

## DUOMENŲ PERDAVIMO SPARTOS TYRIMAS JUDRIOJO RYŠIO TINKLUOSE

Karolis Žvinys

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

El. paštas karolis001@gmail.com

**Santrauka.** Darbe nagrinėjami su duomenų perdavimo sparta susiję UMTS technologijos ryšio kanalo parametrai. Analizuojama mobiliojo tinklo kanalo parametrų matavimo įranga, jos galimybės ir tinkamumas. Tyrimai apima konkrečių su duomenų pralaidumu sąveikaujančių parametrų išskyrimą. Remiantis šiais parametrais darbe kuriami duomenų perdavimo spartos prognozavimo modeliai. Tiesinės prognozės atveju pasiektas 77,83 %, o netiesinės prognozės – 76,19 % tikėtinos duomenų perdavimo spartos prognozės tikslumas. Atsižvelgiant į vartotojų interesus, siūlomi jų įrangų prognozės modeliai. Nagrinėjama pagrindinių pasaulio gamintojų kuriama galinė vartotojų įranga. Remiantis šios įrangos parametrais, pateikiami prognozės modeliai. Tiksliausiai duomenų perdavimo sparta gali būti prognozuojama naudojant „Nokia“ gamintojo įrenginių parametrų rinkinį.

**Reikšminiai žodžiai:** UMTS, duomenų perdavimo sparta, ryšio kanalo parametrai, prognozės modeliai.

### Įvadas

Mobiliųjų korinio ryšio tinklų populiarumas ir paklausa šiandien yra itin didelė. Tinklų paskirtis – pernešti įvairaus pobūdžio informacijos srautus, kuriuos sudaro balsiniai skambučiai, interneto duomenų perdavimas, trumpieji pranešimai ir kitokios paslaugos. Visiems duomenų perdavimo tinklams keliami iš esmės labai panašūs reikalavimai: maži vėlinimai, patikimumas, o svarbiausia – didelis duomenų pralaidumas. Dažniausiai duomenų pralaidumas, arba kitaip sparta, yra nulemti įvairių su ryšio sąlygomis susijusių procesų visumos. Tokių procesų visuma mokslinė prasme paprastai analizuojama nagrinėjant daugybę technologijai būdingų parametrų. Todėl pagrindinis šio darbo tyrimo objektas ir yra mobiliųjų tinklų ryšio kanalo parametrų, susietų su duomenų perdavimo sparta, analizė.

Daugelis šiandieninių mobiliųjų tinklų visame pasaulyje palaiko dvi standartizuotas, antrosios ir trečiosios kartos duomenų perdavimo technologijas, o LTE – ketvirtoji karta – dar tik dabar diegiama operatorių tinkluose. Antrosios kartos tinklas turi dvi duomenų perdavimo technologijas: GPRS ir EDGE, kurių esminis skirtumas – duomenų perdavimo greitis. Teoriniu požiūriu GPRS technologija leidžia pasiekti apie 80 kbit/s duomenų perdavimo spartą, EDGE šiuo atveju yra pranašesnė ir galima sparta iki 473,6 kbit/s. Iš tikrųjų duomenų pralaidumas, naudojant šias technologijas, yra perpus mažesnis nei teorinės spartos, tad akivaizdu, kad šios technologijos duomenų perdavimo spartos požiūriu nėra itin perspektyvios. Šių technologijų naudojimas pagrįstas tik ten, kur nėra kitos alternatyvos, todėl iš esmės antrosios kartos tinklai šiandien skirti ne duomenims perduoti, o

skambučiams. Priešinga situacija yra su trečiosios kartos – UMTS technologija, kuri daugelio operatorių tinkluose daugiausia skirta duomenims perduoti. Tai nereiškia, kad 3G tinklu negali vykti įprastas balsinis skambutis, tačiau dėl pasiekiamos didelės duomenų perdavimo spartos šie tinklai yra naudojami duomenims perduoti. Pradiniu technologijos kūrimo etapu realusis duomenų perdavimo greitis siekė apie 350 kbit/s, tačiau šiandien HSDPA skirtingos laidos leidžia pasiekti 21, 28 ir 42 Mbit/s teorines spartas.

