

VYUŽITÍ UMĚLÉ NEURONOVÉ SÍTĚ PRO EMPIRICKÝ MODEL ŠÍŘENÍ SIGNÁLU

Luděk ZÁVODNÝ, Stanislav HANUS

Ústav radioelektroniky, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
Vysoké učení technické v Brně

ABSTRAKT

Článek pojednává o modelování šíření rádiového signálu v nepravidelném terénu pomocí umělé neuronové sítě. Šíření signálu je modelováno v kmitočtové oblasti radiotelefonní sítě GSM900. V popisovaném experimentu je použita neuronová síť s radiální základní funkcí. Experiment byl realizován v prostředí Matlab. Pro generování neuronové sítě byla použita funkce NEWRB obsažená v Neural Network Toolbox. V experimentu byla sledována důležitá vlastnost empiricky založených modelů, a to odolnost modelu proti nahodilým chybám měření.

1 ÚVOD

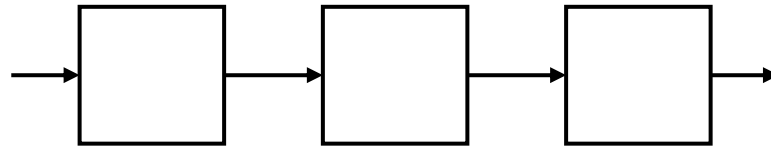
Současný vývoj mobilních radiokomunikačních sítí, jako například systému GSM, vyžaduje systém pro simulaci šíření rádiových vln. Modelování a simulace šíření rádiových vln přináší mnoho výhod. Jedním z největších kladů tohoto modelování je zrychlení návrhu rádiové sítě. Ti může přinést úsporu času a prostředků.

Hlavním problémem statistických (empirických) modelů je obvykle přesnost, zatímco deterministické modely jsou omezovány výpočetní náročností. Použití umělých neuronových sítí (artificial neural networks (ANNs)) ukazuje velmi dobré vlastnosti při řešení problému s predikcí šíření signálů. Je to hlavně díky jejich schopnostem zpracovat chybami zkreslená data z měření[5] a díky dobré efektivitě výpočtu při uspokojivé přesnosti [4].

2 PŘEHLED UMĚLÝCH NEURONOVÝCH SÍTÍ

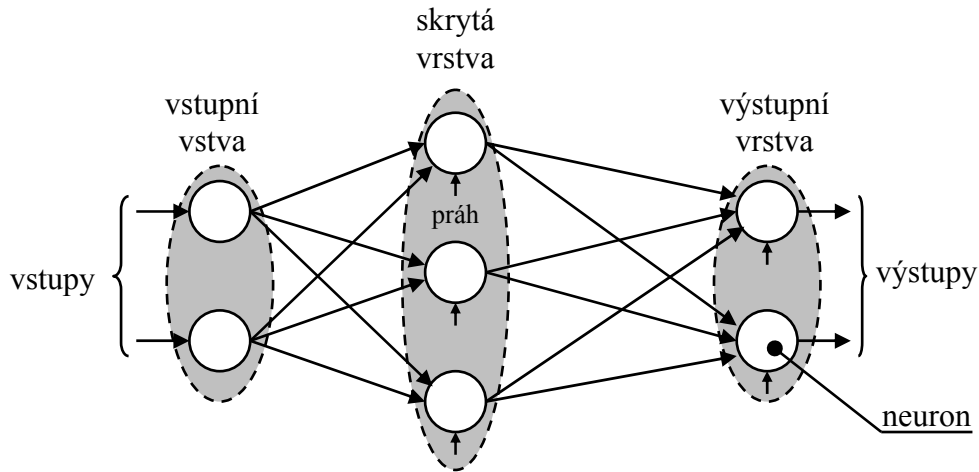
Umělé neuronové sítě mají podobnou strukturu a pracují na stejném principu jako lidský mozek [1]. Obsahují vysoký počet relativně jednoduchých funkčních bloků - neuronů, které se svými vstupními signály vytvářejí signál výstupní. Neurony v síti jsou buď všechny stejné, nebo je počet jejich druhů malý. V rámci jedné vrstvy jde vždy o stejný druh neuronu. Umělých neuronových sítí existuje více druhů. Z hlediska jejich architektury je můžeme rozdělit na dopředné, zpětnovazební a na buňkové. Zde se bude dále pojednávat výhradně o sítích dopředných. Síť dopředné mají relativně jednoduchou strukturu, jsou široce používány a jsou obsaženy i v programových výpočetních nástrojích jako je například MATLAB Neural Network Toolbox, což usnadňuje jejich praktické použití.

