvedením nejsou zpochybněna z toho vyplývající vlastnická práva.

Veškerá práva vyhrazena.

© Doc. RNDr. PaedDr. Eva Volná, PhD., RNDr. Martin Kotyrba, Ph.D.,
RNDr. Michal Janošek, Ph.D., Mgr. Václav Kocian, Praha 2013

© Nakladatelství BEN – technická literatura, Věšínova 5, Praha 10

Eva Volná, Martin Kotyrba, Michal Janošek, Václav Kocian:

UMĚLÁ INTELIGENCE – Rozpoznávání vzorů v dynamických datech

BEN – technická literatura, Praha 2014

1. vydání

ISBN 978-80-7300-497-2 (tištěná kniha)

ISBN 978-80-7300-498-9 (elektronická kniha v PDF)



EVA VOLNÁ vystudovala nejprve Pedagogickou fakultu v Ostravě, obor: *Učitelství všeobecně vzdělávacích předmětů matematika – fyzika* (PaedDr. – 1985) a poté vystudovala Přírodovědeckou fakultu Univerzity J. E. Purkyně v Brně (dnes Masarykova univerzita), obor: *Teoretická kybernetika, matematická informatika a teorie systémů* (RNDr. – 1991). Doktorské studium ve vědním oboru *Aplikovaná informatika* absolvovala na Slovenské technické univerzitě v Bratislavě, kde v roce 2003 obhájila dizertační práci na téma *Modularita neuronových sítí*. Docenturu v oboru *Výpočetní technika a informatika* získala na Fakultě elektrotechnické ČVUT v Praze (2009). V současné době pracuje jako docent na katedře informatiky a počítačů na Přírodovědecké fakultě Ostravské univerzity v Ostravě. Vyučuje předměty z oblasti umělé inteligence a její specializací jsou softcomputingové metody a jejich aplikování na problémy z oblasti klasifikace, rozpoznávání vzorů a predikce. Je autorkou cca 80 publikací z dané oblasti – monografie, články v recenzovaných časopisech, příspěvky ve sbornících z mezinárodních konferencí apod.



MARTIN KOTYRBA je absolventem Přírodovědecké fakulty Ostravské univerzity v Ostravě v oboru Informační systémy (Mgr. – 2008). V roce 2011 obhájil rigorózní práci s názvem *Simulace přírodních procesů ve fraktálových modelech* a získal titul doktora přírodních věd (RNDr.). V roce 2012 obhájil dizertační práci s názvem *Metody umělé inteligence pro automatické rozpoznávání vzorů s fraktální strukturou* a byl mu udělen titul (Ph.D.) V současné době působí na této katedře jako asistent s vědeckou hodností. Mezi jeho zájmy patří umělá inteligence, fraktálové modely, logika a inteligentní systémy. Je autorem cca 50 publikací z dané oblasti – monografie, články v recenzovaných časopisech, příspěvky ve sbornících z mezinárodních konferencí apod.



MICHAL JANOŠEK je absolventem Přírodovědecké fakulty Ostravské univerzity v Ostravě v oboru Informační systémy (Mgr. – 2007). V roce 2012 obhájil na výše jmenované fakultě na Katedře informatiky a počítačů dizertační práci s názvem *Adaptace parametrů simulace komplexních systémů* (Ph.D.) a také získal titul doktora přírodních věd (RNDr.). V současné době působí na této katedře jako asistent s vědeckou hodností. Mezi jeho zájmy patří modelování a simulace, automatizované řízení a inteligentní systémy. Je autorem cca 40 publikací z dané oblasti – monografie, články v recenzovaných časopisech, příspěvky ve sbornících z mezinárodních konferencí apod.



VÁCLAV KOCIAN je absolventem Přírodovědecké fakulty Ostravské univerzity v Ostravě v oboru Informační systémy (Mgr. – 2008). V současné době je doktorským studentem oboru Informační systémy na Katedře informatiky a počítačů na Ostravské univerzitě v Ostravě. Jeho zaměřením jsou metody strojového učení, zejména umělé neuronové sítě a jejich aplikace na úlohy z oblasti klasifikace a rozpoznávání vzorů. Je autorem cca 30 publikací z dané oblasti – monografie, články v recenzovaných časopisech, příspěvky ve sbornících z mezinárodních konferencí apod.

