

VILNIUS GEDIMINAS TECHNICAL UNIVERSITY  
INSTITUTE OF MATHEMATICS AND INFORMATICS

**Lina PUPEIKIENĖ**

**INVESTIGATION AND APPLICATION  
OF PROFILED SCHOOL SCHEDULING TASKS  
OPTIMIZATION METHODS**

Summary of Doctoral Dissertation  
Technological Sciences, Informatics Engineering (07T)

Vilnius  TECHNICA 2009

Doctoral dissertation was prepared at the Institute of Mathematics and Informatics in 2004–2009.

Scientific Supervisor

**Prof Dr Habil Jonas MOCKUS** (Institute of Mathematics and Informatics, Technological Sciences, Informatics Engineering – 07T).

**The dissertation is being defended at the Council of Scientific Field of Informatics Engineering at Vilnius Gediminas Technical University:**

Chairman

**Prof Dr Habil Antanas ČENYS** (Vilnius Gediminas Technical University, Technological Sciences, Informatics Engineering – 07T).

Members:

**Prof Dr Romas BARONAS** (Vilnius University, Physical Sciences, Informatics – 09P),

**Prof Dr Albertas ČAPLINSKAS** (Institute of Mathematics and Informatics, Physical Sciences, Informatics – 09P),

**Assoc Prof Dr Vitalijus DENISOVAS** (Klaipėda University, Technological Sciences, Informatics Engineering – 07T),

**Prof Dr Habil Gintautas DZEMYDA** (Institute of Mathematics and Informatics, Technological Sciences, Informatics Engineering – 07T).

Opponents:

**Prof Dr Habil Petras Gailutis ADOMĖNAS** (Vilnius Gediminas Technical University, Informatics Engineering – 07T),

**Prof Dr Eduardas BAREIŠA** (Kaunas University of Technology, Technological Sciences, Informatics Engineering – 07T).

The dissertation will be defended at the public meeting of the Council of Scientific Field of Informatics Engineering in the Conference and Seminar Center of Institute of Mathematics and Informatics at 11 a. m. on 14 May 2009.

Address: A. Goštauto g. 12, LT-01108 Vilnius, Lithuania.

Tel.: +370 5 274 4952, +370 5 274 4956; fax +370 5 270 0112;

e-mail: doktor@adm.vgtu.lt.

The summary of the doctoral dissertation was distributed on 10 April 2009.

A copy of the doctoral dissertation is available for review at the Library of Vilnius Gediminas Technical University (Saulėtekio al. 14, LT-10223 Vilnius, Lithuania) and at the Library of Institute of Mathematics and Informatics (Akademijos g. 4, LT-08663 Vilnius, Lithuania).

© Lina Pupeikienė, 2009

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS  
MATEMATIKOS IR INFORMATIKOS INSTITUTAS

**Lina PUPEIKIENĖ**

**OPTIMIZAVIMO METODŲ TYRIMAS  
IR TAIKYMAS PROFILIUOTŲ MOKYKLŲ  
TVARKARAŠČIŲ SUDARYMO UŽDAVINIUOSE**

Daktaro disertacijos santrauka  
Technologijos mokslai, informatikos inžinerija (07T)

  
Vilnius LEIDYKLA TECHNICA 2009

Disertacija rengta 2004–2009 metais Matematikos ir informatikos institute.  
Mokslinis vadovas

**prof. habil. dr. Jonas MOCKUS** (Matematikos ir informatikos institutas, technologijos mokslai, informatikos inžinerija – 07T).

**Disertacija ginama Vilniaus Gedimino technikos universiteto Informatikos inžinerijos mokslo krypties taryboje:**

Pirmininkas:

**prof. habil. dr. Antanas ČENYS** (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, technologijos mokslai, informatikos inžinerija – 07T).

Nariai:

**prof. dr. Romas BARONAS** (Vilniaus universitetas, fiziniai mokslai, informatika – 09P),

**prof. dr. Albertas ČAPLINSKAS** (Matematikos ir informatikos institutas, fiziniai mokslai, informatika – 09P),

**doc. dr. Vitalijus DENISOVAS** (Klaipėdos universitetas, technologijos mokslai, informatikos inžinerija – 07T),

**prof. habil. dr. Gintautas DZEMYDA** (Matematikos ir informatikos institutas, technologijos mokslai, informatikos inžinerija – 07T).