Dopředné neuronové sítě se vyznačují přímým směrem toku signálu ze vstupů na výstupy (viz Obr. 1 a obr. 2). Neurony každé z vrstev jsou propojeny s neurony vrstvy předchozí a jejich výstupy jsou dále vedeny do vstupů neuronů vrstvy následující. Síť tedy neobsahuje zpětné vazby a je ji možno popsat algebraickými rovnicemi.



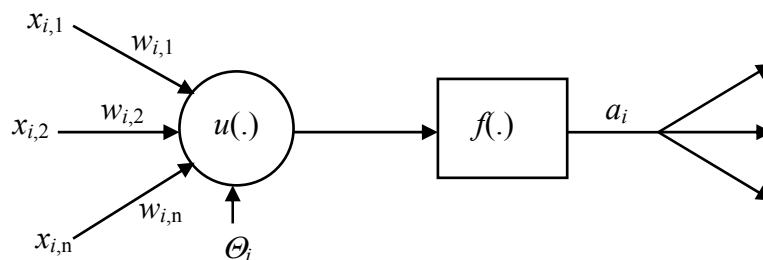
Obr. 1: Architektura dopředné neuronové sítě [1].

Ve struktuře sítě dělíme vrstvy na vstupní, skryté a výstupní. Vstupní vrstva zajišťuje distribuci vstupních signálů do první skryté vrstvy sítě. Skryté vrstvy realizují hlavní funkci sítě. Výstupní vrstva soustřeďuje signály z poslední skryté vrstvy do výstupních signálů.



Obr. 2: Příklad dopředné neuronové sítě s jednou skrytou vrstvou.

Neuronové sítě je možno dále dělit podle struktury neuronu. Zde bude opět uvažována jen jedna struktura neuronu. Neuron se podle tohoto modelu, který je zřejmě nejjednodušší, skládá z funkce sumační (nebo taky základní) a z nelineární funkce (nebo také aktivační funkce) (viz obr. 3). Podle [1] se jedná o McCullochův-Pittsův neuron.



Obr. 3: Základní struktura neuronu.

Po modelování šíření signálů se používají neuronové sítě založené na dvou druzích základní funkce. Je to buď nejběžnější lineární základní funkce LBF (Linear-Basis function) viz [4], nebo se jedná o méně běžnou radiální základní funkci RBF (Radial Basis Function) [5], [6].

Lineární základní funkce je funkcí prvního řádu (1). Výstupem je lineární kombinace vstupních hodnot.

$$u_i(w, x) = \sum_{j=1}^n w_{ij} x_j \quad (1)$$

Kde u_i reprezentuje výstupní hodnotu základní funkce i -tého neuronu. x je vektorem vstupních hodnot a w je vektorem synoptických vah neuronu

Radiální základní funkce je funkcí druhého řádu. Je tedy nelineární (2). Výstupní hodnota reprezentuje vzdálenost vstupního vektoru x od referenčního vektoru w .

$$u_i(w, x) = \sqrt{\sum_{j=1}^n (x_j - w_{ij})^2} \quad (2)$$

Výstupní hodnota základní funkce je dále transformována aktivační funkcí. Nejběžnější aktivační funkcí je skok, rampa, bipolární nebo unipolární sigmoida, gaussovská nebo lineární funkce.

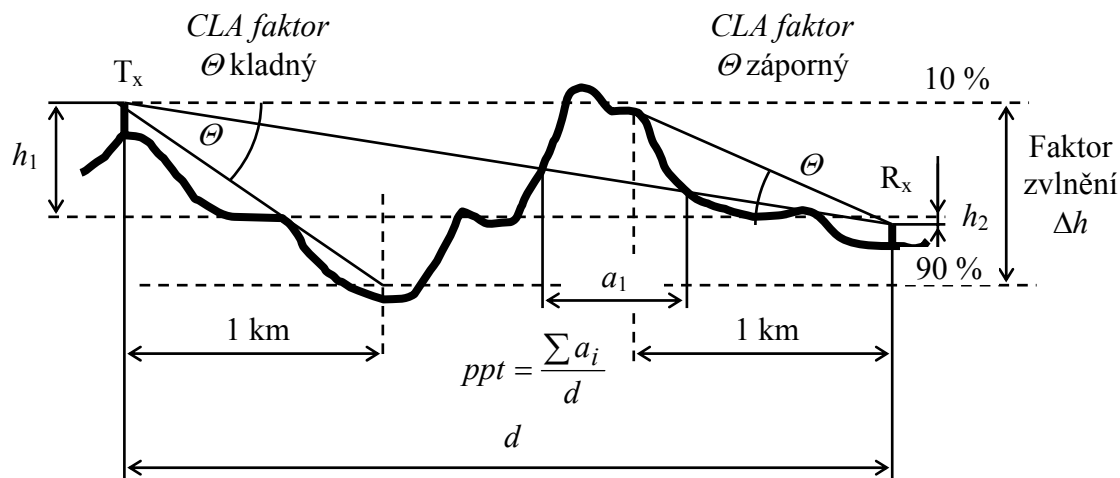
Procesem učení neuronové sítě jsou nastavovány synoptické váhy w sítě. Tento proces je často časově náročný a vyžaduje zejména sadu tréninkových dat, většinou z měření.

