

Abstracts of Dissertations

**Institute of Information and
Communication Technologies**

**BULGARIAN ACADEMY OF
SCIENCES**



5/ 2025



**MODELING AND
OPTIMIZATION OF
COMMUNICATION
STRATEGIES IN
INFORMATION PROCESS
MANAGEMENT**

Gergana Mateeva

**МОДЕЛИРАНЕ И
ОПТИМИЗАЦИЯ НА
КОМУНИКАЦИОННИ
СТРАТЕГИИ В
УПРАВЛЕНИЕ НА
ИНФОРМАЦИОННИ
ПРОЦЕСИ**

Гергана Матеева

Автореферати на дисертации

**Институт по информационни и
комуникационни технологии**

БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ

ISSN: 1314-6351

Поредицата „Автореферати на дисертации на Института по информационни и комуникационни технологии при Българската академия на науките“ представя в електронен формат автореферати на дисертации за получаване на научната степен „Доктор на науките“ или на образователната и научната степен „Доктор“, защитени в Института по информационни и комуникационни технологии при Българската академия на науките. Представените трудове отразяват нови научни и научно-приложни приноси в редица области на информационните и комуникационните технологии като Компютърни мрежи и архитектури, Паралелни алгоритми, Научни пресмятания, Лингвистично моделиране, Математически методи за обработка на сензорна информация, Информационни технологии в сигурността, Технологии за управление и обработка на знания, Грид-технологии и приложения, Оптимизация и вземане на решения, Обработка на сигнали и разпознаване на образи, Интелигентни системи, Информационни процеси и системи, Вградени интелигентни технологии, Йерархични системи, Комуникационни системи и услуги и др.

Редактори

Геннадий Агре

Институт по информационни и комуникационни технологии, Българска академия на науките
E-mail: agre@iinf.bas.bg

Райна Георгиева

Институт по информационни и комуникационни технологии, Българска академия на науките
E-mail: rayna@parallel.bas.bg

Даниела Борисова

Институт по информационни и комуникационни технологии, Българска академия на науките
E-mail: dborissova@iit.bas.bg

Настоящото издание е обект на авторско право. Всички права са запазени при превод, разпечатване, използване на илюстрации, цитирания, разпространение, възпроизвеждане на микрофилми или по други начини, както и съхранение в бази от данни на всички или част от материалите в настоящето издание. Копирането на изданието или на част от съдържанието му е разрешено само със съгласието на авторите и/или редакторите

The series *Abstracts of Dissertations of the Institute of Information and Communication Technologies at the Bulgarian Academy of Sciences* presents in an electronic format the abstracts of Doctor of Sciences and PhD dissertations defended in the Institute of Information and Communication Technologies at the Bulgarian Academy of Sciences. The studies provide new original results in such areas of Information and Communication Technologies as Computer Networks and Architectures, Parallel Algorithms, Scientific Computations, Linguistic Modelling, Mathematical Methods for Sensor Data Processing, Information Technologies for Security, Technologies for Knowledge management and processing, Grid Technologies and Applications, Optimization and Decision Making, Signal Processing and Pattern Recognition, Information Processing and Systems, Intelligent Systems, Embedded Intelligent Technologies, Hierarchical Systems, Communication Systems and Services, etc.

Editors

Gennady Agre

Institute of Information and Communication Technologies, Bulgarian Academy of Sciences
E-mail: agre@iinf.bas.bg

Rayna Georgieva

Institute of Information and Communication Technologies, Bulgarian Academy of Sciences
E-mail: rayna@parallel.bas.bg

Daniela Borissova

Institute of Information and Communication Technologies, Bulgarian Academy of Sciences
E-mail: dborissova@iit.bas.bg

This work is subjected to copyright. All rights are reserved, whether the whole or part of the materials is concerned, specifically the rights of translation, reprinting, re-use of illustrations, recitation, broadcasting, reproduction on microfilms or in other ways, and storage in data banks. Duplication of this work or part thereof is only permitted under the provisions of the authors and/or editor.



BULGARIAN ACADEMY OF SCIENCES

Abstract of PhD Thesis

MODELING THE MODELING AND OPTIMIZATION OF COMMUNICATION STRATEGIES IN INFORMATION PROCESS MANAGEMENT

Gergana Petkova Mateeva

Supervisor: Prof. Tatiana Atanasova

Approved by Supervising Committee:

Acad. Ivan Popchev

Prof. Irina Radeva

Prof. Vassil Guliashki

Prof. Desislava Paneva-Marinova

Assoc. Prof. Katia Rasheva-Yordanova



**INSTITUTE OF INFORMATION AND
COMMUNICATION TECHNOLOGIES**
Department of Modelling and Optimization

Introduction

This doctoral dissertation analyzes existing models and proposes novel approaches for the utilization of Information and Communication Technologies (ICT) in information provision and management of information processes. Furthermore, it addresses the integration of ICT with heuristic optimization techniques and artificial intelligence-based methods to optimize strategies for managing information processes. The research proposes a new hybrid framework for optimizing communication strategies in distributed digital environments with limited resources.

Aim and Objectives

The main aim of this dissertation is to develop models and methods for optimizing communication strategies in information process management. To achieve this aim, the following objectives have been defined:

- To develop heuristic methods for optimizing communication strategies in information process management in a digital environment.
- To propose a modification of genetic algorithms for optimizing communication strategies in information process management.
- To propose a method for improving the efficiency of genetic algorithms for the purposes of information process management.
- To develop models that allow effective implementation and application of the developed heuristic methods on heterogeneous mobile and IoT devices in distributed digital environments with limited resources.
- To propose an approach for assessing the effect of the application of the developed models and methods for optimizing communication strategies for managing information flows in distributed digital environments.

Structure of the Dissertation

The dissertation is structured into three main chapters:

- Chapter 1 presents an analytical overview of contemporary trends in the development of communication strategies and technologies for managing information processes.

- Chapter 2 describes the developed heuristic methods, focusing on the DNA-inspired modification of genetic algorithms and adaptive approximation of fitness functions for optimizing communication strategies in information process management.
- Chapter 3 covers models enabling efficient application of heuristic methods on heterogeneous mobile and IoT devices in distributed digital environments with limited resources, including technical and architectural aspects of information flow management with detailed implementation.

Chapter 1: Contemporary Trends in the Development of Communication Strategies for Information Process Management

Chapter 1 provides an analytical overview of current trends in the development of communication strategies and technologies for managing information processes.

1.1 Information Processes in the Digital Environment

The advancement of ICT has led to the modern information era, where ICT serve as transformative factors across various industries. The information process includes collection, processing, acquisition, recording, organization, retrieval, display, and dissemination of data, ultimately enabling information analysis [Galbraith, 1977]. The digital environment encompasses diverse digital devices, platforms, media, data, and technologies supporting the achievement of digital goals. Figure 1.1 illustrates this environment. A profound understanding of communication as the fundamental mechanism for management and information exchange is key to effective organizational functioning.



Figure 1.1. Digital Environment (Adapted from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1029313222000719>)

1.2 Communication Models

The term "communication" originates from Latin, meaning "sharing," "messaging," "dividing," or "transmitting," emphasizing community creation, connection, and interaction among people. Effective communication requires messages to be clear, concise, specific, credible, and context- and audience-appropriate.

- Linear communication model: Represents communication as a one-way process from sender to receiver, similar to Aristotle's and later Shannon-Weaver models. This model includes elements such as information source, transmitter, channel, noise (any disturbances), receiver, and final destination. Visualized in Figures 1.2 and Figures 1.3.

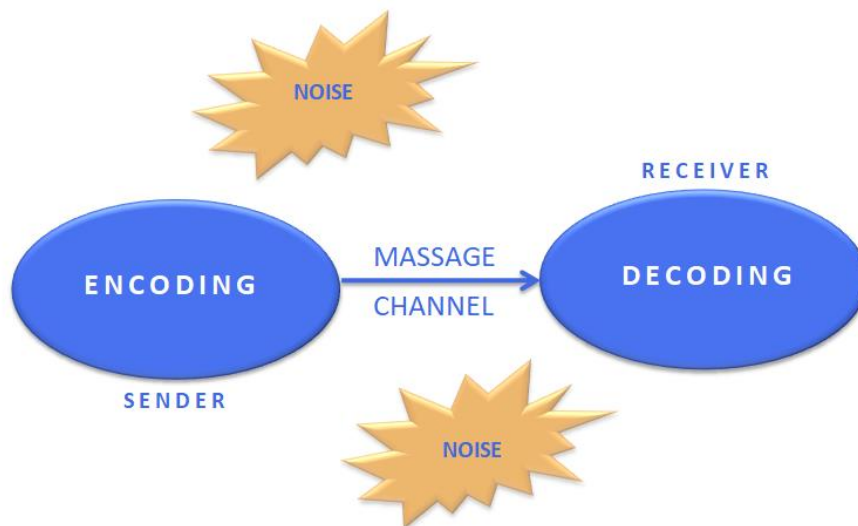


Figure 1.2. Linear Model of Communication (Adapted from: <https://pressbooks.bccampus.ca/professionalcomms/chapter/3-2-the-communication-process-communication-in-the-real-world-an-introduction-to-communication-studies/>)

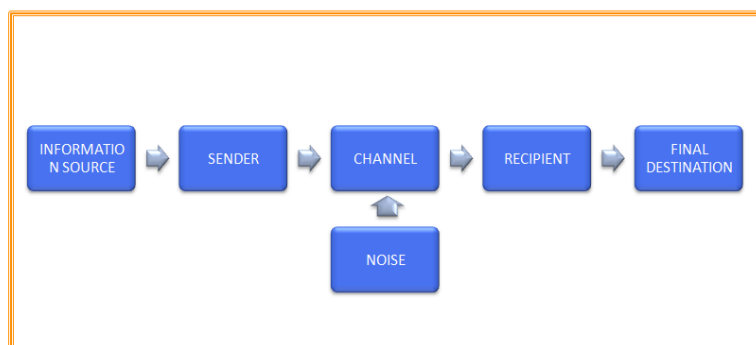


Figure 1.3. Shannon and Weaver's Linear Communication Model (Adapted from: <https://www.novavizia.com/model-za-linejna-komunikatsiya-na-shenyn-i-uvyr/>.)

- Interactive communication model: Views communication as a two-way process with feedback, where participants alternate roles of sender and receiver. Emphasizes the ongoing process and feedback significance rather than just successful transmission [Elkins et al., 2012]. Illustrated in Figure 1.4.

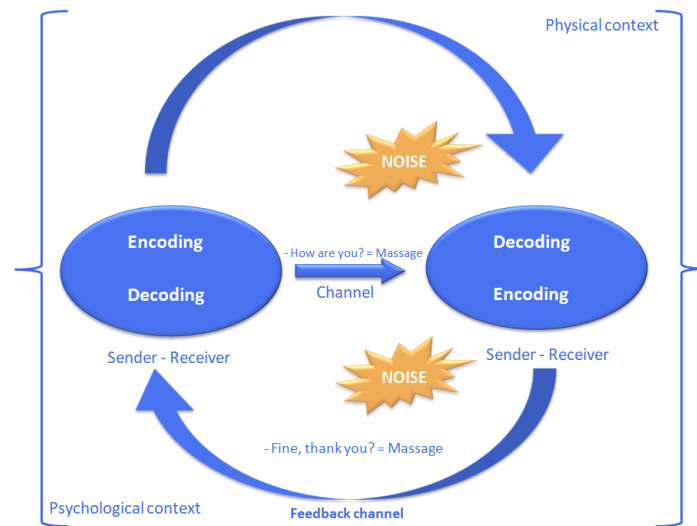


Figure 1.4. Interactive communication model

- Transactional communication model: Describes communication as a continual process where participants simultaneously send and receive messages, jointly creating social reality within a given context. Participants are seen as "communicators." Presented in Figure 1.5.

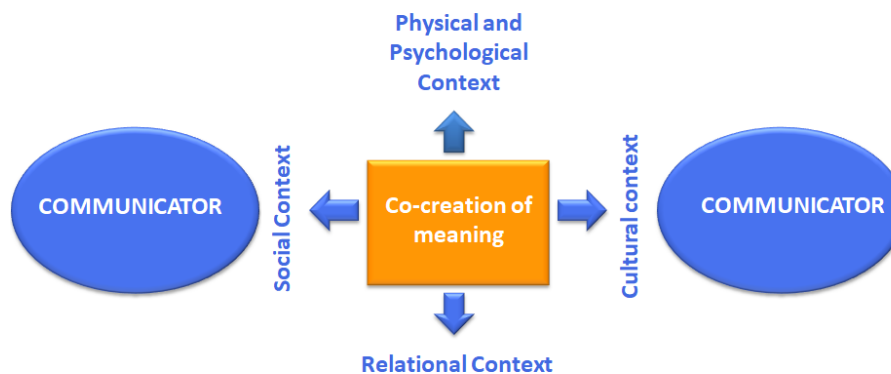


Figure 1.5. Transactional model of communication

1.3 Theoretical Foundations and Contemporary Communication Models

This section explores both classical and modern approaches, based on intelligent agents and complex organizational structures.

- Shannon-Weaver communication model: A linear, one-way message transmission model with six main elements. Widely applied in technical and network communication systems for optimizing data flow. Key elements shown in Figure 1.6, and noise influence illustrated in Figure 1.7.

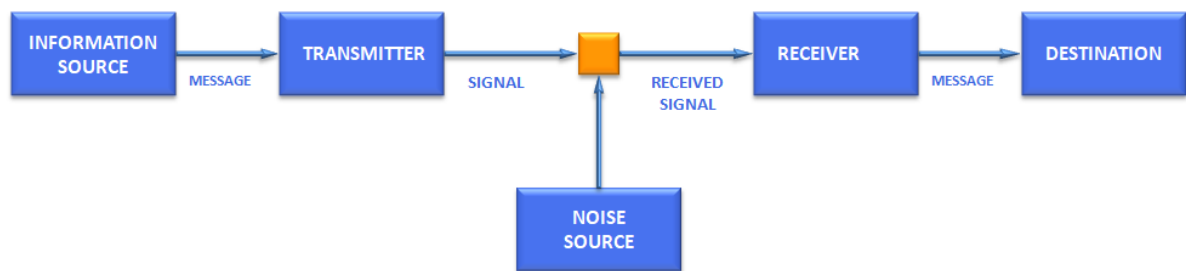


Figure 1.6. Key elements of the Shannon-Weaver model

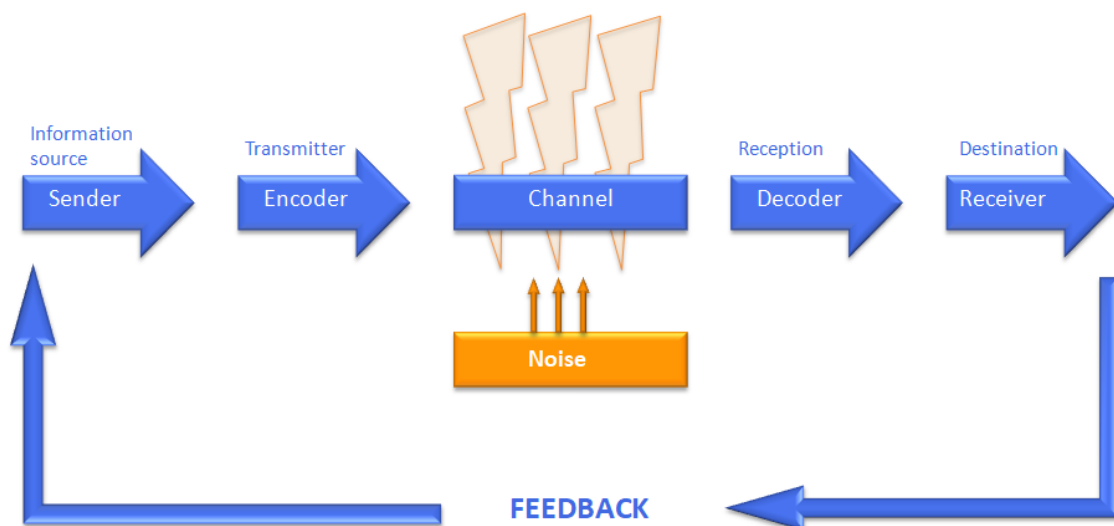


Figure 1.7. Impact of noise on the communication process

- Agent-based communication model: Uses autonomous software agents governed by Artificial Intelligence (AI) to interact and optimize data exchange in multi-agent systems

(MAS), supporting automated decision-making. Typical characteristics of autonomous agents shown in Figure 1.8; taxonomy of interaction models in Figure 1.9.



Figure 1.8. Typical characteristics of an autonomous agent (Adapted from: Martin Ivanov, *Modern application of multi-agent simulation models in research and practice*, New Bulgarian University, Department of Informatics)

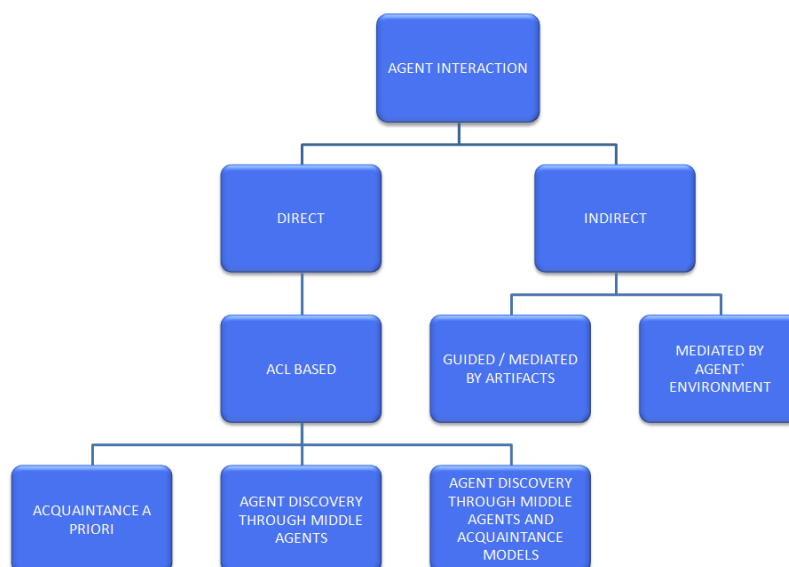


Figure 1.9. Taxonomy of Agent Interaction Models (Adapted from: Bandini Stefania, Sara Manzoni and Giuseppe Vizzari, *Agent Based Modeling and Simulation: An Informatics Perspective*, *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 12 (4) 4, 2009, <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/12/4/4.html>)

- Hierarchical and decentralized communication models: Hierarchical models feature structured top-down communication typical for corporate environments, while decentralized

models provide secure and distributed communication (e.g., peer-to-peer or blockchain-based systems). Hybrid structures combine advantages of both. Theoretical model illustrated in Figure 1.10. Table 1.1 summarizes key differences in decision-making, communication, responsibility, and system scale.

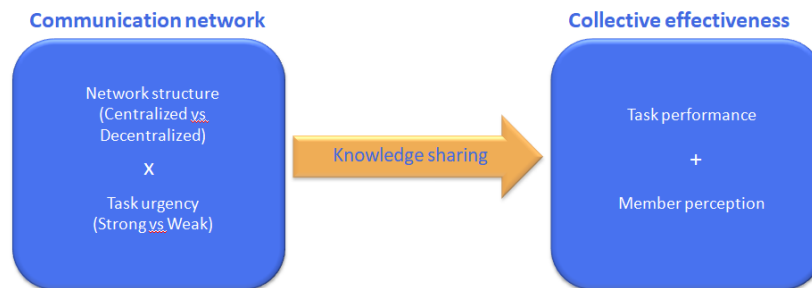


Figure 1.10. Theoretical model of centralized/decentralized communication structure (Adapted from: Ding, X., Shen, W., & Wang, S. (2024). Centralized or Decentralized? Communication Network and Collective Effectiveness of PBOs — A Task Urgency Perspective. *Buildings*, 14(2), 448. <https://doi.org/10.3390/buildings14020448>)

Differences	CENTRALIZED	DECENTRALIZED
Decision-making	One main controlling element defines the processes and strategies.	Different components in the system make independent decisions related to their areas.
Communication	The flow of information is mostly one-way, from the control center to the executive elements that implement the tasks.	System components exchange information more flexibly and directly with each other, allowing for a freer exchange of information flows.
Responsibility	The main responsibility is concentrated in the central management element, which directs the execution of information processes with minimal external intervention.	Responsibility is distributed among the interacting components in the communication system, which provides the opportunity for feedback and adaptation in the management of information processes.
Size of system	This model is often more suitable for systems with a smaller scale or a smaller number of interacting elements and information flows.	It is usually effective for large-scale systems with multiple distributed components, where flexible management of information processes is required.

Table 1.1. Comparison between centralized and decentralized models

- Game-theoretic communication model: Optimizes strategic interactions between agents in competitive or cooperative settings, with applications in cybersecurity and business negotiations [Marchao et al., 2020].

- Modeling and simulation in communication: Integrates communication between design, production, marketing, and management to optimize the entire product and process development chain [Balasko et al., 2008].
- Data quality management in information processes: Involves defining standards, control, and continuous improvement of information flows to ensure accuracy, completeness, timeliness, and relevance.

Figure 1.11 structurally presents main directions and interrelations in communication strategies [Glowalla et al., 2014; Demirdöğen et al., 2020].

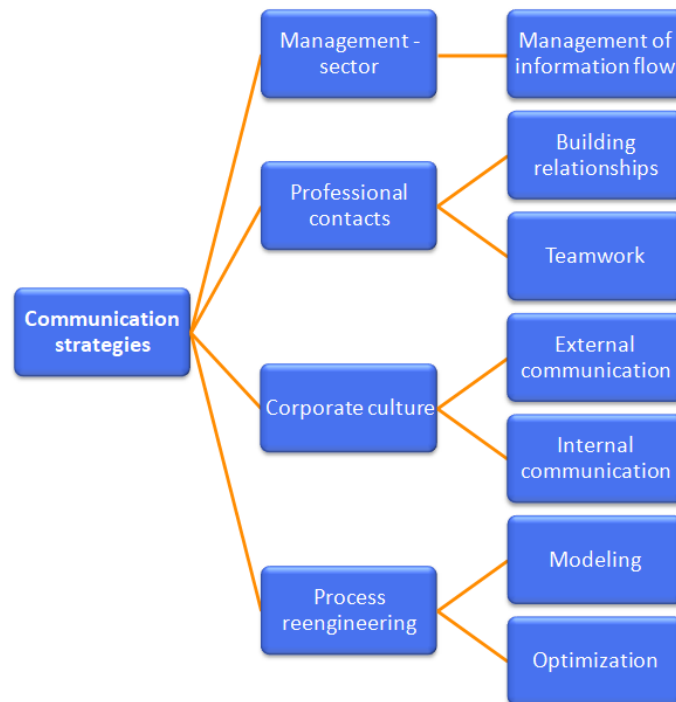


Figure 1.11. Communication strategies (Scopus)

1.4 Communication Strategies in the Digital Environment

Communication strategies in the digital environment focus on achieving objectives through online platforms and tools. Strategic communication is a deliberate and systematic approach to delivering messages aligned with organizational values and goals. Information management is conceptually divided into phases: collection, storage, analysis, and transmission [Hinton, 2006]. The development of a digital communication strategy involves sequential steps, visualized in Figure 1.12, encompassing data collection and analysis, channel and target audience identification,

selection of communication levers, data analysis and interpretation, key message formulation, as well as monitoring, feedback, and adaptation.



Figure 1.12. Steps in creating a digital communication strategy (Adapted from: <https://dottopia.com/what-is-digital-communication-strategy/>)

Table 1.2 covers interrelations among social, technical, and management elements; communication; organizational culture; information dissemination; information management; ICT alignment; stakeholder engagement; and continuous improvement. A successful strategy informs, prepares for change, and convinces stakeholders of decision optimality.

Characteristics	Description
Interconnection of social, technical and management components	Integrating social, technical, and management elements ensures that communication is comprehensive and covers all aspects of the organization.
Top-down and bottom-up communication	Information needs to flow both ways, ensuring that all levels of the organization are engaged and informed.
Alignment with organizational culture and strategy	This alignment helps achieve organizational goals and increases the effectiveness of the organization.
Information distribution channels	Identifying and using key channels for information dissemination is crucial. This includes both formal and informal channels to ensure that information reaches all relevant stakeholders effectively.
Information management phases	A communication strategy should cover key phases of information management: collecting, storing, analyzing, and communicating information. This structured approach ensures that information is

	managed efficiently and effectively..
Strategic alignment with ICT	Communication strategies need to be aligned with ICT. This alignment helps to optimize the use of ICT for better information management and decision-making processes.
Stakeholder engagement and feedback	This ensures that the communication strategy is well accepted and understood by all parties involved, facilitating smoother implementation of the strategies.
Constant improvement and adaptation	Communication strategies must be dynamic and adaptable to change. Maintaining effective communication requires continuous improvement based on feedback and changing organizational needs.

Table 1.2. Main requirements for communication strategies

1.5 Components of Modern Communication Strategies

Modern communication strategies include several fundamental components:

- **ICT integration:** A foundational element providing infrastructure, tools, and platforms for effective information collection, processing, storage, and dissemination, supporting automation and interaction.
- **Strategic planning and communication management:** A systematic process of planning, crafting, and disseminating messages aligned with organizational goals. Key stages are shown in Figure 1.13.

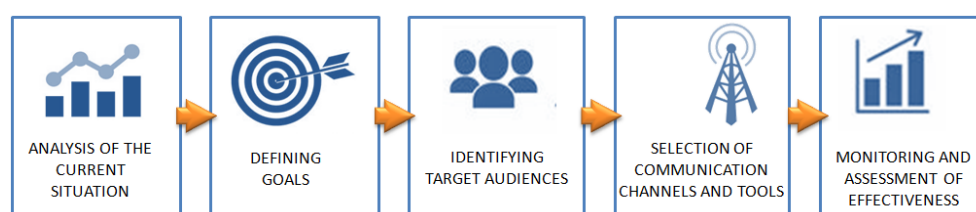


Figure 1.13. Key stages in the communication strategy

- **Integration of organizational processes and communication flows:** Ensures synchronization and coordination among various units (design, production, marketing, management) to optimize product and service chains.
- **Human factors and cultural context:** Considers motivation, attitudes, cultural characteristics, and participant expectations to build trust and collaboration.
- **Monitoring, evaluation, and adaptation:** Mechanisms for timely problem identification, approach adjustment, and continuous strategy improvement.

1.6 Role and Impact of ICT in Communication Strategies for Information Process Management

ICT plays a crucial role in several aspects:

- Importance for decision-making and management: Provides reliable methods for information collection, access, storage, processing, dissemination, and evaluation, which are essential for effective management and competitiveness enhancement [Escobar-Toledo & Martínez-Berumen, 2011, 2013]. Illustrated in Figure 1.14.

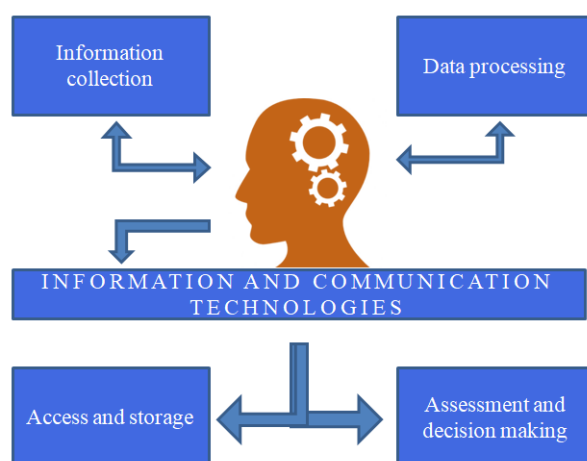


Figure 1.14. Importance of ICT for decision-making and management

- Role in knowledge management and innovation: Supports acquisition, dissemination, and use of knowledge vital for employee-driven innovation and overall organizational efficiency.
- Integration and digitalization of management systems: ICT streamlines operational, tactical, and strategic processes, strengthens communication links, and forms the basis for the Fourth Industrial Revolution technologies [Caffrey & McDonagh, 2015].
- Need for dynamic adaptation of communication strategies: Changing environmental demands require dynamic communication strategies to maintain competitiveness, including comprehensive risk management processes [de Freitas et al., 2018].

1.7 Challenges in Implementing Communication Strategies in Organizational Information Process Management

Implementing communication strategies entails several challenges:

- Complex organizational structures: Matrix structures present unique communication challenges due to their complexity [Gillard, 2005].

- Decentralized data sharing: Effective query evaluation and information integration are difficult due to overlapping data and the need for inter-source processing [Chen et al., 2008].
- Effective communication and management control: Lack of effective communication mechanisms may hinder management control and organizational effectiveness [Chtioui & Dubuisson, 2020].
- Dynamic and evolving requirements: Changing environmental demands require dynamic strategies, while mismatches in information system abstractions lead to inefficiencies [Bendoly et al., 2008].
- Technological integration and adaptation: The complexity of integrating diverse data sources and maintaining up-to-date information is significant, especially during transitions to electronic document management [Pobegaylov et al., 2016].

1.8 Optimization and Improvement of Communication Strategies

Optimization is a key factor for organizational success, involving systematic approaches for analysis, improvement, and adaptation.