Oponentai:

**prof. habil. dr. Petras Gailutis ADOMĖNAS** (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, informatikos inžinerija – 07T),

**prof. dr. Eduardas BAREIŠA** (Kauno technologijos universitetas, technologijos mokslai, informatikos inžinerija – 07T).

Disertacija bus ginama viešame Informatikos inžinerijos mokslo krypties tarybos posėdyje 2009 m. gegužės 14 d. 11 val. Matematikos ir informatikos instituto Konferencijų ir seminarų centre.

Adresas: A. Goštauto g. 12, LT-01108 Vilnius, Lietuva.

Tel.: (8 5) 274 4952, (8 5) 274 4956; faksas (8 5) 270 0112;

el. paštas doktor@adm.vgtu.lt.

Disertacijos santrauka išsiuntinėta 2009 m. balandžio 10 d.

Disertaciją galima peržiūrėti Vilniaus Gedimino technikos universiteto (Saulėtekio al. 14, LT-10223 Vilnius, Lietuva) ir Matematikos ir informatikos instituto (Akademijos g. 4, LT-08663 Vilnius, Lietuva) bibliotekose.

VGTU leidyklos „Technika“ 1604-M mokslo literatūros knyga.

© Lina Pupeikienė, 2009

## General characteristics of the dissertation

**Relevance and problem of research.** The dissertation investigates the problem of a profiled school schedule optimization. This kind of task does not have any algorithms of polynomial complexity that is why the principal attention is paid to heuristic methods.

The efficiency of optimization programs depends on the choice of algorithm for a given class of tasks. Tentative calculations have showed that a generally used algorithm of Simulated Annealing (SA) is most suitable for the optimization of school schedules. However, the efficiency of SA depends on the proper choice of optimization parameters. A new element of this work is optimization of SA parameters using special Bayes (BA) methods. Another new element is application of vectorial optimization theory by fixing Pareto optimal schedules such that would satisfy subjective criteria of parameters according to that particular condition of the spot. Both the new elements make the given work distinct from all the other earlier works on school schedule optimization.

Possibilities of practical use depend on the realisation of the program. As a result, a unique web application was created to investigate those possibilities. With a view to achieve the goal, we have chosen a platform independent architecture and used the Java Servlet technology to develop the application. Judging by the publications to date, this is a first case of Java Servlet technology usage in school schedule optimization. In this case, the school schedule optimization is performed very simply: just by using a browser, without any additional tools.

**Aim of the research.** The aim of this work is to investigate heuristic optimization methods for polynomially unsolvable tasks using school schedules as examples.

**Tasks of the research.** To reach the aim, these tasks had to be solved:

1. To make analysis of literature on school schedule optimization.
2. To analyse programming languages that will provide the most user-friendly environment.
3. To investigate the school schedule creation and evaluation criteria used in the current general education institutions. Using these criteria, to evaluate the results of the optimization methods and to describe popular commercial school schedule creation programs, used in Lithuanian schools.

4. To investigate the impact of the chosen heuristic parameters on the speed and accuracy of solution selecting a proper optimization method for optimizing these parameters.
5. To evaluate the influence of subjective and objective indices on different optimization algorithms and the effect of these indices while evaluating school schedules with different requirements.
6. After analysing the principles of schedule creation, to prepare recommendations for the estimation and application in choosing and optimising heuristic parameters.
7. To investigate and test the school schedule optimization programs, used in Lithuania, and to perform comparative analysis of these programs.
8. To implement and test the functioning of school schedule optimization, i. e., the program aimed at school schedule optimization in Lithuania.
9. To implement the results in the internet environment with as good as possible conditions of practical use and to prepare proposals for future development and improvement of the optimization program.

***Methodology of research.*** For general analysis of the proposed scientific approach to optimization features and usability guidelines, the methods of bibliographic research and comparative analysis of Lithuanian and foreign scientific works, published in periodicals and various Internet sources, have been used. An experimental research method has been used for the analysis and application of the components of optimization tools, for choice and optimization of heuristic parameters and for evaluation of usability of the program. The method of system comparative has been used for investigating heuristic parameters of the optimization program as well as of recommendations for optimization methods. To summarise the results, the method of analytical research has been used.

#### **Scientific novelty**

1. Increasing efficiency of the Simulated Annealing by application of the Bayesian method for automatic optimization of parameters.
2. Application of vector optimization theory defining such Pareto-optimal schedules that satisfies both the objective and subjective local conditions. Subjective and objective parameters extend vector optimization theory.