### Matavimai ir jų analizė

Tinklo parametrų matavimams buvo naudota *TEMS Investigation* priemonė, kurią sudarė programinis paketas ir „Sony Ericsson Z750i“ mobilusis terminalas. Šis telefonas priklauso 10-ajai GPRS klasei ir 6-ajai HSDPA kategorijai. Tai reiškia, kad mobiliojo terminalo HSDPA teorinė perduodamų duomenų sparta siekia 3,6 Mbit/s, duomenų perdavimo metu telefonas gali naudoti daugiausia penkis HS-DSCH kodus. Perduodant duomenis, priklausomai nuo ryšio sąlygų, galimos naudoti tik QPSK arba 16-QAM moduliacijos (Tems Investigation 2008).

Matuota duomenis perduodant FTP duomenų perdavimo sesijos metu. Iš serverio atsisiunčiamas didelis duomenų blokas. Mobilusis prietaisas nustatytas veikti tik 3G režimu. Matuojant ryšio sąlygos periodiškai dirbtinai blogintos.

Įvertinti pasirinktas aplikacijos lygmens duomenų pralaidumas, kuris gaunamas susumuojant visų transportinių

kanalų (DL-DCH ir HS-DSCH) perdavimo spartą. Taip vertinama reali vartotojo gaunama duomenų sparta, kuri apima vartotojui naudingus duomenis ir tarnybinę informaciją. Darbe su duomenų perdavimo sparta siejant pavienius parametrus išskirta grupė kanalų parametrų, turinčių didžiausią įtaką duomenų spartai. 1 lentelėje matyti, kaip išskirti parametrai yra susieti su žemynkrypte duomenų pralaida.

1 lentelė. Duomenų perdavimo spartos ir kanalų parametrų koreliacijos

Table 1. Correlations of data throughput and channel parameters

Duomenų perdavimo spartos priklausomybė nuo	Koreliacijos koeficientas
RSSI	0,47
RSCP	0,45
Ec/No	0,3
CQI	0,56
QPSK	0,77
16-QAM	0,77
SF 1 kodas	0,2
SF 2 kodai	0,15
SF 3 kodai	0,15
SF 4 kodai	0,1
SF 5 kodai	0,32
BLER	0,16
UE Tx galia	0,33
SIR	0,04

Su duomenų perdavimo sparta labiausiai susietos yra RSSI, RSCP, Ec/No, CQI, moduliacijos, UE Tx galios parametrai, taip pat naudojamų kodų skaičius (Kaaranen *et al.* 2005; Kappler 2009).

Ne visi išvardyti parametrai turi tiesioginę įtaką duomenų spartai, dėl to svarbu juos suskirstyti į pirminių ir antrinių parametrų grupes. Pirminiai parametrai tiesiogiai veikia spartą, o antrinių parametrų vertė daugiausia priklauso nuo pirminių parametrų.

Pirminiai parametrai: *RSCP* – priimto signalo kodo galia; *Ec/No* – lusto gautos energijos santykis su galios tankiu visoje dažnių juostoje; *SIR* – signalo/ interferencijos santykis, nusako signalo galios santykį su triukšmo galia kanale; *CQI* – kanalo kokybės rodiklis; moduliacijos 16-QAM, QPSK. Duomenims perduoti naudojami kodai. 6 klasės UE palaiko iki penkių kodų.

Antriniai parametrai: *RSSI* – priimto signalo stiprumo rodiklis priklausomas nuo *RSCP* ir *Ec/No*; *BLER* – klaidingų transporto kanalo blokų rodiklis priklauso nuo *SIR* ir nustatomas vertinant kiekvieno bloko CRC; UE Tx galia – vartotojo įrangos (UE) spinduliuojama galia nusako maksimalią leidžiamąją išėjimo galią ir priklauso nuo *CQI*.

