



NARODOWA
STRATEGIA SPÓJNOŚCI



www.ict.foresight.pl

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



Scenariusze i trendy rozwojowe wybranych technologii społeczeństwa informacyjnego do roku 2025

Stan badań w zakresie informatyki kwantowej

Prof. Jerzy Klamka

Wykonawca Raportu:

Instytut Informatyki Teoretycznej i Stosowanej PAN



IITiS

Kraków, 14 marca 2013 r.



NARODOWA
STRATEGIA SPÓJNOŚCI



www.ict.foresight.pl

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



1. Wprowadzenie

2. Stan badań w zakresie informatyki kwantowej

2.1 Tło badań nad informatyką kwantową

Zainteresowanie badaczy informatyką kwantową ma wielorakie źródła:

- podstawy matematyczne, na których oparta jest informatyka kwantowa tworzą bogatą teorię matematyczną;
- badanie informatyki kwantowej pozwala odpowiedzieć na pytanie jakie są granice mocy obliczeniowej Przyrody;
- informatyka kwantowa pozwala poczynić postępy w fizyce teoretycznej oraz w klasycznej informatyce teoretycznej;
- informatyka kwantowa znalazła zastosowania praktyczne np. w postaci kryptografii kwantowej;
- wiele nowych eksperymentów fizycznych jest umotywowanych próbą zastosowania osiągnięć teoretycznych informatyki kwantowej.

Jednym z zadań informatyki kwantowej, umotywowanym potrzebami praktycznymi, jest wykorzystanie praw mechaniki kwantowej do stworzenia bardziej wydajnych algorytmów i protokołów.



NARODOWA
STRATEGIA SPÓJNOŚCI



www.ict.foresight.pl

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



Głównymi działami informatyki kwantowej są:

- kwantowa teoria informacji,
- obliczenia kwantowe,
- kryptografia kwantowa,
- komunikacja kwantowa,
- kwantowe kody korekcyjne,
- gry kwantowe,
- fizyczne realizacje kwantowych systemów informatyki.

Wykazano, że istnieją problemy takie jak: wyszukiwanie w nieuporządkowanym zbiorze czy rozkład liczb na czynniki pierwsze, które mogą być rozwiązane bardziej efektywnie przy wykorzystaniu kwantowego modelu obliczeń.

Jednocześnie metody przesyłania informacji z wykorzystaniem jako nośnika układów kwantowych są obecnie najbardziej obiecujące jeżeli chodzi o możliwości zastosowań praktycznych.

Osobnym interesującym działem informatyki kwantowej jest kwantowa teoria gier.



NARODOWA
STRATEGIA SPÓJNOŚCI



www.ict.foresight.pl

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



2.2 Najważniejsze problemy i wyzwania badawcze informatyki kwantowej

Pierwszym krokiem w foresightcie informatyki kwantowej jest identyfikacja głównych wyzwań i celów naukowych tej dziedziny, następnie celów i wyzwań aplikacyjnych.

Następnie znalezione powinny być powiązania badawcze tych celów, wyzwań i zastosowań, co umożliwi zdefiniowanie procesów i trendów rozwojowych.

Po zbudowaniu odpowiednich modeli oszacowane zostaną ich parametry, co umożliwi budowę warunkowych prognoz i scenariuszy rozwoju informatyki kwantowej i jej zastosowań do roku 2025.



NARODOWA
STRATEGIA SPÓJNOŚCI



www.ict.foresight.pl

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



2.2.1 Cele i wyzwania naukowe informatyki kwantowej

Wśród celów naukowych wymienić należy w pierwszej kolejności badanie zachowania się gier kwantowych w otwartych układach kwantowych, w tym wpływ pomiaru na dobór optymalnej strategii.

Wyzwaniem badawczym w zakresie informatyki kwantowej są:

- Zagadnienia związane z kwantowym przesyłaniem informacji,
- Problemy sterowania i optymalizacji kwantowej
- Kwantowa definicja świadomości układów autonomicznych.