3. Creating 'user-friendly' software environment by application of the platform-independent Java servlet mode.

**Practical value.** The results of the work could be used in Lithuanian comprehensive institutions (basic schools, high schools and gymnasias). Heuristic algorithms with optimization of heuristic parameters, described in this dissertation, were used at the “Marijampolės Rygiškių Jono” gymnasium.

### **Defended propositions**

1. Optimization of SA parameters using Bayesian methods is a new and efficient way for solving school scheduling problems by heuristic methods.
2. Evaluation and formalization of local conditions can be achieved using the scalarization method of vectorial optimization theory. This is convenient for practical applications and provides Pareto-optimal solutions. This approach was not used in other publications on school scheduling.
3. The Java servlet technology is convenient for real-life school applications and provides independence on the software environment. This technology was not used in other school scheduling applications.

### **The scope of the scientific work**

The scientific work consists of 3 chapters, general conclusions and recommendations, the list of the references, and the list of publications. The total scope of the dissertation is 124 pages, 53 figures and 10 tables.

**The introduction** encompasses the topicality of the research, its scientific novelty, the aim and tasks of the work, its practical value.

**In the first** chapter of the dissertation, various aspects of work of optimization methods as well as popular program languages suitable for school schedule optimization are analyzed.

**In the second** chapter the conclusions are drawn how the optimization of heuristic parameters influences the speed and accuracy of finding the optimal solution. A technical rating analysis of popular schedule programs is made and technical disadvantages are listed. Criteria for evaluating the quality of results are proposed that include heuristic parameters in search of optimal schedules. Recommendations are states how to assess the choice and optimization of heuristic parameters and methods of the optimization program used.

In the third chapter the software meant for school schedule optimization in Lithuanian schools program is discussed. Proposals for a further development of the program are considered as well.

The conclusions on research performed and results received are provided.

## 1. Evaluation of optimization methods and heuristic parameters

This chapter considers five methods of optimization: Local determinate (LD), Local Random (LR), Simulated Annealing (SA) and Bayes (BA). Their principles of operation and the parameters used are described. The efficiency of each method is tested. Recommendations on the initial parameter choice are made.

The most popular programming languages are researched. Their pros and cons are evaluated. The most user-friendly programming language has been established after evaluating:

- Dependence on the operating system.
- Speed of work.
- Maintainability.
- Multilingual support.
- Security and flexibility.

## 2. Comparative analysis and estimation of the optimization methods

This chapter deals with heuristics that allow more efficient decision to be found. It can be calculated by generalizing as much as possible heuristics used in Lithuanian schools. To make a schedule from all these heuristics parameters was used formula (1):

$$schedule [D[M]][V][G[S]][K], \quad (1)$$

where,  $D[M]$  – is a matrix of all subjects;  $M$  – is a the list of all teachers;  $V$  – denotes the total number of weekly working hours;  $G[S]$  – is a matrix of all groups;  $S$  – is a list of all pupils;  $K$  – is a number of school rooms.

There are no schedules that satisfy all restrictions and personal preferences because they contradict each other as usual. A compromise solution is reached by defining penalties for violation of constraints and disregarding inconveniences.

Penalty points are calculated:

$$F = F_f + F_n, \quad (2)$$



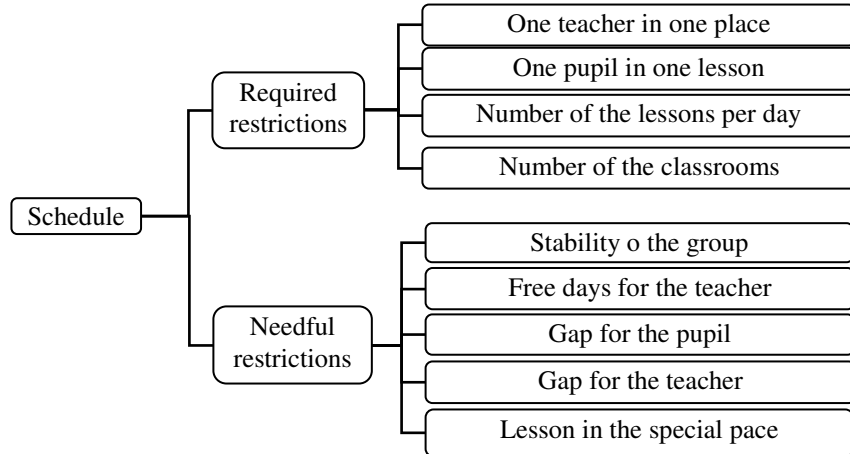
where,  $F_f$  – is a sum of the penalties for the physical restrictions;  $F_n$  – is a sum of the penalties for the general inconveniences.