- Analysis and evaluation of communication processes: Starts with detailed analysis of existing processes, data collection, communication model usage, and feedback. Table 1.3 outlines steps such as data gathering, communication model application, visual analysis, feedback analysis, channel effectiveness evaluation, and root cause identification.

1. Data Collection
• Surveys and Interviews: Conducted with participants in the communication process to gather feedback on the frequency, channels, quality, and results of communication. • Observation: Analysis of real communication situations to identify difficulties or inefficiencies.
2. Use of Communication Models
• Linear, Interactive, Transactional, and Agent-Based Models: Examine the various aspects of communication – who is the source, how is the information transmitted, who is the recipient, and what feedback is received.
3. Visual Analysis through Graphs and Charts
• Graphs like the one attached: Visualize key stages and possible problem areas, making it easier to identify weak points.
4. Feedback Analysis
• Qualitative and Quantitative Analysis: Evaluate the content of the feedback to identify

common difficulties, ambiguities, or lack of information.
5. Channel Performance Assessment
• Comparison between different channels: It is determined which communication channels are the most effective and where difficulties or delays are observed.
6. Determining the causes of problems
• Root cause analysis: Analysis of cause-and-effect relationships to find the root causes of communication difficulties.

Table 1.3. Identification and analysis of problem areas in communication processes

- Implementation of modern ICT: Integrating innovative ICT is essential for optimization, enabling automation, personalization, and audience segmentation. The role of ICT is depicted in Figure 1.15.

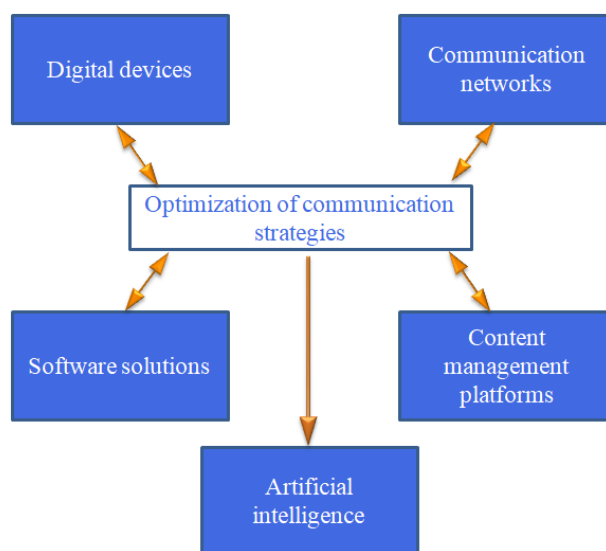


Figure 1.15. Integration of ICT in communication strategies

- Contemporary industry developments in communication: Use of analytical tools for continuous monitoring of key performance indicators (KPI), providing visual reports and recommendations. Table 1.4 lists tools such as Trello, Asana, Slack, Microsoft Teams, Lightico, Google Analytics, and Hootsuite with their functions and applications.

Tool	Features	Applications
Trello	Task and Process Management	Campaign Planning and Tracking
Asana	Team Task Coordination	Internal Communication Optimization
Slack	Real-Time Communication	Improving Internal Communication
Microsoft Teams	Video Conferencing and Chat	Remote Team Management
Lightico	Conversation Analytics and KPI	Customer Interaction Optimization
Google Analytics	Traffic and Conversion Measurement	Digital Campaign Evaluation
Hootsuite	Social Media Management and Analysis	Strategy Monitoring and Adaptation

Table 1.4. Basic analytical tools for optimizing communication strategies

- Information overload management: A critical aspect involving ensuring information quality and strategies to prevent overload [Eppler, 2015]. The efficiency curve in Figure 1.16 illustrates how increased information volume can improve but beyond a certain point reduce decision-making effectiveness.

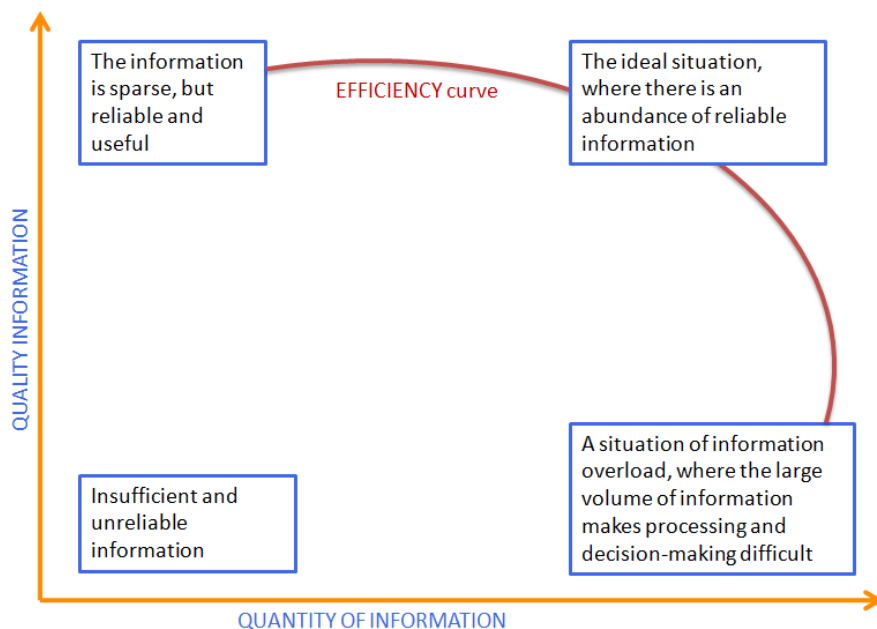


Figure 1.16. Efficiency curve

- Integration of organizational processes and communication flows: Optimization requires process integration for better coordination and information exchange.

- Impact assessment and continuous improvement: Periodic reviews and feedback analysis for adaptation to dynamic changes and sustainable development.

1.9 Methods for Optimizing Communication Strategies

Heuristic and AI-driven techniques are applied to improve communication strategies, enhancing efficiency and effectiveness in complex systems, including hyperheuristics and meta-heuristic techniques. Figure 1.17 visualizes these approaches.

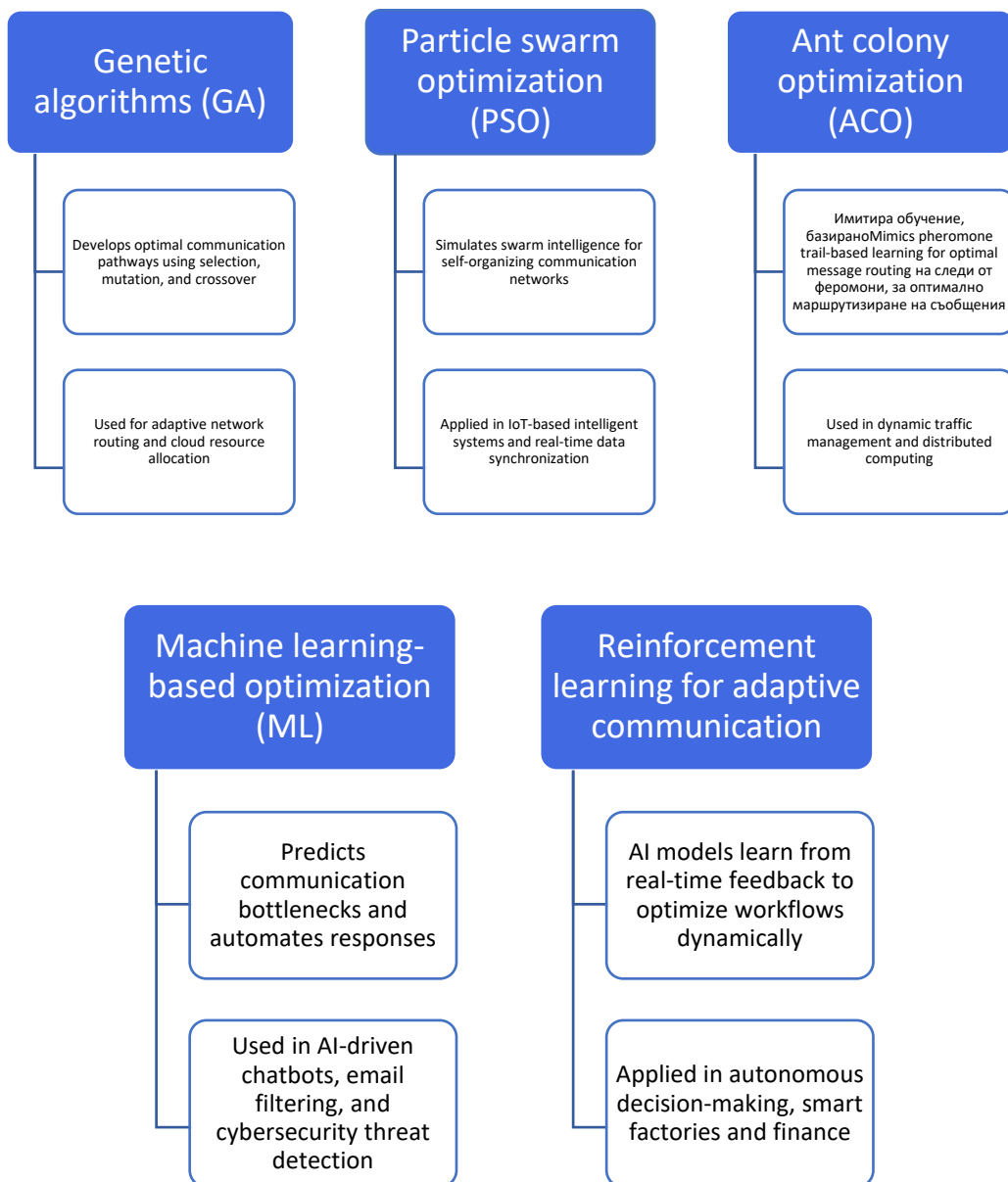


Figure 1.17. Optimization methods

- Optimization techniques and methods include:
 - Genetic Algorithms (GA): Stochastic optimization methods inspired by natural selection, using selection, mutation, and crossover for optimal solutions in adaptive network routing and cloud resource allocation [Cormen et al., 2022].
 - Particle Swarm Optimization (PSO): Algorithm based on collective swarm behavior, applied in self-organizing communication networks and IoT systems [Heaton, 2014; Iba, 2020].
 - Ant Colony Optimization (ACO): Algorithms mimicking ant food-searching behavior, used for dynamic message routing [Heaton, 2014; Iba, 2020].
 - Machine Learning (ML): Predicts bottlenecks, automates responses, integrates into AI systems for enhanced efficiency and security [Petrov et al., 2022].
 - Reinforcement Learning: Enables AI models to learn from real-time feedback for dynamic optimization of communication and work processes [Petrov et al., 2022].
- Practical applications of optimized communication strategies include corporate communication and collaboration, cloud and distributed computing, cybersecurity and secure information exchange, IoT and intelligent systems with self-optimizing networks and AI-assisted predictive maintenance.

1.10 Contemporary Trends in the Development of Communication Strategies for Information Process Management

These trends focus on enhancing efficiency, automation, and decision-making, summarized in Figure 1.18.

- AI-driven communication and automation: AI chatbots and virtual assistants with NLP improve real-time communication, reduce human intervention, and support decision-making via predictive analytics.
- Knowledge and big data management: Development of Big Data and quantum computing transforms data analysis, requiring effective knowledge management and new approaches [Van De Bogart, 2015].
- Risk management in digital transformation: Effective communication strategies must include mechanisms for managing risks related to new digital transformation challenges [Salutina et al., 2023].
- Interactive and dynamic communication: Uses new technologies to enhance engagement and efficiency with dynamic search strategies [Tešić, 2016].

- Sector-specific telecommunications applications: Development of digital strategies is vital for competitive advantage through innovative solutions and new business models [Polyanin et al., 2017; Martynakova et al., 2019; Folch & Tamayo, 2008; Prokofiev et al., 2021].
- Cloud-based and remote collaboration technologies: Platforms like UCaaS unify communication channels, while cloud and blockchain technologies improve transparency and security for hybrid and remote work.
- IoT and Edge Computing integration: Smart IoT devices automate information exchange, and Edge Computing reduces latency in time-sensitive applications.
- Data-driven communication optimization: Dynamic workflow automation and Digital Twin technology regulate information flow and simulate optimization strategies.
- Blockchain and cybersecurity in communication: Decentralized blockchain networks provide transparency and immutability; zero-trust security models and end-to-end encryption enhance protection.
- Adaptive and context-aware communication: AI personalizes information flow, and gamification increases effectiveness.

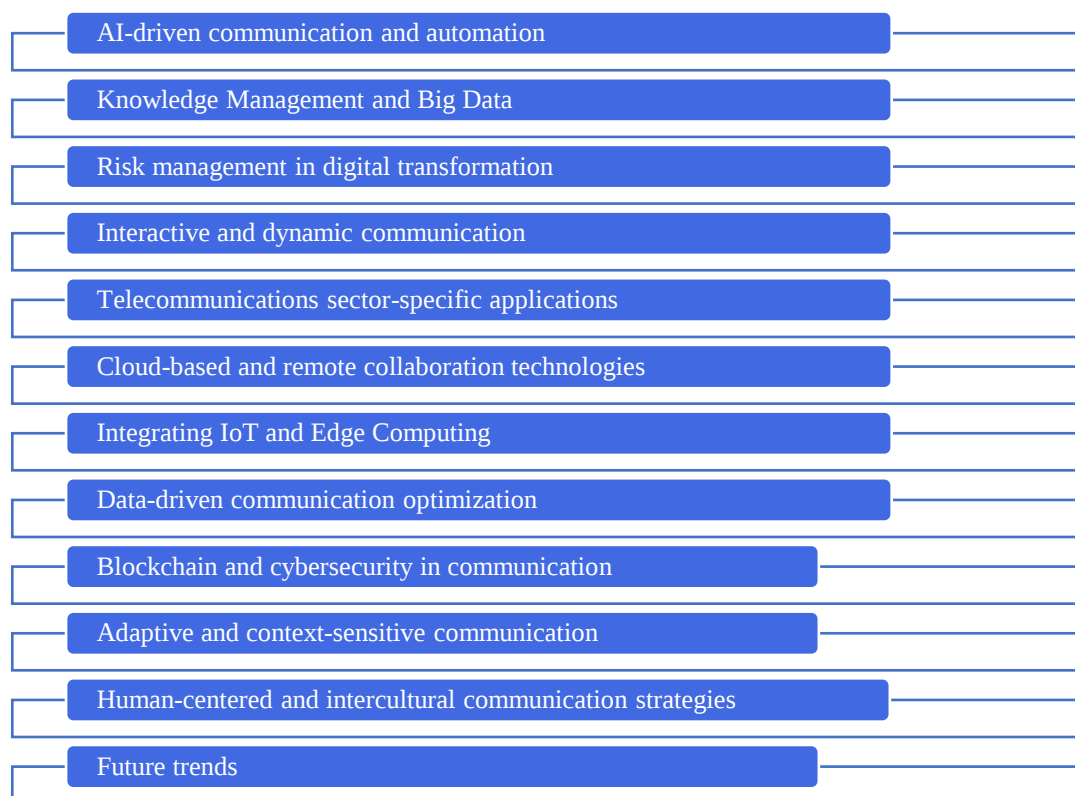


Figure 1.18. Main contemporary trends in the development of communication strategies for information process management

- Human-centered and intercultural communication strategies: Emotional AI and multilingual AI translation improve human interactions and global information processes, aligned with digital ethics.
- Future trends in optimizing communication strategies: Include quantum communication (QKD) for exceptional security, 5G/6G networks for high-speed connectivity, AI collaboration, and holographic interfaces for more secure, fast, and intelligent communication strategies.

1.11 Conclusions

Modeling and optimizing communication strategies in information process management significantly enhances their efficiency, security, and adaptability. Utilizing AI, heuristic algorithms, and decentralized architectural models enables organizations to achieve effective data-driven decision-making. Future trends emphasize greater adaptability, personalization, and real-time decision-making. Technology integration in communication strategies optimizes decision-making, internal communication, business processes, flexibility, risk management, and collaboration.

Chapter 2: Methods for Heuristic Optimization of Communication Strategies in Information Process Management

This chapter focuses on the use of heuristic and metaheuristic methods for optimizing communication strategies in managing information processes, emphasizing efficiency and handling system complexity.

2.1 Heuristic Optimization Methods for Communication Strategies

To improve the efficiency and effectiveness of communication in complex systems, the dissertation proposes the use of hyperheuristics and metaheuristic techniques.

2.1.1 Hyperheuristics

Hyperheuristics are high-level strategies that select, combine, or generate heuristics to solve problems. They use information gained during the search process, often involving probabilistic selection and reward-punishment mechanisms for optimization [Navarro et al., 2023].

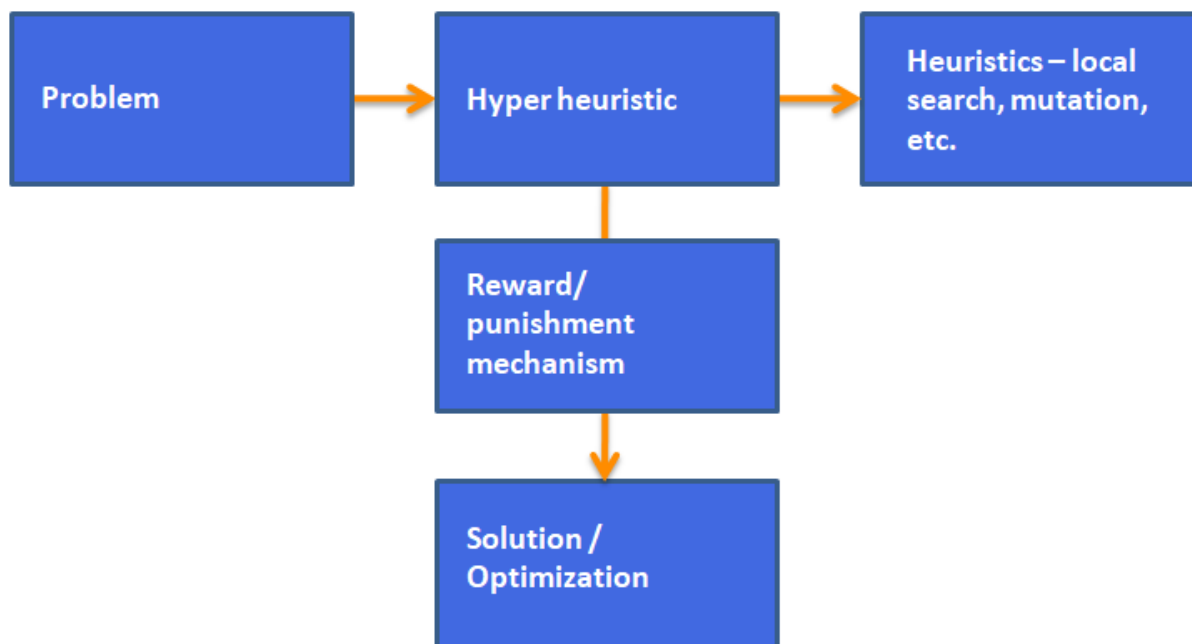


Figure 2.1. Information on the search process

2.1.2 Metaheuristic Techniques

Metaheuristic techniques (MHT) are used for effective information management in complex systems such as logistics and distribution. They focus on collaboration, communication, and knowledge exchange along the supply chain and are critical for organizations requiring advanced decision support systems [Yang, 2022].

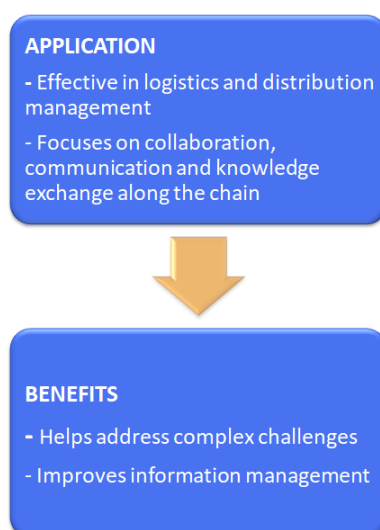


Figure 2.2. Applications and benefits

2.2 Genetic Algorithms: Theoretical Foundations and Modifications

Genetic algorithms (GA) are heuristic global optimization methods inspired by natural selection and genetics, used to solve complex optimization problems by mimicking natural selection and reproduction processes.

2.2.1 Basic Principles of GA

The process starts with a random population of candidate solutions. Key stages include:

- Selection: Better-performing solutions have a higher chance to be chosen for reproduction.
- Crossover: Combining two or more solutions to create new ones.
- Mutation: Random changes to solutions to introduce diversity.

The fitness value of each individual is calculated by a fitness function assigning a numerical quality score to the solution. This function may represent error or cost. The population evolves towards better solutions through repeated application of these operators [Mateeva et al., 2023].

2.2.2 DNA-Inspired Modification of Genetic Algorithms

A DNA-inspired GA modification is proposed, using chromosomes as binary twins with inverted bits (bit-string twin optimization). Each chromosome has a complementary pair, allowing more efficient search space exploration, better constraint handling, and maintaining population diversity [Mateeva et al., 2023]. Despite potentially higher computational costs, twin chromosomes share the same fitness value, possibly avoiding premature convergence. The implementation uses the open GA C/C++ library.

2.2.3 Experiments and Results

Experiments validating the DNA-inspired GA modification were conducted using well-known benchmark optimization functions [Balabanov, 2020]. Figure 2.3 depicts a two-dimensional benchmark function surface with many flat areas and local optima, making global optimum discovery challenging.

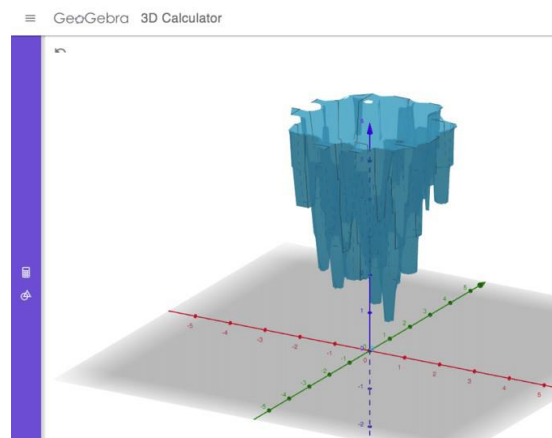


Figure 2.3. A two-dimensional version

The C/C++ source code was executed on a mobile device with the Linux Postmarket OS distribution.

2.3 Application of GA in Information Flow Management in Distributed Computing

2.3.1 Managing Information Flows in Distributed Computing with GA

The dissertation proposes a strategy for managing information flows in distributed computing systems using GA:

- Data flow from server to mobile devices: Financial time series data is provided by a web server to mobile devices for computation [Mateeva et al., 2022].
- Management of global and local populations: The application maintains a global population on the server and local populations on devices, controlled by different evolutionary algorithms.
- Distributed computing without frequent synchronization: The architecture allows local solution evolution over extended periods without frequent synchronization, reducing node interdependence.
- Modular architecture: The mobile application features a modular architecture for maximum configurability.

Figures 2.4 to 2.8 illustrate data flow, algorithm convergence, performance, and computational cost evaluations related to MOEA Framework and Jenetics implementations.

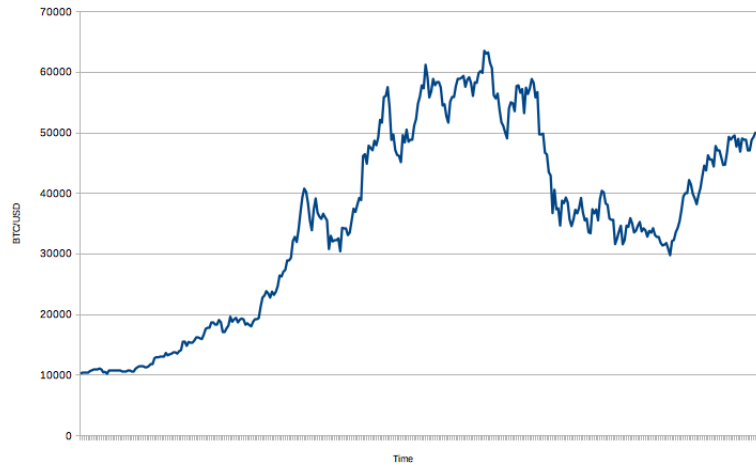


Figure 2.4. Bitcoin price

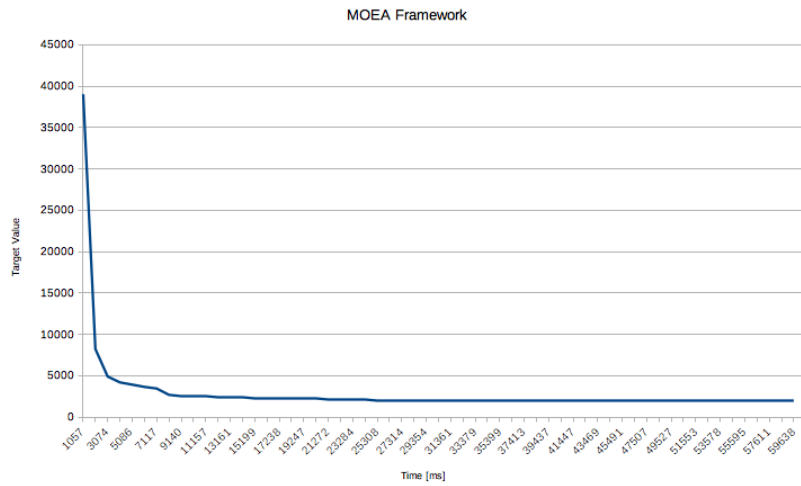


Figure 2.5. MOEA Framework convergence

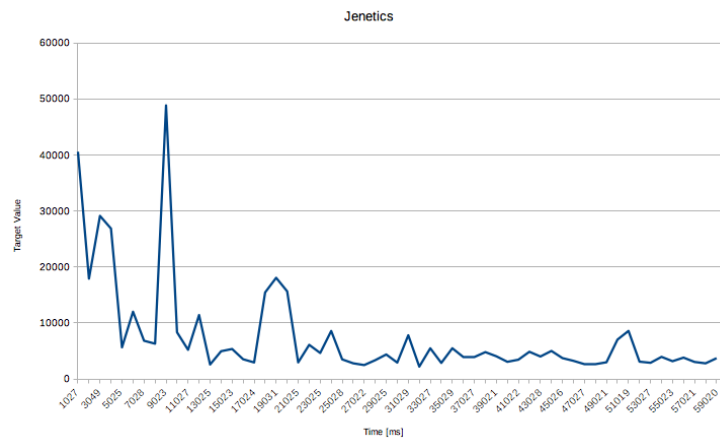


Figure 2.6. Jenetics convergence.

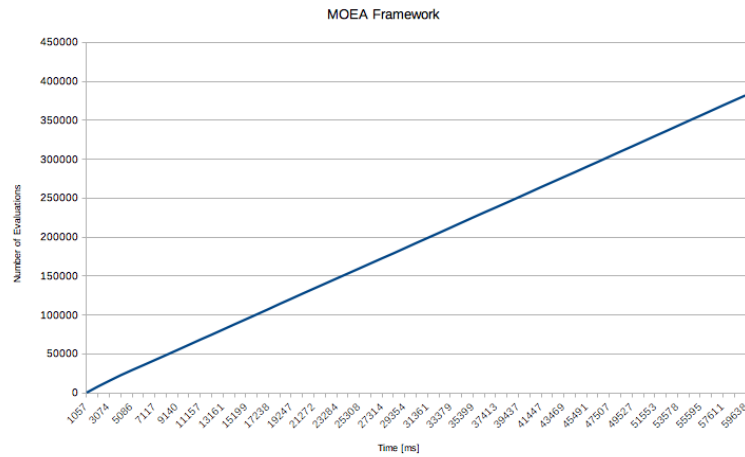


Figure 2.7. MOEA Framework number of target function calculations

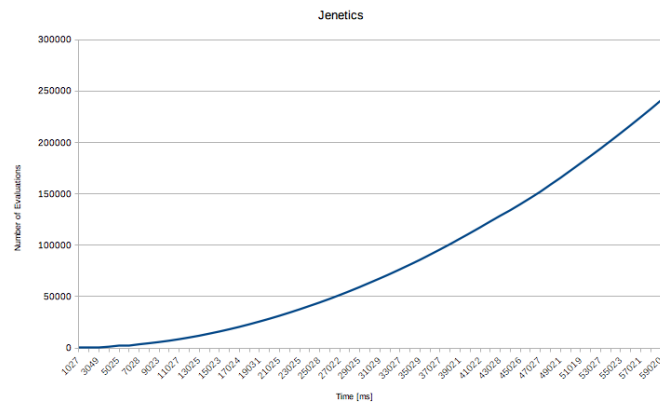


Figure 2.8. Jenetics number of target function calculations

2.3.2 Financial Time Series Forecasting Using GA

GA are applied for forecasting financial time series in distributed computing, utilizing gradient methods for training Artificial Neural Networks (ANN). Android OS services support background computations, and Live Wallpaper is used for intermediate result visualization.

Figures 2.9 to 2.11 illustrate sample time series, training data formation, and data feeding into ANN.