3 METODY MODELOVÁNÍ ŠÍŘENÍ SIGNÁLU V NEPRAVIDELNÉM TERÉNU

V podmínkách reálného terénu je často nutné zahrnout do modelu šíření efekty rozptylu a difrakce. Toto se stává nezbytné pokud neexistuje přímá rádiová viditelnost mezi přijímačem a vysílačem. Existuje několik způsobů jak popsat vliv terénu na šíření vln. Často jsou využívány následující parametry.

- Efektivní výška antény [2], [3]
- Úhel volného prostoru terénu - terrain clearance angle CLA [2], [3], [4]
- Podíl skrz terén - Portion through the terrain (ppt) [4]
- Faktor zvlnění terénu Δh - Rolling factor [2], [4]
- Land use faktor [4]

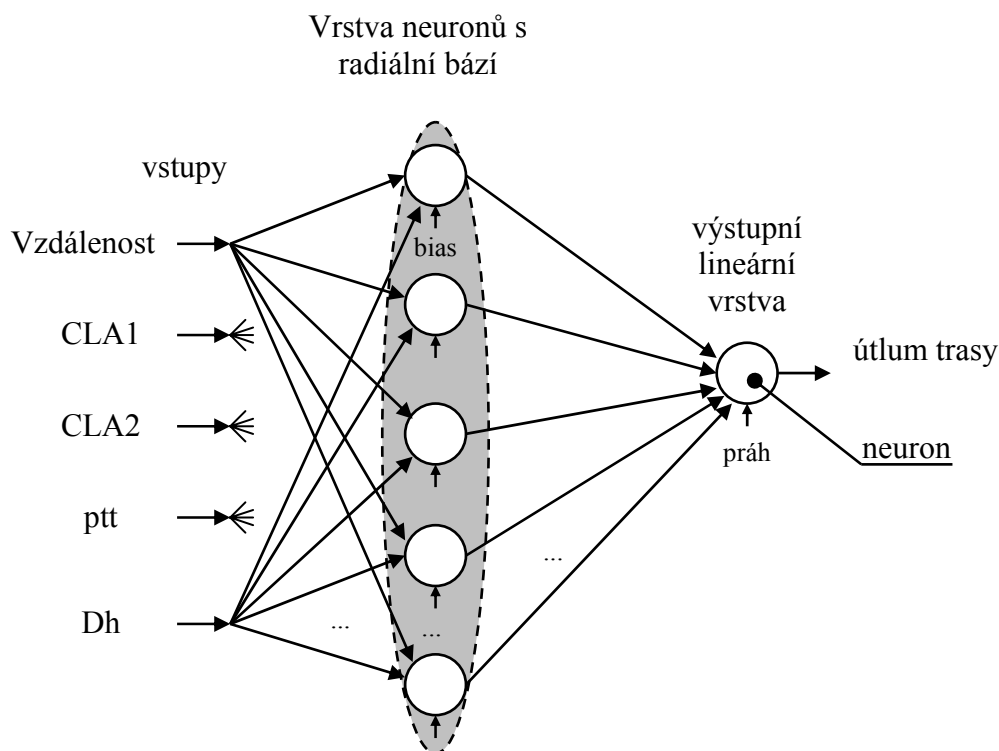
Vysvětlení parametrů je znázorněno na obr. 4. Vzdálenost od antény (pro určení CLA faktoru) se pohybuje od 1 do 10 km v závislosti na uvažované oblasti [2], [4].



Obr. 4: Parametry pro modelování šíření signálu v nepravidelném terénu.