Then the optimization problem is

$$\min_{\tau \in \Theta} F(\tau), \quad (3)$$

where,  $F(\tau)$  is the total penalty of some schedule  $\tau$ ;  $A$  is the set of schedules satisfying the physical constraints.

The penalties  $F(\tau)$  depend on expert evaluations, therefore we regard them as heuristics. All physical restrictions and inconveniences are showed in Fig 1.



**Fig. 1.** Restrictions for a creation of secondary school schedule

This chapter discusses the choice of optimal parameters. The quality of the optimal schedule and speed of optimization depend on these parameters.

Two conditions for choosing and optimizing heuristics are stressed:

- Heuristics must comply with different internal rules of a profiled school.
- Heuristics must be oriented to fast and convenient search for an optimal schedule.

The chapter deals with 5 optimization methods: LD, LR, SA and BA. The efficiency of each method has been explored. Recommendations have been prepared for choosing the install parameters. It has been established witch method is most efficient for use in this case.

This chapter includes proposals, how to create, improve and apply heuristic parameters, that influence optimal solution finding. They imply recommendations for choice and optimization of heuristic parameters.

The main commercial school schedule creating and optimization programs, used in Lithuanian secondary schools and gymnasia are discussed.

### 3. Tools and stages of the development of the school schedule optimization program

The mathematical expression (1) is not convenient for computer representation and optimization. The computer representation of this four-dimensional matrix including the subject-group is illustrated by Fig. 2.

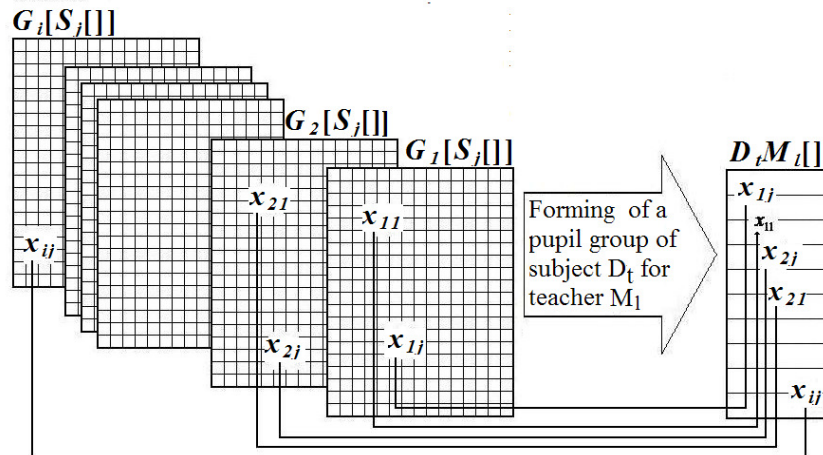
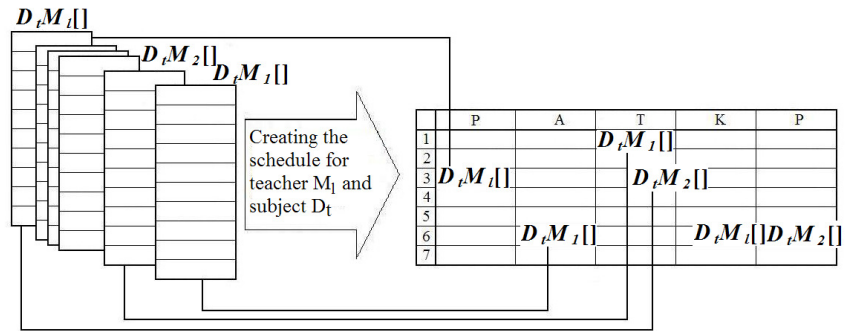


Fig. 2. Creating of the subject-group

Creating and optimizing of the real school schedule, where penalty points are calculated, is showed in Fig 3.

(1) Based on the author's research of technical and program evaluation of school schedule creation programs used in secondary schools, the open-source school schedule optimization program "Optima" was implemented; (2) A creation Bayes optimization method that optimizes SA parameters was applied and a school schedule optimization program has been development.



**Fig. 3.** Creating of the school schedule

To this end we used Java technologies (min v1.6.0\_07-b06), XML technologies, Apache web server of the Institute of Mathematics and Informatics in web (min v6.0.16) as well as Linux and Windows operating systems; (3) we have created a user-friendly internet interface for the school schedule optimization program; (4) With reference to data, used to create schedules in Lithuanian schools, an easily comprehensible template to the initial data file has been created in which all the data used in creating an optimal schedule where described; (5) The program is introduced into the webpage of the Lithuanian Ministry of Education and Science.