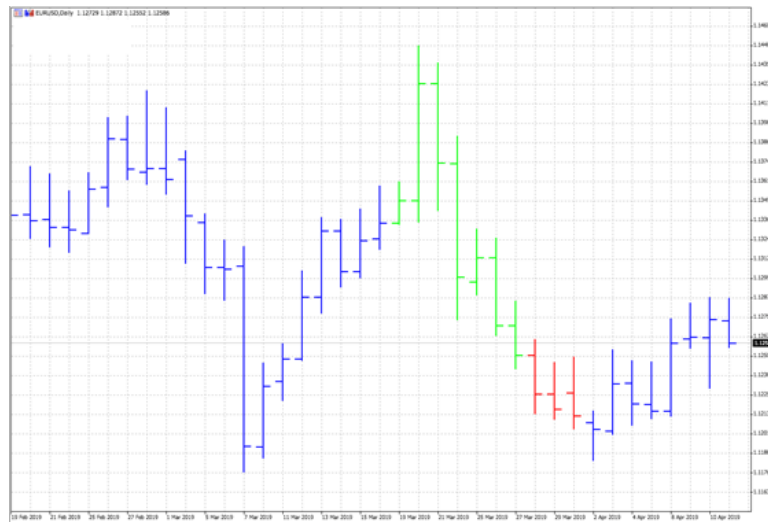


Figure 2.9. Time series

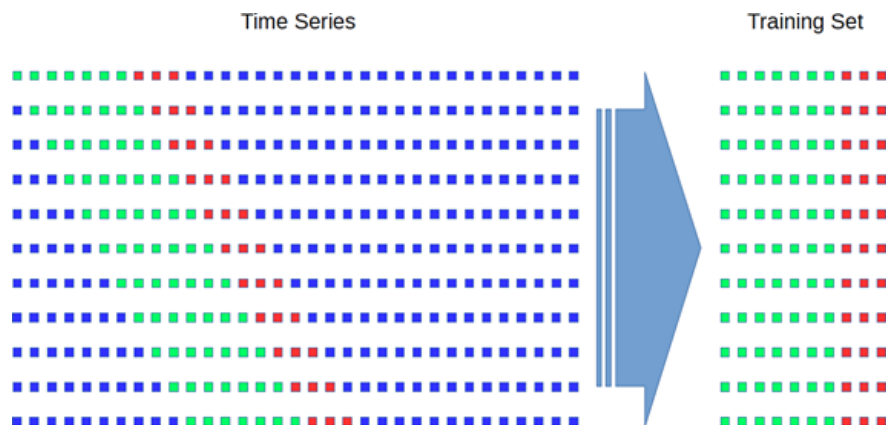


Figure 2.10. Training set formation

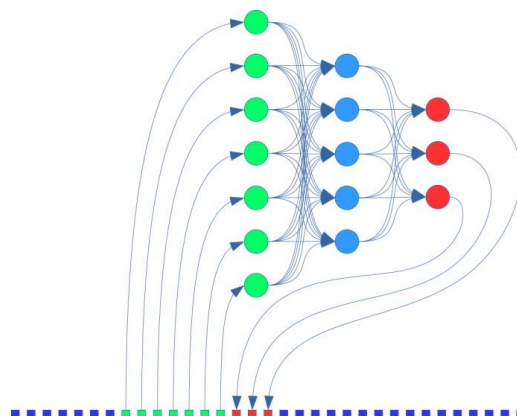


Figure 2.11. Artificial neural network data feeding

Quantitative evaluation uses metrics such as Mean Absolute Error (MAE) and Root Mean Square Error (RMSE). The system employs a client-server architecture with mobile devices connecting via RESTful HTTP/JSON communication. An alternative forecasting approach uses curve approximation via sinusoidal series and linear regression, with GA optimizing coefficients [Xujie Tan et al., 2023].

2.3.3 Internal Information Management Strategies in GA in Digital Environment via Fitness Function Approximation

The fitness function is a key information process in GA guiding their evolution. When fitness functions are time-consuming, GA efficiency drastically decreases. Approximation using Lagrange polynomials is proposed to speed up optimization and reduce costly interactions. This enhancement enables metaheuristics to be applied in previously inaccessible domains [Mateeva et al., 2022].

2.3.4 Experiments and Results

Three experiments compared standard GA with GA using approximated fitness functions in an optimization gaming environment (RTP). The first experiment showed the advantage of the approximated fitness function near the optimization process end (Figures 2.12 to 2.14).

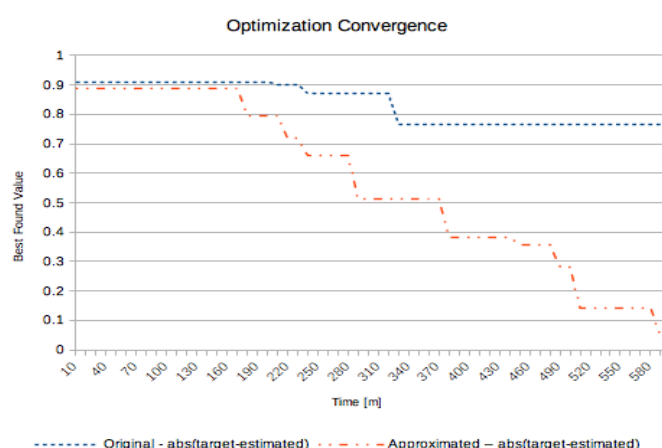


Figure 2.12. First experiment

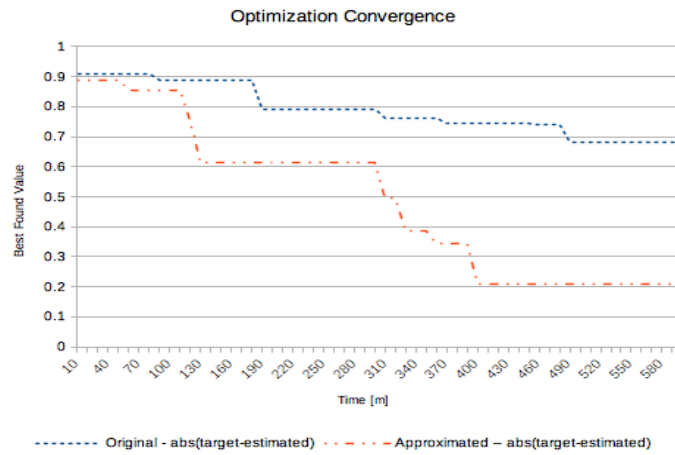


Figure 2.13. Second experiment

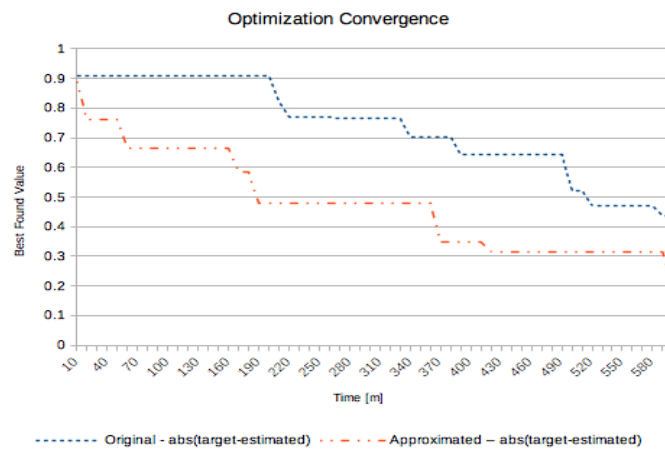


Figure 2.14. Third experiment

2.4 Study of Statistical Properties in Optimization: Data Quality and Random Number Scaling

Data quality is crucial. The generation and scaling of random numbers are critical for GA.

2.4.1 Generation and Scaling of Random Numbers

Random numbers can be generated by:

- Pseudorandom Number Generators (PRNG): Use deterministic algorithms such as Mersenne Twister.
- True Random Number Generators (TRNG): Use physical processes such as TrueRNG v3.

2.4.2 Random Number Scaling Techniques

Scaling transforms generated numbers into desired ranges using linear, nonlinear, or specific scaling without introducing bias.

2.4.3 Statistical Tools and Experiments

The "ent" tool evaluates entropy of files and byte sequences, measuring:

- Entropy: Degree of randomness and unpredictability.
- Chi-square test: Assesses uniformity of byte value distribution.
- Arithmetic mean value: Average byte value.
- Monte Carlo estimation of Pi: Approximate value of Pi via sampling.
- Serial correlation coefficient: Measures dependence between consecutive values.

2.4.4 Experiments and Results

Experiments with Mersenne Twister and TrueRNG v3 data scaled from 0–1 to 0–32 show scaling does not significantly affect statistical properties of pseudorandom numbers.

Figures 2.15 to 2.26 present entropy, chi-square values, mean values, and serial correlations for different ranges.

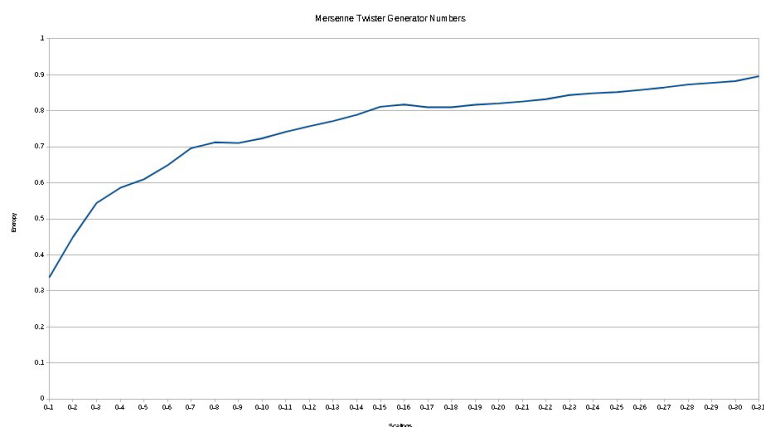


Figure 2.15. Mersenne Twister entropy

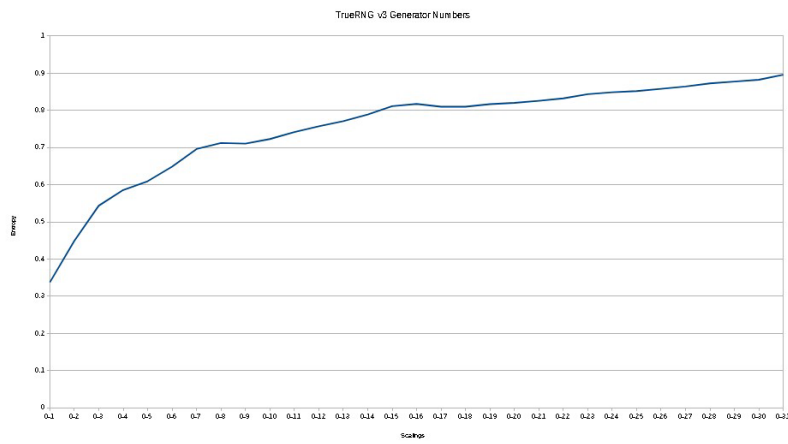


Figure 2.16. TrueRNG v3 entropy

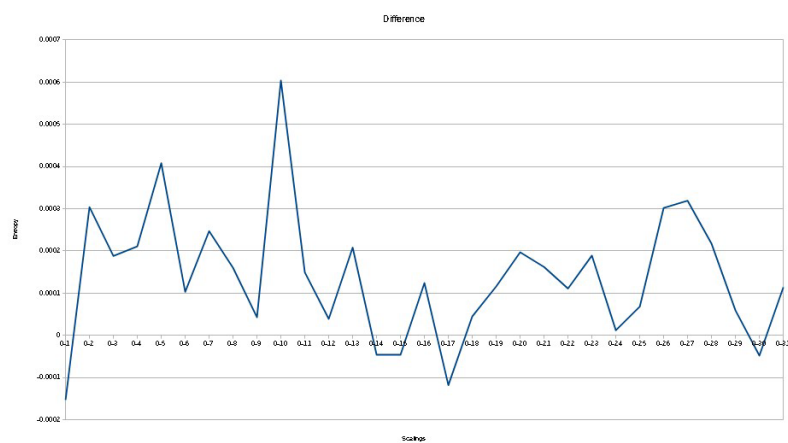


Figure 2.17. Entropy difference

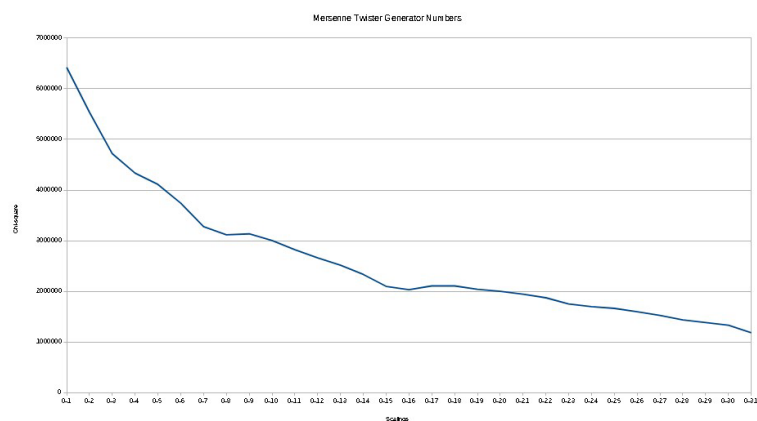


Figure 2.18. Mersenne Twister chi-square

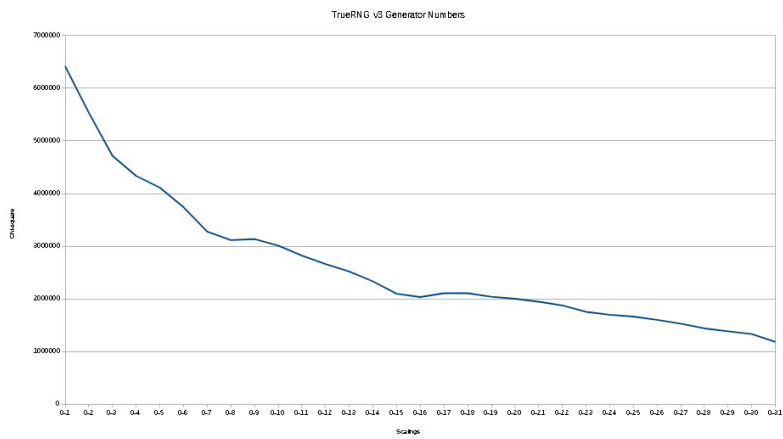


Figure 2.19. TrueRNG v3 chi-square

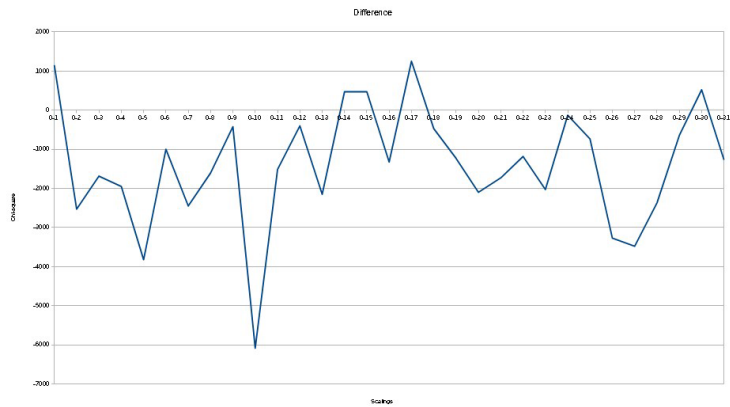


Figure 2.20. Chi-square difference

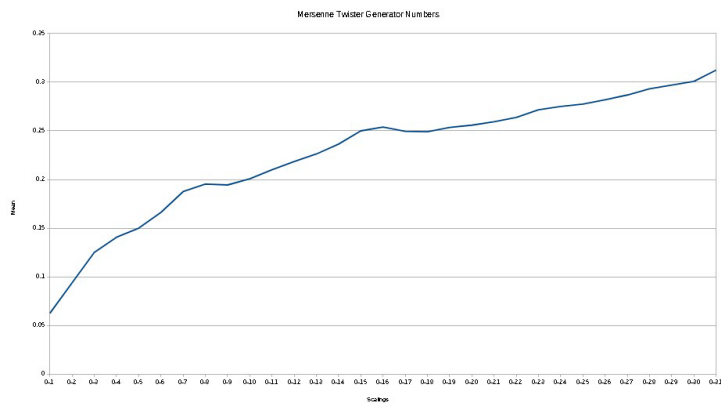


Figure 2.21. Mersenne Twister mean

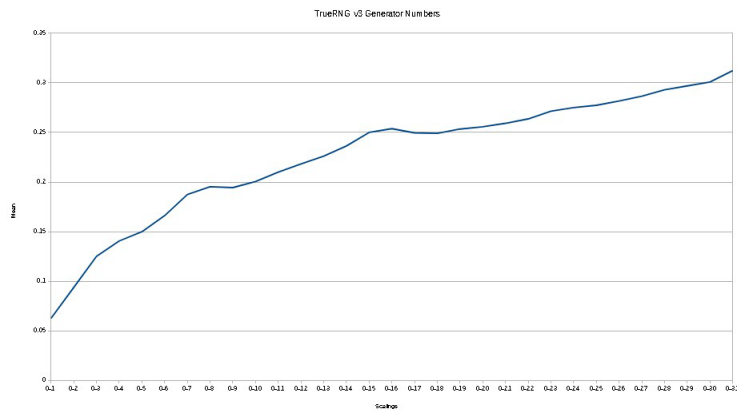


Figure 2.22. TrueRNG v3 mean

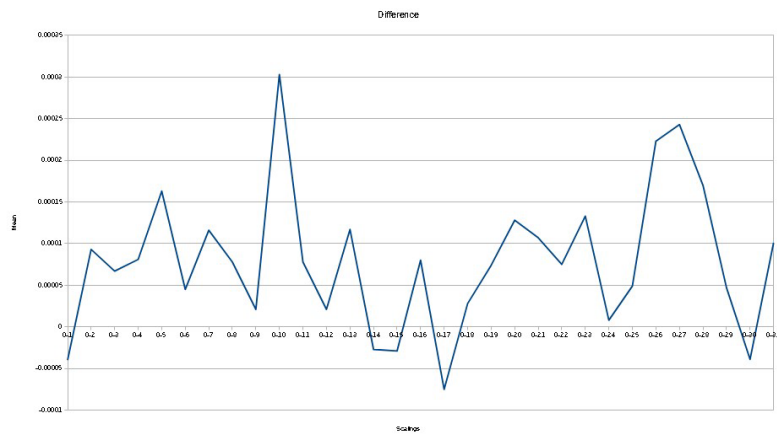


Figure 2.23. Mean difference

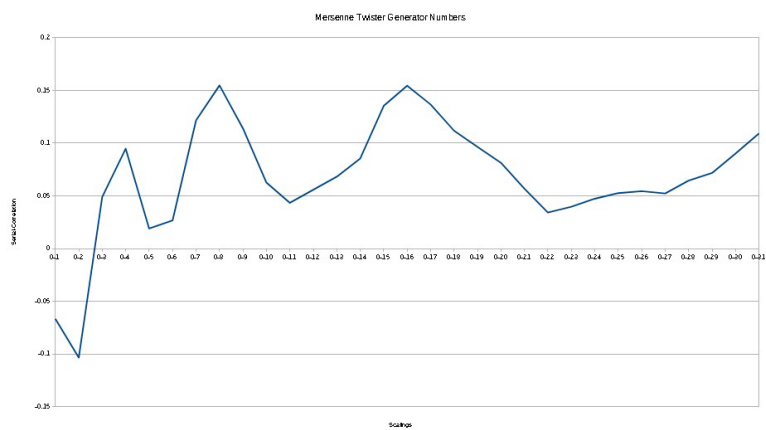


Figure 2.24. Mersenne Twister serial correlation

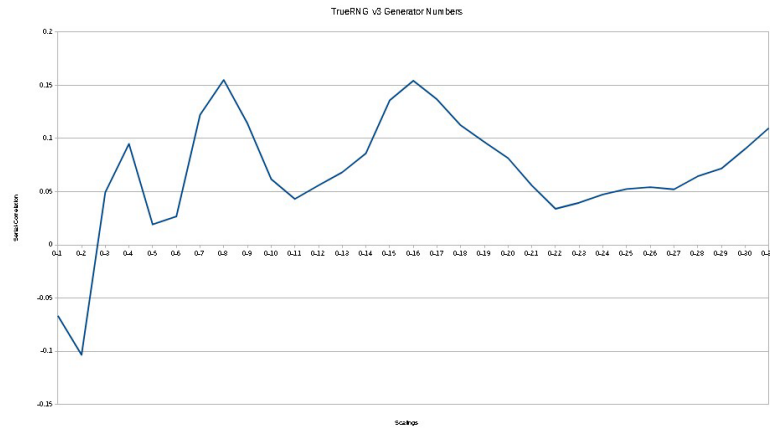


Figure 2.25. TrueRNG v3 serial correlation

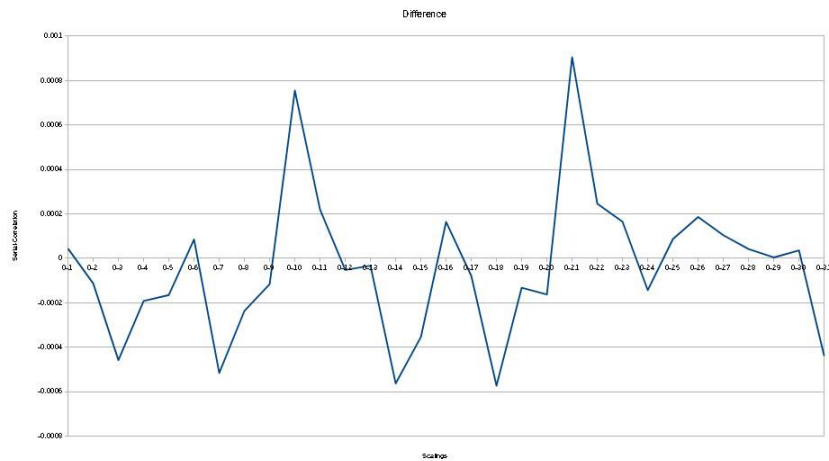


Figure 2.26. Serial correlation difference

2.5 Conclusions

Heuristic and metaheuristic methods, especially GA, provide robust frameworks for improving communication strategies and information process management in complex systems. The DNA-inspired GA modification and adaptive approximation of time-consuming fitness functions significantly reduce computational and communication traffic, enabling GA applicability on resource-constrained devices. Modular software organization and use of open libraries contribute to flexibility and quality of distributed systems. The holistic optimization approach considers both algorithmic results and the efficiency of underlying communication processes. Scientific publications reflecting the content of this chapter are listed at the end.

Chapter 3: Models for Communication Strategies in Information Process Management in Digital Environments: Technical and Architectural Aspects

Chapter 3 addresses the modeling of communication strategies in digital environments from technical and architectural viewpoints, focusing on optimizing information flows and communication processes. It discusses opportunities and challenges posed by digital environments, as well as interfaces and algorithms structuring online communication [Kevin Lewis, 2021].

A key aspect is digital literacy, encompassing technical, cognitive, and socio-emotional skills necessary for effective digital environment utilization. Higher technical digital literacy correlates with increased use of collaborative technologies [Andree-Anne Deschênes, 2023].

The diversity of digital channels and tools is presented in Table 3.1 [Anthony Cherbonnier et al., 2024], comparing immersive environments (e.g., video games and scenario-based simulations requiring group activity for collaborative skills training) with non-immersive environments (e.g., sharing platforms and online courses that provide shared workspaces for synchronous and asynchronous discussion).

IMMERSIVE ENVIRONMENTS	NON-IMMERSIVE ENVIRONMENTS
<i>Can be used to teach collaborative skills and require group activity to achieve common goals</i>	<i>Provide shared workspaces and channels for synchronous and asynchronous discussion</i>
Video Games	Sharing Platforms
Scenario Simulations	Online Courses
PC-Based Simulators and Augmented Reality Tools	Collaborative Problem Solving Tools

Table 3.1. Types of digital environments and their characteristics

3.1 Use of Android Content Providers and Architectural Aspects

For effective data management in mobile distributed environments, the dissertation proposes the use of Android Content Providers. They serve as a mechanism for modular data management and access, improving modularity and application robustness.

The client-server architecture is a fundamental model for digital information processes, where the server provides information or services to mobile devices (clients) via HTTP/JSON protocol.

Figures 3.1 to 3.3 illustrate client-server architecture, HTTP communication, and modular system components.

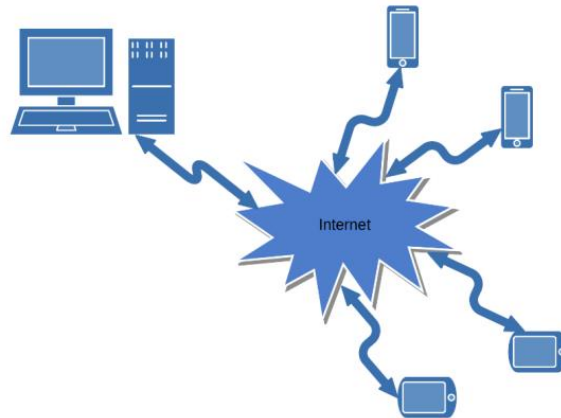


Figure 3.1. Client-server architecture

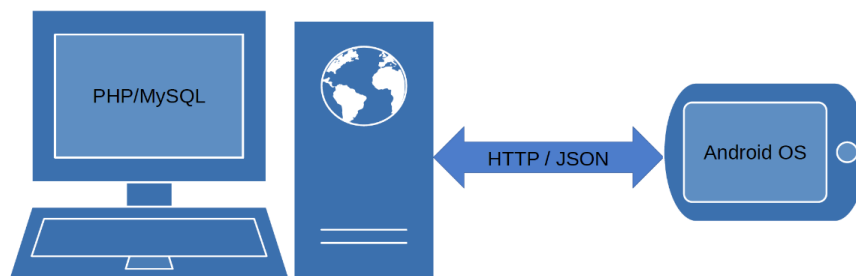


Figure 3.2. HTTP communication

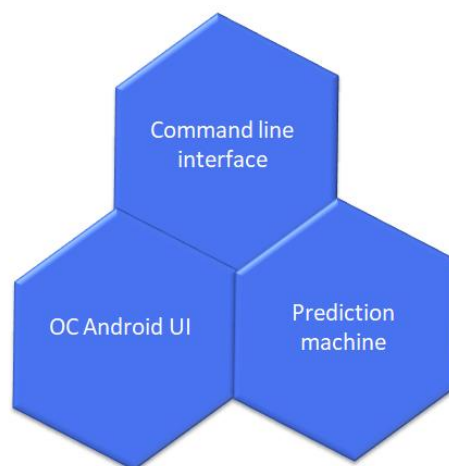


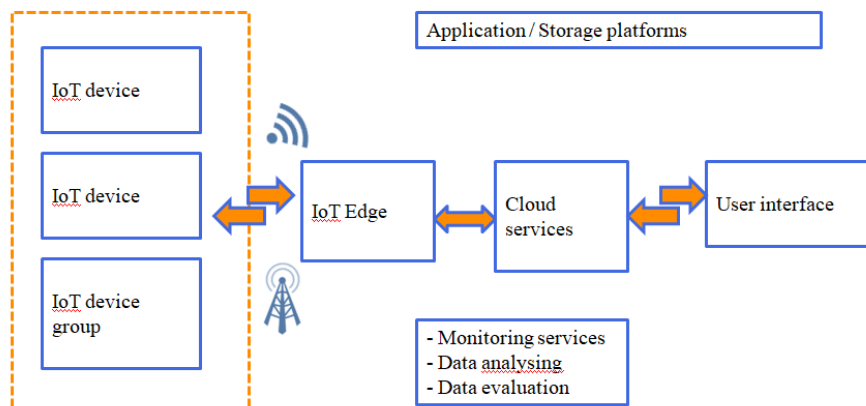
Figure 3.3. Modular architecture

Application of Content Providers in distributed computing includes data flow from server to mobile devices, management of global and local populations, and asynchronous communication models without frequent synchronization. This approach is particularly crucial for time-consuming fitness functions, where approximation reduces the need for frequent communication [Mateeva et al., 2022].

3.2 Technical and Architectural Analyses and Solutions

Mobile Cyber-Physical Systems (CPS) and the Internet of Things (IoT) underpin intensive digital transformation, creating new opportunities and challenges. CPS integrates physical process dynamics with software and networks for integrated modeling, design, and analysis [Sanfelice et al., 2016; Chen et al., 2020].

IoT data is often noisy, highly variable, and "rough," necessitating preprocessing to extract business value [Dineva et al., 2019]. The increasing number of IoT devices reaches the limits of existing architectural scalability. Cloud-Based IoT (CB-IoT) provides computational capabilities and storage via virtualization [Dineva et al., 2020]. Developed architecture is based on AWS cloud, enabling automated scaling and data analysis. Figure 3.4 visualizes these platforms.

*Figure 3.4. Cloud-based CPS/IoT architecture for monitoring livestock*

Key means for distributed computing implementation include Android OS APIs (such as Android Services for background operations, Live Wallpaper for intermediate visualization, and Android Widgets for flexible visualization and user input) [Mateeva et al., 2021]. Systems use client-server architecture with HTTP/JSON RESTful communication, background execution, and local data storage in SQLite, alongside external Java-based libraries for machine learning, optimization, and communication. Modular design ensures flexibility.

3.3 Challenges and SWOT Analysis

Main challenges in interaction system design include operational interoperability (systems working seamlessly together) and resource constraints (limited memory, no display, weak processors) [Sadeghi & Mersedeh, 2023].