Įvardyti ryšio kanalo parametrai yra pagrindiniai rodikliai vertinant vartotojų pasiekiamą QoE, kurie duo-

menims perduoti naudoja trečiosios kartos technologiją. Pirminių ryšio kanalo parametrų grupė apima tik esminius ir labiausiai su duomenų perdavimo sparta susijusius kanalų parametrus. Naudojami šiuos parametrus ir grupuodami juos statistiniais metodais sukursime duomenų perdavimo spartai prognozuoti tinkamus modelius, kurie leistų įvertinti tikėtiną duomenų pralaidumą turint tik keletą kanalų parametrų verčių.

## Duomenų perdavimo spartos prognozė

Duomenų perdavimo spartos prognozės modeliuose nenaudosime antrinių parametrų. Išimtis padaryta tik UE Tx galios vertei, nes šio parametro kitimas perspėja apie silpnėjančias ryšio sąlygas. Be to, modeliavimas parodė, kad *RSCP*, *Ec/No*, *CQI*, moduliacijų, SF ir UE Tx galios parametrų naudojimo prasmė prognozės modeliuose yra didžiausia.

Pirminiu etapu atlikta prognozės modelio paieška remiantis tik vienu kanalų parametru. Tam taikytas tiesinis tikimybinis modelis, siejantis du kintamuosius.

Toks tiesinės regresijos analizės modelis yra vienas svarbiausių statistinės analizės metodų, taikomų tarpusavio ryšiais susietiems kintamiesiems tirti (Čekanavičius, Murauskas 2008). Gauti modeliai pateikti 2 lentelėje.

2 lentelė. Vieno nepriklausomo kintamojo prognozės modeliai

Table 2. Prediction models of one independent variable

Parametras	Tiesinės regresijos lygtis	Absoliučioji paklaida, kbps	Santykinė paklaida, %
RSSI	$y = 27,06x + 3543$	540,67	42,17
SIR	$y = -26,34x + 1358$	611,83	47,72
Ec/No	$y = 89,05x + 2213$	569,71	44,43
RSCP	$y = 23,59x + 3506$	545,65	42,55
QPSK	$y = -12,97x + 1859$	384,71	30
16-QAM	$y = 12,97x + 562,4$	360,74	28,13
CQI	$y = 91,08x - 42,49$	473,64	36,94
Kodai	$y = 11,94x + 666,5$	500,56	39,04
UE Tx galia	$y = -20,63x + 1307$	571,39	44,56

Iš 2 lentelės matyti, kad tiksliausia duomenų perdavimo spartos prognozė gaunama prognozuojant tik pagal vieną parametru, kai naudojamas moduliacijos parametras. Tai rodo ir aukšta determinacijos koeficiento vertė, kuri lygi 0,308 ir leidžia tikėti šio modelio patikimumu.

Taikant daugiamatę tiesinę prognozė ir remiantis nagrinėjama pirminiais parametrais sukurti trys prognozės modeliai.

$$Sparta = 8,81CQI + 17,999QAM + 5,675QPSK - 97,462, \quad (1)$$

$$Sparta = 3,459RSCP + 0,87QPSK + 9,273QAM + 21,249CQI + 10,93kodai + 119,68, \quad (2)$$

$$Sparta = 12,587SIR - 51,10Ec / No + 14,65RSCP + 0,493QPSK + 9,491QAM + 23,526CQI + 10,519kodai + 7,308UE Tx galia + 637,7, \quad (3)$$

čia *CQI* žymi kanalo kokybės įvertį, *QAM* – kvadratūrinės amplitudinės moduliacijos naudojimo procentinė laiko vertė sesijos metu; *QPSK* – kvadratūrinės fazinės moduliacijos naudojimo procentinė laiko vertė sesijos metu; *RSCP* – priimto signalo kodo galios vertė; *kodai* – duomenims perduoti naudotų penkių kodų procentinė laiko vertė sesijos metu; *SIR* – signalas/interferencija vertė; *Ec/No* – gautos energijos per lustą vertė; *UE Tx galia* – galinės įrangos spinduliuojamos galios vertė.