- (1) Install additional evaluation of heuristics:
  - Levels of subject priority that would allow a more exact schedule layout;
  - Level of subject to be chosen by a student from his/her list.
- (2) Install additional program management facilities:
  - Improve representation of results.
  - Install more capabilities for manual correcting the results obtained in program operation.

### General conclusions

1. Established that the exact methods of optimal scheduling of profiled schools are of exponential time. Thus heuristic methods need to be applied. These methods let to make optimal schedule.
2. After analyse of literature established that the JAVA servlet mode is convenient in school applications and provides complete independence of software environment.

3. Established that evaluation and formalization of local conditions can be achieved using the scalarization method of vectorial optimization theory. This is convenient for practical applications and provides Pareto-optimal solutions. This approach was not used in other publications on school scheduling.
4. Calculated that adapted optimization of SA parameters using Bayesian methods is a new and efficient way for solving school scheduling problems by heuristic methods. Comparing with simple SA it increments accuracy of solution while:
  - a. Checks much more choices.
  - b. Finds much more accurate solution.
5. The proposed optimal scheduling approach is sufficiently efficient and can be recommended for optimization of profiled school schedules.
6. Efficiency of optimization depends on parameters of heuristics, therefore automatic procedures should be applied to optimize these parameters. Accurate solution was formed with composed Bays and Simulated Annealing.
7. Based on results of experiments found that:
  - a. The school scheduling software that is used in Lithuanian schools are for basic schools. The software of this work is designed for Lithuanian profiled schools. That's makes the work relevant. The English version of the software can be used in other countries, too.
  - b. The software provides greater efficiency of search and convenient way to reflect various objective and subjective local conditions.
8. The software is useful for investigation of heuristic optimization methods in optimal scheduling problems similar in complexity to the profiled school scheduling.

#### **List of published works on the topic of the dissertation**

##### **In the reviewed scientific periodical publications:**

1. Pupeikienė, L.; Strukov, D.; Bivainis, V.; Mockus, J. 2009. Optimization algorithms in school scheduling programs: study, analysis and results, *Informatics in Education*. 8(1): 69–84. ISSN 0868-4952.
2. Pupeikienė, L.; Mockus, J. 2005. School scheduling optimization program, *Information Technology and Control*. 34(2): 161–170. ISSN 1392-124X.

**In the Proceedings of conferences, included into international databases:**

3. Pupeikienė, L. 2006. News in the school schedule optimization program, in *Proceedings of the 2nd International Conference „Informatics in Secondary Schools: Evolution and Perspectives“ (ISSEP 2006)*. Vilnius, Lithuania, 7–11 November, 2006, 269–278. ISBN 9955-680-47-4 [ISI Proceedings].

**In the Proceedings of the other scientific conferences:**

4. Pupeikienė, L.; Strukov, D.; Bivainis, V.; Mockus, J. 2008. Mokyklos tvarkaraščių optimizavimo uždavinių tyrimas, in *11-osios Lietuvos Jaunųjų Mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ straipsnių rinkinys, Informatika*. 2008 m. balandžio 10 d. Vilnius: Technika, 132–153. ISBN 978-9955-28-302-7.
5. Pupeikienė, L. 2006. Mokyklos profiliuotų klasių tvarkaraščių optimizavimo programos patobulinimai, in *Informacinės technologijos 2006. Mokslinės techninės konferencijos pranešimų medžiaga*. Kauno technologijos universitetas, Kaunas, Lietuva, 2006 m. sausio 25–26 d. Kaunas: Technologija, 146–152. ISBN 9955-09-993-3.
6. Gaidukevičienė, R.; Kurilovas, E.; Nijazova, A; Pupeikienė, L. 2005. Profiliuotos mokyklos tvarkaraščio optimizavimo tyrimas, in *Kompiuterininkų dienos 2005. 12-osios mokslinės kompiuterininkų konferencijos pranešimų medžiaga*. Klaipėda, 2005 m. rugsėjo 15–17 d. Klaipėda, 231–239, ISBN 9986-34-147-7.
7. Pupeikienė, L. 2005. Mokyklos tvarkaraščių optimizavimo sistema, in *Informacinės technologijos 2005. Mokslinės techninės konferencijos pranešimų medžiaga*. Kauno technologijos universitetas, Kaunas, Lietuva, 2005 m. sausio 26–28 d. Kaunas: Technologija, 24–33. ISBN 9955-09-788-4.