Table 3.2 summarizes problems, causes, and proposes principles such as minimalism and adaptability to address them [Margaria et al., 2011].

Category	Description	Impact / Consequences	Principles and Recommendations
Resource constraints	Limitations such as limited memory, lack of display, weak processors	Makes implementation and management difficult	Optimal use of resources through simplification
Reasons for restrictions	Economies of scale and constraints imposed by the host environment (weight, size, energy)	Affect system costs and capabilities	Taking into account at an early stage
Design challenges	Working on not yet fully designed systems with critical unknown factors	The process is complex and uncertain	Using iterative and adaptive approaches
A perspective on simplification	An approach to more efficient use of resources and creating stable, easy-to-maintain systems	Improves stability and performance	Applying the principle of “less is more”
Empirical observations	Collected findings and examples from experts, supporting the identification of good practices	Facilitate the practical application of the principles	Applying recommended methods in system design

Table 3.2. Challenges and principles in the design of resource-constrained systems

SWOT analysis of CPS/IoT and distributed computing resources identifies:

- Strengths: New product/service opportunities, integrated modeling approach, data value creation, cloud computing advantages (AWS), use of Android OS APIs, client-server architecture, background execution, local storage, and modular design.
- Weaknesses: Lack of data sharing standards, noisy and variable IoT data, need for preprocessing, architectural capacity limits, interoperability and resource constraint challenges.
- Opportunities: Development of data transformation methods, CB-IoT, enhanced data processing, distributed knowledge, AWS scaling and analysis, flexible standardized processes, and design simplification.
- Threats: Noise and data errors, data inconsistency, computational limits, lack of interoperability, and compromises due to resource constraints.

3.4 Architectural Models and Communication Optimization Techniques

Several architectural models for distributed systems are examined [Washizaki et al., 2020]:

- Client-server architecture: Centralized management, implemented in the dissertation, but susceptible to single point of failure.
- Peer-to-Peer (P2P) architecture: Decentralized with high fault tolerance, reducing dependence on a central server.
- Event-based (Publish-Subscribe) architecture: Suitable for IoT systems with asynchronous data generation (e.g., Smart Farming).
- Layered architecture: Models in the dissertation can be framed within layered architecture (Sensor, Network, Services, Application layers) [Triantafyllou et al., 2019].

Table 3.3 compares these models by principle, scalability, fault tolerance, latency, suitability for resource-constrained IoT, and relation to the dissertation model. A future hybrid architecture combining client-server, event-based, and P2P advantages is proposed to address SWOT-identified challenges.

Architectural Model	Key Principle	Scalability	Resilience	Latency Characteristics	Suitability for IoT with Limited Resources	Relationship to the Dissertation Model
Client-server	Centralized	Limited by	Low (single point of	Depends on proximity and	High (thin	Implementation model: Central server

	control	the server	failure)	server load	clients)	for managing the population in GA; mobile clients for computation.
Peer-to-Peer (P2P)	Decentralized control	High	High (no single point of failure)	Variable; can be low for local participants	Medium (participants also act as servers)	Alternative/Hybrid model: Can be used for direct data exchange between mobile nodes without the intermediary of a server.
Event-driven (Pub/Sub)	Asynchronous messaging	High	High (weak connectivity)	Low for event distribution	High (lightweight publishers)	Conceptual suitability: Fits the nature of data generation from IoT sensors in smart agriculture.
Multilayer	Segregation of Responsibilities	Varies	Varies	Varies	High	Overall Framework: The system in the dissertation can be described by a multi-layer model (Sensory, Network, Services, Applied).

Table 3.3. Comparison table of basic architectural models

Specific communication optimization techniques in CPS/IoT include adaptive communication models (data transmission adaptation based on conditions), energy-efficient routing and data aggregation (traffic reduction via local processing), and low-energy technologies (e.g., backscatter communication) [Taha et al., 2020; Wei et al., 2018; Ding et al., 2024; Chen et al., 2021]. Optimization is a holistic, multi-layered problem linking algorithmic optimization with network and energy efficiency [Taha et al., 2020; Wei et al., 2018; Ding et al., 2024].

Heuristic optimization architectural design in distributed systems employs an "island model" for GA (each mobile device is an "island" with a local population). Information exchange among nodes and central server includes initial population distribution, individual migration, and broadcasting the global best solution, balancing quality and communication traffic [Mohamed et al., 2012].

Integration of "DNA-inspired GA modification" and "time-consuming fitness function approximation" changes architectural requirements, allowing GA execution on resource-constrained devices by reducing communication traffic. This algorithm-architecture synergy represents a holistic algorithmic-architectural framework [Krupitzer et al., 2020].

3.5 Prospective Architectural Vision and Conclusions

Future directions include integration with federated learning (training local device models, sending only parameters for aggregation), multi-agent systems (decentralized negotiations, devices as autonomous agents), and the impact of 5G/6G networks and quantum communication for lower latency and higher security [Marfo et al., 2025; Dritsas et al., 2025; Yang et al., 2012; Saad et al., 2009; Zreikat et al., 2025]. The dissertation framework is a fundamental step toward fully autonomous and decentralized intelligent systems.

Mobile, cyber-physical systems (CPS), and IoT form the basis of digital transformation but require innovative design strategies to address interoperability and resource constraints. The developed models enable efficient application of heuristic methods on heterogeneous mobile and IoT devices in resource-constrained distributed digital environments, including their technical and architectural aspects of information flow management.

Main Scientific and Applied Contributions

This dissertation presents a holistic hybrid framework for optimizing communication strategies in distributed digital environments with limited resources, integrating flexible architectural models, advanced heuristic methods, and a holistic approach to information flow management.

Contributions are grouped into three categories:

1. Methodological contribution: Two new approaches for improving genetic algorithm efficiency in networked environments are developed:
 - DNA-inspired genetic algorithm modification: A new representation using paired chromosomes with inverted bits is proposed and validated. This method enhances search space exploration and maintains population diversity, providing more stable solutions for complex optimization problems compared to standard GA.
 - Adaptive method for approximating computationally expensive fitness functions: A new technique using Lagrange polynomials to approximate time-consuming fitness functions is developed. This approach significantly reduces computational and communication traffic, making GA applicable on resource-constrained devices. The adaptive nature of the approximation set represents a self-optimizing mechanism within the algorithm itself.

2. Architectural contribution: A new architectural model for practical deployment of computationally intensive optimization algorithms (such as GA) on heterogeneous mobile and IoT devices with limited resources is created. The novelty lies in the synergistic combination of:
 - Asynchronous communication protocols: The model minimizes the need for frequent synchronization between central server and clients, mitigating the "slowest client" problem common in distributed systems.
 - Modular and buffered data management: Specific use of mechanisms like Android Content Providers serves as a generalized model separating user interaction from background computation, ensuring system responsiveness and efficient local data processing. This joint algorithm-architecture design is a significant contribution to Edge AI and distributed intelligence.
3. Applied contribution: A comprehensive applied model for intelligent monitoring and data processing in smart agriculture is developed, validated through the "Smart Livestock" project. Validation is multidisciplinary, using:
 - Quantitative performance metrics: Rigorous evaluation using standard metrics such as Mean Absolute Error (MAE) and Root Mean Square Error (RMSE) to demonstrate forecasting accuracy and optimization algorithm effectiveness.
 - Qualitative strategic analysis: SWOT analysis contextualizes system strengths and weaknesses and validates design decisions against domain key challenges like data quality, interoperability, and resource constraints.

Directions for Future Research

Key future research directions include:

- Further development and application of advanced heuristic methods, particularly genetic algorithms, in distributed digital environments with limited resources.
- Expansion of studies on adaptive and decentralized architectural models for effective management of information flows and resources.
- In-depth exploration of integration and application of emerging communication technologies and AI approaches for improving optimization strategies (e.g., quantum communication, 5G/6G, holographic interfaces).

Publications Related to the Dissertation Topic

1. Mateeva, G., Parvanov, D., Balabanov, T. Study on Random Numbers Scaling. The 37th European Simulation and Modelling Conference, ESM 2023, EUROSIS-ETI, 2023, ISBN:978-9-492-859-28-0, pp. 21-25 (Scopus)
2. Mateeva, G., Parvanov, D., Balabanov, T. DNA-INSPIRED GENETIC ALGORITHM MODIFICATION. Proceedings of 21st INTERNATIONAL INDUSTRIAL SIMULATION CONFERENCE ISC'2023, EUROSIS-ETI, 2023, ISBN:978-9-492-859-26-6, pp. 27-31 (Scopus)
3. Mateeva, G., Parvanov, D., Dimitrov, I., Iliev, I., Balabanov, T. An Efficiency of Third Party Genetic Algorithms Software Libraries in Mobile Distributed Computing for Financial Time Series Forecasting. Proceedings of 2022 International Conference Automatics and Informatics (ICAI), IEEE, 2022, ISBN:978-1-6654-7626-3, DOI: 10.1109/ICAI55857.2022.9960128, pp. 351-354 (Scopus)
4. Mateeva, G., Parvanov, D., Dimitrov, I., Iliev, I., Balabanov, T. Android Content Providers in Mobile Distributed Computing. Proceedings of 2022 13th National Conference with International Participation (ELECTRONICA), IEEE, 2022, ISBN:978-1-6654-8101-4, DOI: 10.1109/ELECTRONICA55578.2022.9874360 (Scopus)
5. Dineva, K., Atanasova, T., Petrov, P., Parvanov, D., Mateeva, G., Kostadinov, G. Towards CPS/IoT System for Livestock Smart Farm Monitoring. 2021 International Conference Automatics and Informatics (ICAI), IEEE, 2021, ISSN:978-1-6654-2661-9, DOI: 10.1109/ICAI52893.2021.9639460, pp. 252-255 (Scopus)
6. Mateeva, G., Tomov, P., Parvanov, D., Petrov, P., Kostadinov, G., Balabanov, T. Some Capabilities of Android OS for Distributed Computing. Proceedings of Big Data, Knowledge and Control Systems Engineering (BdKCSE), 2021, ISBN:978-1-6654-1043-4, DOI: 10.1109/BdKCSE53180.2021.9627286, pp. 1-6 (Scopus)
7. Mateeva, G., Parvanov, D., Dimitrov, I., Iliev, I., Balabanov, T. Time-Consuming Fitness Functions Approximation for Genetic Algorithms Performance Improvement. Proceedings of 9th SWS International Scientific Conference on Social Sciences - ISC'SS 2022, 9(1), SGEM WORLD SCIENCE (SWS) Scholarly Society, 2022, ISBN:978-3-903438-04-0, ISSN:2682-9959, DOI: 10.35603/sws.iscss.2022/s04.053

Participation in Projects

- National Scientific Program "Smart Livestock" (Inte-Zhivo), RP 5 and RP 11.
- Research on Methods and Technologies for Digitalization of Education, KP-06-M75/3.

Bibliography

1. Mateeva, G., Parvanov, D., Balabanov, T. Study on Random Numbers Scaling. The 37th European Simulation and Modelling Conference, ESM 2023, EUROSIS-ETI, 2023, ISBN:978-9-492-859-28-0, 21-25
2. Mateeva, G., Parvanov, D., Balabanov, T. DNA-INSPIRED GENETIC ALGORITHM MODIFICATION. Proceedings of 21st INTERNATIONAL INDUSTRIAL SIMULATION CONFERENCE ISC'2023, EUROSIS-ETI, 2023, ISBN:978-9-492859-26-6, 27-31
3. Mateeva, G., Parvanov, D., Dimitrov, I., Iliev, I., Balabanov, T. An Efficiency of Third Party Genetic Algorithms Software Libraries in Mobile Distributed Computing for Financial Time Series Forecasting. Proceedings of 2022 International Conference Automatics and Informatics (ICAI), IEEE, 2022, ISBN:978-1-6654-7626-3, DOI:10.1109/ICAI55857.2022.9960128, 351-354
4. Mateeva, G., Parvanov, D., Dimitrov, I., Iliev, I., Balabanov, T. Android Content Providers in Mobile Distributed Computing. Proceedings of 2022 13th National Conference with International Participation (ELECTRONICA), IEEE, 2022, ISBN:978-1-6654-8101-4, DOI:10.1109/ELECTRONICA55578.2022.9874360
5. Dineva K., Atanasova T., Petrov P., Parvanov D., Mateeva G., Kostadinov G. Towards CPS/IoT System for Livestock Smart Farm Monitoring. 2021 International Conference Automatics and Informatics (ICAI), IEEE, 2021, ISSN:978-1-6654-2661-9, DOI:10.1109/ICAI52893.2021.9639460, 252-255
6. Mateeva, G., Tomov, P., Parvanov, D., Petrov, P., Kostadinov, G., Balabanov, T. Some Capabilities of Android OS for Distributed Computing. Proceedings of Big Data, Knowledge and Control Systems Engineering (BdKCSE), 2021, ISBN:978-1-6654-1043-4, DOI:10.1109/BdKCSE53180.2021.9627286, 1-6
7. Mateeva, G., Parvanov, D., Dimitrov, I., Iliev, I., Balabanov, T. Time-Consuming Fitness Functions Approximation for Genetic Algorithms Performance Improvement. Proceedings of 9th SWS International Scientific Conference on Social Sciences - ISC'SS 2022, 9, 1, SGEM WORLD SCIENCE (SWS) Scholarly Society, 2022, ISBN:978-3-903438-04-0, ISSN:2682-9959, DOI:10.35603/sws.iscss.2022/s04.053
8. A. C. Elkins, D. C. Derrick, J. K. Burgoon and J. F. Nunamaker Jr., "Predicting Users' Perceived Trust in Embodied Conversational Agents Using Vocal Dynamics," 2012 45th Hawaii International Conference on System Sciences, Maui, HI, USA, 2012, pp. 579-588, doi: 10.1109/HICSS.2012.483
9. A. Triantafyllou, D. C. Tsouros, P. Sarigiannidis and S. Bibi, "An Architecture model for Smart Farming," 2019 15th International Conference on Distributed Computing in Sensor Systems (DCOSS), Santorini, Greece, 2019, pp. 385-392, doi: 10.1109/DCOSS.2019.00081.
10. Balasko B., Nemeth S., Nagy G., Abonyi J. Integrated process and control system model for product quality control-application to a polypropylene plant (2008) Chemical Product and Process Modeling, 3 (1), art. no. 50, DOI: 10.2202/1934-2659.1213
11. Balabanov, T. 2020. "Global optimization benchmark function?". ResearchGate. https://www.researchgate.net/post/Global_optimization_benchmark_function, last visited 24 Mar 2023
12. Bendoly E., Bachrach D.G., Powell B. The role of operational interdependence and supervisory experience on management assessments of resource planning systems (2008) Production and Operations Management, 17 (1), pp. 93 - 106, DOI: 10.3401/poms.1070.0001
13. Caffrey E., Mc Donagh J. Aligning strategy and information and communication technology in public organizations: A critical management challenge (2015) Information and Communication Technologies in Public Administration: Innovations from Developed Countries, pp. 141 - 164, DOI: 10.1201/b18321

14. Chen D., Chirkova R., Kormilitsin M., Sadri F., Salo T.J. Query optimization in XML-based information integration (2008) International Conference on Information and Knowledge Management, Proceedings, pp. 1405 - 1406, DOI: 10.1145/1458082.1458303
15. Chen Y., Li Y., Li C., Electronic agriculture, blockchain and digital agricultural democratization: Origin, theory and application, Journal of Cleaner Production, 268, 122071, 2020
16. Chtioui T., Dubuisson S.T. Towards a communication-based typology of management control modes: Showing the relevance of communicative action for entrepreneurial settings (2020) International Journal of Entrepreneurship and Small Business, 39 (1-2), pp. 163 - 191, DOI: 10.1504/ijesb.2020.104249
17. Cormen, T. H., Leiserson, C. E., Rivest, R. L., Stein, C. (2022). Introduction to algorithms, MIT Press, ISBN9780262046305
18. C. Krupitzer, T. Temizer, T. Prantl and C. Raibulet, "An Overview of Design Patterns for Self-Adaptive Systems in the Context of the Internet of Things," in IEEE Access, vol. 8, pp. 187384-187399, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3031189.
19. de Freitas S.A.A., Canedo E.D., Felisdório R.C.S., Leão H.A.T. Analysis of the risk management process on the development of the public sector information technology master plan (2018) Information (Switzerland), 9 (10), art. no. 248, DOI: 10.3390/INFO9100248
20. Demirdöğen G., Işık Z., Arayıcı Y. Lean management framework for healthcare facilities integrating BIM, BEPS and big data analytics (2020) Sustainability (Switzerland), 12 (17), art. no. 7061, DOI: 10.3390/su12177061
21. Dejun Yang, Xi Fang, Guoliang Xue. Game theory in cooperative communications, IEEE Wireless Communications, Article2012, DOI: 10.1109/MWC.2012.6189412
22. Ding, X., Shen, W., & Wang, S. (2024). Centralized or Decentralized? Communication Network and Collective Effectiveness of PBOs—A Task Urgency Perspective. Buildings, 14(2), 448. <https://doi.org/10.3390/buildings14020448>
23. Dritsas, E., & Trigka, M. (2025). Federated Learning for IoT: A Survey of Techniques, Challenges, and Applications. Journal of Sensor and Actuator Networks, 14(1), 9. <https://doi.org/10.3390/jsan14010009>
24. Escobar-Toledo C.E., Martínez-Berumen H.A. Strategic development of a decision making support system in a public R & D center (2013) Engineering Effective Decision Support Technologies: New Models and Applications, pp. 181 - 193, DOI: 10.4018/978-1-4666-4002-3.ch011
25. Escobar-Toledo C.E., Martínez-Berumen H.A. Strategic Development of a Decision Making Support System in a Public R&D Center (2011) International Journal of Decision Support System Technology, 3 (2), pp. 32 - 43, DOI: 10.4018/jdsst.2011040103
26. Folch M.T., Tamayo P.S. Technologies of information and communication: A key element of communication among university faculty [Las tecnologías de información y comunicación como un elemento clave de la comunicación entre el profesorado universitario] (2008) Education Policy Analysis Archives, 16
27. Gillard S. Managing IT projects: Communication pitfalls and bridges (2005) Journal of Information Science, 31 (1), pp. 37 - 43, DOI: 10.1177/0165551505049257
28. Glowalla P., Balazy P., Basten D., Sunyaev A. Process-driven data quality management - An application of the combined conceptual life cycle model (2014) Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences, art. no. 6759178, pp. 4700 - 4709, DOI: 10.1109/HICSS.2014.575
29. Hinton M. The process of information management (2006) Introducing Information Management: The Business Approach, pp. 56 - 62, DOI: 10.4324/9780080458397-11
30. H. Washizaki, S. Ogata, A. Hazeyama, T. Okubo, E. B. Fernandez and N. Yoshioka, "Landscape of Architecture and Design Patterns for IoT Systems," in IEEE Internet of Things Journal, vol. 7, no. 10, pp. 10091-10101, Oct. 2020, doi: 10.1109/JIOT.2020.3003528.

31. Margaria T., Floud B. D., Srefen B., 2011
32. Marchao J., Reis L., Martins P.V. Business Areas and Processes Alignment in ICT Framework [Framework de Alinhamento de Áreas e Processos de Negócio das TIC] (2020) Iberian Conference on Information Systems and Technologies, CISTI, 2020-June, art. no. 9141067, DOI: 10.23919/CISTI49556.2020.9141067
33. Martyakova E.V., Nagornaya O.A., Bondarenko I.G. Current Trends in Using Information and Communication Technologies at Universities (2019) Proceedings of the 2019 IEEE International Conference Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies IT and QM and IS 2019, art. no. 8928372, pp. 535 - 538, DOI: 10.1109/ITQMIS.2019.8928372
34. M.Mohamed Surputheen, G. Ravi, R. Srinivasan, Optimizing Routes using Genetic Algorithms based on Throughput or Delay Sensitivity of Applications using SNMP for Automatic Discovery of Network Topology. International Journal of Computer Applications (0975 – 888) Volume 47– No.12, June 2012
35. Navarro M.A., Morales-Castaneda B., Ramos-Michel A., Oliva D., Valdivia A., Casas-Ordaz A., Rodriguez-Esparza E. An Hyper-Heuristic Based Population Management Through Statistical Analysis and Phases Optimization (2023) 2023 IEEE Congress on Evolutionary Computation, CEC 2023, DOI: 10.1109/CEC53210.2023.10254032
36. Pobegaylov O.A., Myasishchev G.I., Gaybarian O.E. Organization and Management Efficiency Assessment in the Aspect of Linguistic Communication and Professional Text (2016) Procedia Engineering, 150, pp. 2173 - 2177, DOI: 10.1016/j.proeng.2016.07.260
37. Polyanina A., Golovina T., Avdeeva I., Dokukina I., Vertakova Y. Digital strategy of telecommunications development: Concept and implementation phases (2017) Proceedings of the 30th International Business Information Management Association Conference, IBIMA 2017 - Vision 2020: Sustainable Economic development, Innovation Management, and Global Growth, 2017-January, pp. 1792 – 1803
38. Prokofiev S.E., Kadyrova G.M., Artyukhin R.E., Yereimin S.G., Savelyev A.A. Present-day information technologies in public administration in Russia (2021) IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 650 (1), art. no. 012016, Cited 3 times. DOI: 10.1088/1755-1315/650/1/012016
39. Sadeghi M., Carenini A., Corcho O., Rossi M., Santoro R., Vogelsang A. Interoperability of Heterogeneous Systems of Systems: Review of Challenges, Emerging Requirements and Options (2023) Proceedings of the ACM Symposium on Applied Computing, pp. 741 - 750, DOI: 10.1145/3555776.3577692
40. Sanfelice R., Analysis and Design of Cyber-Physical Systems. A Hybrid Control Systems Approach, In: Cyber-Physical Systems: From Theory to Practice, D. Rawat, J. Rodrigues, I. Stojmenovic, 2016.]
41. Salutina T.Y., Platunina G.P., Frank I.A. Features of Risk Management of Digital and Infocommunication Development to Ensure a Unified Information Space of Companies in Modern Conditions (2023) 2023 Intelligent Technologies and Electronic Devices in Vehicle and Road Transport Complex, TIRVED 2023 - Conference Proceedings, DOI: 10.1109/TIRVED58506.2023.10332796
42. Tan X., Wang Y., Liu C., Yuan X., Wang K. Unlocking operational excellence: A deep dive into a communication-driven multi-strategy state transition algorithm for industrial process optimization (2023) Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems, 240, art. no. 104934, DOI: 10.1016/j.chemolab.2023.104934
43. Taha, A.-E. M., Rashwan, A. M., & Hassanein, H. S. (2020). Secure Communications for Resource-Constrained IoT Devices. Sensors, 20(13), 3637. <https://doi.org/10.3390/s20133637>
44. Tešić M. More Efficient Operations of the Company with the Help of Communication Technologies (2016) ECONOMICS - Innovative and Economics Research Journal, 4 (2), pp. 143 - 152, DOI: 10.1515/eoik-2017-0005

45. Van De Bogart W. Information entanglement: Developments in cognitive based knowledge acquisition strategies based on big data (2015) Proceedings of the International Conference on Intellectual Capital, Knowledge Management and Organisational Learning, ICICKM, 2015-January, pp. 299 – 307
46. Wei, Y., Chen, J., & Hwang, S.-H. (2018). Adjacent Vehicle Number-Triggered Adaptive Transmission for V2V Communications. *Sensors*, 18(3), 755. <https://doi.org/10.3390/s18030755>
47. William Marfo, Deepak K. Tosh, Shirley V. Moore, Joshua Suetterlein, Joseph Manzano. Reducing Communication Overhead in Federated Learning for Network Anomaly Detection with Adaptive Client Selection. arXiv:2503.15448v1 [cs.DC] 19 Mar 2025
48. W. Saad, Z. Han, M. Debbah, A. Hjørungnes and T. Basar, "Coalitional game theory for communication networks," in *IEEE Signal Processing Magazine*, vol. 26, no. 5, pp. 77-97, September 2009, doi: 10.1109/MSP.2009.0000000
49. Yang P. Information Management in the Logistics and Distribution Sector Using Metaheuristic Techniques (2022) *International Journal of Information Systems and Supply Chain Management*, 15 (4), DOI: 10.4018/IJSSCM.305850
50. Z. Chen and B. Ji, "Resource allocation algorithm for IoT communication based on ambient backscatter," 2021 IEEE 93rd Vehicular Technology Conference (VTC2021-Spring), Helsinki, Finland, 2021, pp. 1-5, doi: 10.1109/VTC2021-Spring51267.2021.9448677
51. Zreikat, A. I., Al Arnaout, Z., Abadleh, A., Elbasi, E., & Mostafa, N. (2025). The Integration of the Internet of Things (IoT) Applications into 5G Networks: A Review and Analysis. *Computers*, 14(7), 250. <https://doi.org/10.3390/computers14070250>
52. Galbraith, 1977
53. Heaton, J. (2014). *Artificial Intelligence for Humans, Volume 2: Nature-Inspired Algorithms*, ISBN 978-1499720570. Iba Hitoshi. (2020).
54. Approximated Sequences Reconstruction with Genetic Algorithms P. Petrov, G. Kostadinov, P. Zhivkov, V. Velichkova, T. Balabanov, *АВТОМАТИКА И ИНФОРМАТИКА* 3-4, 2021 г.
55. Xujie Tan, Yalin Wang, Chenliang Liu *, Xiaofeng Yuan, Kai Wang, Unlocking operational excellence: A deep dive into a communication-driven multi-strategy state transition algorithm for industrial process optimization, *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 2023
56. Collaborative Skills Training Using Digital Tools: A Systematic Literature Review, Anthony Cherbonnier, Brivael Hémon, Nicolas Michinov, Eric Jamet & Estelle Michinov, 2024]
57. Digital literacy, the use of collaborative technologies, and perceived social proximity in a hybrid work environment: Technology as a social binder, Andree-Anne Deschênes, 2023
58. Digital networks: Elements of a theoretical framework, Kevin Lewis, 2021
59. Sanfelice R., Analysis and Design of Cyber-Physical Systems. A Hybrid Control Systems Approach, In: *Cyber-Physical Systems: From Theory to Practice*, D. Rawat, J. Rodrigues, I. Stojmenovic, 2016.
60. Chen Y., Li Y., Li C., Electronic agriculture, blockchain and digital agricultural democratization: Origin, theory and application, *Journal of Cleaner Production*, 268, 122071, 2020.
61. Atanasova, T.: Methods for processing of Heterogeneous Data in IoT based Systems. *DCCN 2019*, CCIS 1141, Springer, 42, 2019.
62. Dineva, K., Atanasova, T., Methodology for Data Processing in Modular IoT System. *DCCN 2019*, In: V. M. Vishnevskiy et al. (Eds.): *DCCN 2019*, LNCS 11965, pp. 457–468. Springer, 2019.
63. Dineva K., Atanasova T. Architectural ML Framework for IoT Services Delivery Based on Microservices. In: Vishnevskiy V.M., et al (eds) *DCCN 2020*. LNCS, 12563. Springer, 2020.



БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ

АВТОРЕФЕРАТ НА ДИСЕРТАЦИЯ

за присъждане на образователна и научна степен “доктор” по докторска програма „Информатика”

МОДЕЛИРАНЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ НА КОМУНИКАЦИОННИ СТРАТЕГИИ В УПРАВЛЕНИЕ НА ИНФОРМАЦИОННИ ПРОЦЕСИ

Гергана Петкова Матеева

Ръководител: Проф. Татяна Атанасова

Научно жури:

Акад. Иван Попчев
Проф. Ирина Радева
Проф. Васил Гуляшки
Проф. Десислава Панева-Маринова
Доц. Катя Рашева-Йорданова

**Институт по информационни и комуникационни
технологии**



Секция „Моделиране и оптимизация”

Въведение

Настоящият дисертационен труд анализира съществуващи и предлага модели за използване на информационни и комуникационни технологии (ИКТ) за предоставяне на информация и управление на информационни процеси. Освен това, той разглежда комбинирането на тези ИКТ технологии с други техники и методи за евристична оптимизация и управлявани от изкуствен интелект подходи за оптимизиране на стратегии в управление на информационни процеси. Изследването предлага нова хибридна рамка за оптимизация на комуникационни стратегии в разпределени дигитални среди с ограничени ресурси.

Цел и задачи на дисертационния труд

Целта на дисертационния труд е да се разработят модели и методи за оптимизация на комуникационни стратегии в управление на информационни процеси. За постигането на тази цел са дефинирани следните задачи:

- Да се разработят евристични методи за оптимизация на комуникационни стратегии при управление на информационни процеси в дигитална среда.
- Да се предложи модификация на генетичните алгоритми за оптимизация на комуникационни стратегии в управление на информационни процеси.
- Да се предложи метод за подобряване на ефективността на генетичните алгоритми за целите на управление на информационни процеси.
- Да се разработят модели, които позволяват ефективна реализация и прилагане на разработените евристични методи на хетерогенни мобилни и IoT устройства в разпределени дигитални среди с ограничени ресурси.
- Да се предложи подход за оценка на ефекта от приложението на разработените модели и методи за оптимизация на комуникационни стратегии за управление на информационни потоци в разпределени дигитални среди.