Pateiktuose modeliuose siekiama tikslesnės prognozės. Pirmojoje daugiamatės tiesinės regresijos lygtyje naudojami trys parametrai: *CQI*, *QPSK* ir *16-QAM*. Šių parametru tikslumas dviejų kintamųjų atveju buvo didžiausias. Sudarytos naujos lygties determinacijos koeficiento vertė yra lygi 0,636. Tai rodo, kad šis tiesinės regresijos modelis jau yra tikslesnis už bet kurį prieš tai gautą. Antroji prognozės lygtis papildyta dar dviem parametrais, kurių tikslumas buvo mažesnis nei pirmų trijų. Prognozei naudojant penkis parametrus lygties prognozės tikslumas padidėja, determinacijos koeficiento vertė lygi 0,736. Paskutinė lygtis sudaryta naudojant visus su sparta susijusius parametrus. Jos tikslumo koeficiento vertė didesnė už antrosios lygties ir lygi 0,754.

3 lentelėje pateikti rezultatai rodo, kokių tikslumu kiekvienas sukurtas modelis prognozuoja duomenų perdavimo spartą. Prognozei naudojant lygtį su visais parametrais vidutinė absoliučioji paklaida gauta 284,28 kbps. Tai reiškia, kad taikant šį modelį prognozuojamoji sparta gali skirtis apie ±0,28 Mbts nuo realios vertės. Tokio modelio santykinė paklaida yra apie 21,68 %.

3 lentelė. Daugiamatės prognozės modeliai

Table 3. Multivariate prediction models

Naudojami parametrai	QPSK, 16-QAM, CQI	RSCP, QPSK, 16-QAM, CQI, kodai	SIR, Ec/No, RSCP, QPSK, 16-QAM, CQI, kodai, UE Tx galia
$R^2$	0,636	0,736	0,754
Absoliučioji paklaida, kbps	350,68	286,32	278,17
Santykinė paklaida, %	27,35	22,33	21,68
Standartinė deviacija, kbps	432,89	369,57	359,91

Iki šiol prognozėms kaip priklausomas kintamasis buvo naudota duomenų perdavimo sparta, gauta aplikacijos lygmeniu. Taip daryta todėl, kad dažniausiai vertinant duomenų pralaidumą šis lygmuo vartotojui yra aktualiausias. Matuoti naudojant specializuotą įrangą duomenų perdavimo greitis fiksuojamas ir kitais lygmenimis. Toliau pateikti du modeliai, skirti duomenų pralaidumui įvertinti remiantis ryšio kanalo parametrais fiziniu ir kanaliniu lygmenimis. Kanalinio lygmens modelis:

$$Sparta = 5,237SIR + 3,129Ec / No - 10,418RSCP + 0,485QPSK + 5,452QAM + 67,503CQI + 9,94kodai - 9,698UE Tx galia - 1451,6. \quad (4)$$

Fizinio lygmens modelis:

$$Sparta = 5,056SIR - 1,211Ec / No - 13,159RSCP - 0,053QPSK + 4,831QAM + 95,5CQI + 11,202kodai - 10,797UE Tx galia - 1924,39. \quad (5)$$

Gautų modelių tikslumas įvertintas paklaidomis, pateiktomis 4 lentelėje.