4 VÝVOJ MODELU

Model je navržen pro využití Digitální mapy terénu. Ta obsahuje hodnoty nadmořských výšek terénu v rastru 100 x 100 m. Tato mapa neobsahuje další údaje jako je například land-use faktor. Proto je tento model možné využívat v oblastech s podobným nebo stejným land-use.



Obr. 5: ANN pro predikci síly signálu.

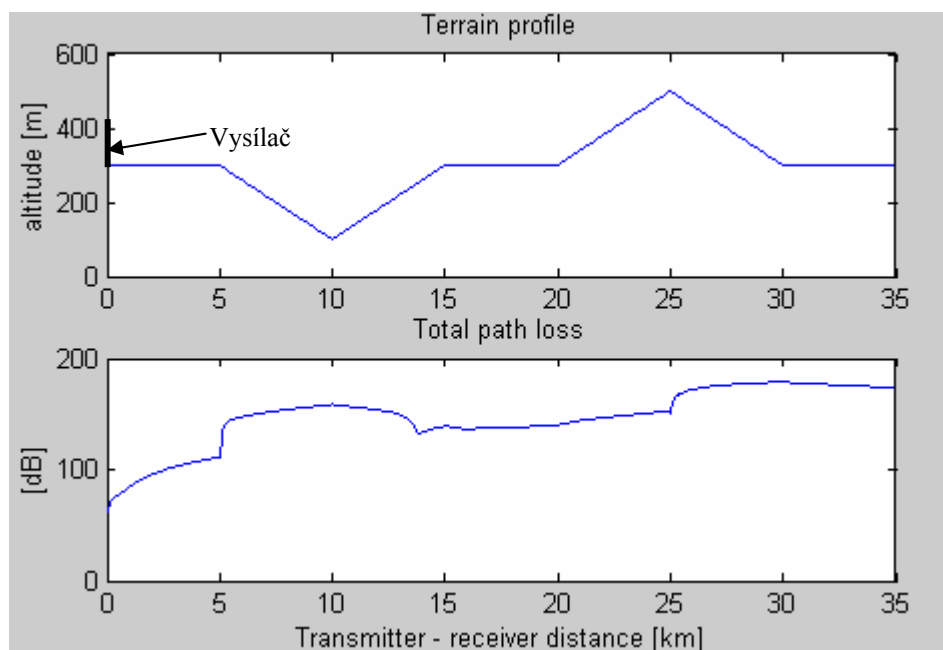
Navržený model je založen na umělé neuronové síti. Ta obsahuje 5 vstupů a jeden výstup (viz obr. 5). Prvním ze vstupů je přímá vzdálenost mezi přijímačem a vysílačem. Následující skupina čtyř vstupů je založena na analýze profilu terénu. Těmito vstupy jsou: ppt - Podíl skrz terén; modifikované CLA faktory pro stranu vysílače a přijímače [4]; a Dh - faktor zvlnění terénu. Všechnu vstupy jsou normovány (do rozsahu 0 - 150) pro předejití saturace sítě [4]. Normování také zrychluje proces učení. Model má pouze jeden výstup, kterým je útlum přenosové cesty. Je nutno poznamenat, že navržený model plně odpovídá principu reciprocity.

K překonání problémů s pomalou konvergencí a neočekávatelným řešením v průběhu procesu učení byla použita neuronová síť s radiální základní funkcí [5], [6].

Pro dokončení modelu je nezbytné mít tréninková data z měření v terénu. Pro účely simulace byla tato data vytvořena synteticky neboť reálná data zatím nejsou k dispozici. Bylo vytvořeno několik nepravidelných profilů terénu (např. viz obr. 6). Tyto profily byly analyzovány a byla vytvořena množina vstupně výstupních dat. K těmto datům byl přidán gaussovský šum, který reprezentuje nahodilou chybu měření. Záměrem bylo testovat schopnost neuronové sítě vypořádat se s chybami měření v datech. Celý algoritmus byl vytvořen v prostředí MATLAB. Ke generování neuronové sítě s radiální základní funkcí byl použit příkaz newrb z Neural Network Toolboxu.