Структура на дисертацията

Дисертационният труд е структуриран в три глави:

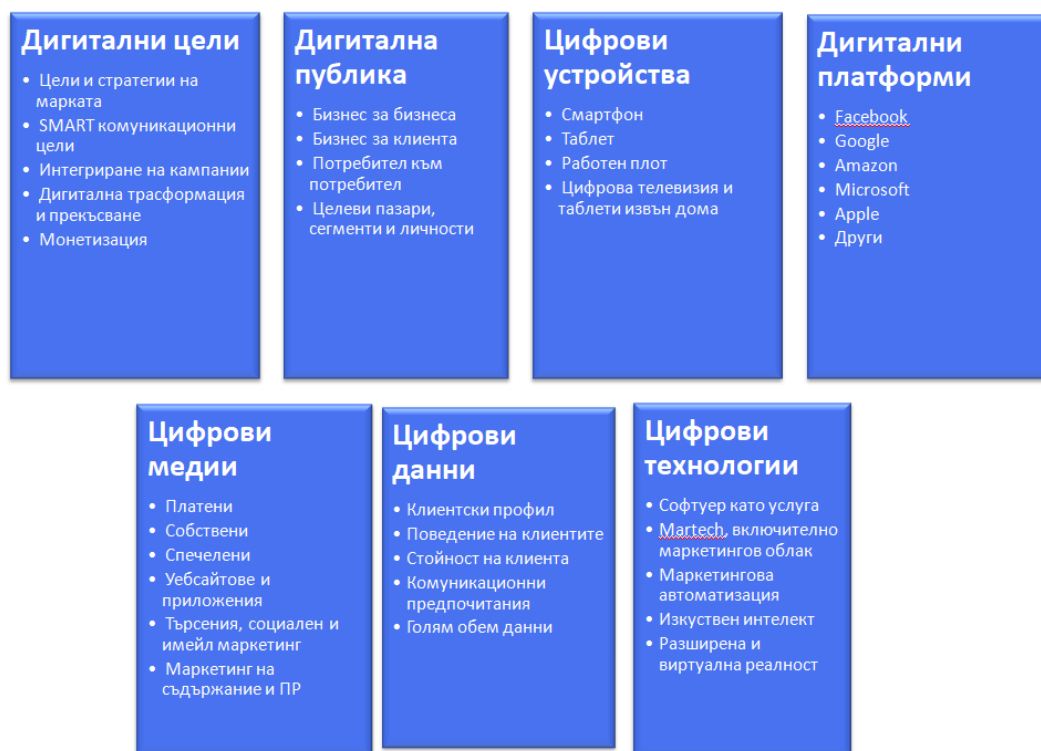
- Глава 1 представя аналитичен обзор на съвременни тенденции в разработването на комуникационни стратегии и технологии за управление на информационни процеси.
- Глава 2 описва разработените евристични методи, по-конкретно ДНК-вдъхновена модификация на генетичните алгоритми и адаптивна апроксимация на целевите функции за оптимизация на комуникационни стратегии в управление на информационни процеси.
- Глава 3 обхваща моделите, които позволяват ефективно прилагане на евристичните методи на хетерогенни мобилни и IoT устройства в разпределени дигитални среди с ограничени ресурси, включително техническите и архитектурни аспекти на управлението на информационни потоци с детайлната имплементация.

Глава 1. Съвременни тенденции в разработване на комуникационни стратегии за управление на информационни процеси

Първа глава на дисертационния труд представлява аналитичен обзор на съвременните тенденции в разработването на комуникационни стратегии и технологии за управление на информационни процеси.

1.1. Информационни процеси в дигитална среда

Напредъкът на информационните и комуникационни технологии (ИКТ) е довел до съвременната информационна ера, където ИКТ са трансформиращи фактори в различни индустрии. Информационният процес включва събиране, обработка, придобиване, записване, организиране, извличане, показване и разпространение на данни, с крайна цел анализа на информацията [Galbraith, 1977]. Дигиталната среда обхваща разнообразни цифрови устройства, платформи, медии, данни и технологии, които подпомагат постигането на дигитални цели. Тази среда е илюстрирана на Фигура 1.1. За ефективното функциониране на съвременните организации е ключово задълбоченото разбиране на комуникацията като основен механизъм за управление и обмен на информация.



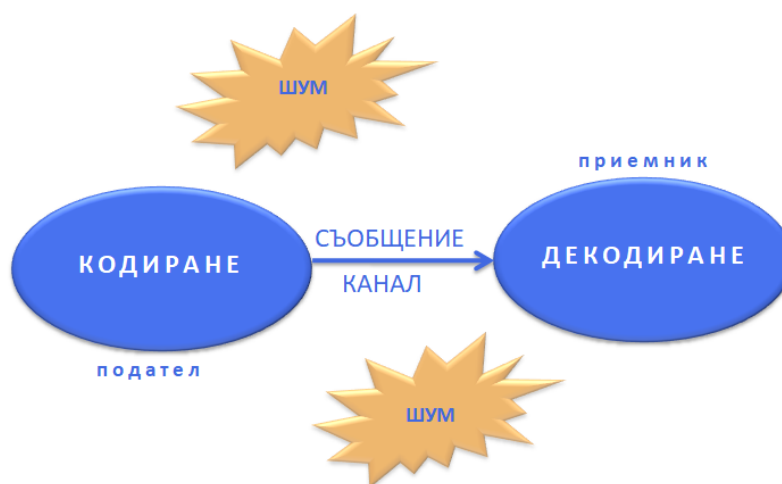
Фигура 1.1. Дигитална среда (Адаптирано от:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1029313222000719>)

1.2. Модели на комуникация

Терминът „комуникация“ произлиза от латински и означава „споделяне“, „съобщаване“, „разделяне“ или „предаване“, акцентирайки върху създаването на общност, свързването и взаимодействието между хората. За да бъде ефективна, комуникацията

изисква посланията да са ясни, кратки, конкретни, достоверни и съобразени с контекста и аудиторията.

➤ **Линеен модел на комуникация:** Представа комуникацията като еднопосочен процес от подател към получател, подобно на модела на Аристотел и по-късно развит от Шенън и Уивър. Този модел включва елементи като източник на информация, предавател, канал, шум (всякакви смущения), приемник и крайна дестинация. Визуализиран е на Фигура 1.2. и Фигура 1.3.

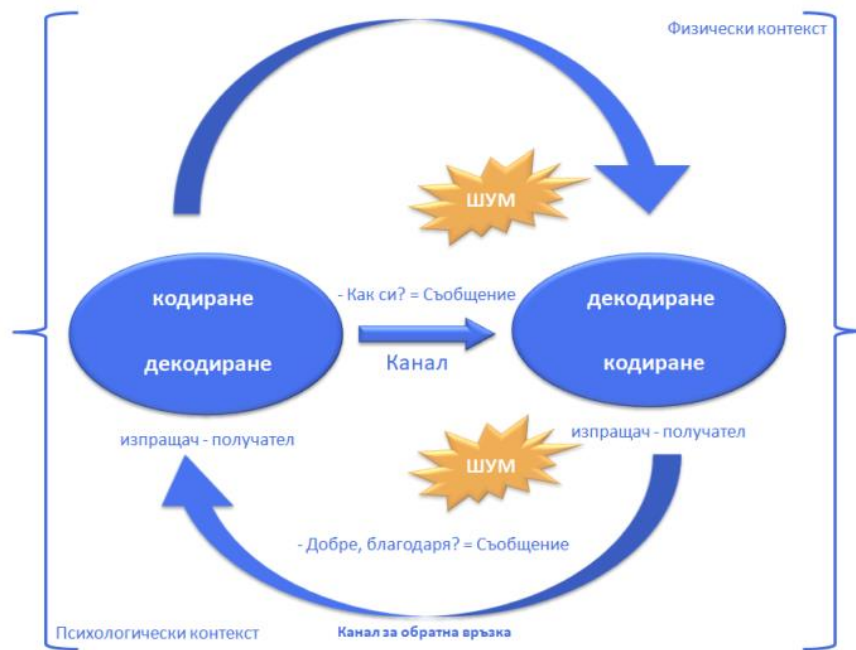


Фигура 1.2. Линеен модел на комуникация (Адаптирано от: <https://pressbooks.bccampus.ca/professionalcomms/chapter/3-2-the-communication-process-communication-in-the-real-world-an-introduction-to-communication-studies/>)



Фигура 1.3. Модел за линейна комуникация на Шенън и Уивър (Адаптирано от: <https://www.novavizia.com/model-za-linejna-komunikatsiya-na-shenyn-i-uivyr/>.)

➤ **Интерактивен модел на комуникация:** Разглежда комуникацията като двупосочен процес с обратна връзка, където участниците редуват ролите си на подател и получател. Акцентът е върху непрекъснатия процес и значението на обратната връзка, вместо само върху успешното предаване [А. С. Elkins et al, 2012]. Илюстриран е на Фигура 1.4.



Фигура 1.4. Интерактивен модел на комуникация

➤ Транзакционен модел на комуникация: Описва комуникацията като постоянен процес, при който участниците едновременно изпращат и получават съобщения, съвместно създавайки социална реалност в даден контекст. Участниците се разглеждат като "комуникатори". Представен е на Фигура 1.5.

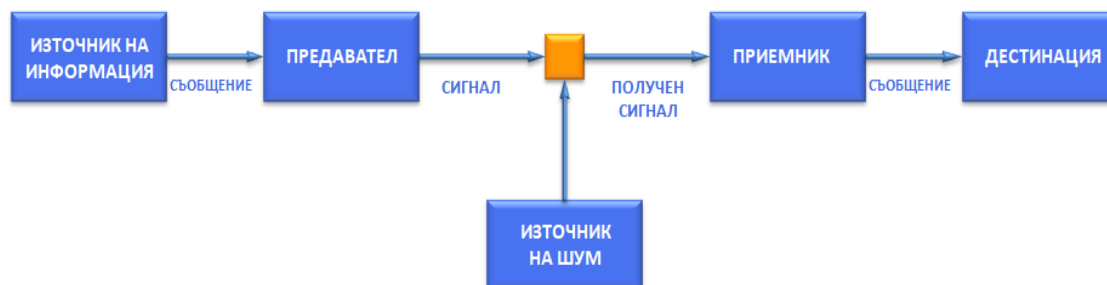


Фигура 1.5. Транзакционен модел на комуникация

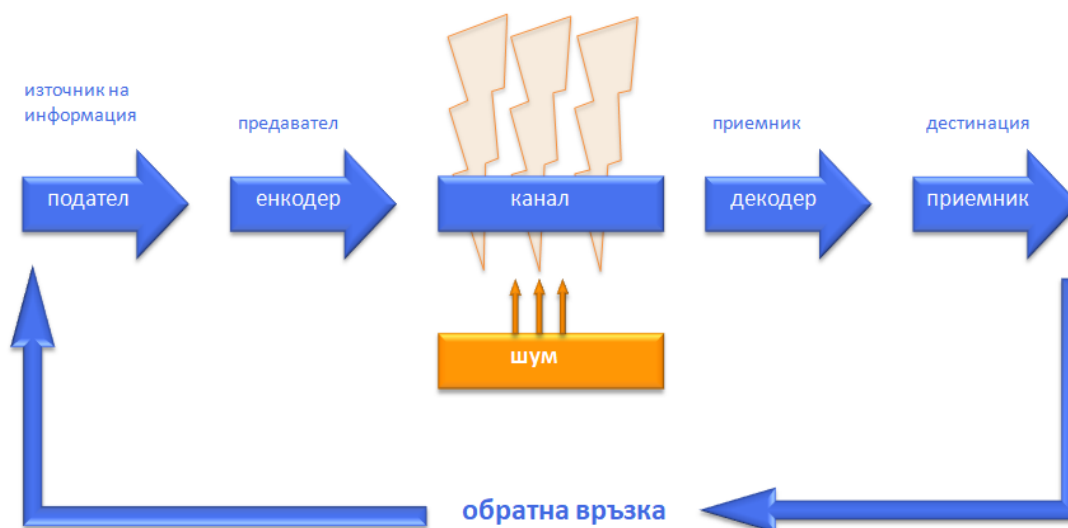
1.3. Теоретични основи и съвременни комуникационни модели

Тази секция изследва както класически, така и модерни подходи, базирани на интелигентни агенти и сложни организационни структури.

➤ Комуникационен модел на Шанън-Уивър: Линеен и еднопосочен модел за предаване на съобщения, включващ шест основни елемента. Той е широко приложим в технически и мрежови комуникационни системи за оптимизация на потока от данни. Основните му елементи са показани на Фигура 1.6., а влиянието на шума – на Фигура 1.7.

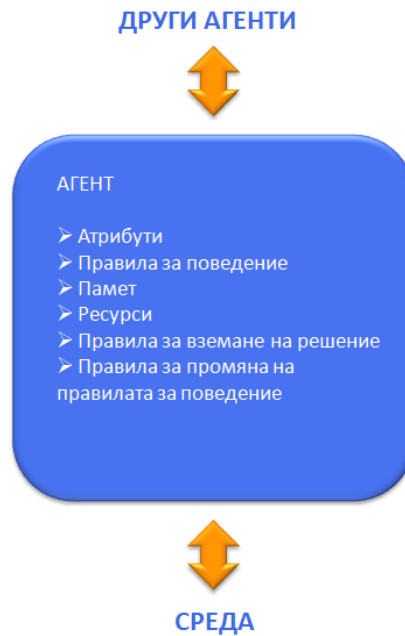


Фигура 1.6. Основни елементи на модела на Шанън-Уивър

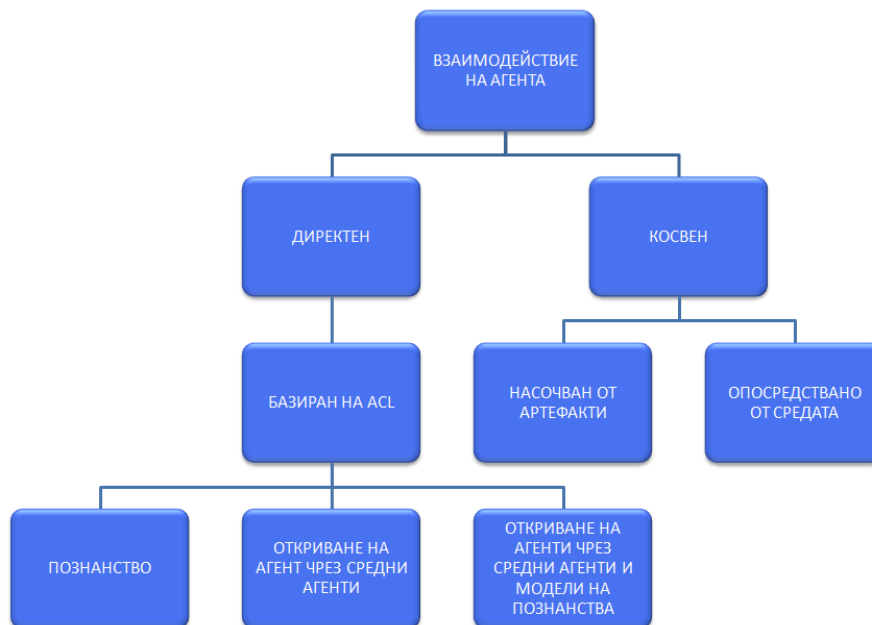


Фигура 1.7. Влияние на шума в комуникационния процес

➤ Комуникационен модел, базиран на агент: Използва автономни софтуерни агенти, управлявани от изкуствен интелект (AI), които взаимодействат и оптимизират обмена на данни в мултиагентни системи (MAS). Те подпомагат автоматизираното вземане на решения. Типичните характеристики на автономен агент са показани на Фигура 1.8., а таксономията на моделите на взаимодействие – на Фигура 1.9.



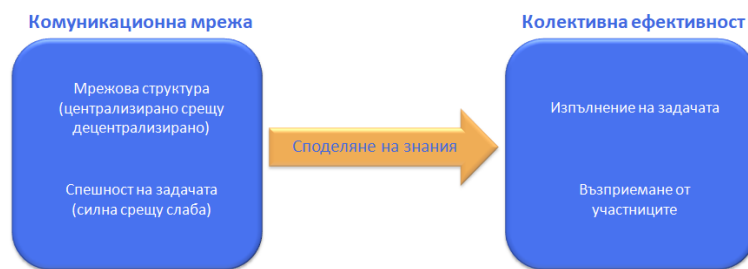
Фигура 1.8. Типични характеристики на автономен агент (Адаптирано от: Мартин Иванов, Съвременно приложение на многоагентните симулационни модели в изследванията и в практиката, Нов български университет, Департамент „Информатика“)



Фигура 1.9. Таксономия на моделите на взаимодействие между агентите (Адаптирано от: Bandini Stefania, Sara Manzoni and Giuseppe Vizzari, Agent Based Modeling and Simulation: An Informatics Perspective, Journal of Artificial Societies and Social Simulation 12 (4) 4, 2009, <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/12/4/4.html>)

➤ Йерархични и децентрализирани комуникационни модели: Йерархичните модели са със структурирана комуникация отгоре надолу, характерна за корпоративни среди, докато децентрализираните осигуряват сигурна и разпределена комуникация (напр. peer-to-peer или базирани на блокчейн системи). Хибридните структури съчетават предимствата на двата

подхода. Теоретичен модел е илюстриран на Фигура 1.10. Таблица 1.1. обобщава основните разлики по отношение на вземане на решения, комуникация, отговорност и мащаб на системата.



Фигура 1.10. Теоретичен модел на централизирана/децентрализирана комуникационна структура (Адаптирано от: Ding, X., Shen, W., & Wang, S. (2024). Centralized or Decentralized? Communication Network and Collective Effectiveness of PBOs — A Task Urgency Perspective. *Buildings*, 14(2), 448. <https://doi.org/10.3390/buildings14020448>)

Основни разлики	ЦЕНТРАЛИЗИРАНА	ДЕЦЕНТРАЛИЗИРАНА
Вземане на решение	Един основен контролиращ елемент дефинира процесите и стратегиите.	Различни компоненти в системата взимат самостоятелни решения, свързани с техните области.
Комуникация	Потоъкът на информация е предимно еднопосочен, от управляващия център към изпълнителните елементи, които реализират задачите.	Компонентите на системата обменят информация по-гъвкаво и директно помежду си, което позволява по-свободен обмен на информационни потоци.
Отговорност	Основната отговорност е концентрирана в централния управляващ елемент, който ръководи изпълнението на информационните процеси с минимална външна намеса.	Отговорността е разпределена между взаимодействащите компоненти в комуникационната система, което осигурява възможност за обратна връзка и адаптация в управлението на информационните процеси.
Мащаб на системата	Този модел е често по-подходящ за системи с по-малък мащаб или по-малък брой взаимодействащи елементи и информационни потоци.	Обикновено е ефективна за системи с голям мащаб и множество разпределени компоненти, където е необходимо гъвкаво управление на информационните процеси.

Таблица 1.1. Сравнение между централизирани и децентрализирани модели

➤ Теоретично-игров комуникационен модел: Оптимизира стратегическите взаимодействия между агенти в конкурентни или кооперативни настройки, намирайки приложение в киберсигурността и бизнес преговорите [Marchao et al., 2020].

➤ Моделиране и симулация в комуникацията: Интегрира комуникацията между проектиране, производство, маркетинг и управление за оптимизация на цялата верига за разработване на продукти и процеси [Balasko et al., 2008].

➤ Управление на качеството на данните в информационни процеси: Включва дефиниране на стандарти, контрол и непрекъснато подобрене на информационните потоци за осигуряване на точност, пълнота, навременност и релевантност на информацията.

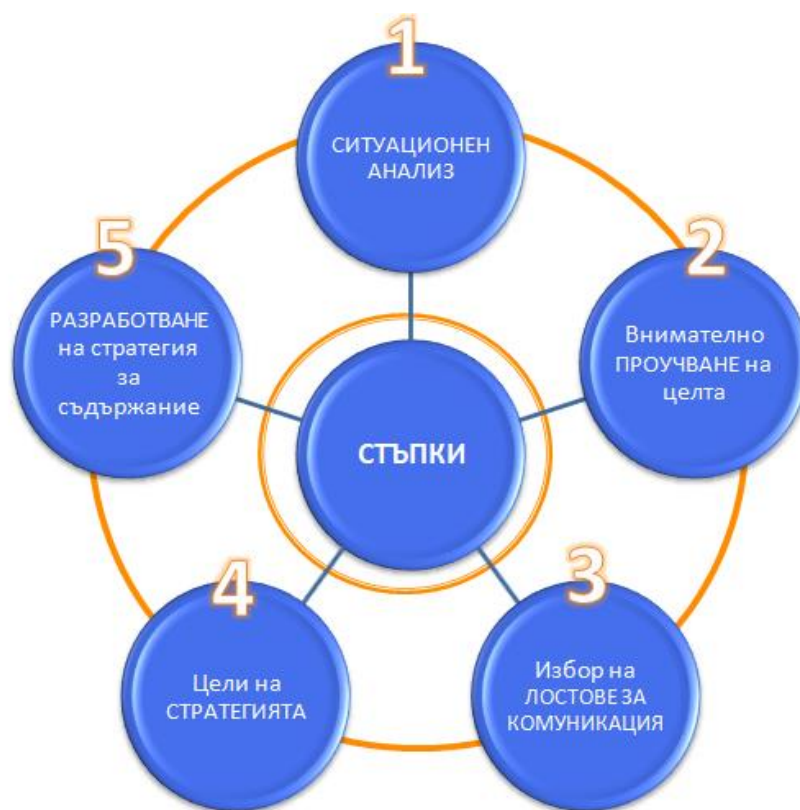
Фигура 1.11. представя структурирано основните направления и взаимовръзки в комуникационните стратегии [Glowalla et al., 2014] и [Demirdöğen et al., 2020].



Фигура 1.11. Комуникационни стратегии (Scopus)

1.4. Комуникационни стратегии в дигитална среда

Комуникационните стратегии в дигитална среда се фокусират върху постигане на цели чрез използване на онлайн платформи и инструменти. Стратегическата комуникация е преднамерен и систематичен подход за предаване на съобщения, съобразени с ценностите и целите на организацията. Управлението на информацията концептуално се разделя на фази: събиране, съхранение, анализ и предаване [Hinton, 2006]. Разработването на дигитална комуникационна стратегия включва последователни стъпки, визуализирани на Фигура 1.12.



Фигура 1.12. Стъпки в създаване на дигитална комуникационна стратегия (Адаптирано от: <https://dottopia.com/what-is-digital-communication-strategy/>)

Те обхващат събиране и анализ на информация, определяне на канали и целеви аудитории, избор на подходящи комуникационни лостове, анализ и интерпретация на данни, формулиране на ключови съобщения, както и мониторинг, обратна връзка и адаптация.

Таблица 1.2. обхваща връзки между социални, технически и управленски елементи, комуникация, организационна култура, разпространение на информация, управление на информацията, съответствие с ИКТ, участие на заинтересовани страни и подобрене. Успешната стратегия информира, подготвя за промяна и убеждава в правилността на решенията.

Характеристика	Описание
Взаимовръзка на социални, технически и управленски компоненти	Интегрирането на социални, технически и управленски елементи гарантира, че комуникацията е изчерпателна и обхваща всички аспекти на организацията.
Комуникация отгоре надолу и отдолу нагоре	Информацията трябва да тече двупосочно, като се гарантира, че всички нива на организацията са ангажирани и информирани.
Привеждане в съответствие с организационната култура и стратегия	Това подравняване помага за постигането на организационните цели и повишава ефективността на организацията.
Канали за разпространение на информация	Идентифицирането и използването на основните канали за разпространение на информация е от решаващо значение. Това включва както официални, така и неформални канали, за да се гарантира, че информацията достига ефективно до всички съответни заинтересовани страни.
Фази на управление на информацията	Комуникационната стратегия трябва да обхваща ключови фази от управлението на информацията: събиране, съхраняване, анализиране и предаване на информация. Този структуриран подход гарантира, че информацията се управлява ефикасно и ефективно.

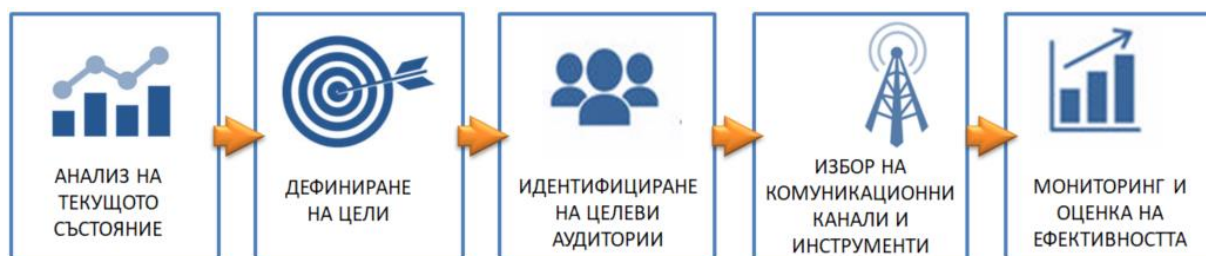
Стратегическо привеждане в съответствие с ИКТ	Комуникационните стратегии трябва да бъдат съгласувани с ИКТ. Това съгласуване помага за оптимизиране на използването на ИКТ за по-добро управление на информацията и процесите на вземане на решения.
Ангажираност на заинтересованите страни и обратна връзка	Това гарантира, че комуникационната стратегия е добре приета и разбрана от всички участващи страни, улеснявайки по-плавното прилагане на стратегиите.
Непрекъснато подобряване и адаптиране	Комуникационните стратегии трябва да бъдат динамични и адаптивни към промените. За поддържане на ефективна комуникация е необходимо непрекъснато усъвършенстване въз основа на обратна връзка и променящи се организационни нужди.

Таблица 1.2. Основни изисквания към комуникационните стратегии

1.5. Компоненти на съвременните комуникационни стратегии

Съвременните комуникационни стратегии включват няколко основни компонента:

- **Интегриране на ИКТ:** Фундаментален елемент, предоставящ инфраструктура, инструменти и платформи за ефективно събиране, обработка, съхранение и разпространение на информация, подпомагайки автоматизацията и взаимодействието.
- **Стратегическо планиране и управление на комуникацията:** Систематичен процес на планиране, изработване и разпространение на съобщения, съобразени с целите на организацията. Ключовите етапи са представени на Фигура 1.13.



Фигура 1.13. Ключови етапи в комуникационната стратегия

- **Интеграция на организационните процеси и комуникационните потоци:** Осигурява синхронизация и координация между различни звена (проектиране, производство, маркетинг, управление) за оптимизация на веригата за продукти и услуги.
- **Човешкият фактор и културният контекст:** Отчита мотивацията, нагласите, културните особености и очакванията на участниците за изграждане на доверие и сътрудничество.
- **Мониторинг, оценка и адаптация:** Механизми за своевременно идентифициране на проблеми, адаптиране на подходите и непрекъснато усъвършенстване на стратегията.

1.6. Роля и въздействие на ИКТ в комуникационните стратегии за управление на информационни процеси

ИКТ са от решаващо значение в няколко аспекта:

- **Значение на ИКТ за вземане на решения и управление:** Предоставят надеждни методи за събиране, достъп, съхраняване, обработка, разпространение и оценка на информация,

което е от съществено значение за ефективното управление и повишаване на конкурентоспособността [Escobar-Toledo&Martínez-Berumen, 2011; 2013]. Значението е илюстрирано на Фигура 1.14.



Фигура 1.14. Значение на ИКТ за вземане на решения и управление

➤ Роля на ИКТ в управлението на знания и иновации: Подпомагат придобиването, разпространението и използването на знания, жизненоважни за иновации, управлявани от служители, и цялостна организационна ефективност.

➤ Интеграция и дигитализация на управленските системи: ИКТ рационализират оперативни, тактически и стратегически процеси, укрепват комуникационните връзки и са основа за преход към технологиите на Четвъртата индустриална революция [Caffrey&McDonagh, 2015].

➤ Необходимост от динамично адаптиране на комуникационните стратегии: Променящите се изисквания на околната среда налагат динамични комуникационни стратегии за поддържане на конкурентоспособността, включително цялостни процеси за управление на риска [deFreitas et al., 2018].

1.7. Предизвикателства при прилагането на комуникационни стратегии за управление на информационните процеси в организационното управление

Прилагането на комуникационни стратегии е съпроводено с редица предизвикателства:

➤ Сложни организационни структури: Матричните структури представят уникални комуникационни предизвикателства поради своята сложност [Gillard, 2005].

➤ Децентрализирано споделяне на данни: Ефективната оценка на заявките и интегрирането на информация са трудни поради припокриване на информация и необходимост от обработка между източници [Chen et al, 2008].

➤ Ефективна комуникация и контрол на управлението: Липсата на ефективни комуникационни механизми може да възпрепятства контрола на управлението и организационната ефективност [Chtioui&Dubuisson, 2020].

➤ Динамични и развиващи се изисквания: Променящите се изисквания на средата налагат динамични стратегии, а несъответствието на абстракцията на информационните системи води до неефективност [Bendoly et al, 2008].

➤ **Технологична интеграция и адаптация:** Сложността на интегриране на различни източници на информация и поддържането на актуална информация е значително предизвикателство, особено при прехода към електронно управление на документи [Pobegaylov et al, 2016].

1.8. Оптимизация и усъвършенстване на комуникационните стратегии

Оптимизацията е ключов фактор за организационния успех, включващ систематични подходи за анализ, подобрене и адаптация.