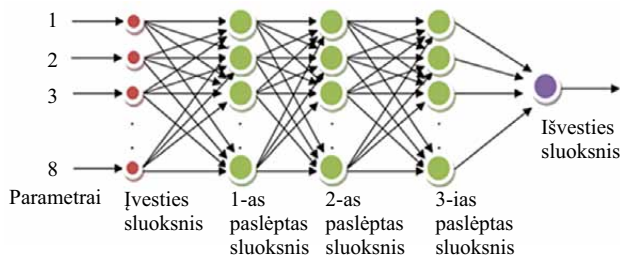
4 lentelė. Daugiamatės prognozės fizinio ir kanalinio lygmenų modeliai

Table 4. Multivariate prediction models for physical and data layers

Naudojami parametrai	Kanalinio RLC lygmens: SIR, Ec/No, RSCP, QPSK, 16-QAM, CQI, kodai, UE Tx galia	Fizinio lygmens: SIR, Ec/No, RSCP, QPSK, 16-QAM, CQI, kodai, UE Tx galia
Absoliučioji paklaida, kbps	347,97	447,15
Santykinė paklaida, %	27,16	29,99
Standartinė deviacija, kbps	445,17	567,75

Lentelėje pateikti duomenys leidžia teigti, kad pasiūlyti modeliai leidžia duomenų pralaidumą prognozuoti visose UMTS technologijos plokštumose (Nokia 2003).

Populiariausias netiesinės prognozės metodas pagrįstas dirbtinių neuronų tinklų (DNT) naudojimu. Naudojant DNT, kuris savo neuronų aktyvacijos funkcijai naudoja *sigmoid* tipo funkciją, tikrinamas netiesinės prognozės modelis. DNT tinklui apmokyti taikant prižiūravimo metodo principus, t. y. keičiant neuronų jungčių svorius, po ilgų bandymų gauta, kad geriausias prognozuojantysis modelis gaunamas naudojant penkis neuroninius sluoksnius ir kai paslėptame sluoksnyje veikė trys neuronų sluoksniai. Taikyto DNT modelis pateiktas 1 pav.



1 pav. DNT modelis

Fig. 1. ANN model

DNT tinklui teikiami įvesties ir išvesties duomenys apima nagrinėjamus ryšio kanalo parametrus: SIR, Ec/No, RSCP, QPSK, 16-QAM, CQI, kodai, UE Tx galia ir duomenų perdavimo spartą. Tinklui mokyti buvo naudotos dvi *sigmoid* funkcijos: *log-sigmoid* ir *zero based log-sigmoid* (Suzuki 2011). Taikant šias funkcijas pasiekti mokymo rezultatai pateikti 5 lentelėje.

5 lentelė. DNT apmokymo rezultatai

Table 5. ANN training results

Treniravimo funkcija	Log-sigmoid	Zero based log-sigmoid
Epochų skaičius	880	1000
Svorio delta	0,0000585	0,0004453

Rezultatai rodo, kad taikant *log-sigmoid* neurono aktyvacijos funkciją tinklas yra apmokomas tiksliau. Tai, kad DNT apmokytas tiksliau, rodo mažesnė svorio delta koeficiento vertė. Analizuojant treniruotų DNT prognozinę duomenų perdavimo spartos tikslumą, gauti rezultatai pateikti 6 lentelėje.

6 lentelė. Apmokytų DNT duomenų perdavimo spartos prognozės paklaidos

Table 6. Trained ANN data rate prediction errors

Neurono tinklo perdavimo funkcija	Zero based log-sigmoid	Log-sigmoid
Absoliučioji paklaida, kbps	312,8	305,38
Santykinė paklaida	0,2439	0,2381
Santykinė paklaida %	24,39	23,81

Iš 6 lentelėje pateiktų duomenų matyti, kad naudojant *log-sigmoid* perdavimo funkciją modelio prognozavimo tikslumas yra didesnis nei *zero based log-sigmoid* funkcijos atveju. To buvo galima ir tikėtis, nes, įvertinant svorio delta koeficiento vertę, buvo akivaizdu, kad antrasis modelis apmokytas tiksliau.