NARODOWA
STRATEGIA SPÓJNOŚCI



www.ict foresight.pl

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



2.2.2 Potencjalne zastosowania do roku 2025

kryptografia kwantowa,

systemy informatyczne, wykorzystujące kwantową teorię informacji

teoria gier kwantowych, znalazła zastosowanie w konstrukcji bezwarunkowo bezpiecznych systemów kryptograficznych

kwantowa teoria informacji - znalazła wiele zastosowań w badaniach nad sieciami komputerowymi, metodami optymalizacji oraz systemami agentowymi;



NARODOWA
STRATEGIA SPÓJNOŚCI



www.icf.foresight.pl

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



3. Międzynarodowe projekty badawcze w zakresie informatyki kwantowej

Project title:	Data Fusion for Flood Analysis and Decision Support		
Acronym:	ANFAS	Status:	Completed
Reference:	IST-1999-11676	Start date:	2000-01-01
Programme:	IST	End date:	2002-12-31
Type:	Fifth Framework Programme	Number of partners:	8
Cost:	EUR	Funding:	ZZZ EUR
Coordinator:	European Research Consortium for Informatics and Mathematics - ERCIM		
Address:	ERCIM 2004, Route des Lucioles BP 93 06902 Sophia Antipolis FRANCE http://www.inria.fr	Contact person:	LE DANTEC, Bruno
		Tel:	+33-1-39635035
		Fax:	+33-1-39635052
		E-mail:	Bruno.le_dantec@ercim.org
Partner 1:	name		
Address:		Contact person:	
		Tel:	
		E-mail:	
		URL:	



NARODOWA
STRATEGIA SPÓJNOŚCI



www.ict foresight.pl

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



3. Międzynarodowe projekty badawcze w zakresie informatyki kwantowej

Other Partners:

Information Technology Department, Council for The Central Laboratory of The Research Councils, Rutherford Appleton Laboratory, Chilton, Didcot, UK
Image & Geomatique Division, Matra Systemes & Information, Velizy Villacoublay, France
Lab. de Géomorphologie et Télédétection, Direction de la Recherche, Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Paris, France
INRIA Rhone Alpes, Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique, Le Chesnay, France
Institute of Informatics, Institute of Physics, Slovak Academy of Sciences, Bratislava, Slovakia
Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences, Beijing, China
Department of Computer Science, The University of Reading, Reading, UK
Institute of Applied and Computational Mathematics, Foundation for Research and Technology - HellasVassilika Vouton, Iraklio, Crete, Greece
Networking and Geographic Information Engineering Department, Institute of Remote Sensing Applications, Chinese Academy of Sciences, Beijing, China

Project description:

ANFAS project aims at developing a Support Decision System for flood prevention and protection, integrating the most advanced techniques of data processing and management. Tools based on Computer Vision and Scientific Computing will enable to create a model of the scene and to perform flood simulation. Close involvement of end-users and industrial partners may lead to the realisation of an Integrated Information System close to a prototype. Pilot applications will be carried out on the Vah river in Slovakia, the Loire in France, the Poyang lake and the Three Gorges reservoir in China.

The overall objective of the ANFAS project is to develop a Decision Support System for flood prevention and protection, integrating the most advanced techniques in data processing and management. When a flood is going to happen, decision makers have to decide what are the most appropriate reactions: evacuation of the population, reinforcement of dikes, etc. The aim of the ANFAS project is to develop a tool to help decision makers in taking the decision that will limit the flood damage.

Project web page:

Tu URL



NARODOWA
STRATEGIA SPÓJNOŚCI



www.ict.foresight.pl

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



4. Wykaz polskich instytucji naukowo-badawczych prowadzących badania w zakresie informatyki kwantowej

4.1 Instytuty badawcze PAN i ośrodki badawczo-rozwojowe

Instytut Informatyki Teoretycznej i Stosowanej Polskiej Akademii Nauk

Instytut Informatyki Teoretycznej i Stosowanej Polskiej Akademii Nauk (IITiS PAN) jest instytutem badawczym z siedzibą w Gliwicach zajmującym się badaniami z zakresu modelowania sieci komputerowych, przetwarzania obrazów, multimediiów, eksploracji 3D, informatyki kwantowej.