➤ **Анализ и оценка на комуникационните процеси:** Започва с детайлен анализ на съществуващите процеси, събиране на данни, използване на комуникационни модели и обратна връзка. Таблица 1.3. описва стъпки като събиране на данни, използване на комуникационни модели, визуален анализ, анализ на обратна връзка, оценка на ефективността на каналите и определяне на причините.

1. Събиране на данни
• Анкетни и интервюта: Провеждат се с участниците в комуникационния процес, за да се събере обратна връзка относно честотата, каналите, качеството и резултатите от комуникацията. • Наблюдение: Анализ на реални комуникационни ситуации с цел откриване на затруднения или неефективност.
2. Използване на комуникационни модели
• Линейни, интерактивни, транзакционни и агент-базирани модели: Изследват се различните аспекти на комуникацията – кой е източникът, как се предава информацията, кой е получателът и каква обратна връзка се получава.
3. Визуален анализ чрез графики и диаграми
• Графики като приложената: Визуализират се ключови етапи и възможни проблемни зони, което улеснява идентифицирането на слабите места.
4. Анализ на обратната връзка
• Качествен и количествен анализ: Оценява се съдържанието на обратната връзка, за да се установят често срещани затруднения, неясноти или липса на информация.
5. Оценка на ефективността на каналите
• Сравнение между различни канали: Установява се кои комуникационни канали са най-ефективни и къде се наблюдават затруднения или забавяния.
6. Определяне на причините за проблемите
• Коренен анализ: Анализ на причинно-следствени връзки, за да се открият първопричините за комуникационните затруднения.

Таблица 1.3. Идентифициране и анализ на проблемни зони в комуникационните процеси

- Внедряване на съвременни ИКТ: Интеграцията на иновативни ИКТ е съществена за оптимизация, позволявайки автоматизация, персонализация и сегментиране на аудитории. Ролята на ИКТ е представена на Фигура 1.15.



Фигура 1.15. Интеграция на ИКТ в комуникационните стратегии

- Съвременни индустриални разработки за комуникация: Използват се аналитични инструменти за непрекъснат мониторинг на ключови показатели за ефективност (KPI), предоставящи визуални отчети и препоръки. Таблица 1.4. включва Trello, Asana, Slack, Microsoft Teams, Lightico, Google Analytics, Hootsuite, с техните функции и приложения.

Инструмент	Функции	Приложения
Trello	Управление на задачи и процеси	Планиране и проследяване на кампании
Asana	Координация на екипни задачи	Оптимизация на вътрешна комуникация
Slack	Реално времева комуникация	Подобряване на вътрешната комуникация
Microsoft Teams	Видео конферентни връзки и чат	Управление на дистанционни екипи
Lightico	Анализ на разговори и KPI	Оптимизация на клиентски взаимодействия
Google Analytics	Измерване на трафик и конверсии	Оценка на дигитални кампании
Hootsuite	Управление и анализ на социални медии	Мониторинг и адаптация на стратегии

Таблица 1.4. Основни аналитични инструменти за оптимизация на комуникационни стратегии

- Управление на информационното претоварване: Критичен аспект, включващ гарантиране на качеството на информацията и стратегии за предотвратяване на претоварване [Erppler 2015]. Крива на ефективността на Фигура 1.16. илюстрира как увеличеното

количество информация може да подобри, но след определена точка да намали ефективността на вземане на решения.



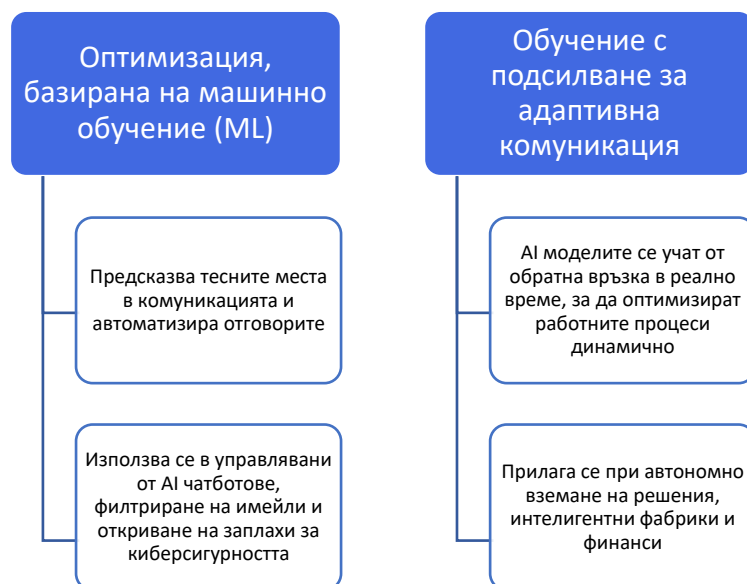
Фигура 1.16. Крива на ефективност

- Интеграция на организационните процеси и комуникационните потоци: Оптимизацията изисква интеграция между различни процеси за по-добра координация и обмен на информация.
- Оценка на въздействието и непрекъснато усъвършенстване: Периодични ревизии и анализ на обратна връзка за адаптация към динамични промени и устойчиво развитие.

1.9. Методи за оптимизация на комуникационните стратегии

За подобряване на комуникационните стратегии се прилагат евристични и управлявани от AI техники. Те са предназначени да подобрят ефикасността и ефективността в сложни системи, включително хиперевристички и мета-евристични техники. Фигура 1.17. визуализира тези подходи.





Фигура 1.17. Методи за оптимизация

➤ Техники и методи за оптимизация:

○ Генетични алгоритми (GA): Стохастични оптимизационни методи, вдъхновени от естествения подбор, използващи селекция, мутация и кръстосване за оптимални решения в адаптивно мрежово маршрутизиране и разпределение на облачни ресурси [Cormen, T. H. Et al, 2022].

○ Оптимизация на рояка частици (PSO): Алгоритъм, базиран на колективното поведение на рояци, прилаган в самоорганизиращи се комуникационни мрежи и IoT системи [Heaton, J., 2014; Iba Hitoshi, 2020].

○ Оптимизация на колонията на мравки (ACO): Алгоритми, имитиращи поведението на мравките при търсене на храна, използвани за динамично маршрутизиране на съобщения [Heaton, J., 2014; Iba Hitoshi, 2020].

○ Машинно обучение (ML): Предсказва тесни места, автоматизира отговорите, интегрира се в AI-базирани системи за повишаване на ефективността и сигурността [P. Petrov et al, 2022].

○ Обучение с подсилване: Позволява на AI моделите да се учат от обратна връзка в реално време за динамична оптимизация на комуникационни и работни процеси [P. Petrov et al, 2022].

➤ Практически приложения на оптимизирани комуникационни стратегии. Приложението в практиката се обобщава в следните основните технологични направления:

○ Корпоративна комуникация и сътрудничество: Виртуални AI асистенти и автоматизирано управление на работни процеси намаляват човешката намеса.

○ Облачни и разпределени изчисления: Балансиране на натоварването и периферни изчисления (Edge Computing) оптимизират комуникацията и намаляват забавянията.

○ Киберсигурност и защитен обмен на информация: Блокчейн комуникация осигурява прозрачност и доверие, а AI откриване на заплахи предотвратява неоторизиран достъп.

○ Интернет на нещата (IoT) и интелигентни системи: Самооптимизирани се IoT мрежи и AI-подсилена предсказуема поддръжка подобряват надеждността и адаптивността.

1.10. Съвременни тенденции в развитието на комуникационните стратегии за управление на информационните процеси

Тези тенденции се фокусират върху повишаване на ефективността, автоматизацията и вземането на решения и са обобщени на Фигура 1.18.



Фигура 1.18. Основни съвременни тенденции в развитието на комуникационните стратегии за управление на информационни процеси

➤ Комуникация и автоматизация, управлявана от AI: AI чатботове и виртуални асистенти с NLP подобряват комуникацията в реално време, намаляват човешката намеса и подпомагат вземането на решения чрез предсказателен анализ.

➤ Управление на знания и големи данни: Развитието на Big Data и квантовите изчисления трансформира анализа на данни, изисква ефективно управление на знанията и нови подходи [Van De Bogart, 2015].

➤ Управление на риска в цифровата трансформация: Ефективни комуникационни стратегии трябва да включват механизми за управление на риска, свързани с новите рискове от цифровата трансформация [Salutina et al, 2023].

➤ Интерактивна и динамична комуникация: Използва нови технологии за подобряване на ангажираността и ефективността, разчитайки на динамични стратегии за търсене [Tešić, 2016].

➤ Специфични за сектора на телекомуникациите приложения: Развитието на цифрови стратегии е жизненоважно за конкурентно предимство, чрез иновативни решения и нови бизнес модели [Polyanin et al, 2017; Martyakova et al, 2019; Folch&Tamayo, 2008; Prokofiev et al, 2021].

- Технологии за базирано в облак и отдалечено сътрудничество: Платформи като UCaaS обединяват комуникационни канали, а облачните решения и блокчейн технологиите подобряват прозрачността и сигурността за хибридна и отдалечена работа.
- Интегриране на IoT&EdgeComputing: Интелигентни IoT устройства автоматизират обмена на информация, а Edge Computing намалява латентността в чувствителни към времето приложения.
- Оптимизация на комуникацията, управлявана от данни: Динамична автоматизация на работния процес и технологията Digital Twin регулират информационния поток и симулират стратегии за оптимизация.
- Блокчейн и киберсигурност в комуникацията: Децентрализирани блокчейн мрежи осигуряват прозрачност и неизменност, а моделите за сигурност с нулево доверие и криптирането от край до край повишават защитата.
- Адаптивна и съобразена с контекста комуникация: AI персонализира информационния поток, а геймификацията повишава ефективността.
- Човекоцентрични и межкултурни комуникационни стратегии: Емоционален AI и многоезичен AI превод подобряват човешките взаимодействия и глобалните информационни процеси, съобразени с дигиталната етика.
- Бъдещи тенденции в оптимизацията на комуникационните стратегии: Включват квантова комуникация (QKD) за изключителна сигурност, 5G/6G мрежи за високоскоростна свързаност, сътрудничество с AI и холографски интерфейси за по-сигурни, бързи и интелигентни стратегии.

1.11. Изводи

Моделирането и оптимизирането на комуникационните стратегии в управлението на информационните процеси значително подобрява тяхната ефективност, сигурност и адаптивност. Чрез използване на AI, евристични алгоритми и децентрализирани архитектурни модели, организациите могат да постигнат ефективно, управлявано от данни вземане на решения. Бъдещите тенденции ще наблегнат на по-голяма адаптивност, персонализация и вземане на решения в реално време. Интеграцията на технологиите в комуникационните стратегии оптимизира вземането на решения, вътрешната комуникация, бизнес процесите, гъвкавостта, управлението на рисковете и сътрудничеството.

Глава 2. Методи за евристична оптимизация на комуникационни стратегии в управление на информационни процеси

Тази глава се фокусира върху използването на евристични и мета-евристични методи за оптимизация на комуникационните стратегии в управлението на информационни процеси, като акцентира върху ефективността и справянето със сложността на системите.

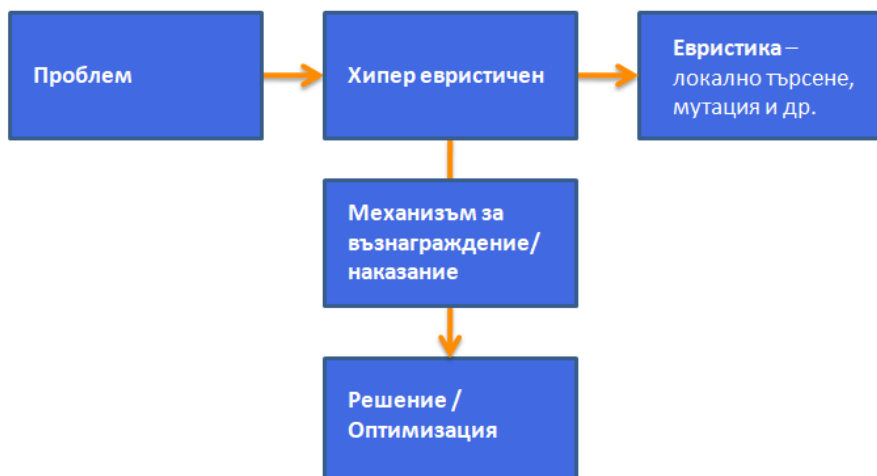
2.1. Евристични методи за оптимизация на комуникационните стратегии

За подобряване на ефикасността и ефективността на комуникацията в сложни системи, дисертационният труд предлага използването на хипер-евристика и мета-евристични техники.

2.1.1. Хипер-евристика (HyperHeuristics)

Хипер-евристиката е стратегия от високо ниво, която избира, комбинира или генерира евристика за решаване на проблеми. Тя използва информация, получена по време на процеса

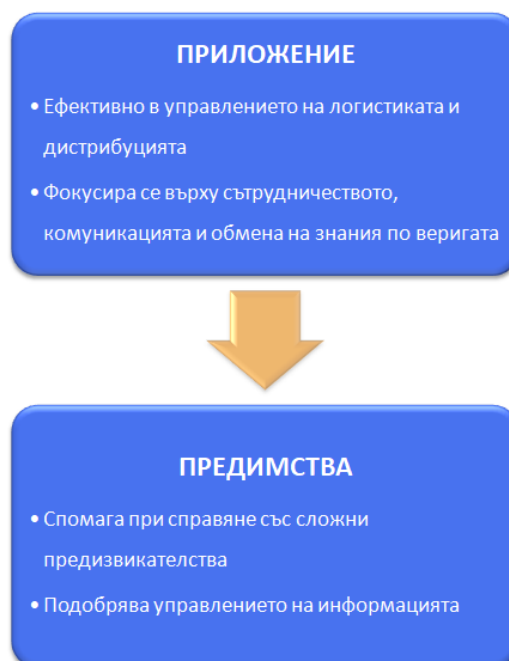
на търсене, често включваща вероятностен метод за подбор и механизми за възнаграждение и наказание за оптимизация [Navarro M.A. et al, 2023].



Фигура 2.1. Информация на процеса на търсене

2.1.2. Мета-евристични техники (MetaHyper Heuristics)

Мета-евристичните техники (МНТ) се използват за ефективно управление на информацията в сложни системи като логистика и дистрибуция. Те се фокусират върху сътрудничеството, комуникацията и обмена на знания по веригата на доставки и са важни за съвременните организации, които се нуждаят от усъвършенствани системи за подпомагане на вземането на решения [Yang, Pengbo, 2022].



Фигура 2.2. Приложения и предимства

2.2. Генетичните алгоритми: Теоретични основи и модификации

Генетичните алгоритми (ГА) са евристични глобални оптимизационни методи, вдъхновени от естествения подбор и генетиката. Те се използват за решаване на сложни оптимизационни проблеми чрез имитация на процесите на естествен подбор и възпроизводство.

2.2.1. Основни принципи на ГА

Процесът започва с произволна популация от кандидат-решения. Ключовите етапи включват:

- Селекция: По-добре представящите се решения имат по-голям шанс да бъдат избрани за възпроизвеждане.
- Кръстосване (Crossover): Комбиниране на две или повече решения за създаване на нови.
- Мутация (Mutation): Случайни промени в решението за въвеждане на разнообразие в популацията.

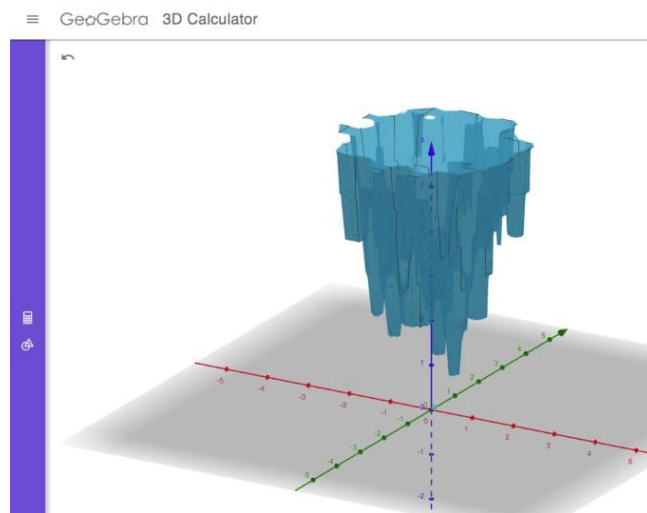
Стойността на годността (fitness value) на всеки индивид се изчислява чрез целева функция, която присвоява числова оценка на качеството на решението. Тази функция може да е функция на грешката или на разходите. Популацията еволюира към по-добри решения чрез многократното прилагане на тези оператори [Mateeva G, et al, 2023].

2.2.2. ДНК-вдъхновена модификация на генетични алгоритми

Предлага се модификация на ГА, вдъхновена от ДНК, която използва хромозоми като двоични близнаци с обърнати битове (bit-string twin optimization). Всяка хромозома има комплементарна двойка, което позволява по-ефективно изследване на пространството за търсене, по-добро справяне с ограниченията и поддържане на разнообразието в популацията [Mateeva G, et al, 2023]. Въпреки потенциално по-високите изчислителни разходи, двойните хромозоми споделят една и съща стойност на годност, което може да предотврати преждевременна конвергенция. Практическата имплементация е осъществена с библиотеката openGA на C/C++.

2.2.3. Експерименти и резултати

Проведени са експерименти за валидиране на ДНК-вдъхновената модификация на ГА с добре познати бенчмарк функции за оптимизация [Balabanov, T. 2020]. На тази фигура е показана двуизмерната повърхност на бенчмарк функция, използвана за експериментите, която има много плоски области и локални оптимуми, което прави намирането на глобалния оптимум трудно.



Фигура 2.3. Двумерна версия

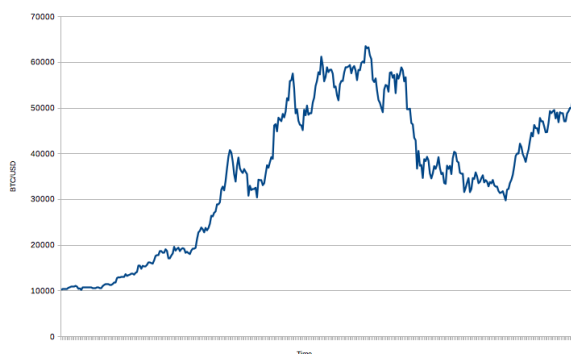
C/C++ изходният код е изпълняван на мобилно устройство под Linux дистрибуция Postmarket OS.

2.3. Приложение на ГА в управление на информационни потоци при разпределени изчисления

2.3.1. Управление на информационни потоци в специфичен контекст на разпределени изчисления с ГА

Дисертацията предлага стратегия за управление на информационни потоци в разпределени изчислителни системи, използващи ГА:

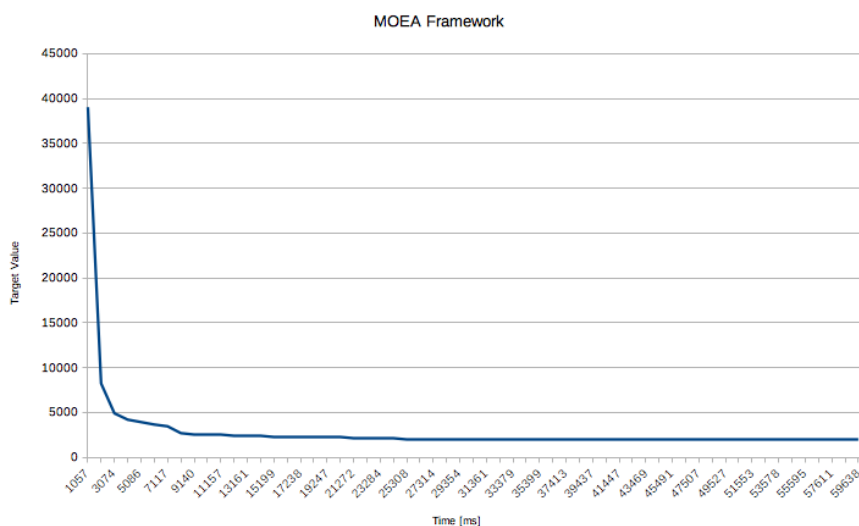
- Поток на данни от сървър към мобилни устройства: Финансови времеви редове се предоставят от уеб сървър на мобилни устройства за изчисления [Mateeva G, et al, 2022].
- Управление на глобална и локални популации: Приложението поддържа глобална популация на сървъра и локални популации на устройствата, управлявани от различни еволюционни алгоритми.
- Разпределени изчисления без честа синхронизация: Архитектурата позволява локална еволюция на решенията за дълъг период без честа синхронизация, намалявайки зависимостта между възлите.
- Модулна архитектура: Мобилното приложение е с модулна архитектура за максимална конфигурируемост.



Фигура 2.4. Данни за цената на Биткойн във формат на времеви редове

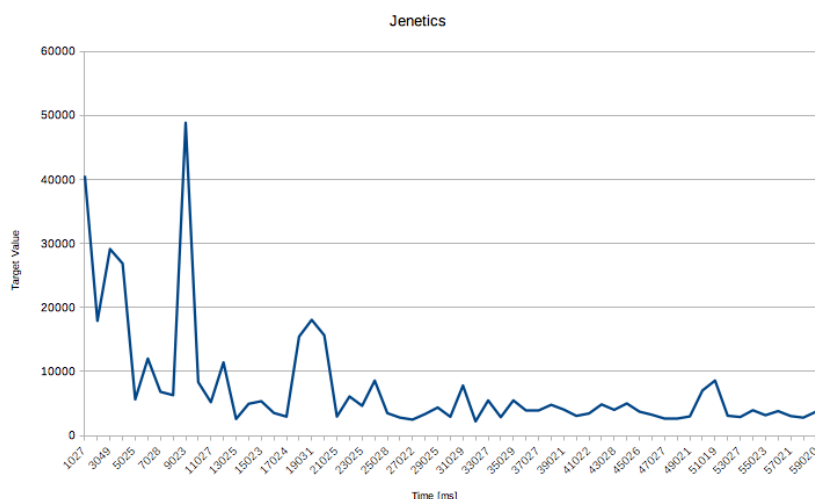
Фигура 2.4. илюстрира потока на данни от отдалечен уеб сървър към мобилни устройства за изчисления, което е съществен елемент за управлението на информационни потоци в разпределени изчислителни среди). Алгоритмите са реализирани с Java библиотеката MOEA Framework.

Фигура 2.5. показва ефективността и скоростта, с която оптимизационните алгоритми се приближават към оптималното решение).



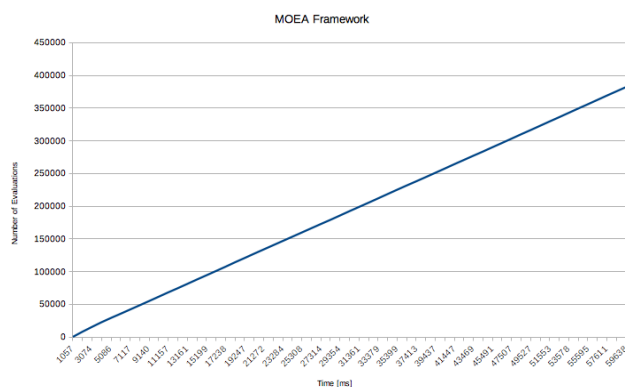
Фигура 2.5. Конвергенцията на алгоритми, реализирани чрез MOEA Framework

Фигура 2.6. визуализира конвергенцията на генетичните алгоритми като критичен показател за тяхната стабилност и производителност



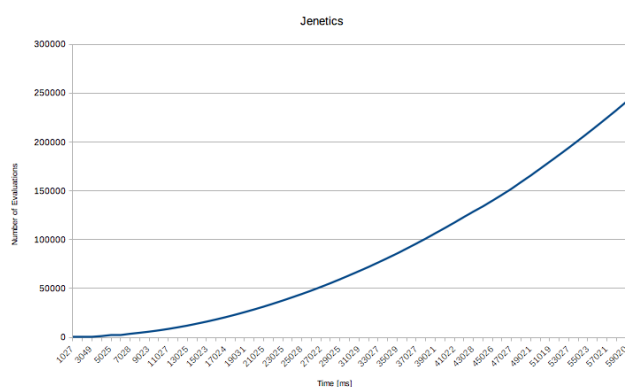
Фигура 2.6. Конвергенцията на GA

Фигура 2.7. предоставя количествена мярка за изчислителната ефективност на алгоритъма, особено при времеемки целеви функции.



Фигура 2.7. Броя на извикванията на целевата функция в MOEA Framework

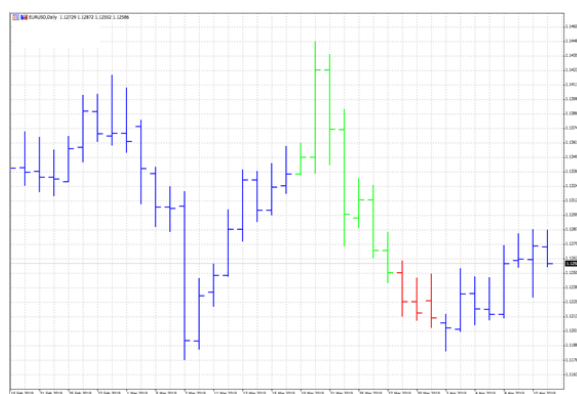
Фигура 2.8. допълва анализа на производителността, давайки оценка на изчислителните разходи и позволявайки сравнение между различни подходи или реализации на ГА.



Фигура 2.8. Брой на извикванията на целевата функция за GA в Jenetics

2.3.2. Прогнозиране на финансови времеви серии чрез GA

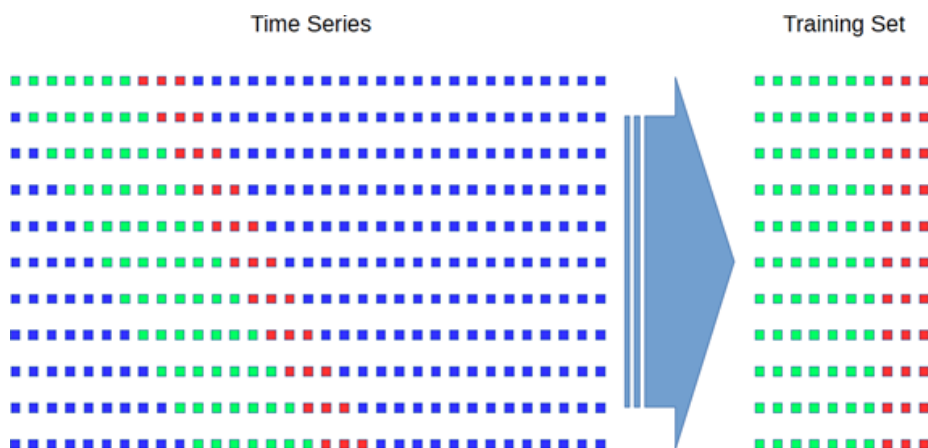
ГА се прилагат за прогнозиране на финансови времеви редове в разпределени изчисления, използвайки градиентни методи за обучение на изкуствени невронни мрежи (ИНМ). Android OS услуги се използват за фонове изчисления, а Live Wallpaper – за визуализация на междинни резултати.



Фигура 2.9. Времеви редове

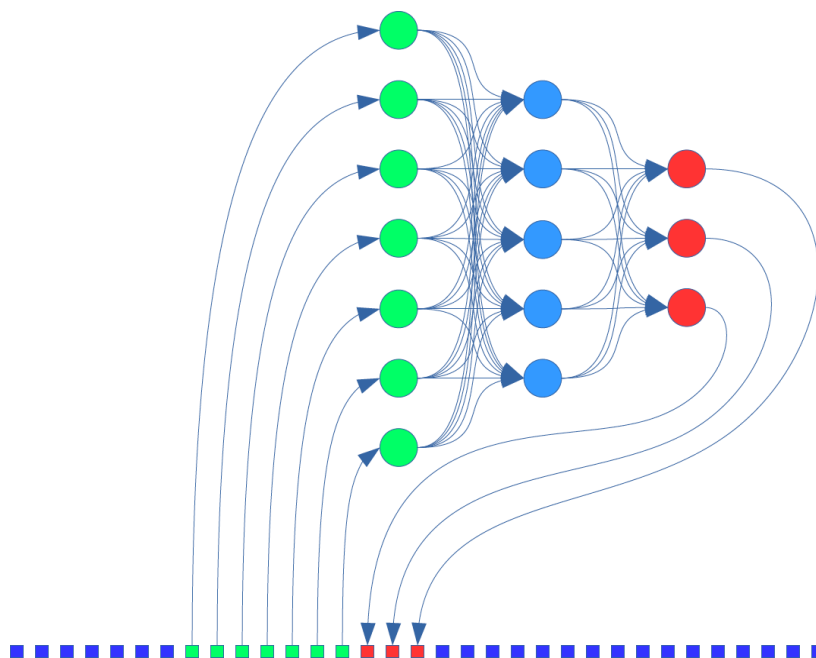
Фигура 2.9. показва примерни времеви редове, вероятно финансови, които се използват като входни данни за прогнозиране.

Фигура 2.10. илюстрира процеса на създаване на набор от данни за обучение, което е ключово за работата на ИНМ.



Фигура 2.10. Формиране на тренировъчен набор

Фигура 2.11. показва как данните се подават към ИНМ за обработка и обучение.