Iš analizės išplaukia, kad netiesinės prognozės modelis neprognozuoja tikėtinos duomenų perdavimo spartos

tiksliau nei sukurtas tiesinės prognozės modelis. Geriausias gautas tiesinis modelis duomenų perdavimo spartą pagal turimus aštuonis parametrus prognozuoja 77,83 % tikslumu, netiesinis – 76,19 % tikslumu.

## Vartotojų įrangos prognozės modeliai

Daugelis aptartų parametrų gaunami tik naudojant labai specializuotą matavimo įrangą, skirtą mobiliųjų tinklų operatoriams. Todėl aptartieji prognozės modeliai naudingi tik labai ribotai vartotojų grupei. Tai įvertinus tikslinga pasiūlyti duomenų perdavimo spartos prognozės modelius ir standartinei daugelio vartotojų naudojamai įrangai. Šiam tikslui pasiekti analizuotos skirtingų mobiliųjų terminalų gamintojų teikiamos kanalo parametrų vertės (7 lentelė).

Išnagrinėjus minėtų terminalų diagnostikos režimus paaiškėjo, kad prieinami šių ryšio kanalo parametrų rinkiniai (8 lentelė).

7 lentelė. Analizuoti mobilieji terminalai

Table 7. Analyzed mobile terminals

Gamintojas	UE modelis	Programinė įranga
„HTC“	One X	Android OS, v.4.0 (Ice Cream Sandwich)
„Samsung“	F400	Samsung OS
	Galaxy SII	Android OS, v.2.3.4 (Gingerbread)
„Nokia“	N95	Symbian OS 9.2
„BlackBerry“	Bold 9700	BlackBerry OS v.5.0

8 lentelė. Mobilųjų terminalų teikiami kanalo parametrai

Table 8. Channel parameters issued by mobile terminals

UE modelis	Diagnostikos režimo kodas	Ryšio kanalo parametrai
„HTC One X“	###7262626###	Ec/No; UL Tx galia; BLER; CQI; RSCP; RSSI
„Samsung F400 Samsung Galaxy SII“	###197328640###	UE Tx galia; Ec/No; RSCP; RSSI; Ec/No
„Nokia N95“	*3001#12345#	SIR; RSSI; RSCP; Ec/No; CQI; BLER; UE Tx galia; kodai
„BlackBerry Bold 9700“	ALT+SHIFT+H	RSSI; RSCP; Ec/No; UE Tx galia

Remiantis 8 lentelės duomenimis, sukurti duomenų perdavimo spartos prognozės modeliai skirtingų gamintojų įrangai. HTC gamintojo terminalams skirtas modelis:

$$Sparta = 33,744RSCP - 64,227Ec / No + 53,32CQI + 15,295UE Tx galia + 3097,234. \quad (6)$$

„Samsung“ ir „BlackBerry“ terminalams skirtas modelis:

$$Sparta = 41,2RSCP - 44,7Ec / No + 13,9UE Tx galia + 4703,752. \quad (7)$$

„Nokia“ terminalams skirtas modelis:

$$Sparta = -17,536SIR + 21,726RSCP - 17,882Ec / No + 49,778CQI + 16,137kodai + 7,972UE Tx galia + 1621,095. \quad (8)$$

Paminėtina, kad pateikti modeliai korektiškai veiks tik naudojant juos vartotojų įrangai, palaikančiai penkis SF kodus. Kitaip tariant, gautas rezultatų patikimumas būdingas 5 ir 6 kategorijos terminalams. Tokia nuostata susiformavo automatiškai matuoti naudojant tik penkis kodus palaikančią įrangą. Pasiūlytų prognozės modelių tikslumą apibūdina 9 lentelėje pateikti rezultatai.