5 VÝSLEDKY

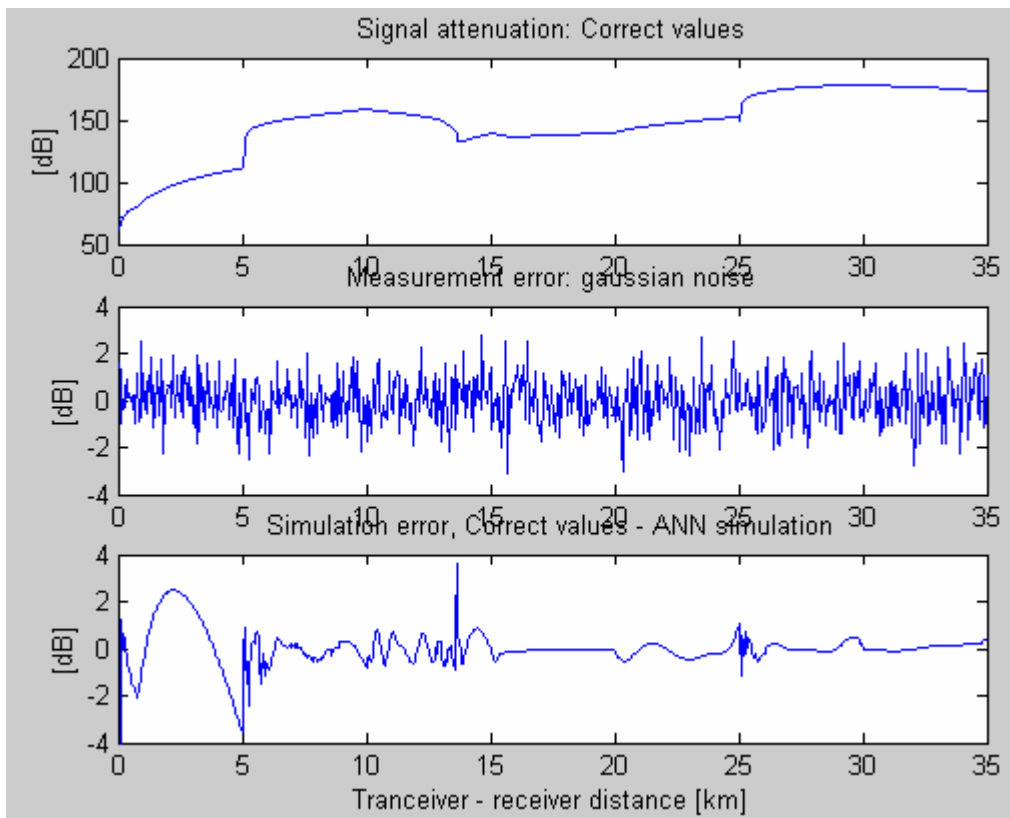
Experimentem byly ověřeny možnosti neuronových sítí s radiální základní funkcí. Byla ověřena jistá schopnost překonat nahodilé chyby v tréninkových datech. Model schopen zachytit skutečné trendy v závislostech a redukovat chyby (obr. 7). Tato vlastnost je však vysoce citlivá na nastavení parametrů generování neuronové sítě. Závisí zejména na vztahu mezi rychlostí změny modelovaných efektů a rozprostřením radiální funkce. Není dopředu zajištěna správná funkce. Rovněž bylo experimentálně zjištěno, že schopnost konvergence není ani u tohoto druhu sítě zaručena (obr. 8).