Předmluva

Podkladem pro knihu, kterou právě držíte v rukou, byly úspěšně obhájené dizertační práce *Metody umělé inteligence pro automatické rozpoznávání vzorů s fraktální strukturou*¹ a *Adaptace parametrů simulace komplexních systémů*².

Z recenzních posudků dizertačních prací.....

„...V práci je stanoven poměrně náročný cíl, vycházející z algoritmů umělé inteligence, jež bude uplatnitelná při analýze a predikci chování vybraného systému s fraktální dynamikou, zejména na rozpoznávání struktur Elliottových vln. Navržené algoritmy používají původní kombinaci metod umělé inteligence. Velkým přínosem práce je přehled metod souvisejících s cíli dizertace, jako využití znalostí z umělé inteligence, zejména neuronových sítí...“

Prof. Ing. Pavel Ošmera, CSc.

Ústav automatizace a informatiky, Fakulta strojního inženýrství, VUT v Brně

„...V práci byla použita a popsána problematika metod umělé inteligence pro automatické rozpoznávání vzorů s fraktální strukturou. Výstupy práce autora byly rovněž publikovány v časopisech, na konferencích a workshopech. Použité metody a postupy jsou moderní a plně použitelné na problematiku v rámci práce...“

Prof. Ing. Ivan Zelinka, Ph.D.

Katedra informatiky, Fakulta elektrotechniky a informatiky, VŠB – TU Ostrava

„...byla vytvořena pilotní aplikace demonstrující, že metodika navržená v rámci dizertační práce je využitelná i na širší třídu problémů než je jen samotná Elliottova teorie. Je zřejmé, že tento návrh vychází z dobrých znalostí a zkušeností autora s realizací podobných problémů v praxi. Přes uvedené ale vnímám mezi řádky převážný záběh autora do oblasti ekonomického využití, nicméně jeho potenciál je i mimo tuto oblast, kde vidím možnost využití v oblasti medicínské, konkrétně např. v ovlivnění apoptózy metabolickým stavem buňky (využití pro analýzu buněčných linií ve vazbě na imunitní systém) atd. Zde by bylo možno dosáhnout velmi cenných výsledků jak praktických, tak teoretických...“

Doc. Mgr. Roman Jašek, Ph.D.

Ústav informatiky a umělé inteligence, Fakulta aplikované informatiky, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

„...Práce je velmi aktuální, problematika řízení komplexních systémů je sice studována již delší dobu, stále ale nabývá na důležitosti, a systematický přístup k této problematice použitím metodiky pákových bodů je originálním příspěvkem...“

Prof. RNDr. Jiří Pospíchal, DrSc.

Ústav aplikované informatiky, Fakulta informatiky a informačních technologií, Slovenská technická univerzita v Bratislave

¹ KOTYRBA, Martin, 2012. *Metody umělé inteligence pro automatické rozpoznávání vzorů s fraktální strukturou*. Ostrava. Dizertační práce. Ostravská univerzita v Ostravě. Fakulta přírodovědecká.

² JANOŠEK, Michal, 2012. *Adaptace parametrů simulace komplexních systémů*. Ostrava. Dizertační práce. Ostravská univerzita v Ostravě. Fakulta přírodovědecká.

„...Práce se detailněji věnuje i rozboru parametrů simulace, zamýšlí se nad tím, zda existují parametry, které mají menší či větší vliv na požadované chování a také jak tyto parametry rozpoznat a rozdělit. Výstupem práce je návrh vlastní – zcela původní metodiky pro adaptaci parametrů simulace, která je tvořena syntézou výše jmenovaných kroků a byla prakticky ověřena...“

Doc. Ing. Pavel Nahodil, CSc.

Katedra kybernetiky, Fakulta elektrotechnická, ČVUT v Praze

„...lze shrnout, že autor si vzal za úkol zkoumat jedno dosti speciální a dosud nepřiliš probádané odvětví simulace (pákové body) ve velmi širokém kontextu, přesahujícím simulaci směrem do obecné analýzy systémů....“

Prof. RNDr. PhDr. Evžen Kindler, CSc.