9 lentelė. Spartos prognozės modeliai skirtingų gamintojų terminalams

Table 9. Data throughput prediction models for mobile terminals

Gamintojas	HTC	„Samsung“ ir „BlackBerry“	„Nokia“
Naudojami parametrai	Ec/No, RSCP, CQI, UE Tx galia	Ec/No, RSCP, UE Tx galia	SIR, Ec/No, RSCP, CQI, kodai, UE Tx galia
Absoliučioji paklaida, kbps	499,49	525,40	362,81
Santykinė paklaida, %	38,94	40,96	28,28
Standartinė deviacija, kbps	598,20	622,24	444,23

Gauti rezultatai rodo, kad, kaip ir buvo galima tikėtis, tiksliausiai tikėtiną duomenų perdavimo spartą prognozuoja „Nokia“ terminalams skirtas modelis. Žinoma, taip yra dėl to, kad šiame modelyje naudojami net šeši kanalo parametrai. Taikant gautą modelį duomenų perdavimo sparta prognozuojama 71,72 % tikslumu.

## Išvados

1. Tiksliau duomenų perdavimo greitį prognozuoja tiesine prognoze paremti modeliai. Tiesinės prognozės paklaida yra 21,68 %, o DNT santykinė paklaida – 23,81 %.
2. Aplikacijos lygmens spartos prognozė duoda tikslesnį rezultatą nei transportinei plokštumai skirti modeliai. Tikslumas padidėja kanalinio lygmens atveju 5,48 %, fizinio lygmens – 8,31 %.
3. Standartiniuose terminaluose tiksliausiai įvertinama tikėtina „Nokia“ modelių sparta – prognozės tikslumas sudaro 71,72 %.

## Literatūra

- Tem Investigation 9.0. 2008. Information Elements and Events. Ericsson* [interaktyvus], 87–133 [žiūrėta 2012 04 17]. Prieiga per internetą: <http://www.scribd.com/doc/30110404/ TEMS- Investigation-9-0-IEs-and-Events>
- Kaaranen, H.; Ahtiainen, A.; Lainen, L.; Naghian, S.; Dr Niemi, V. 2005. *UMTS Networks: Architecture, Mobility and Services*. John Wiley and Sons Ltd. ISBN 0-470-01103-3. <http://dx.doi.org/10.1002/047001105X>
- Kappler, C. 2009. *UMTS Networks and Beyond*. John Wiley and Sons Ltd. ISBN 9780470031902. <http://dx.doi.org/10.1002/9780470682029>
- Nokia. 2003. *Introduction to UMTS Signalling and Interfaces. Training Document* [interaktyvus], 10–11 [žiūrėta 2012 04 17]. Prieiga per internetą: <http://www.scribd.com/doc/56921369/5/ OSI-model-in-UMTS>
- Čekanavičius, V.; Murauskas, G. 2008. *Statistika ir jos taikymai II*. Vilnius: TEV. ISBN 9955-491-7
- Suzuki, K. 2011. *Artificial Neural Networks: Methodological Advances and Biomedical Applications*. Croatia, inTech. ISBN 978-953-307-243-2

## DATA TRANSFER THROUGHPUT RESEARCH OVER MOBILE NETWORKS

### K. Žvinys

#### Abstract

This work analyses communication channel settings of UMTS technology, which are related with a data transfer throughput. The paper describes the measurement equipment that is suitable for measuring parameters of a mobile network channel. Besides, it analyses the suitability of this equipment and issue of parameter values that are associated with data throughput. Further, the study includes the selection of the most specific parameters, which are crucial for data speed. Using these parameters, models were developed for prediction of data transfer throughput. To build the model, the linear and nonlinear forecasting methods were used. The linear prediction was made by using linear regression, nonlinear — neural networks. Using the linear prediction model, 77.83% forecast accuracy was achieved, while the accuracy of forecasted nonlinear transmission rate amounted to 76.19%. The accuracy of prediction models was obtained using eight parameters of the communication channel. Finally, the paper presents the data throughput prediction models that allow predicting data speed with the help of channel parameters presented by a standard terminal. The list of these channel parameters is derived from five UE's of different manufacturers. The expected most accurate data transfer rate can be predicted using a set of parameters issued by Nokia device.

**Keywords:** UMTS, data transfer rate, communication channel parameters, prediction models.