Фигура 2.11. Подаване на данни от изкуствена невронна мрежа

За количествена оценка се използват метрики като средна абсолютна грешка (MAE) и средноквадратична грешка (RMSE). Системата е организирана като клиент-сървър архитектура, където мобилните устройства се свързват със сървъра чрез RESTful комуникация с HTTP/JSON протокол. Втори подход за прогнозиране е базиран на апроксимация на крива чрез синусоидални редове и линейна регресия, като ГА търси оптимални коефициенти [Xujie Tan et al, 2023].

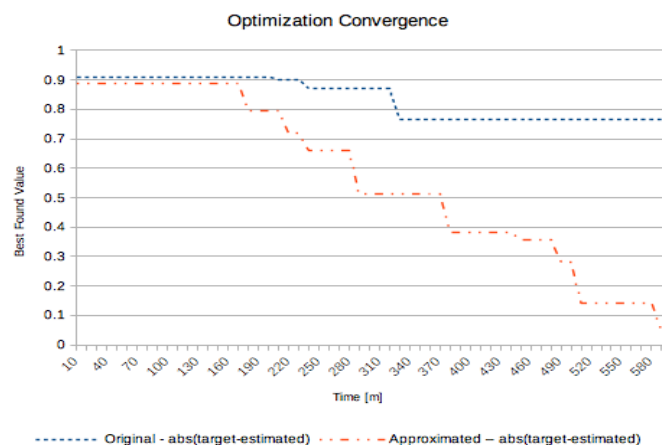
2.3.3. Вътрешни стратегии за управление на информацията в генетични алгоритми в дигитална среда чрез апроксимация на целева функция

Целевата функция е ключов информационен процес в ГА, който направлява еволюцията им. Когато целевите функции са времеемки, ефективността на ГА спада драстично. Предлага се апроксимация на тези функции с полиноми на Лагранж, за да се подобри скоростта на оптимизационния процес и да се намалят скъпите взаимодействия. Това прави мета-евристиките приложими и в области, където досега не са били възможни [Mateeva, G et al, 2022].

2.3.4. Експерименти и резултати

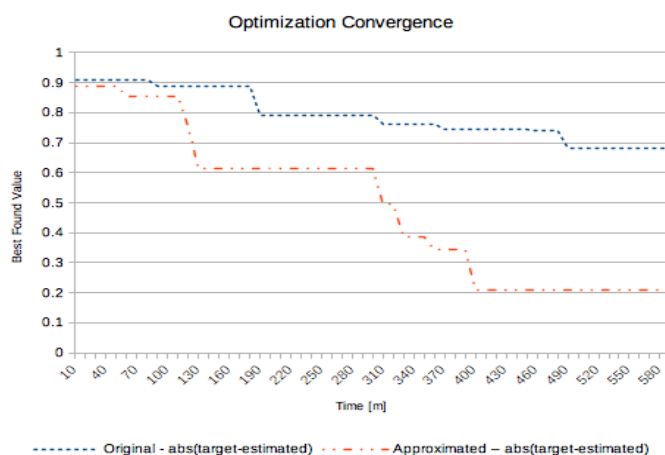
Проведени са три експеримента, сравняващи стандартен ГА с ГА, използващ апроксимирана функция за годност, в контекст на оптимизация в игрова среда (RTP).

Първият експеримент показва, че апроксимираната функция за годност дава предимство почти в края на оптимизационния процес в първия експеримент.



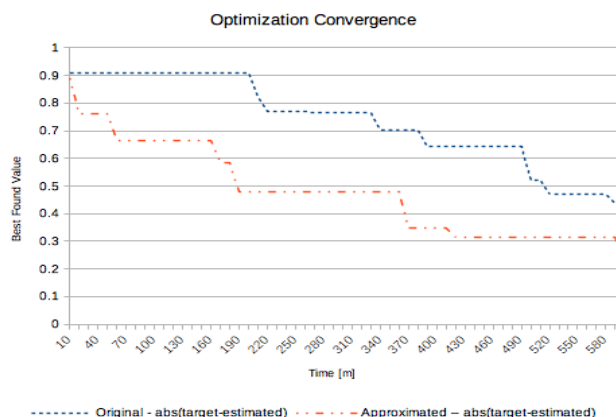
Фигура 2.12. Първи експеримент

Вторият експеримент илюстрира предимството на апроксимираната функция за годност в средата на оптимизационния процес във втория експеримент.



Фигура 2.13. Втори експеримент

Третият експеримент показва, че в третия експеримент двете криви на конвергенция са почти успоредни, което означава, че апроксимираната функция не винаги дава значително предимство.



Фигура 2.14. Трети експеримент

2.4. Изследване на статистически свойства при оптимизация: Качество на данни и мащабиране на случайни числа

Качеството на данните е от съществено значение. Генерирането на случайни числа и тяхното мащабиране са критични за ГА.

2.4.1. Генериране и мащабиране на случайни числа

Случайни числа могат да се генерират чрез:

- Псевдогенератори на случайни числа (PRNG): Използват детерминистични алгоритми като Mersenne Twister.
- Истински генератори на случайни числа (TRNG): Използват физически процеси като TrueRNG v3.

2.4.2. Техники за мащабиране на случайни числа

Мащабирането трансформира генерираните числа в желанния диапазон. Използват се линейно, нелинейно или специфично мащабиране, като е важно да не се въвежда отклонение.

2.4.3. Статистически инструменти и експерименти

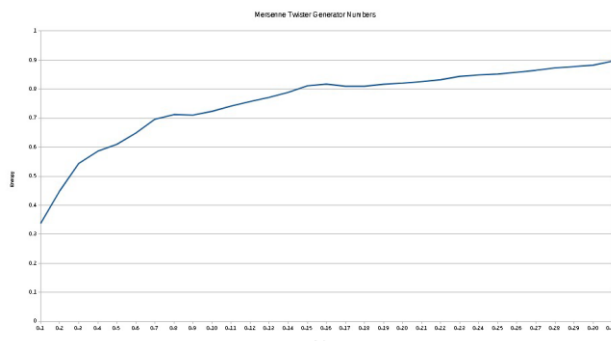
Инструментът „ent“ се използва за оценка на ентропията на файлове и поредици от байтове. Той измерва:

- Ентропия: Мярка за случайност и непредсказуемост.
- Хи-квадрат тест: Определя дали разпределението на байтовите стойности е равномерно.
- Средноаритметична стойност: Средна стойност на байтовите стойности.
- Стойност на Монте Карло за P_i : Оценява P_i чрез случайна извадка.
- Коефициент на серийна корелация: Измерва зависимостта между последователни стойности.

2.4.4. Експерименти и резултати

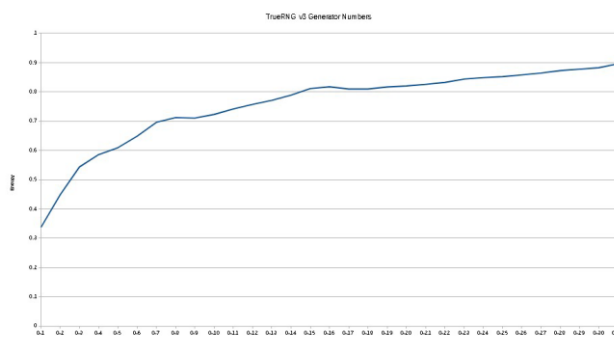
Експерименти с данни от Mersenne Twister и TrueRNG v3, мащабирани от 0-1 до 0-32, показват, че мащабирането не влияе драстично на статистическите характеристики на псевдослучайните числа.

Фигура 2.15. показва ентропията на числа, генерирани от Mersenne Twister при различни диапазони на мащабиране.



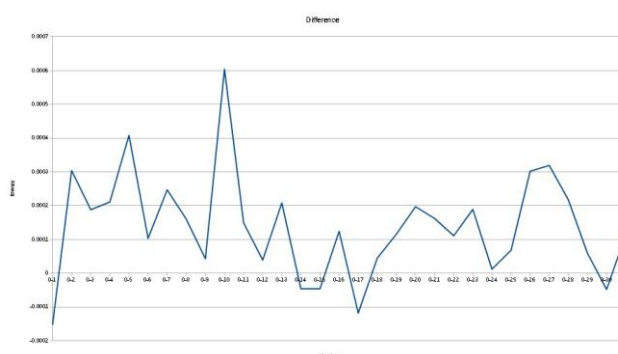
Фигура 2.15. Ентропия на Mersenne Twister

Фигура 2.16. показва ентропията на числа, генерирани от TrueRNG v3 при различни диапазони на мащабиране.



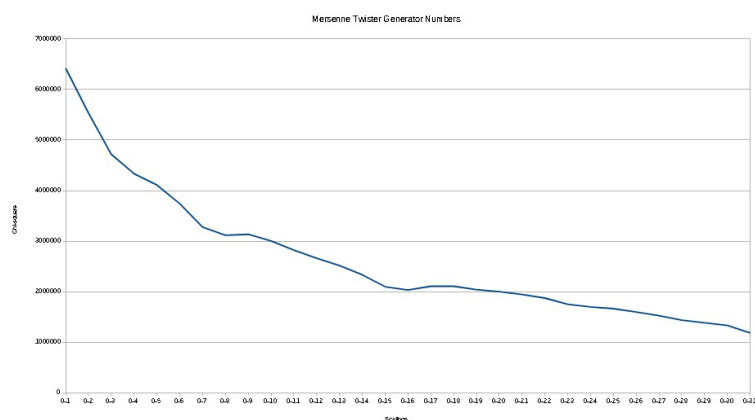
Фигура 2.16. Ентропия на TrueRNG v3

Фигура 2.17. сравнява разликата в ентропията между Mersenne Twister и TrueRNG v3 след мащабиране.



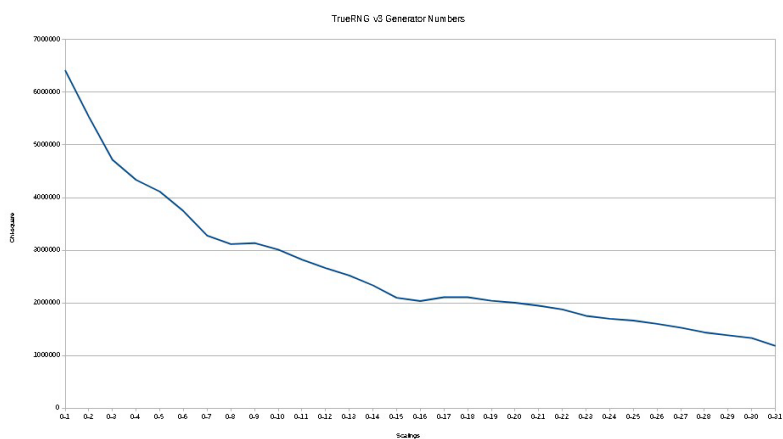
Фигура 2.17. Разлика в ентропията

Фигура 2.18. представя стойностите на Хи-квадрат теста за псевдослучайни числа от Mersenne Twister при различни диапазони на мащабиране.



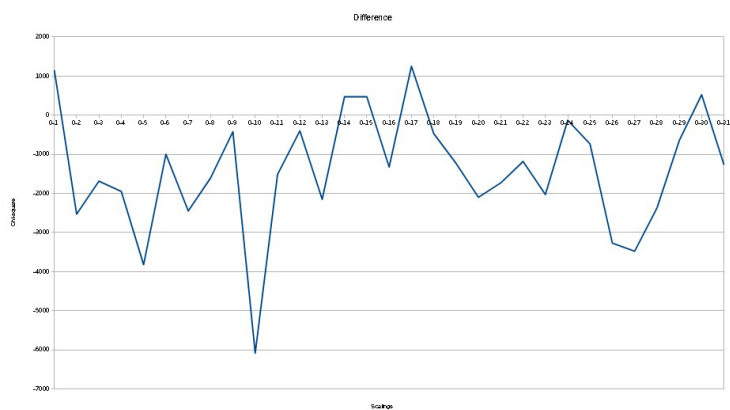
Фигура 2.18. Хи-квадрат на Mersenne Twister .

Фигура 2.19. представя стойностите на Хи-квадрат теста за истински случайни числа от TrueRNG v3 при различни диапазони на мащабиране.



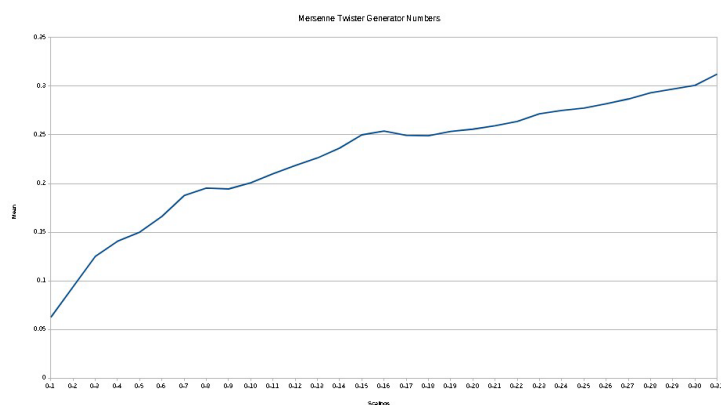
Фигура 2.19. Хи-квадрат на TrueRNG v3

Фигура 2.20. показва разликата в Хи-квадрат стойностите между двата генератора след мащабиране.



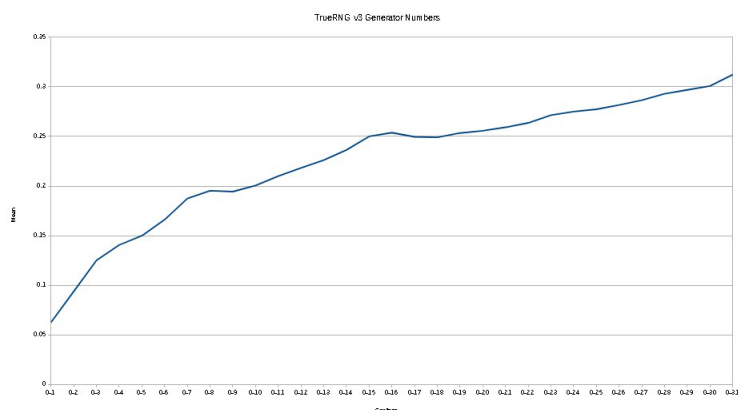
Фигура 2.20. Разлика в хи-квадрата

Фигура 2.21. изобразява средноаритметичната стойност на генерираните числа от Mersenne Twister при различни диапазони на мащабиране.



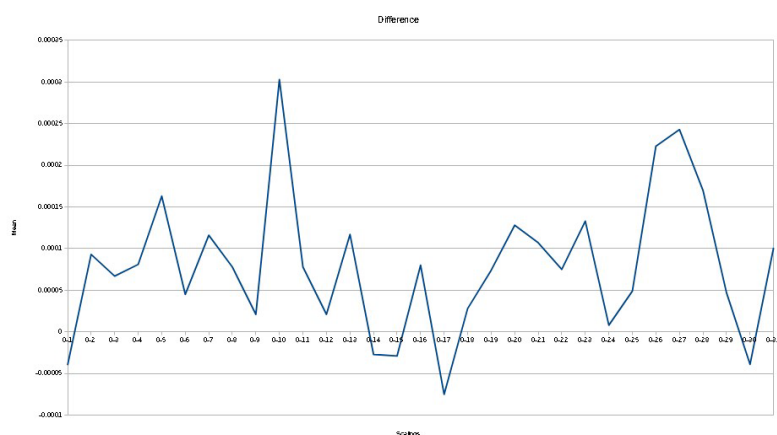
Фигура 2.21. Средна стойност на Mersenne Twister

Фигура 2.22. изобразява средноаритметичната стойност на генерираните числа от TrueRNG v3 при различни диапазони на мащабиране.



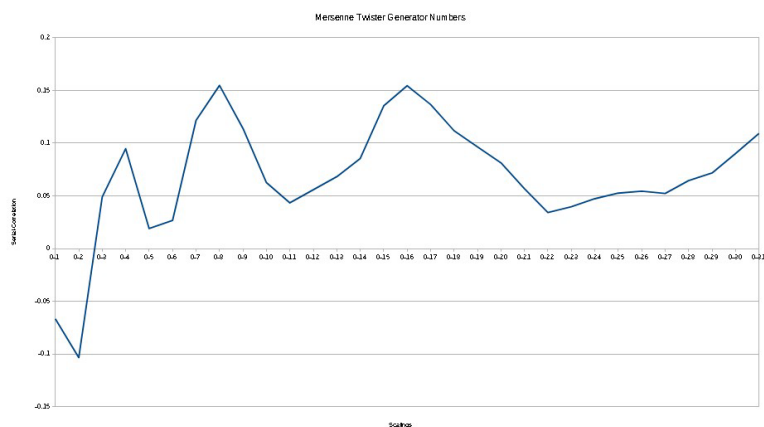
Фигура 2.22. Средна стойност на TrueRNG v3

Фигура 2.23. показва разликата в средната стойност между Mersenne Twister и TrueRNG v3 след мащабиране.



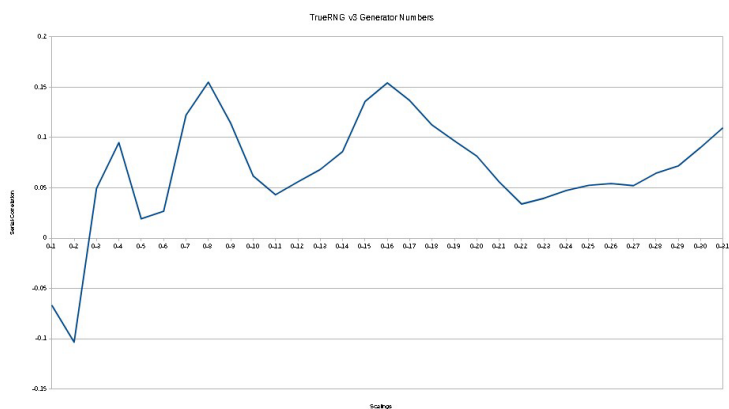
Фигура 2.23. Разлика в средната стойност

Фигура 2.24. илюстрира коефициента на серийна корелация за числата от Mersenne Twister.



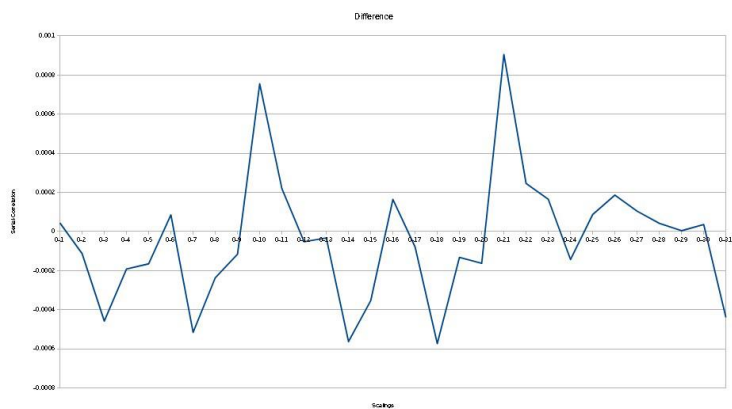
Фигура 2.24. Серийна корелация на Mersenne Twister

Фигура 2.25. илюстрира коефициента на серийна корелация за числата от TrueRNG v3.



Фигура 2.25. Серийна корелация на TrueRNG v3

Фигура 2.26. визуализира разликата в коефициента на серийна корелация между двата генератора.



Фигура 2.26. Разлика в серийната корелация

2.5. Изводи

Евристичните и мета-евристичните методи, особено ГА, осигуряват стабилни рамки за подобряване на комуникационните стратегии и управлението на информационни процеси в сложни системи. ДНК-вдъхновената модификация на ГА и адаптивният метод за апроксимация на времеемки целеви функции значително намаляват изчислителния и комуникационния трафик, правейки ГА приложими на устройства с ограничени ресурси. Модулната организация на софтуера и използването на отворени библиотеки допринасят за гъвкавостта и качеството на разпределените системи. Холистичният подход към оптимизацията отчита както алгоритмичния резултат, така и ефективността на базовите комуникационни процеси. В края на главата са изброени научни публикации, отразяващи съдържанието ѝ.

Глава 3. Модели за комуникационни стратегии при управление на информационни процеси в дигитална среда: Технически и архитектурни аспекти

Глава 3 на дисертационния труд се разглежда моделирането на комуникационни стратегии в дигитална среда от техническа и архитектурна гледна точка, като акцентира върху оптимизацията на информационните потоци и комуникационните процеси. Разглеждат се възможностите и предизвикателствата, които дигиталната среда предлага, както и ролята на интерфейсите и алгоритмите, които структурират онлайн комуникацията [Kevin Lewis, 2021].

Ключов аспект е дигиталната грамотност, която включва технически, когнитивни и социо-емоционални умения, необходими за ефективно използване на дигитални среди. Повисоката техническа дигитална грамотност е свързана с по-активно използване на колаборативни технологии [Andree-AnneDeschênes, 2023].

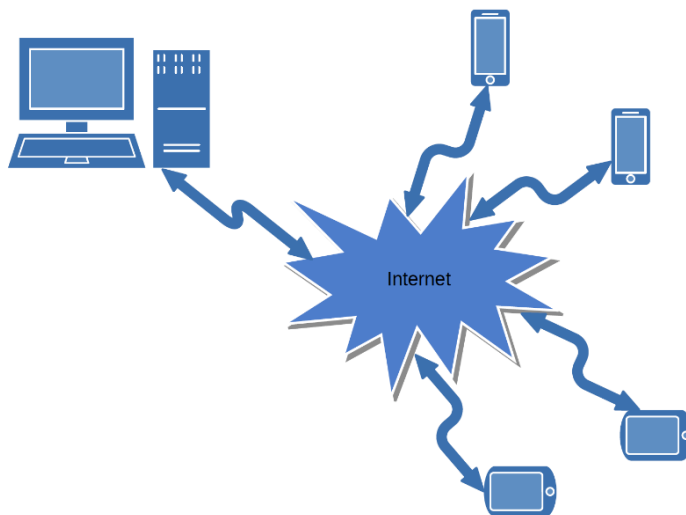
Разнообразието от дигитални канали и инструменти се представя чрез Таблица 3.1. [Anthony Cherbonnier et al, 2024]. Таблицата сравнява имерсивни среди (като видеоигри и симулации със сценарии, които изискват групова активност за обучение на колаборативни умения) с неимерсивни среди (като платформи за споделяне и онлайн курсове, предоставящи споделени работни пространства за синхронна и асинхронна дискусия).

ИМЕРСИВНИ СРЕДИ	НЕИМЕРСИВНИ СРЕДИ
Могат да бъдат използвани за обучение на колаборативни умения и изискват групова активност за постигане на общи цели	Предоставят споделени работни пространства и канали за синхронна и асинхронна дискусия
Видео игри	Платформи за споделяне
Симулации със сценарии	Онлайн курсове
РС-базирани симулатори и инструменти за добавена реалност	Инструменти за колаборативно решаване на проблеми

Таблица 3.1. Типове дигитални среди и техните характеристики

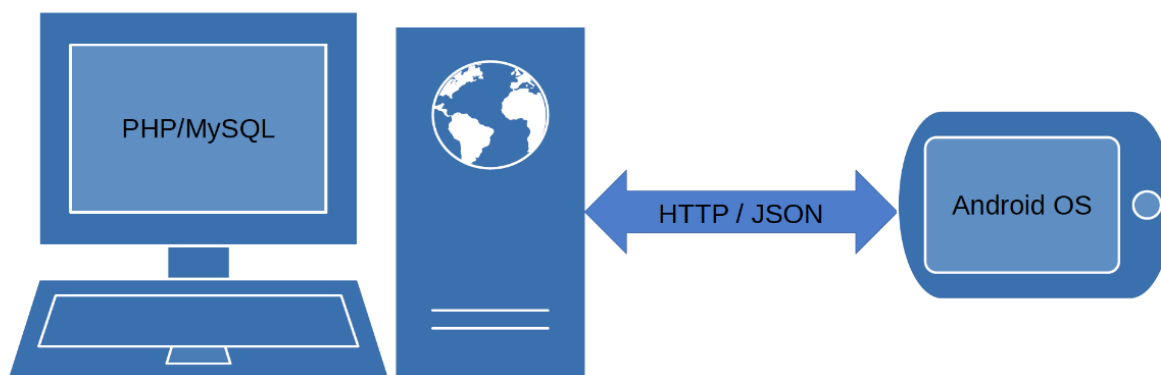
За ефективно управление на данни в мобилни разпределени среди, дисертацията предлага използването на Android Content Providers. Те служат като механизъм за модулно управление и достъп до данни, подобрявайки модулността и устойчивостта на приложенията.

Клиент-сървър архитектурата е фундаментален модел за дигитални информационни процеси, при който сървърът предоставя информация или услуги на мобилни устройства (клиенти) чрез HTTP/JSON протокол.



Фигура 3.1. Клиент – сървър архитектура

Фигура 3.2 показва процеса на комуникация между клиенти и сървър.



Фигура 3.2. HTTP комуникация

Фигура 3.3 представя как системите могат да бъдат разделени на независими компоненти.



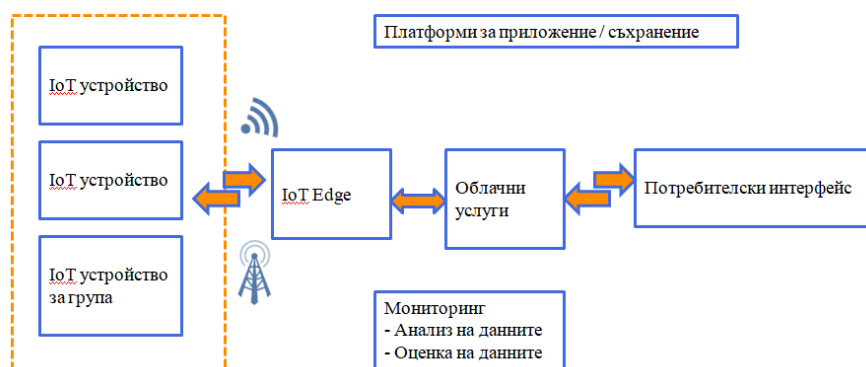
Фигура 3.3. Модулна архитектура

Приложението на Content Providers в контекста на разпределени изчисления включва организиране на потока от данни от сървър към мобилни устройства, управление на глобални и локални популации, както и асинхронни комуникационни модели без честа синхронизация. Този подход е особено важен при **времеемки целеви функции**, където апроксимацията може да намали нуждата от честа комуникация [Mateeva, G et al, 2022].

Анализи и решения в технически и архитектурен аспект

Мобилните киберфизически системи (CPS) и Интернет на нещата (IoT) са в основата на интензивна дигитална трансформация, създавайки нови възможности, но и предизвикателства. CPS комбинират динамиката на физическите процеси със софтуер и мрежи за интегрирано моделиране, проектиране и анализ [Sanfelice R et al, 2016] и [Chen Y., Li Y et al, 2020].

Данните от IoT устройства често са шумни, силно променливи и "грапави", което налага предварителна обработка за извличане на бизнес стойност [Dineva, K., et al, 2019]. Нарастващият брой IoT устройства води до достигане на границите на съществуващите архитектурни структури по отношение на мащабируемост. Като решение се очертава Базираният в облак Интернет на нещата (CB-IoT), предлагащ изчислителни възможности и съхранение чрез виртуализация [Dineva K., et al, 2020]. Разработената архитектура е базирана на AWS облака, позволяваща автоматизирано мащабиране и анализ на данни. Фигура 3.4 визуализира тези платформи, вероятно включващи облачни решения.



Фигура 3.4. Платформи за приложение / съхранение

Основни средства за реализация на разпределени изчисления включват Android OS API-та (като Android Services за фонові операции, LiveWallpaper за междинна визуализация и Android Widgets за гъвкава визуализация и потребителски вход) [Mateeva, G et al, 2021]. Системите използват клиент-сървър архитектура с HTTP/JSON и RESTful комуникация, фоново изпълнение и локално съхранение на данни в SQLite. Използват се и външни Java-базирани библиотеки за машинно обучение, оптимизация и комуникация, а модулният дизайн осигурява гъвкавост.

Предизвикателства и SWOT анализ

Сред основните предизвикателства при проектирането на системи за взаимодействие са оперативната съвместимост (способността на различни системи да работят безпроблемно заедно) и ресурсните ограничения (ограничена памет, липса на дисплей, слаби процесори) [Sadeghi & Mersedeh, 2023].

Таблица 3.2 обобщава тези проблеми, причините за тях и предлага принципи като минимализъм и адаптивност за справяне с тях [Margaria, T et al, 2011].

Категория	Описание	Влияние / Последствия	Принципи и препоръки
Ресурсни ограничения	Ограничения като ограничена памет, липса на дисплей, слаби процесори	Затрудняват изпълнението и управлението	Оптимално използване на ресурси чрез опростяване
Причини за ограничения	Икономии от мащаба и ограничения, наложени от хост средата (тегло, размер, енергия)	Влияят на разходи и възможности на системата	Вземане под внимание още в начални етапи
Предизвикателства в дизайна	Работа върху все още неокончателно проектирани системи с критични неизвестни фактори	Процесът е сложен и неопределен	Използване на итеративни и адаптивни подходи
Перспектива за опростяване	Подход за по-ефективно използване на ресурси и създаване на стабилни, лесни за поддръжка системи	Подобрява стабилността и работоспособността	Прилагане на принципа „по-малко е повече“
Емпирични наблюдения	Събрани открития и примери от експерти, подпомагащи идентификация на добри практики	Улесняват реалното прилагане на принципите	Прилагане на препоръчани методи в системния дизайн

Таблица 3.2. Предизвикателства и принципи при дизайн на системи с ресурсни ограничения

Извършен е SWOT анализ на CPS/IoT и разпределени изчислителни ресурси.