Emeritní profesor katedry matematiky, Přírodovědecká fakulta, Ostravská univerzita v Ostravě

Poděkování

Rád bych poděkoval doc. Ing. Zuzaně Komínkové Oplatkové, Ph.D. za veškerou pomoc ohledně práce s AP a Mgr. Robertu Jaruškovi za pomoc s experimentální částí pro vytváření metodiku. V neposlední řadě chci poděkovat své manželce Radce i celé rodině za veškerou morální podporu.

.....*Martin Kotyrba*

Rádi bychom touto cestou poděkovali všem, kteří nám pomohli se vznikem této publikace, panu prorektorovi Ostravské univerzity v Ostravě doc. Ing. Cyrilu Klimešovi, CSc. za podporu a zázemí při vytváření nejen této publikace, ale i dalších aktivit naší skupiny. Rovněž bychom chtěli poděkovat panu Liboru Kubicovi z nakladatelství BEN – technická literatura za ochotu a vstřícnost publikovat tuto úzce zaměřenou problematiku z oblasti umělé inteligence.

....*kolektiv autorů*

Obsah

Anotace:.....	2
Předmluva.....	4
Poděkování.....	6
1 Úvod.....	10
2 Rozpoznávání vzorů a klasifikace	11
2.1 Problém klasifikace	11
2.2 Metody klasifikace	11
2.3 Předzpracování dat a vlastní klasifikace.....	13
2.4 Reprezentace dat	15
2.5 Klasifikátory na bázi umělých neuronových sítí.....	16
2.5.1 Dvuhodnotová klasifikace (binární).....	17
2.5.2 Vícehodnotová klasifikace.....	17
2.6 Umělé neuronové sítě	18
2.6.1 Hebbovo adaptační pravidlo	22
2.6.2 Delta pravidlo.....	22
2.6.3 Adaptační pravidlo Adaline	23
2.6.4 Adaptační pravidlo backpropagation.....	23
2.7 Neuronové sítě a jejich možnosti klasifikace.....	25
3 Vzory v časových řadách	26
3.1 Časová řada.....	26
3.2 Preprocessing dat pro trénovací množiny neuronových sítí	29
3.2.1 Číselné zobrazení	29
3.2.2 Obrazová data	29
4 Elliottovy vlny a jejich rozpoznávání	32
4.1 Fraktální struktura Elliottovy vlny	32
4.1.1 Základní principy Elliottovy teorie	36
4.1.2 Impulsní vlny	37
4.1.3 Korekční vlny.....	37
4.1.4 Svéráznost vln.....	39
4.1.5 Charakteristika a délka vln	42
4.2 Znalostní modelování	43
4.3 Analytické programování	44
4.4 Možnosti detekce Elliottových vln.....	45
4.4.1 Detekce podle systému pravidel	45
4.4.2 Detekce podle charakteristických figur	46
4.4.3 Detekce celků a jejich postupné separování	46

4.5	Detekční systém pro rozpoznávání vzorů Elliottových vln založený na neuronových sítích	47
4.5.1	Příprava trénovací množiny pro klasifikaci	47
4.5.2	Trénovací množina a adaptace první neuronové sítě	51
4.5.3	Trénovací množina a adaptace druhé neuronové sítě	55
4.6	Analýza a zpracování dosažených výsledků	58
4.7	Metodika pro rozpoznávání struktur s fraktální dynamikou	62
4.8	Jak jsme na tom v porovnání s jinými přístupy	68
4.8.1	Porovnání výsledků klasifikace	68
4.8.2	Porovnání výsledků predikce	72
4.9	Závěry a přínosy navržené metodiky	74
5	Automatické obchodní systémy	75
5.1	Několik mýtů úvodem	75
5.2	Obchodní systém	76
5.3	Tvorba obchodního systému založeného na umělých neuronových sítích	78
5.3.1	Příprava trénovací množiny pro neuronové sítě	81
5.3.2	Optimalizace adaptačního algoritmu neuronové sítě	84
5.3.3	Analýza dat – rozpoznávání vzorů	87
5.3.4	Obchodní systém	89
5.4	Závěry a přínosy navrženého obchodního systému	91
6	Adaptace parametrů simulace komplexních systémů	94
6.1	Komplexní systémy	94
6.1.1	Multiagentové systémy	96
6.1.2	Samoorganizace	97
6.1.3	Model a vzory	98
6.1.4	Metodiky pro návrh komplexních systémů	99
6.2	Pákové body	102
6.3	Pákové body a parametry simulace	105
6.3.1	Parametry modelu	105
6.3.2	Pákové body modelu	107
6.3.3	SOTL – Self-Organizing Traffic Lights	108
6.4	Testování parametrů simulace	111
6.5	Detekce vzorů chování systému založené na neuronových sítích	117
6.6	Metodika pro adaptaci parametrů simulace komplexních systémů	120
6.7	Experimentální ověření metodiky	122
6.7.1	Simulace dopravních křižovatek – parametry simulace	122
6.7.2	Simulace dopravních křižovatek – adaptace chování systému	126