**About the author**

Lina Pupeikienė was born in Marijampolė on 29 of April, 1980.

After finishing Marijampolės 5<sup>th</sup> secondary school in 1998, she graduated from Kaunas University of Technology in 2002 acquiring a bachelor's degree in informatics and in 2004 she acquired a master's degree in program engineering. Since 2004 she has been a PhD student at the Institute of

Mathematics and Informatics. Her area of interest includes school schedule optimization.

## **OPTIMIZAVIMO METODŲ TYRIMAS IR TAIKYMAS PROFILIUOTŲ MOKYKLŲ TVARKARAŠČIŲ SUDARYMO UŽDAVINIUOSE**

*Mokslo problemos aktualumas.* Disertacijoje tiriami mokyklos tvarkaraščių optimizavimo klausimai nagrinėjant profiliuotos mokyklos tvarkaraščius. Šiems uždaviniams nėra sukurto polinominio sudėtingumo metodų, todėl pagrindinis dėmesys skiriamas euristiniams metodams.

Optimizavimo programų darbas priklauso nuo tinkamo metodų parinkimo duotai uždavinių klasei. Preliminarūs skaičiavimai parodė, kad profiliuotų mokyklų tvarkaraščių optimizavimui tinka plačiai naudojamas atkaitinimo modeliavimo metodas. Tačiau atkaitinimo modeliavimo efektyvumas priklauso nuo tinkamo optimizuojamų parametrų parinkimo. Naujas šio darbo elementas yra atkaitinimo modeliavimo parametrų optimizavimas naudojant tam skirtus Bayes metodus. Kitas naujumo elementas – tai vektorinio optimizavimo teorijos taikymas nustatant tokius Pareto optimalius tvarkaraščius, kuriuose būtų įvertinti subjektyvūs kriterijai pagal konkrečias mokykloje suformuotas sąlygas. Abu naujumo elementai yra skiriamoji duoto darbo savybė lyginant su visais anksčiau atliktais mokyklų tvarkaraščių optimizavimo darbais.

Praktinio panaudojamumo galimybės priklauso nuo programinės realizacijos, todėl šių galimybių tyrimui buvo sukurta originali programa skirta darbui interneto aplinkoje. Tam, kad programa būtų visiškai nepriklausoma nuo aplinkos buvo realizuotas JAVA kalba servlet režimas. Sprendžiant pagal publikacijas, tai pirmas servlet režimo panaudojimas mokyklų tvarkaraščių formavimo ir optimizavimo programoms realizuoti. Šiuo atveju suformuoto mokyklos tvarkaraščio optimizavimas atliekamas itin paprastai – naudojant naršyklę ir be jokių papildomų priemonių.

*Darbo tikslas.* Ištirti euristinius polinomiškai nesprendžiamų uždavinių optimizavimo metodus formuojant profiliuotų mokyklų tvarkaraščius.

*Darbo uždaviniai.* Siekiant šio tikslo, būtina išspręsti šiuos uždavinius:

1. Atlikti literatūros mokyklos tvarkaraščių optimizavimo klausimais analizę.
2. Atlikti programavimo kalbų, tinkančių mokyklų tvarkaraščiams optimizuoti analizę tam, kad sukurtą produktą vartotojai lengvai įsisavintų.

3. Atlikti mokyklos tvarkaraščiams optimizuoti tinkamiausių optimizavimo metodų analizę. Ištirti jų veikimo principus.
4. Ištirti mokyklose naudojamų euristinių parametru įtaką sprendimo greičiui bei tikslumui parenkant tinkamą optimizavimo metodą šiems parametrams optimizuoti.
5. Įvertinti būtinų ir pageidaujamų parametru įtaką skirtingiems optimizavimo metodams ieškant tikslesnio sprendinio.
6. Išanalizavus tvarkaraščių formavimo principus, parengti jų vertinimo ir taikymo rekomendacijas euristinių parametru parinkimui ir optimizavimui.
7. Parengti Lietuvos Respublikoje naudojamų mokyklų tvarkaraščių optimizavimo programų testinius skaičiavimus bei šių programų lyginamąją analizę.
8. Sukurti ir išbandyti praktinį profiliuotos mokyklos tvarkaraščių optimizavimo funkcionavimo pavyzdį, t. y. Lietuvos Respublikos mokykloms skirtą profiliuotos mokyklos tvarkaraščių formavimo ir optimizavimo programą.
9. Realizuoti rezultatus interneto aplinkoje, sudarant patogias praktinio pritaikymo sąlygas. Taip pat parengti siūlymus tolimesniam optimizavimo programos tobulinimui bei plėtojimui.