➤ **Силните страни (Strengths):** Нови възможности за продукти/услуги, интегриран подход за моделиране, създаване на стойност от данни, предимства на облачните изчисления

(AWS), използване на Android OS API-та, клиент-сървър архитектура, фоново изпълнение, локално съхранение и модулен дизайн.

➤ Слабите страни (Weaknesses): Липса на стандарти за споделяне на данни, шумни и променливи IoT данни, необходимост от предварителна обработка, достигане на капацитета на архитектурите, предизвикателства при оперативната съвместимост и ресурсните ограничения.

➤ Възможности (Opportunities): Разработване на методи за преобразуване на данни, СВ-IoT, надграждане на обработката на данни, разпределено познание, AWS за мащабиране/анализ, гъвкави стандартизирани процеси и опростяване на дизайна.

➤ Заплахи (Threats): Шум и грешки в данните, непоследователност на данни, достигане на изчислителни граници, липса на оперативна съвместимост и компромиси заради ресурсни ограничения.

Архитектурни модели и техники за оптимизация на комуникацията

Разгледани са различни архитектурни модели за разпределени системи [Washizaki et al, 2020]:

➤ Клиент-сървър архитектура: Централизирано управление, имплементирано в дисертацията, но въвежда риск от единична точка на отказ.

➤ Peer-to-Peer (P2P) архитектура: Децентрализирана, висока отказоустойчивост, намалява зависимостта от централен сървър.

➤ Събитийно-ориентирана (Event-Based/Publish-Subscribe) архитектура: Подходяща за IoT системи с асинхронно генериране на данни (напр. в "Интелигентно животновъдство").

➤ Многослойна (Layered) архитектура: Моделите в дисертацията могат да бъдат рамкирани в нея (Сензорен, Мрежов, Услуги, Приложен слоеве) [A. Triantafyllou, et al, 2019].

Таблица 3.3. обобщава тези модели, техните принципи, мащабируемост, отказоустойчивост, латентност, пригодност за IoT с ограничени ресурси и връзка с модела в дисертацията.

Предлага се бъдеща хибридна архитектура, която да комбинира предимствата на клиент-сървър, събитийно-ориентирани и P2P модели за справяне с предизвикателствата, идентифицирани в SWOT анализа.

Архитектурен Модел	Ключов Принцип	Машабируемост	Отказоустойчивост	Характеристики на Латентността	Пригодност за IoT с Ограничени Ресурси	Връзка с Модела в Дисертацията
Клиент-сървър	Централизиран контрол	Ограничен а от сървъра	Ниска (единична точка на отказ)	Зависи от близостта и натоварването на сървъра	Висока (тънки клиенти)	Имплементиран модел: Централен сървър за управление на популацията в GA; мобилни клиенти за изчисления.
Peer-to-Peer (P2P)	Децентрализиран контрол	Висока	Висока (няма единична точка на отказ)	Променлива; може да бъде ниска за локални участници	Средна (участниците действат и като сървъри)	Алтернативен/Хибриден модел: Може да се използва за директен обмен на данни между мобилни възли без

						посредничеството на сървър.
Събитийно-ориентирана (Pub/Sub)	Асинхронни съобщения	Висока	Висока (слаба свързаност)	Ниска за разпространение на събития	Висока (лекотоварни издатели)	Концептуална пригодност: Съответства на природата на генериране на данни от IoT сензори в интелигентното земеделие.
Многослойна	Разделение на отговорностите	Варира	Варира	Варира	Висока	Цялостна рамка: Системата в дисертацията може да бъде описана чрез многослоен модел (Сензорен, Мрежов, Услуги, Приложен).

Таблица 3.3. Сравнителна таблица на основни архитектурни модели

Специфични техники за оптимизация на комуникацията в CPS/IoT включват адаптивни комуникационни модели (адаптиране на предаване на данни въз основа на условия), енергийно-ефективно маршрутизиране и агрегиране на данни (намаление на трафика чрез локална обработка) и нискоенергийни технологии (като комуникация чрез обратно разсейване) [Taha et al., 2020], [Wei et al 2018], [Ding et al, 2024] и [Chenand et al, 2021].

Оптимизацията се разглежда като холистичен, многослоен проблем, свързващ алгоритмичната оптимизация с мрежова и енергийна ефективност [Taha et al, 2020], [Wei et al, 2018] и [Ding et al, 2024].

Архитектурното проектиране на евристична оптимизация в разпределени системи използва "островен модел" за генетичните алгоритми (всяко мобилно устройство е "остров" с локална популация). Обменът на информация между възлите и централния сървър включва разпространение на начална популация, миграция на индивиди и излъчване на глобално най-доброто решение, с компромис между качество и комуникационен трафик [Mohamed et al, 2012].

Интегрирането на „ДНК-вдъхновената модификация на GA“ и „Апроксимация на времеемки целеви функции“ променя архитектурните изисквания, позволявайки изпълнението на GA на устройства с ограничени ресурси чрез намаляване на комуникационния трафик. Тази синергична връзка между алгоритъм и архитектура представлява холистична алгоритмично-архитектурна рамка [Krupitzer, et al, 2020].

Перспективна архитектурна визия и изводи

Бъдещите насоки включват интеграция с федеративно обучение (обучение на локални модели на устройства, изпращане само на параметри за агрегиране), мултиагентни системи (MAC) за децентрализирани преговори (устройствата действат като автономни агенти) и влиянието на 5G/6G мрежи и квантова комуникация за по-ниска латентност и висока сигурност [William Marfo, et al, 2025], [Dritsas et al, 2025], [Dejun Yang, et al, 2012], [Saad, et al, 2009] и [Zreikat et al, 2025]. Рамката в дисертацията е фундаментална стъпка към напълно автономни и децентрализирани интелигентни системи.

Мобилните, киберфизичните системи и IoT са основата на дигиталната трансформация, но изискват иновативни стратегии за проектиране за справяне с предизвикателствата на оперативната съвместимост и ресурсните ограничения. Разработените модели позволяват ефективно прилагане на евристични методи на хетерогенни мобилни и IoT устройства в разпределени дигитални среди с ограничени ресурси, включително техните технически и архитектурни аспекти на управлението на информационни потоци.

Основни научно-приложни приноси

Дисертационният труд представя холистична хибридна рамка за оптимизация на комуникационни стратегии в разпределени дигитални среди с ограничени ресурси, която интегрира гъвкави архитектурни модели, усъвършенствани евристични методи и холистичен подход към управлението на информационни потоци.

Приносите са групирани в три основни категории:

1. Методологичен принос: Разработени са два нови подхода за подобряване на ефективността на генетичните алгоритми в мрежови среди:

- ДНК-вдъхновена модификация на генетичен алгоритъм: Предложена и валидирана е нова репрезентация, използваща сдвоени хромозоми с инвертирани битове. Този метод подобрява изследването на пространството на търсене и поддържа разнообразието на популацията, осигурявайки по-стабилни решения за сложни оптимизационни проблеми в сравнение със стандартните ГА.

- Адаптивен метод за апроксимация на изчислително скъпи целеви функции: Разработена е нова техника, използваща полиноми на Лагранж за апроксимация на времеемки целеви функции. Този подход значително намалява изчислителния и комуникационния трафик, правейки приложението на ГА осъществимо на устройства с ограничени ресурси. Адаптивният характер на апроксимационния набор представлява самооптимизиращ се механизъм в рамките на самия алгоритъм.

2. Архитектурен принос: Създаден е нов архитектурен модел за практическо внедряване на изчислително интензивни оптимизационни алгоритми (като ГА) на хетерогенни мобилни и IoT устройства с ограничени ресурси. Новостта на тази архитектура се крие в синергичната комбинация от:

- Асинхронни комуникационни протоколи: Моделът минимизира необходимостта от честа синхронизация между централния сървър и клиентите, смекчавайки проблема с „най-бавния клиент“, често срещан в разпределените системи.

- Модулно и буферирано управление на данни: Специфичното използване на механизми като Android Content Providers служи като обобщен модел за разделяне на взаимодействието с потребителя от изчисленията на заден план, осигурявайки отзивчивост на системата и ефективна локална обработка на данни. Това съвместно проектиране на алгоритъм и архитектура е значителен принос към областта на Edge AI и разпределения интелект.

3. Приложен принос: Разработен е цялостен приложен модел за интелигентен мониторинг и обработка на данни в областта на интелигентното земеделие, валидиран чрез проекта „Интелигентно животновъдство“. Валидацията е многостранна, като използва:

- Количествени метрики за производителност: Строга оценка с помощта на стандартни метрики като средна абсолютна грешка (MAE) и средноквадратична грешка (RMSE) за доказване на прогнозната точност и ефективността на оптимизационните алгоритми.

○ Качествен стратегически анализ: Извършен е SWOT анализ, който контекстуализира силните и слабите страни на системата и валидира нейните проектни решения спрямо ключови предизвикателства в домейна като качество на данните, оперативна съвместимост и ресурсни ограничения.

Насоки за бъдещи изследвания

Основните насоки за бъдещи изследвания включват:

- По-нататъшно развитие и прилагане на усъвършенствани евристични методи, по-специално генетични алгоритми, в разпределени дигитални среди с ограничени ресурси.
- Разширяване на проучванията върху адаптивни и децентрализирани архитектурни модели за ефективно управление на информационни потоци и ресурси.
- Дълбочинно изследване на интеграцията и приложението на нововъзникващи комуникационни технологии и AI подходи за подобряване на оптимизационните стратегии (напр. квантова комуникация, 5G/6G, холографски интерфейси).

Публикации по темата на дисертационния труд

1. **Mateeva, G.**, Parvanov, D., Balabanov, T. Study on Random Numbers Scaling. The 37th European Simulation and Modelling Conference, ESM 2023, EUROSIS-ETI, 2023, ISBN:978-9-492-859-28-0, 21-25 (Scopus)
2. **Mateeva, G.**, Parvanov, D., Balabanov, T. DNA-INSPIRED GENETIC ALGORITHM MODIFICATION. Proceedings of 21st INTERNATIONAL INDUSTRIAL SIMULATION CONFERENCE ISC'2023, EUROSIS-ETI, 2023, ISBN:978-9-492859-26-6, 27-31 (Scopus)
3. **Mateeva, G.**, Parvanov, D., Dimitrov, I., Iliev, I., Balabanov, T. An Efficiency of Third Party Genetic Algorithms Software Libraries in Mobile Distributed Computing for Financial Time Series Forecasting. Proceedings of 2022 International Conference Automatics and Informatics (ICAI), IEEE, 2022, ISBN:978-1-6654-7626-3, DOI:10.1109/ICAI55857.2022.9960128, 351-354 (Scopus)
4. **Mateeva, G.**, Parvanov, D., Dimitrov, I., Iliev, I., Balabanov, T. Android Content Providers in Mobile Distributed Computing. Proceedings of 2022 13th National Conference with International Participation (ELECTRONICA), IEEE, 2022, ISBN:978-1-6654-8101-4, DOI:10.1109/ELECTRONICA55578.2022.9874360 (Scopus)
5. Dineva K., Atanasova T., Petrov P., Parvanov D., **Mateeva G.**, Kostadinov G. Towards CPS/IoT System for Livestock Smart Farm Monitoring. 2021 International Conference Automatics and Informatics (ICAI), IEEE, 2021, ISSN:978-1-6654-2661-9, DOI:10.1109/ICAI52893.2021.9639460, 252-255 (Scopus)
6. **Mateeva, G.**, Tomov, P., Parvanov, D., Petrov, P., Kostadinov, G., Balabanov, T. Some Capabilities of Android OS for Distributed Computing. Proceedings of Big Data, Knowledge and Control Systems Engineering (BdKCSE), 2021, ISBN:978-1-6654-1043-4, DOI:10.1109/BdKCSE53180.2021.9627286, 1-6 (Scopus)
7. **Mateeva, G.**, Parvanov, D., Dimitrov, I., Iliev, I., Balabanov, T. Time-Consuming Fitness Functions Approximation for Genetic Algorithms Performance Improvement. Proceedings of 9th SWS International Scientific Conference on Social Sciences - ISC'SS 2022, 9, 1, SGEM WORLD

Участие в проекти

1. Национална Научна Програма „Интелигентно животновъдство” (Инте-Живо), РП 5 и РП 11.
2. Изследване на методи и технологии за цифровизация на образованието, КП-06-M75/3.

Библиография

1. Mateeva, G., Parvanov, D., Balabanov, T. Study on Random Numbers Scaling. The 37th European Simulation and Modelling Conference, ESM 2023, EUROSIS-ETI, 2023, ISBN:978-9-492-859-28-0, 21-25
2. Mateeva, G., Parvanov, D., Balabanov, T. DNA-INSPIRED GENETIC ALGORITHM MODIFICATION. Proceedings of 21st INTERNATIONAL INDUSTRIAL SIMULATION CONFERENCE ISC'2023, EUROSIS-ETI, 2023, ISBN:978-9-492859-26-6, 27-31
3. Mateeva, G., Parvanov, D., Dimitrov, I., Iliev, I., Balabanov, T. An Efficiency of Third Party Genetic Algorithms Software Libraries in Mobile Distributed Computing for Financial Time Series Forecasting. Proceedings of 2022 International Conference Automatics and Informatics (ICAI), IEEE, 2022, ISBN:978-1-6654-7626-3, DOI:10.1109/ICAI55857.2022.9960128, 351-354
4. Mateeva, G., Parvanov, D., Dimitrov, I., Iliev, I., Balabanov, T. Android Content Providers in Mobile Distributed Computing. Proceedings of 2022 13th National Conference with International Participation (ELECTRONICA), IEEE, 2022, ISBN:978-1-6654-8101-4, DOI:10.1109/ELECTRONICA55578.2022.9874360
5. Dineva K., Atanasova T., Petrov P., Parvanov D., Mateeva G., Kostadinov G. Towards CPS/IoT System for Livestock Smart Farm Monitoring. 2021 International Conference Automatics and Informatics (ICAI), IEEE, 2021, ISSN:978-1-6654-2661-9, DOI:10.1109/ICAI52893.2021.9639460, 252-255
6. Mateeva, G., Tomov, P., Parvanov, D., Petrov, P., Kostadinov, G., Balabanov, T. Some Capabilities of Android OS for Distributed Computing. Proceedings of Big Data, Knowledge and Control Systems Engineering (BdKCSE), 2021, ISBN:978-1-6654-1043-4, DOI:10.1109/BdKCSE53180.2021.9627286, 1-6
7. Mateeva, G., Parvanov, D., Dimitrov, I., Iliev, I., Balabanov, T. Time-Consuming Fitness Functions Approximation for Genetic Algorithms Performance Improvement. Proceedings of 9th SWS International Scientific Conference on Social Sciences - ISCSS 2022, 9, 1, SGEM WORLD SCIENCE (SWS) Scholarly Society, 2022, ISBN:978-3-903438-04-0, ISSN:2682-9959, DOI:10.35603/sws.iscss.2022/s04.053
8. A. C. Elkins, D. C. Derrick, J. K. Burgoon and J. F. Nunamaker Jr., "Predicting Users' Perceived Trust in Embodied Conversational Agents Using Vocal Dynamics," 2012 45th Hawaii International Conference on System Sciences, Maui, HI, USA, 2012, pp. 579-588, doi: 10.1109/HICSS.2012.483
9. A. Triantafyllou, D. C. Tsouros, P. Sarigiannidis and S. Bibi, "An Architecture model for Smart Farming," 2019 15th International Conference on Distributed Computing in Sensor Systems (DCOSS), Santorini, Greece, 2019, pp. 385-392, doi: 10.1109/DCOSS.2019.00081.
10. Balasko B., Nemeth S., Nagy G., Abonyi J. Integrated process and control system model for product quality control-application to a polypropylene plant (2008) Chemical Product and Process Modeling, 3 (1), art. no. 50, DOI: 10.2202/1934-2659.1213

11. Balabanov, T. 2020. "Global optimization benchmark function?". ResearchGate. https://www.researchgate.net/post/Global_optimization_benchmark_function , last visited 24 Mar 2023
12. Bendoly E., Bachrach D.G., Powell B. The role of operational interdependence and supervisory experience on management assessments of resource planning systems (2008) *Production and Operations Management*, 17 (1), pp. 93 - 106, DOI: 10.3401/poms.1070.0001
13. Caffrey E., Mc Donagh J. Aligning strategy and information and communication technology in public organizations: A critical management challenge (2015) *Information and Communication Technologies in Public Administration: Innovations from Developed Countries*, pp. 141 - 164, DOI: 10.1201/b18321
14. Chen D., Chirkova R., Kormilitsin M., Sadri F., Salo T.J. Query optimization in XML-based information integration (2008) *International Conference on Information and Knowledge Management, Proceedings*, pp. 1405 - 1406, DOI: 10.1145/1458082.1458303
15. Chen Y., Li Y., Li C., Electronic agriculture, blockchain and digital agricultural democratization: Origin, theory and application, *Journal of Cleaner Production*, 268, 122071, 2020
16. Chtioui T., Dubuisson S.T. Towards a communication-based typology of management control modes: Showing the relevance of communicative action for entrepreneurial settings (2020) *International Journal of Entrepreneurship and Small Business*, 39 (1-2), pp. 163 - 191, DOI: 10.1504/ijesb.2020.104249
17. Cormen, T. H., Leiserson, C. E., Rivest, R. L., Stein, C. (2022). *Introduction to algorithms*, MIT Press, ISBN9780262046305
18. C. Krupitzer, T. Temizer, T. Prantl and C. Raibulet, "An Overview of Design Patterns for Self-Adaptive Systems in the Context of the Internet of Things," in *IEEE Access*, vol. 8, pp. 187384-187399, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3031189.
19. de Freitas S.A.A., Canedo E.D., Felisdório R.C.S., Leão H.A.T. Analysis of the risk management process on the development of the public sector information technology master plan (2018) *Information (Switzerland)*, 9 (10), art. no. 248, DOI: 10.3390/INFO9100248
20. Demirdöğen G., Işık Z., Arayıcı Y. Lean management framework for healthcare facilities integrating BIM, BEPS and big data analytics (2020) *Sustainability (Switzerland)*, 12 (17), art. no. 7061, DOI: 10.3390/su12177061
21. Dejun Yang, Xi Fang, Guoliang Xue. Game theory in cooperative communications, *IEEE Wireless Communications*, Article2012, DOI: 10.1109/MWC.2012.6189412
22. Ding, X., Shen, W., & Wang, S. (2024). Centralized or Decentralized? Communication Network and Collective Effectiveness of PBOs—A Task Urgency Perspective. *Buildings*, 14(2), 448. <https://doi.org/10.3390/buildings14020448>
23. Dritsas, E., & Trigka, M. (2025). Federated Learning for IoT: A Survey of Techniques, Challenges, and Applications. *Journal of Sensor and Actuator Networks*, 14(1), 9. <https://doi.org/10.3390/jsan14010009>
24. Escobar-Toledo C.E., Martínez-Berumen H.A. Strategic development of a decision making support system in a public R & D center (2013) *Engineering Effective Decision Support Technologies: New Models and Applications*, pp. 181 - 193, DOI: 10.4018/978-1-4666-4002-3.ch011
25. Escobar-Toledo C.E., Martínez-Berumen H.A. Strategic Development of a Decision Making Support System in a Public R&D Center (2011) *International Journal of Decision Support System Technology*, 3 (2), pp. 32 - 43, DOI: 10.4018/jdsst.2011040103
26. Folch M.T., Tamayo P.S. Technologies of information and communication: A key element of communication among university faculty [Las tecnologías de información y comunicación como un elemento clave de la comunicación entre el profesorado universitario] (2008) *Education Policy Analysis Archives*, 16

27. Gillard S. Managing IT projects: Communication pitfalls and bridges (2005) Journal of Information Science, 31 (1), pp. 37 - 43, DOI: 10.1177/0165551505049257
28. Glowalla P., Balazy P., Basten D., Sunyaev A. Process-driven data quality management - An application of the combined conceptual life cycle model (2014) Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences, art. no. 6759178, pp. 4700 - 4709, DOI: 10.1109/HICSS.2014.575
29. Hinton M. The process of information management (2006) Introducing Information Management: The Business Approach, pp. 56 - 62, DOI: 10.4324/9780080458397-11
30. H. Washizaki, S. Ogata, A. Hazeyama, T. Okubo, E. B. Fernandez and N. Yoshioka, "Landscape of Architecture and Design Patterns for IoT Systems," in IEEE Internet of Things Journal, vol. 7, no. 10, pp. 10091-10101, Oct. 2020, doi: 10.1109/JIOT.2020.3003528.
31. Margaria T., Floud B. D., Srefen B, 2011
32. Marchao J., Reis L., Martins P.V. Business Areas and Processes Alignment in ICT Framework [Framework de Alinhamento de Áreas e Processos de Negócio das TIC] (2020) Iberian Conference on Information Systems and Technologies, CISTI, 2020-June, art. no. 9141067, DOI: 10.23919/CISTI49556.2020.9141067
33. Martyakova E.V., Nagornaya O.A., Bondarenko I.G. Current Trends in Using Information and Communication Technologies at Universities (2019) Proceedings of the 2019 IEEE International Conference Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies IT and QM and IS 2019, art. no. 8928372, pp. 535 - 538, DOI: 10.1109/ITQMIS.2019.8928372
34. M.Mohamed Surputheen, G. Ravi, R. Srinivasan, Optimizing Routes using Genetic Algorithms based on Throughput or Delay Sensitivity of Applications using SNMP for Automatic Discovery of Network Topology. International Journal of Computer Applications (0975 – 888) Volume 47– No.12, June 2012
35. Navarro M.A., Morales-Castaneda B., Ramos-Michel A., Oliva D., Valdivia A., Casas-Ordaz A., Rodriguez-Esparza E. An Hyper-Heuristic Based Population Management Through Statistical Analysis and Phases Optimization (2023) 2023 IEEE Congress on Evolutionary Computation, CEC 2023, DOI: 10.1109/CEC53210.2023.10254032
36. Pobegaylov O.A., Myasishchev G.I., Gaybarian O.E. Organization and Management Efficiency Assessment in the Aspect of Linguistic Communication and Professional Text (2016) Procedia Engineering, 150, pp. 2173 - 2177, DOI: 10.1016/j.proeng.2016.07.260
37. Polyanin A., Golovina T., Avdeeva I., Dokukina I., Vertakova Y. Digital strategy of telecommunications development: Concept and implementation phases (2017) Proceedings of the 30th International Business Information Management Association Conference, IBIMA 2017 - Vision 2020: Sustainable Economic development, Innovation Management, and Global Growth, 2017-January, pp. 1792 – 1803
38. Prokofiev S.E., Kadyrova G.M., Artyukhin R.E., Yeremin S.G., Savelyev A.A. Present-day information technologies in public administration in Russia (2021) IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 650 (1), art. no. 012016, Cited 3 times. DOI: 10.1088/1755-1315/650/1/012016
39. Sadeghi M., Carenini A., Corcho O., Rossi M., Santoro R., Vogelsang A. Interoperability of Heterogeneous Systems of Systems: Review of Challenges, Emerging Requirements and Options (2023) Proceedings of the ACM Symposium on Applied Computing, pp. 741 - 750, DOI: 10.1145/3555776.3577692
40. Sanfelice R., Analysis and Design of Cyber-Physical Systems. A Hybrid Control Systems Approach, In: Cyber-Physical Systems: From Theory to Practice, D. Rawat, J. Rodrigues, I. Stojmenovic, 2016.]
41. Salutina T.Y., Platunina G.P., Frank I.A. Features of Risk Management of Digital and Infocommunication Development to Ensure a Unified Information Space of Companies in Modern Conditions (2023) 2023 Intelligent Technologies and Electronic Devices in Vehicle

- and Road Transport Complex, TIRVED 2023 - Conference Proceedings, DOI: 10.1109/TIRVED58506.2023.10332796
42. Tan X., Wang Y., Liu C., Yuan X., Wang K. Unlocking operational excellence: A deep dive into a communication-driven multi-strategy state transition algorithm for industrial process optimization (2023) Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems, 240, art. no. 104934, DOI: 10.1016/j.chemolab.2023.104934
 43. Taha, A.-E. M., Rashwan, A. M., & Hassanein, H. S. (2020). Secure Communications for Resource-Constrained IoT Devices. Sensors, 20(13), 3637. <https://doi.org/10.3390/s20133637>
 44. Tešić M. More Efficient Operations of the Company with the Help of Communication Technologies (2016) ECONOMICS - Innovative and Economics Research Journal, 4 (2), pp. 143 - 152, DOI: 10.1515/eoik-2017-0005
 45. Van De Bogart W. Information entanglement: Developments in cognitive based knowledge acquisition strategies based on big data (2015) Proceedings of the International Conference on Intellectual Capital, Knowledge Management and Organisational Learning, ICICKM, 2015-January, pp. 299 – 307
 46. Wei, Y., Chen, J., & Hwang, S.-H. (2018). AdjacentVehicleNumber-TriggeredAdaptiveTransmissionfor V2V Communications. Sensors, 18(3), 755. <https://doi.org/10.3390/s18030755>
 47. William Marfo, Deepak K. Tosh, Shirley V. Moore, Joshua Suetterlein, Joseph Manzano. Reducing Communication Overhead in Federated Learning for Network Anomaly Detection with Adaptive Client Selection. arXiv:2503.15448v1 [cs.DC] 19 Mar 2025
 48. W. Saad, Z. Han, M. Debbah, A. Hjørungnes and T. Basar, "Coalitional game theory for communication networks," in IEEE Signal Processing Magazine, vol. 26, no. 5, pp. 77-97, September 2009, doi: 10.1109/MSP.2009.0000000
 49. Yang P. Information Management in the Logistics and Distribution Sector Using Metaheuristic Techniques (2022) International Journal of Information Systems and Supply Chain Management, 15 (4), DOI: 10.4018/IJSSCM.305850
 50. Z. Chen and B. Ji, "Resource allocation algorithm for IoT communication based on ambient backscatter," 2021 IEEE 93rd Vehicular Technology Conference (VTC2021-Spring), Helsinki, Finland, 2021, pp. 1-5, doi: 10.1109/VTC2021-Spring51267.2021.9448677
 51. Zreikat, A. I., Al Arnaout, Z., Abadleh, A., Elbasi, E., & Mostafa, N. (2025). The Integration of the Internet of Things (IoT) Applications into 5G Networks: A Review and Analysis. Computers, 14(7), 250. <https://doi.org/10.3390/computers14070250>
 52. Galbraith, 1977
 53. Heaton, J. (2014). Artificial Intelligence for Humans, Volume 2: Nature-Inspired Algorithms, ISBN 978-1499720570. Iba Hitoshi. (2020).
 54. Approximated Sequences Reconstruction with Genetic Algorithms P. Petrov, G. Kostadinov, P. Zhivkov, V. Velichkova, T. Balabanov, АВТОМАТИКА И ИНФОРМАТИКА 3-4, 2021 г.
 55. Xujie Tan, Yalin Wang, Chenliang Liu *, Xiaofeng Yuan, Kai Wang, Unlocking operational excellence: A deep dive into a communication-driven multi-strategy state transition algorithm for industrial process optimization, Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems, 2023
 56. Collaborative Skills Training Using Digital Tools: A Systematic Literature Review, Anthony Cherbonnier, Brivael Hémon, Nicolas Michinov, Eric Jamet & Estelle Michinov, 2024]
 57. Digitalliteracy, the use of collaborative technologies, and perceived social proximity in a hybrid work environment: Technology as a social binder, Andree-Anne Deschênes, 2023
 58. Digital networks: Elements of a theoretical framework, Kevin Lewis, 2021

59. Sanfelice R., Analysis and Design of Cyber-Physical Systems. A Hybrid Control Systems Approach, In: Cyber-Physical Systems: From Theory to Practice, D. Rawat, J. Rodrigues, I. Stojmenovic, 2016.
60. Chen Y., Li Y., Li C., Electronic agriculture, blockchain and digital agricultural democratization: Origin, theory and application, Journal of Cleaner Production, 268, 122071, 2020.
61. Atanasova, T.: Methods for processing of Heterogeneous Data in IoT based Systems. DCCN 2019, CCIS 1141, Springer, 42, 2019.
62. Dineva, K., Atanasova, T., Methodology for Data Processing in Modular IoT System. DCCN 2019, In: V. M. Vishnevskiy et al. (Eds.): DCCN 2019, LNCS 11965, pp. 457–468. Springer, 2019.
63. Dineva K., Atanasova T. Architectural ML Framework for IoT Services Delivery Based on Microservices. In: Vishnevskiy V.M., et al (eds) DCCN 2020. LNCS, 12563. Springer, 2020.

Abstracts of Dissertations

Number 5, 2025

INSTITUTE OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES
BULGARIAN ACADEMY OF SCIENCES

БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ

ИНСТИТУТ ПО ИНФОРМАЦИОННИ И КОМУНИКАЦИОННИ ТЕХНОЛОГИИ

Брой 5, 2025

Автореферати на дисертации