6.7.3	Závěry a přínosy navržené metodiky	130
7	ZÁVĚR	131
	Literatura.....	132
	Seznam obrázků	137
	Seznam tabulek	140
	Rejstřík.....	141

1 Úvod

Výzkum a vývoj v oblasti umělé inteligence probíhá už několik desetiletí, zhruba od 50. let 20. století, kdy se začal formovat samotný pojem umělá inteligence, přitom jak naznačil John Searle v argumentu čínského pokoje [66], k dosažení navenek inteligentního chování není inteligence nezbytně zapotřebí, je-li k dispozici dostatečné množství informací a možnost s nimi rychle pracovat. V 50. letech se Alan Turing domníval, že v roce 2000 bude k dispozici systém umělé inteligence, který bude odpovídat jeho vlastní definici inteligentního chování [11]. V současné době lze konstatovat, že navzdory vystřízlivění a zklamání, které následovalo po euforii 50. let, existují úspěšné aplikace systémů umělé inteligence, i když zdaleka ne na té úrovni, kterou si Alan Turing představoval. Pokrok lze zaznamenat v jednotlivých dílčích oblastech umělé inteligence. V oblasti rozpoznávání vzorů, která bude předmětem této publikace, je to například detekce obličeje nebo úsměvu v obraze, která se běžně používá v dnešních kompaktních digitálních fotoaparátech. Na druhou stranu lze říci, že například v oblasti rozpoznávání řeči nebo textu je stále co objevovat. Spousty starých rukopisů čekají v archivech na svou digitalizaci. Systémy pro rozpoznání psaného textu, které by mohly nahradit klávesnice počítačů, fungují jen částečně a k jejich masivnímu použití stále nedochází.

Cílem knihy, kterou právě držíte v rukou, je navázat na úspěšné publikace z oblasti umělé inteligence nakladatelství **BEN – technická literatura**. A právě v rámci této publikace bychom vám rádi představili vytvořené metodiky pro analýzu a rozpoznávání struktur v časově závislých datech. Konkrétně vás seznámíme s vytvořenými detekčními systémy umožňujícími rozpoznávat struktury vzorů, jež reprezentují chování komplexních systémů, jako jsou například struktury Elliottových vln a jejich deformací. Všechny zde prezentované klasifikátory jsou založené na umělých neuronových sítích a jejich funkčnost byla ověřena v experimentálních simulacích. Velká část knihy je proto věnována samotným vzorům, jejich popisu, reprezentaci a přípravě trénovacích množin pro adaptaci vybraných neuronových sítí. Časově závislá data reprezentují chování systémů, na které nahlédneme, „zdola-nahoru“, a proto zde uplatňujeme přístup bottom-up se znaky samoorganizace a emergence. Nejprve vždy vymežíme jednotlivé entity systému a vzory jejich chování, přičemž interakce mezi entitami včetně chování systému jako celku poté vyplynou během činnosti systému – emergují za jeho běhu.

Čtenář se v rámci této publikace seznámí s různými klasifikátory na bázi umělých neuronových sítí jako nástroje pro klasifikaci a rozpoznávání vzorů v grafech, které jsou použitelné v běžném (komerčním) prostředí burzy či při simulacích. Pro ty, kteří mají zájem tuto problematiku studovat hlouběji, doporučujeme navštívit web naší výzkumné skupiny, kde najdete vše podstatné <http://projects.osu.eu/intsys>.