### **Mokslinis naujumas**

1. *Efektyvesnis sprendinys* yra pasiekiamas kitaip nei žinomoje literatūroje, nes atkaitinimo modeliavimo parametrus optimizuojame Bayes metodu.
2. *Vektorinio optimizavimo teorijos naujoviškas taikymas* nustatant tokius Pareto optimalius tvarkaraščius, kurie įvertintų mokyklos suformuotas sąlygas atspindinčius kriterijus.
3. JAVA kalbos servlet režimo pritaikymas kuriant tokią naują tvarkaraščių optimizavimo programą, kuri užtikrintų, kad praktinio panaudojimo sąlygos būtų patogios, o operacinė sistema neįtakotų programos veikimo.

**Praktinė vertė.** Gauti tyrimų rezultatai gali būti naudojami bendrojo lavinimo įstaigose (profiluotose mokyklose). Disertacijoje sudaryti euristiniai algoritmai su optimizuojamais euristikų parametrais buvo pritaikyti Marijampolės Rygiškių Jono gimnazijoje.

**Tyrimų metodika.** Optimizavimo priemonių kūrimo principų bendrajai analizei ir jos rekomendacijoms parengti naudojami mokslinės literatūros tyrinėjimo ir lyginamosios analizės metodai. Optimizavimo priemonės vertinimo analizei ir taikymui, euristinių parametrų parinkimui ir optimizavimui, programos panaudojamumui įvertinti naudojamas eksperimentinio tyrimo metodas. Optimizavimo programos euristinių parametrų ir optimizavimo metodų rekomendacijų analizei atlikti taikomas lyginamosios analizės metodas. Rezultatų apibendrinimas atliktas taikant analitinio tyrimo metodą.

### **Ginamieji teiginiai**

1. Atkaitinimo modeliavimo parametrų optimizavimas naudojant Bayes metodą yra naujas ir efektyvus būdas padidinti sprendimo tikslumą.
2. Specifinių, mokykloje nustatytų, sąlygų įvertinimas formuluojant mokyklos tvarkaraščių optimizavimo uždavinius pasiekiamas taikant vektorinio optimizavimo teorijos skaljarizacijos metodą. Jis užtikrina Pareto optimalumą.
3. JAVA kalbos servlet režimo pritaikymas sudaro patogias praktinio panaudojimo sąlygas bei užtikrina visišką nepriklausomumą nuo operacinės sistemos.

**Darbo apimtis.** Darbą sudaro 3 skyriai, bendrosios išvados ir rekomendacijos, literatūros sąrašas ir autoriaus publikacijų sąrašas. Bendra disertacijos apimtis – 124 puslapiai, 53 iliustracijos ir 10 lentelių.

**Įvade** pristatomas tyrimo aktualumas, mokslinis naujumas, darbo tikslai ir uždaviniai, praktinė vertė.

**Pirmajame** skyriuje apžvelgiama su mokyklos tvarkaraščių sudarymu susijusi literatūra. Analizuojami tinkamiausi optimizavimo metodų darbo aspektai. Analizuojamos populiariausios programavimo kalbos, tinkančios mokyklų tvarkaraščiams optimizuoti.

**Antrajame** skyriuje formuluojamas profiliuotų mokyklų tvarkaraščio kūrimo matematinis modelis. Analizuojami profiliuotose mokyklose naudojami euristiniai parametrai. Formuluojamos išvados, kaip euristinių parametrų optimizavimas įtakoja didesnę sprendinio radimo tikslumą. Formuojamos rekomendacijos, kaip vertinti euristinių parametrų pasirinkimą ir optimizavimą, optimizavimo programos naudojamus metodus. Atlikti populiarių tvarkaraščių programų vertinimai ir analizės. Įvardijami šių programų trūkumai.

**Trečiajame** skyriuje pateiktas lanksčios profiliuotos mokyklos tvarkaraščio optimizavimo programos projektavimas. Pateiktas pradinio



duomenų failo projektavimas, kuris yra informatyvus ir įvertina daugelį mokyklos nuostatuose apibrėžtų euristinių parametrų. Suprojektuotas lankstus rezultatų išsaugojimas. Aptariami suformuluoti siūlymai programos plėtojimui.