NARODOWA
STRATEGIA SPÓJNOŚCI



www.ict.foresight.pl

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



Zespoły IITiS PAN

- Zespół Komputerowych Systemów Wizyjnych
- Zespół Kwantowych Systemów Informatyki
- Zespół Modelowania i Oceny Efektywności Systemów Komputerowych
- Zespół Niekonwencjonalnych Problemów Informatyki
- Zespół Systemów Multimedialnych

Laboratoria IITiS PAN

- Laboratorium Eksploracji Przestrzeni 3D
- Laboratorium Komputerowych Systemów Multimedialnych
- Laboratorium Komputerowych Systemów Wizyjnych
- Laboratorium Modelowania i Obliczeń Równoległych
- Laboratorium Oceny Efektywności Systemów Komputerowych



NARODOWA
STRATEGIA SPÓJNOŚCI



www.icf.foresight.pl

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



4.2 Krajowe Centrum Informatyki Kwantowej (KCIK) w Gdańsku

Jednostki uczestniczące w KCIK

- Politechnika Gdańska, Gdańsk
- Polska Akademia Nauk
- Uniwersytet Gdański, Gdańsk
- Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, Poznań
- Uniwersytet Jagielloński, Kraków
- Uniwersytet Łódzki, Łódź
- Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Toruń
- Uniwersytet Wrocławski, Wrocław



NARODOWA
STRATEGIA SPÓJNOŚCI



www.ict.foresight.pl

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



Projekty badawcze KCIK

- Q-ESSENCE — Quantum InterfacES, SENsors, and Communication based on Entanglement
- International PhD Project 'Physics of future quantum-based information technologies'
- EQUIP — Entanglement in Quantum Information Processing and Communication
- QUPRODIS — Quantum Properties of Distributed Systems
- RESQ — Resources for Quantum Information
- Projekt badawczy zamawiany „Informatyka i Inżynieria Kwantowa”
- SCALA — Scalable Quantum Computing with Light and Atoms
- QAP — Qubit Applications



NARODOWA
STRATEGIA SPÓJNOŚCI



www.icf.foresight.pl

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



Konferencje i wydawnictwa KCIK

- Sympozjum KCIK 2010, Sopot 23-24 kwietnia 2010
- Special Session Dedicated to Professor Andrey Borisovich, 5 February 2010
- NATO Advanced Research Workshop
Quantum Cryptography and Computing: Theory and Implementation
National Quantum Information Centre of Gdańsk, University of Gdansk, Poland, 9-12 September 2009
- Sympozjum LFPPI, Sopot 23-25 kwietnia 2009



NARODOWA
STRATEGIA SPÓJNOŚCI



www.ict foresight.pl

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



4.3 Badania przemysłowe

Najważniejsze problemy badawcze informatyki kwantowej i jednostki naukowej

Lp.	Problem badawczy	Jednostka naukowa
1	Splątanie kwantowe	KCiK
2	Geometria informacji kwantowej	UJ
3	Chaos kwantowy	CFT
4	Kwantowe błędzenie losowe	IF PAN
5	Gry Kwantowe	IITiS, UŚ, UWB



NARODOWA
STRATEGIA SPÓJNOŚCI



www.icf.foresight.pl

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



Wykaz najważniejszych osiągnięć w zakresie informatyki kwantowej w Polsce

Lp.	Osiągnięcie	Dotyczy problemu badawczego	Jednostka naukowa
1	Kryterium Peresa-Horodeckiego	Splątanie kwantowe	UG
2	Izomorfizm Jamiołkowskiego	Geometria informacji kwantowej	UMK
3	Objętość stanów separowalnych	Geometria informacji kwantowej	UJ



NARODOWA
STRATEGIA SPÓJNOŚCI



www.ict.foresight.pl

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



5. Polskie projekty badawcze z zakresu informatyki kwantowej

5.1 Projekty badawcze finansowane przez KBN, MNiI, MEiN i MNiSW (1990-2010)

113 projektów

5.2 Projekty badawcze finansowane przez Komisję Europejską i inne instytucje europejskie z udziałem polskich zespołów naukowych (1990-2010)

- Quantum InterfacES, SENSors, and Communication based on Entanglement (Q-ESSENCE)
- International PhD Project 'Physics of future quantum-based information technologies'
- EQUIP — Entanglement in Quantum Information Processing and Communication
- QUPRODIS — Quantum Properties of Distributed Systems
- RESQ — Resources for Quantum Information
- SCALA — Scalable Quantum Computing with Light and Atom



NARODOWA
STRATEGIA SPÓJNOŚCI



www.ict.foresight.pl

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



5.2 Projekty badawcze finansowane przez Komisję Europejską i inne instytucje europejskie z udziałem polskich zespołów naukowych (1990-2010)

- QAP — Qubit Applications
- QUROPE - Quantum Information Processing and Communication in Europe
- QUIE2T Quantum Information Entanglement-Enabled Technologies
- ERA-Pilot QIST Structuring the European Research Area within Quantum Information Science and Technology

6. Analiza bibliograficzna

69 publikacji