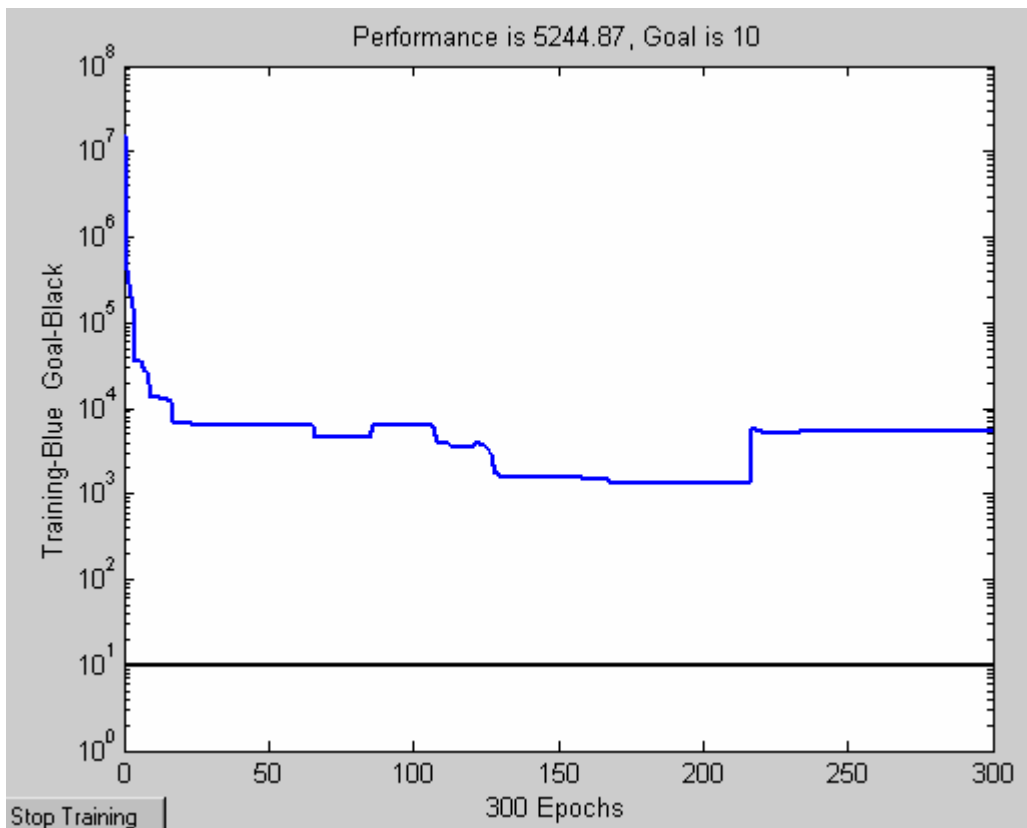
Obr. 6 Profil terénu číslo 3, použitý v simulaci. Předpokládaný útlum trasy.

6 ZÁVĚR

Článek se zabýval experimentem realizovaným s použitím programu MATLAB a Neural Network Toolboxu. Popsaným experimentem byla ověřována možnost využití umělých neuronových sítí s radiální základní funkcí. Bylo potvrzeno, že využití těchto sítí pro modelování šíření signálů je možné. Lze dosáhnout poměrně nízké chyby modelování, je však nutno citlivě volit parametry funkce generující neuronovou síť, neboť konvergence procesu učení není vždy zaručena.



Obr. 7: Výsledky simulace ANN modelu.



Obr. 8: Průběh procesu učení se špatnou konvergencí.

PODĚKOVÁNÍ

Článek byl vytvořen jako část řešení grantového projektu Fondu rozvoje vysokých škol číslo.1636/2004 a s podporou grantového projektu Grantové agentury České republiky 102/03/H109.

REFERENCE

- [1] Černohorský, D., Raida Z., Škvor Z., Nováček, Z.: Analýza a optimalizace mikrovlnných struktur, Brno, FEI VUT Brno, 1999, ISBN 80-214-1512-6.
- [2] ITU-R recommendation P.370-7 VHF and UHF Propagation Curves for the Frequency Range from 30 MHz to 1000 MHz. International Telecommunication Union, Radiocommunication Bureau, 1995.
- [3] ITU-R recommendation P.1146 The Prediction of Field Strength for Land Mobile and Terrestrial Broadcasting Services in the Frequency Range from 1 to 3 GHz. International Telecommunication Union, Radiocommunication Bureau.
- [4] Nešković, A., Nešković, N., Paunović, D.: Macrocell Electric Field Strench Prediction Model Based Upon Artificial Neural Networks. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 20, no. 6, August 2002.
- [5] Tapan, K., S. et al.: A Survey of Various Propagation Models for Mobile Communication. IEEE Antennas and Propagation Magazine, vol. 45, no. 3, June 2003.
- [6] Chang, P., Yang, W.: Environment-Adaptation Mobile Radio Propagation Prediction Using Radial Basis Function Neural Networks. IEEE Transactions on Vehiculat Technology, vol. 46, no. 1, February 1997.
- [7] Závodný, L., Hanus, S. Macrocell signal propagation modelling based upon artificial neural networks. In Radioelektronika 2004 Conference Proceeedings. RADIOELEKTRONIKA 2004. Bratislava: STU Bratislava, 2004, s. 269 - 272, ISBN 80-227-2017-8

KONTAKTY

Ing. Luděk ZÁVODNÝ

Ústav radioelektroniky, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
Vysoké učení technické v Brně
Purkyňova 118, 61200 Brno, Česká republika
zavodny@feec.vutbr.cz,

Doc. Ing. Stanislav HANUS, CSc.

Ústav radioelektroniky, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
Vysoké učení technické v Brně
Purkyňova 118, 61200 Brno, Česká republika
hanus@feec.vutbr.cz