Darbo pabaigoje pateiktos išvados apie atliktus tyrimus ir gautus rezultatus.

### **Bendrosios išvados**

1. Nustatyta, kad profiliuotų mokyklų tvarkaraščio uždavinys polinomiškai nesprenžiamas, todėl jo optimizavimui reikalingi euristiniai optimizavimo metodai. Šie metodai suteikia galimybę sudaryti optimalų tvarkaraštį, kurio pagrindu profiliuota mokykla gali kurti realų tvarkaraštį.
2. Atlikus literatūros analizę nustatyta, kad JAVA kalbos servlet režimas patogus mokykloms, nes užtikrina visišką nepriklausomumą nuo operacinės sistemos bei nereikalauja papildomos programinės įrangos.
3. Nustatyta, kad pritaikytas vektorinio optimizavimo teorijos skaliarizacijos metodas, formuluojant optimizacinius profiliuotos mokyklos tvarkaraščių optimizavimo uždavinius, leidžia įvertinti individualius mokymo įstaigos euristinius kriterijus bei užtikrina Pareto optimalumą. Sukurtas tvarkaraštis yra artimas realiam mokymo įstaigos tvarkaraščiui.
4. Apskaičiuota, kad pritaikytas AM parametrų optimizavimas naudojant Bayes metodus yra efektyvus būdas padidinti sprendimo tikslumą, lyginant su paprastu AM metodu, nes:
  - a. Patikrinama žymiai daugiau variantų.
  - b. Per tą patį laiką randa tikslesnį sprendinį.
5. Sukurtas ir prie konkrečių uždavinio sąlygų pritaikytas kompleksinis optimizavimo metodas užtikrina pakankamą efektyvumą optimizuoti profiliuotos mokyklos tvarkaraštį įvertinant pagrindinius, būtinus ir pakankamus, reikalavimus.
6. Išanalizuota, kaip skirtingai pasirinktos euristikos parametrai įtakoja optimizavimo metodo sprendimo greitį ir tikslumą. Tiksliausias sprendinys gaunamas kombinuotu atkaitimo modeliavimo ir Bayes metodu.
7. Remiantis eksperimentų metu gautais rezultatais nustatyta, kad:
  - a. Lietuvos mokyklose naudojamos komercinės kompiuterinės programos nėra pritaikytos profiliuotų mokyklų tvarkaraščiams optimizuoti.

- b. Sukurtoji optimizavimo programa yra nauja ir turi didelę praktinę vertę tiriant optimizavimo metodų veikimą sudarant profiliuotų mokyklų tvarkaraščius.
8. Sukurtoji programa suteikia platesnes galimybes sudaryti optimalų tvarkaraštį artimą realiam, lyginant su esamomis atviromis ir komercinėmis programomis. Pritaikytos euristikos, kurių dėka vartotojas gali intuityviai įvertinti arba paskaičiuoti savo mokymo įstaigos resursus ir individualius poreikius, bei juos koreguoti.

#### **Trumpos žinios apie autorę**

Lina Pupeikienė gimė 1980 m. balandžio 29 d. Marijampolėje.

1998 m. baigė Marijampolės 5-ąją vidurinę mokyklą. 2002 m. įgijo informatikos bakalauro laipsnį Kauno technologijos universiteto Informatikos fakultete. 2004 m. įgijo programų inžinerijos magistro laipsnį Kauno technologijos universiteto Informatikos fakultete. 2004–2009 m. – Matematikos ir informatikos instituto doktorantė.

Lina PUPEIKIENĖ

INVESTIGATION AND APPLICATION OF PROFILED SCHOOL  
SCHEDULING TASKS OPTIMIZATION METHODS

Summary of Doctoral Dissertation  
Technological Sciences, Informatics Engineering (07T)

Lina PUPEIKIENĖ

OPTIMIZAVIMO METODŲ TYRIMAS IR TAIKYMAS PROFILIUOTŲ  
MOKYKLŲ TVARKARAŠČIŲ SUDARYMO UŽDAVINIUOSE

Daktaro disertacijos santrauka  
Technologijos mokslai, Informatikos inžinerija(07T)

2009 04 06. 1,25 sp. l., Tiražas 100 egz.  
Vilniaus Gedimino technikos universiteto  
leidykla „Technika“, Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius  
<http://leidykla.vgtu.lt>  
Spausdino UAB „Biznio mašinų kompanija“,  
J. Jasinskio g. 16A, 01112 Vilnius